



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI**

PRÓ-REITORIA DE ENSINO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO

REGIONAL SUSTENTÁVEL – PRODER/MDER

FRANCISCO MARCIANO DE ALENCAR SILVA

**ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO NO
MUNICÍPIO DE BARBALHA-CE**

JUAZEIRO DO NORTE- CE

2017

FRANCISCO MARCIANO DE ALENCAR SILVA

**ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO NO
MUNICÍPIO DE BARBALHA-CE**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, da Universidade Federal do Cariri, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável.

Orientadora: Prof.^a Dra. Ana Patrícia Nunes Bandeira

Co-orientadora: Prof.^a Dra. Simone Cardoso Ribeiro

JUAZEIRO DO NORTE- CE

2017



PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI

FRANCISCO MARCIANO DE ALENCAR SILVA

ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE BARBALHA-CE

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, da Universidade Federal do Cariri, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional Sustentável. Outorgado pela Universidade Federal do Cariri.

Área de Concentração: Desenvolvimento Regional Sustentável

Linha de Pesquisa: Ambiente e desenvolvimento regional sustentável

Data de Aprovação: 09/03/2017

Banca Examinadora:



Profa. Dra. Ana Patrícia Nunes Bandeira
(Orientadora / CCT/UFCA)



Profa. Dra. Simone Cardoso Ribeiro
(Co-orientadora / DEGEO/URCA)



Prof. Dr. Carlos Wagner Oliveira
(Membro convidado/CCA/ UFCA)



Prof. Dr. Marcelo Martins de Moura Fé
(Membro externo/DEGEO/URCA)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Cariri
Sistema de Bibliotecas

-
- S586z Silva, Francisco Marciano de Alencar.
Zoneamento de áreas de risco geomorfológico no município de Barbalha-CE/ Francisco Marciano de Alencar Silva. – 2017.
144 f.: il.; color.; enc. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Cariri, Centro de Ciências Agrárias e Biodiversidade, Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável, Juazeiro do Norte, 2017.
Orientação: Profª. Dra. Ana Patrícia Nunes Bandeira.
Co-orientação: Profª. Dra. Simone Cardoso Ribeiro.
1. Mapeamento. 2. Erosão. 3. Deslizamento. 4. Suscetibilidade. 5. Planejamento Urbano.
I. Bandeira, Ana Patrícia Nunes. II. Ribeiro, Simone Cardoso. III. Título.

CDD 551.41

Dedicatória

Aos meus avôs, José (Seu Deca) e Terezinha,
à minha mãe Francisca, que me educaram e me ensinaram a ser uma pessoa de bem, que me
ajudaram nas horas difíceis, tanto pessoais quanto profissionais. Saibam que
vocês me deram algo muito valioso que é sabedoria de vida,
cujas lições carrego por onde quer que eu vá.

AGRADECIMENTOS

À Prof.^a Dra. **Ana Patrícia Nunes Bandeira**, orientadora desta dissertação, que apresenta um grande conhecimento técnico, pelo apoio prestado, pela orientação pelo estímulo ao meu desenvolvimento intelectual e por acreditar no meu trabalho.

A Prof.^a Dra **Simone Cardoso Ribeiro** pelas orientações e por me acompanhar em períodos importantes da minha trajetória acadêmica.

A **FUNCAP** (Fundação cearense de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico) pela bolsa concedida para a realização deste trabalho.

À coordenação e a secretaria do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, em especial **Márcia Leite** e **Amanda Pereira**, pela competência e atenção nos atendimentos.

A prefeitura municipal de Barbalha pelas informações prestadas e pelos materiais disponibilizados.

Aos companheiros de campo **Maciel Moura**, **Gabriella Rosendo** e **Beatriz Lima** por compartilhar comigo o sol escaldante (risos), vocês foram fundamentais.

Aos amigos **Denise Brito** e **Geislan Lima**, que forneceram materiais e informações importantes para o desenvolvimento teórico e de geoprocessamento, vocês foram essenciais.

Às novas amigas do PRODER, **Aline Bezerra**, **Verônica Nogueira**, **Thainara Gomes**, **Geane Lourenço**, **Patrícia Tavares**.

Aos especiais amigos (as) **Lêda Bezerra**, **Baiano**, **Conceição**, **Socorro José**, **Sabrina Átala vieira** e **Fátima Vieira** por sempre me encorajar e incentivar.

Um obrigado todo especial aos amigos (as), companheiros (as), **Caldas Neto**, **Marilene Ferreira**, **Poliana**, **Rudge Mota**, **Diego Coelho**, **Marcos Allan**, **Baiano**, **Jhonas Faustino Douglas Abreu** e **Didier Cavalcante** que contribuíram indiretamente para a construção deste trabalho.

As minhas irmãs **Luciana de Alencar** e **Cristiane de Alencar**, assim como todo meu núcleo familiar mais próximo de **tios**, **tias**, **primos** e **primas**, sintam-se todos abraçados pela minha gratidão.

Para finalizar *“Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer.”*

Amyr Klink

SILVA, Francisco Marciano de Alencar. **ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOMORFOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE BARBALHA-CE.** 2017. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável)-Universidade Federal do Cariri (UFCA, PRODER), Juazeiro do Norte, 2017.

Perfil do autor: Licenciado em Geografia.

RESUMO

O processo de urbanização brasileira se caracteriza predominantemente pela forma rápida e desordenada que impulsiona a ocupação de áreas consideradas naturalmente frágeis e impróprias ao uso e ocupação. Essa dinâmica coloca principalmente a população menos abastada economicamente vulnerável aos riscos geomorfológicos. O risco constitui como uma medida de probabilidade e severidade de um efeito adverso à saúde e propriedade ou ao meio ambiente, é frequentemente, é estimado pelo produto da probabilidade versus consequências. Nesse contexto, o presente estudo buscou identificar as áreas de risco geomorfológico no município de Barbalha - CE e classificá-los em diferentes graus, a partir de parâmetros influentes na instabilização da área, a fim de contribuir para o planejamento ambiental e a prevenção de desastres. Para alcançar os objetivos propostos utilizou-se inicialmente um levantamento bibliográfico e cartográfico em diversas fontes em instituições públicas. Para o zoneamento dos setores de risco geomorfológicos seguiu-se os procedimentos da metodologia do IPT, recomendada pelo Ministério das Cidades. Para a identificação e mapeamento em campo das áreas de risco foram utilizadas fichas de campo de avaliação de risco adaptada do IPT. Os resultados do zoneamento apontaram 15 setores de risco, distribuídos nos bairros Tupinambá (01 setor de risco baixo/ 02 setores de risco médio/ 03 setores de risco alto/ 01 setor de risco muito alto), Alto do Rosário (02 setores de risco alto), Bela Vista (01 setor de risco muito alto/ 01 setor de risco médio), Santo André (02 setores de risco médio), Alto da Alegria (01 setor de risco médio) e, por último, o Distrito do caldas (01 setor de risco alto). Os setores de risco muito alto apresentam condições mais críticas, pois, já apresentaram processos recorrentes em anos anteriores durante episódios de chuvas intensas, gerando perdas econômicas, apresentam evidências de instabilidade expressivas e agentes deflagradores intensos, agravados principalmente pelo grau de declividade maior que 75%. Os setores de risco alto apresentaram condicionantes geológico-geotécnicos com alta potencialidade para desenvolvimento de erosão e deslizamentos, observou-se presença de significativas evidências de instabilidade. Os setores de risco médio apresentaram condicionante geológico-geotécnico predisponentes, onde o nível de intervenção no setor apresenta baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos decorrentes da instabilidade do terreno. No setor de risco baixo as condições são menos críticas, pois não apresenta fortes indícios que venha a comprometer em curto prazo a instabilidade do setor. Face ao exposto fica evidente a importância de políticas públicas voltada para reordenamento urbano, que realize ações preventivas por meio de ações estruturais (obras de contenção) e não-estruturais (educação ambiental/plano de prevenção) a fim de evitar o crescimento desordenado e ocupação de áreas impróprias do município.

Palavras-chave: Mapeamento. Erosão. Deslizamento. Suscetibilidade. Planejamento Urbano.

ABSTRACT

The Brazilian urbanization process is characterized by the rapid and disorderly way that drives the occupation of areas considered naturally fragile and unfit for use and occupation. This dynamic inflicts bigger economic vulnerability to geomorphological risks over poorer/deprived population. Risk is a measure of probability and severity of an adverse effect on health, property or the environment, and is often estimated by the product of probability versus consequences. In this context, the present study sought to identify the areas of geomorphological risk in the municipality of Barbalha-CE, and to classify them on different degrees, from influential parameters in the instability of the area, in order to contribute to environmental planning and disaster prevention. To reach the proposed objectives, a bibliographical and cartographic survey was used initially in several sources and public institutions. For the zoning of the geomorphological risk sectors, the procedures of the IPT methodology, recommended by the Ministry of Cities, were followed. For the identification and field mapping of the risk areas, the risk assessment sheets adapted from the IPT were used. The zoning results pointed to 15 risk sectors, distributed in the following neighborhoods Tupinambá (01 low risk sector / 02 medium risk sectors / 03 high risk sectors / 01 very high risk sector), Alto do Rosário (02 high risk sectors), Bela Vista (01 very high risk sector / 01 medium risk sector), Santo André (02 middle risk sectors), Alto da Alegria (01 middle risk sector) and Distrito do caldas (01 high risk sector). Very high risk sectors present more critical conditions, since they have presented recurrent processes in previous years during episodes of intense rains, generating economic losses, present evidence of significant instability and intense fire-extinguishing agents, aggravated mainly by the degree of slope greater than 75%. The high risk sectors presented geological-geotechnical conditions with high potential for the development of erosion and landslides, it was observed the presence of significant evidence of instability. The medium risk sectors presented predisposing geological and geotechnical conditions, where the level of intervention in the sector presents low potential for the development of processes due to the instability of the terrain. The low risk industry conditions are less critical, as it does not present strong indications that will compromise in the short term the instability of the sector. In view of the above, it is evident the importance of public policies aimed at urban reorganization, which carries out preventive actions through structural actions (containment works) and non-structural ones (environmental education/prevention plan) in order to avoid disorderly growth and occupation of improper areas of the municipality.

Keywords: Mapping. Erosion. Land Sliding. Susceptibility. Urban Planning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Esquema do Processo de Erosão Hídrica	33
FIGURA 2- Localização da área de pesquisa.....	39
FIGURA 3- Mapa de bairros e distritos do município de Barbalha – CE.....	39
FIGURA 4- Mapa altimétrico do município de Barbalha/CE	43
FIGURA 5- Classe de declividade do município de Barbalha/CE.....	44
FIGURA 6- Mapa geológico simplificado do município de Barbalha/CE	48
FIGURA 7- Mapa e perfil transversal de distribuição do solo no município de Barbalha/CE.....	53
FIGURA 8 - Vista parcial da cimeira estrutural do Araripe; delimitada pela escarpa estrutural.	56
FIGURA 9- Vista parcial da planície do rio Salamanca e do pedimento dissecado nas proximidades do limite na bacia.	57
FIGURA 10- Mapa de unidades geomorfológicas do município de Barbalha-CE	58
FIGURA 11- Variação mensal média da Temperatura na Estação de Barbalha/CE.....	61
FIGURA 12- Variação mensal média da Umidade Relativa do Ar na Estação de Barbalha-CE	62
FIGURA 13- Mapa de precipitação da média anual normal (Aproximada)	64
FIGURA 14- Distribuição espacial de loteamentos no município de Barbalha/CE (2005-2015).....	67
FIGURA 15- Ocupação irregular de moradias encravadas na encosta da chapada do Araripe no distrito do Caldas.	69
FIGURA 16- Expansão urbana da cidade de Barbalha de 1987 a 2011.....	70
FIGURA 17- Mapa de uso e ocupação do solo de Barbalha/CE.....	73
FIGURA 18- Mapa de Risco geomorfológico dos bairros do Município de Barbalha- CE ...	83
FIGURA 19- Mapa de risco Geomorfológico do distrito do Caldas no Município de Barbalha-Ce	84
FIGURA 20- (A) Planície da Microbacia do Rio Salamanca (B) Colina com topo aplainado	85
FIGURA 21- (A) Concentração de laterita no solo (B) Erosão acelerada no talude de corte no bairro Tupinambá	86
FIGURA 22- Mapa dos setores de risco Geomorfológico do bairro Tupinambá.....	87
FIGURA 23- Erosão por ravinamento na borda do talude	88

FIGURA 24- (A) Ocupação no topo da colina a poucos metros do talude para criação de animais (B) Lançamento de lixo sobre o talude	89
FIGURA 25- (A) Árvores tortuosas evidenciando a instabilidade do talude (B) Área de jazida inativa de retirada de material (C) Equipamento de comunicação nas proximidades do talude	90
FIGURA 26- (A) Lançamento de lixo no talude (B) Fossa drenantes e lançamento de águas servidas na direção do talude.....	91
FIGURA 27- (A) Erosão severa por ravinamento no talude (B) Concentração de bananeira na crista do talude (C) Lançamento de água servida no talude (D) Lançamento de lixo no talude	92
FIGURA 28- (A) Evidências de processos destrutivos (queda parcial de residência) (B) Avanço da erosão e perda total do muro da residência conforme indicado pela seta.	93
FIGURA 29- (A) Erosão severa por sulcos e ravinas na base do talude do setor (B) Ocupação da borda do talude por residências de pequeno e médio porte (C) Lançamento de lixo e entulho sobre o talude.....	94
FIGURA 30- (A) Vista parcial de processos erosivos por voçorocamento	95
FIGURA 31- (A) Residência de grande porte, com muro construído na borda do talude com altura e declividade bastante acentuada (B) Risco de perda econômica por atingimento de árvores de grande.....	96
FIGURA 32- (A) Vista parcial do talude sem proteção vegetal com pequenos deslizamentos planares e erosão superficial por sulcos (B) Ocupação de médio porte no topo do talude e vegetação de pequeno porte na crista do talude (C)	97
FIGURA 33- (A) Vista parcial da ocupação do topo do talude sob ação de sulcos e lançamento de lixo e entulho(B) Talude degradado pela erosão com concentração de residências no topo e de bananeiras na base.....	98
FIGURA 34- Mapa dos setores de risco geomorfológico do bairro Alto do Rosário	101
FIGURA 35- (A) Erosão severa por voçorocamento no talude (B) Desplacamento de solo na borda do talude.	102
FIGURA 36- (A) Lançamento de águas servidas na direção do talude. (B) Lançamento de águas servidas oriunda do reservatório de água da empresa responsável pela distribuição de água do município	102
FIGURA 37- (A) Lançamento de lixo na borda do talude (B) Vegetação arbustiva e de grande porte na borda e solo totalmente desnudo no topo.	103

