



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICA - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGeo

JOSÉ FABIO GOMES DA SILVA

**ANÁLISE DA MORFODINÂMICA E IDENTIFICAÇÃO DE
GEOINDICADORES DE MODIFICAÇÕES PROCESSUAIS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BEBERIBE (BHRB)**



RECIFE
2020



PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO
EM GEOGRAFIA



JOSÉ FABIO GOMES DA SILVA

**ANÁLISE DA MORFODINÂMICA E IDENTIFICAÇÃO DE GEOINDICADORES
DE MODIFICAÇÕES PROCESSUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
BEBERIBE (BHRB)**

Dissertação de mestrado apresentada por José Fabio Gomes da Silva ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para a obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de Concentração: Regionalização e Análise Regional

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Girão da Silva

RECIFE
2020

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

S586a Silva, José Fabio Gomes da.

Análise da morfodinâmica e identificação de geoindicadores de modificações processuais na Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe (BHRB) / José Fabio Gomes da Silva. – 2020.

162 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, 2020. Inclui referências e apêndice.

1. Geografia. 2. Meio ambiente. 3. Geoindicadores. 4. Bacias hidrográficas.
5. Beberibe, Rio (PE). I. Silva, Osvaldo Girão da (Orientador). II. Título.

JOSÉ FABIO GOMES DA SILVA

**ANÁLISE DA MORFODINÂMICA E IDENTIFICAÇÃO DE GEOINDICADORES
DE MODIFICAÇÕES PROCESSUAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
BEBERIBE (BHRB)**

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

Aprovada em: 19/02/2020.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Lucas Costa de Souza Cavalcanti (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Kleython de Araújo Monteiro (Examinador Externo)
Universidade Federal de Alagoas

À minha irmã
Luzineide Pontual Barreto da Silva (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao **poder criador** supremo que me concedeu o dom da existência, e permitindo, dessa forma, que eu pudesse reencarnar nesse tempo;

Aos **geógrafos de passado**, que com seu empenho e inspiração fizeram esse conhecimento se perpetuar até nossos dias;

À minha mãe **Jardilene Gomes** por me conceber em seu ventre materno e pela luta diária para possibilitar que esse mestrado se torna-se uma realidade;

Ao meu irmão **Flávio Alexandre** por ter sido a inspiração de pai que não tive;

Às minhas amigas: **Ivaneide Aureliano** e **Erika Cristina** pela amizade insubstituível;

Às minhas amigas e companheiras de profissão **Viviane Santos** e **Thalita Cavalcanti** pelo prazer de dividir uma vida ao lado de vocês;

Aos meus mestres pelos ensinamentos e dedicação. Em especial ao meu orientador **Oswaldo Girão da Silva** pela competência com que guiou essa pesquisa;

Às minhas eternas orientadoras **Edlamar Santos** e **Manuella Vieira Barbosa Neto**, pela ajuda e carinho sempre recíprocos;

Aos colegas **John Kennedy**, **Carlos Bispo** e **George Pereira** pela indispensável ajuda na confecção dos mapas dessa pesquisa, assim como os demais colegas do grupo de pesquisa **Antropogeo**;

À **Universidade Federal de Pernambuco** por possibilitar a conquista desse título;

À **FACEPE** pela liberação dos recursos que viabilizaram a concretização desse sonho;

Ao **Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGeo** por ser a base dessa conquista, em especial aos servidores **Eduardo** e **Pablo** pela cordial atenção para com as demandas dos estudantes;

A todos os **professores** que fazem da vida docente algo digno e honroso;

Aos meus **educandos** por possibilitarem que eu me reinvente a cada dia;

Enfim, a todos aquele que direta ou indiretamente contribuíram para que essa dissertação se concretiza-se em minha vida, meu muito obrigado.

É preciso conhecer o lugar que se habita. Nosso endereço precisa ser mais do que uma rua, um bairro e uma cidade; precisa ser também uma **bacia hidrográfica**. É preciso saber de onde vêm as águas e, principalmente, para onde vão e em que parte desse trajeto nos encontramos. Vale ressaltar aqui que só se pode cuidar daquilo que se conhece. **Não se pode proteger o desconhecido** (BOTELHO, 2011, p. 127).

RESUMO

O estudo da dinâmica ambiental tem adquirido relevância nas últimas décadas, sobretudo em ambientes urbanos, onde a presença humana é mais perceptível. Soma-se a isso, o fato da maioria das vezes a ocupação antrópica não levar em consideração as características das dinâmicas processuais do ambiente físico-natural, sendo responsável pelo agravamento de intempéries que, apesar de terem sua gênese ligada a condicionantes naturais, acabam por serem agravadas a partir das intervenções impetradas pela sociedade. O estudo em pauta objetivou analisar a morfodinâmica da Bacia Hidrográfica do rio Beberibe (BHRB) para os anos de 2001 e 2017, identificando geoindicadores de modificações processuais nos domínios fluviais e interfluviais, bem como demonstrar os usos e ocupações da área, buscando a compreensão da influência antrópica sobre a instabilidade morfodinâmica. Assim, partindo de uma abordagem geossistêmica e embasado nos princípios da ecodinâmica, foram elaborados mapas morfodinâmicos para os anos de 2001 e 2017 da BHRB, classificando os compartimentos de paisagem quanto a instabilidade morfodinâmica em fraca, moderada e forte. Também foram elaborados os mapas de uso e cobertura da terra para os referidos anos, utilizando-se imagens do *Earth Explorer* e *Google Earth Pro* que foram processadas e analisadas em ambiente SIG, *software ArcGIS 10.4* afim de constatar as mudanças ocorridas na área objeto da pesquisa, sobretudo aquelas oriundas das atividades antropogênicas. Para ratificação dos dados e informações cartográficas foram realizadas atividades de campo, como também buscou-se identificar geoindicadores morfodinâmicos (processos de assoreamento, erosão e deslizamento) nos domínios fluviais e interfluviais da BHRB. Assim, constatou-se que a área do alto curso da BHRB é a que apresenta menor instabilidade morfodinâmica, em virtude de suas baixas declividades e vegetação conservada, embora já seja identificado importante processo de expansão urbana na área com conseqüente processo de assoreamento do rio Beberibe. Já o médio curso congrega a maior incidência de eventos hidromorfodinâmicos, em virtude de suas características físicas naturais, atreladas aos usos e ocupações que se faz da mesma. No baixo curso foram evidentes processos deposicionais no domínio fluvial em virtude de sua baixa declividade, sendo evidente processos de assoreamento. Foi possível constatar diversas problemáticas socioambientais presentes na área de estudo, que estão diretamente ligadas ao contexto socioeconômico ao qual seus moradores estão expostos, sendo urgente e necessária a prática de políticas públicas voltadas a minimizar ou extinguir tais problemas

Palavras-Chave: Morfodinâmica. Geoindicadores. Bacia Hidrográfica do rio Beberibe.

ABSTRACT

The study of environmental dynamics has acquired relevance in recent decades, especially in urban environments, where human presence is more noticeable. Add to this, the fact that most of the time anthropic occupation does not take into account the characteristics of the process dynamics of the physical-natural environment, being responsible for the aggravation of bad weather, which, despite having its genesis linked to natural conditions, end up being aggravated from the interventions impetrated by Society. The study in question aimed to analyze the morphodynamics of the Beberibe River Basin (BHRB) for the years 2001 and 2017, identifying geoindicators of procedural changes in the fluvial and interfluvial domains, as well as to demonstrate the uses and occupations of the area, seeking to understand the anthropic influence on morphodynamic instability. Like that, based on a geosystemic approach and based on the principles of ecodynamics, morphodynamic maps for the years 2001 and 2017 of the BHRB were elaborated, classifying the landscape compartments as morphodynamic instability in weak, moderate and strong. The maps of use and land cover were also prepared for those years, using images from Earth Explorer and Google Earth Pro that were processed and analyzed in SIG environment, ArcGIS 10.4 software in order to verify the changes occurred in the area object of the research, especially those coming from anthropogenic activities. To ratify the cartographic data and information, field activities were carried out, as well as the identification of morphodynamic geoindicators (silting process, erosion and landslide processes) in the river and interfluvial domains of BHRB. Like that, it was found that the high course area of the BHRB is the one with the least morphodynamic instability, due to its low slopes and conserved vegetation, although an important process of urban expansion has already been identified in the area with the consequent silting up of the Beberibe River. So, the medium course has the highest incidence of hydromorphodynamic events, due to its natural physical characteristics, linked to its uses and occupations. In the low course were evident depositional processes in the fluvial domain due to its low declivity, being evident silting processes. It was possible to verify several socio-environmental problems present in the study area, which are directly linked to the socio-economic context to which its residents are exposed, being urgent and necessary the practice of public policies aimed at minimizing or extinguishing such problems

Keywords: Morphodynamics. Geoindicators. Beberibe River Basin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Representação esquemática das conexões dialéticas entre os diversos componentes naturais de um geossistema A, B, C, D - elementos naturais da paisagem.....	23
Figura 2 -	Estruturação do geossistema e do sistema econômico.....	24
Figura 3 -	Esboço de uma definição teórica de Geossistemas.....	25
Figura 4 -	Representação hipotética de unidade de paisagem. Na superfície terrestre existem áreas com características individualizadas de rochas e sobretudo relevo. Essas áreas seriam as unidades de paisagem, limitadas sobretudo pelas características homogêneas de relevo, feições e compartimentos.....	26
Quadro 1 -	Exemplos de unidades de paisagens.....	27
Figura 5 -	Representação de perfil de uma vertente em dois momentos distintos – bioestasia e resistasia.....	33
Quadro 2 -	Classificação Ecodinâmica dos Meios Ambientes.....	34
Quadro 3 -	Classificação dos tipos de bacia de drenagem.....	36
Figura 6 -	A disposição espacial dos principais tipos de padrões de drenagem.....	37
Quadro 4 -	Classificação dos padrões de drenagem relacionados aos controles estruturais.....	37
Figura 7 -	Ciclo Hidrológico Global.....	38
Figura 8 -	Bacia hidrográfica hipotética mostrando linhas de drenagem.....	40
Figura 9 -	Obras do PAC Beberibe II: A. abertura de estrada na margem direita do rio Beberibe (baixo curso) e B. Placa de sinalização da obra.....	42
Figura 10 -	Esquema de escoamento superficial e subsuperficial.....	47
Figura 11 -	a) erosão laminar em área de solo exposto (médio curso do Beberibe), b) ravinas em morro na margem esquerda do Córrego do Abacaxi (afluente do Beberibe), c) voçoroca em área de ocupação antrópica no Alto da Bondade - Olinda (médio curso do Beberibe).....	48
Figura 12 -	Voçoroca no médio curso do Beberibe (margem direita), agravada pela ação humana.....	50
Figura 13 -	Ratejamento.....	52
Figura 14 -	A. Escorregamento Translacional e B. Escorregamento Rotacional.....	53
Figura 15 -	Queda de Bloco.....	53

Figura 16 -	Solifluxão.....	54
Figura 17 -	Fluxo de terra ou de lama.....	54
Figura 18 -	Avalancha de detritos.....	55
Figura 19 -	Deslizamento de barreira no bairro de Dois Unidos (médio do curso do Beberibe) com duas vítimas fatais - 01/06/2017.....	56
Figura 20 -	Perfil esquemático de um vale fluvial em três momentos distintos: A. formas fluviais dos cursos d'águas; B. alteração nas formas fluviais devido a ocupação da planície de inundação; C. processos de inundações com ocupações irregulares nas planícies aluviais.....	57
Figura 21 -	Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.....	58
Figura 22 -	Homem usou jangada na Avenida Presidente Kennedy, em Olinda – 2017. (margem esquerda do Beberibe – Baixo curso).....	58
Figura 23 -	fenômeno do assoreamento.....	59
Figura 24 -	Processo de assoreamento do rio Beberibe e afluentes: A – assoreamento e ocupação antrópica nas margem do Córrego do Abacaxi afluente do Beberibe (baixo curso – margem esquerda); B- Calha principal do rio Beberibe apresentando nítido estreitamento do canal, devido ao acúmulo de sedimentos (baixo curso).....	60
Figura 25 -	Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe – BHRB.....	62
Figura 26 -	Mapa Hidrográfico e de compartimentações altimétricas da BHRB.....	64
Gráfico 1	Climograma relativo ao clima tropical litorâneo do Nordeste oriental.....	65
Figura 27 -	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VACANs) atuando sobre o Nordeste do Brasil – 04/11/2015.....	66
Figura 28 -	ZCIT atuando na costa setentrional do Nordeste Brasileiro – 14/04/2019.....	67
Figura 29 -	Ondas de Leste atuando na costa oriental do Nordeste Brasileiro – 16/06/2019.....	68
Figura 30 -	Mapa geológico da BHRB.....	70
Figura 31 -	Mapa de declividade da BHRB.....	71

Figura 32 -	Aspectos do sítio físico do Recife. 1- Planície flúvio-marinha e 2- Tabuleiros costeiro.....	73
Figura 33 -	Mapa pedológico da BHRB.....	74
Figura 34 -	Localização das Reservas Florestais na BHRB.....	76
Figura 35 -	Reserva de Floresta Urbana (FURB) Mata do Passarinho.....	77
Figura 36 -	Reserva Ecológica Mata de Dois Unidos.....	78
Figura 37 -	Reserva Ecológica Mata de Dois Irmãos.....	79
Figura 38 -	Ocupação área de várzea na margem direita do rio Beberibe (baixo curso) nas proximidades da confluência com o Córrego do Abacaxi.....	81
Figura 39 -	Mapa do perigo a processos erosivos da Bacia hidrográfica do rio Beberibe, Região metropolitana do Recife, PE.....	82
Figura 40 -	Ocupação antrópica nas cercanias da Reserva Ecológica Mata de Dois Unidos - (A), Placa estampando Lei que criminaliza os desmatamentos – (B) e FURB Mata do Passarinho – (C).....	83
Figura 41 -	Mapa da área de intervenção do PROMETRÓPOLE.....	84
Figura 42 -	Obras realizadas pelo PROMETRÓPOLE – A. Habitacional Passarinho, B. Terminal de Passarinho, C. Canal da Malária, D. Habitacional Capilé.....	85
Figura 43 -	Unidades de Paisagem da BHRB.....	87
Figura 44 -	Delimitação geográfica da APA Aldeia-Beberibe.....	89
Figura 45 -	Ocupação urbana em área de encosta em Passarinho e Caixa d'Água (margem direita do Beberibe).....	90
Figura 46 -	Processo de enchente no canal principal do rio Beberibe no bairro de Passarinho na divisa entre Olinda e Recife durante as chuvas de 24/07/2019.....	91
Figura 47 -	A. Ocupação de encostas nos bairros de Águas Compridas e Alto da Bondade (Olinda) B. Imagem da área antes do deslizamento C. Movimento de massa ocorrido em junho de 2019.....	92
Figura 48 -	Ocupação de colinas no Bairro de Dois Unidos e Nova Descoberta (segundo plano).....	93
Figura 49 -	Ocupação urbana na planície flúvio-marinha em Peixinhos (Olinda-baixo curso).....	94

Figura 50 -	Intenso acúmulo de sedimentos na Estrada do Passarinho após período de intensas chuvas na área da bacia (24/07/2019).....	95
Figura 51 -	A. Acúmulo de resíduos sólidos no canal principal do rio Beberibe (Passarinho); B. Assoreamento do rio Beberibe no bairro de Passarinho (24/07/2019); C. Imagem <i>Google Earth Pro</i>	96
Quadro 5 -	Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas.....	98
Figura 52 -	Inundação no baixo curso da BHRB: A. Jardim Brasil I, B. e C. Vila Popular.....	102
Figura 53 -	Deslizamento de encosta em Águas Compridas – Olinda – 30/05/2016 (mais de 200 mm de chuva em 6h.....	103
Gráfico 02 -	Detalhamento da precipitação diária para o mês de junho de 2019.....	104
Gráfico 03 -	Detalhamento da precipitação diária para o mês de julho de 2019.....	105
Figura 54 -	Mapa de Uso Cobertura da Terra da BHRB – 2001.....	108
Figura 55 -	A. Bairro de Águas Compridas em Olinda (Margem Esquerda /médio curso); B. Trecho do alto curso do Córrego do Abacaxi totalmente assoreado.....	109
Figura 56 -	Mapa de Uso e Cobertura da Terra da BHRB – 2017.....	111
Figura 57 -	A. ocupação urbana em Dois Unidos (Recife); B. ocupação urbana em Passarinho (Olinda); C. Processo erosivo em Águas Compridas (Olinda); D. Ocupação de área de várzea (Beberibe); E. Ocupação de margem e depósito de lixo a céu aberto; F. ocupação urbana nas proximidades da confluência do Córrego do Abacaxi e do Beberibe; G. Confluência do Canal do Arruda e do Beberibe; H. Manguezal no baixo curso do rio Beberibe.....	113
Figura 58 -	Mapa Morfodinâmico da BHRB-2001.....	115
Figura 59 -	Área da geofácia I em 25/08/2006.....	116
Figura 60 -	Mapa Morfodinâmico da BHRB-2017.....	119

Figura 61 -	A. Movimento de massa da comunidade do Curió no bairro de Dois Unidos no Recife (com uma vítima fatal); B. Ocupação de encosta no bairro de Dois Unidos 24/07/2019 e localização da área no <i>Google Earth Pro</i>	120
Figura 62 -	Médio curso do Beberibe na divisa de Dois Unidos (Recife) e Passarinho (Olinda) em dois momentos distintos, cheia (24/07/2019) e vazante (25/07/2019).....	122
Figura 63 -	Obras do PAC II Beberibe 21/08/2019.....	123
Figura 64 -	1. Comunidade de Santa Tereza; 2. Manguezais em Salgadinho (Olinda); 3. Trecho da Av. Presidente Kennedy (Vila Popular – Olinda); 4. Manguezal em Peixinhos (Olinda); 5. Confluência do Canal do Arruda e do Beberibe; 6. Canal do Arruda; 7. Processo deposicional na margem esquerda do Beberibe (Peixinhos – Olinda).....	125
Figura 65 -	Obras de pavimentação e drenagem no bairro de Peixinhos (Olinda).....	126
Figura 66 -	Obras de infraestrutura e habitações nos bairros de Campo Grande e Campina do Barreto – Recife (imagens superiores) e comunidade ribeirinha no bairro de Peixinhos (imagens inferiores).....	127
Figura 67 -	Processo erosivo no bairro de Beberibe; 2. Intenso processo erosivo em Dois Unidos; 3. Deslizamento na comunidade do Córrego do Morcego em Dois Unidos (7 vítimas fatais); 4. Deslizamento na Mata do Passarinho (2 vítimas fatais); 5. Deslizamento no bairro Água Compridas; 6. Processo erosivo em encosta na margem esquerda do Córrego do Abacaxi em Águas Compridas; 7. Voçorocas no bairro da Guabiraba às margens da BR 101.....	130
Figura 68 -	Deslizamento ocorrido na FURB Mata do Passarinho com duas vítimas fatais. A. Visão a partir da Rua Padre Manuel (Alto da Bondade); B. Visão a partir da Estrada do Passarinho (Passarinho).....	131
Figura 69 -	Deslizamento no Córrego do Morcego em Dois Unidos (24/12/2019).....	132
Figura 70 -	A. Nascente do rio Araçá (2015); B. Nascente do rio Pacas; C. Trecho assoreado do rio Pacas; D. Campo Antrópico na margem esquerda do rio Araçá; E. Urbanização consolidada do bairro de Vera Cruz.....	134

Figura 71 -	Esgoto a céu aberto nas proximidades do rio Pacas.....	135
Figura 72 -	Mapa dos geoindicadores morfodinâmicos da BHRB.....	138
Figura 73 -	Processo de assoreamento no rio Araçá. Ponto A . Nascente do rio Araçá; Ponto B . Nascente do rio Pacas.....	139
Figura 74 -	Feições erosivas no médio curso da BHRB. A . processo erosivo em encosta no Brejo da Guabiraba – Recife (geofácia IV); B . processo erosivo no Brejo da Guabiraba – Recife (geofácia IV); C . feição erosiva no Córrego da Bondade – Olinda (geofácia III); D . feição erosiva em Caixa D’água – Olinda (geofácia III).....	140
Figura 75 -	Ocupação das margens no bairro de Beberibe.....	141
Figura 76 -	Assoreamento no rio Morno (Linha do Tiro-Recife).....	142
Figura 77 -	A . Deslizamento de encosta no bairro de Passarinho com duas vítimas fatais (geofácia III); B . Deslizamento no Córrego do Abacaxi (geofácia III) (24/07/2019).....	142
Figura 78 -	A . assoreamento em trecho do Córrego do Abacaxi nas proximidades da confluência desse com o Beberibe; B . Assoreamento com presença de resíduo sólido no Córrego do Abacaxi em Águas Compridas; C . Acúmulo de resíduos sólidos e habitações precárias as margens do rio Beberibe – bairro de Beberibe; D . Processo de inundação em trecho assoreado do rio Beberibe durante a chuva do dia 24/07/2019.....	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Geoindicadores e o grau de influência dos fatores naturais e antrópicos.....	29
Tabela 2 -	Classes geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe.....	71
Tabela 3 -	Distribuição das classes de Declividade (EMBRAPA).....	72
Tabela 4 -	Classes de declividade da BHRB.....	72
Tabela 5 -	Classe pedológica da BHRB.....	74
Tabela 6 -	Unidades de Paisagem da BHRB.....	88
Tabela 7 -	Valor de estabilidade de unidades de paisagem para avaliação de suscetibilidade a erosão.....	97
Tabela 8 -	Pluviosidade mensal do ano de 2001 na BHRB.....	101
Tabela 9 -	Pluviosidade mensal do ano de 2017 na BHRB.....	101
Tabela 10 -	Classes de Uso e Cobertura da Terra em 2001.....	106
Tabela 11 -	Classes de Uso e Cobertura da Terra em 2017.....	110
Tabela 12 -	Atributos Morfodinâmicos da BHRB para os anos de 2001 e 2017.....	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APPs	Áreas de Preservação Permanente
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Climas
BHRB	Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
EUPS	Equação Universal de Perda de Solo
FPA	Frente Polar Atlântica
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológicas
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
RM	Região Metropolitana
RMR	Região Metropolitana do Recife
UICG	União Internacional de Ciências Geológicas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO E CONCEITUAL.....	21
2.1	Geossistemas.....	21
2.2	Ge indicadores.....	28
	Análise Morfodinâmica.....	31
2.4	Bacia Hidrográfica: tipos de bacia e padrões de drenagem.....	34
2.5	Bacias Hidrográficas como unidade territorial e ambiental.....	38
2.6	Influências antrópicas e de eventos hidromorfodinâmicos sobre bacias hidrográficas.....	41
2.6.1	Erosão dos Solos.....	43
2.6.2	Movimentos de massa.....	50
2.6.3	Inundações.....	55
2.6.4	Assoreamento.....	58
3	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO..	61
3.1	Localização da área de estudo.....	61
3.2	Caracterização físico-ambiental.....	62
3.3	Uso e ocupação da terra e seus reflexos sobre a dinâmica processual.....	78
3.4	Unidades de paisagens da bacia hidrográfica do rio Beberibe.....	84
3.4.1	Tabuleiros com áreas de conservação ocupadas.....	87
3.4.2	Tabuleiros urbanizados.....	89
3.4.3	Colinas densamente urbanizadas.....	91
3.4.4	Planície flúvio-marinha densamente urbanizada.....	92
3.4.5	Planície aluvial de usos diversos.....	94
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	96
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	100
5.1	Influência pluvial sobre a morfodinâmica da BHRB.....	100
5.2	Análise da evolução do uso e ocupação na BHRB entre os anos 2001 e 2017.....	104
5.3	Análise dos atributos morfodinâmicos da BHRB para os anos de 2001 e 2017	113
5.3.1	Análise dos aspectos morfodinâmicos do baixo curso da BHRB (planície flúvio-marinha densamente urbanizada).....	123

5.3.2	Análise dos aspectos morfodinâmicos do médio curso da BHRB (colinas densamente urbanizadas, planície aluvial de usos diversos e tabuleiros urbanizados).....	128
5.3.3	Análise dos aspectos morfodinâmicos do alto curso da BHRB (tabuleiros com área urbana em consolidação e tabuleiros com áreas de conservação ocupadas).....	132
5.4	Análise dos geoindicadores morfodinâmicos da BHRB.....	135
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	144
	REFERÊNCIAS.....	146
	APÊNDICE A – FICHA DE CAMPO.....	161

1 INTRODUÇÃO

A compreensão da dinâmica das diversas paisagens terrestres tem cada vez mais adquirido um caráter sistêmico, na medida em que os diversos atributos que a compõem são condicionantes dessa transformação que ocorre naturalmente na superfície terrestre, e que, hodiernamente, é atenuada com as atividades impetradas pelas sociedades humanas. Portanto, é imprescindível estudos que versem sobre essa temática e que busquem compreender a paisagem a partir de uma ótica geossistêmica.

Partindo do pressuposto de que as diversas realidades existentes são fruto de processos pretéritos e atuais, e que a compreensão do todo precisa ser analisado a luz de uma teoria que leve em consideração esses pressupostos, na medida que a paisagem é fruto da interação de aspectos bióticos e abiótico. Assim, depreende-se que as paisagens terrestres são resultado das relações dos diversos elementos geográficos, tratando-se de uma determinada porção do espaço que é fruto de uma combinação dinâmica e, dessa forma, instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que ao interagirem dialeticamente, transformam às paisagens em um conjunto indissociável e em perpétua evolução.

Desta forma, foi possível estabelecer como recorte espacial uma bacia hidrográfica como espaço delimitado agregador de diversos atributos, sobretudo em ambientes urbanos, onde a presença humana se faz presente de forma enfática, contribuindo decisivamente para que as alterações advindas dessa interação possam ser agravadas por diversos e determinados usos e ocupação da terra sem, no entanto, considerar os efeitos que possam surgir dessa ocupação. Assim, verificou-se que o estudo geossistêmico pode contribuir para um entendimento mais fidedigno da dinâmica do meio ambiente, considerando processos e elementos físicos-naturais e antrópicos, e suas respectivas interações.

A partir do exposto, dialogou-se com a teoria geossistêmica e o uso de geoindicadores ambientais que se tornam úteis para um entendimento pleno das interações geoambientais, admitindo a síntese de uma série de informações relacionadas a um aspecto, ajudando na tomada de decisões, no diagnóstico e no prognóstico ambiental e mesmo territorial.

A utilização de tais abordagem são pertinentes na análise ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe, doravante denominada BHRB, haja vista que a mesma está inserida em uma zona densamente habitada da Região Metropolitana do Recife (RMR). Sendo assim, atrelado as suas características físico-ambientais de um típico ambiente tropical, a BHRB

apresenta um crescente adensamento populacional impactante à dinâmica dos processos naturais, que justifica e torna o estudo ora apresentado relevante e atual para ações de planejamento e gestão voltadas para o objeto de pesquisa.

Sendo assim, essa pesquisa objetivou analisar a morfodinâmica da BHRB para os anos de 2001 e 2017, identificando geoindicadores de modificações processuais nos domínios fluviais e interfluviais da bacia hidrográfica em questão bem como demonstrar os usos e ocupações da área, buscando a compreensão da influência antrópica. Para tanto, utilizou-se da abordagem geossistêmica, em que se levou em considerações os diversos atributos constituintes da paisagem da referida bacia hidrográfica, buscando a compressão das mudanças ocorridas nas últimas décadas e sua influência sobre a sociedade que a ocupa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO E CONCEITUAL

Na elaboração teórico-conceitual dessa pesquisa, foram elencados alguns conceitos que versam sobre o estudo e a evolução da paisagem a partir de uma óptica sistêmica. Para tanto, será necessário o entendimento dos diversos fatores atuantes na mesma, quer sejam físicos ou humanos. É oportuno destacar que as diversas transformações que se estabelecem sobre a superfície do planeta, adquirem um caráter extremamente dialético, na medida em que ao mesmo tempo em que a sociedade interfere e altera o meio, é também influenciada pelo mesmo.

Assim, esse estudo se baseia nos conceitos de geossistema, análise morfodinâmica, identificação de geoindicadores, bacias hidrográficas e os processos naturais de caráter geomorfológicos. Os mesmos atuam para dinamizar a paisagem, como erosão hídrica, movimentos de massa, inundações e assoreamento, além das atividades antrópicas, para tentar elucidar as diversas mudanças que ocorrem na paisagem no contexto de uma bacia hidrográfica urbana.

2.1 Geossistemas

O estudo holístico e integrador das paisagens terrestres tem adquirido enorme importância nas últimas duas décadas, muito embora, como adverte Rodriguez e Silva (2002), a ideia de se ter uma visão totalizadora nas interações entre os seres humanos e natureza remonta ao século XVIII e princípio do século XIX, através dos postulados de Kant, Humboldt e Ritter.

Para estes autores, a análise dessas interações, ou mesmo a própria noção de paisagem, tivera sempre um cunho dualista. A paisagem era designada com o termo alemão *Landschaf* que fora desenvolvido por Humboldt e depois por Dokuchaev, Passarge e Berg no século XIX e nos anos iniciais do século XX. Ainda segundo os mesmos, essa visão tinha uma acepção marcadamente natural. Seu conteúdo expressava a ideia de interação entre os diversos componentes naturais, a saber: rocha, solo, relevo, clima, hidrografia e vegetação (Christofolletti, 1999).

Compartilha-se com Neves e Machado (2013) da relevância que a teoria e método geossistêmico ao se mostrar eficiente e aplicável a diversos estudos científicos que objetivaram

o entendimento e a preservação do meio de maneira holística e tendo a bacia hidrográfica como recorte espacial.

Scalamato *et al.* (2016) compartilham dessa ideia sem, contudo, desconsiderar os aspectos antrópicos, uma vez que a visão holística no estudo da paisagem pode levar a um conhecimento mais completo, ou seja, aspectos físicos e humanos (econômico, social, cultural e político). Dessa forma, o estudo desses aspectos proporciona não só uma mera conexão de conhecimentos, mas, sobretudo, o entendimento das inter-relações que existentes entre diversos sistemas. Nesse mesmo sentido, Magalhães *et al.* (2010) ressaltam a importância que a abordagem geossistêmica trouxe para a compreensão do objeto de estudo da Geografia, afirmando que:

A introdução da concepção sistêmica na Geografia Física permitiu a mesma uma maior clareza em seu objeto de estudo, assim como uma visão holística do meio natural, aproximando as pesquisas nas interações homem-meio (MAGALHÃES, *et al.*, 2010, p. 2).

Santos e Girão (2015) destacam que a teoria geossistêmica contribui com diversos estudos no âmbito da geomorfologia na últimas décadas, na medida em que a mesma oferece um formidável arcabouço teórico-metodológico, sendo esta capaz de subsidiar a ocupação da superfície terrestre possibilitando uma diminuição do desequilíbrio da dinâmica natural motivados pela ação antrópica, embora os mesmo advirtam que essa teoria necessita de reformulações e revisões, sem no entanto, perder sua relevância científica, e mesmo aplicabilidade.

Bertrand (1968), lembra que a paisagem não é uma simples adição de elementos geográficos disparatados. Mas uma:

(...) determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. (BERTRAND, 1968, p. 250).

Depreende-se assim, que em um estudo sistêmico da paisagem não trata apenas de vislumbrar os aspectos “naturais”, mas compreende também todas as implicações das ações antrópicas inerentes a mesma.

É na segunda metade do século passado, mais precisamente nos anos 1960, que o especialista siberiano Victor Sotchava começa a elaborar a Teoria dos Geossistemas, tendo como alicerce a Teoria das Paisagens (*Landschaft*), organizada pela Escola Russa (RODRIGUEZ e SILVA, 2002). Segundo Ross (2006), o conceito de geossistemas nasce da

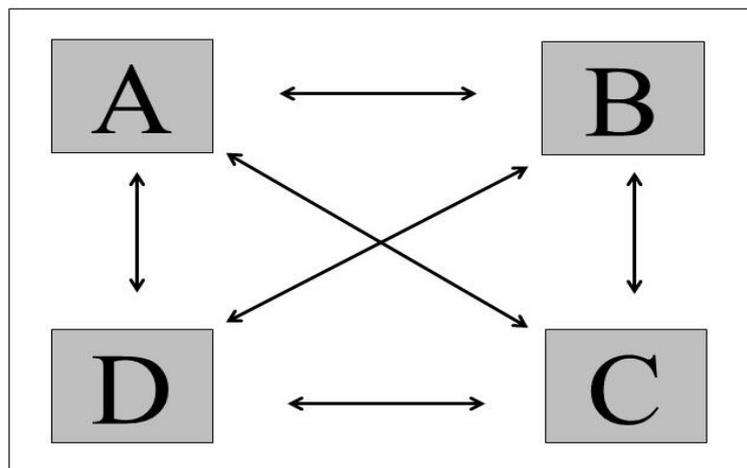
necessidade de uma aplicação objetiva da ciência, no sentido de contribuir com o desenvolvimento do Estado soviético. Tal pensamento surge das contribuições de Sotchava (1978), onde de acordo com esse autor:

A Geografia física baseada nos princípios sistêmicos pode ocupar posições firmes na moderna Geografia aplicada, apoiada no planejamento de desenvolvimento socioeconômico do país, e sugerir medidas para o desenvolvimento e reconstrução de seus territórios. Essa abordagem acaba por definir um objeto específico de atuação da pesquisa geográfica, deixando de se intrometer no campo de outras disciplinas. (SOTCHAVA, 1978 *apud* ROSS, 2006, p. 23).

Assim, cabe a Geografia estudar não só os componentes da natureza, mas suas conexões; não devendo restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões etc. (ROSS, 2006).

É possível definir o conceito de Geossistema como um conjunto de elementos da paisagem que se encontram dialeticamente inter-relacionados e que constituem uma unidade em integração plena (JATOBÁ, 2017). Para esse autor, os elementos naturais de uma dada paisagem desenvolvem uma relação dialética, conforme o esquema a seguir (Figura 1).

Figura 1 - Representação esquemática das conexões dialéticas entre os diversos componentes naturais de um geossistema A, B, C, D - elementos naturais da paisagem. As setas indicam as inter-relações. O elemento A relaciona-se com B, que estabelece conexão com C e D, que se conecta com A. C interage com A e este com C, e assim sucessivamente.



Fonte: adaptado de Jatobá (2017).

Para Jatobá (2017) o Geossistema é dotado de uma complexidade, devido as inúmeras variáveis, bem como possuir um comportamento de autorregulação dinâmico, e não se ajustar apenas a processos lineares. Ainda segundo o referido autor, o funcionamento de um

geossistema natural incide na entrada de energia e matéria sobre os diversos componentes das paisagens (litomassa, relevo, solos etc.) e da saída de produtos, que são oriundos do próprio sistema, como a biomassa, o húmus etc., e a partir da evacuação dos produtos originados do “metabolismo” do sistema, como por exemplo os resíduos e o escoamento das águas. Portanto, o funcionamento de um geossistema representa uma totalidade dialética.

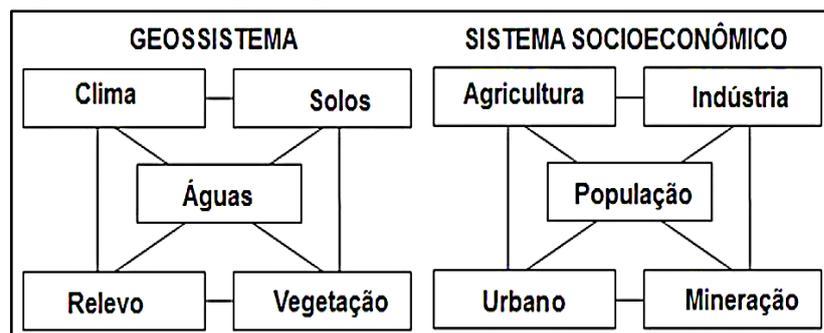
Segundo Rosalém e Archela (2010) no âmbito da Geografia a pesquisa ambiental possui o objetivo de compreender as relações entre sociedade e natureza, a qual pode ser vislumbrada por meio de uma abordagem sistêmica, a partir dos diversos elementos que constituem uma dada paisagem geográfica, que resulta em uma unidade dinâmica e suas inter-relações dos elementos físicos, biológico e antrópico.

Sobre isso, Christopherson (2012) conceitua de maneira simples um sistema como sendo um conjunto ordenado e inter-relacionado de coisas e seus atributos, estando os mesmos conectados por distintos fluxos de energia e matéria componentes do ambiente circundante. Já Christofolletti (1999) é mais enfático ao distinguir esses componentes ambientais, segundo o referido autor,

Os *sistemas ambientais físicos* representam a organização espacial resultante da interação dos elementos componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, águas, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre e representando uma organização (sistema) composta por elementos, funcionando através dos fluxos de energia e matéria. p. 42.

Neves *et al.* (2014) advertem que no contexto dos geossistemas também ocorrem heterogeneidades, por conta da evolução das subunidades que o compõe. Ainda segundo os mesmos, o geossistema como um sistema físico natural, com elementos pautados na própria dinâmica evolutiva da paisagem. Ressalta-se a abrangência dos geossistemas na escala de domínios morfoclimáticos, onde hodiernamente há uma grande influência do sistema socioeconômico, conforme já pontuava Christofolletti (1999) (Figura 2).

Figura 2 – Estruturação do geossistema e do sistema socioeconômico.



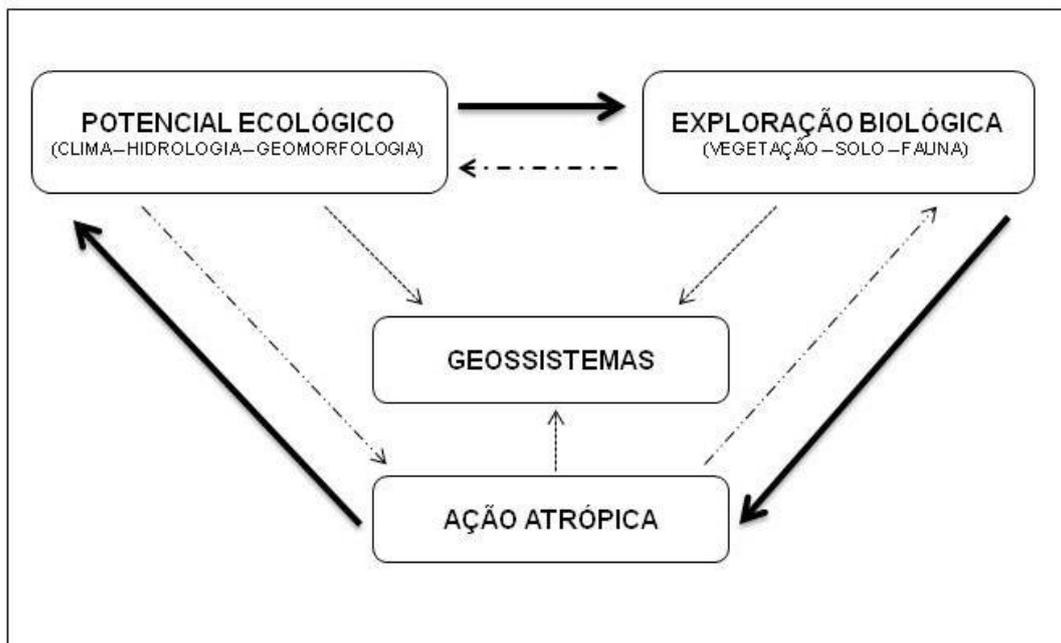
Fonte: Adaptado de Christofolletti (1999).

Para Rodrigues (2001) a teoria geossistêmica é parte de um conjunto de tentativas ou de formulações de cunho teórico-metodológicas da Geografia Física, tendo a mesma surgida em função dessa ciência em lidar com os princípios de interdisciplinaridade, síntese, abordagem multiescalar e dinâmica.

Ainda segundo Rodrigues (2001), embora tal conceito tenha sido gestado pela escola russa, pelas mãos de V. B. Sotchava (1962), que propôs o conceito pela primeira vez em um estudo pioneiro, essa teoria foi propagada no ocidente pelos franceses, pela brilhante iniciativa de G. Bertrand em 1968.

Simultaneamente, no final da década de 1960, na França, Georges Bertrand lança o geossistema como paradigma para a Geografia Física, mediante a proposta de Paisagem e Geografia Física Global, apoiada no tripé: potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica (Figura 3) (GUERRA *et al.*, 2012).

Figura 3 - Esboço de uma definição teórica de Geossistemas.



Fonte: Adaptado de Bertrand (1968).

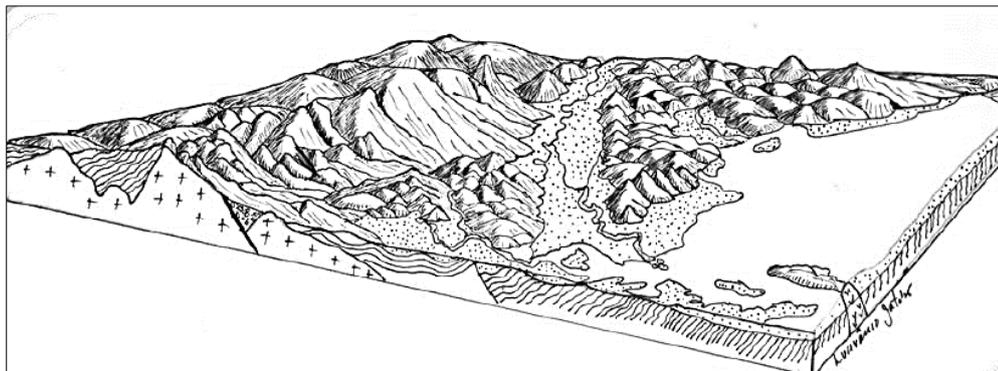
Cabe ressaltar, conforme aponta Guerra *et al.* (2012), que apesar dessas concepções possuírem algumas diferenciações, tanto Georges Bertrand e Victor Sotachava guardam certa semelhança, sobretudo no que se refere às subdivisões, na medida em que têm a paisagem como categoria principal. Para o primeiro o geossistema é subdividido em unidades de paisagem, baseado na escala espaço-temporal de Cailleux e Tricart (1956) em: zona, domínio, região

natural (superiores), geossistema, geofácies e geótopo (inferiores) (BERTRAND, 1968). Já sob a visão de Sochava, o geossistema pode ser dividido em três ordens dimensionais: planetária, regional e topológica, onde as unidades de estrutura homogêneas são denominadas de geômeros, e as unidades de estrutura diferenciada de geócoros (SOTCHAVA, 1978).

Portanto, cabe destacar a diferença de concepção de geossistema para Sochava e para Bertrand, conforme pontua Cavalcanti e Corrêa (2016) ao afirmarem que para o primeiro, o geossistema é uma unidade natural dinâmica e que possua qualquer dimensão, que pode variar da maior dimensão espaço-temporal (totalidade da superfície terrestre), até a menor (como uma encosta com transformações morfodinâmicas). Assim, ainda segundo esses autores, há uma clara diferenciação entre os termos proposto por Sochava, daqueles elencado por Bertrand em 1968, em seu modelo de Geografia Física Global, uma vez para esse último, os geossistemas são da ordem de dezenas às centenas de quilômetros quadrados.

Sobre essa temática, Jatobá (2017) lembra que um conceito importante para o estudo das paisagens é o que se denomina de “unidades de paisagem”. Para o mesmo, a compartimentação e a demarcação territorial são recursos de grande utilidade para identificação de uma unidade de paisagem. De maneira simplificada, esse autor a define “como um espaço material que se diferencia, em linhas gerais, do espaço circundante, sendo assim uma área singularizada por aspectos naturais relativamente homogêneos” (JATOBÁ, 2017) (Figura 4).

Figura 4 - Representação hipotética de unidade de paisagem. Na superfície terrestre existem áreas com características individualizadas de rochas e sobretudo relevo. Essas áreas seriam as unidades de paisagem, limitadas sobretudo pelas características homogêneas de relevo, feições e compartimentos.



Fonte: Jatobá (2017).

Ainda segundo Jatobá (2017) para a delimitação das unidades de paisagem, pode se fazer uso de materiais cartográficos, como: mapas geológicos, mapas das unidades de relevo,

cartas topográficas, imagens *Landsat*, fotografias aéreas, bem como informações socioeconômicas de censos.

Fazendo uso da proposta metodológica defendida por Bertrand (1968), é possível aferir um conjunto de unidades de paisagens em diferentes escalas que vão do global ao local. Assim, é possível estabelecer as seguintes unidades de paisagens: a) Zona, b) Domínio, c) Região Natural, d) Geossistema, e) Geofácies e d) Geótopo, conforme elencado abaixo (Quadro 1).

Quadro 1 - Exemplos de unidades de paisagens.

UNIDADES DE PAISAGENS	EXEMPLOS
Zona	Equatorial
Domínio	Domínio das florestas tropicais
Região natural	Região das florestas latifoliadas
Geossistema	Tabuleiros costeiros do nordeste brasileiro
Geofácies	Curso médio da bacia do rio beberibe
Geótopo	Mangues do rio Beberibe

Fonte: adaptado de Jatobá e Silva (2017).

Diante do exposto, é possível observar a importância da utilização da bacia hidrográfica como unidade espacial de análise, adotando na mesma uma abordagem geossistêmica buscando inter-relacionar os diversos fenômenos naturais que ocorrem no contexto da mesma. Sobre isso, Neves e Machado (2013) esclarecem que:

(...) o uso da bacia hidrográfica como unidade espacial de análise vem ocorrendo desde o final da década de 1960, mas é somente nas duas últimas décadas do século XX que a mesma (enquanto unidade ambiental) transpõe o uso, predominantemente, da Geografia, expandindo-se a muitas áreas das Ciências Ambientais e Agrárias, uma vez que além de ser célula básica de análise do meio ambiente, ela permite diagnósticos e prognósticos acerca dos processos interacionais, por meio de uma visão sistêmica e integrada. (p. 2154).

Neves e Machado (2013) ressaltam ainda que o forte vínculo da abordagem sistêmica junto aos estudos de bacia hidrográfica auxiliou inúmeras pesquisas, sobretudo as geomorfológicas, no entendimento da relação sociedade–natureza, constituindo a bacia

hidrográfica um recorte espacial possível, especialmente no que concerne a aceitação de modelos empíricos para inferência de entradas e saídas de matéria e energia do sistema, a exemplo da EUPS (Equação Universal de Perda de Solo) em estudos ambientais em médias e pequenas bacias hidrográficas. Também compartilham dessa visão Souza e Arruda (2017), ao relacionarem a análise ambiental ao recorte da bacia hidrográfica, quando os mesmos destacam que:

(...) a integração do tema análise ambiental ao recorte espacial bacia hidrográfica, por se tratar de uma importante unidade espacial de análise que mais se adéqua aos estudos ambientais, que apresenta uma dinâmica e complexidade única, inte-relacionando e integrando elementos naturais, que são modificados pela interferência antrópica que, por sua vez, reorganizam completamente a dinâmica da área. (SOUZA e ARRUDA, 2017, p. 501.

Depreende-se, por tanto, que a compreensão holística e integradora das diversas paisagens que compõem a superfície terrestre adquiriu relevância nas últimas décadas, e tem sido foco de variados campos científicos voltados para os estudos ambientais, sem, no entanto, deixar de lado a influência humana como importante fator de transformação da paisagem, sendo a abordagem geossistêmica importante instrumento de investigação, na medida em que se utiliza de critérios naturais e antrópicos que interagem mutuamente, resultando em diversas configurações que, na maioria das vezes, acarreta alterações ao meio físico-natural e a sociedade humana.

2.2 Geoindicadores

Coltrinari e McCall (1995) afirmaram que em julho de 1994 a Comissão de Ciências Geológicas para o planejamento ambiental, pertencente à União Internacional de Ciências Geológicas (UICG) que os Geoindicadores são elementos presentes na paisagem para auxiliar na elaboração de pesquisas multidisciplinares. Os mesmos definiram os Geoindicadores como:

(...) medidas de magnitudes, frequências, taxas e tendências de processos ou fenômenos geológicos, que ocorrem em períodos de cem anos ou menos, ou próximo à superfície terrestre e podem apresentar variações significativas para avaliação e compreensão das mudanças ambientais rápidas. (COLTRINARI e MACCALL, 1995, p. 7).

Sobre isso, Hirai *et al.* (2006) sugere que o uso de geoindicadores poderá fornecer uma informação mais detalhada do estado do meio ambiente, sendo isso fundamental na avaliação de modificações ambientais e uma ferramenta auxiliar no processo de gestão ambiental. Ainda

segundo estes autores, os indicadores devem fornecer a informação de forma simples, facilitando o processo de comunicação com o usuário, independentemente de seu grau de instrução.

Para Berger (1997) *apud* França Júnior e Villa (2011), os Geoindicadores devem ajudar na elucidação de quatro perguntas:

- O que está acontecendo no ambiente? (condições e tendências);
- Por que está acontecendo? (causas, humanas ou naturais);
- Por que é importante? (efeitos ecológicos, econômicos e na saúde);
- O que se pode fazer acerca disso? (implicações do planejamento e da política).

Os geoindicadores e as tecnologias empregadas na sua parametrização não são novos, pois estão fundamentados em procedimentos e métodos de monitoramento padrões. Contudo, a novidade estaria na tentativa de reuni-los dentro de um arcabouço conceitual comum e enfatizar aos não-geólogos a sua utilização na avaliação ambiental. Alguns dos processos envolvidos na parametrização dos geoindicadores são complexos e de alto custo, porém a maioria é relativamente simples e de baixo custo em sua aplicação (BERGER, 2002).

Segundo Hirai *et al.* (2006) são 27 geoindicadores propostos até o momento. Os mesmos foram ordenados em função de sua importância relativa na dinâmica ambiental brasileira (predominância de processos geológicos exógenos e clima tropical), como também são caracterizados quanto ao grau de influência dos fatores naturais e antrópicos nas suas dinâmicas (Tabela 1).

Tabela 1 – Geoindicadores e o grau de influência dos fatores naturais e antrópicos

GEOINDICADORES	Grau de Influência dos Fatores (*)	
	NATURAL	ANTRÓPICO
Qualidade do Solo	2	1
Erosão de solos e sedimentos	1	1
Escorregamentos ou avalanches	1	1
Carstificação	1	2
Sequência e composição de sedimentos	1	1

GEOINDICADORES	Grau de Influência dos Fatores (*)	
	NATURAL	ANTRÓPICO
Nível do lençol freático	2	1
Qualidade de águas subterrâneas	2	1
Química de águas subterrâneas em zonas não - saturadas	1	1
Qualidades de águas superficiais	1	1
Fluxos fluviais	1	1
Morfologia de canais fluviais	1	1
Sismicidade	1	2
Deslocamentos de superfície	1	2
Congelamento de solo	1	2
Flutuações glaciais	1	3
Regime de temperatura subsuperficial	1	2
Atividade vulcânica	1	3
Padrões de crescimento e química dos corais	1	1
Atividade e morfologia de dunas	1	2
Tempestade de areia	1	2
Erosão eólica	1	2
Fissuras e crostas em superfície desértica	1	2

* 1 – Fortemente influenciado; 2 – pode ser influenciado; 3 – sem influência significativa.

Fonte: SIMÕES, 1999 *apud* HIRAI *et al.*, 2006.

Tavares *et al.*, (2007) adverte que o reconhecimento e distinção dos eventos responsáveis pelas mudanças na paisagem e nos processos naturais que podem resultar em deterioração ambiental dependem do ambiente em estudo. Dessa forma, os geoindicadores a

serem utilizados variam de caso em função do interesse particular do estudo que está sendo desenvolvido, como também em função dos atributos do ambiente avaliado e da dinâmica de seus processos a ele intrínseco.

Dessa forma, convém esperar que para cada ambiente estudado existam componentes mais sensíveis à degradação em função de sua exposição aos desequilíbrios ocorridos. Também é esperado que a forma de retratar tal degradação (geoindicador proposto ou escolhido) seja definida com base nas características do ambiente (TAVARES *et al.*, 2007).

Segundo França Júnior e Villa (2011), apesar de ser uma abordagem metodológica relativamente recente, a utilização de geoindicadores, já apresenta os frutos de suas aplicações em diversos estudos científicas, tanto em bacias hidrográficas como em unidades territoriais.

Tal afirmação é de grande importância na medida em que as crescentes pressões ambientais têm tornado realidade a utilização de geoindicadores para os mais diversos ambientes e tipos de atividades antrópicas, com significativas alterações na paisagem. Cada conjunto de geoindicadores deve refletir as alterações ambientais esperadas para o ambiente em questão.

Dessa feita, França Júnior e Souza (2010) ressaltam que o reconhecimento dos geoindicadores ambientais pode colaborar para a prevenção de problemas relacionados com as mudanças na ocupação de algumas áreas, e o possível reconhecimento de locais para o planejamento em ambiente tanto urbano e rural.

Ainda de acordo com Tavares *et al.* (2007), os geoindicadores são baseados em conceitos e procedimentos-padrão, e podem ser usados para demonstrar mudanças em ambientes fluvial, costeiro, desértico, montanhoso, geleiras, entre outros. Os mesmos têm o objetivo de auxiliar no começo de pesquisas, tendo em muitos casos, a necessidade de se integrar a vários desses ao mesmo tempo.

É possível perceber que a utilização de geoindicadores em análises de bacias hidrográficas é pertinente, uma vez que esses podem trazer um maior esclarecimento acerca das transformações ocasionadas nesse recorte espacial, haja vista que nesse contexto ocorrem importantes dinâmicas processuais superficiais relacionadas com os processos geomorfológicos:

O ambiente fluvial é caracterizado por intensa dinâmica superficial e processos geomórficos importantes. Sem dúvida, parte significativa dos processos de alteração da paisagem e as consequências de seu desequilíbrio para as comunidades humanas ocorrem nos vales ou canais fluviais, com reflexos rápidos no sistema fluvial. Tais mudanças estão relacionadas a fluxos no canal fluvial ou no escoamento que podem

resultar sérios problemas de erosão, assoreamento, movimentos gravitacionais de massa e enchentes ou inundações. (TAVARES *et al.*, 2007, p. 45-46).

Esses autores defendem ainda que os geoindicadores para monitoramento de um rio ou vale de rio em ambientes tropicais úmidos abarcam áreas planas: escoamento superficial, movimento de solo, ruptura de talude e densidade de drenagem; para áreas de vale: taxas de deposição de sedimentos; para o canal: volumes de água, sedimento e sólidos dissolvidos (TAVARES *et al.* 2007).

Osterkamp (2002) pontua algumas características dos sistemas fluviais em trópicos úmidos, que os distinguem de outras faixas climáticas, sendo elas: **1.** Chuvas intensas (convectivas, frontais e mesmo orográficas); **2.** Ausência de ciclos de congelamento e descongelamento e processos relacionados de intemperismo; **3.** Intenso intemperismo bioquímico; **4.** Movimentos de massa em talude; e **5.** Baixa variabilidade nas características da água e dos rios.

Coltrinari (2002) também propõe alguns indicadores para as áreas tropicais úmidas, advertindo que os mesmos podem ser monitorados em escala espaço-temporal, podendo ser variável de acordo com a extensão, amplitude, duração e periodicidade dos processos e os parâmetros monitorados. Para a autora, merecem destaque: a distribuição sazonal de chuvas, os ciclos vegetais e o ciclo anual de queimadas.

2.3 Análise Morfodinâmica

O estudo da evolução da paisagem a partir de uma ótica morfodinâmica já vem sendo utilizado em pesquisas ambientais em todo país (PEDRO e NUNES, 2012; MACHADO *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2008; CAVALCANTE e CUNHA, 2012; FONSÊCA *et al.*, 2017). Tal constatação, está atrelada as intensas transformações realizadas pela sociedade, e que só podem ser compreendidas e analisadas à luz de uma abordagem geossistêmica. Sobre isso, Tricart (1977) já pontuava que o ser humano intervém nos ecossistemas em que vive e, concomitantemente, é condicionado a adaptar-se ao mesmo. Isso ocorre independentemente do nível de desenvolvimento tecnológico das sociedades humanas.

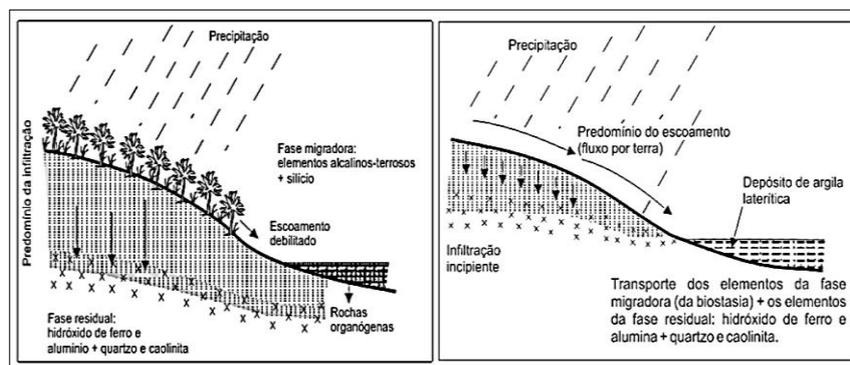
De acordo Carvalho *et al.* (2014) a análise de eventos morfodinâmicos compreende o entendimento da ação de forças de natureza diferentes e que são responsáveis pela formação e evolução do relevo terrestre. Trata-se, portanto, de processos endogenéticos e exogenéticos, que confere a paisagem um caráter dinâmico.

Ainda para Tricart (1977), uma unidade Ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica no meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre a biocenose. Para tanto, a morfodinâmica depende do clima, da topografia e do material rochoso, permitindo a integração desses parâmetros. Assim, para o referido autor, a morfodinâmica é uma abordagem que se preocupa com a apreciação dos diversos processos interligados, sendo os mesmos responsáveis pela evolução do modelado. Souza *et al.* (2008) esclarecem que estes princípios constituem uma perspectiva sistêmica, e que leva em consideração a integração de todos os processos que ocorrem em uma paisagem, e que são responsáveis pela sua feição.

Tricart (1977) estabelece como critério a interação entre morfogênese e pedogênese, buscando determinar o grau de instabilidade de uma paisagem. Assim, o balanço morfogenético é estabelecido a partir da relação entre os componentes (perpendicular e paralelo). Onde o perpendicular representa a ação da infiltração, beneficiada pela cobertura vegetal; e que possibilita alterações de caráter bioquímico abrindo caminho para os eventos pedogenético. Por sua vez, o paralelo caracteriza o efeito erosivo, favorecido pela retirada da cobertura vegetal e dando origem a ação dos agentes morfoesculturais (CASSETI, 1991).

Dessa forma, no instante em que prevalece o componente perpendicular, e a vertente acha-se revestida de vegetação, ocorre um momento de biostasia, onde a atividade morfogenéticas é bastante incipiente ou até mesmo nula (CASSETI, 1991). É por isso que Tricart (1977) estabelece que uma cobertura vegetal densa minimiza o desencadeamento de processos mecânicos da morfogênese. Já em outra situação, ou seja, quando da resistasia, que ocorre devido a retirada da vegetação, ou em escala geológica (alterações climáticas) ou em escala histórica (degradação antropogênica), a morfogênese predomina na dinâmica da paisagem, caracterizando um desequilíbrio climácico devido ao intenso processo erosivo (Figura 5) (CASSETI, 1991).

Figura 5 – Representação de perfil de uma vertente em dois momentos distintos – **biostasia** e **resistasia**.



Fonte: Adaptado de Casseti (2005).

O conceito de ecodinâmica recomenda um modelo de avaliação integrado das unidades territoriais, alicerçado no balanço pedogênese e morfogênese buscando dessa forma, classificar o grau de instabilidade do ambiente. Assim, esse critério menciona o balanço entre as trocas de energias e matérias que se faz em relação ao equilíbrio dinâmico (TRICART, 1977). O mesmo estabelece três diferentes meios considerando a abordagem morfodinâmica, sendo eles: Meios estáveis, Meios Intergrades e Meios fortemente instáveis (Quadro 2).

Assim, é possível verificar que nos *meios estáveis* devido ao predomínio pedogenético, a evolução do modelado é lenta e quase imperceptível. Eventos erosivos possuem pouca relevância nesse cenário, contudo, os mesmos ocorrem de maneira constante (dissecação moderada). Por se tratar de áreas com densa cobertura vegetal preservada, possibilita o predomínio da bioestasia em detrimento da resistasia.

Quadro 2 - Classificação Ecodinâmica dos Meios Ambientes

Classificação Ecodinâmica dos Meios Ambientes – Tricart (1977)	
Categorias Morfodinâmicas	Características
Meios Estáveis	<ul style="list-style-type: none"> - Cobertura vegetal densa; - Dissecação moderada; - Ausência de manifestações vulcânicas; e - Predomínio da Pedogenético.
Meios Intergrades	<ul style="list-style-type: none"> - Balanço entre as interferências morfogenéticas e pedogenéticas
Meios Fortemente Instáveis	<ul style="list-style-type: none"> - Condições bioclimáticas agressivas, com ocorrências de variações fortes e irregulares de ventos e chuvas; - Relevo com vigorosa dissecação; - Presença de solos rasos; - Inexistência de cobertura vegetal densa; - Planícies e fundos de vales sujeitos a inundações; - Geodinâmica interna intensa; e - Predomínio Morfogenético.

Fonte: adaptado de Tricart (1977).

Nos *meios Intergrades* ocorre um equilíbrio entre os outros dois meios – estável e instável. Ou seja, dessa forma ocorrem um balanceamento dos aspectos pedogenéticos e morfogenéticos, não ocorre a sobreposição de um sobre o outro. Trata-se, portanto, de uma área de transição entre duas realidades distintas.

Já nos *meios fortemente instáveis* a morfogênese domina, sendo os aspectos morfoesculturais predominante. Nesses ambientes a resistasia é a tônica que caracteriza a paisagem, que apresenta intensa dissecação, devido à ausência de cobertura vegetal. Em ambientes urbanos esse tipo de cenário adquire aspectos importantes, na medida em que somados as alterações naturais, as intervenções humanas possibilitam uma aceleração de processos morfogenéticos.

Carvalho *et al.* (2014) ressaltam que atualmente, os eventos morfogenéticos são intensificados pela dinâmica socioeconômica, na medida em que o uso indiscriminado e sem o devido planejamento dos recursos naturais, geram graves desequilíbrios ambientais. Ainda de acordo com os mesmos existe um constante interesse pelos estudos ambientais, no sentido de adequar as intervenções da sociedade com às fragilidades/potencialidades do meio ambiente.

Desta maneira, observa-se a urgente necessidade de um estudo de caráter morfodinâmico na BHRB, haja vista, que a mesma por estar inteiramente inserida em uma das maiores Regiões Metropolitanas do Brasil, e também por ser uma das bacias hidrográficas mais densamente habitadas, sobretudo, no seu médio e baixo curso. Atrelado a isso, as características morfológicas da região, associada a retirada da cobertura vegetal e as chuvas concentradas nos meses de outono-inverno, fazem com que processos morfodinâmicos tenham causado graves prejuízos naturais e socioeconômicos.

2.4 Bacias Hidrográficas: tipos de bacias e padrões de drenagem

Torna-se imprescindível a compressão dos diversos tipos de bacia hidrográfica, bem como, dos diversos elementos e processos que a compõem, no sentido de compreender a dinâmica fluvial e as transformações que os mesmos causam na paisagem.

Sobre isso, Manoel e Rocha (2017) asseguram que o estudo dos atributos de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns métodos a serem realizados em análises hidrológicas ou ambientais, e objetiva esclarecer as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental de uma determinada bacia hidrográfica.

Nesse sentido, Christofolletti (1980) esclarece que de acordo com seu escoamento global, uma bacia hidrográfica ou bacia de drenagem, pode ser classificada como: **exorreica**, **endorreica**, **arreica** e **criptorreica** (Quadro 3).

Outra questão que merece destaque no estudo de bacias hidrográficas são os padrões de drenagem, Manoel e Rocha (2017) destacam que os padrões de drenagens representam um dos principais parâmetros morfométricos a serem averiguados, para justificar a forma da distribuição espacial dos canais fluviais em uma bacia hidrográfica. Isso explica os vários estudos sobre a temática:

O estudo dos padrões de drenagem foi assunto amplamente debatido na literatura geomorfológica. Os *padrões de drenagem* referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 103).

Quadro 3 - Classificação dos tipos de bacia de drenagem.

Tipos de Bacia de Drenagem	
EXORREICA	Quando o escoamento se faz de modo contínuo até o mar ou oceano;
ENDORREICA	Quando a drenagem é interna, e não possui escoamento até o mar, desaguando em um lago;
ARREICA	Quando não há uma estruturação em bacias hidrográficas, como no caso de áreas desérticas;
CRIPTORREICA	Quando as bacias são subterrâneas, como em áreas cársticas.

Fonte: Adaptado de Christofolletti (1980).

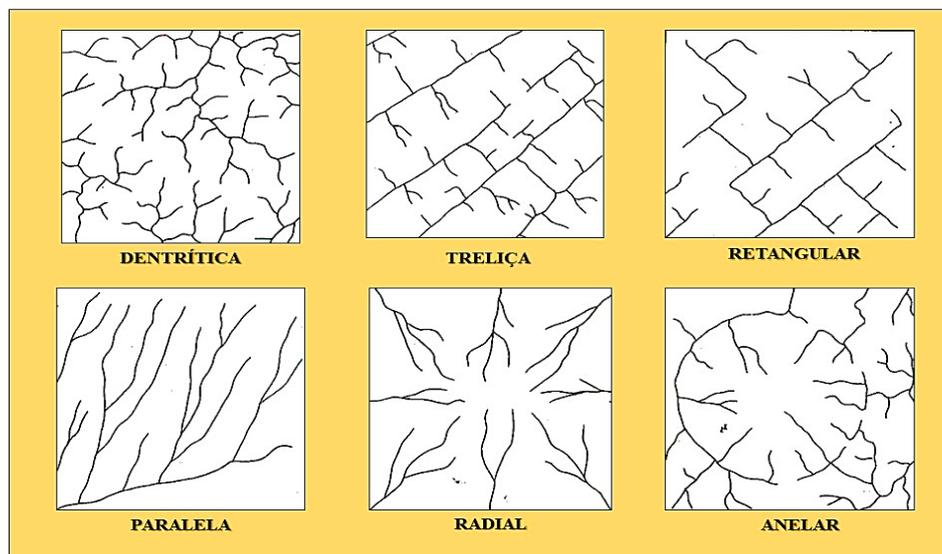
Lima (2006) afirma que a drenagem nunca acontece isoladamente, une-se a outras para compor ordens mais elevadas, formando desenhos de drenagens inter-relacionadas, que são referidas como Padrão de Drenagem.

No que concerne a configuração dos padrões de drenagem, percebe-se que os mesmos são bastante influenciados pela declividade do terreno, na medida em que a mesma fornece grande preponderância sobre a velocidade do escoamento superficial, demonstrando, assim, o tempo em que a água da chuva leva para concentra-se nos leitos fluviais, e constituir um rede

de drenagem. Fica claro que a organização espacial dos rios é produto direto das características morfológicas e geológicas da bacia hidrográfica, materializando o tipo de padrão e sua densidade em dada região (MANOEL e ROCHA, 2017).

Christofolletti (1980) esclarece que inúmeros autores dissertaram acerca da classificação sistemática dos padrões de drenagem, no entanto, o referido autor prefere admitir uma caracterização mais básicas dos tipos de padrões de drenagem, utilizando, portanto, apenas o critério geométrico da disposição fluvial, sem levar em consideração o sentido genético, são elas: drenagem dentrítica, treliça, retangular, paralela, radial e anelar (Figura 6 e Quadro 4).

Figura 6 - A disposição espacial dos principais tipos de padrões de drenagem



Fonte: Adaptado de Christofolletti (1980).

Quadro 4 - classificação dos padrões de drenagem relacionados aos controles estruturais.

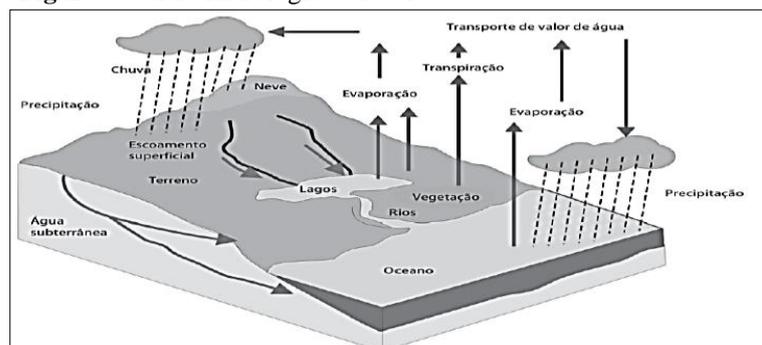
Tipo	Descrição do padrão	Controle estrutural
Dentrítico	Arranjo espalhando-se como uma árvore. Nenhuma orientação evidente de canais;	Sedimentos horizontais ou rochas cristalinas homogêneas. Falta de controle estrutural em rocha de resistência uniforme;
Paralelo	Canais principais regularmente espaçados e paralelos ou subparalelos. Tributários unem-se	Falhas espaçadas, monoclinais ou dobras;

	aos canais principais em ângulos muito agudos;	
Tipo	Descrição do padrão	Controle estrutural
Radial	Cursos fluviais fluindo para fora do centro;	Cônicos vulcânicos, domos;
Treliça	Uma drenagem de direção dominante com uma outra secundária de direção perpendicular a ela;	Rochas inclinadas ou dobras alternadamente de diferentes resistências;
Retangular	Forma uma rede de drenagem perpendicular com duas direções igualmente desenvolvidas;	Juntas ou falhas;
Anelar	Os rios principais têm um padrão circular com canais tributários em ângulos retos.	Domo erodido alternadamente em rochas de diferentes resistências.

Fonte: Adaptado de Summerfield (1991)

Algo que também é preciso fazer menção são os processos hidrológicos que envolve o contexto de uma bacia de drenagem, sobretudo os que se referem as entradas e saídas de energia no conjunto. Há esse respeito, Tucci e Mendes (2006) advertem que os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica têm duas direções dominantes de fluxo: um vertical e outro longitudinal. O primeiro se refere aos processos de precipitação, evapotranspiração, umidade e fluxo no solo, já o segundo representa o escoamento da direção dos gradientes da superfície (escoamento superficial e rios) e do subsolo (escoamento subterrâneo), conforme demonstrado na (Figura 7).

Figura 7 - Ciclo Hidrológico Global



Fonte: Tucci e Mendes (2006)

Esses mesmos autores chama a atenção para a importância da vegetação na manutenção e no fluxo de volumes de água:

A parcela inicial da precipitação é retida pela vegetação; quanto maior for a superfície de folhagem, maior a área de retenção da água durante a precipitação. Esse volume retido é evaporado assim que houver capacidade potencial de evaporação (TUCCI e MENDES, 2006, p. 16).

Portanto, quando esse volume de água, que foi retido pela vegetação, é enfim totalmente evaporado, as plantas passam a perder umidade para o ambiente através da transpiração. Essa umidade é proveniente do solo, extraída pelas raízes das mesmas. Por conseguinte, a evapotranspiração em ambiente de floresta tropicais, raramente apresenta déficit de umidade do solo, que em média gira em torno de 1.415 mm (1310 – 1500) (TUCCI e MENDES, 2006).

2.5 Bacias Hidrográficas como unidade territorial e ambiental

É inegável a eleição da bacia hidrográfica como unidade territorial e ambiental preferencial das chamadas Ciências ambientais, sobretudo nas últimas décadas. Tal fato é atestado pela convergência de pesquisas de áreas como: Ecologia, Geografia, Geomorfologia, Engenharia Ambiental e Sanitária etc.

É oportuno destacar, que o conceito de bacia hidrográfica enquanto unidade de gestão territorial tem estendido suas barreiras políticas tradicionais (municípios, estados, países) para uma unidade física de gerenciamento, planejamento e desenvolvimento econômico e social (TUNDISI, 2003, p. 108).

Segundo Lima e Nery (2017) o entendimento da bacia hidrográfica enquanto unidade de planejamento adquiriu maior importância a partir da promulgação da Lei 9443 de janeiro de 1997 (Lei de Águas), quando foram criados e implementados diversos comitês de bacias hidrográficas e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A escolha dessa unidade territorial não é por acaso. Na medida em que a mesma pode ser compreendida como célula básica da análise ambiental, uma vez que a bacia hidrográfica permite conhecer e avaliar os inúmeros componentes e os processos que nela ocorrem. Dessa forma, a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita quando da adoção dessa unidade fundamental (BOTELHO e SILVA, 2012). Ainda segundo esses mesmos autores:

Ao distinguirmos o estado dos elementos que compõem o sistema hidrológico (solo, água, ar, vegetação etc.) e os processos a eles relacionados (infiltração, escoamento, erosão, assoreamento, inundação, contaminação etc.), somos capazes de avaliar o

equilíbrio do sistema ou ainda a qualidade ambiental nele existente. (BOTELHO e SILVA, 2012, p. 153).

Ainda sobre essa questão, Machado e Torres (2012) ressaltam a importância dos recursos hídricos na sociedade moderna. Os mesmos destacam que nas últimas décadas os estudos relativos a essa temática têm adquirido um substancial incremento, bem como, exponencial destaque para a bacia hidrográfica como unidade territorial preferencial. O que por sua vez, tem contribuído para o planejamento ambiental no Brasil e no exterior. Uma vez que a mesma oferece uma visão integradora da paisagem:

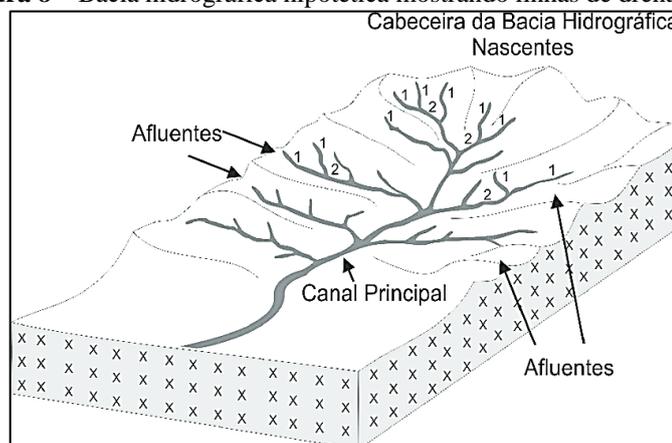
(...) A aceitação mundial deste mecanismo de gestão é reconhecida por diversos autores e outro fator que destaca sua relevância é o fato de que a bacia é um sistema natural de delimitação geográfica onde os fenômenos e interações podem ser integradas de forma facilitada, além disso, constitui uma unidade espacial de fácil reconhecimento e caracterização, onde qualquer espaço de terra por menor que seja consegue interagir com uma bacia hidrográfica (LIMA *et al.*, 2016, p. 1).

Botelho e Silva (2012) esclarecem que o conceito de bacia hidrográfica já vem sendo trabalhado pelos geógrafos físicos como unidade territorial desde os fins dos anos 60 com destaque para a publicação do artigo de Chorley (1969) que descreve a bacia hidrográfica como unidade geomórfica fundamental.

Assim, uma bacia hidrográfica, que também pode ser chamada de bacia fluvial ou bacia de drenagem (Figura 8), pode ser entendida como uma região hidrológica, sendo definida como uma “área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial” (COELHO NETTO, 2007, p. 97). Ou, nas palavras de Christofolletti (1980) que define a bacia de drenagem como:

(...) a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. A quantidade de água que atinge os cursos fluviais está na dependência do tamanho da área ocupada pela bacia, da precipitação total e de seu regime, e das perdas devido à evaporação e a infiltração. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 102).

Figura 8 – Bacia hidrográfica hipotética mostrando linhas de drenagem



Fonte: Nascimento *et al.* (2015)

Segundo Cunha e Guerra (2010), as diversas bacias de drenagem recebem energia fornecida pela atração conjunta do clima e da tectônica locais, com a consequente eliminação dos fluxos energéticos pela saída da água, sedimentos e solúveis. Assim, é possível verificar constantes ajustes nos elementos das formas, como também, nos processos associados, em função das mudanças de entrada e saída de energia.

Sobre isso, Christopherson (2012) salienta que as bacias de drenagem são *sistemas abertos*. Onde as entradas incluem precipitações e os minerais e rochas da geologia regional. Energia e materiais são redistribuídos conforme a corrente constante se adapta à sua paisagem. As saídas do sistema de água e sedimentos se dispersam pela foz do rio, para um lago, outro rio ou oceano.

Percebe-se, a partir dessa ótica, que a análise de uma bacia hidrográfica, deve ser feita de maneira integradora, buscando deslindar o real através de uma visão sistêmica dos componentes da paisagem.

As bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de entrada e saída (descarga, cargas sólidas e dissolvidas). (CUNHA e GUERRA, 2010, p. 353).

Dessa forma, é oportuno destacar o papel fundamental das bacias hidrográficas na evolução do relevo terrestre na medida em que os cursos de água são importantes modeladores da paisagem. Cunha e Guerra (2010) chamam atenção para a dinamicidade concernente ao interior de uma bacia de drenagem, que, apesar das várias mudanças que ocorrem na mesma possuírem causas naturais, o homem tem contribuído como agente acelerador dos processos modificadores da paisagem.

Compartilham dessa mesma preocupação Araújo *et al.* (2009), lembrando que os impactos ambientais que ocorrem numa bacia hidrográfica, tais como: uso indiscriminado da água, ocupação indevida do solo, desmatamento de matas ciliares, sedimentação, assoreamento, construção de barragens, desvio de cursos d'água, erosão, salinização, contaminação, impermeabilização, compactação, diminuição da matéria orgânica dentre outras degradações, contribuem para o desaparecimento de rios e lagos, interferindo no ciclo da água e o clima. Portanto, é notável o papel da bacia hidrográfica como referencial nas tomadas de decisões e implantações de política públicas, planejamento e de gestão territorial. Lima e Nery (2017) pontuam ainda que a bacia hidrográfica como unidade de planejamento pode ser analisada a

partir de uma abordagem sistêmica, pois existem um conjunto de elementos e de relações entre ela, o território e outros componentes e relações.

Ao se deter na relação dos diversos elementos que compõem uma bacia hidrográfica, no que concerne ao seu funcionamento, entende-se a mesma como uma unidade geomorfológica fundamental ao estudo da Geografia, pois assim como o geossistema, a mesma demonstra a relação entre potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica em seu modelado, possibilitando, assim, uma aproximação entre esses conceitos (NEVES e MACHADO, 2013).

Portanto, depreende-se que por constituir a bacia hidrográfica uma unidade básica de planejamento, onde a ação integrada das diferentes formas de uso e manejo devem entendidas, a partir de uma perspectiva sistêmica, onde cada componente pode influenciar ou ser influenciado pelos demais. (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2014; COELHO NETO, 2007; GUERRA e BOTELHO, 2012).

2.6 Influências antrópicas e de eventos hidromorfodinâmicos sobre bacias hidrográficas

Os seres humanos se configuram como agentes externos de transformação da paisagem. Se comparadas a outros agentes, as múltiplas ações antrópicas são as que atuam de maneira mais rápida e intensa, atuando decisivamente nas transformações do relevo terrestre.

As diversas ações humanas, como: abertura de estradas, construção de pontes e túneis, o corte de encostas, construção de aterros, o aplainamento do terreno, a construção e ampliação das cidades, a construção de edifícios, a formação de represas e lagos artificiais por meio de barragens, o desmonte de morros em virtude das atividades mineradoras, dentre outras atividades, causam profundas e alterações nas paisagens, podendo as mesmas ser observadas e comparadas em um curto período de tempo (Figura 9).

Figura 9 - Obras do PAC Beberibe II: **A.** abertura de estrada na margem direita do rio Beberibe (baixo curso) e **B.** Placa de sinalização da obra.



Fonte: O autor (2019).

Assim, é possível compartilhar com Barbosa *et al.* (2018), ao afirmar que o homem pode ser analisado como agente geomorfológico, uma vez que é dotado da capacidade de modificação das feições mais superficiais da crosta terrestre, atuando, portanto, como agente ativo na esculturação do relevo.

Por isso, é possível definir o relevo resultante das ações humanas como relevo tecnogênico, conforme orienta Peloggia (2005):

A ação do homem na transformação da fisiografia das paisagens, com a criação de um modelado especial correspondente (o relevo tecnogênico) é, juntamente com a influência humana na fisiologia das paisagens (criação e modificação de processos geológicos superficiais) e na criação de depósitos sedimentares correlativos (estratigrafia), uma das três facetas fundamentais do processo que denomina-se geotecnogênese: a transformação do ambiente geológico pelo homem. p. 24.

Assim, é oportuno destacar que um dos aspectos mais expressivos – e seguramente o mais evidente – da ação antrópica sobre a superfície da Terra são as transformações do relevo. Tais ações, decididamente geomorfológicas, surgem como resultado da modificação ou neocriação de processos morfoesculturais (erosivos) e de seus depósitos correlativos se configuram como característico do período tecnógeno (PELOGGIA, 2005).

Segundo Silva (2012) o termo “tecnogênico” é aplicado em decorrência do atual período geológico/geomorfológico, pós-industrialização e do desenvolvimento de técnica e tecnologia, o que mudou substancialmente a maneira em que o homem interage com a superfície da Terra, o que configura uma marca do período “Quinário”, bem como de sua época correspondente, o “Tecnógeno” – Esse termo faz menção a época que se caracteriza pelas condições geológico-geomorfológicas hodiernas, onde as ações antrópicas adquirem maior relevância.

No campo da geologia, ao relacionar a ação humana com os processos geológicos, surge uma nova possibilidade, a de inclusão de um novo período, o Quinário. O ser humano tem ocasionado mudanças de maneiras significativas, em que interpretações puramente mecânicas e fragmentárias não conseguem mais explicar a complexidade das questões impostas. Visto que o reconhecimento do homem como novo agente geológico já começa ser aceito amplamente, passa-se agora para a descrição deste novo período geológico, ao qual, segundo as referências utilizadas, denomina-se Quinário ou Tecnógeno. (SILVA, 2012, p. 33).

Dessa feita, vale lembrar que as pesquisas geomorfológicas em ambiente urbano são extremamente importantes para o planejamento da expansão urbana e também no gerenciamento do espaço construído. Na medida em que toda construção humana está assentada sobre bases geológicas e geomorfológicas específicas e diversificadas, associadas as suas características e dinâmicas evolutivas que ocorrem no tempo e no espaço, e que não

necessariamente depende da ação humana, mas quando da ocorrência desta, por vezes corroboram na aceleração e evolução dos processos geomorfológicos, à saber: erosão (eventos denudacionais) e acumulação de sedimentos (processos agradacionais) (BARBOSA *et al.*, 2018).

É sobre isso que Peloggia (1998 *apud* Jorge, 2011) aponta que a ação humana sobre o meio possui três níveis de abordagem, sendo essas a modificação do relevo e as alterações fisiográficas da paisagem (retificação de canais, terraplenagem e surgimento de áreas erodidas), além da alteração da fisiologia da paisagem e a consequente criação de depósitos correlativos comparáveis aos quaternários (os depósitos tecnogênicos). Esse mesmo autor destaca que a atuação do homem enquanto agente geológico apresenta um caráter eminentemente novo, e o que o diferencia de todos os demais tipos de agentes e fatores geológicos, em sua ação sobre o meio, é a natureza antropomorfizada.

Miller Jr. (2007) destaca que devido ao aumento populacional, é crescente a demanda pelo desenvolvimento tecnológico, as demandas por alimentos, moradias, energia, recursos naturais, entre outros, e isso tem gerado maior poluição. Os grandes centros urbanos, na medida em que se expande, contribuem para a degradação do solo, florestas, áreas úmidas e habitats de animais selvagens. Por isso, é possível afirmar que:

Compreender a relação entre ocupação urbana e degradação ambiental é extremamente necessário para prevermos e evitarmos impactos futuros, tais como alagamentos, perda do potencial de geração de alimentos, poluição do ar e solo, impactos irreversíveis sob a fauna e flora (DAMAME *et. al.*, 2019, p. 2)

De acordo com Porto e Porto (2008), no Brasil, a gestão de recursos hídricos é baseada nas bacias hidrográficas, que são áreas onde a água proveniente da chuva é drenada para um único ponto, seu exutório. É nesse território que se situa as indústrias, cidades, atividades agropecuárias e as APPs (Áreas de Preservação Permanente).

2.6.1 Erosão do Solo

Pode-se considerar os processos erosivos como o desgaste excessivo das diversas formas de relevo que compõem a superfície terrestre e a deposição dos sedimentos produzidos e que ocasiona alterações estruturais do planeta. De causas naturais, a erosão também é avivada pelas práticas humanas, que por não compreenderem ou não levaram em considerações as

condicionantes naturais do espaço que ocupam, agravam um problema de caráter ambiental para o desenvolvimento das sociedades.

Por isso, Jorge e Guerra (2013) destacam que a erosão é um fenômeno natural. E que toda paisagem com algum tipo de declividade, normalmente superior a 3°, pode sofrer algum tipo de erosão

Nesse sentido, Pedro e Lorandi (2004) esclarecem que a erosão do solo é um fenômeno que tem sido uma preocupação nas últimas décadas, despertando o interesse de muitos pesquisadores no que tange as suas gênese, evolução e controle, uma vez que a mesma atinge e inutiliza extensas áreas de terra e descaracteriza completamente o meio físico.

Para Suguio (2003) os processos erosivos adquirem maior relevância em regiões de clima quente e úmido, onde as temperaturas médias anuais são superiores a +10°C. Santoro (2012) e Guerra (2007) corroboram com essa sentença, ao afirmar que eventos erosivos causados pela água da chuva (erosão pluvial) atingem principalmente regiões de clima tropical, uma vez que os índices pluviométricos são mais elevados, sobretudo, quando as chuvas se concentram num determinado período do ano.

A erosão pode ser definida como o grupo de processos sob os quais o material terroso ou rochoso é desagregado, decomposto e removido de alguma parte da superfície terrestre. É um processo natural de exposição das rochas as condições diferentes das de sua formação. É um processo de suavização da superfície terrestre (SILVA, 1995). Ou, em outras palavras:

A erosão é um processo físico que consiste na degradação, transporte do solo, pela água ou pelo vento. Este fenômeno que esculpe o relevo terrestre é chamado de erosão geológica ou normal. Quando o solo é “despido” de sua vegetação natural e submetido ao cultivo, fica exposto diretamente às forças erosivas. Neste caso, a água e o vento removem material com intensidade muito maior do que a verificada quando o solo está naturalmente coberto. (ANA, 2019, p. 3.).

Ainda sobre isso, Magalhães (2001) destaca que a erosão é um processo mecânico que age na superfície e em profundidade, em determinados tipos de solo e sob determinadas condições físicas, naturalmente relevantes, tornando-se crítica pela ação catalisadora do homem. Sem dúvida, compreender o alcance das ações antrópica sobre o espaço geográfico, é de fundamental importância numa análise holística da paisagem, uma vez que apesar da erosão possuir sua gênese atrelada a fenômenos naturais, as atividades humanas só tendem a agravar/intensificar todo o processo.

Como já mencionado anteriormente, a erosão é um fenômeno natural que resulta em transporte de massa em decorrência da dinâmica superficial das encostas. Contudo, conforme

destaca Martini *et al.* (2006) esses eventos são muitas vezes acelerados pela ação indiscriminada do homem, A erosão, ainda segundo os referidos autores, é ativada pela ação do vento, chuva e estando a sua magnitude diretamente relacionada pelos fatores pedológicos, geomorfológicos e fitogeográficos, sobretudo.

Portanto, o entendimento dos processos erosivos como condicionantes naturais são imprescindíveis numa abordagem sistêmica, haja vista que são fenômenos que ocorrem naturalmente na superfície terrestre, independente da ação humana (erosão natural), mas que pode vir a ser agravada pela ação desse (erosão acelerada).

A *erosão natural*, ou *geológica*, é aquela provocada sem a interferência do homem, e ocorre através de vários agentes erosivos, tais como as águas pluviais, fluviais e marinhas, além dos ventos e geleiras. Dessa maneira, são reconhecidos os processos de erosão pluvial, fluvial, marinha, eólica e glacial (SUGUIO, 2003). Já a *erosão acelerada*, ou seja, que ocorre sob a influência do homem, acontece quando da ocupação do território, iniciada pelo desmatamento e seguido pelo cultivo das terras, implantação de estradas, assentamento e expansão das cidades, sobretudo quando feito de modo inadequado, constitui o fator decisivo da aceleração dos processos erosivos (CARVALHO e DINIZ, 2007). Vale ressaltar, que nesse estudo será dado ênfase, sobretudo aos processos erosivos pluviais e de erosão acelerada.

É a erosão provocada pela água da chuva, não apenas pelo gotejamento sobre o solo, provocando a erosão por salpico, mas também pelo lençol de escoamento superficial e pelas águas de infiltração que passa a atuar por processos físicos e químicos (SUGUIO, 2003).

Para Almeida Filho (2015) a chuva é o principal elemento climático de importância direta no desenvolvimento dos processos erosivos em ambientes tropicais. O clima é um dos mais importantes condicionantes dos processos erosivos, uma vez que a água da chuva atua tanto na denudação do terreno como no comportamento do lençol freático.

De acordo com Branco (2014), agindo como um dos principais agentes erosivos, a água possui uma ação lenta, contudo podendo ser acelerada quando essa encontra o solo desprovido de vegetação, como em áreas desmatadas. Quando do contrário, ou seja, quando o terreno possui uma densa cobertura vegetal, o impacto da chuva é reduzido, na medida em que as plantas amortecem a velocidade da chuva que escorre sobre o solo, uma vez que as raízes contribuem como suporte mecânico, favorecendo a resistência e fixação do solo, funcionando, ainda, como canais de percolação, favorecendo a infiltração da água superficial. Entretanto, a ausência de vegetação no solo faz com que o mesmo alcance rapidamente a saturação, como

consequência, a água passa a escorrer pela superfície, sem se infiltrar, acelerando e intensificando o escoamento superficial e o processo erosivo. Tal cenário, é ainda mais prejudicado se o solo em questão for arenoso e não argiloso.

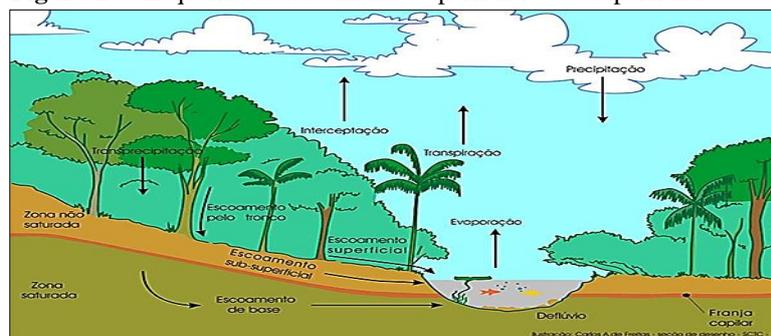
Uma das primeiras interferências da água no solo é através do *salpicamento*, trata-se do processo de desagregação dos torrões e agregados presentes no solo em decorrência do impacto dos pingos da chuva. Os mesmos, ocasionam a selagem dos poros do solo pelo material mais fino, disso resulta numa potencial redução da infiltração e consequente aumento do *escoamento superficial*. A partir daí o aumento desse fluxo de água em superfície acarreta a formação de *ravinas*, que tende a aumentar de tamanho à medida que a água avança morro abaixo (BRANCO, 2014).

Dessa feita, depreende-se que erosão pluvial é comum em regiões tropicais, onde a características climáticas e pedológicas corroboram para consideráveis perdas de solos ao longo dos anos. Sendo, portanto, o Brasil um país essencialmente tropical, torna a erosão pluvial:

o processo de erosão mais comum nas regiões de clima intertropical, a exemplo do Brasil. Ela se inicia com o impacto das gotas de chuva no solo, desagregando as partículas do solo que são removidas e transportadas pelo escoamento superficial, sendo depositadas nas partes mais baixas do terreno, nos leitos dos rios ou transportadas por estes até os lagos ou oceanos. (PFALTZGRAFF et al 2008, p. 139.).