FIGURA 38- (A) voçorocamento intensificado pela canaleta de drenagem do topo em direção ao talude e ausência de vegetação .	104
FIGURA 39- (A) Ocupação próxima a borda do talude sob risco de queda (B) Residência com telhado concentrando água da chuva em direção ao talude	105
FIGURA 40- Mapa dos setores de risco geomorfológico do bairro Bela Vista	107
FIGURA 41- (A) Vista parcial do talude de corte com ocupação desordenada (B) Sulcos e ravinamento severo ao longo do talude de corte	109
FIGURA 42- (A e B) Série de deslizamentos de pequena escala do tipo planar ao longo do talude de corte	109
FIGURA 43- (A) Talude parcialmente recoberto por lixo e entulho (B) Tubo de águas servidas lançadas sobre o talude com pouca vegetação	111
FIGURA 44- (A) área construída sobre aterro (B) vista parcial da borda do talude ocupada	112
FIGURA 45- (A) Fossa construída sobre a crista do talude (B) Lixo lançado sobre a crista do talude	112
FIGURA 46- (A) solo com a presença de laterita (B) área de jazida a leste do bairro Santo André	113
FIGURA 47- Mapa dos setores de risco geomorfológico do bairro Santo André	114
FIGURA 48- (A) Erosão por ravinamento no talude (B) águas servidas e concentração de águas de chuva dos telhados e calhas em direção ao talude	116
FIGURA 49- (A) Erosão por sulcos e ravinas ao longo do talude (B) Vista parcial da borda do talude ocupada por residências de médio porte	117
FIGURA 50- (A) Vista parcial da área ainda inconsolidada passíveis de ocupação por loteamento /Bairro Alto da Alegria	119
FIGURA 51- (A) Deslizamento de lixo e entulho na borda do talude (B) Lançamento de águas servidas sobre o talude	120
FIGURA 52- Mapa do setor de risco geomorfológico do bairro Alto da Alegria	121
FIGURA 53- (A) Ocupação muito próxima do talude sob risco de atingimento (B) Base do talude sem sustentação e sem proteção vegetal	124
FIGURA 54- Mapa de risco geomorfológico do Sítio Riacho do Meio - Distrito do Caldas	125
FIGURA 55- Ilustração das capas das cartilhas de riscos em encostas e cartilha de saúde ambiental	131

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Distribuição populacional entre bairros e distritos de Barbalha	40
TABELA 2 – Dados pluviométricos da área de estudo e municípios vizinhos.....	63
TABELA 3 – Distribuição de loteamentos no Município de Barbalha/ CE - (2009- 2016) ...	68
TABELA 4 – Variáveis de população e expansão da cidade de Barbalha-CE.....	70
TABELA 5 – Setores de risco de erosão e deslizamentos nos bairros zoneados	81
TABELA 6 – Síntese dos setores de risco do bairro Tupinambá	88
TABELA 7 – Síntese dos setores de risco do bairro Alto do Rosário	99
TABELA 8 – Síntese dos setores de risco do bairro Bela Vista.....	106
TABELA 9 – Síntese dos setores de risco do bairro Santo André	115
TABELA 10 – Síntese dos setores de risco do bairro Alto da Alegria	118
TABELA 11 – Síntese dos setores de risco do Distrito do Caldas.....	124
TABELA 12 – Motivos de ocupação das áreas de risco Alto (R3) e muito alto (R4) do município de Barbalha- CE	127
TABELA 13 – Ações executadas pelos moradores para a redução de risco	128
TABELA 14 – Percepção sobre os responsáveis pelos riscos geomorfológicos.....	128
TABELA 15 – Sugestões para redução dos riscos Geomorfológicos	129

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Conceitos sobre riscos encontrados na literatura científica	23
QUADRO 2 – Definições para zoneamento de deslizamentos e gerenciamentos de risco	24
QUADRO 3 – Movimentos de massa – síntese conceitual	29
QUADRO 4 – Tipos de agentes da erosão	31
QUADRO 5 – Sub-bacia do Cariri (baseado em Assine, 1992, 2007 e Ponte e Appi, 1990) .	49
QUADRO 6 – Critérios para determinação dos graus de risco	79
QUADRO 7 – Distribuição e tipologia dos riscos geomorfológicos	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de proteção ambiental
ATSM	Anomalia de temperatura da superfície do mar
CCM's	Complexos Convectivos de Meso-escala
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CRAJUBAR	Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	El Niño Oscilação Sul
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisa tecnológica
NEB	Nordeste do Brasil
RMC	Região Metropolitana do Cariri
SIG	Sistema de Informações geográficas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
CHESF	Companhia hidroelétrica do São Francisco
VCAN's	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Objetivos.....	22
2	BASES TEÓRICAS	22
2.1	Riscos: alguns conceitos	22
2.2	Movimentos gravitacionais de massa.....	28
2.3	Processos de transporte de partículas: erosão	30
2.3.1	Agentes e tipos de erosão	31
2.3.2	Tipos de Erosão hídrica	32
2.3.3	Fatores naturais que influenciam a erosão	33
2.4	Geoprocessamento e sua importância para atualização do mapa de risco	37
3	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO	38
3.1	Aspectos Geomorfológicos	40
3.2	Aspectos Geológicos.....	45
3.3	Aspectos Pedológicos	51
3.4	Unidades geomorfológicas.....	54
3.5	Aspectos climáticos	59
3.6	Cobertura vegetal e Uso e ocupação do solo	65
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O ZONEAMENTO DO RISCO NA ÁREA DE ESTUDO	74
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	81
5.1	Áreas de Risco do bairro Tupinambá.....	85
5.1.1	Setores de risco do bairro Tupinambá	88
5.2	Áreas de Risco no bairro Alto do Rosário	98
5.2.1	Setores de risco do bairro Alto do Rosário	99
5.3	Áreas de Risco do bairro Bela Vista	106

5.3.1	Setores de risco do bairro Bela Vista.....	108
5.4	Áreas de Risco do Bairro Santo André.....	113
5.4.1	Setores de risco do bairro Santo André	115
5.5	Áreas de Risco do bairro Alto da Alegria.....	118
5.5.1	Setor de risco do bairro Alto da Alegria	119
5.6	Áreas de Risco do distrito do Caldas	122
5.6.1	Setor de risco do distrito do Caldas.....	123
6	PERCEPÇÃO DOS RISCOS SOCIOAMBIENTAIS EM SETORES DE RISCO ALTO E MUITO ALTO	126
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	132
ANEXO	143

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização e o crescimento desordenado das cidades em áreas impróprias à ocupação é devido a características geoambientais desfavoráveis, que tem influenciado diretamente nos desastres naturais. Atividades humanas como cortes para estradas, desmatamento, alteração nas drenagens, lançamento de lixo, lançamento de águas servidas e construção de residências sem infraestrutura correta, intensificam os riscos geomorfológicos. Esse fato justifica a necessidade de implantação de políticas públicas (municipais, estaduais e/ou federais) específicas para a gestão de risco geomorfológico.

As consequências provocadas pela ocupação em áreas impróprias têm demonstrado a necessidade de políticas públicas voltadas para o ordenamento urbano. Desta forma, em 2001 foi aprovada a Lei Federal de Nº 10.257, do Estatuto da Cidade, que regulamenta o capítulo "Política Urbana" da Constituição Brasileira. Seus princípios básicos são o planejamento participativo e a função social da propriedade. A sua finalidade é organizar o processo de expansão urbana por meio de uma política de desenvolvimento urbano garantindo assim o bem estar dos habitantes. O Estatuto da Cidade estabelece normas para as cidades com mais de vinte mil habitantes, onde é obrigatória a elaboração e aprovação do Plano Diretor que servirá como instrumento político de desenvolvimento e expansão urbana, ou seja, define o uso e ocupação do solo e o destino das áreas para urbanização controlada, que garanta a segurança dos taludes, vales e topos e impeça a sua ocupação por moradias em situação de risco.

Para controle da ocupação de áreas instáveis, é necessário conhecer as condições geoambientais, assim como as condições geológico-geotécnicas, caracterizar os parâmetros envolvidos para obtenção de informações de suscetibilidade e vulnerabilidade do meio e representar em forma de mapas. Assim, o arranjo das informações de suscetibilidade agregado à vulnerabilidade mensura o risco. Com a exigência do Plano Diretor, alguns municípios que convivem com os riscos geomorfológicos tem tido a necessidade de avaliar seu potencial.

O município de Barbalha-CE, integra junto com mais oito municípios, a Região Metropolitana do Cariri¹ (RMC), e possui 55.323 habitantes, cujo plano diretor elaborado em 2000 encontra-se desatualizado. Assim, diante das condições de instabilidade dos taludes e a

¹ Criada em 29 de junho de 2009, a região metropolitana do Cariri (RMC) é formada por nove municípios (Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha, Missão Velha, Jardim, Nova Olinda, Santana do Cariri, Farias Brito e Caririáçu) e tem como ponto central o aglomerado urbano do triângulo CRAJUBAR.

ocupação dessas áreas é perceptível a falha na aplicação do Plano Diretor, e que há uma necessidade de políticas públicas de gerenciamento de risco e de políticas de habitação neste município.

Em meio ao contexto do semiárido o município está localizado numa área de exceção, tornando-se relevante a investigação dos riscos ambientais, devido às condições climáticas, geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, pedológicas e vegetacionais serem diferentes da área semiárida, diferenciando nas condições de umidade e intensificação antrópica, principalmente pelo fato do grande potencial de crescimento econômico, com vistas às atividades ligadas aos equipamentos de lazer (balneários, ecoturismo, geoturismo), destaque como polo médico hospitalar e crescimento educacional na área de saúde. Pode-se levar em conta que estes fatores contribuem também para o processo de crescimento populacional e conurbação com a cidade de Juazeiro do Norte. Sobre isso Queiroz (2014 p.5) enfatiza:

A percepção do processo de conurbação revela-se não apenas no tecido urbano do Crajubar, mas, sobretudo, no seu arranjo urbano-regional. Ademais, o crescimento demográfico verificado nas cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha, sobretudo nas últimas décadas, bem como a expansão das atividades e fluxos de caráter regional concorreram para reforçar ainda mais o processo de integração socioeconômica do Crajubar. Para isso, a organização das atividades econômicas, a forma como os principais serviços públicos e privados estavam distribuídos no conjunto das três cidades e a proximidade territorial entre as mesmas foram determinantes.

Desta maneira, com o crescimento desordenado, áreas suscetíveis a processos geomorfológicos, já estão sendo ocupadas. A falta de planejamento adequado, sem levar em conta as formas de relevo e o grau de declividade, é um fator agravante para as pessoas que ali ocupam, uma vez que estão construindo suas moradias em áreas suscetíveis a ocorrência de processos morfodinâmicos significativos. Em algumas áreas incidem eventos geomorfológicos como deslizamentos de pequena escala e processos erosivos os quais ocorrem com mais frequência. Sobre essa perspectiva surge a necessidade de mapear as áreas de risco, sendo este o objeto desta dissertação.

Um importante instrumento para o planejamento municipal é o mapa de risco geomorfológico que pode ser utilizado para diversos propósitos como: planejamento urbano, definição de áreas prioritárias para intervenções em base técnica, sistema de controle nos pontos críticos; tipo de tratamento da área em função do seu maior fator de risco (se

geomorfológico, geológico ou ambiental); Instrumento de negociação com as comunidades e órgãos de financiamento e orçamento de obras. Um aspecto importante das informações do mapa de risco é que, as áreas definidas como de alto risco, por não serem objetos de ocupação planejada, estão sempre sujeitas a novas invasões. O Plano Diretor e a lei de Uso e Ocupação do Solo podem definir o destino dessas áreas para urbanização controlada, que garanta a segurança do talude e beiras de rios e impeça a sua ocupação por moradias em situação de risco (GUSMÃO FILHO, 1997), (BANDEIRA , 2003).

Na área de estudo também não existe um trabalho amplo que incorpore o mapeamento detalhado dos riscos geomorfológico, visto que no ano de 2000 Barbalha foi o primeiro município do Cariri a terracear a encosta do núcleo urbano da sede municipal, porém ainda existem muitas áreas consideradas de risco que não foram estabilizadas e necessitam de medidas estruturais e não-estruturais.

Diante destas necessidades este estudo buscou identificar e cartografar quais áreas ocupadas do município de Barbalha estão sujeitas à erosão e deslizamentos e qual o seu grau de risco também analisar a percepção dos moradores em relação ao risco. O estudo servirá para um melhor entendimento da paisagem do município em questão, visto que é necessária uma preocupação para tais processos, no sentido de avaliar as áreas de riscos geomorfológicos.