Sobre isso, Sousa (2019) esclarece que quando da ocorrência de chuvas, a água que atinge o solo pode seguir dois caminhos distintos, o *escoamento superficial*, onde o volume vai depender da intensidade das chuvas, da declividade do terreno, do grau de saturação do solo e da cobertura vegetal. O outro é a infiltração, que também depende das variáveis citadas anteriormente. Porém, a infiltração pode se dividir em dois ramos: o *escoamento subsuperficial* que segue no nível das raízes na direção do fundo do vale dependendo da inclinação da vertente; e outro que se propaga verticalmente e por fim atinge o lençol freático (Figura 10).

Figura 10 - Esquema de escoamento superficial e subsuperficial



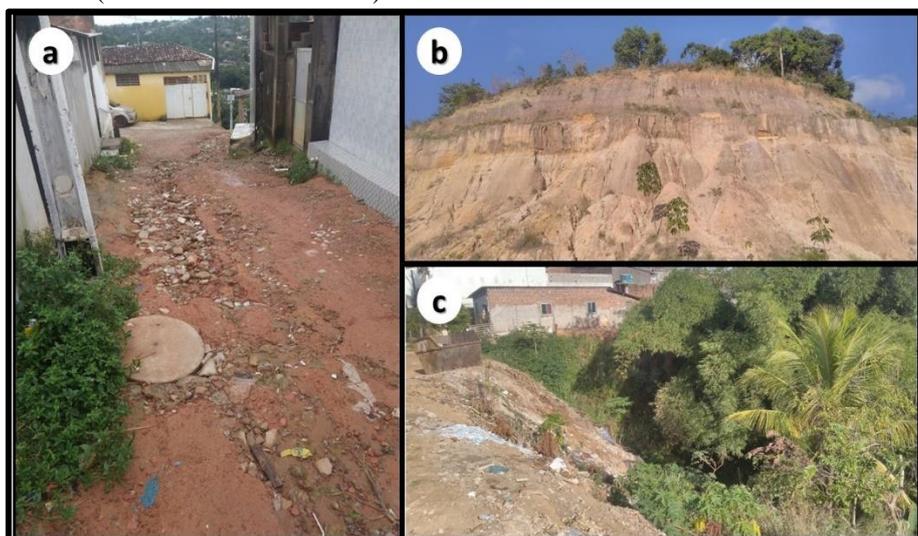
Fonte: Ranzini e Arcova (2015)

Bertoni e Lombardi Neto (2014) lembram que a erosão, está ligada a forças ativas, dentre elas as características da chuva, na medida em que a água desempenha ação erosiva sobre o solo a partir do impacto das gotas de chuva, que se precipitam com velocidade e energia variável, pelo escoamento da enxurrada, e que possui sua velocidade e volume variada de acordo com a declividade, o comprimento do declive do terreno e a propriedade que o solo possui em absorver água; e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água (determinada por diversas de suas características ou propriedades físicas e químicas) e a densidade da cobertura vegetal.

Os fluxos superficiais e subsuperficiais são mais competentes durante os períodos chuvosos, uma vez que os solos tendem a estar mais saturados. Quando ocorre a estiagem, o fluxo da infiltração tende a ser mais verticalizado em direção ao lençol freático, por conta do deslocamento da água das camadas superiores para as inferiores do solo (LEPSCH, 2011).

De acordo com os efeitos provocados na superfície terrestre, a erosão do solo pode ser: (a) laminar e linear (b), esta última geradora de feições erosivas, como voçorocas (c) (Figura 11), sendo as mesmas resultados do arrastes de partículas em taxas variáveis, contudo, com efeitos permanentes sobre a paisagem, ocasionando transformações no relevo e nos continentes, como no caso da erosão geológica, ou até mesmo atingindo percentuais de transporte bastante acentuados em áreas agrícolas ou zonas urbanas coma consequente intensa mobilização de solos (MARTINI *et al.* 2006).

Figura 11 – a) erosão laminar em área de solo exposto (médio curso do Beberibe), b) ravinas em morro na margem esquerda do Córrego do Abacaxi (afluente do Beberibe), c) voçoroca em área de ocupação antrópica no Alto da Bondade - Olinda (médio curso do Beberibe).



Fonte: o autor (2019)

- a) A **erosão laminar** ou **entressulcos**, trata-se da remoção de uma camada fina e relativamente uniforme do solo pelas chuvas e pelo escoamento superficial (SILVA *et. al.*, 2007). Cantalice (2002) ressalta que é uma das formas mais danosas, uma vez que remove a camada superficial do solo, onde se concentra a matéria orgânica, os nutrientes e insumos agrícolas, que possibilitam a produção agrícola, Além disso, altera as condições para ocorrência de processos microbianos que repercutem na fertilidade do solo, decomposição de material orgânico e na disponibilidade de nutrientes para as plantas;
- b) **Erosão Linear** com profundidade maior que 0,5 m (ravinas) neste caso as águas do escoamento superficial escavam o solo até seus horizontes inferiores; possuem forma retilínea, alongada e estreita (SANTORO, 2012);
- c) **Feições erosivas**, como ravinas e voçorocas, trata-se da evolução da erosão linear, neste caso ocorre o aprofundamento da erosão até atingir o nível freático que aflora no fundo do canal. Há, então, ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneo, o que condiciona uma evolução da erosão lateral e longitudinalmente (SANTORO, 2012).

Atrelado a essas condicionantes de ordem físico-natural, ocorrem as intervenções impetradas pela ação humana, que na maioria das vezes não reconhece ou ignora a dinâmica natural do planeta, quando das atividades de uso e ocupação da terra, tanto em meio rural quanto urbano. Contribuindo, dessa forma, com o agravamento de fenômenos (erosão acelerada) que tem sua gênese ligadas diretamente a eventos naturais.

Sobre isso, Bigarella (2003) adverte que a erosão acelerada e oriunda das modificações ocasionadas no meio ambiente sobretudo pela ação do homem, quando esse pratica a retirada da cobertura vegetal, ou quando provoca mudanças climáticas, gerando a remoção de grande quantidade de material superficial.

Como salientado anteriormente, é de grande relevância o estudo dos eventos erosivos com influência direta das ações antrópicas, uma vez que são inúmeras as transformações ocasionadas pelo homem na superfície terrestre. Nas grandes cidades, tais eventos são agravados na medida em que uma parcela considerável da população menos favorecida, por não ter condições financeiras de residirem em locais mais apropriados, acabam por ocuparem

áreas de encostas e margens de rios, ficando exposta os vários riscos dessa prática. Sobre isso, Santoro lembra que:

Nas áreas urbanas, a erosão avança agressivamente nos setores de expansão das cidades, por meio da abertura de novos loteamentos, os quais exigem para a sua implantação, grande movimentação e exposição de solos. Estes terrenos, sem a proteção da cobertura vegetal e das camadas superficiais do solo, tornam-se vulneráveis à ação das chuvas e do escoamento superficial das águas pluviais, propiciando a instalação da erosão acelerada (SANTORO, 2012, p. 60).

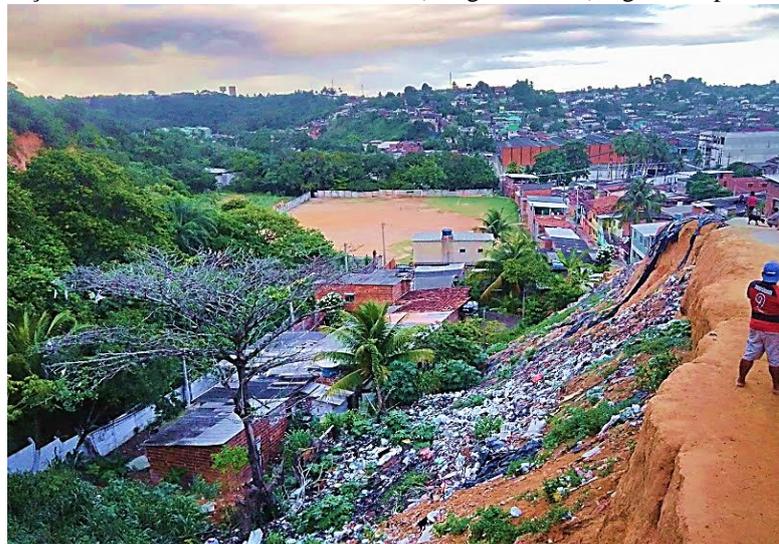
Assim, entende-se como erosão acelerada ou antrópica aquela que ocorre sob a influência da ação do homem sobre o meio, ou como esclarece Branco (2014):

É a erosão causada pela ação do ser humano. Em geral não tem grande influência, porque sua ação tem duração muito curta. Mas nossa capacidade de remover grandes massas de terra ou de rocha é cada vez maior e a erosão antrópica tende a ser cada vez mais significativa. (BRANCO, 2014, p. 1).

Algo que merece destaque no que diz respeito a erosão acelerada, é a sua rápida ocorrência. Uma vez que para além de fatores estritamente naturais, a mesma é influenciada diretamente pela força da técnica empregada pela sociedade ao espaço (Figura 12). Sobre isso, Silva (1995) esclarece que a erosão acelerada “ocorre sob condições de interferência do homem. Neste caso, quase sempre a intensidade da erosão é muito grande/acelerada, sendo altamente prejudicial por ocorrer num período de tempo muito curto”. (SILVA, 1995, p. 2). Outros autores também contribuem com essa sentença ao diferenciarem erosão geológica de erosão acelerada:

Erosão geológica ou normal ocorre na superfície terrestre sob condições naturais. Erosão acelerada é decorrente do aumento da taxa de erosão sobre a erosão geológica ou normal, resultando do desequilíbrio ambiental devido às atividades humanas. (MAGALHÃES, 2001, p. 156).

Figura 12 - Voçoroca no médio curso do Beberibe (margem direita), agravada pela ação humana.



Fonte: o autor (2019)

Assim, percebe-se que esse tipo de erosão acarreta vários problemas a sociedade. Uma vez que são constantes os deslizamentos de terra em regiões habitadas, principalmente em regiões socioeconomicamente desfavorecidas, ocorrendo soterramento de casas e fatídicas perdas humanas. Nesse contexto, os prejuízos econômicos são significativos, pois é comum ocorrerem fechamentos de rodovias, ferrovias e outras vias de transporte em decorrência de eventos erosivos.

2.6.2 Movimentos de Massa

Bigarella (2003) define os movimentos de massa como sendo o “deslocamento de grande volume de material (solo e rocha) vertente abaixo sob influência da gravidade, sendo desencadeado pela interferência direta de outros meios ou agentes independentes, como água, gelo ou ar”.

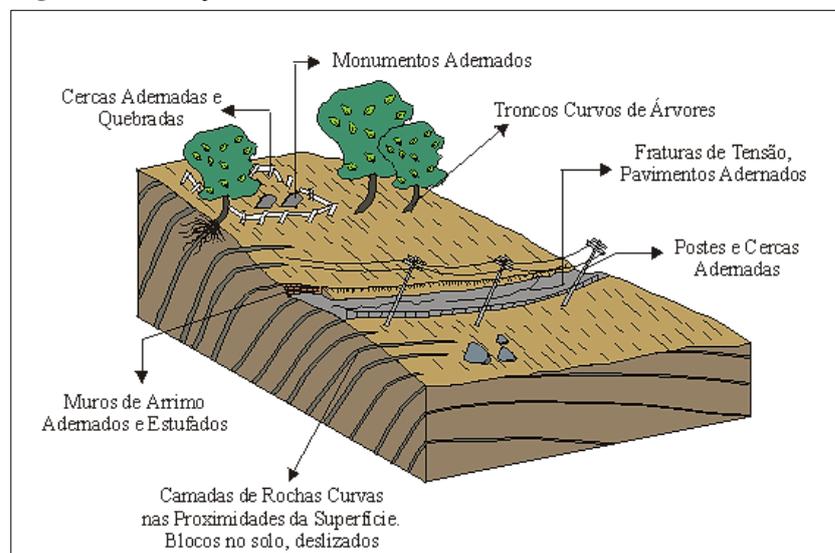
CEMADEN (2016) amplia essa conceituação ao afirmar que “os movimentos de massas também podem ser definidos como deslizamentos, escorregamento, ruptura de talude, queda de barreiras, dentre outros, os mesmos se referem aos movimentos de descida de solos e rochas sob o efeito da gravidade, geralmente potencializado pela ação da água”. Sobre essa questão, Cunha e Guerra (2008) alertam que quando da ocorrência dos movimentos de massa acontece um movimento conjunto do solo e/ou rocha, onde a gravidade/declividade possui um papel significativo. Assim, a água pode tornar ainda mais desastroso, mas não é necessariamente o principal agente desse processo.

Vargas (2015) declara que os movimentos gravitacionais de massa, merecem primeiramente serem classificados quanto a sua velocidade, onde podem ser classificados como movimentos rápidos ou lentos. Os mesmos podem ainda ser processos superficiais ou deslizamentos de terra submarinos. Essa autora lembra ainda que o conteúdo do movimento de massa pode variar de seco a úmido, lento ou rápido, sendo de pequeno a grande magnitude, ou até mesmo de queda livre a gradual ou intermitente.

Dessa forma, é possível perceber as diversas características que os movimentos de massa possuem, devendo, portanto, serem classificados de acordo com suas propriedades e distinções. Para tanto, buscou-se utilizar nesse estudo, a classificação de movimentos gravitacionais de massa proposta por Christopherson (2012):

- **Rastejamento** - Trata-se de um movimento lento (pouco centímetros ao ano). Na prática, é uma movimentação com um todo, do manto de alteração de uma vertente; deslocando e abrindo fendas nas partes inferiores da rocha. Afeta grandes áreas, não apresenta superfície de ruptura bem definida. A tendência é evoluir para um escorregamento com o aumento da velocidade (Figura 13).

Figura 13 - Rastejamento

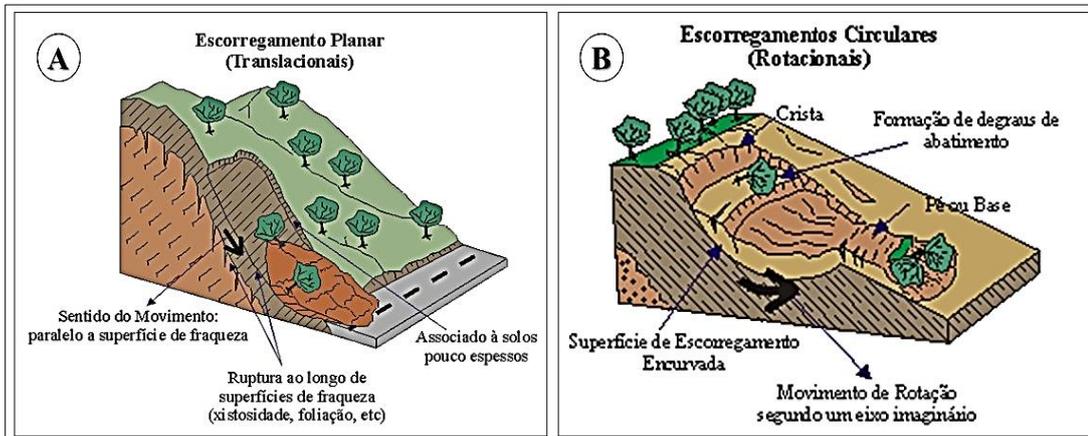


Fonte: Unesp (2019)

- **Escorregamento/deslizamento** - Diferentemente do rastejamento, o escorregamento interfere parcialmente no manto de alteração de uma vertente, com limites bem definidos tanto em profundidade quanto lateralmente, são rápidos, com a possibilidade de diferenciação entre o material deslizado e o material estável. Trata-se do tipo mais comum de movimento de massa, ocorrendo em questão de minutos ou mesmo segundos, causando mortes e perdas materiais. Podem ser:
 - a) **Translacionais** – sua superfície de ruptura é planar, e ocorre ao longo de planos de estratificação, falhas, fraturas ou em áreas de contato de rochas, solo e colúvio, que se encontra paralelos à superfície.
 - b) **Rotacionais**: Uma porção do material que forma a vertente sofre deslizamento, com isso, apresenta uma superfície de ruptura em formato côncavo e bem definido. Esse tipo de movimentação é mais comum, quando da presença de mantos de alteração espessos e homogêneos, no geral está associada à percolação de água em profundidade.

Apresenta como feições comuns: escarpas de topo, fendas transversais na massa escorregada e uma língua de material na base da vertente (Figura 14).

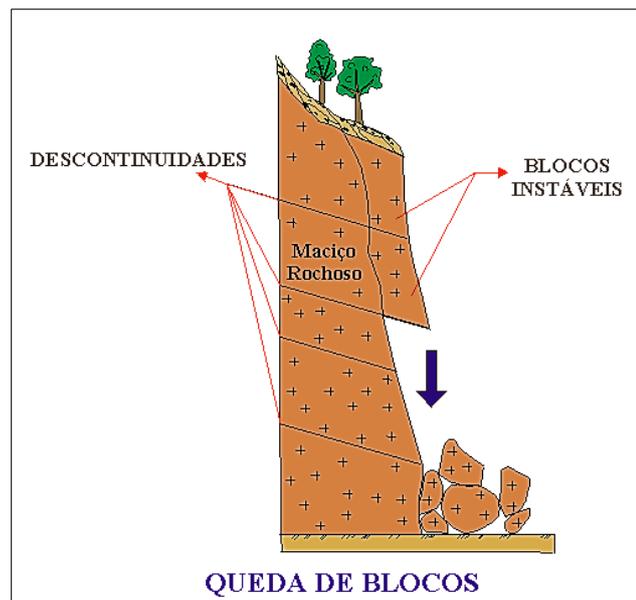
Figura 14 - A. Escorregamento Translacional e B. Escorregamento Rotacional.



Fonte: Adaptado de Unesp (2019).

- **Queda de blocos:** se caracteriza como sendo extremamente rápidos, ocorrendo o desprendimento de blocos rochosos ou lascas de rochas que afloram na vertente, que caem devido à ação da gravidade. Podem ser potencializados pela amplitude térmica e encharcamento da rocha (Figura 15)

Figura 15 - Queda de Bloco

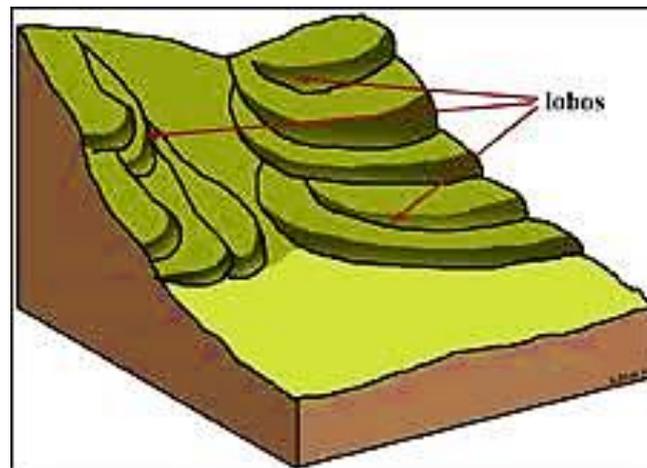


Fonte: Unesp (2019)

- **Solifluxão:** Trata-se de movimentos lentos que ocorrem na camada superficial, lembra o rastejamento, contudo, com velocidade um pouco maior de deslocamento

do solo. Este tipo de movimentação produz lobos típicos nas vertentes, sendo mais comum em áreas periglaciais. Fora da zona fria ocorre em vertentes de maior declividade com cerca de 8° a 15° de inclinação em média (Figura 16).

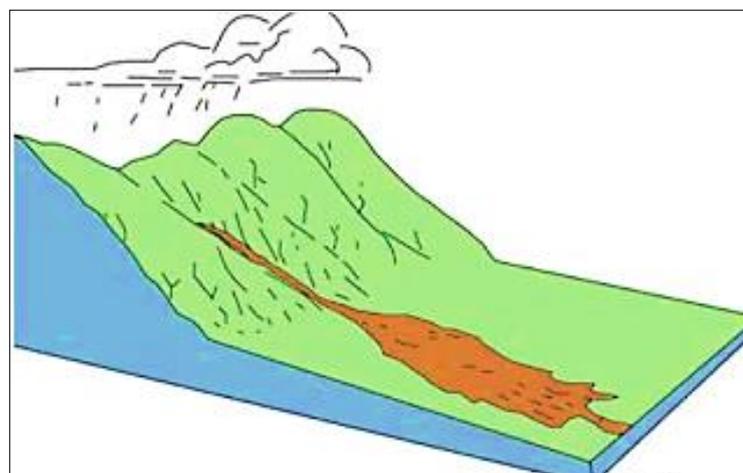
Figura 16 - Solifluxão



Fonte: mozteorico (2018)

- **Fluxo de terra ou de lama:** se assemelha à solifluxão, todavia sendo mais rápido e correm através de vales e vertentes. Quando as camadas argilosas estão saturadas de águas tendem a solifluir e quando se encontram abaixo de camadas mais resistentes podem transportar o material sobrejacente por longas distâncias na forma de deslizamento. Devido a sua velocidade e a elevada densidade, tal movimento tem alto poder de destruição e grande raio de ação. Possui semelhança com a avalanche (Figura 17).

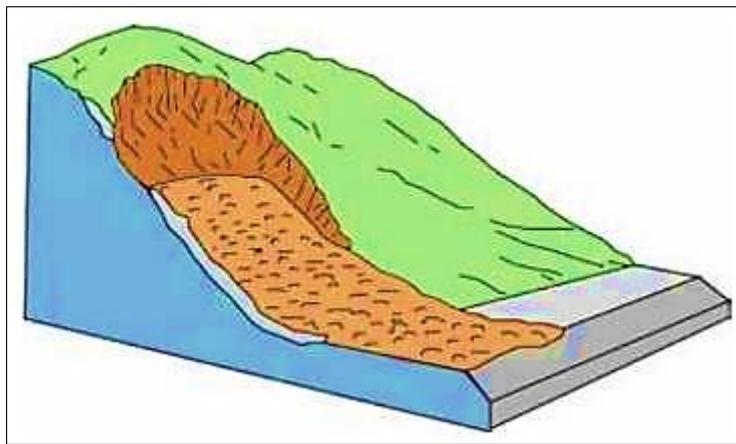
Figura 17 - Fluxo de terra ou de lama



Fonte: Laboratório de Geociências / FURB (2015).

- **Avalancha:** É o movimento mais rápido de movimento de massa. Frequentemente começa com a queda livre dos blocos de rocha ou de gelo que forma uma massa que se desloca com grande velocidade em virtude da fluidez adquirida pela pressão do ar aquecido com da água retida na massa em movimento. Grandes avalanchas se deslocam dezenas de quilômetros em pouco tempo (Figura 18).

Figura 18 - Avalancha de detritos



Fonte: researchgate.net (2019)

Riffel *et. al.*, (2016) ressaltam que os movimentos de massa e enchentes, constituem um dos desastres mais recorrentes em todo mundo, onde ambos causam graves prejuízos e danos às sociedades, sobretudo naquelas densamente povoadas e em zona de relevo acidentado.

No contexto do território brasileiro, o país pode ser considerado suscetível a ocorrências desses tipos de eventos, em virtude das condicionantes climáticas, caracterizada por verões de chuvas intensas em regiões de grandes maciços montanhosos. Já em áreas urbanas, os movimentos de massa têm tomado dimensões catastróficas.

Atividades antrópicas como corte de talude, aterros, depósitos de lixo, modificações de drenagem, desmatamento, entre outros, têm aumentado a vulnerabilidade das encostas no que se refere a formação desses processos (Figura 19). Tal cenário é agravado, sobretudo, quando ocorrem ocupações irregulares, sem a infraestrutura adequada, em áreas de declividade acentuada (CEMADEN, 2016).

Figura 19 - Deslizamento de encosta no bairro de Dois Unidos (médio do curso do Beberibe) com duas vítimas fatais - 01/06/2017.



Fonte: Aldo Carneiro/Pernambuco Press Site: g1.globo.com

Segundo Gerscovich (2016), é notório que nas últimas décadas tenha ocorrido uma aceleração dos movimentos de massa no Brasil e no mundo, para além das variáveis do meio físico, à saber: pluviosidade, declividade e formato da encosta, orientação da vertente, características pedológicas e geológicas que são fatores determinantes nesses eventos, mas também, pela ação humana no solo e em encostas sem considerar o ambiente natural. Como fatores decorrentes das atividades humanas, pode se elencar as alterações na rede de drenagem e no uso e ocupação do solo (eliminação da cobertura vegetal, cortes para abertura de novas estradas, construção de muros, taludes mal dimensionados e lançamentos de lixo etc.).

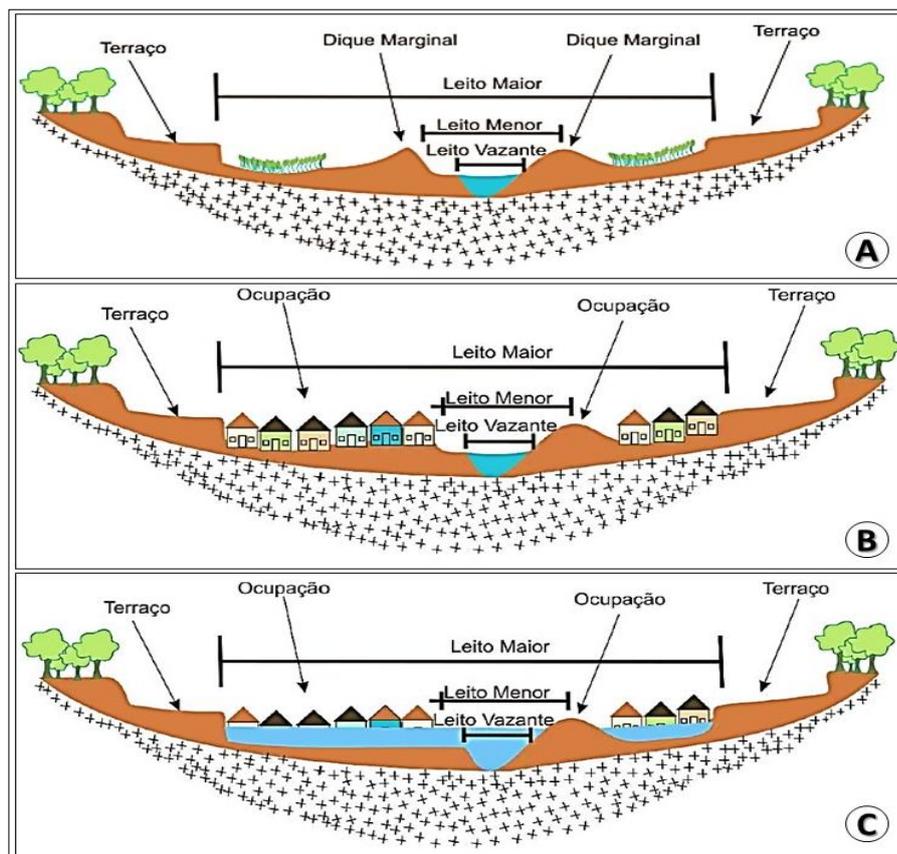
2.6.3 Inundações

As inundações são um dos principais fenômenos naturais que atinge as comunidades urbanas ou rurais quando atingidas. Trata-se de um fenômeno de natureza hidrometeorológico que faz parte da dinâmica natural e ocorrem frequentemente desencadeados por chuvas rápidas e fortes, chuvas intensas de longa duração, degelo nas montanhas e outros eventos climáticos como furacões/tufões, os mesmo são intensificados pelas alterações ambientais e intervenções

urbanas, tais como a impermeabilização do solo, retificação de cursos d'água e redução no escoamento dos canais em decorrência de obras ou por assoreamento (MinC, IPT, 2007).

Cabe aqui ressaltar a diferenciação entre enchentes e inundações, na medida em que ambas estão presentes no cotidiano das metrópoles brasileiras, ocasionando transtornos e calamidades a população. Assim sendo, o Ministério das Cidades (2007) entende por **enchente** a elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga, enquanto uma **inundação** refere-se a um processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio), quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio (Figura 20).

Figura 20 - Perfil esquemático de um vale fluvial em três momentos distintos: **A.** formas fluviais dos cursos d'água; **B.** alteração nas formas fluviais devido a ocupação da planície de inundação; **C.** processos de inundações com ocupações irregulares nas planícies aluviais.

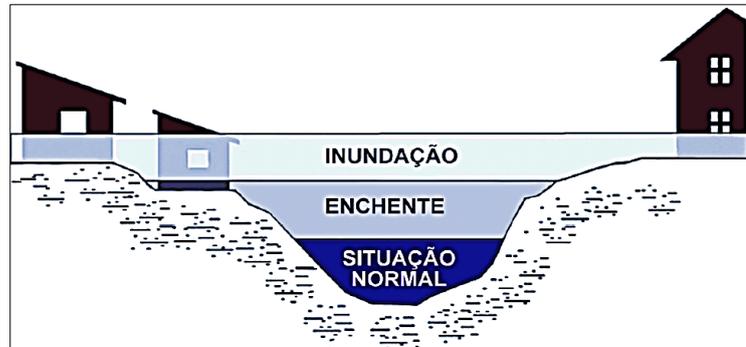


Fonte: Adaptado de Pedro e Nunes (2012).

Ou seja, quando do período de enchente, as vazões são tão descomunais que chegam a superar a capacidade de descarga da calha d'água, extravasa para áreas marginais

habitualmente não ocupadas pelas águas. É este extravasamento que caracteriza uma inundação (Figura 21).

Figura 21 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.



Fonte: Ministério das Cidades (2007).

Portanto, o entendimento desse fenômeno está intrinsicamente atrelado a questão do **uso e ocupação da terra** que se faz de um perímetro de uma bacia hidrográfica, na medida em que ao não compreender e/ou não levar em consideração a morfodinâmica do ambiente fluvial, faz com que a própria população sofra com suas consequências:

Os resultados dessas mudanças provocadas por ações antrópicas, ao interferirem na dinâmica dos fluxos e matérias de um sistema fluvial ou mesmo ao ocuparem seus espaços, fez com que a própria população impetrante de mudanças se torne vítimas de eventos fluviais potencializados (MIRANDA, *et al.*, 2017, p. 101).

É comum os noticiários locais mostrarem as alterações no ritmo do trânsito, as perdas materiais, e a inúmeras agruras causadas pelo transbordamento dos rios que, por receberem mais água das zonas de saturação, atingem a todos, sem distinção, mas com individualizações se considerado o poder de resiliência das classes sociais envolvidas (CRUZ e COSTA, 2012) (Figura 22).

Figura 22 - Homem usando jangada durante processo de enchente na Avenida Presidente Kennedy, em Olinda – 2017. (margem esquerda do Beberibe – Baixo curso).



Fonte: Everaldo Silva/TV Globo

2.6.4 Assoreamento

Ocorrendo em rios que sofrem processos erosivos marginais, o fenômeno do assoreamento é causado por causas naturais, como a chuva e ventos fortes, como também pelas ações físicas, químicas e antrópicas sobre a dinâmica processual de áreas fluviais e interfluviais. Tal processo responde pela movimentação de terras, rochas ou grandes quantidades de resíduos sólidos, entulhos e demais sedimentos e detritos que se acumulam no fundo dos rios, e são fixados, promovendo modificações da fluidez das águas.

Carvalho (2000) pontua que a sedimentação se trata de um evento oriundo de uma erosão acelerada e excessiva, que transporta e deposita sedimentos nos cursos d'água. Vale lembrar que todo curso d'água naturalmente exibe um equilíbrio em relação ao transporte de sedimento, seja por arrasto e o saltitar junto ao leito, ou em suspensão na corrente; dessa forma, existe uma disposição natural para que os sedimentos se acumulem no fundo do rio quando a velocidade do fluxo da água diminui (GLYMPH, 1973, CARVALHO, 2000).

Matos (2019) esclarece que originalmente, esse é um processo natural, mas que é intensificado pelas ações humanas, sobretudo a partir da remoção de matas ciliares, ou mesmo o desmate em áreas proximais de margens de canais fluviais. Quando o ser humano remove a vegetação, principalmente a mata ciliar, o processo se intensifica, além de gerar o surgimento de erosões marginais (Figura 23).

Figura 23 - fenômeno do assoreamento.



Fonte: UFRGS (2011)

A mata ciliar é uma vegetação que apresenta grande importância ao equilíbrio ambiental, e assim deve-se dedicar uma atenção especial para sua preservação. (LUSTOSA *et al.* 2010).

Esses autores também chamam a atenção para a ausência de mata ciliares em ambientes urbanos, destacando que atualmente o termo mata ciliar tem sido de grande preocupação para sociedade, na medida em que a mesma protege as margens dos rios, córregos, reservatórios e lagos urbanos. Mas, que na realidade, no geral, há ausência de florestas ciliares preservadas o suficiente para proteger as margens dos leitos (LUSTOSA *et al.*, 2010).

É notório a intrínseca relação existente entre assoreamento em leitos fluviais, o processo de desmatamento e mau uso do solo no domínio interfluvial de uma bacia hidrográfica. Percebe-se que ao se retirar a vegetação, potencializa-se eventos erosivos, que ocorrem naturalmente, mas que ao adquirir um caráter intenso, reverbera no aumento da carga de sedimentos que vai parar no curso d'água. Nesse sentido, Novais e Torres (2012) discorrem que o mal-uso do solo causa graves danos ambientais, repercutindo em danos para grupos humanos, dentre esses, destaca-se o desmatamento e o assoreamento de rios (Figura 24).

Figura 24 - Processo de assoreamento do rio Beberibe e afluentes: **A** – assoreamento e ocupação antrópica nas margens do Córrego do Abacaxi afluente do Beberibe (**baixo curso – margem esquerda**); **B**- Calha principal do rio Beberibe apresentando nítido estreitamento do canal, devido ao acúmulo de sedimentos (**baixo curso**).



Fonte: O autor (2019)

Assim, é perceptível a importância do conhecimento geomorfológico e pedológico no que diz respeito ao diagnóstico de áreas degradadas, em virtude de todas, ou quase todas, as atividades que a sociedade desenvolve na superfície terrestre, se encontram sobre alguma forma

de relevo ou solo. Portanto, existe uma grande interface entre a Geologia e a Pedologia (NOVAIS e TORRES, 2012).

A apreciação de uma bacia de hidrográfica não se detêm apenas aos processos que ocorrem no leito dos rios, uma vez que grande parte dos sedimentos que são transportados, tem sua origem situadas a montante, vindos das encostas que compõem a bacia hidrográfica. Desse modo, os danos que ocorram no contexto da mesma, terão consequências diretas e indiretas sobre os canais fluviais. Os eventos erosivos e os movimentos de massa fazem com que o escoamento superficial transporte os sedimentos oriundos desses danos ambientais para algum curso d'água que drena a bacia. Conforme a proximidade da área atingida, esses materiais podem chegar imediatamente ao rio ou não, mas, fatalmente, causa o assoreamento dos rios (BOTELHO, 1999; COELHO, 2001; NOVAIS E TORRES, 2012).

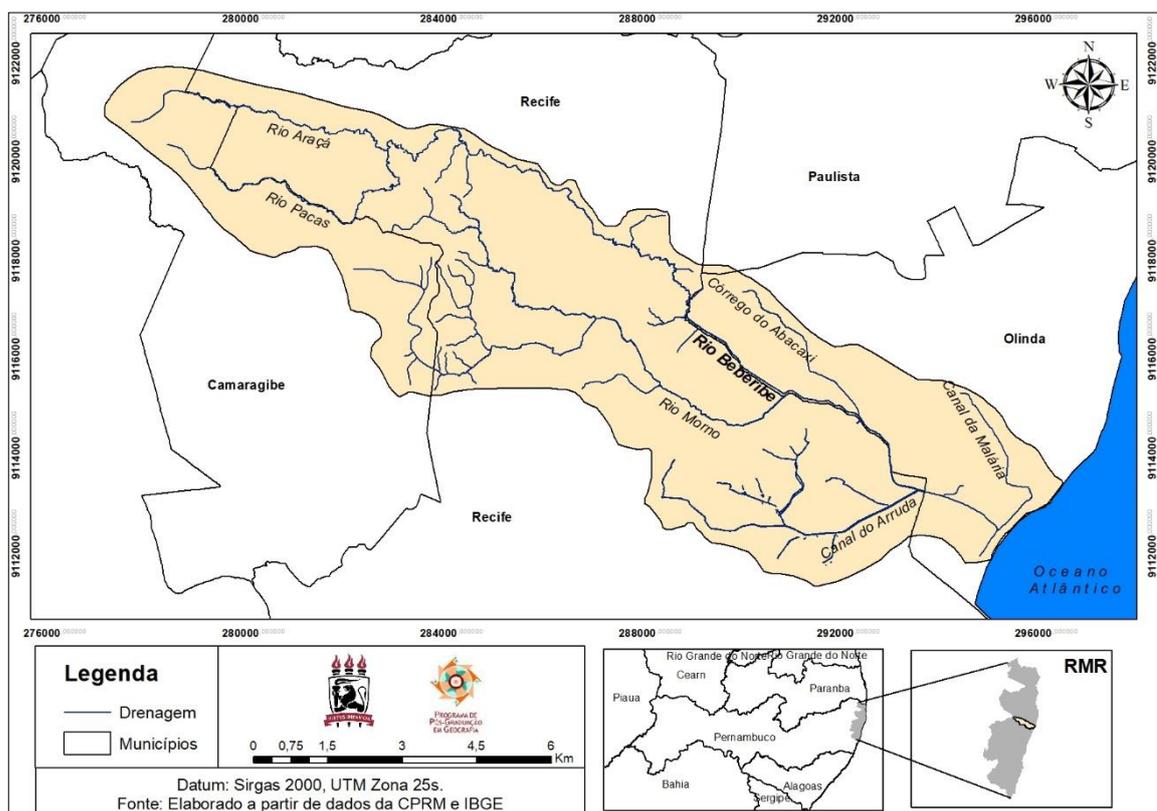
3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

Estando inserida integralmente na Região Metropolitana do Recife (RMR), a Bacia Hidrográfica do rio Beberibe (BHRB), assim como muitos rios urbanos, sofre com as diversas pressões ocasionada pelo uso e ocupação inadequada que se faz dos seus domínios fluviais e interfluviais. Sendo assim, a BHRB não foge à regra, apresentando uma alta densidade demográfica, e que foi acentuada nas últimas décadas fruto da ausência de políticas públicas no setor habitacional, o que explica muitas das calamidades enfrentadas pela população residente em planícies aluviais e encostas interfluviais.

3.1 Localização da Área de Estudo

A BHRB (Figura 25) está localizada na parte norte da Região Metropolitana do Recife (RMR) perfazendo os seguintes percentuais dos municípios de Camaragibe (14,21%), Olinda (21,28%) e Recife (64,51%), e drena uma área de aproximadamente 81,37 km². Predominantemente urbana, a BHRB apresenta uma alta densidade demográfica com cerca de 7.236 hab/km² (PERNAMBUCO, 2008).

Figura 25 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe - BHRB



3.2 Caracterização físico-ambiental

Segundo Campos (2003) a BHRB está inserida no primeiro grupo de Bacias Hidrográficas Litorâneas (GL-1) na Região Nordeste do Brasil, no litoral norte do Estado de Pernambuco, entre 7°35'12'' e 8°03'48'' de latitude sul e 34°48'46'' e 35°11'33'' de longitude Oeste. Ainda segundo esse autor, a GL-1 abarca uma área de 1.162 km², sendo a mesma formada por pequenas bacias e rios localizados na RMR que se arranjam de forma paralela e correm, predominantemente, no sentido oeste-leste. Além do Beberibe, que se localiza na sua porção sul, a GL-1 possui ainda como principais cursos d'água os rios Paratibe, Timbó, Igarassu, Botafogo, Itapecuru e Itapirema (CAMPOS, 2003).

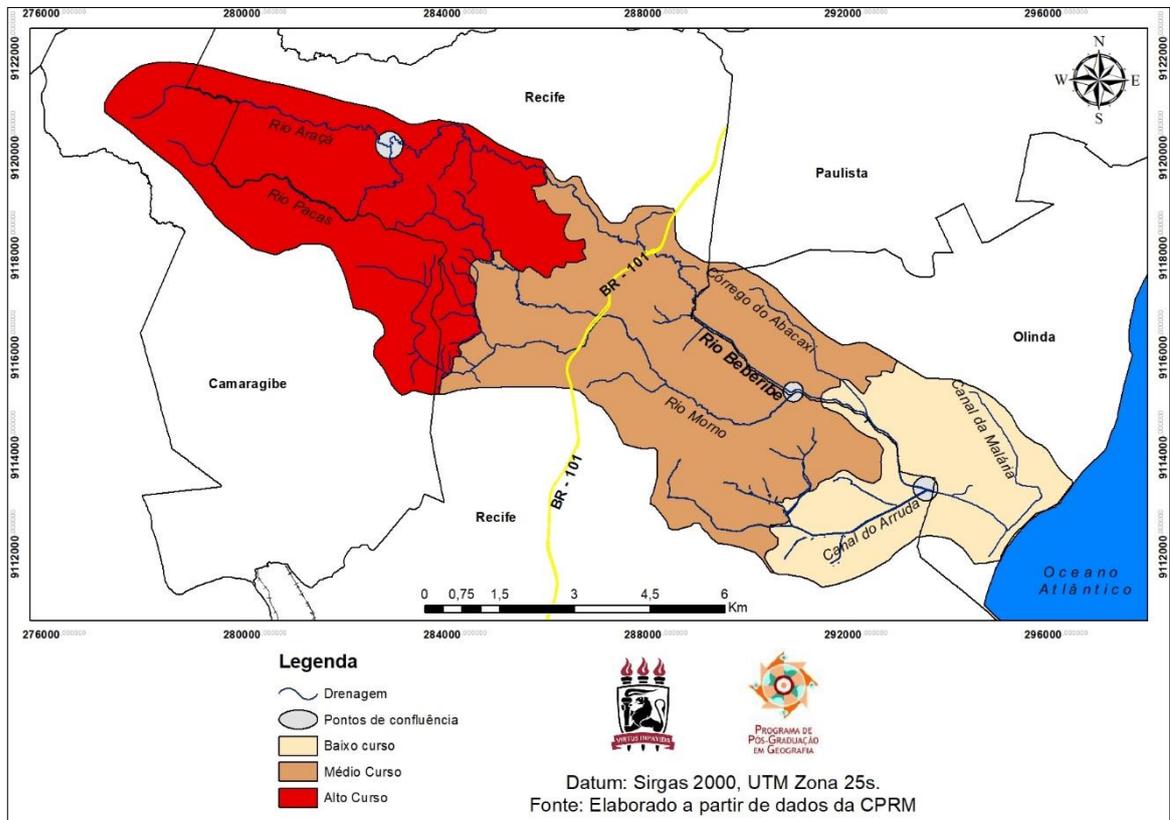
É da confluência dos rios Pacas e Araçá que nasce o Beberibe, que percorre cerca de 23,7 km de extensão. Devido ao histórico déficit de saneamento básico dos municípios de Olinda e Recife, atrelado a ocupação urbana de suas encostas e margens, o rio Beberibe é considerado um dos mais poluídos do Estado de Pernambuco (VAINSENER, 2008).

Em seu percurso, ele recebe as águas de diversos afluentes (Figura 26), com destaque para o rio Morno (10,15 km²) que também recebe as águas do rio dos Macacos (8,73 km²) e Canal Vasco da Gama (13,35 km²), ou canal do Arruda em sua margem direita, e do córrego do Abacaxi (3,46 km²), ou Lava Tripas, além do canal da Malária (4,3 km²) em sua margem esquerda. É após esse encontro com o canal da Malária, que o Beberibe abandona sua direção oeste-leste, tomando o sentido sul, onde margeia o "istmo de Olinda" e finalmente se encontra com as águas do rio Capibaribe, formando uma foz conjunta com o mesmo no Oceano Atlântico (CAMPOS, 2003).

A BHRB está dividida em alto Beberibe, indo da nascente até às proximidades da BR-101, médio Beberibe da BR-101 até às proximidades da confluência deste com o rio Morno, e baixo Beberibe, da confluência com o rio Morno até a foz conjunta com o rio Capibaribe (Figura 26) (AMORIM, 2009).

Em períodos de vazante, o rio Beberibe possui uma calha estreita, com largura aproximada de seis metros em grande parte do seu percurso, alargando-se apenas no seu trecho final, próximo a foz, quando sofre influência das marés altas. Esta largura de leito só é passível de alteração em períodos de enchentes (PERNAMBUCO 2012).

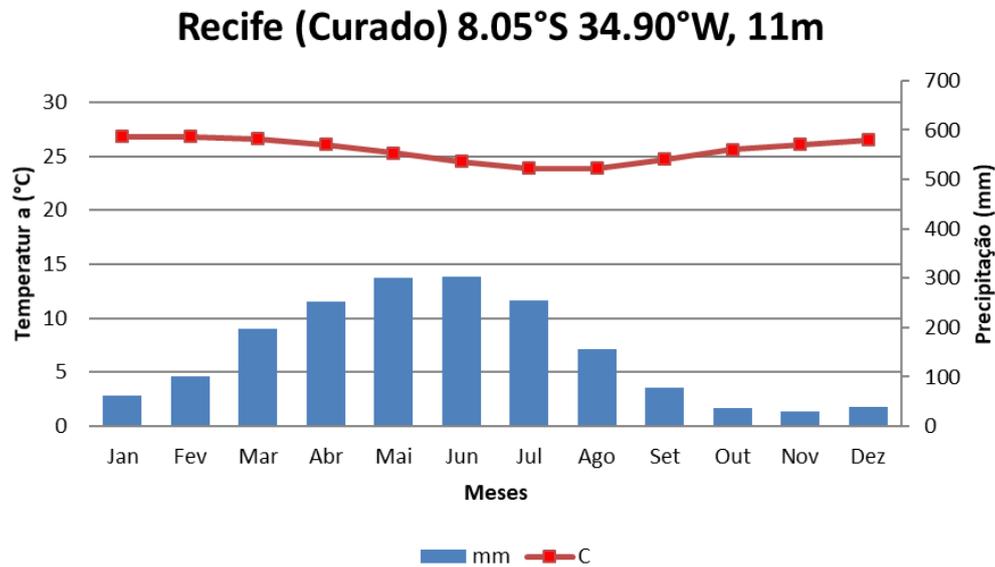
Figura 26 – Mapa Hidrográfico e de compartimentações altimétricas da BHRB.



A BHRB está situada na região de clima tropical úmido (litorâneo úmido). De acordo com Torres e Machado (2011) esse tipo climático ocorre no litoral leste e sudeste do Brasil e se diferencia do clima tropical, que ocorre no interior do país, devido ao seu índice pluviométrico mais destacado e “regular”, com médias de precipitação girando em torno dos 1500 mm a 2000 mm anuais. Ainda segundo esses autores, essa distribuição pluviométrica associada a pequena amplitude térmica (entre 25 °C – 27 °C), possibilitou o desenvolvimento original da Mata Atlântica.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) denominam o clima dessa região de clima tropical úmido litorâneo do Nordeste oriental (Gráfico 1), e o mesmo ocorre numa faixa de terras que se estende do litoral Atlântico oriental do Nordeste até algumas centenas de quilômetros em direção ao interior. Tal clima é fortemente influenciado pelas massas de ar úmidas provenientes do oceano Atlântico: Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS), Massa Tropical Atlântica (MTA) e Massa Polar Atlântica (MPA) e a sistema atmosféricos secundários como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), Frente Polar Atlântica (FPA) e Sistemas Ondulatórios de Leste (DOLs) (GIRÃO e CORRÊA, 2006).

Gráfico 1 – Climograma relativo ao clima tropical litorâneo do Nordeste oriental

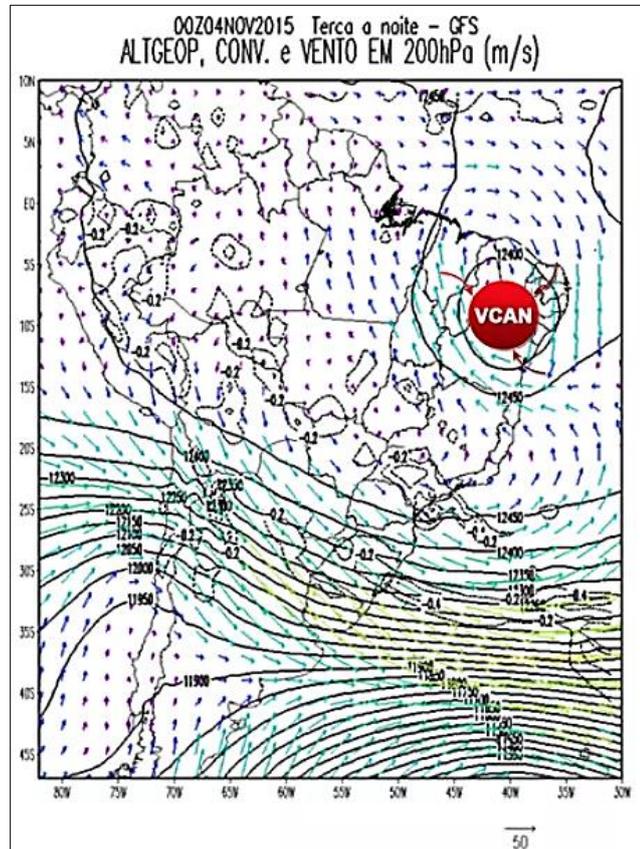


Fonte: Adaptado de Mendonça e Oliveira (2007)

Sobre o clima da cidade do Recife, Mendonça e Danni-Oliveira (2007) esclarecem que a região apresenta elevado índice pluviométrico anual, com concentração nos meses de março e agosto (com índices médios mensais superiores a 200 mm).

A dinâmica climática da cidade do Recife é fortemente controlada por sistemas atmosféricos equatorial como os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Sistemas Ondulatórios de Leste, Frente Polar Atlântica (FPA) e brisas marinhas. De acordo com Reboita *et al.* (2017) os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) (Figura 27) tratam-se de sistemas de baixa pressão, que possuem o centro frio e circulação ciclônica e que se desenvolvem em altos níveis da atmosfera. No contexto do Nordeste brasileiro e adjacências, tal sistema é um dos responsáveis por períodos chuvosos ou de estiagem dependendo de qual área do vórtice esteja agindo sobre dada região.

Figura 27- Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VACANs) atuando sobre o Nordeste do Brasil – 04/11/2015.



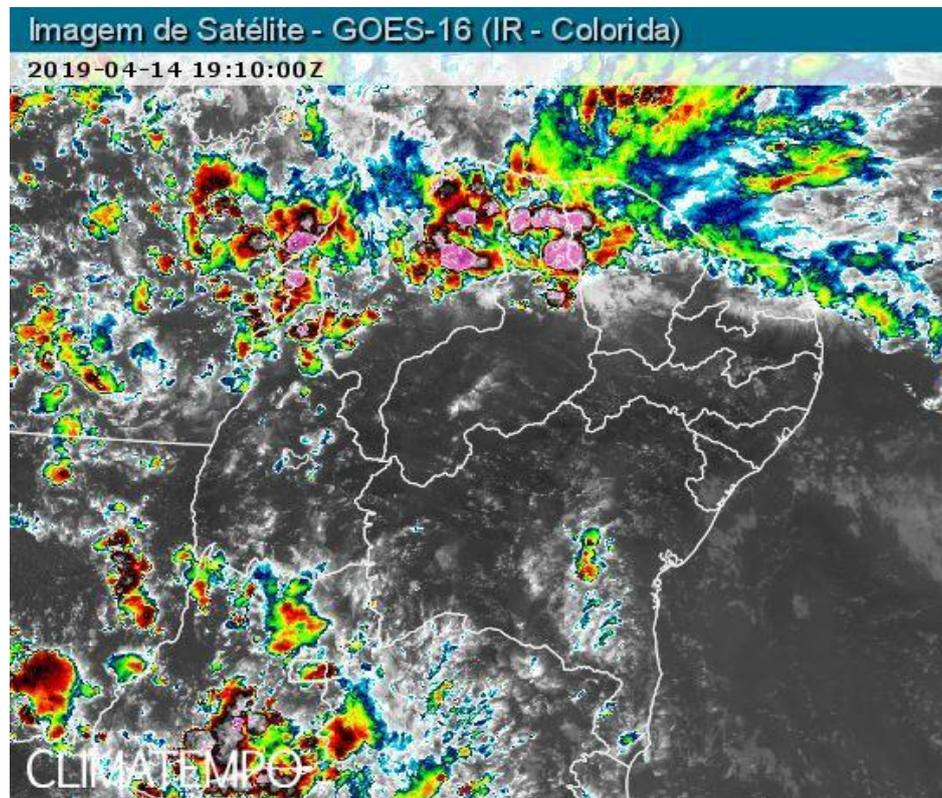
Fonte: Climatempo

Segundo Morais (2016) No Nordeste do Brasil (NEB), esse fenômeno se origina principalmente sob o Oceano Atlântico Sul (OATS) durante o verão. Dias Pinto e Tomaziello (2008) complementam essa definição, destacando que os VACANs são também denominados de baixas frias ou de baixas desprendidas e, dependendo da região em que se formam, são denominados também como vórtices de Palmer, cuja origem é tropical, e vórtices de Palmén, de origem extratropical.

Outro importante sistema atmosférico que atua sobre a área de estudo é Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que segundo Silva *et al.*, (2017) é um dos mais importantes sistemas meteorológicos que atua nos trópicos e que faz parte da circulação geral da atmosfera.

Segundo Ferreira e Mello (2005) a ZCIT é um banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre (Figura 28) e que se forma pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte e sul, em baixos níveis (esse encontro faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque formação de nuvens), baixa pressões, altas temperaturas da superfície do mar, ocorrendo, dessa forma, intensa atividade convectiva e precipitações.

Figura 28 – ZCIT atuando na costa setentrional do Nordeste Brasileiro – 14/04/2019.



Fonte: Climatempo

A ZCIT é o fator mais importante na determinação intensas ou não serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. A mesma oscila sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14° N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2 a 4° S entre fevereiro a abril. Esse deslocamento da ZCIT está relacionado aos padrões da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre essa bacia do oceano Atlântico Tropical, conforme já demonstrado em vários estudos (FERREIRA E MELLO, 2005).

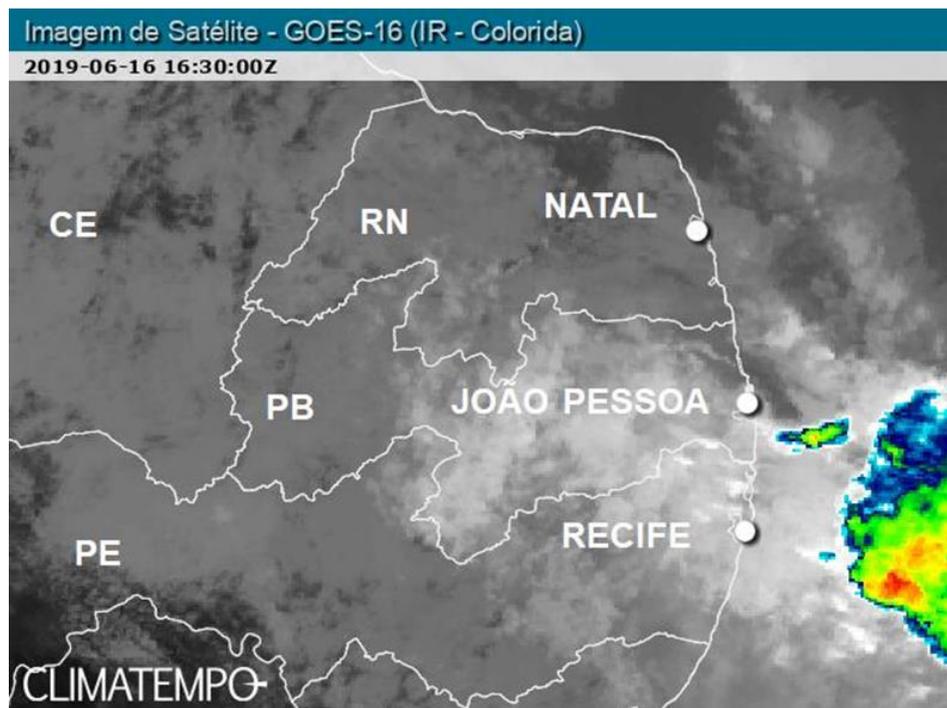
A capital pernambucana apresenta elevado índice pluviométrico anual (cerca de 2.500 mm), com chuvas concentradas nos meses de março a agosto (sendo superiores a 300 mm mensais nos meses de junho e julho). A temperatura média mensal apresenta pequena variação ao longo do ano; o mês de agosto é o de mais baixa temperaturas (cerca de 23°C) e a estação de verão, que vai de novembro a março, a mais aquecida (temperaturas médias superiores a 26°C) (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Girão *et al.* (2006) ressalta que os excessos de chuva concentrada entre os meses de junho a julho, fazem desse período o mais crítico no que se refere aos problemas resultantes de agravos naturais na RMR. Essa concentração de precipitações é fruto da ocorrência dinâmica

atmosférica da região. Specht e Santos (2007) explicam que as ocorrências de chuvas intensas e recorrentes na RMR no outono-inverno são decorrentes das Ondas de Leste e pelas descargas da Frente Polar Atlântica (FPA).

De acordo com Santos *et al.* (2012) as Ondas de Leste ou Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs) (Figura 29) são o sistema mais comum do regime dos ventos alísios, e costuma ser mais frequente no lado equatorial do cinturão subtropical e ser mais intenso na média troposfera. Tal sistema se desloca sobre o Oceano Atlântico até o litoral e a Zona da Mata nordestina. Os DOLs possuem extrema importância, na medida em que, provocam alterações significativas nas condições sinóticas, principalmente na componente meridional do vento, tendo como consequência uma umidificação da camada, aumento de nebulosidade e precipitação.

Figura 29 – Ondas de Leste atuando na costa oriental do Nordeste Brasileiro – 16/06/2019.



Fonte: Climatempo

Esse tipo de sistema tem ocasionado diversas transformações hidromorfodinâmicas na área de estudo, são inúmeros os estudos que demonstram que tais eventos extremos de chuva, tem provocado alagamentos e deslizamentos de encostas, resultando em danos materiais e, inclusive com perda de vidas humanas (Neves *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2012; MACHADO *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2013).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) destacam que a FPA é um fator importante no que diz respeito ao controle climático no Brasil, segundo esses autores, a mesma atua permanentemente na porção centro-sul, bem como, participa do controle do clima do centro-norte-nordeste do país, sobretudo no outono, inverno e primavera. Grande parte do dinamismo pluviométrico e da circulação do ar nessas áreas tem origem nos processos frontogenéticos da FPA.

Sousa (2011) lembra que a atuação da massa polar atlântica é bastante ativa, pois ao misturar-se com o ar da Massa tropical atlântica (MTA) gera uma descontinuidade, e transforma-se na Frente Polar Atlântica (FPA) e quando chega ao Brasil é sobre a forma de frente fria, provocando chuvas pesadas e trovoadas, às vezes ela ganha latitude chegando, inclusive, até a região amazônica.

Tais características climatológicas, tornam-se preocupantes, atreladas as demais características físico-ambientais da BHRB, haja vista que a mesma se assenta sobre um arcabouço geológico de origem sedimentar e, portanto, mais propensa a eventos morfodinâmicos.

No contexto da BHRB, assim como inúmeras outras áreas no mundo, o urbano tem ocasionado a ocupação de locais inapropriados a moradia, e que estão naturalmente sujeitos a eventos geomorfológicos dependes da dinâmica climática, que potencializados por usos e ocupações urbanas, proporcionam situações de risco a vida e as propriedades dos habitantes.

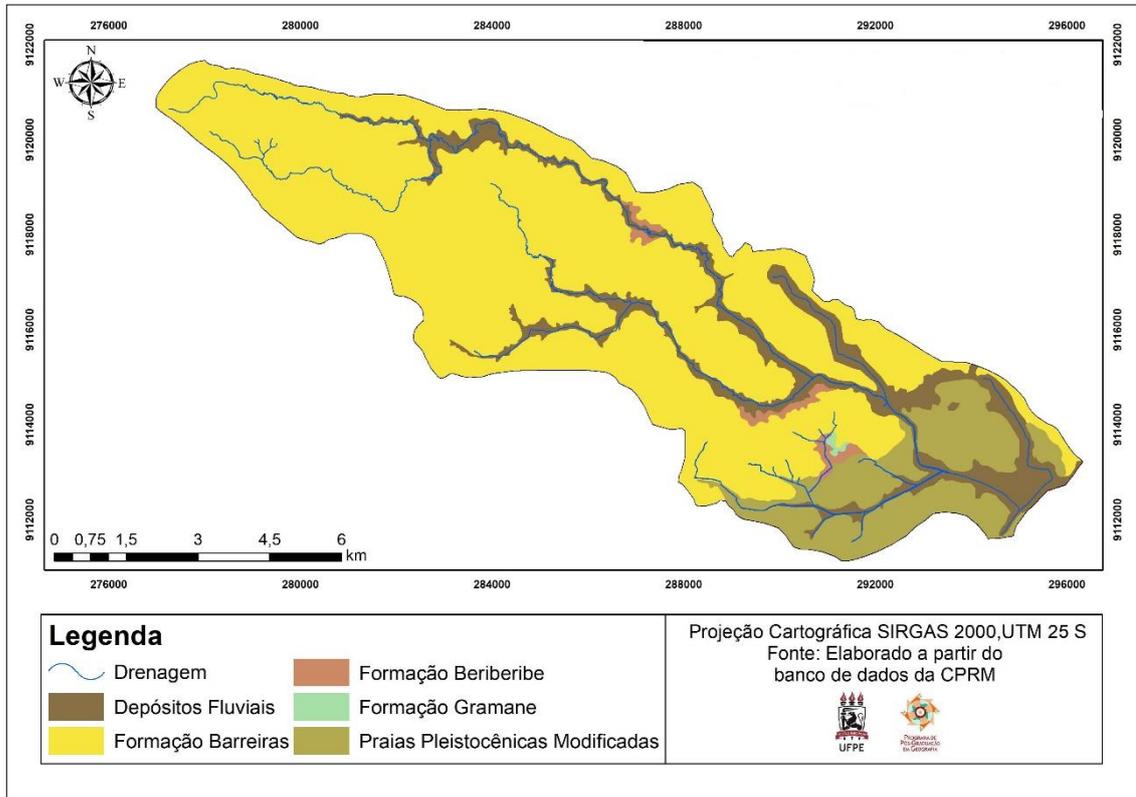
Predominantemente, a BHRB ocupa uma área de sedimentos arenosos da Formação Barreiras, já na área estuariana predominam os depósitos recentes, onde estão presentes aluviões flúvio-deltáicos, mangues e dunas litorâneas (VASCONCELOS e BEZERRA, 2000). Além desses, merecem destaque a Formação Beberibe e Formação Gramame, ainda que em menor proporção como elementos constituintes da litologia da BHRB (Figura 30).

Branner (1902) *apud* Dantas (1980) definiu o Barreiras como as camadas variegadas que afloram nas diversas barreiras ao longo da costa, que foi paulatinamente assumindo sentido estratigráfico, sem, todavia, existe uma preocupação em defini-lo corretamente.

Araújo *et al.* (2006) lembram que os estudos mais pretéritos acerca do Grupo Barreiras datam do início e meados do século XX (BRENNER, 1902; MORAES, 1924 E OLIVEIRA e LEONARDOS, 1943), esses autores advertem ainda que, a partir dos estudos propostos por

Kegel (1957), tal unidade geológica passou a categoria de formação. Sendo essa, a nomenclatura adotada nesse estudo.

Figura 30 - Mapa geológico da BHRB



Em decorrência da maior amplitude espacial da Formação Barreira na área, será dado mais ênfase a está, em detrimento das demais classes geológicas encontradas. Em virtude, principalmente, em decorrência de suas características físicas ocorrerem a maioria dos deslizamentos ocorridos na RMR:

Dentre as unidades sedimentares é importante citar a Formação Barreiras, constituída por sedimentos continentais areno-argilosos inconsolidados onde está registrada a maioria dos deslizamentos na RMR (PFALTZGRAFF e TORRES, 2015, p. 3)

De acordo com o banco de dados da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil), as classes geológicas encontradas no contexto da BHRB são as seguintes: Depósitos Fluviais (12,80% da área), Formação Barreiras (68,10% da área), Formação Beberibe (1,20% da área), Formação Gramame (0,10% da área) e Praias Pleistocênicas Modificadas (17,80% da área) (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes geológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe.

Classe Geológica da Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe - BHRB	
Classe Geológica	Área (%)
Depósitos Fluviais	12,80
Formação Barreiras	68,10
Formação Beberibe	1,20
Formação Gramame	0,10
Praias Pleistocênicas Modificadas	17,80

Fonte: o autor (2019)

Além disso, a Formação Barreiras está inserida na área que apresenta as maiores declividades da BHRB, com valores de 8-20 (ondulado) e >20 (fortemente ondulado) concentradas no alto e médio curso, e áreas com valores entre 0-8 (plano) concentradas no baixo curso (Figura 31) (Tabela 6).

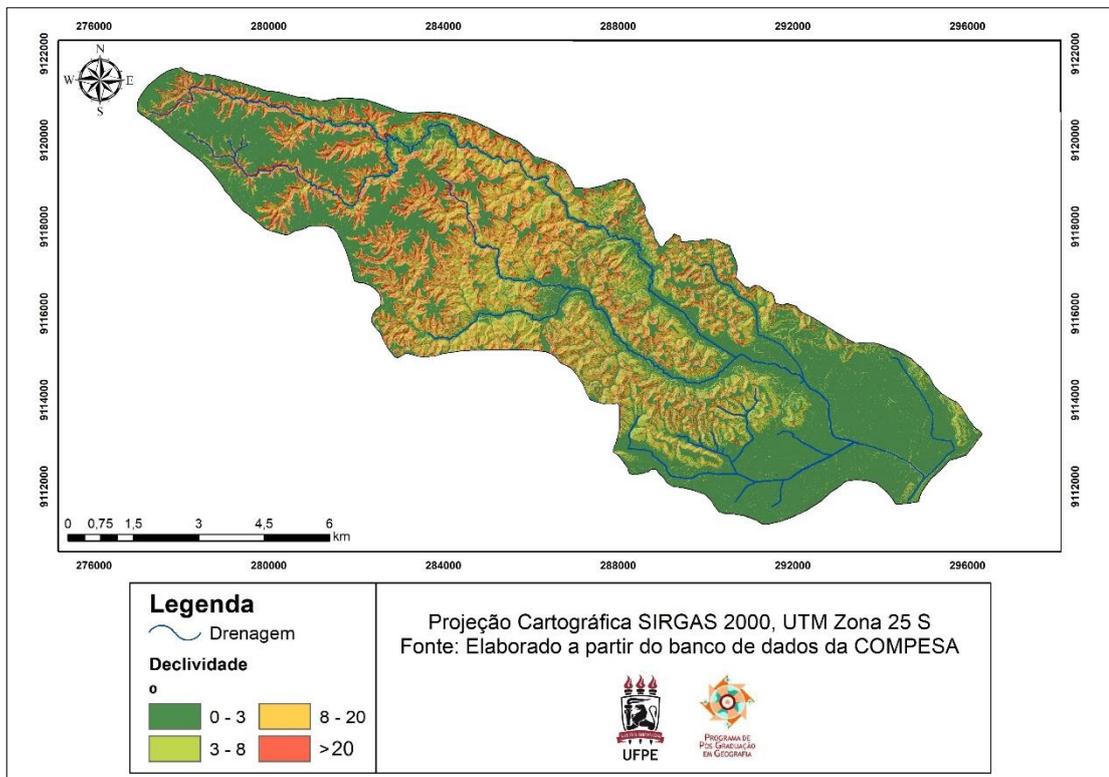
Figura 31 - Mapa de declividade da BHRB.

Tabela 3 - Distribuição das classes de Declividade (EMBRAPA).

Distribuição das Classes de Declividade – Embrapa (1979)	
Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Plano
3 - 8	Suave Ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Fortemente Ondulado
45 - 75	Montanhoso
>75	Fortemente Montanhoso

Fonte: EMBRAPA, 1979.

As classes de declividade encontrada na BHRB, de acordo com o banco de dados da Compesa, encontram-se na proporção de: 0-3 (33,20% da área), 3-8 (22,20% da área), 8-20 (19,0% da área), >20 (25,60% da área) (Tabela 4).

Tabela 4 - Classes de declividade da BHRB

Classes de declividade da BHRB	
Declividade (%)	Área (%)
0-3 Relevo Plano	33,20
3-8 Relevo Suave Ondulado	22,20
8-20 Relevo Ondulado	19,0
>20 Relevo Fortemente Ondulado	25,60

Fonte: o autor (2019)

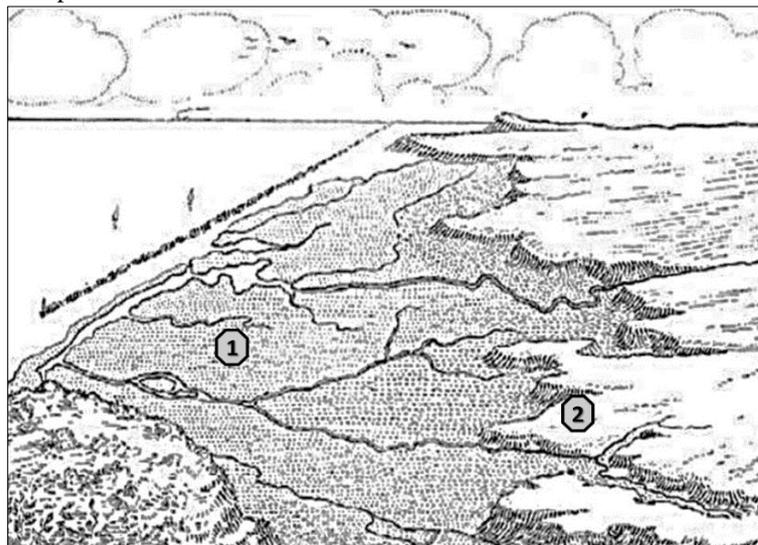
A CONDEPE/FIDEM (2011) esclarece que das oitos unidades de relevo existentes em Pernambuco, que são oriundas da interação entre fenômenos climáticos, tectônicos e litológicos, a BHRB se insere essencialmente em duas, a planície costeira litorânea, de origem sedimentar, com baixa altitude e plana, formada por praias e restingas, a mesma acompanha a orla marítima e os tabuleiros costeiros, que são feições de topo plano ou suavemente ondulados, originados dos depósitos sedimentares do final do Terciário.

A própria configuração geomorfológica da RMR influenciou em seu processo de ocupação ao longo dos séculos, não por menos, a maior parte do que se conhece como Recife, está assentado sobre a planície flúvio-marinha ou sobre as áreas de colinas e tabuleiros, denominados de morros, que abarcam trechos interioranos da RMR (Figura 32).

Para o sítio urbano do Recife, Almeida e Corrêa (2012) esclarecem:

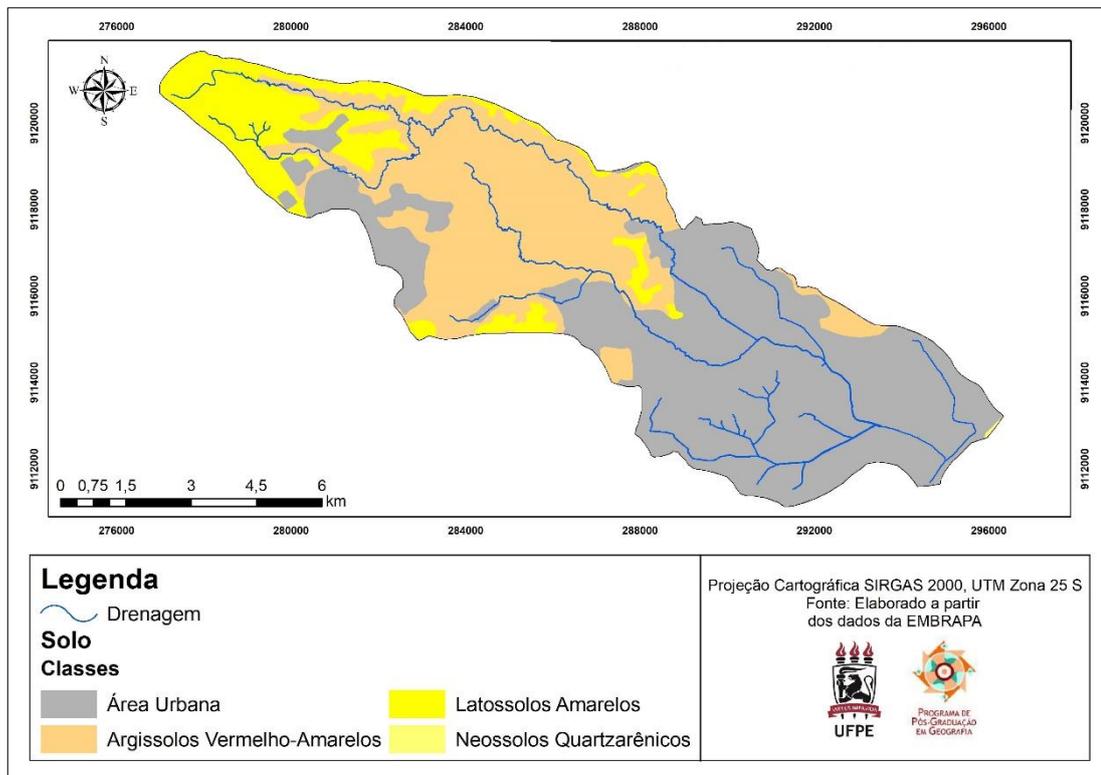
O seu complexo sítio urbano se formou a partir da deposição de sedimentos numa antiga baía rasa onde desaguavam os dois rios mais importantes, o Capibaribe e o Beberibe. A sucessão de transgressões e regressões marinhas ao longo do Pleistoceno superior culminou na formação de uma ampla planície flúvio-marinha em forma de anfiteatro, circundada por baixas colinas e tabuleiros esculpidos nos sedimentos terciários da Formação Barreiras. Essa conformação geomorfológica propiciou o condicionamento hidrodinâmico atual e a estruturação de uma densa e ramificada rede de drenagem (p. 117).

Figura 32 - Aspectos do sítio físico do Recife. 1- Planície flúvio-marinha e 2- Tabuleiros costeiro.



Fonte: Castro (1964), extraído e adaptado de Carvalho (2004)

Atrelada as suas condicionantes geomorfológicas, as características pedológicas da BHRB, favorece a ocorrência de eventos morfogenéticos, em virtude da propriedade dos solos encontradas. Dessa feita, de acordo com o banco de dados da EMBRAPA, é possível verificar a ocorrência de três classes de solo predominantes: Argissolos Vermelho-Amarelos (32,0% da área), Latossolos Amarelos (17,96% da área) e Neossolos Quartzarênicos (0,04% da área) (Figura 33), sendo que 50% da área é composta de área urbana (Tabela 5). Os Latossolos são solos muito intemperizados e que possuem pouca diferenciação de horizontes e, normalmente, não apresenta, macroagregados nítidos no horizonte B (LEPSCH, 2010).

Figura 33: Mapa pedológico da BHRB

Segundo Lepsch (2010), os Latossolos se desenvolvem em ambiente marcadamente tropical quentes e úmidos, em um processo chamado latossolização (ou laterização). Assim, é nítida a relação no desenvolvimento desse tipo de solo com os índices pluviométricos, que na RMR, como já foi dito, se concentra de abril a agosto.

Tabela 5 – Classe pedológica da BHRB

Classes Pedológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe - BHRB	
Classe	Área (%)
Área Urbana (Contexto dos Latossolo/Argissolo)	50
Argissolos Vermelho-Amarelos	32
Latossolos Amarelos	17,96
Neossolos Quartzarênicos	0,04

Fonte: o autor (2019)

Por sua vez, os Argissolos são bastantes intemperizados, contudo, deferentemente dos Latossolos, apresentam uma grande diferenciação de horizontes. Esses solos possuem um

horizonte B textural (Bt) que fica imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto hístico (EMBRAPA, 2013).

Oliveira Neto e Silva (2015) Os Neossolos Quartzarênicos tratam-se de solos minerais, oriundos de depósitos arenoquartzosos da formação barreiras do período Terciário, e também de sedimentos marinhos do período do Holoceno. Normalmente, são profundos a muito profundos. Araújo Filho *et al.* (2000) indicam que por se tratarem de solos de caráter arenoso (ou seja, com menos de 15% de argila e mais de 70% de areia), são formados essencialmente por grãos de quartzo, e dessa forma, apresentam como limitação uma baixa capacidade de retenção de água e baixa fertilidade natural.

Em relação às características fitogeográficas da BHRB, a mesma encontra-se inserida dentro do domínio da Mata Atlântica, na sub-região da Zona da Mata de Pernambuco, ou nos dizeres da CODEPE/FIDEM (2011), uma mata subperenifólia de grande porte e alta densidade, com variados números de espécies. Essas características físicas estão diretamente atreladas aos padrões climáticos que abarcam a porção leste do Estado de Pernambuco, caracterizada pelo clima tropical quente e úmido.

De acordo com Campos (2003), a cobertura vegetal da área da bacia é marcada por duas porções bem distintas. Estando a primeira localizada a montante da rodovia BR 101, sendo observada a ocorrência de resquícios de Mata Atlântica, e presença de granjas, sítios e chácaras. Segundo a CPRH (2012) a referida área, que está inserida no alto curso do Beberibe, pertence à Área de Proteção Ambiental – APA – Aldeia-Beberibe, essa APA Estadual, foi recentemente criada pelo Decreto nº34.692/2010, a mesma está quase que totalmente inserida na RMR e portanto, estando sujeita a diversos impactos por parte da sociedade, tal como pontua a CPRH (2012):

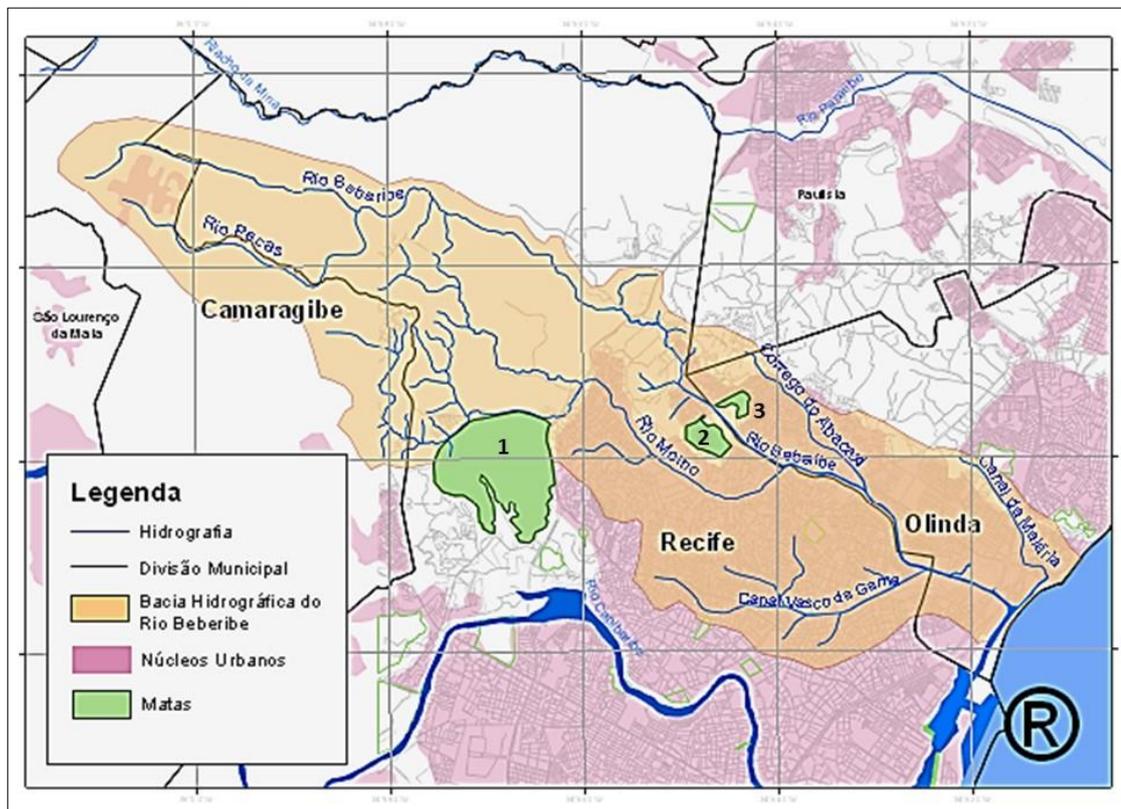
Esta Unidade de Conservação encontra-se inserida quase que inteiramente na Região Metropolitana do Recife – RMR e, por isso, sujeita a todo tipo de pressão antrópica decorrente das tensões pela ocupação dos espaços públicos e da proximidade com áreas muito adensadas, o que torna ainda mais importante a participação da comunidade que reside na área ou no entorno no processo de elaboração do seu Plano de Manejo. p. 24.

Já a segunda, localizada a jusante da rodovia BR-101 (médio e baixo curso), devido à intensa ocupação antrópica, a vegetação encontra-se bastante alterada e rarefeita. Assim, atualmente é possível verificar a ocorrência de matas densas, capoeiras, vegetação hidrófila e manguezais (CAMPOS, 2003).

Conforme exposto acima, hoje pouco resta da outrora densa e exuberante mata que recobria a BHRB, apenas se destacando alguns remanescentes como a Reserva Ecológica Mata de Dois Irmãos (Recife), Mata Ecológica Mata de Dois Unidos (Recife) e a Reserva de Floresta Urbana (FURB) Mata do Passarinho (Olinda).

Segundo Botelho *et al.* (2013) a Reserva de Floresta Urbana Mata de Passarinho – FURB (Figura 34) está inserida totalmente no município de Olinda na RMR, ocupando uma área de 13,36ha, o que corresponde a 0,31% da área do referido município. Desta área, 11,60 há foram obtidos pela Prefeitura de Olinda, restando ainda 1,76ha em área privada.

Figura 34 – Localização das Reservas Florestais na BHRB.



Fonte: Sistema de Informação. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/11484155/>>. Acesso em: 20 de fev. 2019 (**adaptado**) – 1: Reserva Ecológica Mata de Dois Irmãos (Recife); 2: Mata Ecológica Mata de Dois Unidos (Recife); 3: Reserva de Floresta Urbana - FURB Mata do Passarinho (Olinda).

Trata-se do maior remanescente de Mata Atlântica do município de Olinda (Figura 35), estando inserida no bairro de Passarinho e nas proximidades do Alto da Bondade, Caixa d'água, Águas Compridas, Córrego dos Carneiros e Córrego do Abacaxi. Seu perímetro é definido pelas Ruas Dois de Março, Estrada do Passarinho e Travessa do Passarinho. Seu acesso se faz pela Estrada de Passarinho (BOTELHO *et al.* 2013).

Figura 35 - Reserva de Floresta Urbana (FURB) Mata do Passarinho



Fonte: *Google Earth Pro* (2018).

A Reserva de Ecológica Mata de Dois Unidos (Figura 36) situa-se próxima a antiga indústria Minerva S/A, e do antigo presídio Mourão Filho (**atualmente, Escola Doutor Francisco Pessoa de Queiroz**), com acesso pela Rua Hildebrando Vasconcelos. A mesma está inserida totalmente no município do Recife onde abrange 37,72ha que corresponde a 0,16% da área desse município. Na referida área predominam as encostas de declividade acentuada, revestida por resquício de Mata Atlântica, com exemplares emergentes típicos da primitiva mata, com a imbaúba, a sapucaia e o pau d'arco, entre outros (FIDEM, 1987).

Atualmente apresenta indícios de desmatamento o que já se reflete no desmoronamento das encostas de onde houve retirada da vegetação. Observa-se ainda a falta de sustentação para as árvores que se situam nas margens das encostas. A mata distribui-se em duas propriedades, uma pública e outra privada.

Figura 36 – Reserva Ecológica Mata de Dois Unidos

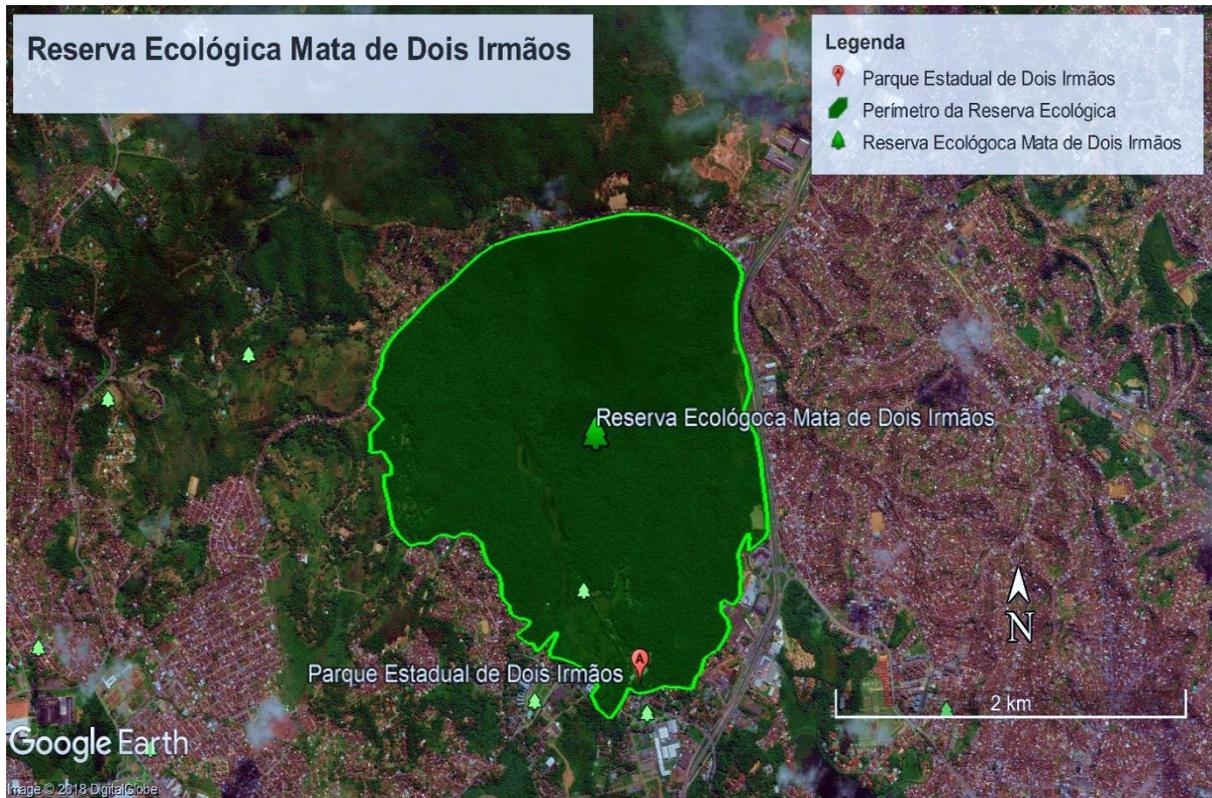


Fonte: *Google Earth Pro* (2018).

A Mata de Dois Unidos é uma das Unidades de Conservação de Mata Atlântica da cidade do Recife que foram reduzidas a arquipélagos de pequenos fragmentos florestais, sendo um ambiente sob forte pressão antrópica (DANTAS, *et al.* 2014).

A Reserva Ecológica Mata de Dois Irmãos (Figura 37) está situada nas proximidades da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, com acesso pelo Parque Estadual de Dois Irmãos. A mesma possui uma área de 388,67ha, o que equivale a 1,59% da área do município. Apresenta relevo fortemente ondulado, com encostas acentuadas em alguns trechos. Sua área está incluída nas bacias hidrográficas do rio Capibaribe e Beberibe. Sendo essa incluída na área de proteção dos mananciais, onde é considerada como categoria M1 pela Lei 9860 de 12/08/86 (FIDEM, 1987).

Figura 37 – Reserva Ecológica Mata de Dois Irmãos



Fonte: *Google Earth Pro* (2018).

A Mata de Dois Irmãos constitui um dos mais belos resquícios de Mata Atlântica da RMR, por possuí uma expressiva cobertura vegetal. De acordo com Rodrigues e Silva (2014), a mesma é classificada como Floresta Ombrófila Densa pelo IBGE, estando esse remanescente de Mata Atlântica em estágio de sucessão secundária, não apenas como consequência das ações antrópicas, mas também pela queda natural de indivíduos arbóreos.

Esta reserva sofreu alterações em seu perímetro oeste, decorrente da implantação do anel viário da BR 101. Além disso, tem sido objeto da ação predatória da população circunvizinha, devido à inexistência de um efetivo controle de fiscalização (FIDEM, 1987).

3.3 Uso e ocupação da terra e seus reflexos sobre a dinâmica processual

A problemática socioambiental da BHRB está atrela ao processo de expansão urbana da cidade do Recife, e que foi iniciado a partir de meados do século XX. Isso está diretamente associado a uma maior atividade comercial e industrial na cidade, e que acarretou em expansão do sítio urbano da cidade e dos municípios vizinhos (CAMPOS, 2003).

Tal ocupação, está relacionada as inúmeras enchentes que sempre afetaram a cidade e que a partir dos anos 1940 passaram a atingir mais intensamente as áreas mais planas e centrais da cidade, fazendo com que as classes menos abastadas migrassem forçosamente para áreas de morros do entorno:

Em meados do século XX, com a ocorrência das grandes enchentes, que afetaram fortemente as planícies estuarinas, a Liga Social Contra os Mocambos determinou a erradicação parcial dos mocambos nas áreas mais centrais do Recife, deixando um déficit de quase cinco mil habitações. Iniciou-se, então, na década de 40, a transferência não planejada dos moradores expropriados das suas habitações, para os morros de Casa Amarela, Beberibe e Água Fria, impulsionando a ocupação sistemática dos morros da zona norte do Recife (ALHEIROS, *et al.*, 2004, p. 3).

Essa medida se tornou desastrosa e até hoje os moradores de Recife e municípios limítrofes congregam toda sorte de problemas oriundos da má ocupação do espaço urbano, que além de possuírem altas taxas de densidade demográfica, sofre com a carência de políticas públicas que minimizem esses efeitos, como é o caso de Olinda:

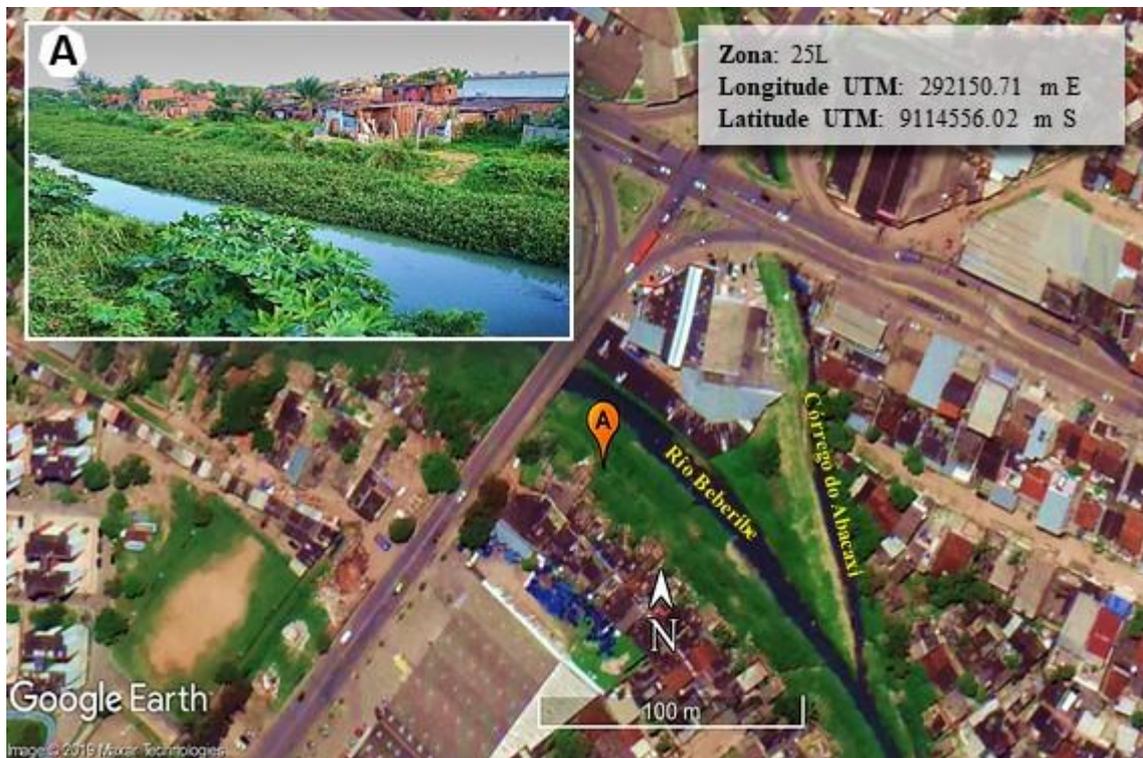
O processo de ocupação do solo em Olinda não respeitou a formação topográfica. A grande concentração populacional causou ocupação desordenada e conflitante do solo e alta agressividade ao meio ambiente, mais ainda nas áreas marginais de comércio imobiliário, considerados proibidos para o setor formal pelo risco a elas inerente. Sobrando do comércio formal essas áreas sujeitas às invasões pelos menos favorecidos e se identificam com áreas baixas (estuários/manguezais) ou terrenos de encostas, sujeitos a inundações ou deslizamentos constantes (PREFEITURA MUNICIPAL DE OLINDA, 2008, p. 20).