Surge assim a preocupação com a ocupação de áreas inadequadas para construção de moradias, pois atualmente não existem políticas públicas no município de Barbalha voltadas para o re-ordenamento urbano com a finalidade de identificar áreas de riscos sujeitas a erosão e deslizamento ou, até mesmo, suscetíveis a tal processo. Dessa forma, o presente trabalho possui relação direta com as quatro dimensões que compõem o desenvolvimento sustentável: ambiental, social, econômica e política. Uma vez que, manter o equilíbrio na convivência entre o homem e o meio ambiente demanda cuidar dos aspectos ambientais, sociais e econômicos e buscar alternativas para garantir qualidade de vida às gerações atuais e futuras.

1.1 Objetivos

Identificar as áreas de risco geomorfológico no município de Barbalha - CE, e classificá-los em diferentes graus, a partir de parâmetros influentes na instabilização da área, a fim de contribuir para o planejamento ambiental e prevenção de desastres.

Como objetivos específicos são elencados os seguintes:

1. Caracterizar os aspectos geoambientais (geologia, clima, geomorfologia, pedologia, altimetria, vegetação) assim como o uso e ocupação do solo do município em questão;
2. Identificar as causas e agravantes de instabilização dos taludes, tais como: altura e declividade dos taludes, lançamento de lixo e entulho nas encostas e drenagem, exploração de jazidas em áreas ocupadas, lançamento de águas servidas no solo, fossas drenantes próximo a crista dos taludes, sobrecarga de edificações de grande porte, entre outros;
3. Identificar as áreas que estão em situação de risco, hierarquizando-as em graus de risco;
4. Elaborar mapa de risco de erosão/deslizamento; com finalidade de espacializá-los cartograficamente;
5. Analisar a percepção dos moradores em relação aos do riscos geomorfológicos;

2 BASES TEÓRICAS

2.1 Riscos: alguns conceitos

A sociedade atua vive cercada por riscos nos mais variados contextos, com o desenvolvimento e inovação das técnicas, esses risco tem se intensificado cada vez mais de forma efetiva. Giddens (1991) na sua obra “Consequências da Modernidade” faz referência aos riscos globais de grandes consequências que todos nós corremos nessa era moderna e possuindo elementos básicos de descontrole da modernidade, e onde nenhum ser humano ou grupo em especial é responsável por eles.

O termo “risco” atualmente possui diferentes abordagens e formas, no que se refere ao risco social, tecnológico e natural. O primeiro refere-se ao comportamento da sociedade promovendo a insegurança da mesma. O segundo refere-se às técnicas desenvolvidas com a evolução tecnológica, pondo em risco a própria sociedade, que tem tratado de buscar difundir técnicas capazes de viabilizar a vida humana; e, por último o risco natural derivado, dos processos naturais geomorfológicos, geológicos e climáticos ocasionados pelos agentes externos da natureza, como: escorregamentos, processos erosivos, rolamento, queda de blocos rochosos e as inundações (OLIVEIRA *et al*, 2012).

Nas abordagens que tratam sobre a questão dos riscos verifica-se uma bibliografia diversificada, dificultando no entendimento conceitual do termo. Observa-se que o conceito de risco é tratado muitas vezes pelo mesmo conceito de desastre natural, perigo ou vulnerabilidade por muitos autores.

Segundo Almeida (2010) há uma diversidade teórico-conceitual da abordagem do risco e que são comuns as imprecisões, ambiguidades e até confusões quanto ao estabelecimento dos conceitos. O quadro 1 explana uma diversidade de aspectos conceituais discutidos na literatura.

QUADRO 1 – Conceitos sobre riscos encontrados na literatura científica

AUTORES	CONCEITO DE RISCO
Zuquete (1994)	O risco é o resultado entre o evento e a vulnerabilidade dos elementos sob o risco e que corresponde a sua predisposição em ser afetado ou estar suscetível a sofrer perdas (danos)
Cerri e Amaral (1998)	O risco é uma probabilidade de perdas e danos sociais e econômicos
Aneas de Castro (2000)	O conceito inclui a probabilidade de ocorrência de um evento natural ou antrópico e apreço pelo homem em termos de seus efeitos adversos (vulnerabilidade).
Cristo (2002)	Medida de danos ou prejuízos potenciais, expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis

Castro <i>et al.</i> (2005)	Riscos e refere ao conhecimento <i>a priori</i> de possibilidade de danos, enquanto que <i>incerteza</i> seria o desconhecimento das possibilidades
Veyret (2007)	Risco é a percepção de um perigo possível, mais ou menos previsível por um grupo social ou por um indivíduo que tenha sido exposto a ele.
Brasil (2007)	É a relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco.
Tominaga (2009b)	É a possibilidade de se ter consequências prejudiciais ou danosas em função de perigos naturais ou induzidos pelo homem. Assim, considera-se o Risco (R) como uma função do Perigo (P), da Vulnerabilidade (V) e do Dano Potencial (DP), o qual pode ser expresso como: $R = P \times V \times DP$.

Fonte: Adaptado de Brito (2016)

Diante da diversidade teórico-conceitual, não somente do termo “risco”, mais também de termos como, acidente, desastre, perigo “hazard”, ameaça, suscetibilidade, vulnerabilidade e outros, optou-se para este trabalho aderir os conceitos do Comitê Técnico em Deslizamentos e Taludes artificiais -JTC1 (Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes), que elaborou em 2008 um documento buscando uma padronização dos termos, o qual atualmente tem sido recomendado internacionalmente para zoneamento de deslizamento e gerenciamentos de risco (MACEDO e BRESSANI, 2013). As definições para os termos utilizados pelo JTC1 estão descritos no Quadro 2.

QUADRO 2 – Definições para zoneamento de deslizamentos e gerenciamentos de risco

TERMOS	DEFINIÇÕES
Evento	Fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e / ou social.
Perigo (HAZARD)	Condições ou fenômeno com potencial para causar uma consequência indesejável (num intervalo de tempo). A descrição de perigo de deslizamento deve incluir o local, volume (ou área), tipo e velocidade do deslizamento potencial ou qualquer material desprendido resultante, e a probabilidade da sua ocorrência dentro de um dado período de tempo.

Vulnerabilidade	Grau de perda para um dado elemento ou grupo de elementos dentro da área afetada pelo deslizamento e erosão. É expressa numa escala de zero (sem perda) até 1,0 (perda total).
Suscetibilidade	Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
Risco	Medida de probabilidade e severidade de um efeito adverso à saúde, propriedade ou ao meio ambiente. O risco é frequentemente estimado pelo produto da probabilidade versus consequências. No entanto, uma interpretação mais geral de risco envolve uma comparação da probabilidade e consequências sem cálculos do seu produto.
Área de risco	Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda (assentamentos precários).
Zoneamento	Divisão do solo em áreas ou domínios homogêneos e sua classificação de acordo com graus de suscetibilidade, perigo ou risco de deslizamentos e erosões reais ou potenciais, ou ainda de acordo com a aplicabilidade de regulamentações ligadas ao perigo.

Fonte: Adaptado de Macedo e Bressani (2013)

O termo risco possui diferentes definições, variando conforme o contexto científico e cultural em que é utilizado, percebe-se que, na maioria das vezes, o termo vem acompanhado de um adjetivo. Para Castro *et al*, (2005) esse adjetivo o qualifica e o associa ao cotidiano da sociedade, a exemplo disso temos os risco ambiental, risco tecnológico, risco natural, risco social, risco biológico, risco econômico, entre outros.

A respeito da classificação de risco, há uma vasta bibliografia com grande diversidade de enfoques. Diferentes processos são classificados como riscos geológicos, principalmente os associados à dinâmica externa como erosão e deslizamentos. Alguns autores utilizam para este processo o termo risco geomorfológico.

Assim o termo risco geomorfológico é comumente empregado como sinônimo de risco geológico. Mas, para Cerri (1999) os riscos geomorfológicos estão enquadrados numa ideia de risco mais ampla, que é a de risco natural, pois os processos naturais fazem parte da dinâmica natural do nosso planeta. Assim, em se tratando de manifestações próprias da natureza, ocorrem independentes da presença do homem. Mas a ação humana pode acelerar, intensificar e induzir a ocorrência de muitos deles (enchentes, escorregamentos, erosão, etc.), especialmente devido às alterações ambientais provocadas pela ocupação. Desta forma, a

expressão “processos naturais”, na verdade engloba, também, os processos induzidos pelas atividades da sociedade.

Sobre a contextualização dos riscos naturais, a qual o risco geomorfológico está inserido, Santos Filho (2011), vem a considerar os riscos geomorfológicos aqueles relacionados à forma de ocupação do homem sobre o terreno, seja em encostas ou em baixadas, e as situações que indicam risco são, entre outras, a presença de cortes verticais e sub-verticais, executados em rocha ou solo, com alturas variadas.

Assim, diante de uma abrangência do termo, neste trabalho adotou-se os processos de erosão e deslizamento como sendo de risco geomorfológico.

No cenário atual dos desastres naturais urbanos, a grande maioria está associada às diversas formas de ocupação sobre o terreno, intensificados, geralmente, por eventos pluviométricos intensos e prolongados. Eventos como estes tem ocorrido no Brasil de forma geralmente desastrosas como a ocorrida entre 11 e 12 de janeiro de 2011 na região serrana no estado do Rio de Janeiro, o qual foi considerado o maior da história do país, afetando diretamente 20 municípios e 90 mil pessoas. Foram 30 mil desabrigados e desalojados, bem como, 916 vítimas fatais de enchentes, deslizamentos e desabamentos (CASTILHO *et al*, 2012). Outra cidade que apresenta todos os anos transtornos relacionados a ocupação de áreas de risco é a cidade de Recife no estado do Pernambuco. Segundo a defesa civil do estado, no dia 29 de junho de 2015, a cidade registrou a maior chuva do ano diária, com 228 milímetros em 24 horas. O volume correspondeu ao esperado para 16 dias do mês de junho, o que resultou em duas mortes e dezenas de desabrigados (G1-PERNAMBUCO, 2016). Ocorrências como estas acontecem em escalas consideráveis, porém, os efeitos mais lesivos se restringem às áreas urbanas, dado não apenas à maior concentração populacional, mas, principalmente, à ocupação imprópria nas encostas.

Segundo Girão (2007) o processo de ocupação de áreas de encostas implica em impactos ao ambiente físico, que passa a ser afetado de forma extensiva e intensiva à medida que se tem a expansão da utilização do solo para fins de ocupação. A ocupação de encosta pode ser atribuída ao fato da urgente necessidade por moradia por parte de pessoas que chegam aos grandes centros urbanos ou que já moram, constituem família e precisam de outra moradia.

De acordo com Brasil (2006), as cidades brasileiras são marcadas pela exclusão sócio espacial, há outro fator que aumenta ainda mais a frequência dos deslizamentos: a ocupação

das encostas por assentamentos precários², favelas³, vilas⁴ e loteamentos irregulares⁵. A remoção da vegetação, a execução de cortes e aterros instáveis para construção de moradias e vias de acesso, a deposição de lixo nas encostas, a ausência de sistemas de drenagem de águas pluviais e coleta de esgotos, a elevada densidade populacional e a fragilidade das moradias aumentam tanto a frequência das ocorrências como a magnitude dos acidentes.

Levantamentos de riscos de encostas de vários municípios brasileiros indicam que a falta de infraestrutura urbana é uma das principais causas dos fenômenos de deslizamentos no Brasil. Desta forma, uma política eficiente de prevenção de riscos de deslizamentos e também erosão em encostas deve considerar como áreas prioritárias de atuação os assentamentos precários e deve também fazer parte das políticas municipais de habitação, saneamento e planejamento urbano (BRASIL, 2006).

No intuito de prever problemas como esses, o Governo Federal publicou a Medida Provisória nº 547, de 11 de outubro de 2011, que alterou o Estatuto das Cidades, a Lei de Parlamento do Solo e a Lei do Parlamento Nacional de Defesa Civil (SINDEC). Com a nova Legislação o Governo Federal instituiu o Cadastro Nacional de municípios com áreas propícias à ocorrência de escorregamentos de grande impactos ou processos geológicos correlatos. Essa medida adotada pela Casa Civil é importante na prevenção dos riscos naturais, por meio de elaboração de cartas geotécnicas de aptidão a urbanização e mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamentos de grande impacto.

²Porções do território urbano com dimensões e tipologias variadas, que têm em comum: áreas predominantemente residenciais, habitadas por famílias de baixa renda; a precariedade das condições de moradia, caracterizada por inúmeras carências e inadequações, tais como: irregularidade fundiária; ausência de saneamento básico; localização em áreas mal servidas por sistema de transporte e equipamentos sociais (BRASIL, 2010).

³Aglomerado Subnormal como sendo um conjunto de domicílios com no mínimo 51 unidades que ocupa de maneira desordenada e densa, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e que não possui acesso a serviços públicos essenciais (IBGE, 2011).

⁴Grupo de casas com acesso único a um logradouro. Na vila, as casas estão agrupadas umas junto às outras, constituindo-se, às vezes, de casas geminadas (IBGE, 2011).

⁵Loteamentos que não atende aos preceitos legais da lei Federal nº. 6.766/79 de parcelamento do solo que exige infra-estrutura básica como: saneamento básico, escoamento pluviais, água potável, energia elétrica e etc (BRASIL,1979).

2.2 Movimentos gravitacionais de massa

Os movimentos de massa têm sido objeto de amplos estudos nas mais diversas latitudes, não apenas por sua importância como agentes atuantes na evolução das formas de relevo, mas também em função de suas implicações práticas e de sua importância do ponto de vista econômico e social. A análise e o controle de instabilizações de encostas têm seu amplo desenvolvimento com as grandes obras civis modernas, em paralelo à consolidação da Engenharia e da Geologia de Engenharia (CRUDEN e VARNES, 1996).