Fica claro que as áreas de mais fácil ocupação como terraços, planícies fluviais e encostas com baixa declividade são rapidamente apropriados pela população mais abastada, restando as áreas de várzea ou de encostas íngremes para os menos favorecidos, que, sem alternativas, acabam por ocupar os lugares menos propícios a ocupação humana (GIRÃO *et al.*, 2007).

Silva (2015) recorda que essas áreas não possuem condições mínimas de salubridade, são vulneráveis e estão sujeitas a eventos de ordem morfogenéticas, em virtude das características naturais da área não possibilitarem condições para uma adequada ocupação, acarretando processos erosivos, movimentos de massa e inundações que afetam moradores ali residentes (Figura 38). Sobre isso, Jorge (2011, p. 119), esclarece que:

O processo de urbanização brasileira, caracterizado pela apropriação do mercado imobiliário das melhores áreas das cidades e pela ausência, quase completa, de áreas urbanizadas destinadas à moradia popular, levou a população de baixa renda a buscar alternativas de moradia, ocupando áreas vazias desprezadas pelo mercado imobiliário, nesse caso, áreas ambientalmente frágeis, como margens de rios, mangues e encostas íngremes. A precariedade da ocupação (aterros instáveis, taludes de corte em encostas íngremes, palafitas, ausência de rede de abastecimento de água e coleta de esgoto) aumentam a vulnerabilidade das áreas já naturalmente frágeis.

Figura 38 - ocupação área de várzea na margem direita do rio Beberibe (baixo curso) nas proximidades da confluência com o Córrego do Abacaxi.



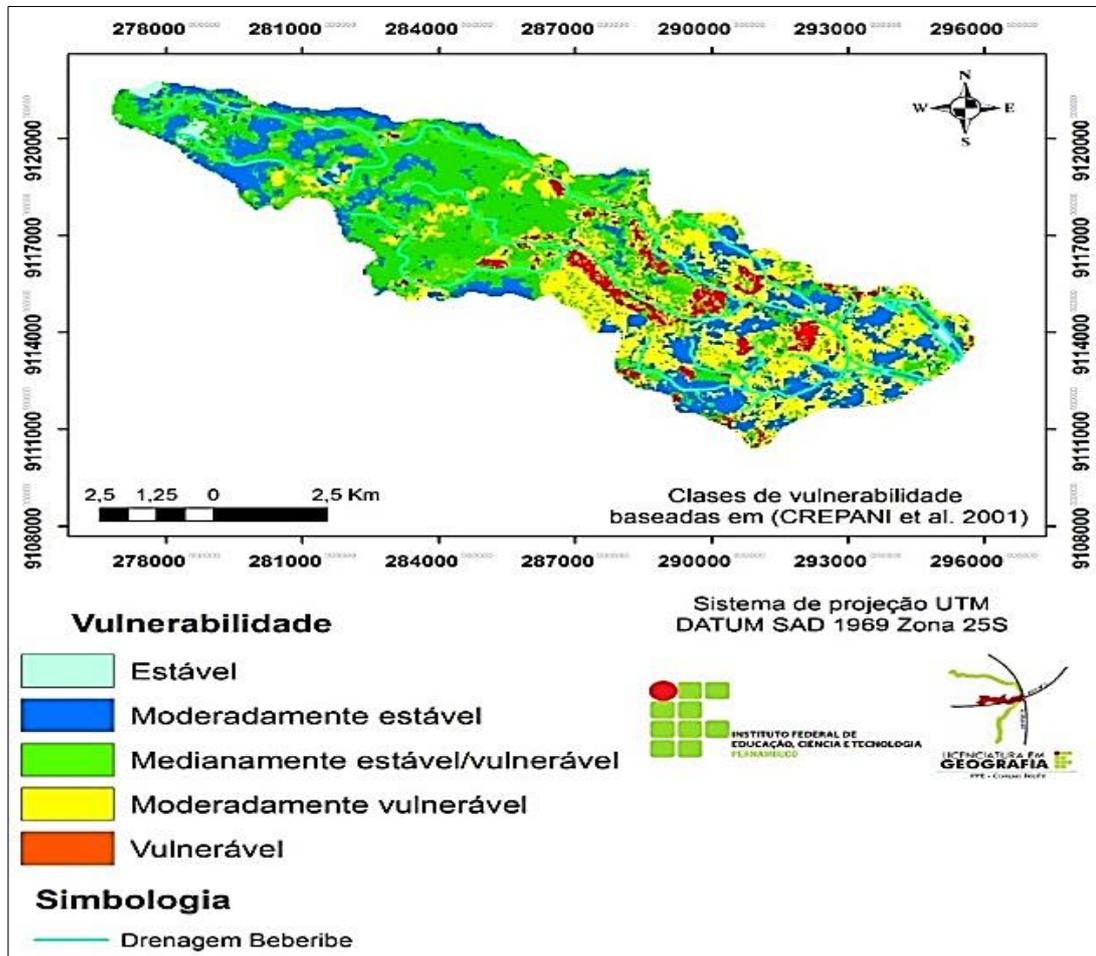
Fonte: *Google Earth Pro* e imagens registrada pelo autor (2019).

A Prefeitura Municipal de Olinda (2008) esclarece que o município apresenta áreas de morro, onde estão os maiores adensamentos, pontuados por trechos acidentados, que são alvo da ocupação desordenada, colocando em risco a estabilidade do solo, agravando o processo de erosão e contribuindo para o assoreamento do sistema de circulação hídrica. Lembra ainda que o lixo quando arrastado pelas chuvas e os sedimentos derivados da erosão e de desmoronamentos contribuem diretamente para as enchentes das áreas de planície.

Assim sendo, percebe-se que devido a questões socioeconômicas, grande parte dos habitantes da BHRB, são sujeitados a habitarem áreas ambientalmente frágeis, sujeitas a eventos hidromorfofinâmicos.

Em estudo recente, Silva e Barbosa Neto (2018) realizaram o mapeamento de risco a erosão na BHRB, e constataram que 43,08% da bacia, possui uma área medianamente vulnerável, e que 26,05% está classificada com moderadamente vulnerável e cerca de 5,4% encontra-se dentro da categoria morfodinâmica vulnerável de acordo com a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001) (Figura 39).

Figura 39 - Mapa do perigo a processos erosivos da Bacia hidrográfica do rio Beberibe, Região metropolitana do Recife, PE.



Fonte: Silva e Barbosa Neto (2018).

Diante do exposto, fica claro que as áreas mais vulneráveis estão concentradas nas áreas do médio e baixo curso do Beberibe, justamente as regiões com as declividades mais acentuadas e mais adensadas. Isso explica muitas das tragédias envolvendo deslizamento de encostas e enchentes nessa área. Embora, deva-se lembrar que a declividade por si só não explica os recorrentes eventos morfodinâmicos que afetam a área, soma-se a ela a retirada da cobertura vegetal, que está completamente comprometida, restando-se apenas alguns resquícios de mata nativa, como elencado anteriormente. Sobre isso, Girão *et al.* (2007, p. 247) recorda que:

Apesar da importância de fatores naturais como a precipitação, declividade do terreno, comprimento da encosta e propriedades dos solos, no processo de instabilidade de encostas é incontestável a relevância da cobertura vegetal como fator natural de grande influência na determinação, ou não, da ocorrência de processos erosivos e/ou movimentos de massa em áreas declivosas (grifo nosso).

Ainda assim, as poucas áreas de vegetação nativas existentes sofrem com a pressão exercida pelo crescimento urbano, que não respeita nem mesmo áreas de proteção ambiental e prevista em lei. Exemplo disso, ocorre nas cercanias da Reserva de Floresta Urbana (FURB) Mata do Passarinho e na Reserva Ecológica Mata de Dois Unidos, ambas localizadas no médio curso do rio (Figura 40).

Figura 40 - Ocupação antrópica nas cercanias da Reserva Ecológica Mata de Dois Unidos - (A), Placa estampando Lei que criminaliza os desmatamentos – (B) e FURB Mata do Passarinho – (C).



Fonte: organizado pelo autor (2019).

O rio Beberibe foi famoso pela qualidade de suas águas, onde era dele que vinha a maior parte do abastecimento da região do entorno dos municípios de Recife e Olinda. Em virtude disso, e principalmente, por sua localização geográfica, que se encontra em pleno centro da RMR, foi foco de um intenso processo de urbanização, a BHRB passou a acumular as mais diversas manifestações de degradação, resultado, em grande parte, do caráter agressivo e não planejado, ao longo do processo de ocupação do solo (PREFEITURA MUNICIPAL DE OLINDA, 2008).

De acordo com a FIDEM (2000) o processo de ocupação sobre o meio natural na BHRB, desenvolveu condições adversas para o meio criado. Ou seja, engendrou um ciclo de realimentação negativo: as agressões ao meio natural, voltaram-se contra o homem, resultando

A BHRB abrange o território de três municípios e que institucionalmente representam três diferentes Poderes Locais (municipais), interagindo no espaço da bacia, além, é claro, do Poder Estadual. Esse é um fator que merece destaque, uma vez que se pretende o desenvolvimento da bacia hidrográfica de maneira integrada, e nem sempre esses Poderes possuem interesses similares ou uma mesma visão de prioridade.

Souza e Campos (2010) destacam que é justamente das características da BHRB, com todas as suas implicações, que surgiu a proposta do PROMETRÓPOLE. A princípio na esfera estadual, mas, logo depois envolveu o Banco Mundial (BIRD) e as prefeituras de Recife e Olinda, com o objetivo de reordenar a ocupação urbana na área da bacia.

Esses autores destacam que atualmente, o PROMETRÓPOLE continua sendo executado pela Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas – CONDEPE/FIDEM e pela COMPESA, mas apenas com as prefeituras de Olinda e Recife, pois a de Camaragibe não prosseguiu no processo (Figura 42).

Figura 42 - Obras realizadas pelo PROMETRÓPOLE – **A.** Habitacional Passarinho, **B.** Terminal de Passarinho, **C.** Canal da Malária, **D.** Habitacional Capilé



Fonte: PERNAMBUCO, 2008.

3.4 Unidades de Paisagens da Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe

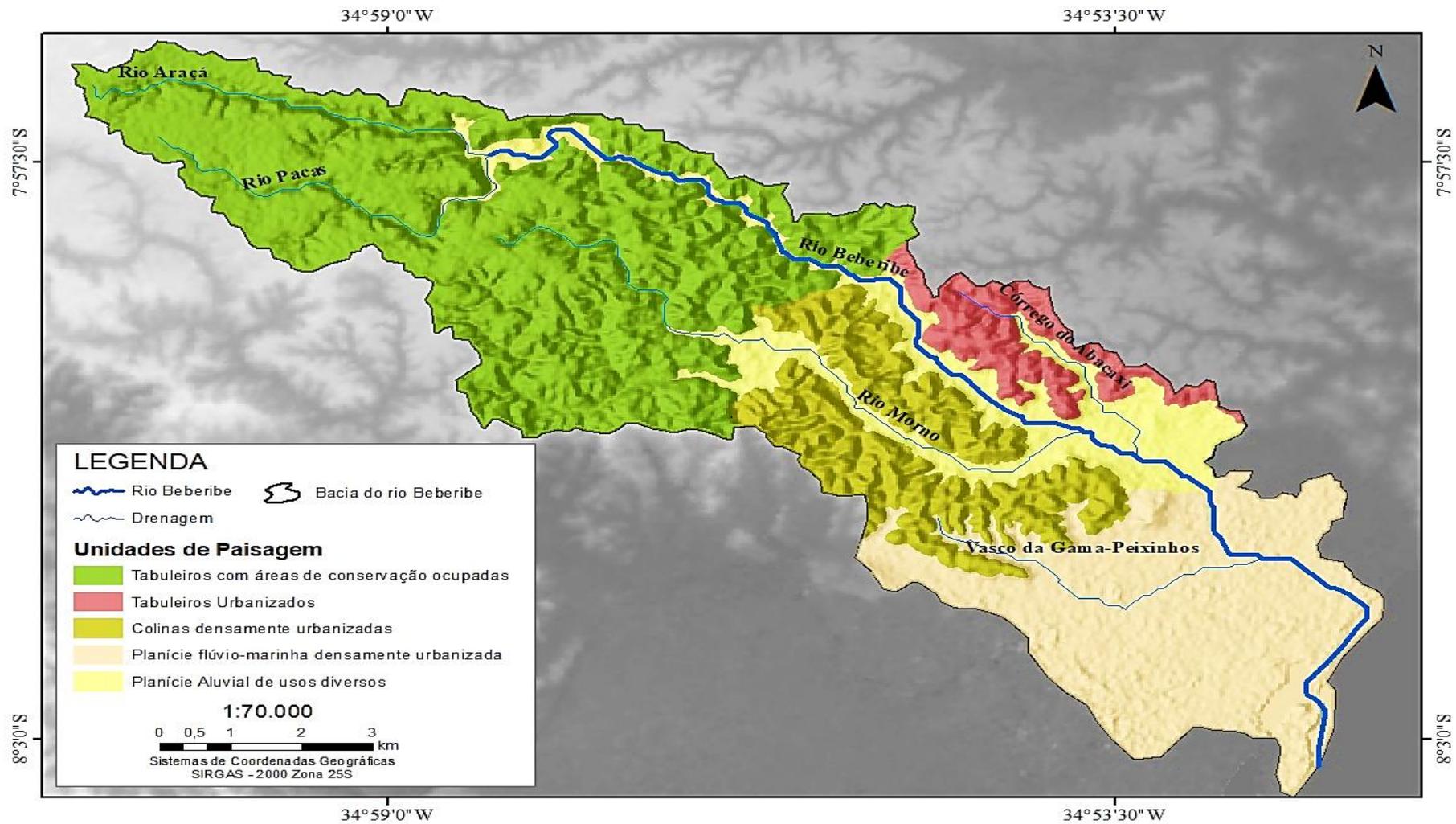
Conforme pontua Corrêa (2006), os geossistemas são subdivisões de uma dada região em áreas que congregam atributos físicos processuais comuns, e que dessa forma, guardem diferenças das áreas adjacentes. Ainda segundo esse autor, cada um dos geossistemas normalmente possui um padrão cíclico de topografia, solos e vegetação, que reflete a geologia, processos erosivos e deposicionais e o clima onde esses processos se dão. Assim, uma “unidade de paisagem”, o componente de detalhe de um geossistema, adquire grande importância para a avaliação de áreas para propósitos agrícolas e de engenharia e para o estabelecimento de classificações voltadas para a resolução de problemas, sobretudo nos contextos urbanos.

É perceptível que a visão sistêmica também foi um importante acontecimento para a Geografia. O direcionamento para a sistematização e a integração do meio ambiente com seus elementos, conexões e processos como um potencial a ser utilizado pelo homem, adquire importância crescente (TROPMAIR e GALINA, 2006).

Dessa forma, é possível constatar que as unidades de paisagens guardam em si singularidades concernentes ao relevo, cobertura vegetal, clima, solos e até mesmo arranjo estrutural e litológico. Portanto, são as Unidades de Paisagem dotadas de fronteiras de difícil delimitação (por possuírem espectro taxonômico variado), e ocupam determinada característica espaço-temporal, estando suas existências dependentes do funcionamento dos seus elementos (ROSS, 1992; MONTEIRO, 2000; AMORIM e OLIVEIRA, 2008).

Nesse estudo, serão estabelecidas as unidades de paisagem propostas por Lima (2018), a qual propõe cinco diferentes unidades de paisagem para a BHRB, sendo estas: Tabuleiros com áreas de conservação ocupadas, Tabuleiros urbanizados, Colinas densamente urbanizadas, Planície flúvio-marinha densamente urbanizada e Planície fluvial de usos diversos (Figura 43 e Tabela 6).

Figura 43 – Unidades de paisagem da BHRB.



Fonte: Lima (2018)

Tabela 6 – Unidades de paisagem da BHRB

Unidades de Paisagem	Área territorial da BHRB (km²)	Área em (%)
Tabuleiros com áreas de conservação ocupadas	35,96	44,10
Tabuleiros urbanizados	4,20	5,10
Colinas densamente urbanizadas	11,07	13,60
Planície flúvio-marinha densamente urbanizada	20,43	25,00
Planície aluvial de usos diversos	9,97	12,20

Fonte: Adaptado de Lima (2018).

3.4.1 Tabuleiros com áreas de Conservação Ocupadas

Possuindo a maior área (44%) na BHRB dentre as unidades de paisagem ora elencadas, os Tabuleiros com áreas de conservação ocupadas apresentam altitudes de até 120 metros com topos planos ou quase planos. A estrutura pedológica da área é predominantemente composta por Argissolos, bem desenvolvidos e com boa drenagem, o que explica a formação de inúmeras nascentes de rios e riachos pertencentes a rede hidrográfica do rio Beberibe (LIMA, 2018).

Grande parte da área dessa unidade de paisagem apresenta feições tabuliforme, as quais Fonsêca *et al.* (2016) denominou de **Planalto Sedimentar Litorâneo**, mais precisamente na unidade morfológica **modelado tabular conservado**. Ainda segundo os mesmos, o modelado tabular conservado, com relações topo encosta predominantemente côncavo-convexas, e divisores com largura superior a 500 metros. Esta unidade tende a ocorrer nos setores oeste e noroeste do Domínio, com altitudes máximas de até 200 metros, decrescendo de noroeste para sudeste.

Campos (2003) e Lima (2018) destacam ainda que a referida unidade de paisagem está localizada no alto curso da BHRB, a Oeste da BR-101, sendo a mesma caracterizada por baixa densidade demográfica, cuja população encontra-se estabelecida em diversas chácaras, granjas, clubes de campo e condomínios horizontais, destinados a classe média-alta.

O referido trecho encontra-se em parte no município de Camaragibe no bairro de aldeia, e é nessa localidade que se encontram as nascentes dos rios Pacas e Araçá, que correm em terrenos pertencentes a condomínios fechados e granjas, como é o caso do rio Araçá, cuja a nascente situa-se no Clube Campestre Sete Casuarinas, às margens da estrada de Aldeia (LIMA, 2018 e SILVA, 2015).

3.4.2 Tabuleiros Urbanizados

Dentre as unidades de paisagens que compõem a BHRB, essa é a que ocupa a menor área, com aproximadamente 4,20 km² (5,10%), sendo áreas em que a vegetação nativa se encontra rarefeita e está extensivamente ocupado pelo processo de urbanização que foi se intensificou na segunda metade do século XX. Esta área abarca parte do bairro de Passarinho (Recife) e compreende os bairros do Alto da Bondade, Águas Compridas, Caixa d'água, Sapucaia e São Benedito (Olinda). Portanto, verifica-se que esta unidade é um espaço de expansão urbana, que inclui áreas de topos e encostas dos tabuleiros (LIMA, 2018) (Figura 45).

Figura 45 – Ocupação urbana em área de encosta em Passarinho e Caixa d'água (margem direita do Beberibe).



Fonte: O autor (2019).

Sobre isso, Alheiros *et al.* (2004) esclarece que essa forma de uso e ocupação da terra nas áreas de morro do Recife remontam à própria história de construção da cidade. Quando a população menos abastada edifica suas moradias em terrenos pouco favoráveis às edificações. Esse cenário causou um verdadeiro paradoxo no que concerne a expansão urbana da RMR, na medida em que, as áreas mais propícias à edificação (terraços emersos enxutos, topos planos de colina) foram amplamente ocupados por segmentos sociais mais aquinhoados, enquanto as áreas que demandariam um conhecimento mais especializado e investimentos maiores (planície

de inundação, manguezais, zonas estuarias e as encostas) foram legadas para a popula o carente, que não dispõem de recursos financeiros para empreender tais investimentos:

As ocupa es espontâneas nos morros da Região Metropolitana do Recife se dão geralmente a partir de invasões e de ocupa es consentidas da terra. Esse tipo de ocupa o ocorre de forma desordenada, já que os lotes são obtidos através de cortes para a cria o de terreno plano, com lançamento do material cortado na borda da encosta, sem a compacta o exigida para um aterro (ALHEIROS *et al.* 2004, p. 21).

Portanto,   perceptível os inúmeros agravos sofridos pela popula o que ocupa essa unidade de paisagem, que pela sua própria característica natural e pela falta de planejamento e de investimento, fica exposta aos diversos eventos hidromorfodinâmicos que ocorrem na área em questão (Figura 46)

Figura 46 – Processo de enchente no canal principal do rio Beberibe no bairro de Passarinho na divisa entre Olinda e Recife durante as chuvas de 24/07/2019.



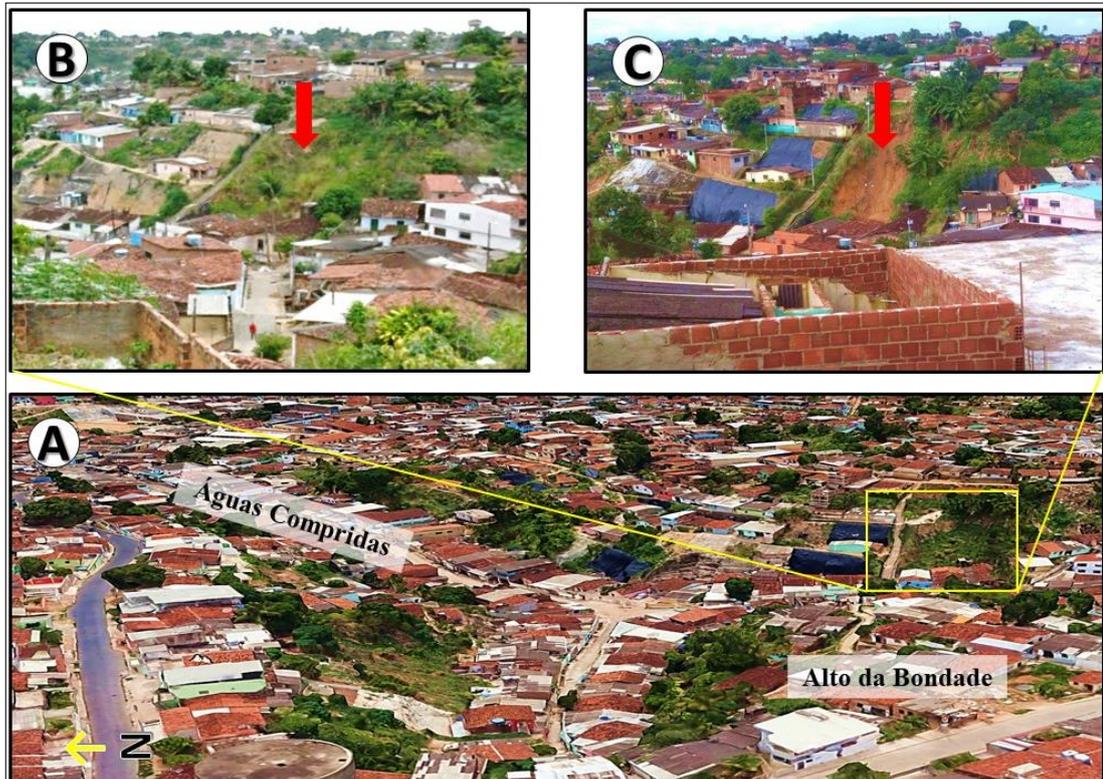
Fonte: O autor (2019)

Lima (2018) esclarece ainda que a unidade paisagística tabuleiros urbanizados compõe parte do médio curso da BHRB em sua margem direita, no sentido leste a partir da BR 101, e devido a sua altitude, comumente   chamada de “altos” ou morros, trata-se, portanto, de áreas ambientalmente instáveis e sujeitos a riscos geológicos (Figura 47), em virtude da urbaniza o intensa e desordenada, sobretudo nas encostas. Sobre isso, Silva e Barbosa Neto (2018) advertem que:

no contexto da bacia hidrográfica do rio Beberibe, as áreas com maiores riscos a eventos erosivos se concentram no seu médio curso, que em virtude das altas

declividades, bem como a quase que total ausência de vegetação nativa e associado a um processo inadequado de uso e ocupação do solo por parte dos moradores da região, vem acarretando sérios riscos de eventos erosivos ceifando inclusive, vidas humanas (p. 1718).

Figura 47 – A. Ocupação de encostas nos bairros de Águas Compridas e Alto da Bondade (Olinda) B. Imagem da área antes do deslizamento C. Movimento de massa ocorrido em junho de 2019.



Fonte: organizado pelo autor: A e B *Google earth pro* (2016), C. O autor (2019).

3.4.3 Colinas Densamente Urbanizadas

Situada na margem direita da BHRB, essa unidade de paisagem ocupa cerca de 25% da área total da bacia hidrográfica, possuindo 20,43km² de extensão, dispondo também de uma das maiores densidades demográficas da BHRB, com cerca de 225 mil habitantes, que se encontram distribuídos em mais de 10 bairros populares e de ocupação não planejada (LIMA, 2018) (Figura 48)

Figura 48 – Ocupação de colinas no Bairro de Dois Unidos e Nova Descoberta (**segundo plano**)



Fonte: o autor (2019)

Sobre essa área, Campos (2003) assegura que a forma de apropriação e uso da terra na referida unidade de paisagem, aconteceu de maneira irregular e desordenada, uma vez que a população em sua ânsia por espaços para construção de moradia, acabou por fazer cortes em área de encosta, ocupando áreas de várzea, descartando lixo em locais inadequado, dentre tantas outras alterações, que contribuíram para uma relação hostil com a paisagem tanto pela óptica ambiental, quanto social. O que faz com que essa área seja instável e suscetível a ocorrência de eventos erosivos e de movimentos de massa.

3.4.4 Planície Flúvio-Marinha Densamente Urbanizada

De acordo com Lima (2018) essa unidade ocupa 13% da BHRB aproximadamente, com área total de 11,07 km² da área total. Silva *et al.* (2010) destaca que essa unidade de paisagem tem sua gênese atrelada as diversas variações sofridas no nível do mar durante o Quaternário. Os mesmos esclarecem ainda que nas fases glaciais, devido ao rebaixamento do nível do mar ocorreram deposições de sedimentos fluviais e marinhos nas áreas que outrora estavam submersas, e, dessa forma, contribuindo com a formação de um delta intra-estuarino. Já durante os períodos interglaciais ocorreu a elevação do nível do mar, ocasionando a erosão do litoral e o conseqüente afogamento dos baixos cursos fluviais dos rios Capibaribe e Beberibe, e paulatinamente a transformação dos mesmos em estuários.

Essa unidade de paisagem foi intensivamente ocupada ao longo do tempo, sobretudo, a partir dos anos 1930 até os dias atuais, através da realização de aterros para assentamentos espontâneos (CAMPOS, 2003). Assim, fica clara as nefastas consequências dos usos e ocupações que os atores sociais fazem de uma área sujeita a eventos morfodinâmicos ligados diretamente a ação fluvial sobre a planície flúvio-marinha:

A Região Metropolitana do Recife – RMR foi consolidada em uma planície de origem marinha, ampliando seu território pela progressiva anexação de suas ilhas fluviais ao continente através de aterros. A velocidade da urbanização, não foi acompanhada de um crescimento econômico sólido, resultando na suspensão de projetos de construção de habitações populares, e de serviços essenciais (saúde, educação, saneamento, e etc.) e de equipamentos urbanos, especialmente na chamada zona periférica da cidade do Recife e nos municípios limieiros (ALVES, 2010, p. 5)

Lima (2018) destaca que em virtude dessa unidade de paisagem ocupar grande parte do baixo curso do BHRB, a mesma apresenta-se intensamente urbanizada (Figura 49) e apresentando diversos problemas socioambientais nas margens do canal fluvial do rio Beberibe, como: lançamento de esgoto, habitações em forma de palafitas e deposição de toda sorte de lixo, que promovem a obstrução do fluxo do rio em alguns pontos.

Figura 49 – Ocupação urbana na planície flúvio-marinha em Peixinhos (Olinda – baixo curso).



Fonte: Daniel Pereira - Movimento Cultural Boca do Lixo (2018).

3.4.5 Planície Aluvial de Usos Diversos

Situada ao longo de toda a calha principal do rio Beberibe e seus afluentes principais, essa unidade de paisagem possui uma área de 9,97 km². Trata-se da área de várzea e planície de inundação dos mesmos, possuindo largura variável em cada trecho ou recorte da bacia (LIMA, 2018).

Segundo Alheiros *et al.* (2004) a planície aluvial reflete mais incisivamente a junção dos agentes naturais e antrópicos presentes na área da bacia, uma vez que é nela que se concentram as dinâmicas de erosão e sedimentação oriunda das áreas mais elevadas (tabuleiros e colinas) e as planícies. Uma vez que os usos e ocupações que se fazem das áreas de maior altitude, contribui para instabilidade do solo, com a consequente produção de grande quantitativo de sedimentos que acabam sendo carreados para o leito do rio, causando seu assoreamento (Figura 50).

Figura 50 – Intenso acúmulo de sedimentos na Estrada do Passarinho após período de intensas chuvas na área da bacia (24/07/2019);



Fonte: o autor (2019)

São inúmeras as alterações antrópicas causadas nessa unidade de paisagem, contudo, essas passam a ser mais perceptíveis a partir do médio curso da BHRB, onde o processo de urbanização se encontra mais consolidado. Inclusive, é nessa região que ocorre um relativo

alargamento da planície aluvial, com suas terras sendo ocupadas para usos diversos, sobretudo residencial.

Em grande parte dessa unidade de paisagem, a intensa urbanização, atrelada a falta de infraestrutura é latente, com ruas sem saneamento básico e calçamento, contribuindo para o agravamento de erosão acelerada, eventos de inundação, poluição hídrica e assoreamento do canal (Figura 51) Sobre isso, Amorim (2009) esclarece que:

Os assentamentos humanos afetam diretamente a qualidade dos recursos hídricos, quando se trata de regiões densamente urbanizadas, os principais problemas são dos efluentes domésticos e industriais lançados *in natura* nos corpos hídricos e a ocupação de área de proteção dos mananciais (p. 91).

Figura 51 – A. Acúmulo de resíduos sólidos no canal principal do rio Beberibe (Passarinho); B. Assoreamento do rio Beberibe no bairro de Passarinho (24/07/2019); C. Imagem *Google Earth Pro*.



Fonte: o autor (2019) e *Google Earth Pro* (2019).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização dessa pesquisa procedeu-se inicialmente com a revisão bibliográfica, objetivando a fundamentação teórica-conceitual acerca de geossistemas, geoindicadores, análise morfodinâmica, bacia hidrográfica, processos erosivos, uso e ocupação da terra, movimentos de massa, inundações e assoreamento, como também da teoria geossistêmica postulada por Bertrand (1968).

A partir da adequação para área estudada da metodologia de mapeamento da vulnerabilidade natural a perda de solo, sendo esta proposta por Crepani *et al.*, (2001), e que está fundamentada no conceito da Ecodinâmica proposto por Tricart (1977), e da potencialidade para estudos integrados das imagens de satélite que permite uma visão sinótica, repetitiva e holística da paisagem. Com isso, pretendeu-se averiguar a vulnerabilidade a eventos de ordem morfodinâmica na área da BHRB, buscando identificar os diversos impactos causados pelos mesmos. Esse conceito, constitui um dinâmica dos ambientes com o balanço entre pedogênese e morfogênese.

Nesse estudo, até então, foram considerados o conceito de Ecodinâmica proposto por Tricart (1977) e que ainda pode ser utilizado, na medida em que estabelece um modelo de avaliação integrado das unidades territoriais, levando em consideração a relação entre pedogênese e morfogênese, e, dessa forma, podendo classificar o nível de estabilidade ou instabilidade do ambiente.

Para tanto, o estudo desenvolvido por Crepani *et al.*, (2001) e que foi baseado na Ecodinâmica de Tricart (1977), distingui diferentes critérios atributivos de valores de vulnerabilidade (Tabela 7) nas diversas unidades territoriais básicas dos atributos Geomorfologia, Geologia, Pedologia, Vegetação e Clima.

Tabela 7 – Valor de estabilidade de unidades de paisagem para avaliação de suscetibilidade a erosão

Categoria Morfodinâmica	Relação pedogênese/morfogênese	Valor
Estável	Prevalece a pedogênese	1,0
Intermediária	Equilíbrio entre pedogênese e morfogênese	2,0
Instável	Prevalece a morfogênese	3,0

Fonte: Adaptado de Tricart (1977)

Em seu estudo Crepani *et al.*, (2001) buscam contemplar a maior variedade de categorias morfodinâmica, com o intuito de se construir uma escala de vulnerabilidade para situações que ocorram naturalmente. Para isso, foi elaborado uma tabela (Quadro 5) que estabelece 21 classes de vulnerabilidade à perda de solo, difundidas entre as situações em que há predomínio de processos pedogenéticos (onde se atribui valores próximo de 1,0), advindo situações intermediárias (valores entorno de 2,0) e por fim, predomínio de processos morfogenéticos (com valores que se aproximam de 3,0).

Quadro 5 - Escala de vulnerabilidade das unidades territoriais básicas

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

Fonte: Crepani *et al.*, 2001.

No sentido de analisar a maneira pela qual a potencialidade de fenômenos pluviométricos pode contribuir para o agravamento de eventos erosivos e inundações, foram utilizados os dados pluviométricos diários fornecidos pela APAC para os anos de 2001 e 2017, buscando verificar os meses de maior intensidade de chuvas, e o agravos causados pelas mesmas.

Na análise de uso e cobertura da terra, serão elaborados mapeamentos seguindo a proposta de Corrêa *et al.* (2016), onde as imagens de satélite utilizadas foram adquiridas junto ao *Earth Explorer* e *Google Earth Pro*. Estas foram processadas e analisadas em ambiente SIG,

software ArcGIS 10.4. O *datum* adotado foi o SIRGAS 2000 em coordenadas planas (UTM), estando o recorte espacial trabalhado no fuso UTM 25 S, Meridiano Central de 33°.

Para o ano de 2001, utilizou-se imagens orbitais do satélite *Landsat 7*, sensor ETM+ (órbita 214, ponto 065). O processamento seguiu os parâmetros básicos de correção atmosférica e realce. Trabalhou-se com a composição R3G2B1, a qual corresponde a cor verdadeira. O produto original possuía uma resolução espacial de 30 m por pixel, a qual foi melhorada a partir da fusão da imagem inicial com a banda pancromática. Este procedimento resultou numa resolução final de 15 m por pixel.

A imagem para o ano de 2017 foi obtida junto ao *software Google Earth Pro*, apresentando também a configuração de cor verdadeira. A mesma foi exportada para o ambiente SIG, onde se procedeu com a sua correção geométrica (georreferenciamento). A resolução espacial final foi de 5 m.

Com a finalização da fase de pré-processamento e processamento, deu-se encaminhamento a vetorização das classes de uso sobre as imagens trabalhadas. Os arquivos vetoriais finais, em formato *shapefile* (.shp), foram editados e organizados no gerenciador de layouts do *software ArcGIS 10.4*, de onde exportou-se os produtos cartográficos finais., no sentido de observar as modificações ambientais ocorridas na área em questão e para avaliar as interferências antrópicas ocorridas nos anos propostos. Por fim, os dados foram processados em ambiente SIG com o auxílio das ferramentas do *software Arcgis 10.4* (Licença do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento - SERGEO do Departamento de Ciências Geográficas - DCG – UFPE).

Além disso, foram coletadas informações através de trabalhos de campo na área em questão, buscando o refinamento dos resultados. Também foi feita a identificação dos usos atuais da BHRB (HIRAI e FILHO, 2006), no sentido de observar a interferências estabelecidas nas últimas décadas, e de como as mesmas contribuíram na ocorrência de processos morfogenéticos.

A elaboração do mapa morfodinâmico seguiu como premissa básica a abordagem Ecodinâmica de Tricart (1977), com as devidas adaptações para o contexto da área de estudo. Com relação à nomenclatura dos níveis de morfodinâmica, optou-se pelo esquema apresentado por Fonsêca *et al.* (2017), o qual classifica os compartimentos da paisagem em fraco, moderado e forte.

Os compartimentos morfodinâmicos foram estabelecidos a partir da sobreposição de dados referentes à declividade, grau de dissecação e tipos de uso e cobertura da terra. Os dados de morfometria foram extraídos a partir de dados altimétricos do Projeto Topodata (BRASIL,

2008), cuja resolução espacial é de 30 m por *pixel*. Como escala de referencial para o mapeamento, se estabeleceu 1:100.000.

Consideraram-se áreas de **morfodinâmica fraca** setores de baixas declividades e dissecação, além de pouco uso antrópico e presença de cobertura vegetal. Setores **moderados** correspondem às frentes de consolidação antrópica, onde a vegetação natural já cedeu lugar a outras formas de uso. A dissecação é moderada e as declividades são pouco a moderadamente acentuadas.

Por fim, tem-se a categoria de **morfodinâmica forte**, zonas de alta densidade urbana e ausência de cobertura vegetal situadas em terrenos moderada a fortemente dissecados, os quais ostentam declividades superiores a 16,7°. Esse valor de declive já se apresenta num setor de restrição à intervenção construtiva, conforme a Lei Lehmann (BRASIL, 1979), havendo toda uma série de diretrizes específicas a se seguir para o estabelecimento de qualquer forma de uso antrópico. As unidades morfodinâmicas foram vetorizadas e organizadas em ambiente SIG (*ArcGIS* 10.3), onde se procedeu com a elaboração dos produtos cartográficos finais.

A partir do mapeamento da BHRB, foram efetuadas medidas *in loco* buscando verificar a existência de possíveis processos de ravinas e voçorocas, movimentos de massa e assoreamento no sentido de confrontar os dados obtidos a partir do mapeamento com a realidade., além de material fotográfico que ilustraram as informações destacadas nessa análise. Através desse processo de medição, espera-se chegar a índices e critérios objetivos, a fim de analisar e avaliar a qualidade ambiental no contexto da área da bacia, assim como as condições de vida das comunidades.

Espera-se dessa forma, estabelecer uma ligação direta entre as condições ambientais das diferentes unidades mapeadas e as características naturais da área de estudo com as condições socioeconômicas da população residente nessa área

Foram realizadas três visitas na área de estudo, na porção do alto, médio e baixo curso afim de vislumbrar eventos morfodinâmicos na área em questão, bem como a realização de levantamento fotográfico, no sentido de ilustrar as transformações que se processão no contexto da BHRB.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos resultados e discussões foram abordadas a influência pluvial sobre eventos morfodinâmicos, além da análise do uso e da cobertura da terra para os anos de 2001 e 2017, buscando compreender como as ações antrópicas podem contribuir para o agravamento de eventos morfogenéticos. Também foram analisados os atributos morfodinâmicos para os referidos anos, de acordo com as respectivas unidades de paisagem (geofácia) da BHRB. Além disso, também foram verificados geoindicadores ambientais (processos erosivos, assoreamento e deslizamentos) nos domínios fluviais e interfluviais da referida área de análise.

5.1 Influência pluvial sobre a morfodinâmica da BHRB

Eventos pluviométricos extremos são comuns na RMR, sobretudo, durante o outono-inverno, quando as chuvas são mais concentradas e recorrentes nos meses abril a agosto. O que é preocupante, na medida em que as próprias características físicas da região, associado a falta de investimento em obras de contenção de encostas e drenagem ocasiona inúmeros transtornos e eventuais calamidades.

No ano de 2001, conforme dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), os meses com maiores índices de chuva foram março (162,4 mm), abril (279,8 mm), junho (360,6 mm), julho (346,6 mm) e agosto (185,3 mm) conforme demonstrado na Tabela 8.

Tabela 8 - Pluviosidade mensal do ano de 2001 na BHRB.

PLUVIOSIDADE MENSAL - 2001													
MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
mm	53,7	16,2	162,4	279,8	43,3	360,6	346,6	185,3	121,6	125,0	9,4	8,3	1712,2

Fonte: APAC Posto: 265 – Rua Alto da Brasileira (Nova Descoberta) - Recife

Já para o ano de 2017 também de acordo com dados da APAC, os meses com maiores índices pluviométricos foram os meses de julho (357,4 mm), junho (339,6 mm), maio (252,4 mm), abril (222,0 mm), março (121,3 mm) e agosto (100,2 mm) conforme a Tabela 9.

Tabela 9 - Pluviosidade mensal do ano de 2017 na BHRB

PLUVIOSIDADE MENSAL - 2017													
MESES	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
mm	12,9	25,0	121,3	222,0	252,4	339,6	357,4	100,2	63,3	54,3	10,2	21,8	1580,4

Fonte: APAC Posto: 265 – Rua Alto da Brasileira (Nova Descoberta) - Recife

Diante do exposto, é perceptível que devido a essas concentrações de chuva entre os meses de março e agosto (com maior incidência nos meses de junho e julho) trazem várias consequências para a área em questão, sobretudo aquelas oriundas de processos morfodinâmicos (deslizamento de encosta, processos erosivos, etc.) e a processos de enchentes em área de planície.

Portanto, é possível correlacionar a pluviosidade e eventos morfodinâmicos que assolam a BHRB, essa explicação está diretamente associada a concentração de chuvas e as características físicas da área, ou seja, presença de forte declividade (médio curso) e intensa urbanização em áreas de planície de inundação (médio e baixo curso). Assim, verifica-se que ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis, sem nenhum respaldo técnico, tem cobrado um alto preço aos habitantes da região, que convivem cotidianamente com os agravos dessas escolhas.

É possível observar que na BHRB as áreas localizadas no baixo curso, devido à baixa declividade, por está assentada em uma área de planície, está mais sujeita a eventos de inundações, tendo bairros como Peixinhos, Jardim Brasil I e II, Vila Popular, Sítio Novo, Sapucaia e Águas Compridas, em Olinda, e Beberibe, em Recife, entre outros, sofrendo há anos com os muitos episódios de enchentes e inundações quando da ocorrência de chuvas intensa e recorrentes na RMR (Figura 52).

Figura 52 - Inundações no baixo curso da BHRB: **A.** Jardim Brasil I, **B.** e **C.** Vila Popular.



Fonte: A. Leandro de Santana/Diário de Pernambuco (2019); B. JC trânsito (2017); C. Sérgio Bernardo/JC Imagem (2019).

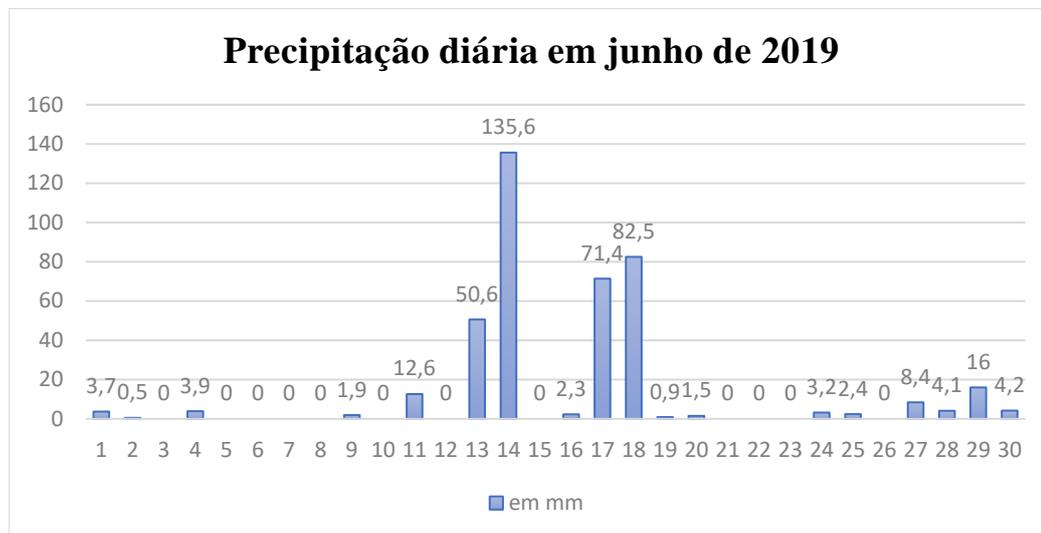
Já na região do médio e alto curso da BHRB, as chuvas intensas causam inúmeros deslizamentos de terra (Figura 53). Bairros como Nova Descoberta e Dois Unidos, em Recife, Alto da Bondade, Águas Compridas, Caixa d'Água e Passarinho, em Olinda, por congregarem um relevo acidentado, atrelado ao corte de encostas sem contenção, má drenagem, falta de esgotamento sanitário, ocasionando descarte de águas servidas no solo, tem agravado processos erosivos quando da ocorrências de fortes chuvas na região, inclusive com perdas de vidas humanas.

Figura 53 - Deslizamento de encosta em Águas Compridas – Olinda – 30/05/2016 (mais de 200 mm de chuva em 6h).



Fonte: Marlon Costa Lisboa/Pernambuco Press (2016).

Em 2019, a influência pluviométrica tem adquirido enorme relevância, uma vez que os índices de chuva foram bastante relevantes e atingido recordes históricos, segundo o Climatedo entre os dias 13 e 14 de junho de 2019, o Recife registrou a 6ª maior chuva em 24h para o mês de junho em 54 anos (Gráfico 2).

Gráfico 02 – detalhamento da precipitação diária para o mês de junho de 2019.