Esses tipos de evento já vêm sendo relatados há vários séculos na Ásia e na Europa. O primeiro deslizamento de que se tem notícia ocorreu na Província de Honan, localizada na China, no ano de 1767, provocado por um terremoto (XUE-CAI e NA-NING, 1986, *in* SCHUSTER, 1996). Desde então, vários são os relatos de deslizamentos ocorridos em todo o mundo até os dias atuais, geralmente seguidos por relatos de perdas humanas e econômicas.

De acordo com Cruden e Varnes (1996) os movimentos de massa podem ser classificados em dois grupos; sendo o primeiro grupo referente aos movimentos de massa devido à ação da gravidade, e o segundo grupo os movimentos de massa causados por processo de transporte de massa (erosão).

Uma das classificações mais usadas internacionalmente, devido a sua simplicidade, é a proposta por Varnes (1978) que se baseia no tipo de movimento e no tipo de material transportado. No entanto, quando se trabalha com movimentos de massa é importante que se utilizem uma terminologia consistente para classificá-los e descrevê-los. Desta forma é recomendado que se utilize as classificações de Cruden e Varnes (1996), Varnes (1978) ou Hutchinson (1998) e a terminologia descrita em IAEG (1999) (MACEDO e BRESSANI, 2013).

Vale também ressaltar propostas mais atualizadas de classificação dos movimentos gravitacionais de massa, como proposto por Dikau (2004), em colaboração com outros autores, que utiliza as terminologias adotadas pela Sociedade Geotécnica Internacional, no grupo de trabalho responsável pelos inventários acerca de movimentos de massa no mundo (*Working Party on World Landslide Inventory – WP/WLI*), vinculado à Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) (MOURA-FÉ, 2015 p.162).

QUADRO 3 – Movimentos de massa – síntese conceitual

MOVIMENTOS DE MASSA					
TIPO	CARACTERÍSTICAS	ILUSTRAÇÃO CONCEITUAL		TIPO	CARACTERÍSTICAS
(A) Deslizamento Rotacional	Os deslizamentos ou escorregamentos são movimentos gravitacionais ao longo de uma ou mais superfícies de ruptura da encosta. As formas e quantidades de superfícies de ruptura diferenciam seus tipos: rotacionais e translacionais.	<p>Figura disponível no site: http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/images/fig3grouping-2LG.jpg (Acesso em junho de 2016) Fonte: Elaborado por MOURA-FÉ (2015) Adaptado</p>	(F) Fluxo de detritos (movimentos complexos)	Colapso estrutural do material de uma encosta a partir de uma fluidização, geralmente referido como um evento de elevada energia e magnitude significativa, tanto em termos de velocidade como destruição (corte de comunicação e de linhas de energia elétrica, soterramento de vales com detritos).	
	Possui uma superfície de ruptura curva, côncava, que desloca normalmente uma grande quantidade de material de forma rotacional, vinculado a regiões solos bem desenvolvidos. Seu início vincula-se ao desgaste natural da base da encosta, ou ao desenvolvimento de condições artificiais, como o corte da encosta para a construção de estradas.		(G) Avalanche de detritos	As avalanches são fluxos muito rápidos de grande quantidade de detritos secos, sem fluidos.	
(B) Deslizamento Translacional	O material escorregado em ambos os tipos de deslizamentos pode envolver solo, rocha ou a combinação dos dois que se deslocam em velocidades que variam de extremamente lenta a muito rápida.		(H) Fluxo de terra	Movimentos em que as partículas individuais viajam separadamente ao longo do deslocamento da massa. Envolvem rochas altamente fraturadas e detritos clásticos de fino calibre. São caracterizados por movimentos internos diferenciados, distribuídos dentro da massa.	
	Possui um plano de ruptura abrupto, bem definido, planar, e por ser um movimento de curta duração. Ocorrem durante chuvas intensas, quando é elevada a poro-pressão em uma superfície de descontinuidade.		(I) Rastejamento	São movimentos de rocha com deformação gravitacional profunda afetando massas de rochas homogêneas. São caracterizados pela presença de um elevado volume de massa Sua pequena taxa de deslocamento (<0,3 m/ano) se dá fundamentalmente por ação da gravidade e sem ação da água. Ocorre provocando o envergamento da vegetação e, eventualmente, de postes alocados em áreas de vertentes.	
(C) Deslizamento Em Blocos	Movimentos rápidos nos quais os materiais se comportam como fluidos altamente viscosos, mobilizando um expressivo volume de material (inclusive grandes blocos de rochas) em um curto período de tempo, com grande velocidade e capacidade de transporte, o qual alcança grandes distâncias.		(J) Espalhamentos laterais	Espalhamento lateral se refere a uma extensão lateral de rochas coesas ou volumes de solos ao longo de uma massa subjacente de material mais macio deformado.	
(D) Queda de Blocos	Movimentos livres de material a partir de encostas íngremes, também conhecidos como avalanche (<i>rockfall</i>). Ocorrem em falésias, margens íngremes de rios, bordas de planaltos e vertentes escarpadas de montanhas, além de áreas instabilizadas pela ação antrópica como nos cortes para construção de estradas. São provocadas por diversos fatores: ângulo da declividade, tamanho das juntas rochosas, tipos de rochas e sua deformação, além da cobertura vegetal. Ocorrem em áreas cujo material já se encontra bastante decomposto e, conseqüentemente, separado da rocha matriz.				
	(E) Tombamentos		É a rotação frontal de uma massa composta por rochas, detritos ou solos sobre um pivô em uma encosta. Pode culminar em uma queda abrupta ou deslizamento, mas a forma do movimento é de inclinação, sem colapso. Sua ocorrência pode resultar do enfraquecimento ou perda do material elástico subjacente pelo intemperismo, da dilatação e encolhimento de argilas em função de alterações na umidade do solo e erosão na parte inferior da encosta proporcionando desgaste suficiente para causar uma descarga de descompressão. Mas a principal força responsável por um tombamento é a separação de uma coluna de modo que a carga é transferida para uma base mais estreita com rocha mais fraca		

Percebe-se que há um vasto leque de propostas de classificação dos movimentos gravitacionais de massa a ser seguido. Nesta revisão será abordada a conceituação mais atual proposta por Dikau (2004), que divide os movimentos de massa em: deslizamentos (*slides*) rotacionais (*rotational landslide*) e translacionais (*translationallandslide*); deslizamento de blocos (*block slide*), quedas de blocos (*rockfalls*), tombamentos (*topple*), movimentos complexos (*complex moviments*), os quais incluem a junção de dois tipos: fluxo de detritos (*debris flow*) e a avalanche (*debrisavalanche*), mais os fluxos ou corridas (*earthflow*), o rastejamento (*creep*) e, por fim, os espalhamentos laterais (*lateral spread*) (MOURA-FÉ, 2015). As tipologias estão resumidamente caracterizadas e ilustradas no quadro 3.

2.3 Processos de transporte de partículas: erosão

O solo é um dos recursos naturais mais disponíveis da superfície terrestre, sendo essencial para grande parte das atividades humanas, como principal pode-se apontar a produção de alimentos. Segundo Mafra (2014) com o objetivo de usufruir de condições ambientais propícias ao uso agrário o homem tem buscado meios consonantes com seu nível tecnológico, para transformar cada vez mais as terras em espaços produtivos, sem considerar seu potencial e suas limitações quanto ao seu uso.

De acordo com Santos (2009) a erosão do solo constitui a principal causa do empobrecimento precoce das terras produtivas. As enxurradas, provenientes das águas que não foram retidas ou infiltradas no solo, transportam partículas de solo em suspensão e nutrientes necessários às plantas.

A erosão é um processo natural na evolução do relevo, podendo ser definida como a retirada de sedimentos (produzidos pelo intemperismo sobre as rochas) das partes mais altas e transportadas para as partes mais baixas (GUERRA e GUERRA, 2005), A erosão constitui assim uma das ações mais perturbadoras ocorridas no solo, seja ela natural ou acelerada pelas ações antrópicas, a qual pode ser definida como processo de degradação e remoção de partículas do solo, rochas ou fragmentos, através da ação combinada da gravidade com a água, o vento, o gelo e outros organismos (plantas e animais) (SALOMÃO e IWASA, 1995).

Sobre a dinâmica das encostas, os processos erosivos também estão inteiramente ligados na intensificação das áreas de riscos. Pode-se também ressaltar que os riscos são oriundos dos processos erosivos ocasionados, muitas vezes, pela ação antrópica.

Os processos erosivos podem ser classificados de acordo com a sua origem (natural ou antrópica) e com o agente deflagrador. Dentre os fatores de origem natural que determinam a intensidade dos processos erosivos, destacam-se como os mais importantes: a ação da chuva, a cobertura vegetal, o relevo, os tipos de solos e o substrato rochoso. Como ação antrópica tem-se o desmatamento e as formas de uso e ocupação do solo (SILVA e GIACHETI, 2001). Com relação ao agente deflagrador destacam-se dois tipos de erosão: eólica e hídrica.

2.3.1 Agentes e tipos de erosão

Os agentes primários da erosão incluem a água, o vento e o gelo, além de haver a possibilidade de erodir e remover as partículas de solo como resultado do fluxo e do impacto sobre a superfície de um determinado solo. Cada agente pode erodir um solo de forma diferente. A exemplo tem-se a erosão pluvial que ocorre: por impacto (efeito *splash*), de forma laminar, por ravinas ou por voçorocas, como mostra o quadro 4 (ARAUJO *et al*, 2005).

QUADRO 4 – Tipos de agentes da erosão

Agente	Tipo de erosão ou processo de degradação
Água	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efeito <i>splash</i> 2. Erosão laminar 3. Ravinamento 4. Voçoroca 5. Ação em ondas 6. Dutos de solapamento
Gelo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fluxo de sólidos (<i>solifluction</i>) 2. Erosão glacial 3. Arrancamento do gelo
Vento	A erosão eólica não pode ser subclassificada em “tipos”; ela varia principalmente por “grau”
Gravidade	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rastejamento 2. Fluxo de terra 3. Avalanches 4. Deslizamentos

Fonte: Adaptada de Araújo *et al* (2005).

Vale salientar que os processos de degradação agem em conjunto ou em combinações uns com outros, por exemplo, um solo perturbado por deslizamentos é mais vulnerável ao

ravinamento e voçorocamento. Por outro lado, a ação de um processo erosivo na base de uma encosta pode desencadear movimentos gravitacionais de massa.

2.3.2 Tipos de Erosão hídrica

A erosão hídrica se apresenta de diferentes maneiras. De acordo com Guerra e Guerra (2005), o processo se inicia quando as primeiras gotas de chuva (*splash*) atingem o solo e causam a sua desagregação, deixando as partículas que compõem os agregados livres para serem transportadas pelos fluxos superficiais. Em seguida, dependendo da intensidade e duração da chuva há o aumento do grau de saturação do solo e a diminuição da infiltração, favorecendo a formação de poças. A partir desse estágio inicia-se o escoamento superficial (*runoff*), promovendo a remoção, transporte de partículas e em determinados locais pode ocorrer a deposição de sedimentos. As principais características sobre os tipos de erosão hídrica serão destacadas a seguir.

Efeito *splash* - ocorre a partir do impacto das gotas de chuva caindo diretamente sobre as partículas de solo expostas. Segundo Araújo *et al* (2005) as partículas salpicadas podem se mover mais do que 60cm verticalmente e 1,5m lateralmente ao nível do solo. Em encostas íngremes, esse salpico causará um movimento encosta abaixo.

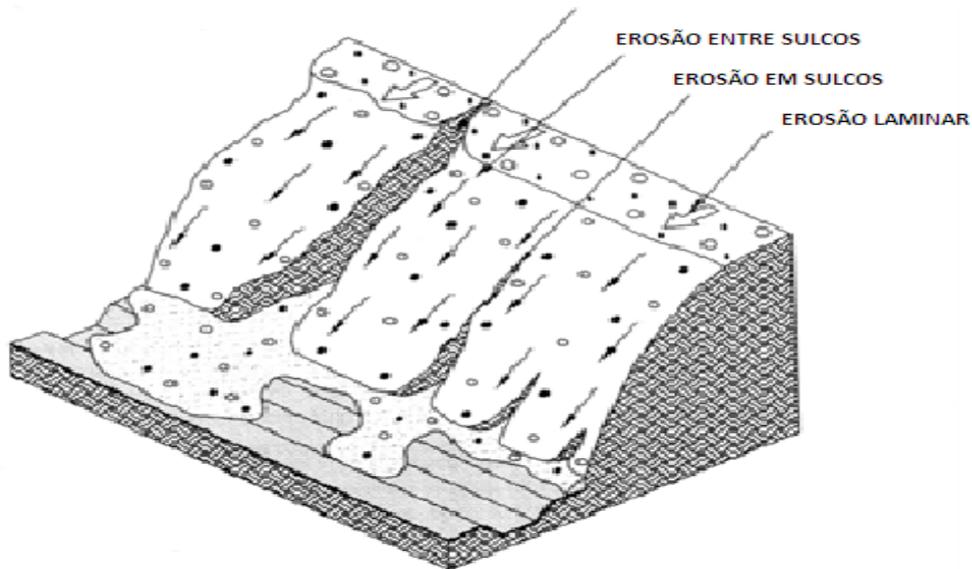
Erosão Laminar– é a remoção de solo de uma área inclinada em camadas finas. É causada pelo escoamento amplo das águas de chuva, resultando assim na remoção progressiva e uniforme dos horizontes superficiais do solo. Esse tipo de erosão se desenvolve quando há poucos obstáculos no caminho das águas, permitindo que a lâmina d'água escoe, sendo um fenômeno muito comum em regiões semi-áridas. Sua observação é difícil, mas pode ser percebida pelo aparecimento de raízes de plantas ou marcas das estruturas (ARAÚJO *et al* 2005).