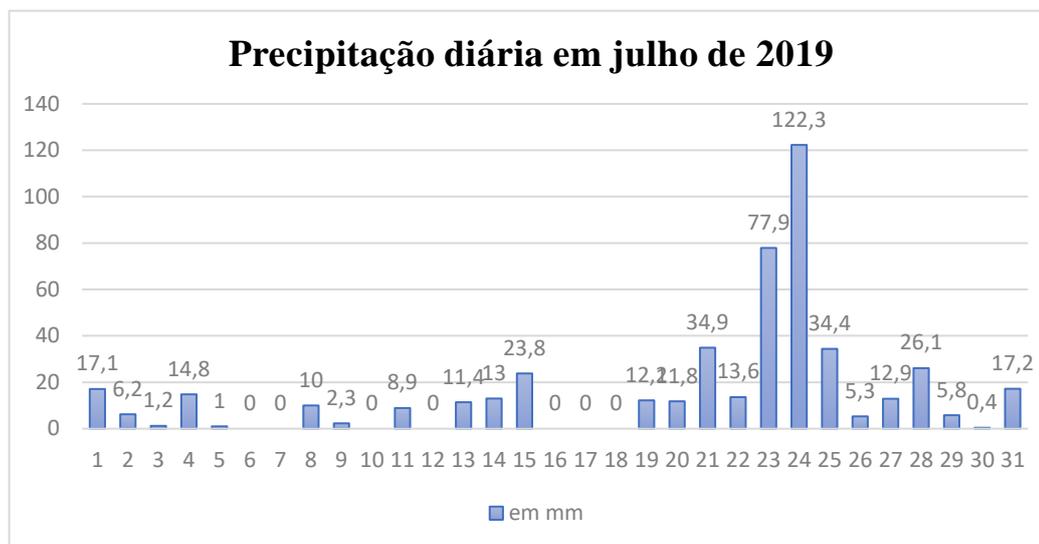
Fonte: APAC **Posto:** 265 – Rua Alto da Brasileira (Nova Descoberta) - Recife

De acordo com Pegorim (2019), em decorrência das fortes áreas de instabilidades que se desenvolveram na costa leste do Nordeste, entre os Estados de Pernambuco e o Rio Grande do Norte, entre os dias 13 e 14 de junho de 2019, ocasionaram volumosa chuva no Recife. Causando alagamento em diversos pontos da capital pernambucana.

No período de 24h, entre 9 horas do dia 13 e 9 horas do dia 14 de junho, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) foram registrados 147,2 mm de chuva sobre o Recife. Trata-se do maior volume de chuva em 24 horas em 2019, e também o sexto maior acumulado em 24 horas para junho em 58 anos de medições (PEGORIM, 2019).

Segundo dados da APAC (2019) as cidades mais atingidas pelas chuvas dos dias 13 e 14 foram Goiana, Recife, Olinda, Jaboatão dos Guararapes, Camaragibe, São Lourenço e Abreu e Lima. As informações das coordenadorias municipais indicam que, foram registrados 94 deslizamentos de encostas, 09 pessoas desabrigadas e 50 pessoas desalojadas.

Outro evento de precipitação extrema ocorreu entre os dias 23 e 24 de julho de 2019 quando, segundo dados da APAC, foram registrados 77,9 e 122,3 mm (Gráfico 3) respectivamente na área da BHRB. Vale destacar que o mês de julho comumente costuma trazer muita umidade e chuvas volumosas ao litoral pernambucano. Todavia, em 24h o Recife recebeu 25% da média de chuva esperada para todo mês de julho (PEGORIM, 2019).

Gráfico 03 - detalhamento da precipitação diária para o mês de julho de 2019.

Fonte: APAC **Posto:** 265 – Rua Alto da Brasileira (Nova Descoberta) - Recife

De acordo com Pegorim (2019), na escala anual, os meses de abril, maio, junho e julho têm as maiores médias mensais de precipitação na região de Recife. A primeira é a de junho, com 391 mm e a segunda maior média de precipitação mensal é a de julho, com aproximadamente 354 mm. Julho ainda é um mês de chuva frequente no leste e no litoral de Pernambuco e é comum ocorrerem dias com chuva volumosa.

5.2 Análise da evolução do uso e cobertura da terra na BHRB para os anos de 2001 e 2017

Para a análise multitemporal da evolução de uso da terra seguiu as propostas metodológicas de Corrêa, Barros e Almeida (2016). Trabalhou-se com os anos de 2001 e 2017, tendo-se, portanto, um intervalo de 16 anos entre os mapas elaborados. A escolha destes anos ocorreu em virtude da baixa disponibilidade de produtos de sensoriamento remoto em decorrência da alta concentração de nebulosidade sobre a área de estudo.

Depois de processar as imagens de satélite *Landsat 7*, sensor ETM+ (órbita 214, ponto 065), foi confeccionado o mapa de Uso e Cobertura da terra da BHRB para o ano de 2001 (Figura 54). É possível constatar que no ano em questão é notória o predomínio da área urbana consolidada, sobretudo, no médio e baixo curso. Já no alto curso, percebe-se que a vegetação se encontra mais preservada, ocorrendo extensas áreas de floresta ombrófila densa das terras baixas e floresta ombrófila densa aluvial ao longo do curso dos rios Pacas e Araçá. Todavia,

vale ressaltar a extensa área de campo antrópico, também na região do alto curso e que sugere desmatamento para pastagens, agricultura ou loteamentos habitacionais.

Observa-se, ainda, nas proximidades da nascente do rio Pacas, uma área urbana em consolidação, que ocupava 0,4% da área da BHRB e que corresponde ao bairro de Vera Cruz no município de Camaragibe que, atualmente, já se encontra totalmente consolidada. Vê-se ainda a presença de área-industrial em pequenos trechos do médio curso no contexto da bacia hidrográfica do rio Morno (afluente da margem direita do rio Beberibe) e na porção do baixo curso da BHRB, já nas proximidades de sua foz.

Com base neste mapa temático (Figura 54) foram gerados os dados contidos na Tabela 10, que quantificam, em termos percentuais e em km², os valores correspondentes a cada classe de Uso e Cobertura da terra na BHRB durante o ano de 2001. Nesse período predominava, na bacia hidrográfica, a área urbana consolidada, com 46,7% da superfície da BHRB; em seguida, com valores inferiores, estava a floresta ombrófila ocupando 23,2% da BHRB; a classe representada pelo campo antrópico ocupava em 2001 9,8% da BHRB e a classe de mata ciliar representava 17,0% da área total da bacia hidrográfica.

Tabela 10 – Classes de Uso e Cobertura da Terra em 2001 (figura 54)

Classes de Uso e Cobertura da Terra em 2001	Área em km²	Área em (%)
Área-Industrial	1,4	1,7
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	19,1	23,2
Solo Exposto	0,7	0,8
Área Urbana em Consolidação	0,3	0,4
Campo Antrópico	8,0	9,8
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	13,9	17,0
Área Urbana Consolidada	38,3	46,7
Manguezal	0,3	0,4

Fonte: o autor (2019)

Percebe-se que esse adensamento urbano, sem levar em consideração a morfodinâmica da bacia em questão, tem contribuído para os agravos recorrentes ocorridos na área. Seja pelos deslizamentos de encostas, inundações em áreas de planícies ou mesmo assoreamentos dos mananciais contidos na bacia em estudo. É visível que a ocupação dos bairros que compõem a BHRB não teve qualquer tipo de critério técnico quando de seu surgimento, exemplo disso é o

bairro de Águas Compridas em Olinda (médio curso/margem esquerda), que se encontra totalmente inserido numa área de fundo de vale as margem o Córrego do Abacaxi que por se encontrar bastante assoreado, tem causado intensas inundações no bairro nas últimas décadas (Figura 55).

Figura 54- Mapa de Uso e Cobertura da terra da BHRB - 2001

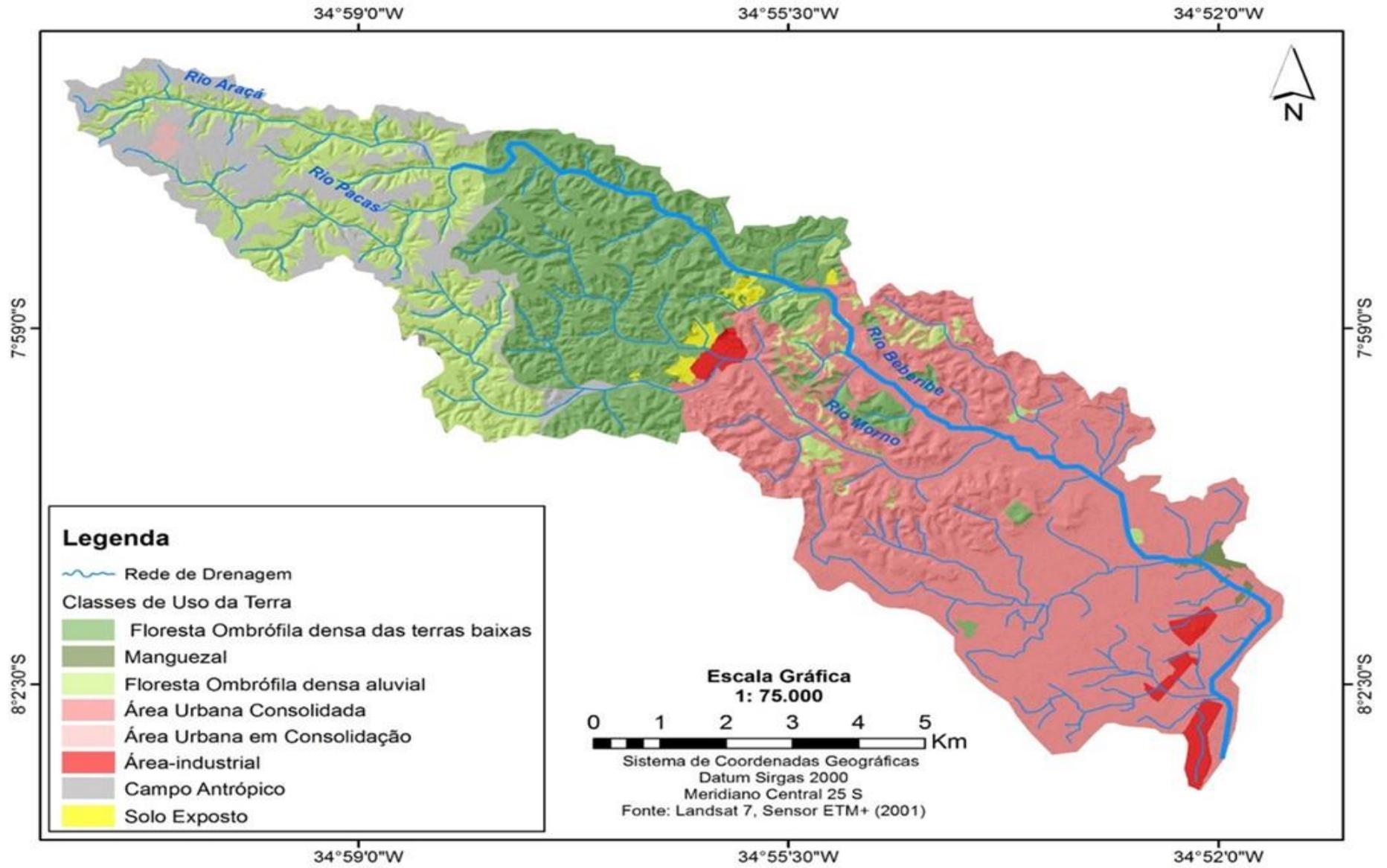


Figura 55 – A. Bairro de Águas Compridas em Olinda (Margem Esquerda /médio curso); B. Trecho do alto curso do Córrego do Abacaxi totalmente assoreado



Fonte: A. Google Earth Pro (2018); B. O autor (2019).

Já nas áreas de morros, a situação não é diferente, sendo que nesse caso, são os processos erosivos que se destacam, uma vez que os cortes de talude, para construção de habitação, as tornam vulneráveis, sendo áreas que são ambientalmente frágeis em virtude de congregarem em seu contexto toda sorte de características físico-ambientais, como relevo íngreme, retirada de vegetação nativa e consequente exposição dos solos que as tornam cenário de intensos processos morfodinâmicos. Cabe destacar, que em um contexto de paisagem natural, seria apenas o trabalhar das forças exógenas modelando a superfície terrestre, mas que em um ambiente antropizado, tem gerado processos potencializados com perdas materiais e, eventualmente, de vidas humanas.

Portanto, é possível aferir que já no início dos anos 2000 a BHRB já sofria os impactos recorrentes da ocupação humana sobre esse espaço, e que essa ocupação tem se dado da foz em direção a sua nascente, mas também da nascente em direção a foz, conforme verificado na porção do alto curso que já apontava para sinais de crescimento urbano. E é nesse mesmo alto curso que se observa, ainda, a presença de um maior adensamento vegetal, resultado do próprio

uso que se faz dessa área, com a presença de sítios e chácaras conforme pontuava Campos (2003).

Passados 16 anos, de acordo com o mapeamento de uso e cobertura da terra para o ano de 2017 (Figura 56) e (Tabela 11), é possível perceber que as áreas que outrora eram compostas por campos antrópicos se achavam em processo de consolidação urbana (10,2% da área), sobretudo na porção do alto curso, onde se encontram as nascentes dos dois principais afluentes do rio Beberibe, os rios Pacas e Araçá. É possível também verificar um pequeno aumento da área urbana consolidada (47,5% da área), que se concentra nos médio e baixo cursos.

Tabela 11 - Classes de Uso e Cobertura da Terra em 2017 (Figura 56).

Classes de Uso e Cobertura da Terra em 2017	Área em km²	Área em (%)
Área-Industrial	1,4	1,7
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	19,3	23,6
Manguezal	0,3	0,4
Floresta Ombrófila Densa Aluvial	13,6	16,6
Área Urbana Consolidada	38,9	47,5
Área Urbana em Consolidação	8,3	10,2

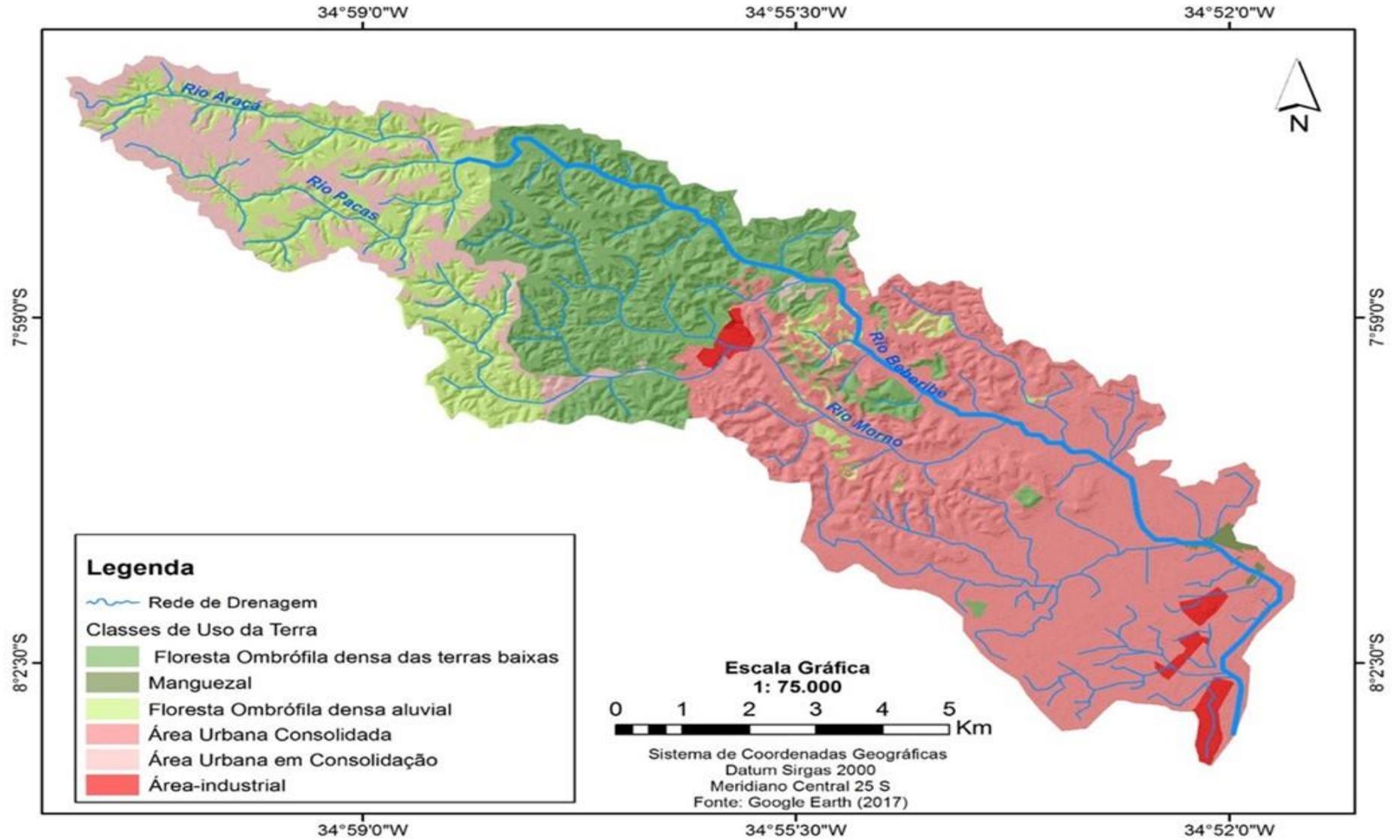
Fonte: o autor (2019)

Verificou-se ainda um pequeno aumento da área de floresta ombrófila densa das terras baixas e de floresta ombrófila densa aluvial que passaram a ocupar 23,6% e 16,6% da área da bacia hidrográfica respectivamente. Já as classes de área-industrial e de manguezal não sofreram mudanças significativas no período em questão. Contudo, é notório o aumento da área urbana em consolidação, que passou de 0,4% da área, para 10,2% em 2017.

Assim, depreende-se que o uso e ocupação da terra na BHRB não vem considerando suas características físico-ambientais, com ocupação de áreas de encostas, área de várzea e fundo de vale, ou seja, ambientes que naturalmente já possuem uma susceptibilidade natural a fenômenos morfodinâmicos e que passam a ser ocupado sem nenhum rigor técnico, expondo a população aos riscos advindos da dinâmica processual em tais ambientes.

Observa-se também que os maiores adensamentos populacionais se dão na porção do médio e baixo curso da BHRB, regiões essas que caracterizada por áreas de morros e planícies de inundação, onde estão assentados inúmeros bairros das cidades de Recife e Olinda.

Figura 56: Mapa de Uso e Cobertura da terra da BHRB – 2017



Bairros como Nova Descoberta, Guabiraba, Dois Unidos, Linha do Tiro, Beberibe, Alto do Maracanã e Alto do Capitão em Recife, e Passarinho, Caixa D'água, Alto da Bondade, Águas Compridas, Alto do Cajueiro, Alto Nova Olinda, Alto da Conquista, Sapucaia, Aguazinha, Peixinhos, Jardim Brasil I e II e Vila Popular receberam a maior parte do contingente populacional advindo do intenso processo de urbanização ocorrido no Brasil a partir dos anos 1950. Obviamente, essa ocupação trouxe consigo mudanças que alteram fortemente a paisagem da BHRB. Pontual (2001) recorda que nessa época:

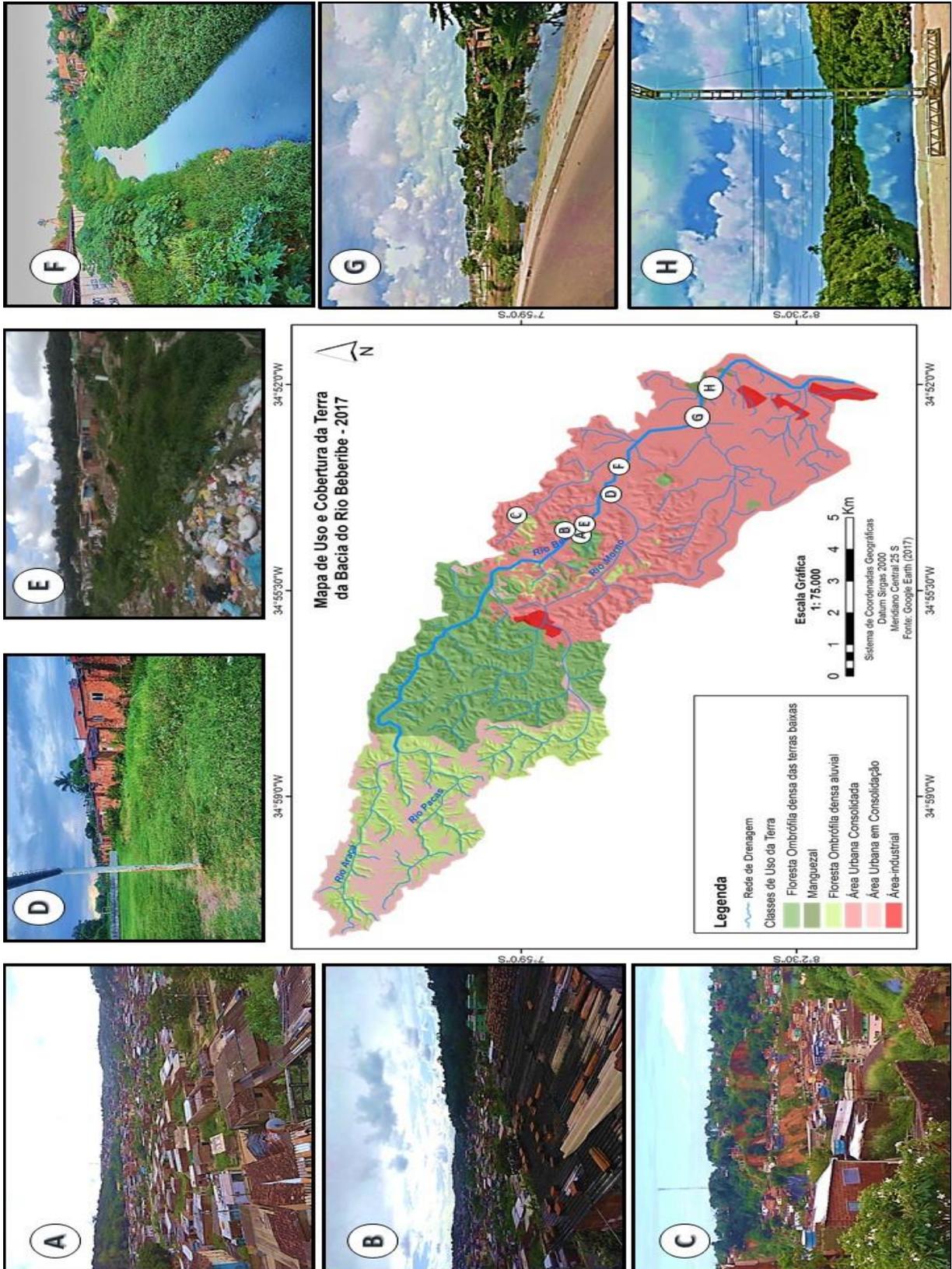
Os lugares foram modificados: as áreas de mangues e alagados tornaram-se terra seca; os locais onde havia terras desabitadas e vazias tornaram-se terrenos ocupados e edificadas; os espaços em que se localizavam edificações dispersas passaram a abrigar concentrações. Os lugares da cidade transformaram-se, multiplicaram-se, expandiram-se, e esses eram movimentos de conflitos entre o ambiente natural e o ambiente construído, provocando a “perda do equilíbrio ecológico” (grifo nosso) p. 425.

Santana *et al.* (2017) nos esclarece que nesse contexto histórico os loteamentos que eram destinados à população de baixa renda são locados em áreas de subúrbios, mais longínquas e não valorizadas e com baixa integração com o restante da cidade, rede de mobilidade limitada e infraestrutura muitas vezes precária.

Portanto, verifica-se que o que ocorre hoje no contexto da BHRB é fruto de um processo histórico perverso, que segregou a população mais pobre há ocupar lugares ambientalmente frágeis e vulneráveis.

Na imagem **57-A** é possível perceber um grande adensamento habitacional ocupando as margens direita e esquerda do rio Beberibe, nas proximidades da Mata de Dois Unidos (margem direita/médio curso), essa área encontra-se totalmente inserida numa área de várzea e sujeita a constantes inundações. Na imagem **57-B** observa-se a pressão urbana sobre a Mata do Passarinho (margem esquerda/médio curso) sendo também área de várzea e sujeita a inundações. Já na imagem **57-C** é possível perceber eventos erosivos em encostas no bairro de Águas Compridas em Olinda nas proximidades do Córrego do Abacaxi. É importante destacar que na área em questão é comum haver movimentos de massa, inclusive com vítimas fatais. Já a imagem **57-D** foi obtida nas proximidades da confluência do rio Morno e do Beberibe, onde é possível observe a ocupação da margem esquerda do Beberibe, inclusive, esse trecho encontra-se bastante assoreado. Por fim, a imagem **57-E** verifica-se a ocupação das margens do rio e a presença de depósito de lixo a céu aberto e que fatalmente serão carreados para o canal principal contribuindo para o processo de assoreamento do mesmo.

Figura 57 – **A.** ocupação urbana em Dois Unidos (Recife); **B.** ocupação urbana em Passarinho (Olinda); **C.** Processo erosivo em Águas Compridas (Olinda); **D.** Ocupação de área de várzea (Beberibe); **E.** Ocupação de margem e depósito de lixo a céu aberto; **F.** ocupação urbana nas proximidades da confluência do Córrego do Abacaxi e do Beberibe; **G.** Confluência do Canal do Arruda e do Beberibe; **H.** Manguezal no baixo curso do rio Beberibe.



Fonte: organizado pelo autor (2019).

A imagem **57-F** foi obtida nas proximidades da confluência do Córrego do Abacaxi e do rio Beberibe, na mesma é possível perceber a intensa ocupação antrópica da área de várzea, na planície aluvial de usos diversos, formada por habitações precárias e vulneráveis a eventos de inundação. Também é perceptível o nítido estreitamento da calha do rio, resultado de processos de sedimentação acentuados, o que se explica por processos de erosão acelerada a montante dessa área. A imagem **57-G** foi registrada na área da confluência do Canal do Arruda e do Beberibe no bairro de Peixinhos, a área é bastante emblemática para essa análise, na medida em que, ao mesmo tempo que congrega ocupações inadequadas na margem do Beberibe (Olinda), também foi contemplada com inúmeras obras de infraestrutura empreendidas pelo Programa de Aceleração do Crescimento – PAC Beberibe II do Governo Federal e também do PROMETRÓPOLE. Foi possível observar a abertura de estradas (Recife), construção de habitacionais, áreas de lazer e obras de drenagem e saneamento básico. No entanto, chama a atenção o fato das mesmas se concentrarem apenas no lado recifense da bacia, não sendo considerada, portanto, a gestão holística dos recursos hídricos.

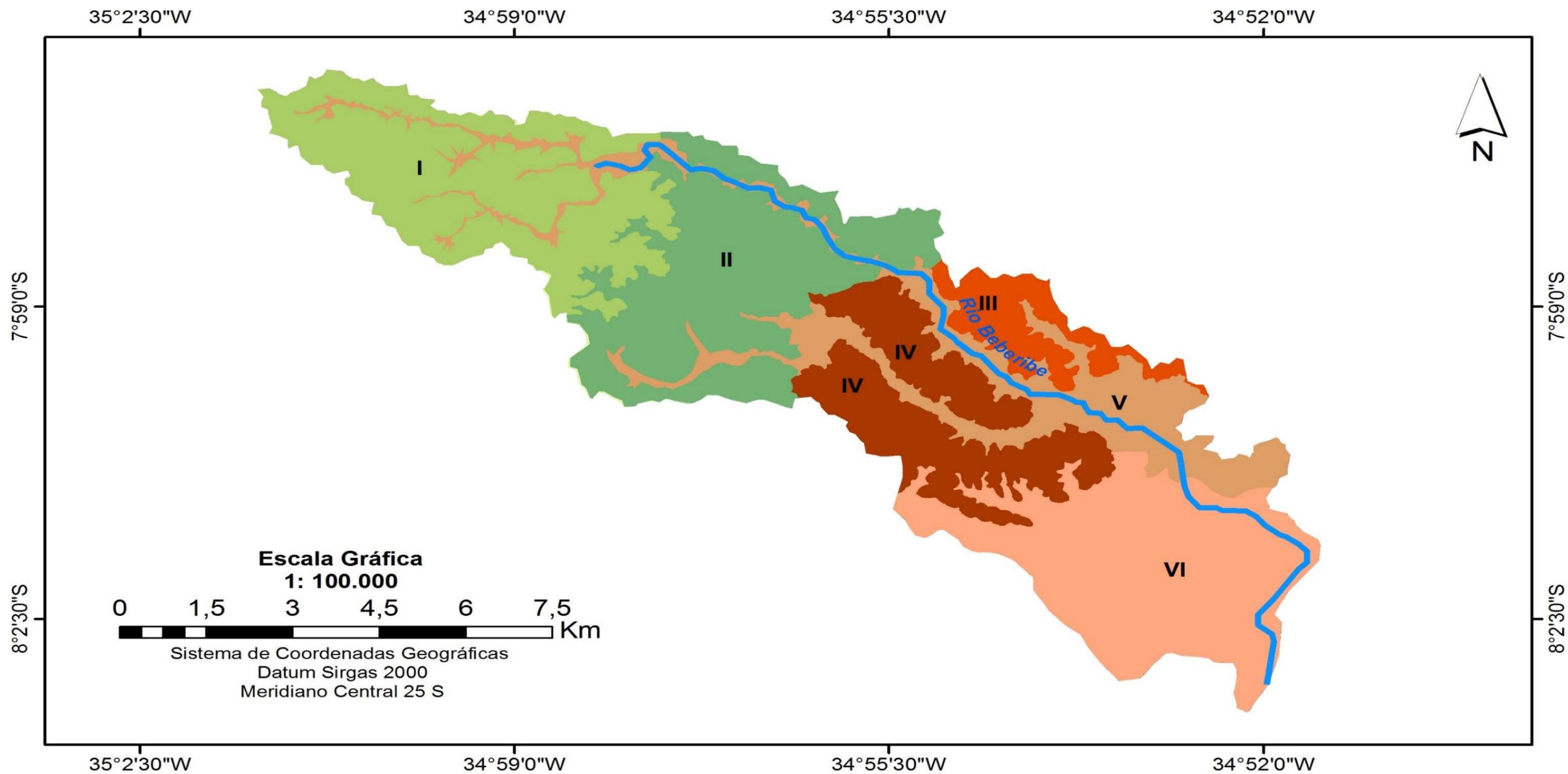
Por fim, já nas proximidades do estuário do Beberibe, observa-se na figura **57-H** uma rica formação de manguezais, que nessa área, recebem a influência direta da ação das marés, sendo notória a ampliação da largura do canal. Apesar da vegetação exuberante, essa área acumula toda sorte de poluição carreadas pelo rio ao longo de seu percurso, sendo evidente o enorme acúmulo de resíduos sólidos em suspensão, atrelado ao forte mal cheiro exalado de suas águas.

5.3 Análise dos atributos morfodinâmicos da BHRB nos anos de 2001 e 2017

O mapeamento morfodinâmicos da BHRB para os anos de 2001 e 2017 se fundamentou na proposta de Tricart (1977). Segundo esta proposta, o estudo das unidades territoriais está atrelado a um balanço entre **pedogênese** e **morfogênese**, com o objetivo de classificar o grau de instabilidade do meio (TRICART, 1977).

Para tanto, decidiu-se utilizar as nomenclaturas proposta por Fonsêca *et al.* (2017) para classificar os níveis morfodinâmicos da BHRB, os mesmos classificam os compartimentos de paisagens em fraco, moderado e forte. Na medida em que foram estabelecidos os compartimentos morfodinâmicos a partir dos procedimentos metodológicos já citados, foi possível gerar os mapas morfodinâmicos da BHRB referentes aos anos de 2001 e 2017 (Figuras 58 e 59).

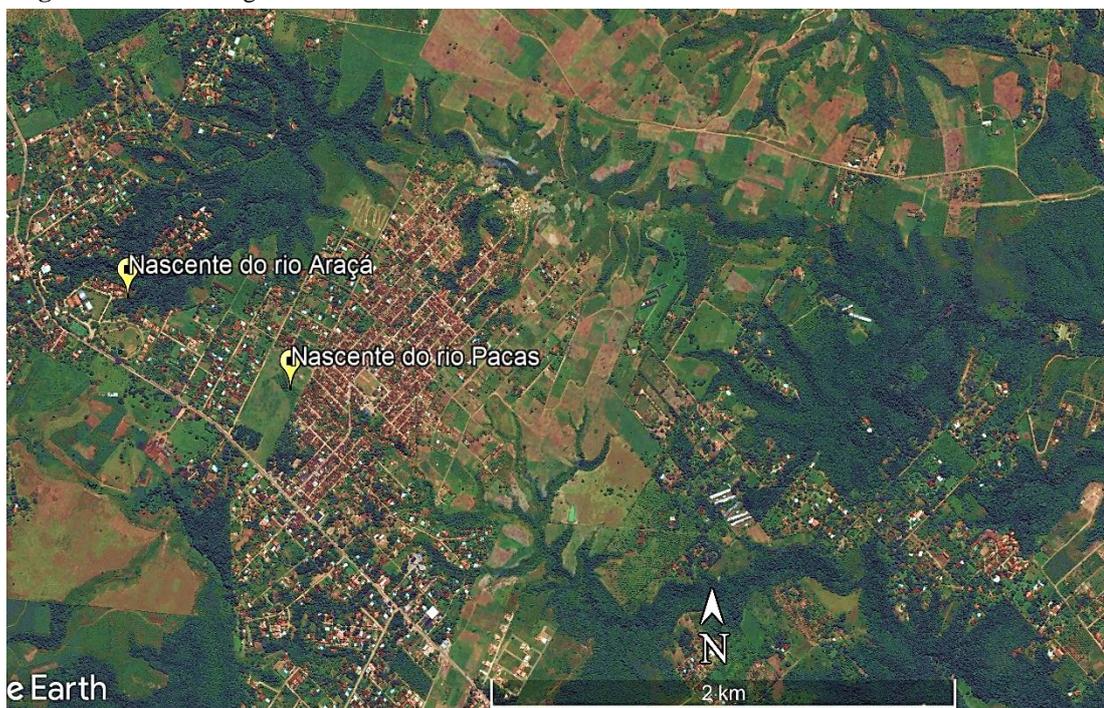
Figura 58 – Mapa Morfodinâmico da BHRB – 2001



GEOFÁCIAS		INSTABILIDADE MORFODINÂMICA		GEOFÁCIAS		INSTABILIDADE MORFODINÂMICA	
	I	Moderada: Tabuleiro conservado de dissecação baixa do relevo devido a suave declividade predominantemente entre 0° – 9,6°. Os processos erosivos ocorrem de maneira localizada nas encostas de transição entre a unidade de topo e as geofácies das planícies aluviais, podendo ser agravados pela ação antrópica.		IV	Forte: Tabuleiros dissecados. As declividades predominantes em alguns trechos são maiores que 16,8° nas áreas de encosta, podendo chegar próximo aos 40°. Encostas desestabilizadas devido o intenso uso antrópico para ocupação (urbanização consolidada).		
	II	Moderada: Tabuleiro de dissecação moderada a alta do relevo. As declividades se aproximam de 0° nos topos preservados, mas assumem valores maiores que 16,7° nas áreas de encosta, a qual estão mais presentes na geofácia devido a acentuada incisão fluvial. Os processos erosivos, contudo, são atenuados devido a densa cobertura vegetal representada pela Floresta Ombrófila.		V	Moderada: Zona de predomínio da deposição aluvionar com declividades predominantemente suaves em muitos trechos se aproximando de 0°. Setores de instabilização podem ocorrer onde houve a retirada das matas ciliares com a reativação de processos areolares e colmatção dos fundos de vale. Em seu trecho mais a jusante apresenta-se consideravelmente urbanizada com setores de retificação do canal do rio Beberibe, com áreas de risco a inundação.		
	III	Forte: Tabuleiro de elevada dissecação do relevo. As declividades predominantes em alguns trechos são maiores que 16,8° nas áreas de encosta, podendo chegar próximo aos 40°. Encostas desestabilizadas devido o intenso uso antrópico para ocupação (urbanização consolidada).		VI	Moderada: Zona de influência fluviomarina com predomínio da deposição aluvionar, representa o setor de menor declividade da bacia com valores que pouco ultrapassa 0°. Setores de instabilização podem ocorrer onde houve a retirada das matas ciliares com a reativação de processos areolares e colmatção dos fundos de vale. Área de urbanização densa, apresentando risco a inundação devido a confluência entre baixa declividade e isóipsas próximas ao nível do mar com considerável influência da maré.		

A partir dos dados obtidos, foi possível distinguir seis unidades ou compartimentos morfodinâmicos (geofácies) na BHRB, denominados: I, II, III, IV, V, VI, em que o I corresponde a área nas proximidades de suas nascentes, com área aproximada de 17 km², o que corresponde a 20,7% da BHRB (Tabela 11). A Geofácia I trata-se de uma área de relevo tabular, com dissecação baixa, devido a suave declividade predominante na região (entre 0° - 9,6°). Eventos erosivos podem ser observados, contudo são mais evidentes na zona de transição entre a unidade de topo e a geofácies das planícies aluviais. Soma-se a isso, os usos e ocupações que se fazem da área, com predomínios de sítios, chácaras e condomínios fechados. Percebe-se que apesar da área possuir uma urbanização em processo de consolidação, às áreas correspondentes a planície aluvial, encontram-se com a vegetação ciliar relativamente preservada (Figura 59).

Figura 59 – Área da geofácia I em 25/08/2006



Fonte: imagens históricas *Google Earth Pro* (2006)

É oportuno destacar que por possuir topos planos, devido a própria características morfoesculturais dos tabuleiros costeiros, atrelado as já mencionados usos e apropriações que são feitos nesse compartimento, eventos erosivos são rarefeitos, contudo, não estão ausentes, fazendo com que essa unidade possua uma instabilidade moderada, ocorrendo assim, um equilíbrio entre pedogênese e morfogênese.

Apesar do exposto acima, é preocupante o crescimento urbano neste compartimento, uma vez que a própria análise dos mapas de uso e ocupação da terra, demonstraram um exponencial crescimento das atividades antrópicas na área, onde no passado (2001) prevaleciam áreas de campo antrópico. Em 2017 já são observadas áreas de urbanização em consolidação, podendo haver uma alteração na estabilidade da área, acarretando em agravos socioambientais, na medida em que, a presença humana se fizer mais constante.

Tabela 12 – Atributos morfodinâmicos da BHRB para os anos de 2001 e 2017.

Atributos Morfodinâmicos da BHRB para os anos de 2001 e 2017		
Geofácies	Área em km²	Área em (%)
I - Moderada	17	20,7
II - Moderada	17,5	21,3
III - Forte	11	13,4
IV - Forte	4	4,9
V - Moderada	13,15	16,5
VI - Moderada	19	23,2
-	82	100

Fonte: o autor (2019)

Já a Geofácie II, apesar de estar localizada também no contexto do alto curso, onde predomina o relevo predominantemente tabular, apresenta grau de dissecção moderada a alta, com declividades que variam de 0° a 16,7°, e a incisão fluvial se faz mais presente nesta. Contudo, a preservação da vegetação corrobora com a moderada instabilidade da área, que representa 17,5 km², correspondendo a 21,3% da área da BHRB.

Verifica-se, que a mesma, assim como a Geofácie I, estão inseridas dentro do território da APA – Aldeia Beberibe, o que explica a relativa conservação da vegetação de floresta ombrófila e de capoeira existem na porção do alto curso da BHRB (SECTMA, 2012; LIMA, 2018; CAMPOS 2003).

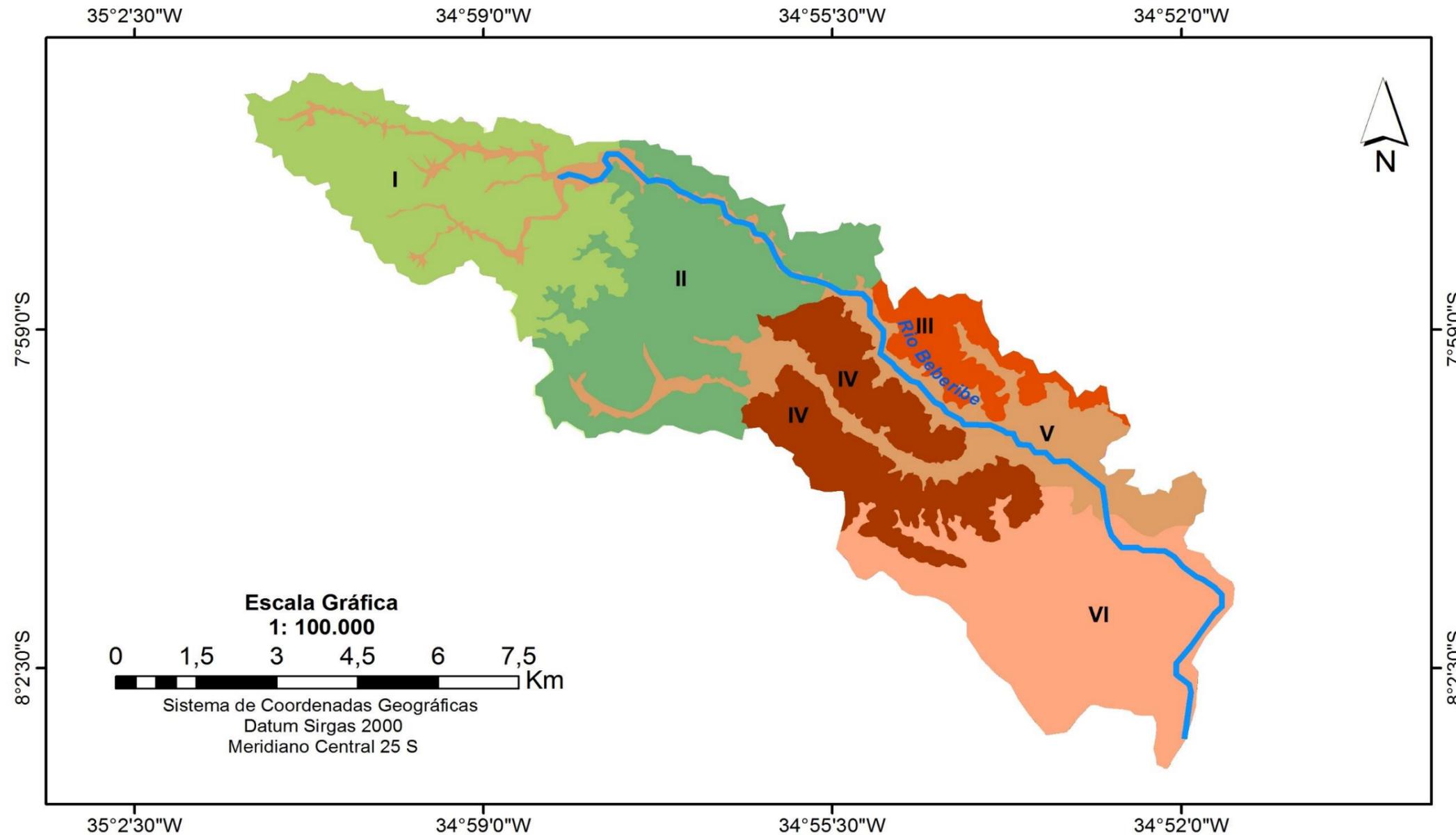
O mesmo já não se pode dizer da Geofácie III, que corresponde a área de tabuleiros urbanizados, que se encontra bastante dissecada, com crescente ocupação antrópica, sobretudo, nas áreas de encostas que conta com declividades variando entre 16,8° a aproximadamente 40°, o que acarreta uma forte instabilidade morfodinâmica. Dessa feita, na área em questão, é imprescindível considerar o fator antrópico no processo de evolução da paisagem. Devido a questões socioeconômicas e políticas, esta área de relevo íngreme, solos mais propícios a ação

erosiva e com baixa cobertura vegetal, se tornou, há anos, cenário de intensos processos morfodinâmicos que ocasionou perdas materiais e humanas.

A Geofácia III ocupa 11 km², o que equivale a 13,4% do território da BHRB. Observa-se que apesar tais características naturais que são agravadas pela presença humana, a região conta com baixo investimento do poder público no que concerne a obras de drenagens, contenção de encosta e saneamento básico, embora, seja uma das áreas mais densamente habitadas dos municípios de Recife e Olinda (IBGE, 2010).

A Geofácia IV encontra-se inserida totalmente no município de Recife e corresponde, em parte, aos morros da zona norte, representados pelos bairros de Nova Descoberta, Brejo da Guabiraba, Alto José Bonifácio, Dos Unidos dentre outros. Percebe-se que a mesma está seccionada pelo rio Morno em duas porções distintas, uma ao norte e outra ao sul, ocupando uma área de 4 km², o que corresponde a 4,9% do território da BHRB.