Ravinamento– esse processo consiste na remoção do solo pela água por canais visíveis ou canaletas muito pequenas, mas bem definidas, onde há concentração do fluxo sobre o solo; a erosão por ravinamento é mais forte em áreas com precipitações intensas, em bacias hidrográficas ou locais com características de alta produção de escoamento superficial e camada superficial do solo solta, assim como também em áreas desprotegidas de cobertura vegetal (ARAÚJO *et al* 2005). Segundo Florenzano (2008 p.21) “As ravinas tendem a evoluir por meio de bifurcações em pontos de ruptura (*knickpoints*); e novas ravinas são formadas, e

finalmente podem evoluir para um processo erosivo de maior proporção como o voçorocamento” (Figura 1).

Voçoroca– consiste no estágio mais avançado da erosão sendo maiores do que as ravinas e carregando água durante e imediatamente após as chuvas. Caracterizam-se pelo avanço aprofundado das ravinas, onde também as águas subterrâneas passam a contribuir para evolução desse processo. A erosão por voçoroca é definida basicamente por dois critérios: a dimensão espacial (largura e profundidade) e a participação das águas do lençol freático. O critério mais adotado pela comunidade científica, inclusive internacional, é a espacial, considerando-se como voçorocas as incisões lineares maiores que 50cm de largura e profundidade (GUERRA, 2005) (Figura 1). Nesta definição o autor considera também que uma voçoroca não precisa alcançar o lençol freático, pois estando em um avançado estágio de degradação, o processo se torna irreversível impossibilitando a reabilitação da área.

FIGURA 1- Esquema do Processo de Erosão Hídrica



Fonte: Llopis Trillo, 1999.

2.3.3 Fatores naturais que influenciam a erosão

Para o solo ser removido pela erosão há necessidade da presença de um agente de destacamento e transporte. No caso da erosão hídrica, necessita de água sobre o terreno. E focando-se na erosão pluvial, a água que cai sob forma de chuva exerce ação erosiva sobre o solo. Estando este desprotegido de vegetação ou até mesmo das práticas conservacionistas, o

solo sofre uma ação de desagregação com o impacto da gota de chuva, que depois o arrasta, principalmente nos primeiros minutos da precipitação, desta forma, a quantidade de solo removida depende muito das características do solo, da declividade do terreno e da intensidade da chuva (SANTORO, 2009). Os diferentes fatores que intervêm nos processos de erosão podem ser analisados dentro dos seguintes itens: clima, cobertura vegetal, relevo e tipo de solo.

2.3.3.1 Clima

A precipitação é, sem dúvida, um dos fatores climáticos mais importantes e controladores da erosão. As principais influências da precipitação no processo erosivo são suas intensidades, duração e distribuição durante o ano, mais ou menos regular, no tempo e no espaço (SANTORO, 2009). As regiões com índices pluviométricos elevados e bem distribuídos, geralmente há formação de solos mais profundos e permeáveis, com maior resistência a erosão. Nesses solos desenvolvem-se florestas mais densas que os protegem totalmente do impacto das chuvas e retém facilmente os materiais removidos pelo escoamento superficial (SANTORO, 2009).

O contrário ocorre em regiões semiáridas onde as chuvas são irregulares e mal distribuídas possibilitando um maior transporte de sedimentos que é favorecido pela vegetação pouco densa e que não ameniza o impacto das chuvas sobre o solo. A região ainda apresenta áreas em processos de desertificação, solos rasos que são saturados rapidamente pela baixa permeabilidade e desprotegidos pelos cultivos, o que agrava ainda mais os processos erosivos.

2.3.3.2 Cobertura vegetal

Segundo Araújo *et al*, (2005) a vegetação tem uma função extremamente importante no controle da erosão. A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra os processos erosivos, e entre seus principais efeitos na proteção do solo, são destacados os seguintes: proteção contra o impacto direto das gotas de chuva; dispersão e quebra da energia das águas de escoamento superficial; aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes; aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por

efeito da produção e incorporação de matéria orgânica (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990 *apud* SANTORO, 2009).

Ao ser eliminada a cobertura vegetal, o equilíbrio natural do solo se vê alterado e o horizonte superficial passa a receber menos aporte de matéria orgânica, o que pode acarretar uma maior vulnerabilidade à erosão. A remoção da vegetação por agentes antrópicos ou naturais, geralmente resulta na aceleração da erosão. Qualquer outra medida contrária que preserve a vegetação resultará no retardamento da perda de solo.

2.3.3.3 Relevo

Os fatores associados ao relevo que interferem nos processos erosivos estão diretamente relacionados à declividade dos terrenos, às formas das vertentes (côncava, convexa, retilínea) e à extensão da vertente. Segundo Santoro (2009) a declividade tem influência decisiva na intensidade da erosão, pois, quanto maior a declividade de uma vertente, maior é a velocidade do escoamento superficial e, como consequência cresce também sua capacidade erosiva, passando a retirar do solo, partículas e materiais mais grosseiros que argila e silte.

O comprimento da rampa também é um fator a ser considerado, pois, a intensidade da erosão é verificada não somente pela declividade, mas também pelo seu comprimento, que interferem diretamente na velocidade do escoamento superficial das águas. Desta forma terrenos com maiores declividades e comprimentos de rampa apresentam maiores velocidades de escoamento superficial e, conseqüentemente, maior capacidade erosiva (SANTORO, 2009).

2.3.3.4 Propriedades do Solo (textura, estrutura, permeabilidade)

A erodibilidade é um dos principais fatores condicionantes da erosão dos solos. Indica o potencial ou o grau de facilidade com que um determinado solo pode ser erodido, é uma característica intrínseca do solo. Solos mais arenosos, em geral, são mais facilmente erodidos que os solos argilosos. Assim, o conjunto das características dos solos, que, em grande parte, depende da rocha de origem (substrato rochoso) e de sua evolução ao longo do tempo, sob ação do clima e das formações vegetais, determinam a suscetibilidade dos terrenos à erosão

(SANTORO, 2009). Segundo Bandeira (2003) o fator erodibilidade do solo tem seu valor quantitativo, determinado experimentalmente em parcelas unitárias, sendo expresso como a perda de solo, por unidade de índice de erosão da chuva.

Várias são as propriedades que afetam a erodibilidade de um solo. Entre elas destacam-se a textura, a estrutura e a permeabilidade. Essas variáveis exercem diferentes influências na erosão, pois alguns podem conferir maior ou menor resistência aos processos de ação das águas.

Com relação à textura do solo, algumas frações granulométricas são removidas mais facilmente do que outras. Solos de granulometria média apresentam maior facilidade de remoção que os solos de granulométrica grossa ou fina. Solos arenosos apresentam maiores índices de erodibilidade. Os síltes também afetam a erodibilidade dos solos sendo mais erodíveis devido à alta percentagem de areia fina. As argilas, por sua vez, diminuem a infiltração das águas e são mais difíceis de serem removidas (BANDEIRA, 2003). Ainda segundo Santoro (2009), os solos, no entanto, podem apresentar uma variação na textura das diferentes camadas de seus perfis, acarretando então diferença na velocidade de infiltração a diversas profundidades, podendo torná-lo facilmente erodível.

A permeabilidade é muito importante nos processos erosivos. Um solo que possui baixa permeabilidade apresenta maior escoamento superficial e conseqüentemente maior possibilidade de ser erodível; já os que possuem elevada permeabilidade, pode apresentar efeito negativo, causando a lixiviação das partículas menores dos solos para camadas inferiores, deixando as partículas maiores na superfície sujeitas a processos erosivos (SANTORO, 2009).

A estrutura do solo de acordo com o grau de estabilidade, tem uma importante influência na erodibilidade de alguns solos. Isto depende da quantidade de argila, húmus e outros elementos coloidais presentes no solo.

A profundidade do solo também tem grande importância nos processos de infiltração da água. Nos solos pouco profundos, a água encontra uma barreira intransponível na rocha matriz que ocorre a pequena profundidade, a qual sendo impermeável fará com que a água se acumule no perfil e sature rapidamente, fazendo com que haja um aumento do escoamento superficial, o que pode ter como consequência o aumento da ação erosiva. Solos profundos, com textura mais ou menos homogênea em todo perfil e com elevada permeabilidade,

apresenta baixa saturação mesmo diante de intensas precipitações. Estes solos são, portanto, menos sujeitos à erosão (SANTORO, 2009).

2.4 Geoprocessamento e sua importância para atualização do mapa de risco

As tecnologias de geoprocessamento (cartografia digital, dados de GPS, produtos de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas-SIG) constituem um importante instrumento tecnológico para obtenção, tratamento e análise de informações sobre o espaço geográfico. Entre essas tecnologias podemos ressaltar em especial o SIG, que podem prestar grande auxílio na construção de uma sociedade mais equilibrada, podendo ser empregadas, como instrumentos que podem ajudar a revelar as contradições e os mecanismos desiguais que o modo de produção capitalista reproduz e, mesmo, propor a partir disso alternativas para reverter tal situação (MATIAS e NASCIMENTO, 2006).

Segundo Oliveira *et al.* (2008) o SIG permite também realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, ou seja, possibilita o cruzamento de informações proporcionando assim uma visão integrada da situação. Florenzano (2002) reforça que, características como estas são de grande utilidade no estudo e monitoramento do meio ambiente, no planejamento de cidades, regiões, países e de diferentes tipos de atividades e serviços.

O geoprocessamento também é indispensável na elaboração e atualização de bases cartográficas, principalmente quando se refere ao mapeamento e atualização de mapas de riscos geológico, geomorfológicos, geotécnicos e hidrológicos. O processo de geração de uma nova base cartográfica, muitas vezes, torna-se muito dispendioso e demorado, assim sempre que possível deve-se levar em conta a alternativa de aproveitar mapas disponíveis para servirem de base para a atualização.

No Brasil, por exemplo, a maioria das áreas urbanas com riscos geomorfológicos é constituída por ocupações precárias, marcada intensamente por transformações, tanto no que se refere às características físicas e localização das residências, quanto às intervenções feitas pelos moradores nessas áreas. As condições de risco passam a ser igualmente dinâmicas, assim os registros de identificação e análise destes devem ser constante e permanentemente atualizados pelos órgãos públicos municipais (OLIVEIRA, 2011).

As avaliações de risco e os documentos cartográficos correspondentes devem ser passíveis de revisão e atualização periódicas e acessíveis ao conjunto dos usuários. Assim, ainda de acordo com Oliveira (2011), a forma digital de armazenamento de informações apresenta-se como a alternativa mais viável para a atualização e manutenção dos mapas produzidos, como também para que um maior número de pessoas possa ter acesso a estas informações, uma vez que estas devem ser de conhecimento de toda a população.

3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Barbalha localiza-se na latitude de 7°18'S e longitude 38°55' W, possui altitude média de 415,74m e está na Região Metropolitana do Cariri, Mesorregião Sul Cearense. Apresenta uma área de 451,9 km², ou seja, aproximadamente 0,34% do Estado do Ceará. Limita-se com os municípios de Juazeiro do Norte e Crato (norte), Jardim e o estado do Pernambuco (sul), Missão Velha (leste) e Crato (oeste) (Figura 2).

O município possui 15 bairros e 3 distritos (figura 3). Segundo o IBGE (2010) o município tem 43.461 habitantes, sendo 68,73% na zona urbana e uma população rural de 31,27%, correspondendo a uma distribuição populacional bastante heterogênea como apresentada na tabela 1. Em decorrência de situações sociais e a falta de políticas públicas habitacionais, áreas impróprias no município vem sendo ocupadas, este fato contribui diretamente para a intensificação dos processos de erosão e de deslizamentos.