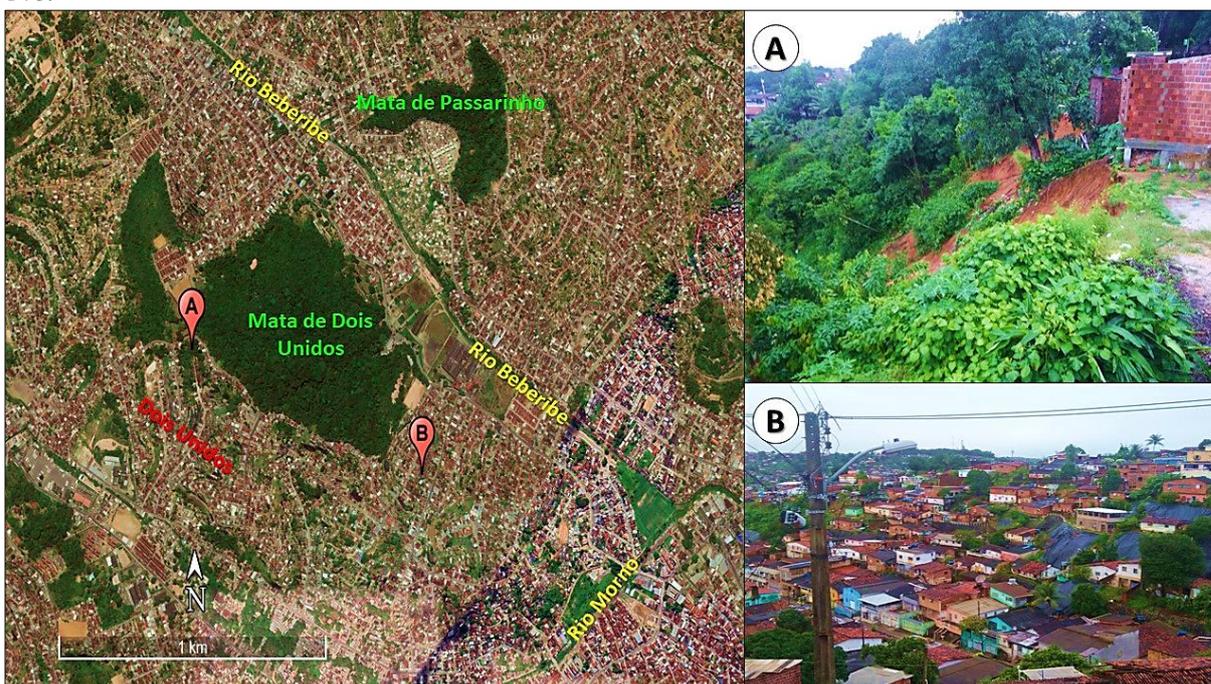
Figura 60 – Mapa Morfodinâmico da BHRB – 2017



GEOFÁCIES	INSTABILIDADE MORFODINÂMICA	GEOFÁCIES	INSTABILIDADE MORFODINÂMICA
I	Moderada: Tabuleiro conservado de dissecação baixa do relevo devido a suave declividade predominantemente entre 0° – 9,6°. Os processos erosivos ocorrem de maneira localizada nas encostas de transição entre a unidade de topo e as geofácies das planícies aluviais, podendo ser agravados pela ação antrópica.	IV	Forte: Tabuleiros dissecados. As declividades predominantes em alguns trechos são maiores que 16,8° nas áreas de encosta, podendo chegar próximo aos 40°. Encostas desestabilizadas devido o intenso uso antrópico para ocupação (urbanização consolidada).
II	Moderada: Tabuleiro de dissecação moderada a alta do relevo. As declividades se aproximam de 0° nos topos preservados, mas assumem valores maiores que 16,7° nas áreas de encosta, a qual estão mais presentes na geofácie devido a acentuada incisão fluvial. Os processos erosivos, contudo, são atenuados devido a densa cobertura vegetal representada pela Floresta Ombrófila.	V	Moderada: Zona de predomínio da deposição aluvionar com declividades predominantemente suaves em muitos trechos se aproximando de 0°. Setores de instabilização podem ocorrer onde houve a retirada das matas ciliares com a reativação de processos areolares e colmatção dos fundos de vale. Em seu trecho mais a jusante apresenta-se consideravelmente urbanizada com setores de retificação do canal do rio Beberibe, com áreas de risco a inundação.
III	Forte: Tabuleiro de elevada dissecação do relevo. As declividades predominantes em alguns trechos são maiores que 16,8° nas áreas de encosta, podendo chegar próximo aos 40°. Encostas desestabilizadas devido o intenso uso antrópico para ocupação (urbanização consolidada).	VI	Moderada: Zona de influência fluvio-marinha com predomínio da deposição aluvionar, representa o setor de menor declividade da bacia com valores que pouco ultrapassa 0°. Setores de instabilização podem ocorrer onde houve a retirada das matas ciliares com a reativação de processos areolares e colmatção dos fundos de vale. Área de urbanização densa, apresentando risco a inundação devido a confluência entre baixa declividade e isóipsas próximas ao nível do mar com considerável influência da maré.

Trata-se de uma unidade formada por tabuleiros com elevada dissecação, e com declividades superiores a $16,8^\circ$, podendo chegar a 40° , com ocorrência de encostas desestabilizadas devido, sobretudo, ao intenso uso residencial que se faz da área. Depreende-se, portanto, que a mesma possui forte instabilidade morfodinâmica, explicada pela característica física, mas, sobretudo, pela ocupação antrópica (Figura 61).

Figura 61 – A. Movimento de massa da comunidade do Curió no bairro de Dois Unidos no Recife (com uma vítima fatal); B. Ocupação de encosta no bairro de Dois Unidos 24/07/2019 e localização da área no *Google Earth Pro*.



Fonte: o autor (2019) e *Google Earth Pro* (2019).

Observou-se que as Geofácies III e IV estão localizadas no médio curso da BHRB, sendo justamente essa seção da BHRB que sofre a maior parte dos eventos morfodinâmicos, os quais são incrementados pelos cortes de encosta para construção de moradias, bem como pelo comportamento da comunidade do entorno contribuindo com o desmatamento e depósito de resíduos sólidos indevidos.

Assim, diante do exposto, fica claro que nas referidas geofácies (III e IV), os eventos morfogenéticos prevalecem sobre os pedogenéticos, podendo ser observado através da análise das imagens de satélite e dos mapas elaborados. No contexto do médio curso da BHRB, essas características se apresentam como problemáticas, uma vez que às características ambientais físico-naturais propícias a estes eventos, é somada ao fator socioeconômico da população, que

impossibilita que esses atores efetuem as mudanças técnicas necessárias para uma correta e segura ocupação da área.

No relativo ao compartimento da Geofácia V, que corresponde a planície aluvial de usos diversos, ocorre um nítido predomínio de eventos deposicionais, em virtude, principalmente, da baixa declividade da área, com trechos com declividades próximas a 0°. Com instabilidade moderada ocorre, portanto, um relativo equilíbrio entre eventos morfogenéticos e pedogenéticos, porém, podendo ocorrer instabilidade, caso ocorra a retirada da mata ciliar, acarretando em ativação de processos areolares e colmatação de fundo de vale, o que não é raro, uma vez que trata-se de uma área de grande ocupação humana, principalmente na porção terminal desta unidade. Além disso, foi possível observar trechos de retificação do canal do rio Beberibe, onde há áreas marginais com risco de inundação.

A Geofácia V apresenta uma área de 13,15 km², correspondendo a 16,5% da área da BHRB. É marcadamente formada por bairros que ocupam as áreas de várzea do rio sendo, portanto, a única geofácia que se propaga pelo alto, médio e baixo curso da bacia, sendo que no primeiro trecho, encontra-se confinada ao longo dos tabuleiros, e adquirindo relativa largura no médio e baixo curso.

Diante das características já mencionadas, verificou-se que a ocupação das margens do rio Beberibe se torna bastante intensa, sobretudo, a partir da BR 101 onde a presença humana se torna mais efetiva, com diversas residências bordejando as margens do manancial. Esta situação impõem uma drástica realidade ao rio Beberibe, que passa ser destino final de enorme quantidade de esgoto e águas servidas das comunidades ribeirinhas, além de receber diversas cargas de sedimentos (sobretudo quando de eventos pluviais mais intensos) oriundas das geofácies citadas anteriormente, o que pode ser constatado de alto índice de assoreamento nessa unidade (Figura 62).

Figura 62 – Médio curso do Beberibe na divisa de Dois Unidos (Recife) e Passarinho (Olinda) em dois momentos distintos, cheia (24/07/2019) e vazante (25/07/2019).



Fonte: o autor (2019).

Por fim, a Geofácia VI que corresponde a unidade da planície fluvio-marinha, ocupando quase que a totalidade do baixo curso, representada por relevo de baixa declividade com raras áreas apresentando declividade maior que 0° . Nessa área, a instabilidade se mostra moderada, mas, assim com a geofácia anterior, pode haver atividade morfodinâmica, caso ocorra a retirada de matar ciliar, além de sofrer com eventos morfodinâmicos causados por enchentes e alagamentos e sofrer influência direta das marés.

Encontra-se densamente ocupada, sua área corresponde a 19 km², perfazendo um total de 23,2% da área da BHRB, apesar disso, ainda guardar em sua porção terminal, expressiva área de manguezais que são impactados pela grande quantidade de resíduos sólidos e esgoto trazidos pelas águas do rio Beberibe. Esta unidade tem recebido alguns investimentos em obras de infraestrutura (sobretudo do lado recifense) empreendidas pelo PAC II Beberibe, que está construindo uma avenida ao longo da margem direita do rio (Figura 63), e algumas obras de drenagem por parte da Prefeitura Municipal de Olinda.

Assim, fica claro que nessa área da BHRB predomina o eventos morfogenéticos em detrimento dos pedogenéticos, justamente por conta de sua baixa declividade, favorável à ocupação e associada ao uso intensivo da urbanização, que se reflete nas inúmeras ocorrência de alagamentos nas principais avenidas dos bairros que pertencem a essa unidade, sendo o caso da Avenida Presidente Kennedy, em Olinda, que corta vários bairros da porção centro-oeste do

município, e que sempre apresenta diversos pontos de alagamento quando da ocorrência de pluviosidade intensa e recorrente.

Figura 63 – Obras do PAC II Beberibe 21/08/2019



Fonte: o autor (2019)

5.3.1 Análise dos aspectos morfodinâmicos do baixo curso da BHRB (Planície flúvio-marinha densamente urbanizada)

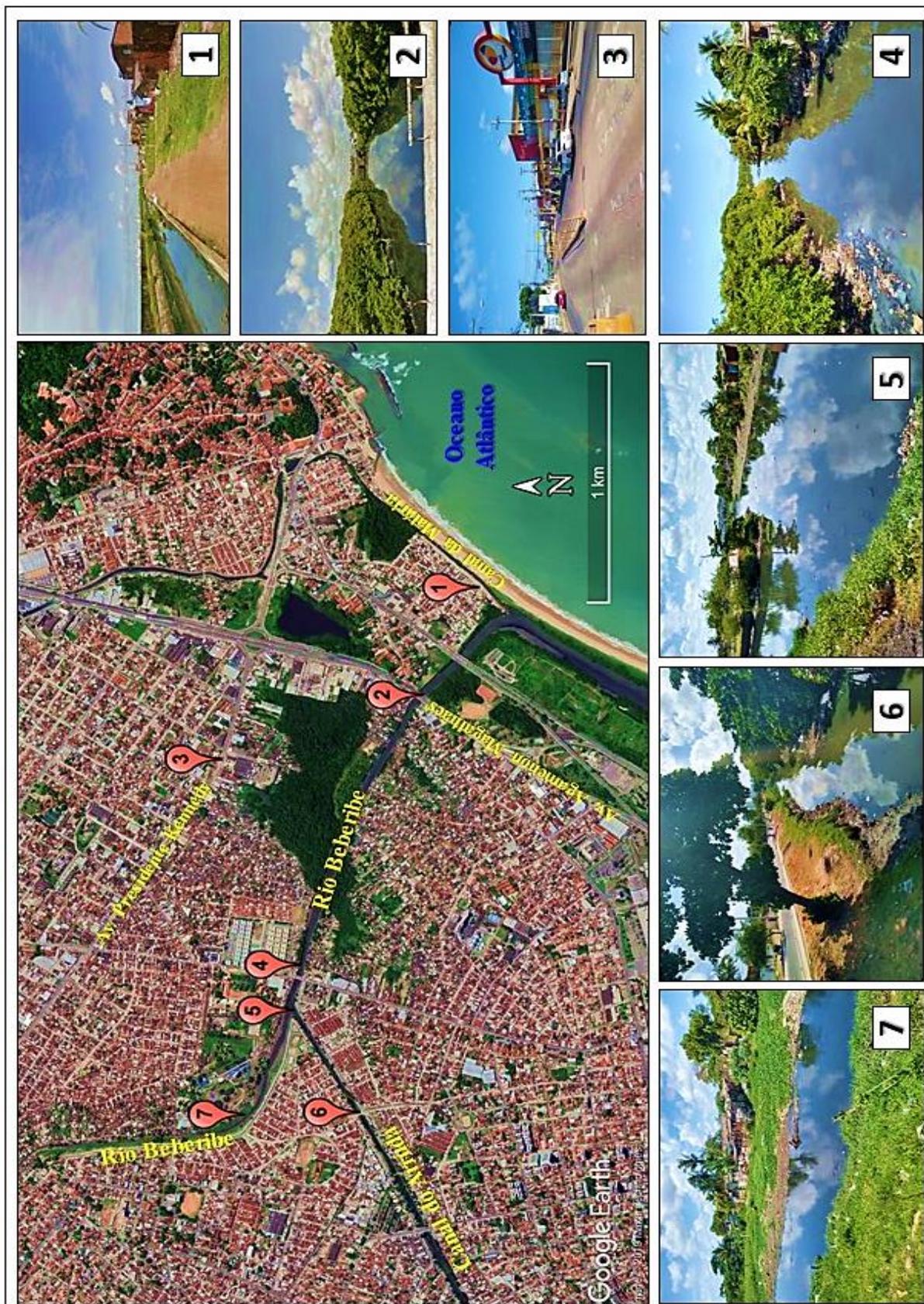
A partir dos dados obtidos com a realização da atividade de campo em 15/11/2019 no baixo curso da BHRB, foi possível estabelecer as características morfodinâmicas na área correspondente a unidade de paisagem Planície flúvio-marinha densamente urbanizada (Geofácia VI). Na mesma, foram observados setes pontos considerados estratégicos, e que abarcam uma síntese da morfodinâmica local.

Na Figura 64 é possível visualizar através da imagem obtida no *Google Earth Pro* a localização dos pontos ao longo do baixo curso da BHRB, bem como as respectivas imagens obtidas em cada localidade. De modo geral, é possível aferir que em sua totalidade o baixo curso do rio Beberibe é composto pela unidade de paisagem Planície flúvio-marinha densamente urbanizada, com relevo plano e de baixa declividade, estando esta Geofácia VI ocupada por diversos bairros populares dos municípios de Recife e Olinda, que possuem como característica o uso majoritariamente residencial e expressiva densidade demográfica. Associado a isso, a ausência de infraestrutura e o déficit habitacional, obrigam os moradores da área a conviverem com problemas de origem hidromorfodinâmica, comum há áreas planície, sobretudo eventos de enchentes e inundações, que estão associados com a drenagem ineficiente, bem como, a construção de moradias ao longo da planície de inundação e a falta de saneamento básico adequado.

A figura 64-1 foi obtida no bairro de Santa Teresa (Olinda), nas proximidades da confluência do canal da Malária com o rio Beberibe. A área apresenta baixa altitude (4 metros) e encontra-se densamente ocupada. Além disso, foi possível observar áreas de solo exposto (Neossolos Quartzarênico) com alta vulnerabilidade a erodibilidade, contudo, não foram observadas feições erosivas, em virtude da baixa declividade presente na área (pouco mais de 0°).

Já na figura 64-2 é possível observar a vegetação ciliar formada por densos manguezais, que bordejam as margens do rio Beberibe, bem próximo da sua mudança de direção, que antes era no sentido oeste-leste e que pouco mais à jusante passa a ter um sentido norte-sul. Trate-se de uma área com influência direta das marés, fato refletido no relativo aumento da calha do rio, que nesse ponto adquiri largura expressiva em decorrência da influência das ondas de maré.

Figura 64 – 1. Comunidade de Santa Tereza; 2. Manguezais em Salgadinho (Olinda); 3. Trecho da Av. Presidente Kennedy (Vila Popular – Olinda); 4. Manguezal em Peixinhos (Olinda); 5. Confluência do Canal do Arruda e do Beberibe; 6. Canal do Arruda; 7. Processo deposicional na margem esquerda do Beberibe (Peixinhos – Olinda).



Fonte: Google Earth Pro (2019), modificada pelo autor (2019).

Ainda em relação a figura 64-2 pôde ser observado forte processo deposicional, associado ao intenso assoreamento causado tanto por sedimentos quanto por resíduos sólidos que foram visualizados também em suspensão. Verifica-se, portanto, que esse trecho do baixo curso do rio Beberibe reflete, pelas suas características naturais e pelos usos e ocupações que se fazem à montante da referida área, toda sorte de degradação sofrida pelo manancial ao longo de seu percurso. Soma-se isso, o processo de favelização que ocorre na área, impactando diretamente o manguezal e a qualidade da água do rio Beberibe.

A figura 64-3 apresenta um trecho da Av. Presidente Kennedy em Olinda; o trecho representado localiza-se no bairro de Vila Popular (defronte ao Centro da Moda), o mesmo foi escolhido por se trata de uma área de planície de inundação, onde ocorrem processo de inundações e alagamentos quando de eventos chuvosos mais intensos. Isso se explica pela baixa declividade e pela rede de drenagem insuficiente e comprometida, associada a total impermeabilização da avenida em questão e das ruas adjacentes.

Similarmente a figura 64-2 a figura 64-4 apresentam áreas de expressivo manguezal, que assim como na figura anterior, sofre com as degradações exercidas pelos atores antrópicos. A mesma está localizada entre os bairros de Peixinhos e Sítio Novo em Olinda, numa área que fica por trás do antigo Matadouro Público de Peixinhos, atual Nascedouro. Ressalta-se, que apesar dos problemas elencados, esse trecho vem sofrendo simbólicas transformações com projetos habitacionais (Minha Casa Minha Vida) e do PAC II – Beberibe, que estão sendo realizados na área em questão, conforme demonstrado nas placas de sinalização das obras defronte ao Nascedouro de Peixinhos (**Figura 65**).

Figura 65 – Obras de pavimentação e drenagem no bairro de Peixinhos (Olinda).



Fonte: o autor (2019).

A figura 64-5 retrata a confluência do canal do Arruda-Vasco da Gama, importante afluente da margem direita do rio Beberibe. No local, foi possível verificar importantes áreas deposicionais e intenso assoreamento e ocupação da margem esquerda por palafitas. Foi visualizado também vasta acumulação de resíduos sólidos em ambos os canais. Nessa local, foram feitas várias intervenções por parte dos Governos Federal e de Pernambuco, todavia, é notória as mudanças efetivadas apenas do lado recifense da bacia hidrográfica (Figura 66), enquanto que do lado olindense, persistem as diversas mazelas sociais presentes a décadas, tais como: moradias inadequadas, falta de saneamento, ausência de asfaltamento, drenagem deficitária, dentre outros.

Figura 66 – Obras de infraestrutura e habitações nos bairros de Campo Grande e Campina do Barreto – Recife (**imagens superiores**) e comunidade ribeirinha no bairro de Peixinhos (**imagens inferiores**).



Fonte: o autor (2019)

A Figura 64-6 representa o canal do Arruda-Vasco da Gama, tendo esse afluente do Beberibe margens intensamente urbanizadas e canal retilíneo, além de assim como rio principal, ser altamente poluído e com resíduos líquidos e sólidos, bem como apresentar evidente processo de assoreamento.

Por fim, a Figura 65-7 retrata feições deposicionais num trecho meandrante do canal principal, com formação de terraço fluvial, além de moradias de palafitas em área sujeita a inundações. Observou-se também, a utilização dos terraços fluviais para criação de animais, contribuindo ainda mais com a degradação das áreas marginais e do próprio canal.

Evidenciou-se que na porção do baixo curso da BHRB, no que concerne a unidade de paisagem Planície flúvio-marinha densamente urbanizada, predominam os aspectos pedogenéticos, apresentando a área em questão uma morfodinâmica considerada **moderada**, em virtude de suas características físicas naturais. Contudo, devido ao intenso uso e a maneira pelo qual a área é ocupada, a mesma apresenta forte tendência a variações morfodinâmicas, é justamente em virtude desta apropriação inadequada de algumas porções da área, que é possível conjecturar que a ocorrências de processos de assoreamento, enchente e inundações teriam pouca relevância, dentro de uma realidade de ambiente natural, mas que se tornam calamitantes, em virtude dos atuais usos e ocupações que se fazem desse trecho.

Percebe-se que a intensa urbanização do baixo curso do rio Beberibe contribui para que uma área que naturalmente deveria apresentar baixa ou média vulnerabilidade a eventos morfodinâmicos, acaba por assumir características contrárias à sua vocação natural. Exemplo disso, é o intenso processo de impermeabilização das ruas e avenida da área, que contribuem para o aumento do escoamento superficial, bem como, da diminuição da infiltração, acarretando eventos de enchentes e inundações em áreas urbanas.

O resultado disso são diversas perdas materiais, que se evidenciam nas recorrentes enchentes e inundações na área supracitada, além das perdas humanas, que não podem ser ressarcidas, sendo essas, vítimas de doenças associadas a esse tipo de evento, como a leptospirose, que possui uma maior probabilidade de ocorrência quando da ocorrência de cheias nas cidades.

Além disso, é possível perceber que a área em questão, por ser uma área de baixo curso, e, portanto, sujeita naturalmente a processos deposicionais, apresenta expressivo processo de assoreamento, que é maximizado pelo acúmulo de resíduos sólidos que são lançados ao longo de todo trajeto do rio Beberibe e afluentes e que convergem para essa área.

Já eventos erosivos adquirem baixa expressividade na área, uma vez que a baixa declividade, associada a uma urbanização consolidada, faz com que eventos desse tipo, não ocorram com frequência, embora, possam ser observados em áreas de solo exposto, como processo de erosão laminar em ruas não pavimentadas.

5.3.2 Análise dos aspectos morfodinâmicos do médio curso da BHRB (Colinas densamente urbanizadas, planície aluvial de usos diversos e tabuleiros urbanizados)

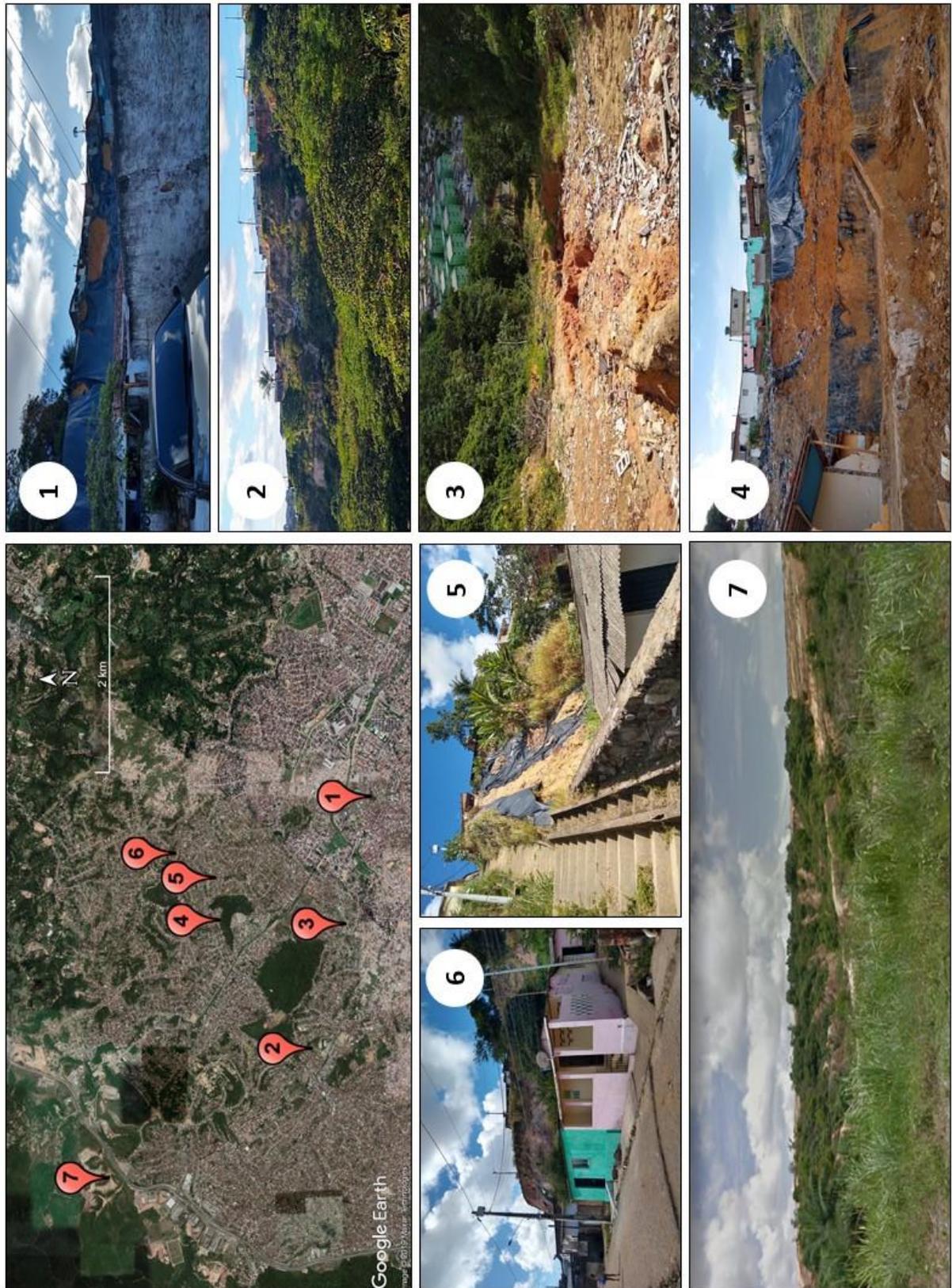
Os dados obtidos através da realização da atividade de campo 16/11/2019 contribuíram para a análise morfodinâmica do médio curso da BHRB, que abarca as unidades de paisagem: Tabuleiros urbanizados, planície aluvial de usos diversos e colinas densamente urbanizadas (Geofácies III, V e IV, respectivamente). Nesta área, foram escolhidos onze pontos, em virtude desta possuir uma morfodinâmica mais acentuada e por congregar a maior parte dos eventos de deslizamento que ocorrem na BHRB.

Desta feita, foi possível aferir que o médio curso da BHRB apresenta três unidades de paisagem distintas, sendo duas marcada pela acentuada declividade (colinas densamente urbanizadas e tabuleiros urbanizados) e uma apresentando relevo suavizado (planície aluvial de usos diversos).

Na figura 67 é possível visualizar através de imagem obtida através do *Google Earth pro* e pelas fotografias obtidas a localização dos referidos pontos na área da bacia hidrográfica. Na figura 68-1 (Geofácia IV) é possível aferir área com extensiva feição erosivas, no bairro de Beberibe - Recife que atrelada a alta declividade, configura uma alta vulnerabilidade morfodinâmica para o local. Além disso, foi possível verificar a ocupação antrópica do topo e da base da encosta, contribuindo com aceleração do processo erosivo e expondo os moradores a uma possível ocorrência deslizamento.

Na figura 67-2 verifica-se feição erosiva no bairro de Dois Unidos nas imediações da UPA Nova Descoberta – Solano Trindade no Recife. A mesma se localiza na margem esquerda do rio Morno e apresenta intenso processo morfodinâmico, marcada pela ocupação irregular das áreas de topo e extensiva área de solo exposto e deposição na base da encosta.

Figura 67 - Processo erosivo no bairro de Beberibe; **2.** Intenso processo erosivo em Dois Unidos; **3.** Deslizamento na comunidade do Córrego do Morcego em Dois Unidos (7 vítimas fatais); **4.** Deslizamento na Mata do Passarinho (2 vítimas fatais); **5.** Deslizamento no bairro Água Compridas; **6.** Processo erosivo em encosta na margem esquerda do Córrego do Abacaxi em Águas Compridas; **7.** Voçorocas no bairro da Guabiraba às margens da BR 101.



Fonte: Google Earth Pro e imagens obtidas pelo autor (2019).

Na figura 67-3 é possível verificar a destruição causada pelas fortes chuvas ocorridas no dia 24/07/2019 e que literalmente dividiu a Mata do Passarinho – Passarinho em Olinda (Geofácie III) em duas partes. Nessa ocasião, ocorreram duas mortes, decorrentes de soterramento e da enxurrada de lama e árvores que vieram abaixo (Figura 68).

Figura 68 – Deslizamento ocorrido na FURB Mata do Passarinho com duas vítimas fatais. A. Visão a partir da Rua Padre Manuel (Alto da Bondade); B. Visão a partir da Estrada do Passarinho (Passarinho).



Fonte: Google Earth Pro (2017) e imagens obtidas pelo autor (2019).

Verifica-se, portanto, que apesar deste ponto possuir resquício de vegetação preservada, e que naturalmente proporciona uma maior estabilidade mordinâmica, devido a intensa pressão antrópica existente nas cercanias da mata do Passarinho, esta condiciona a potencialização de fenômenos como o registrado na imagem acima.

A figura 67-4 retrata deslizamento ocorrido na madrugada do dia 24/12/2019 no Córrego do Morcego no bairro de Dois Unidos – Recife (geofácie IV) e que vitimou 7 pessoas e deixou três feridos (Figura 69). Embora, no momento do ocorrido não estivesse chovendo, é possível atentar para a alta declividade, e intensa ocupação da área de encosta, que contribui para o aumento da vulnerabilidade local.

Figura 69 - Deslizamento no Córrego do Morcego em Dois Unidos (24/12/2019).



Fonte: G1.com

na grande maioria das vezes, na intenção de abrir espaço para edificações, não levam em consideração a fragilidade ambiental dessa área, aumentando a exposição aos riscos morfodinâmicos.

A figura 67-6 é possível verificar intensa feição erosiva no bairro de Águas Compridas em Olinda, na margem esquerda do Córrego do Abacaxi (Geofácia III). Nesta área evidencia-se a forte transformação morfodinâmica, com vários pontos de deslizamentos pretéritos e recentes (inclusive com presença de vítimas fatais). Associado a isso, foram observadas inúmeras habitações construídas na base e no topo do tabuleiro, agravando ainda mais essa área ambientalmente frágil.

Já na figura 67-7 que está inserida na unidade de paisagem dos tabuleiros com áreas de conservação ocupadas (Geofácia II) é possível verificar a ausência de vegetação no topo

A figura 67-5 retrata deslizamento ocorrido em junho de 2019 no bairro de Água Compridas em Olinda (Geofácia III) essa área, que abrange bairros com Alto da Bondade, Águas Compridas, Alto da Conquista, Alto da Cajueiro, Alto Nova Olinda, dentre outros, é marcadamente caracterizada por relevo acidentado e densamente ocupado por moradias, tendo muitas áreas de risco e com ocorrência de inúmeros deslizamentos ao longo dos anos, sobretudo no inverno.

Cabe salientar, que apesar de ser uma área ambientalmente e socialmente vulnerável, são poucas as políticas públicas que visem melhorar tais condições, sendo muitas vezes utilizadas técnicas meramente paliativas como uso de lonas plásticas.

Ainda sobre isso, é possível aferir que em virtude do baixo poder aquisitivo da população residente nesses referidos bairros,

do tabuleiro e a declividade acentuada da localidade, favorecendo o processo erosivo verificado. Assim, tais características favorecem eventos morfogenéticos presentes na área. Por isso, Costa *et al.* (2006) destacam que a erosão natural também é facilitada pelo elevado gradiente do relevo, o que condiciona a uma elevada taxa de escoamento superficial.

5.3.3 Análise dos aspectos morfodinâmicos do alto curso da BHRB (Tabuleiros com área urbana em consolidação e Tabuleiros com áreas de conservação ocupadas)

A morfodinâmica do alto curso da BHRB foi analisada a partir do campo realizado em 05/01/2020, neste, incluí-se as unidades de paisagem Tabuleiros com área urbana em consolidação (Geofácia I) e Tabuleiros com áreas de conservação ocupadas (Geofácia II). Destaca-se que optou-se por fazer essa divisão, em detrimento da classificação das unidades de paisagem proposta por Lima (2018) para a BHRB, por haver um entendimento de que na área à montante da referida bacia hidrográfica, apesar de estar inserida no contexto dos tabuleiros costeiros, e possuir baixa declividade (variando de 0° - $9,6^{\circ}$), a mesma evidenciou um crescente processo de ocupação urbana nas últimas décadas, conforme verificado nos mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 2001 e 2017, enquanto que na porção à jusante (Geofácia II), sendo a vegetação mais densa e declividade mais acentuada (alguns pontos com declividade maior que $16,7^{\circ}$) apresenta menor vulnerabilidade morfodinâmica. Portanto, diante de mudanças paisagísticas expressivas, escolheu-se a classificação que se segue.

Algo que merece ser lembrado é que a maior parte do alto curso da BHRB está inserida em propriedades privadas (condomínios, chácaras, sítios, fazendas etc.), bem como que a ausência de estradas que permitissem acesso aos locais são fatores que dificultaram a avaliação deste compartimento e, desta maneira, inviabilizou a entrada em pontos considerados estratégicos para o estudo, dificultando uma análise *in loco* mais efetiva e abrangente. Assim sendo, muitas das análises que se sucedem foram feitas a partir de imagem do *Google Earth Pro*.

A figura 70–A demonstra a área da nascente do rio Araçá, afluente do Beberibe e que está localizada no condomínio Clube Campestre Sete Casuarinas, trata-se de uma área bem preservada, com vegetação exuberante e com presença de inúmeros olhos-d'água/nascentes que correm em abundância. Vale lembrar que a referida fotografia é de 2015 e foi registrada pelo autor em outras circunstâncias, uma vez que desta feita, não foi permitida a entrada no referido condomínio, no sentido de se fazer um registro contemporâneo.

Já na figura 70- B é possível observar a área da nascente do rio Pacas, que se encontra localizada dentro de um terreno baldio; no local constatou-se a inexistência de um olho-

d'água/nascentes, assim como uma vegetação mais rarefeita em virtude da referida localidade ser utilizada como via de acesso das ruas do entorno. Apesar disso, não foram identificados processos morfodinâmicos aparentes, em virtude da baixa declividade da área.

Figura 70: **A.** Nascente do rio Araçá (2015); **B.** Nascente do rio Pacas; **C.** Trecho assoreado do rio Pacas; **D.** Campo Antrópico na margem esquerda do rio Araçá; **E.** Urbanização consolidada do bairro de Vera Cruz.



Fonte: *Google Earth Pro* e imagens registradas pelo Autor (2020).

Na imagem 70-C é possível verificar trecho do rio Pacas completamente assoreado e com presença de infimo curso d'água. Tal situação é explicada pelo crescimento urbano na área do alto curso da BHRB registrado nas últimas décadas. Além disso, nas ruas do entorno foram constatada a presença de esgoto a céu abeto (Figura 71) e converge diretamente para esse trecho do rio Pacas, corroborando para uma maior degradação do mesmo.

Figura71: Esgoto a céu aberto nas proximidades do rio Pacas.



Fonte: o autor (2020)

Na figura 70-D observa-se extensa área de campo antrópico, localizada às margens da PE-016 (Estrada da Mumbeca) no bairro da Guabiraba-Recife, esse trecho exemplifica muito dos usos e ocupações que se faz da área (Geofácie I e II), bem como atesta suas características morfodinâmicas, na medida em que expressa as baixas declividades da área em questão. Além disso, nesse trecho da BHRB foi possível constatar uma densa cobertura vegetal, que atenua processos erosivos na mesma.

Na figura 70-E nota-se o processo de consolidação urbana do bairro de Vera Cruz em Camaragibe. Assim, percebe-se que apesar de naturalmente o alto curso da BHRB possui uma baixa vulnerabilidade a processo morfogenéticos, o referido trecho tem sido modificado pelos usos e ocupações impetrados pela sociedade, que vem descaracterizando e contribuindo para o processo de degradação do rio Beberibe, que já em seu alto curso não se torna perene e já apresenta processo de assoreamento e poluição.

5.4 Análise dos geoindicadores morfodinâmicos da BHRB

Indiscutivelmente, é notório que a sociedade moderna guarnecida de todo seu arcabouço tecnológico, contribui decisivamente na modificação do meio físico-natural no qual desenvolve suas atividades. A humanidade na busca de se adaptar as condições ambientais impostas, impõem suas próprias condições ao meio físico-natural. Contudo, na maioria das vezes, essa imposição não leva em consideração os limites impostos pela própria natureza no relativo a suas dinâmicas processuais. Ou seja, as ações humanas para usar e se apropriar de espaços acabam por impor suas necessidades em detrimento da capacidade que o meio físico-natural tem de resistir a tais investidas, sofrendo transformações abruptas e intensas.

É por isso que Costa *et al.* (2007) esclarece que se o uso e ocupação do meio físico-natural é tão importante para as atividades humanas, e tais ações devem ser respeitadas e compreendidas em sua totalidade, sobretudo quanto as suas potencialidade e limitações, pois, uma vez ignoradas, estas podem trazer consequências nefastas e irreparáveis.

Nesse sentido, esse estudo buscou, através do estudo de campo, selecionar três geoindicadores (processos erosivos, processos de assoreamento e processos de deslizamentos) que servissem de parâmetros e funcionassem como uma síntese da situação ambiental da BHRB, muito embora, a análise ambiental esteja imbuída de inúmeras interrelações e complexidade. Contudo, Soares *et al.* (2006) lembram que os geoindicadores são alternativas que possibilitam reduzir essa complexidade, uma vez que os mesmos, permitem identificar um número reduzido de parâmetros que descrevem um sistema dinâmico e que podem representar todos os processos que estão inter-relacionados.

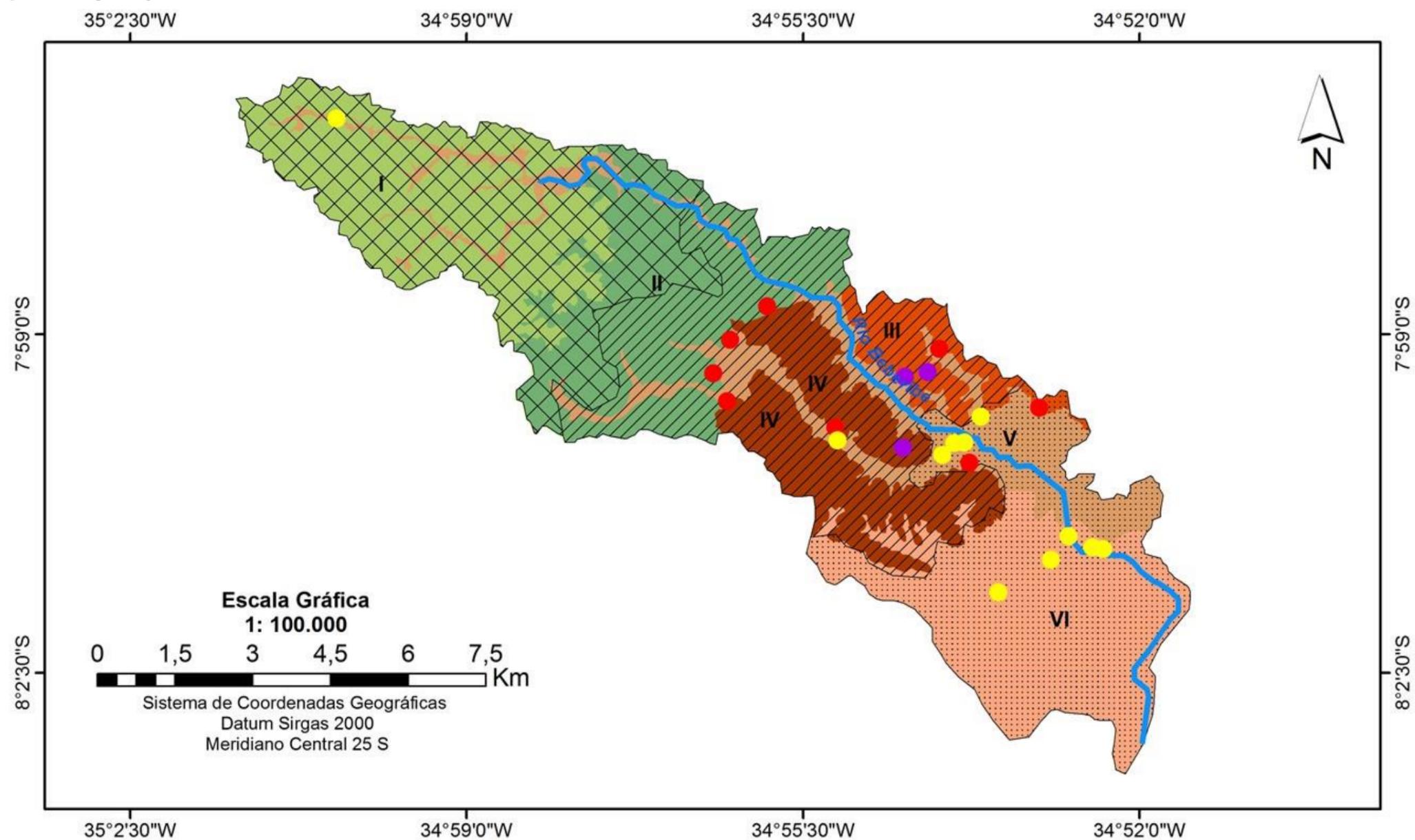
O apontamento de tais geoindicadores torna-se relevante, na medida em que estabelece quais medidas devem ser tomadas, no sentido de restabelecer o equilíbrio ambiental ou parar com possíveis degradações que ocorram numa dada área. Sobre isso, Tavares *et al.* (2007) destacam que os geoindicadores têm sido muito utilizados para descrever eventos catastróficos ou mesmo graduais, apresentando o estado do ambiente, e, assim, fornecendo indicativos para possíveis intervenções que permitam alterar ou cessar os processos conservando ou recuperando a qualidade ambiental.

França Júnior e Villa (2011) ressaltam que através do uso dos geoindicadores pesquisadores podem elaborar novas técnicas ou utilizar-se de metodologias já utilizadas para buscar resultados que mostrem a degradação de uma área. Lembram ainda que é possível

utilizar de dados coletados por meio de fotografias aéreas, imagens de satélite, dados climatológicos, estatísticos, datação, dentre outros.

Nesse sentido, as visitas *in loco* possibilitaram a obtenção dos geoindicadores já citados, bem como, sua georreferenciação, sendo esta demonstrada no Mapa de Geoindicadores morfodinâmicos da BHRB (Figura 72), onde é possível identificar suas respectivas localizações.

Figura 72: Mapa dos geoindicadores morfodinâmicos da BHRB



LEGENDA

Rio Beberibe

- Alto Curso
- Médio Curso
- Baixo Curso

Geoindicadores

- Processos Erosivos
- Processos de Assoreamento
- Processos de Deslizamento

Unidades Morfodinâmicas

- Geofácies I
- Geofácies II
- Geofácies III
- Geofácies IV
- Geofácies V
- Geofácies VI

Há de se esclarecer que na porção do alto curso da BHRB a coleta de informações relativas a geoindicadores foi prejudicada pela inacessibilidade da maior parte da área pelos motivos já elencados referentes à limitação de acesso a propriedades privadas, todavia, o que se conseguiu observar através de imagens de satélite é que a pesar de possuir uma urbanização em consolidação (Geofácia I), em virtude da região ser uma área de relevo tabular e de baixa declividade, os eventos erosivos e/ou deslizamentos não são tão evidentes. Já na porção da Geofácia II, ainda no alto curso, a expressiva vegetação que recobre a região garante uma maior estabilidade e, dessa forma, minimiza eventos de ordem morfodinâmica. Apesar do exposto, numa das poucas áreas na qual foi possível ter acesso diretamente ao canal, foi possível observar processo de assoreamento do rio Araçá (Geofácia V), e que pode ser explicado justamente pela pressão antrópica exercida à montante da área (Figura 73).

Figura 73 – Processo de assoreamento no rio Araçá. Ponto **A**. Nascente do rio Araçá; Ponto **B**. Nascente do rio Pacas.



Fonte: o autor (2019) e *Google Earth* (2019).

Fica evidente que é urgente a implementação de políticas pública que visem a preservação da vegetação nessa parte da BHRB, no sentido de minimizar efeitos futuros dos usos que se fazem da área. O que tornar esse fato preocupante, é o crescente aumento da mancha urbana no alto curso, como pode ser vista nos mapas de uso e ocupação de 2001 e 2017.

No trecho correspondente ao médio curso foram encontrados a maior parte dos geoindicadores morfodinâmicos com destaque para os processos erosivos e deslizamentos. No referido compartimento, principalmente nas Geofácia III e IV, que corresponde as áreas

de morro dos municípios de Recife e Olinda, foram observados vários locais com presença de feições erosivas e deslizamentos. Como já relatado, essas unidades de paisagem sofrem há décadas, pela ocupação sem critérios técnicos e que possam ser considerados para uma ocupação mais segura, reflexo, portanto, da falta de poder aquisitivo dos moradores (Figura 74).

Figura 74 – feições erosivas no médio curso da BHRB. **A.** processo erosivo em encosta no Brejo da Guabiraba – Recife (geofácia IV); **B.** processo erosivo no Brejo da Guabiraba – Recife (geofácia IV); **C.** feição erosiva no Córrego da Bondade – Olinda (geofácia III); **D.** feição erosiva em Caixa D’água – Olinda (geofácia III).



Fonte: o autor (2020) A e B; (2019) C e D.

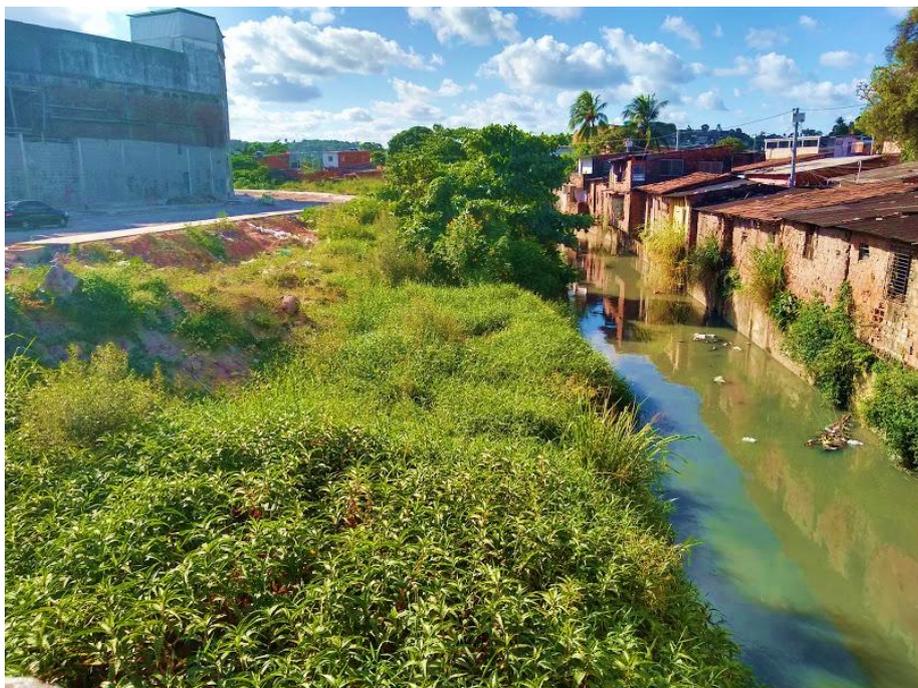
Essa área é fortemente marcada por alta declividade e extensa ocupação das áreas de encostas para moradias. Assim, corte de talude para esse fim são muito comuns nos bairros que compõe essas duas unidades de paisagem. O resultado disso, é um aumento exponencial de eventos erosivos e deslizamentos registrados na área, que por possuir uma vocação natural a esse tipo de modificação ambiental, sofre uma intensificação dos mesmos. Somado a isso, são mínimas as intervenções por parte do poder público no sentido de mitigar eventos morfogenéticos, se resumindo apenas a medidas paliativas como o uso de lonas plásticas que podem ser vistas aos montes na paisagem.