FIGURA 2- Localização da área de pesquisa

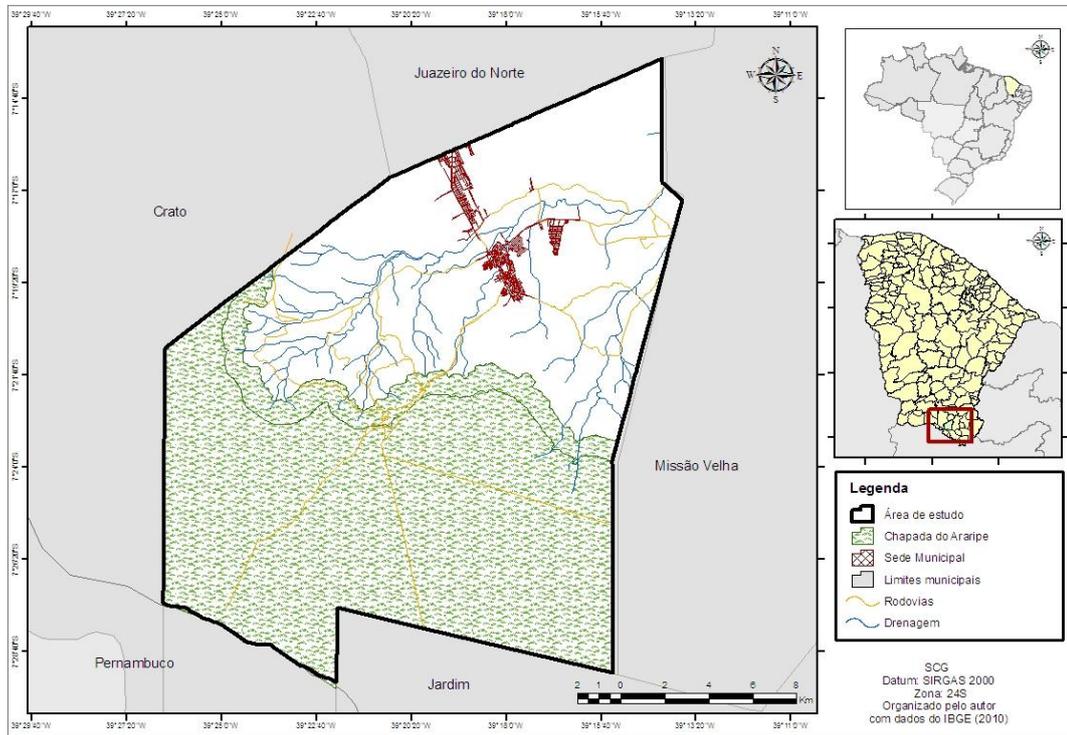


FIGURA 3- Mapa de bairros e distritos do município de Barbalha – CE

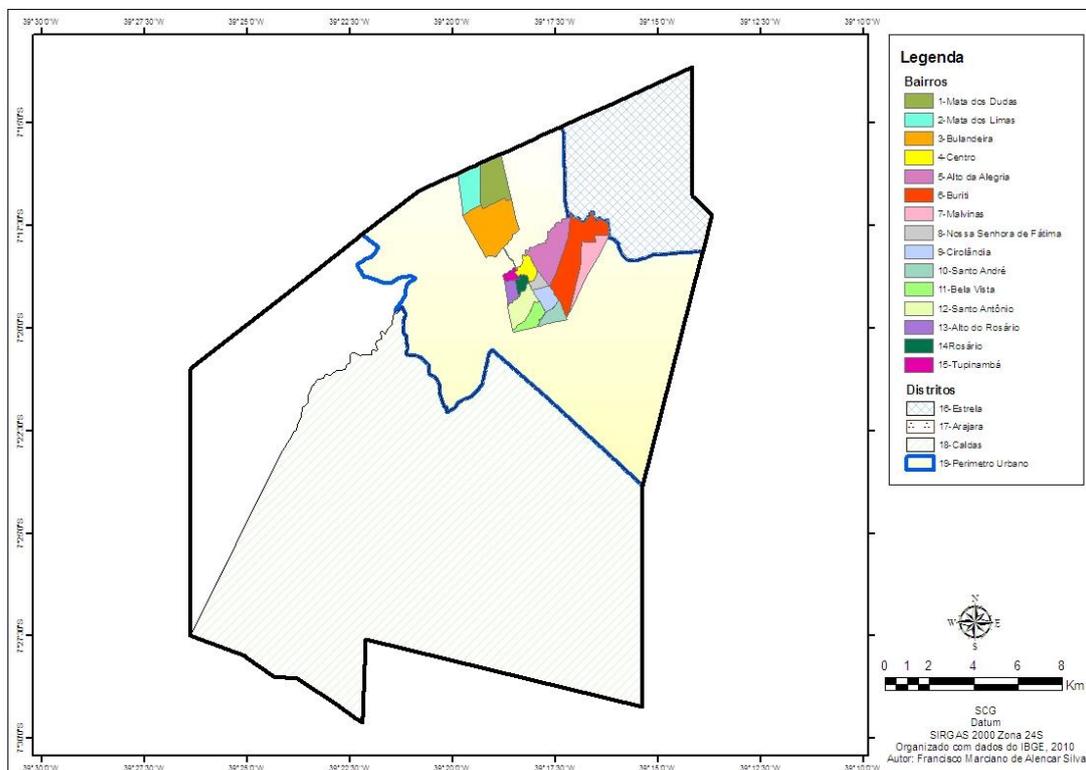


TABELA 1 – Distribuição populacional entre bairros e distritos de Barbalha

	Bairros	População Residente	População %	Extensão (Km²)
1	Mata dos Dudas	1.109	2,3	2.396
2	Mata dos Limas	887	1,8	1.710
3	Bulandeira	2.464	5,0	4.081
4	Centro	3.648	7,5	0.659
5	Alto da Alegria	4.574	9,4	2.749
6	Buriti	1.573	3,2	4.323
7	Malvinas	5.413	11,1	1.631
8	Nossa Senhora de Fátima	1.305	2,7	0.374
9	Cirolândia	5.320	10,9	0.759
10	Santo André	2.393	4,9	0.705
11	Bela Vista	2.824	5,8	0.876
12	Santo Antônio	2.080	4,3	1.363
13	Alto do Rosário	924	1,9	0.470
14	Rosário	2.296	4,7	0.356
15	Tupinambá	130	0,3	0.270
	Distritos	População	%	
16	Estrela	3.371	6,9	38.7
17	Arajara	4.445	9,1	63.9
18	Caldas	4.046	8,3	227.8

Fonte: Organizado pelo autor com dados do IBGE- Censo Demográfico, 2010

3.1 Aspectos Geomorfológicos

No tocante à geomorfologia, Barbalha apresenta um relevo bastante heterogêneo, repleto de acidentes geográficos. O elemento geomorfológico mais significativo é a Chapada do Araripe, uma forma tabular esculpida em rochas sedimentares Mesozóicas com altimetria máxima em torno de 900 metros.

A geomorfologia do município de Barbalha é marcada pela dinâmica da Chapada do Araripe e seu caimento topográfico que configura o Vale do Cariri. De acordo com Lima (2014), no contexto regional, a Chapada do Araripe, que abrange os estados de Ceará, Pernambuco e, em pequena proporção, Piauí, se apresenta como a principal feição geomorfológica da Bacia Sedimentar do Araripe, se destacando na topografia do Nordeste. É caracterizada por uma forma sub-horizontal com inclinação suave para a porção leste. A atitude máxima chega a 1.000 m, avaliado pela imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). É mais larga no sentido E-W, com distância de 174 km e, no sentido N-S, apresenta uma distância máxima de 65 km, na porção mais alongada.

Apresenta características morfológicas de relevo típico de área sedimentar do tipo chapada, com topo plano e limitado por escarpas íngremes. Por não apresentar uma inclinação mais acentuada e um reverso expressivo, não cabe uma classificação do relevo tipo cuesta, comum em outras estruturas sedimentares do Nordeste que desenvolvem topografias elevadas, a exemplo das Bacias do Parnaíba e Jatobá.

A declividade abrupta das escarpas (afloramento de Fm. Exu) que limitam o planalto sedimentar é interrompida e tem suavidade no contato com formação geológica de granulometria mais fina (Fm. Santana ou Fm. Arajara). Além da quebra de declividade, outras características são importantes na morfologia, como a forma festonada do escarpamento.

Prates *et al* (1981) afirmam que as escarpas são bem evidentes e mais abruptas nos setores Nordeste e Sul. No sentido oeste, apresentam-se menos dissecadas, enquanto no setor norte e leste, encontram-se rampas conectando as diferentes unidades - cimeira estrutural da chapada e a depressão periférica. Essa tendência reflete a influência da composição litológica, permeável e disposta em estrato sub-horizontal.

A dissecação lateral do relevo ocorre em toda chapada, porém, na porção nordeste ela é mais pronunciada, justificada pelo afloramento de fontes d'água do aquífero sedimentar superior na porção nordeste da Chapada e formação de drenagem. Além disso, o maior volume de precipitação nesta área (barlavento) aumenta o volume do fluxo superficial, intensificando o poder evolutivo de cabeceiras de drenagem (LIMA, 2014).

Na escarpa ocorrem quedas de blocos e deslizamentos, associados principalmente pela declividade vertical. O material depositado na alta encosta, a cerca de 800 m, forma o tálus constituído de material grosseiro de blocos de variados tamanhos. A paisagem do município de Barbalha é um representativo do tipo de relevo da Chapada do Araripe e seu entorno e seus

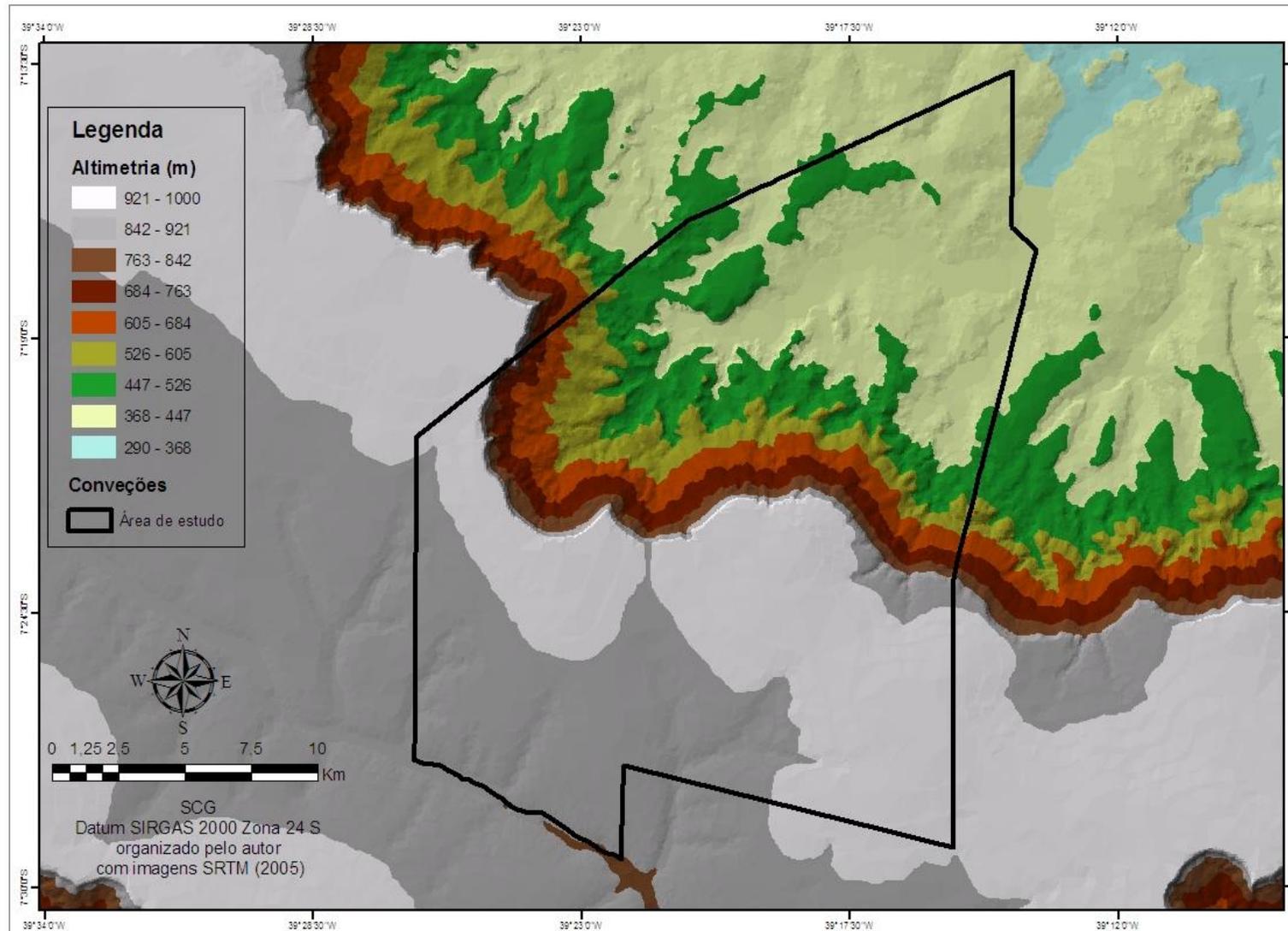
processos mais evidentes. Trata-se de uma área de borda de bacia sedimentar, com processos marcados por processos sedimentológicos (LIMA, 2014).

O relevo no limite de Barbalha apresenta uma diferença altimétrica de 631 m, sendo que no seu ponto mais alto, no topo da Chapada, a sua altitude é de 921 m e, na porção mais baixa, na planície, é de 290 m (figura 4). A diferença entre topo e o nível de base local ocorre por uma concavidade geral e um caimento em patamares de declividade variada.

Segundo Ribeiro (2012) os rebordos erosivos festonados da Chapada do Araripe, formam amplos *hollows* (anfiteatros). A autora aponta que as drenagens oriundas das fontes talham as rochas do Grupo Araripe em vales estreitos e pouco profundos, que se alargam nos patamares mais baixos, formando amplas planícies quando ocorrem no pediplano.