Portanto, observa-se que o agravamento de processos de caráter natural, são intensificados pelos usos e ocupações que se faz do espaço, onde áreas ambientalmente vulneráveis são ocupadas sem nenhum critério técnico que possa minimizar eventos de ordem morfodinâmica, tornando essas localidades cenário de inúmeras tragédias. O que se

percebe, como demonstra as imagens anteriores, é que muitos desses locais, com presença de feições erosivas, e densamente habitados, estão expostos a eminência de processos de deslizamentos, acarretando perdas não só materiais, mas humanas.

Outra evidência das inapropriadas ocupações que se faz no médio curso da BHRB, está no fato de vários pontos com presença de assoreamento, além de sedimentos carreados naturalmente pelo manancial, foi evidente a prática dos populares de depositarem resíduos sólidos ao longo do canal. Além disso, é maciça a ocupação antrópica na planície de inundação, inclusive, com trechos onde não é possível visualizar a margem do rio, sendo essa já ocupadas por casas que convivem lado a lado com as agruras da necessidade humana de se habitar, ainda que seja numa área sujeita a constantes inundações (Figura 75).

Figura 75 - Ocupação das margens no bairro de Beberibe.



Fonte: o autor (2019)

Apesar das obras empreendidas por parte do Programa PAC Beberibe II terem sido registradas ao longo da planície aluvial de usos diversos, percebe-se que essas visam exclusivamente a mobilidade, sem levar em consideração a melhoria da qualidade do próprio rio, que, inclusive, recebe mais sedimentos oriundos dessa obra, como registrado num trecho o rio Morno (Figura 76). Vale ressaltar, que esse foi um dos trechos onde o assoreamento se mostrou mais evidente, inclusive com resíduos sólidos sendo retidos pela ponte da Av. Hildebrando de Vasconcelos em Linha do Tiro – Recife.

Figura 76: Assoreamento no rio Morno (Linha do Tiro-Recife).



Fonte: O autor (2019).

Também foram identificados alguns pontos de deslizamentos, sobretudo no período do inverno, onde o aumento da pluviosidade atrelado aos usos e ocupações em consonância com as expressivas declividades encontradas sobretudo nas geofácies III e IV demonstram como áreas ambientalmente frágeis tornam-se meio hostil aos que nela habitam (figura 77).

Figura 77 – A. Deslizamento de encosta no bairro de Passarinho com duas vítimas fatais (geofácia III); **B.** Deslizamento no Córrego do Abacaxi (geofácia III) (24/07/2019).



Fonte: O autor (2019)

O médio curso da BHRB é sem dúvidas o trecho mais representativo das consequências da atuação indiscriminada do homem sobre o meio físico da BHRB, congregando inúmeros problemas de ordem socioambiental e que são expressos em sua

paisagem e refletido na precária condição de vida dos habitantes que compõem essa porção da RMR.

Na porção do baixo curso (geofície V), pode ser constatado inúmeros pontos de assoreamento, em virtude de essa ser a porção final da bacia hidrográfica, acaba por receber enorme contingente de sedimentos e resíduos sólidos, sendo por tanto, uma área naturalmente de deposição. Atrelado a isso, por se tratar de uma área de baixa altitude (planície flúvio-marinha) e ser densamente ocupada por moradias e áreas comerciais, é passível de diversos pontos de inundação quando da ocorrência de chuvas mais intensas (figura 78)

Figura 78 – **A.** assoreamento em trecho do Córrego do Abacaxi nas proximidades da confluência desse com o Beberibe; **B.** Assoreamento com presença de resíduo sólido no Córrego do Abacaxi em Águas Compridas; **C.** Acúmulo de resíduos sólidos e habitações precárias as margens do rio Beberibe – bairro de Beberibe; **D.** Processo de inundação em trecho assoreado do rio Beberibe durante a chuva do dia 24/07/2019.



Fonte: O autor (2019).

Assim, depreende-se que a compreensão holística da qualidade ambiental da BHRB é necessária, uma vez que os problemas apresentados pela mesma são resultado de fatores múltiplos e que devem ser estudados e analisados a luz da teoria geossistêmica. É preciso abarcar todos esses fatores, no sentido de explicar e buscar corrigir esses problemas, tentando buscar uma melhor qualidade de vida e a minimização dos riscos aos quais esses moradores estão expostos.

Assim, entende-se que esses geoindicadores morfodinâmicos, dentro de um contexto urbano, tem sua gênese atrelada não apenas a um fator causador. É possível afirmar que eventos de ordem hidromorfodinâmica de maior ou menor gravidade, são

frutos de uma ação conjunta de inúmeras variáveis, quais sejam: antrópica, natural, de falta de gestão pública, etc.

É seguramente perceptível, o fato de a maioria da população de baixa renda das grandes cidades, se estabelecerem em área de menor valorização econômica e que são localizados (em sua grande maioria), inevitavelmente, em áreas vulneráveis, do ponto de vista ambiental e expostas a riscos geológicos.

Nesse sentido, fica claro que as atividades antrópicas pertinentes à ocupação desordenada e de áreas ambientalmente frágeis, têm como resultado indesejável o desequilíbrio do geossistema. Assim, no contexto da BHRB, fica evidente que a problemática ambiental expressa nas últimas década, está diretamente associada com o modelo de ocupação que se faz da área da bacia hidrográfica, que expressa em sua paisagem, as consequências da degradação exercida pelas comunidades que né habitam.

Apesar do exposto, é notório que a ausência de ações por parte do Poder Público e áreas degradadas e/ou sujeitas a processos morfodinâmicos, só corrobora com a maximização das agruras enfrentadas pela população, que, incapacitada economicamente de ocupar lugares mais seguros, acabam por sofrer com déficit habitacional. Também é preciso lembrar, que é essa mesma população, que, por falta de conhecimento, ou mesmo descaso, contribui com a deterioração do meio

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa se valeu de uma abordagem geossistêmica afim de verificar a morfodinâmica para os anos de 2001 e 2017, além de identificar geoindicadores nos domínios fluviais e interfluviais no contexto da BHRB. A partir de uma abordagem holística da paisagem, foi possível aferir que a mesma tem passado por intensas transformações ao longo das últimas décadas, sobretudo no tocante aos usos e ocupações que se fazem da área em questão.

Assim, não foi possível constatar alterações no que se refere a morfodinâmica da BHRB para os anos de 2001 e 2017, contudo, a partir dos usos e ocupação que se faz da área, foi possível perceber mudanças significativas na paisagem, um vez que as alterações impetradas pela população, contribui decisivamente para que área com maior vulnerabilidade a eventos morfogenéticos, possam sofrer rápidas transformações.

Portanto, foi possível estimar que a porção do alto curso da BHRB (geofácie I e II), por apresentar relevo com menor declividade, associado a uma vegetação mais preservada (Geofácie II) e aos usos e ocupação da terra, contribui para que eventos morfodinâmicos não sejam tão evidentes. Embora, seja pertinente observar uma crescente expansão urbana na área das nascentes (Geofácie I), que corrobora para que possíveis alterações na qualidade ambiental da bacia hidrográfica. Exemplo disso, é a vegetação rarefeita na área da nascente do rio Pacas e ausência de olho d'água, além de processo de assoreamento em um trecho do rio Araçá. Cabe destacar, mais uma vez, que nessa porção da BHRB devido aos inúmeros condomínios, chácaras e sítios presente na área, foi inviabilizado o acesso aos canais principais, afim de constatar mudanças recentes no contexto da paisagem.

Já no contexto do médio curso, foram inúmeras as transformações observadas, como diversas feições erosivas e alguns processos de deslizamentos, inclusive com ocorrência de vítimas fatais. Isto está diretamente atrelado ao processo de ocupação de uma área ambientalmente frágil. Uma vez que a mesma possui expressiva declividade acentuada (Geofácie III e IV) e é intensamente ocupada pela população de baixa renda, que, por não dispor dos recursos técnicos para construção de habitações mais seguras, ficam à mercê dos agravos oriundos de uma ocupação irregular. Essa foi a área com maior ocorrência de geoindicadores, inclusive foi a que visivelmente apresentou maior degradação ambiental, uma vez que carece de obras de infraestrutura e saneamento básico.

A porção do baixo curso, apesar de estar inserida no contexto da planície flúvio-marinha (Geofácie V e VI) e, portanto, quase não apresentar processos morfogenéticos,

padece com processo de assoreamento e inundações, na medida em que possui extensa área urbana consolidada, o que favorece o aumento do escoamento superficial. Além disso, é oportuno destacar a total ocupação da planície de inundação por moradias, sobretudo do lado olindense da bacia hidrográfica, o que também torna preocupante a situação do baixo curso, é a existência de extensa área de manguezal que tem sofrido impacto causado pela deposição de esgoto e resíduos sólidos que se concentram nessa porção do rio.

Desta feita, a partir dos resultados presente nessa análise, verifica-se a importância da implementação de políticas públicas voltadas para a mitigação dos problemas enfrentados pelos moradores da BHRB. Haja vista, que a área em questão apresenta naturalmente susceptibilidade a eventos morfogenéticos, sobretudo a porção do médio curso, onde as características morfodinâmicas da área não condiz com a realidade socioeconômica da população residente, inviabilizando obras de caráter estrutural na área.

Assim, é perceptível que essa pesquisa adquiri enorme relevância social, na medida em que, eventos hidromorfogenéticos têm gerados imensuráveis perdas econômicas às comunidades carentes da zona norte da RMR. É preciso lembrar, que esse estudo não encerra futuras discussões acerca da temática ora proposta, mas, trata-se de uma singela contribuição para o estudo ambiental e para a compreensão do espaço geográfico.

REFERÊNCIAS

ALHEIROS, M. M.; SOUZA, M. A. de A.; BITOUN, J.; MEDEIROS, S. M. G. de M.; AMORIM JÚNIOR, W. M. **Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife**. Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM – Recife: Ensol, 2004.

ALMEIDA FILHO, G. S. **Controle de erosão**. Fundações & Obras Geotécnicas, v. 5, p. 72-83, 2015. Disponível em:
http://abge.org.br/uploads/arquivos/archivoseccion_244_emfococontrolederos.pdf
 Acessado em 31 de mar de 2018.

ALMEIDA, L. Q. de e CORRÊA, A. C. de B. **Dimensões da negação dos rios urbanos nas metrópoles brasileiras: o caso da ocupação da rede de drenagem da planície do Recife**, Brasil. Geo UERJ – Ano 14, nº. 23, v. 1, 1º semestre de 2012 p. 114-135.

ALVES, A. M. **A questão ambiental no urbano: desafios dos programas de infraestrutura urbana voltadas para a população de baixa renda**. In: V ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, Florianópolis, 2010. Disponível em:
<http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT3-656-702-20100903110153.pdf>
 Acesso em 28 de dez. 2019.

ALVES, K.M.A.S.; CAVALCANTI, L.; NÓBREGA, R.S. **Eventos extremos e risco de inundação: uma análise do comportamento evolutivo dos distúrbios ondulatórios de leste em junho de 2010 sobre a bacia do Rio Una Pernambuco**. Geotextos (Online), v. 9, p. 173-189, 2013.

AMORIM, F.C.V.B. **As vozes dos que vivem à “margem” dos rios urbanos: uma análise do contexto socioambiental da ocupação urbana, através dos discursos da população**. 2009. 173 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Prodem-UFPE, Recife: O autor, 2009.

AMORIM, R. R. e OLIVEIRA, R. C. de. **As unidades de paisagem como uma categoria de análise geográfica: o exemplo do município de São Vicente-SP**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 20 (2): 177-198, dez. 2008.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Práticas mecânicas de conservação de água e solo**. Disponível em:
https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/62/2/Unidade_1.pdf acessado em 21 de jan. 2019.

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Balanco das Ocorrências de Chuvas no Estado (14/06)**. Disponível em:
http://www.apac.pe.gov.br/noticias.php?noticia_id=1181 acessado em 06 de ago. de 2019.

ARAÚJO, V. D.; PERES, Y. A. R.; LIMA, R. O.; PELOSI, A. P. M. R.; MENEZES, L.; CORDOBA, V. C.; LIMA FILHO, F. P. **Fácies e sistema deposicional da Formação Barreiras na região da Barreira do Inferno, litoral oriental do Rio Grande do Norte**. Revista do Instituto de Geociências - USP- 43 - Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 6, n. 2, p. 43-49, outubro 2006.

ARAÚJO, L. E.; SOUSA, F. de A. S. de; Morais Neto, J. M. de; SOUTO, J. S.; REINALDO, L. R. L. R. **Bacias hidrográficas e impactos ambientais**. Qualit@as (UEPB), v. 8, p. 1-19, 2009.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 15ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BARBOSA, T; FURRIER, M.; SOUZA, A. **Antropogeomorfologia do município de Cabedelo – Paraíba, Brasil**. GOT, n.º 13 – Revista de Geografia e Ordenamento do Território, 2018. p. 59-83.

BARBOSA, V. C. C.; AUGUSTIN, C. H. R. R. **Erosão laminar e linear e a dinâmica de movimentação de sedimento em vertente, Gouveia MG**. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 2008, Belo Horizonte. Anais do VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, v. 1. p. 1-12, 2008.

BERGER A. R. Assessing Rapid Environmental Change Using Geoindicators. **Environment Geology**, Springer, Berlin, v. 1, n. 32, p. 35–44, 1997.

_____. **Tracking rapid geological change**. IUGS, International Union Geological Science, 25, 154-159. 2002. Disponível em: [http://www.lgt.lt/geoin/files/Article-Berger\(154-159\)1.pdf](http://www.lgt.lt/geoin/files/Article-Berger(154-159)1.pdf) Acessado em 08 de abr. de 2018.

BERTONI, José e LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo** – 9ª Ed. - São Paulo: Ícone, 2014.

BERTRAND, G. **Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique**. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, v. 39 n. 3, p. 249-272, 1968.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, v. 7, p. 172, 20 dez. 1979.

BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata**: banco de dados geomorfométricos do Brasil. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008.

BERTRAND, G. **Paysage et géographie physique globale**. Revue Géographique des Pyrénées et des Sud-Ouest, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: EDUFSC, 2003. v. 3, p. 877-1436.

BOTELHO, A. R.; SIQUEIRA, D.; BEZERRA, G. C.; LOPES FILHO, H. P.; **Plano de Manejo da Reserva de Floresta Urbana – FURB Mata de Passarinho** – Recife: Semas, 2013.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand, 1999. p. 269-300.

_____. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.

BRANCO, P. de M. **O intemperismo e a erosão**. CPRM: 2014. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/O-Intemperismo-e-a-Erosao-1313.html> Acessado em: 21 de jan. 2019.

BRASIL. **Caderno da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. – Brasília: MMA, 2006.

CAMPOS, Hernani Loebler. **Processo Hidrológico de Gestão na Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe (PE): Uma Retrospectiva**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro – RJ. 226p., 2003.

CAVALCANTI, L. C. de S. e CORRÊA, A. C. de B. **Geossistemas e Geografia no Brasil**. R. Bras. Geogr., Rio de Janeiro, v. 61, n. 2, p. 3-33, 2016.

CAILLEUX, A. e TRICART, J. **Le problème de la classification des faits géomorphologiques**. *Annales de Géographie*, n° 349, pp. 162-186, 1956.

CONDEPE/FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. **Pernambuco em mapas**. Recife, 2011.

_____. **Programa de Infra-Estrutura em Áreas de Baixa Renda da RMR – Prometrópole**. Recife, 2019. Disponível em: <http://www2.condepefidem.pe.gov.br/web/condepe-fidem/apresentacao11> Acessado em 18 de jul. de 2019.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente. **Plano de Manejo Área de Proteção Ambiental – APA Aldeia – Beberibe**. vol. 01, Recife, 2012.

CRUZ, D. R. e COSTA, R. C. **Inundações em bacias hidrográficas urbanas de Manaus – comunidades bairro União e N. S. de Fátima**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.1, N.4, p.759 – 771, 2012.

CANTALICE, J. R. B. **Escoamento e erosão em sulcos e entressulcos em distintas condições de superfície do solo**. 2002. 141p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.UFRG, 2002.

CAMPOS, H. L. **Processo histórico de gestão na bacia hidrográfica do rio Beberibe (PE): uma retrospectiva**. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 226p. 2003.

CARVALHO, L. E. P. **Os descaminhos das águas no Recife. Os canais, os moradores e a gestão.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

CARVALHO, I.S.M.; ALVES, N.M.S.; MELO, I.S. **Análise dos processos morfodinâmicos na bacia hidrográfica do rio Aningas – Pirambu/SE.** REVISTA GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.72-75, 2014.

CARVALHO, J. C. de & DINIZ, N. C. (editores) **Cartilha erosão.** 3ª ed. - Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2007. 34p.

CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T. (orgs.) **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais.** Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006

CARVALHO, N.O. **assoreamento de reservatórios – conseqüências e mitigação dos efeitos.** In: IV Encontro Nacional de engenharia de Sedimentos. Santa Maria-RS. Cdrom. 1-22p. 2000.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo: Editora Contexto, 1991

_____. **Geomorfologia.** [S.I.]: [2005]. Disponível em: <https://geografiaambiental.files.wordpress.com/2010/12/geomorfologia.pdf>. Acessado em: 29 out. de 2019.

CAVALCANTE, A. A. e CUNHA, S. B. da. **Morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: discutindo o vale do rio Jaguaribe-CE-Brasil.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.13, n.1, (Jan-Mar) p.39-49, 2012.

CEMADEN. Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais. **Movimentos de massa.** Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2016. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/deslizamentos/> Acessado em: 24 de Mar. De 2019.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Impactos ambientais no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.19-45.

CONDEPE/FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco. **Pernambuco em mapas.** Recife, 2011.

COLTRINARI, L. **Mudanças ambientais globais e geoindicadores.** Instituto de Geociências – UFRGS - Pesquisas em Geociências, 28 (2): 307-314, maio/ago., 2002.

COLTRINARI, L; MCCALL, J. H.. **Geoindicadores: Ciência da Terra e Mudanças Ambientais.** Revista do Departamento de Geografia. Universidade Estadual de São Paulo - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Revista. vol. 09, 1995.

- CORRÊA, A. C. de B. **Contribuição à análise do Recife como um geossistema urbano**. Revista de Geografia. Recife: UFPE DCG/NAPA, v. 23, nº 3, jul/dez. 2006.
- CORRÊA, A. C. de B.; BARROS, A. C. M. de; ALMEIDA, J. D. M. de. **Revisitando os altos pelados: desertificação e os processos superficiais na bacia do riacho Grande-PB**. Revista de Geografia (Recife) V. 33, nº. 4, 2016.
- COSTA, J. A. V; FALCÃO, M. T; J. B. da COSTA. **Vulnerabilidade aos processos erosivos no município de Pacaraima-RR. Primeira abordagem**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia tropical e subtropical. Goiânia - GO, 6 a 10 de setembro de 2006.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**, INPE - São José dos Campos, 2001.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999.
- CHRISTOPHERSON, R. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- CUNHA, S. B. da & GUERRA, A. J. T. - **A questão ambiental: Diferentes abordagens**. 4ª edição, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2008.
- DAMAME, D. B.; OLIVEIRA, E. D. de; LONGO, R. M. **Impactos ambientais pelo uso e ocupação do solo em sub bacias hidrográficas de Campinas**, São Paulo, Brasil. Acta Brasiliensis, v. 3, p. 1-7, 2019.
- DANTAS, J. R. A. **Mapa geológico do Estado de Pernambuco**. Recife: DNPM, 1980. 112 p.
- DIAS PINTO, J. R.; TOMAZIELLO, A. C. N. Vórtices ciclônicos de altos níveis de origem tropical e extratropical sobre o Brasil: análise sinótica. In: **XV Congresso Brasileiro de Meteorologia (XV CBMET)**, 2008, São Paulo. Anais eletrônicos do XV CBMET. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2008.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.
- _____. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. – Brasília, DF : EMBRAPA, 2013.
- FERREIRA, A. G. e MELLO, N. G. da S. **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, nº 1, p. 15-28, 2005.
- FIDEM – Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife. **Região metropolitana do Recife: reservas ecológicas**. Recife: Governo de Pernambuco, 1987.

_____. **Programa de infraestrutura em áreas de baixa renda da RMR.** GOVERNO DE PERNAMBUCO, Recife, 2000.

FONSÊCA, D. N.; SILVA, A. C. da; BARROS, A. C. M. de; SILVA, J. C. B. da; GIRÃO, O. **Mapeamento morfodinâmico como suporte à análise de processos de degradação em áreas do município de Cabrobó – Pernambuco.** Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 19, n. 2, p. 92-107, 2017.

FONSÊCA, D. N.; CORRÊA, A. C. de; SILVA, A. C. da. **Compartimentação geomorfológica da Região Metropolitana do Recife (RMR) a partir da análise morfoestrutural.** Geo UERJ (2007), v. 29, p. 201-219, 2016.

FRANÇA JUNIOR, P.; SOUZA, M. L. **Utilização de geoindicador para avaliação das mudanças no uso e ocupação do solo no período de 1970 e 2009 na bacia do córrego Pinhalzinho II - região Noroeste do Paraná-Brasil.** Boletim de Geografia (Online), v. 28, p. 83-99, 2010.

FRANÇA JÚNIOR, P.; VILLA, M. E. C. D. **O Ambiente Geográfico e os Geoindicadores.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4, p. 337-348, 2011

FRANCISCO, A. B. Os impactos da erosão urbana e a implantação das estruturas de macrodrenagem em Rancharia (SP). In: OTTONI, A.B.; FOLONI, F.M.; ROSIN, J.A.R.G. (Org.). **Drenagem Urbana: soluções alternativas sustentáveis.** 01ed. Tupã: Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista, v. 01, p. 99-107, 2018.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estabilidade de Taludes.** 2ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.

GIRÃO, O. da S.; CORRÊA, A. C. de B. 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 (Recife), v. 23, p. 05-42, 2006.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. de B.; GUERRA, A. J. T. **Encostas Urbanas Como Unidade de Gestão e Planejamento, A partir do Estudo de Áreas a Sudoeste da Cidade do Recife –PE.** Revista de Geografia – UFPE: Recife, v. 24, nº 3, set/dez pp. 242-267, 2007.

GLYMPH.L.M. Sedimentation of Reservoirs. In; ACKERMANN.W.C et al , ed. **Man – made lakes: their problems and envirommental.** Washington DC. American Geophysical Union 342-348p. 1973.

GOMES, H. A. e SANTOS, E. J. (org.). **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco.** Recife: CPRM, 2001. 214 p.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. Consideração sobre as inundações no Brasil. In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos,** 2005, João Pessoa. Anais, 2005.

GUERRA, M. D. F.; SOUZA, M. J. N. de; LUSTOSA, J. P. G. **revisitando a teoria Geossistêmica de Bertrand no século XXI: aportes para o GTP (?).** Geografia em Questão (Online), v. 05, 2012, p. 28-42, 2012.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T., SILVA, A. S. e BOTELHO, R. G. M. (orgs.). **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. -3ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.de; PRUSKI, F.F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.N. A erosão e seu impacto. In: Manzatto, C.V.; Freitas Junior, E.; Peres, J.R.R. (eds.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Brasil: Embrapa Solos, 174 p. pp. 47-60, 2002 . Disponível em www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/328096/1/usoagricolasolosbrasileiros.pdf. Acessado em 26 de jul. 2019.

HIRAI, J. N.; AUGUSTO FILHO, O.; ABREU, A. E. S. **Geoindicadores: avaliação ambiental por meio de erosão linear de solos**. In: II Simpósio de Jovens geotécnicos (GEOJOVEM), Nova Friburgo. Anais do II, 2006.

IBGE. **CENSO Demográfico, 2010**. Resultados do universo: características da população e domicílios. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado 05 de nov. 2019.

JATOBÁ, L. Geoecologia das paisagens. In: JATOBÁ, L. e SILVA, A. F. **Estrutura e dinâmica atual de paisagens [livro eletrônico]** – 1. ed. – Ananindeua: Itacaiúnas, 2017. 107p.

JORGE, M. do C. O. Geomorfologia urbana: conceitos, metodologias e teorias. In: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

JORGE, M. C. O. e GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e movimentos de massa - recuperação de áreas degradadas com técnicas de bioengenharia e prevenção de acidentes. In: **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, v. 1, p. 7-30, 2013.

LESCH, Igor F. **Formação e conservação dos solos**. – 2ª ed. – São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

_____. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LIMA, A. J. R. e NERY, J. T. **Revisitando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas**. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física – Instituto de Geociências UNICAMP – Campinas-SP de 28 de junho à 02 de julho de 2017.

LIMA, M. G. C. de. **Metodologia de trabalho de campo em paisagem fluvial no ensino de Geografia**. 2018. 213 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

LIMA, M, I, C de. **Análise de drenagem e seu significado geológico-geomorfológico**. 3ª ed. Belém, IBGE, 2006.

LIMA, G. A. de; GENEROSO, C. M.; SANTOS, C. M. dos; SILVA, L. A.; SOUSA, R. G. de. **Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: estudo de caso**

Ribeirão Isidoro. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB – 21 à 24 de novembro de 2016.

LOMBARDI NETO, F. e PASTANA, F. I. **Relação chuva-perdas por erosão.** Boletim Científico do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo. Vol. 31. n. 19, Campinas, 1972.

LUSTOSA, S. P.; NEGREIROS, L. A.; PEDROSA, T. C.; SOUSA, A. K. da S. **A ocorrência do assoreamento às margens do Rio Pau D'arco, na Região Sul do Estado do Pará.** Faculdade Católica do Tocantins, 2010.

MACHADO, A. C. P.; CUNHA, C. M. L. da; SATO, S. E. **Alterações na morfodinâmica decorrentes da atuação antrópica – uma análise do setor noroeste de Itanhaém/SP.** REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.80 – 90, 2012.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrografia.** São Paulo: Cenage Learning, 2012.

MACHADO, C. C. C.; NÓBREGA, R.S.; OLIVEIRA, T.H.; ALVES, K.M.A.S. **Distúrbio Ondulatório de Leste como Condicionante a Eventos Extremos de Precipitação em Pernambuco.** Revista Brasileira de Climatologia, 8, v. 11, 2012.

MAGALHÃES, R. A. Erosão: Definições, Tipos e Formas de Controle. In: **VII Simpósio nacional de Controle de Erosão, 2001, Goiânia.** Anais do VII SNCE, 2001.

MAGALHÃES, G. B.; SILVA, E. V. ; ZANELLA, M. E. **Análise Geossistêmica: caminhos para um entendimento holístico.** GeoPuc, Rio de Janeiro, v. 3, p. 1-17, 2010.

MENDONÇA, Francisco e DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MANOEL, J. L e ROCHA, P. C. **Levantamento e análise comparativa dos padrões de drenagem das bacias hidrográficas dos rios Aguapé e Peixe.** XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física – Instituto de Geociências UNICAMP – Campinas-SP de 28 de junho à 02 de julho de 2017.

MARTINI, L. C. P.; UBERTI, A. A. A.; SCHEIBE, L. F.; COMIN, J. J.; OLIVEIRA, M. A. T. de. **Avaliação da Suscetibilidade a Processos Erosivos e Movimentos de Massa: Decisão Multicriterial Suportada em Sistemas de Informações Geográficas.** Revista do Instituto de Geociências – USP Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 6, n. 1, p. 41-52, julho 2006.

MATOS, M. **O que é assoreamento?.** SAAE – Serviço Autônomo de Águas e Esgotos – São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.saae.sp.gov.br/template-noticias-gerais-14/> Acessado em 15 de jul. de 2019.

MARQUES, J. S. Ciência geomorfológica. In: Guerra, A. J. T.: CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos.** 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 23-50.

MELO, A. B. C.; NOBRE, P.; MELO, M. L. D. , SANTANA RIBEIRO, S. C. **Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste do Brasil.** In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro. Meteorologia do Novo Milênio, 2000. p. 1142-1147.

MILLER JR., G. T. **Ciência ambiental.** São Paulo: Thomson Learning, 2007. 7

MINISTÉRIO DAS CIDADES/INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.** Brasília: Ministério das Cidades, IPT, 2007. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/biblioteca> Acessado em 17 de jul. de 2019.

MIRANDA, M. R. B.; Barbosa Neto, M. V ; Menezes Junior, E. M ; GIRAO, O. **Análise do perigo de inundação da bacia hidrográfica do rio Tapacurá - PE.** XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física – Instituto de Geociências UNICAMP – Campinas-SP de 28 de junho à 02 de julho de 2017.

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

MORAIS, M.D.C.; **Vórtice Ciclônico de Altos Níveis no Nordeste do Brasil: Estudo Observacional e Numérico.** Tese (Doutorado). São José dos Campos, INPE, 2016.

MORAIS, M. D. C. e GAN, M. A. **Vórtices ciclônicos de altos níveis do Nordeste do Brasil. Vórtices ciclônicos de altos níveis do Nordeste do Brasil.** 6ed.: , v. , p. 31- 36, 2016.

NASCIMENTO, A. F. do; SILVA, M. S. L. da; MARQUES, F. A. OLIVEIRA NETO, M. B. de; PARAHYBA, R. da B. V.; AMARAL, A. J. do. **Caracterização Geoambiental em Áreas com Barragem Subterrânea no Semiárido Brasileiro.** Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos; Recife, PE: Embrapa Solos UEP Recife, 2015.

NEVES, C. E. de; MACHADO, G.; HIRATA, C. A.; STIPP, N. A. F. **A importância dos geossistemas na pesquisa geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema.** Sociedade & Natureza (UFU. Online), v. 26, p. 271-285, 2014.

NEVES, C. E.; MACHADO, G. . Metodologia geossistêmica e o uso da bacia hidrográfica enquanto táxon de análise. In: X ENANPEGE. **Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia,** 2013, Campinas. Geografia, Políticas Públicas e Dinâmicas Territoriais. Dourados: UFGD Editora, 2013. v. 10. p. 2151-2163.

NEVES, D. J. D.; ALCÂNTRA, C. R.; SOUZA, E. P. de. **Estudo de Caso de um Distúrbio Ondulatório de Leste sobre o Estado do Rio Grande do Norte – Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 4, p. 490-505, 2016.

NOVAIS, A.; TORRES, E. C. **Processos erosivos do relevo e assoreamento no município de Lunardelli.** (Universidade Estadual de Londrina) Departamento de Geociências / CCE, Londrina, 2012.

OLIVEIRA, G. C. de S.; SILVA JÚNIOR, J. P. da S.; NÓBREGA, R. S.; GIRÃO, O. **Uma Abordagem da Geografia do Clima Sobre os Eventos Extremos de Precipitação em Recife-PE.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 2011, p. 238-251-251, 2011.

OLIVEIRA NETO, M. B. de e SILVA, M. S. L. de. **Neossolos quartzarênicos.** Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7k02wx7ha087apz2rpqi7zu.html Acessado em: 05 de mai. De 2019.

PEDRO, L. C. e NUNES, J. O. R. **A relação entre processos morfodinâmicos e os desastres naturais: uma leitura das áreas vulneráveis a inundações e alagamentos em Presidente Prudente-SP.** Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.34, v.2, p.81-96, ago./dez.2012.

PEDRO, F. G.; LORANDI, R. **Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP.** Revista Brasileira de Cartografia, Presidente Prudente, v. 56, n.1, p. 38-43, 2004.

PEGORIM, J. **Recife registra 6ª maior chuva em 24h para junho em 58 anos.** Climatempo, 2019. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2019/06/14/recife-registra-6o-maior-chuva-em-24h-para-junho-em-58-anos-5658>. Acessado em 31 de jul. de 2019.

_____. **Chuva volumosa alaga e causa mortes em Recife.** Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2019/07/24/chuva-volumosa-alaga-e-causa-mortes-em-recife-6814> Acessado em: 06 de ago. de 2019.

PELOGGIA, A. U. G. **A cidade, as vertentes e as várzeas: a transformação do relevo pela ação do homem no município de São Paulo.** Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v.16, p. 24 – 31, 2005.

_____. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo.** Xamã, São Paulo, 1998, 271p.

PERNAMBUCO. **Urbanização da bacia do rio Beberibe.** Secretaria de Planejamento e Gestão, 2008. Disponível em: http://www.chs.ubc.ca/consortia/events/E-20080916/Pernambuco-Urbanizacao_Rio_Beberibe.pdf Acessado em 08 de abr. de 2018.

_____. **Saiba mais sobre o Rio Beberibe.** Secretaria de Infraestrutura, 2012. Disponível em: http://www.sirh.srh.pe.gov.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=417 Acessado em: 08 de abr. de 2018.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S., FERREIRA, R. V.; MAIA, M. A. M.; BUENO, R. F. MIRANDA, F. S. de. Riscos geológicos. In: SILVA, C. R. da. **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro.** Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

PFALTZGRAFF, P. A. dos S. e TORRES, F. S. de M. **Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na Região Metropolitana de Recife**. 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. p. 1-9, 2015. Disponível em: <http://cbge2015.hospedagemdesites.ws/trabalhos/trabalhos/304.pdf> Acessado em 16 de jul. de 2019.

PONTUAL, V. **Tempos do Recife: representações culturais e configurações urbanas**. Revista Brasileira de História, vol. 21, nº 42, p. 417-434, 2001.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas**. Estud. av., São Paulo, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a04.pdf>> Acessado em 17 de jul. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OLINDA. **Diagnóstico técnico: rostos, vozes e lugares Olinda Pernambuco - Brasil**. Secretária Municipal de Saúde, 2008. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=download&alias=249-diagnostico-final-rvl-olinda-pe-9&category_slug=experiencia-olinda-pe-105&Itemid=965. Acesso em 18 de jul. de 2019.

PREFEITURA DO RECIFE. **Guabiraba**. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/guabiraba?op=NTI4Mg==>. Acesso em 05 de nov. 2019.

_____. **Pau-Ferro**. Disponível em: <http://www2.recife.pe.gov.br/servico/pau-ferro?op=NTI4Mg==> Acesso em 05 de nov. 2019.

RANZINI, M e ARCOVA, F. **A importância da vegetação na produção de água**. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente – SIMA, Governo do Estado de São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2015/08/pesquisas-comprovam-a-importancia-da-vegetacao-na-producao-de-agua-com-qualidade/>. Acesso em 29 de out. de 2019.

REBOITA, M. S.; CAMPOS, B. de C.; SANTOS, T.; GAN, M. A.; CARVALHO, V. S. B. **Análise sinótica e numérica de um VCAN no Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física v.10, n.01, p. 041-059, 2017.

RIFFEL, E. S.; GUASSELLI, L. A.; BRESSANI, L. A. **Desastres associados a movimentos de massa: uma revisão de literatura**. Bol. Goia. Geogr. (Online). Goiânia, v. 36, n. 2, p. 285-101, 2016.

RODRIGUES, C. **A Teoria Geossistêmica e sua Contribuição aos Estudos Geográficos e Ambientais**. Revista do Departamento de Geografia (USP), São Paulo, v. 1, n. 14, p. 112-122, 2001.

RODRIGUES, M. F.; SILVA, S. P. V da. **Plano de manejo: parque estadual de Dois Irmãos**. GOVERNO DE PERNAMBUCO, SEMAS, 2014.

RODRIGUEZ, J. M. M. e SILVA, E. V. da. **A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 01, número 01, 2002.

ROLIM, G.S. et al. **Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial**. Revista Brasileira de Agrometeorologia. Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

ROSALÉM, N. P. e ARCHELA, R. S. **Geossistema, território e paisagem como método de análise geográfica**. VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, 2010.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

_____. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxionomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia da USP. São Paulo: n. 6. 1992. 17-29p.

SANTANA, M. S. **Processos hidrológicos inundações, enchentes, enxurradas e alagamentos na geração de áreas de risco**. CPRM -Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%20C3%A1tico/CCBPR%20-%202017/Processos%20Hidrol%20C3%B3gicos%20-%20Inunda%20C3%A7%20C3%B5es,%20Enchentes,%20Enxurradas%20e%20Alagamentos%20na%20Gera%20C3%A7%20C3%A3o%20de%20C3%81reas%20de%20Risco.pdf>. Acessado em 17 de jul. de 2019.

SANTANA, A.; GOMES, L.; SILVA, M.; FELIPE, M. **CIDADE FRAGMENTADA: a formação popular do Recife**. V Seminário Ibero-Amaericano Arquitetura e Documentação Belo Horizonte – de 24 a 26 de Outubro de 2017.

SANTORO, J. Erosão continental. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. – 2ª ed. – São Paulo: Instituto Geológico, 2012.

SANTOS, C. L.; GIRÃO, O. **A teoria geossistêmica na pesquisa geomorfológica: uma abordagem teórico-conceitual**. Revista Geografica de America Central (impresso), v. 2, p. 49-65, 2015.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P. e OLIVEIRA, L. F. C. de. **Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.2, p.115–123, 2010.

SANTOS, A.H.M., ARAGÃO, M.R.S., CORREIA, M.F., ARAUJO, H. A., SILVA, A.B. **Distúrbio Ondulatório de Leste e seus impactos na cidade de Salvador**. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo , v. 27, n. 3, p. 355-364, 2012.

SCALAMATO, T. A.; SANTOS, D. Dal P.; GARCIA, M. dos S.; PEREIRA, T. F.; SOUZA, B. S. P. e. **Geomorfologia e percepção da paisagem: uma possibilidade de estudos sobre sustentabilidade ambiental**. 2016. (Apresentação de Trabalho/Seminário). Disponível em: https://www2.faccat.br/portal/sites/default/files/scalamato_santos_garcia_pereira_pennpe_nnaes.pdf. Acessado em 06 de abr. de 2018.

SECTMA - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Área de proteção ambiental – APA Aldeia – Beberibe**. GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. v. 01 - 05, Recife, 2012.

SILVA, E. C. N. **Formação de depósitos tecnogênicos e relações com o uso e ocupação do solo no perímetro urbano de Presidente Prudente – SP**. 2012. 183 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SILVA, F. B. R.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; CAVALCANTI, A. C.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N.; PARAHYBA, R. B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B.; SOUSA NETO, N. C.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LOPES, O. F.; LUZ, L. R. P. P.; LEITE, A. P.; SOUZA, L. G. M. C.; SILVA, C. P.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. (2001). **Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco**: Recife: Embrapa Solos-Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento-UEP Recife. (Embrapa Solos. Documentos, 35). 1 CD ROM.

SILVA, M. S. L. da. **Estudos da erosão**. Petrolina: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 1995. Disponível em: <file:///C:/Users/Joao/Downloads/ID-8173.pdf> Acessado em 31 de mar. 2018.

SILVA, J. F. G. da. **Vulnerabilidade a processos erosivos na bacia hidrográfica do rio Beberibe/ 2015**. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC (Graduação em Geografia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE *campus* Recife - Recife: O autor, 2015.

SILVA, J. F. G. da.; BARBOSA NETO, M. V. **Identificação de Riscos Erosivos na Bacia Hidrográfica do Rio Beberibe-PE**. REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA, v. 11, p. 1709-1720, 2018.

SILVA, A. M.; SCHULZ, H.E. e CAMARGO, P.B.; **Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: Editora RIMA, 2ª Edição. 2007.

SILVA, M. J. da; GALVÍNCIO, J. D.; COSTA, V. S. de O. **Abordagem interdisciplinar sobre a influência da zona de convergência intertropical — ZCIT no nordeste brasileiro**. Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais, Recife, V. 6, n. 1, p. 107-117, 2017.

SILVA, W. F.; ROCHA, A. C. P. ; SOUZA, J. L. ; SILVA, A. C. ; SANTOS, L. D. J. ; Corrêa A.C.B . **Análise da evolução morfodinâmica das unidades geomorfológica dos bairros de Santo Antônio, São José e Recife Antigo, situados na planície fluvio-marinha do Recife- PE**. VIII Simpósio nacional de geomorfologia, 2010.

SPECHT, M. J. da S. e SANTOS, C. A. dos S. **Mudanças climáticas globais x ritmos locais: análise dos fenômenos meteorológicos na Região Metropolitana do Recife – PE**. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG. Disponível em: <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1146.pdf> Acessado em: 09 de abr. de 2018.

SOARES, P, V; PEREIRA, S. Y.; SIMÕES, S. J. C.; BERNARDES, G. de Paula. **Aplicação do Conceito de Geoindicadores na Avaliação da Disponibilidade Hídrica**

em **Bacias Hidrográficas – Uma Abordagem Introdutória**. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos* V. 11 n.1, p. 111-117, 2006.

SOTCHAVA, V. B. **Definition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique**. *Institute de Géographie de la Sibirie et Extrem Orient*. n. 3, p. 94-177, 1962.

_____. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre**. *Biogeografia*. São Paulo, n. 14, 1978.

SOUBHIA, P. F. e BIANCHINI, U. C. **Erosão e assoreamento em áreas urbanas**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 2010. Disponível em: http://www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=5044 acessado em 14 de jul. 2019.

SOUSA, F. A. de. **Metodologia para avaliação do escoamento subsuperficial em vertentes**. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 39, p. 1-22, 2019.

SOUSA, M. E. **As massas de ar e as frentes que atuam no território brasileiro**. *Webartigos*, 2011. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/as-massas-de-ar-e-as-frentes-que-atuam-no-territorio-brasileiro/72332>. Acessado em 06 de ago. de 2019.

SOUZA, E. P. e ARRUDA, E. M. **A abordagem geossistêmica na compreensão da dinâmica ambiental na bacia hidrográfica do rio Ipanema, região de Sorocaba-SP**. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física – Instituto de Geociências UNICAMP – Campinas-SP de 28 de junho à 02 de julho de 2017.

SOUZA, R. S.; CAMPOS, H. L. **O processo de implantação e execução do prometrópole em Recife e Olinda (PE)**. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 1, p. 97-113, 2010.

SOUZA, S. F.; DUARTE, C. C.; SILVA, H. A.; ARAUJO, M. S.; CORREA, A. C. B. **Aplicação do conceito de morfodinâmica à análise da vulnerabilidade à erosão na bacia do rio Tapacurá PE**. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia & II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. *Anais do VII Simpósio Nacional de Geomorfologia & II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia*. São Paulo: TecArt, 2008.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Editora Blucher, 2003.

SUMMERFIELD, M.A. **Global Geomorphology: an introduction of the study of landforms**. Essex, Longman Scientific & Technical, 1991. 537p.

TAVARES, A. B.; CRUZ, S. P. da; LOLLO, J. A. de. **Geoindicadores para a caracterização de estado de diferentes ambientes**. *Estudos Geográficos*, Rio Claro, 5(2): 42-57, 2007.

TRICART, J. **Ecodinâmica**, Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 1977, 91p.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. **Geossistemas**. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, v. 05, n. 10, p. 79-89, 2006.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas**. Estudos Avançados (USP.Impresso), v. 22, p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M. e MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica** / Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA, 2006.

TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. **Drenagem e Controle de Erosão**. Avaliação e Controle da Drenagem Urbana. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2000.

VAINSENER, S. A. **Beberibe (rio e bairro, Recife)**. Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em:
http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/index.php?option=com_content&view=article&id=474. Acessado em 08 de abr. de 2018.

VARGAS, L. V. de. **Suscetibilidade a movimentos de massa: um estudo geomorfológico na sub-bacia hidrográfica do rio Vacacaí Mirim a montante da barragem do DNOS, em Santa Maria/RS**. 2015 132f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

VASCONCELOS, R. F. A. e BEZERRA, O. G. (org.) **Atlas ambiental do Recife**. Prefeitura da Cidade do Recife/Secretaria de Planejamento, Urbanismo e Meio Ambiente. Recife, 2000.

APÊNDICE A – FICHA DE CAMPO

 		PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
FICHA DE CAMPO		
PONTO:		DATA: ___/___/___
COORDENADAS GEOGRÁFICAS UTM Latitude: _____ Longitude: _____ Altitude: _____	COMPARTIMENTO: <input type="checkbox"/> Alto Curso <input type="checkbox"/> Médio Curso <input type="checkbox"/> Baixo Curso	LOCAL: Bairro: _____ Cidade: _____
PADRÃO DO TRECHO FLUVIAL: <input type="checkbox"/> Meandrante <input type="checkbox"/> Entrelaçado <input type="checkbox"/> Retilíneo <input type="checkbox"/> Anastomasado	MARGEM <input type="checkbox"/> Esquerda <input type="checkbox"/> Direita	
UNIDADES DE PAISAGEM: Tabuleiros com áreas de conservação ocupadas <input type="checkbox"/> Planície aluvial de usos diversos <input type="checkbox"/> Tabuleiros urbanizados <input type="checkbox"/> Planície flúvio-marinha densamente urbanizada <input type="checkbox"/> Colinas densamente urbanizadas <input type="checkbox"/>		
USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS DA PLANÍCIE ALUVIAL: <input type="checkbox"/> Solo Exposto <input type="checkbox"/> Área Urbana em Consolidação <input type="checkbox"/> Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas <input type="checkbox"/> Campo Antrópico <input type="checkbox"/> Área Urbana Consolidada <input type="checkbox"/> Manguezal <input type="checkbox"/> Área-Industrial <input type="checkbox"/> Floresta Ombrófila Densa Aluvial		
GEOINDICADORES DE PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS: Feições erosivas <input type="checkbox"/> Mov. de Massa <input type="checkbox"/> Deposições <input type="checkbox"/> Assoreamento <input type="checkbox"/>		
ASPECTOS MORFODINÂMICOS: _____ _____ _____		