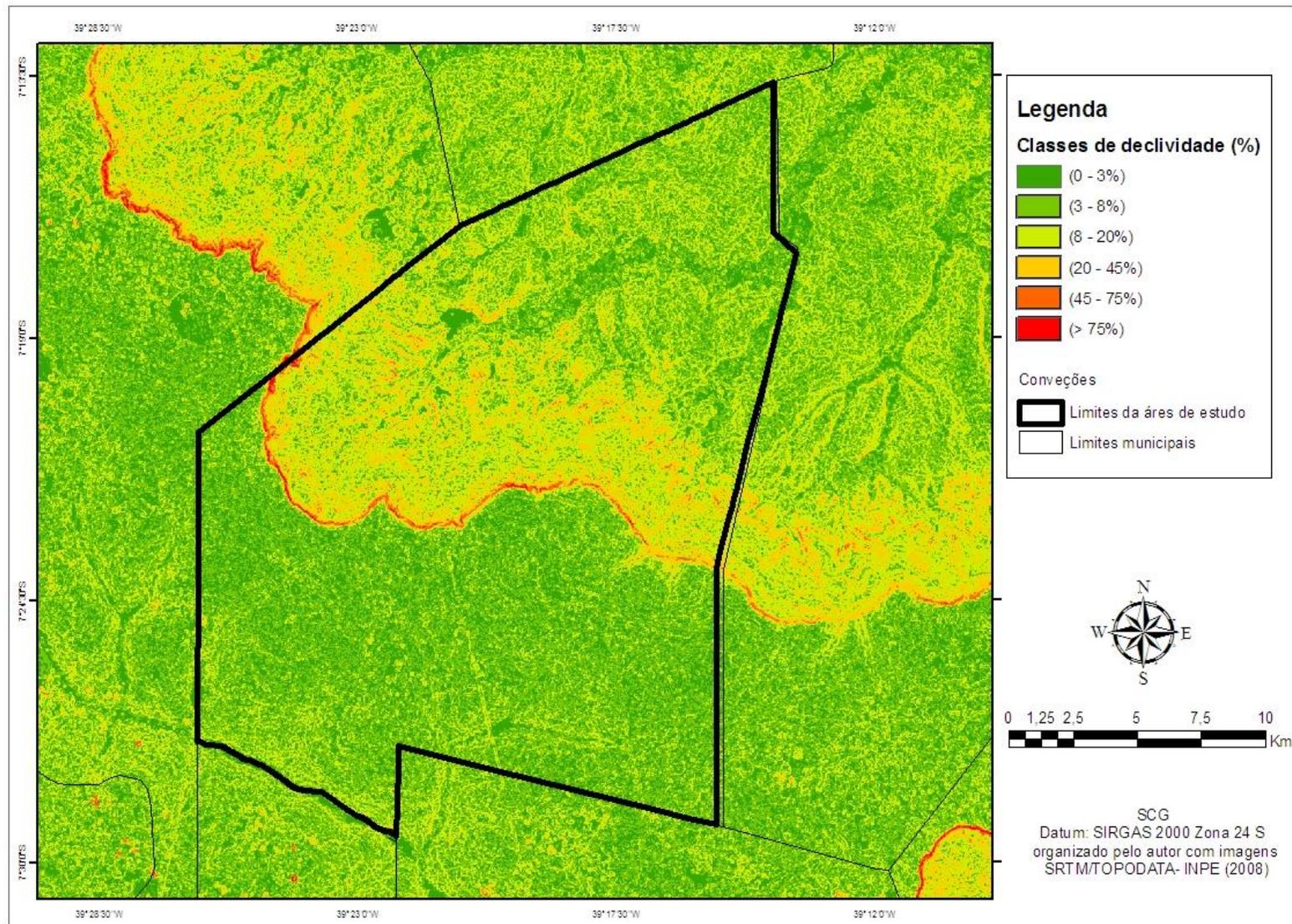
Na observação de Corrêa (Manuscrito) in Lima (2014), o contato litológico da Formação Exu e formação Santana apresentam uma diferença de padrões de declividade bem distinta: enquanto na primeira há formação de escarpa abrupta com declividade vertical, a segunda marca a linha de surgência das fontes e a partir daí, declividade com gradiente suave, dissecado pela drenagem obsequente. A erosão em sulcos é o principal agente modelador, que canaliza a água das fontes e da chuva, que resulta na dissecação da baixa encosta em forma de lombadas.

A figura 5 demonstra a diferença de declividade na área de estudo. As áreas mais planas ocorrem no topo da chapada e na planície (0° a 3°), enquanto que as maiores declividade ocorrem na escarpa. Além disso, é observado que a alta encosta é caracterizada predominantemente por declividade fortemente inclinada (20° a 45°), enquanto nas porções baixas da encosta, a dissecação é mais expressiva, onde há evolução do relevo para colinas alongadas e morros, que representam testemunhos da regressão da Chapada do Araripe.

FIGURA 4- Mapa altimétrico do município de Barbalha/CE

Fonte: Processado pelo autor a partir de imagem SRTM/TOPODATA (VALERIANO, 2008)

FIGURA 5- Classe de declividade do município de Barbalha/CE



Fonte: Processado pelo autor a partir de imagem SRTM/TOPODATA (VALERIANO, 2008), com resolução de 30m com dados da Embrapa Monitoramento por Satélite (MIRANDA, 2005).

3.2 Aspectos Geológicos

No tocante a estratigrafia da bacia sedimentar do Araripe, trabalhos já foram publicados por pesquisadores interessados no assunto. O primeiro que se tem notícia foi Small, em 1913, que fez a primeira descrição em detalhe da coluna estratigráfica do Araripe, dividindo a estratigrafia em quatro unidades, partindo da base ao topo, de conglomerado basal, arenito inferior, calcário Santana e arenito superior. Outras classificações importantes foram realizadas posteriormente como a de Beurlen (1962-1963), com o conjunto das formações Cariri, Missão Velha, Santana e Exu (ASSINE, 1992).

Essas propostas de classificação podem ser agregadas a inúmeras outras publicações com o intuito de aprimorar a caracterização e descrição a cerca da bacia sedimentar do Araripe. Dentre outros trabalhos pode-se destacar as contribuições de Braun (1966), Silva Santos e Valença (1968), Beurlen (1971a), Mabesoone e Tinoco (1973), Lima e Perinotto (1984), Rand e Manso (1984), Hashimoto *et al.* (1987), Cavalcante e Viana (1990), Neumann e Cabrera (1999), Ponte e Appi (1990). Desse conjunto de trabalhos os mais adotados têm sido os de Ponte e Appi (1990) e Assine (1992, 2007).

Baseado em Assine (2007) uma síntese a seguir da estratigrafia é apresentada a partir do mapeamento de sete formações geológicas da bacia sedimentar do Araripe relacionadas a eventos de rifteamento e formação do Atlântico Sul, com ênfase principalmente para as formações pertinentes ao município de Barbalha-CE, como pode ser observado na figura 6.

As Formações Brejo Santo (Jbs) e Missão Velha (Jmv) são ambas, sequências da etapa de pré-riftamento. A formação Brejo Santo é composta por Argilitos e folhelhos vermelhos e marrons e escuros e arenitos onde a sedimentação se consolidou em um sistema lacustre raso e em Sistemas fluvial meandrante, lacustre e eólico. A formação Missão Velha que sobrepõe concordantemente a Formação Brejo Santo, tem espessura máxima de cerca de 200 m. É constituída por Arenitos quartzosos, por vezes feldspáticos e/ou caulínicos, localmente conglomeráticos. A associação faciológica é de planícies fluviais de sistemas entrelaçados caracterizados por canais rasos e de alta energia.

O neocomiano teve início o estágio rifte na Bacia do Araripe, com a deposição da sequência correspondente à Formação Abaiara, unidade que apresenta significativa variação faciológica lateral e vertical, distinguindo-se claramente do registro estratigráfico do estágio pré-rifte.

A sequência neoaptiana-eoalbianiana registra o advento do estágio pós-rifte na Bacia do Araripe, resultado de subsidência flexural térmica. A sequência distingue-se estrutural e, estratigraficamente, das duas sequências sotopostas, sobre as quais se assenta em discordância angular. Constituída pelas formações Batateira e Santana, a sequência ocorre no sopé das escarpas, contornando a Chapada do Araripe e o morro-testemunho Serra da Mãozinha. No Vale do Cariri, apenas a Formação Barbalha, sua unidade inferior, encontra-se presente, ocorrendo descontinuamente na forma de terraços fluviais (ASSINE, 2007).

Na formação Batateiras (Kar) Predominam arenitos com intercalações de folhelhos de colorações avermelhadas e de níveis delgados de conglomerados. Arenitos finos a médios, sub-arredondados e sub-angulares, em geral bastante friáveis, argilosos, às vezes com seixos dispersos e/ou portadores de feldspatos alterados e bolas de argila. Na sua estratigrafia apresenta dois ciclos flúvio-lacustres sobrepostos; Final de evento de redução de energia do ambiente fluvial, inicialmente restrito e caracterizado por águas rasas e pouco oxigenadas.

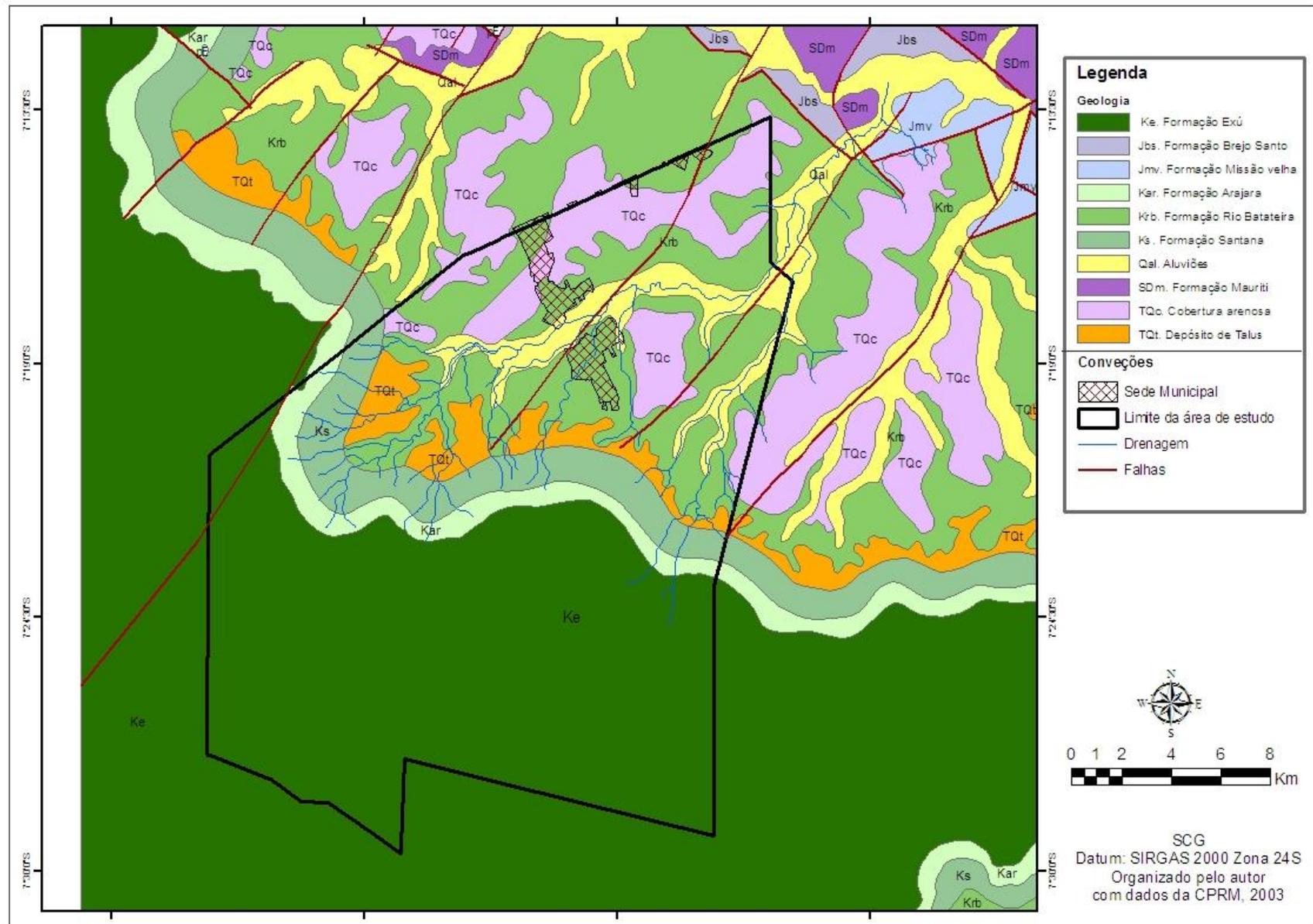
De acordo com Assine (2007) a formação Santana (Ks) é desmembrada em duas unidades litoestratigráficas: membro Crato e membro Romualdo. A primeira se caracteriza por apresentar bancos descontínuos de calcários argilosos, micríticos e laminados, bastanteossilíferos, e um nível de folhelhos verdes e negros, pirobotuminosos e fossilíferos. O segundo caracteriza-se pela presença de arenitos interestratificados com folhelhos; para o topo, o empilhamento é transgressivo e os arenitos costeiros cedem lugar a uma seção de folhelhos verdes (ricos em ostracodes), que adquirem colorações mais escuras em direção ao topo, culminando com um intervalo de folhelhos cinza escuros e pretos, ricos em matéria orgânica caracterizado por um nível de concreções fossilíferas. Para o topo, interdigitando-se aos folhelhos, paulatinamente voltam a ocorrer siltítos e arenitos (podendo não ocorrer em toda a área). A Formação Santana é estratigraficamente a mais complexa e também a mais estudada, não só pelas extensas jazidas de gipsita, mas principalmente por se constituir no principal jazigo brasileiro, famoso em todo mundo sobre tudo pela rica paleoicnofauna preservada em concreções carbonáticas.

A formação Arajara (Kar) aflora na alta encosta da Chapada do Araripe, sob forma de vertentes bastante íngremes, acima de 30°. Pode ser melhor percebida em cortes da rodovia BR-316, nas escarpas da chapada a leste e a oeste de Marcolândia (divisa entre Pernambuco e Piauí (PE/PI); dentro do município de Barbalha as melhores exposições podem ser encontradas nos arredores do distrito de Arajara. A formação é constituída por ritmitos

compostos por arenitos finos e lamitos, de colorações avermelhadas, arroxeadas e amareladas, neles ocorrendo intercalados corpos lenticulares de arenitos médios a grossos, com espessuras que ultrapassam três metros. Estruturas de sobrecarga, como pseudonódulos e almofadas, e estruturas em chama são comuns na associação, sendo a presença de truncamentos na estratificação uma característica marcante, constituindo diastemas angulares internos à unidade. Os ritmitos também podem apresentar dobramentos convolutos gerados por deformação penecontemporânea e intervalos constituídos por brechas intraformacionais com clastos de ritmitos (ASSINE, 2007).

Dentro da paisagem a formação Exu (Ke) localiza-se no capeamento da Chapada do Araripe, formando um planalto com cerca de 180 km no eixo E-W e 50 km no eixo N-S, com declives abruptos em suas bordas sob forma de paredões com quase 90 graus de declividade. Os arenitos fluviais da formação Exu recobrem em discordância erosiva a Formação Arajara em alguns locais com pequena angularidade, representando um novo evento tectono-sedimentar. Na porção oeste da bacia, o arranjo estratigráfico é de ciclos com granodecrescência ascendente, com delgados níveis de conglomerados e/ou arenitos conglomeráticos na base, superpostos por arenitos grossos com estratificação cruzada planar e acanalada, dispostos em *sets* decimétricos a métricos. Fácies pelíticas de planície de inundação ocasionalmente ocorrem intercaladas nos arenitos, às vezes preenchendo canais abandonados (ASSINE, 2007). O quadro 5 apresenta uma síntese da Litoestratigrafia da Bacia do Araripe.

FIGURA 6- Mapa geológico simplificado do município de Barbalha/CE



Fonte: Processado pelo autor com dados da CPRM (2003)

QUADRO 5 – Sub-bacia do Cariri (baseado em Assine, 1992, 2007 e Ponte e Appi, 1990)

CRONO-ESTRATIGRAFIA	TECTONO-SEQUÊNCIA	TECTÔNICA	ESTRATIGRAFIA GENÉTICA Ambientes de sedimentação	LITOLOGIA	GRUPO	LITOESTRATIGRAFIA Formações e membros	LOCALIZAÇÃO NA PAISAGEM	
MESOZOÍCO Cretáceo Superior Albo-Cenomaniano	PÓS-RIFTE	Soerguimento epirogênico, em especial da porção oriental da Província Borborema	Sedimentação continental, em sistema fluvial entrelaçado e Meandrante	Arenitos aluviais grosseiros e imaturos com frequentes níveis conglomeráticos, com estratificações cruzadas e/ou acanaladas, típicas de regime entrelaçado que gradam para arenitos médios, argilosos de regime meandrante	ARARIPE	FORMAÇÃO EXÚ	Capeamento da Chapa do Araripe, formando um planalto com cerca de 180 km no eixo E-W e 50 km no eixo N-S, com declives abruptos em suas bordas sob forma de paredões com quase 90 graus de declividade.	
DISCORDÂNCIA EROSIVA								
MESOZOÍCO – Cretáceo Médio Aptiano-albiano		Tectônica sindeposicional com truncamentos internos.	Sedimentação continental em ambientes lagunares e marinhos litorâneos	Interclações de arenitos finos com lâminas e clastos de argila nos <i>foresets</i> e nos limites dos <i>sets</i> .	A parte inferior caracteriza-se pela presença de arenitos interestratificados com folhelhos; para o topo, o empilhamento é transgressivo e os arenitos costeiros cedem lugar a uma seção de folhelhos verdes (ricos em ostracodes), que adquirem colorações mais escuras em direção ao topo, culminando com um intervalo de folhelhos cinza escuros e pretos, ricos em matéria orgânica caracterizado por um nível de concreções fossilíferas. Para o topo, interdigitando-se aos folhelhos, paulatinamente voltam a ocorrer siltitos e arenitos (podendo não ocorrer em toda a área).	ARARIPE	FORMAÇÃO ARAJARA	Aflora na alta encosta da Chapada do Araripe, sob forma de vertentes bastante íngremes, acima de 30°
Ampla transgressão marinha	Sedimentação continental marinha em ambientes costeiros mixohalinos	Bancos descontínuos de calcários	FORMAÇÃO SANTANA – MEMBRO ROMUALDO	Aflora na alta encosta da Chapada do Araripe, em especial entre Crato e Barbalha, sob formas de vertentes com declividades medianas, formando o topo de alguns interflúvios.				
Lenta	Sedimentação continental	Bancos descontínuos de calcários	FORMAÇÃO	Aflora na média encosta da				

		Subsidência flexural térmica, regional	marinho em ambiente lacustre	argilosos, micríticos e laminados, bastante fossilíferos, e um nível de folhelhos verdes e negros, pirobetuminosos e fossilíferos;		SANTANA –MEMBRO CRATO	Chapada do Araripe, sob forma de patamares escalonados
			Dois ciclos flúvio-lacustres sobrepostos; Final de evento de redução de energia do ambiente fluvial, inicialmente restrito e caracterizado por águas rasas e pouco oxigenadas (Eh redutor)	Predominam arenitos com intercalações de folhelhos de colorações avermelhadas e de níveis delgados de conglomerados. Arenitos finos a médios, subarredondados e subangulares, em geral bastante friáveis, argilosos, as vezes com seixos dispersos e/ou portadores de feldspatos alterados e bolas de argila		FORMAÇÃO RIO BATATEIRA	Aflora em todo sopé da Chapada do Araripe, e em áreas dos patamares do Vale do Cariri (pediplano sedimentar), em especial entre as cidades de Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha. e Missão Velha, sob forma de colinas baixas
DISCORDÂNCIA (ANGULAR) PRÉ-APTIANA MESO-CRETÁCICA, NEOAPTIANA-EOALBIANA – 2º PULSO DA FASE RIFTE (?)							
Tectônica modificadora – basculamento generalizado das sequências; erosão e peneplanização							
MESOZÓICO Cretáceo Inferior neocomiano	RIFTE	Ruptura do páleocontinente de Gondwana Rápida subsidência local.	Sistema deposicional fluviolacustre sintectônico - ambiente de lagos rasos substituídos por planícies fluviais de canais entrelaçados	Folhelhos silticos e siltitos vermelhos com intercalações laterais de arenitos finos	VALE DO CARIRI	FORMAÇÃO ABAIARA	Aflora no pediplano sedimentar, em áreas de pequenas extensões, na porção leste da sub-bacia.
DISCORDÂNCIA							
MESOZÓICO Jurássico Superior	PRÉ-RIFTE	Subsidência mecânica regional lenta (Depressão AfroBrasileira)	Sistema fluvial anastomosado	Arenitos quartzozos, porvezes feldspáticos e/ou caulínicos, localmente conglomeráticos.	VALE DO CARIRI	FORMAÇÃO MISSÃO VELHA	
			Sistema lacustre raso	Argilitos e folhelhos vermelhos e marrons escuros		FORMAÇÃO BREJO SANTO	Afloramentos no pediplano, na borda da bacia sedimentar, sob forma de pedimentos e colinas rasas
			Sistemas fluvial meandrante, lacustre e eólico	Arenitos, siltitos e argilitos vermelhos alterados			
DISCORDÂNCIA							

Fonte: Reproduzido de Ribeiro (2012)

Ainda sobre a formação Exu, somente traços fósseis de pouco valor cronoestratigráfico foram encontrados na formação, de forma que sua idade ainda está por ser definida com mais precisão. Até o momento, somente traços fósseis sem valor cronoestratigráfico foram encontrados na Formação Exu, de forma que sua idade ainda está por ser definida com mais precisão. Por correlação com as formações Açu (Bacia Potiguar) e Itapecuru (Bacia do Parnaíba), a Formação Exu é posicionada no intervalo do Albiano ao Cenomaniano. O padrão de paleocorrentes nos arenitos da Formação Exu indica mergulho deposicional para oeste, numa mudança paleogeográfica notável em relação ao padrão das sequências pré-rifte, rifte e pós-rifte. O retorno às condições de sedimentação continental na Bacia do Araripe foi resultado de soerguimento epirogênico da região Nordeste do Brasil a partir do Albiano. Este soerguimento foi diferenciado, com basculamento para oeste, promovendo uma reestruturação completa da paleodrenagem continental no interior do Nordeste, que passou a fluir para oeste em direção à Bacia do Parnaíba (ASSINE, 2007).

3.3 Aspectos Pedológicos

Reconhecer os solos da área de estudo é de grande importância para entender a sua relação e dinâmica com o ecossistema local. Há uma diversidade de solos presentes no município de Barbalha, porém serão abordadas a seguir as classes mais efetivas na área de pesquisa como: Latossolo Amarelo distrófico (**LAe**), Argisolo Vermelho-Amarelo eutrófico (**PVAe**), Neossolos Flúvicos (**Ry**) Neossolos Litólicos eutróficos e distróficos (**RL**) e Neossolos Quartzarênicos (**RQd**) (figura 7). Essas classes de solos podem ser encontradas na mais recente classificação feita pela (EMBRAPA, 2013).

Na parte superior da chapada, a 960 metros de altitude, encontram-se os Latossolos Amarelo distrófico com elevado teor de areia e muito suscetível à erosão. De acordo com os estudos de Lima (2014) esses solos são conhecidos por apresentar baixa fertilidade e alta saturação de alumínio. São solos mais velhos e altamente intemperizados e possuem grande profundidade. Numa pequena porção do município ocorrem os Latossolos amarelos álicos, são geralmente ácidos, pobres em nutrientes, bastante permeáveis. Ocorrem o grau de intemperismo elevado e intenso processo de lixiviação.

Em áreas mais escarpadas, aproximadamente 860 metros de altitude, pode ser encontrado de forma mais efetiva o Neossolo Litólico eutrófico e distrófico, com textura

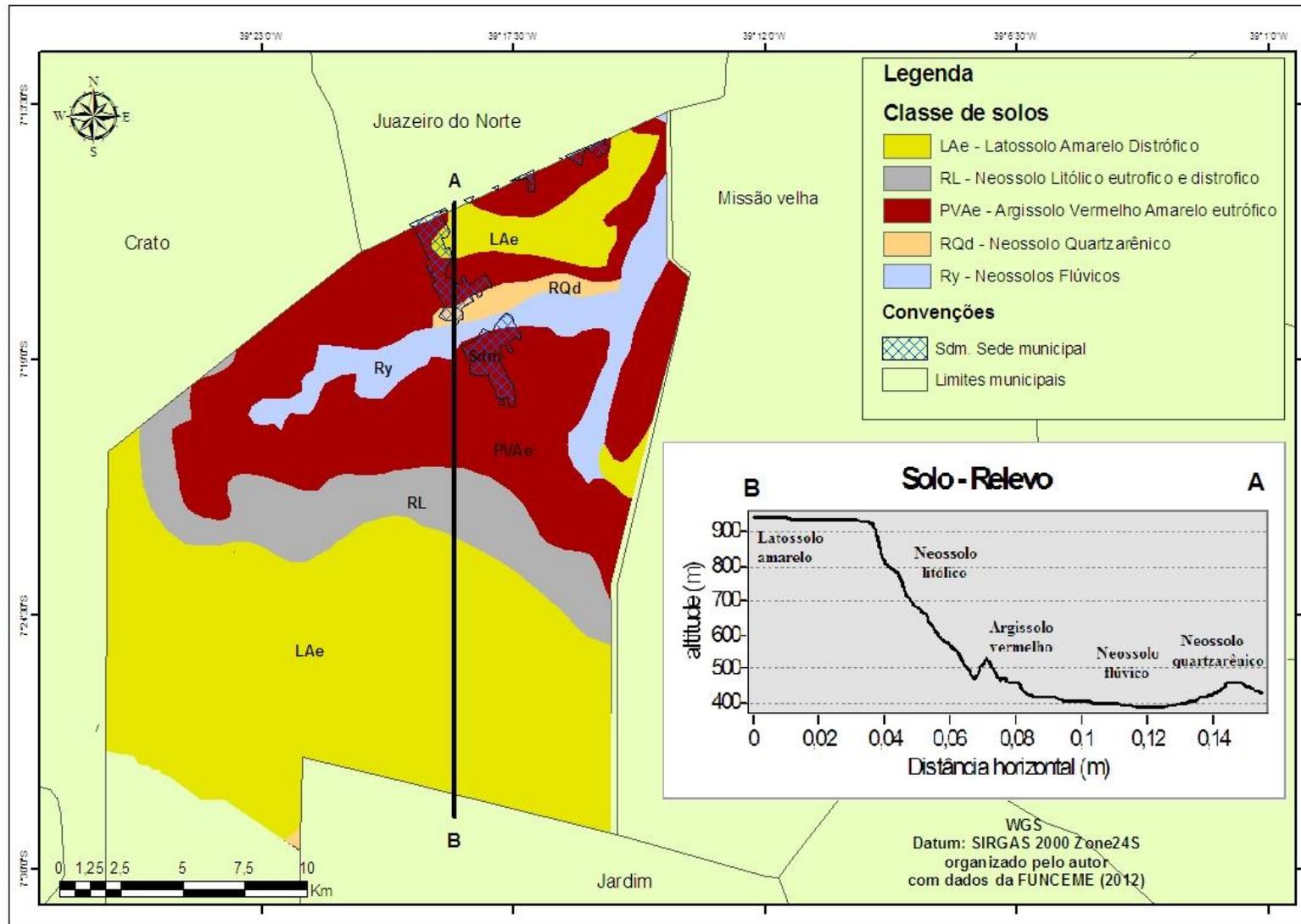
média e também algumas manchas de Argissolo Vermelho-Amarelo com textura argilosa e média/ argilosa, ambos com horizonte (A) moderado, apresenta um pequeno afloramento de rocha.

Nas porções entre 770 e 480 metros de altitude o solo encontrado em maior abundância são os Argissolos Vermelho-Amarelo eutróficos. Esses possuem textura argilosa explicado pela heterogeneidade do material de origem e grande aumento de argila em profundidade, dificultando a permeabilidade e aumentando o escoamento superficial.

Na porção noroeste do município, aproximadamente 440 metros de altitude, encontra-se os Neossolos Quartzarênicos associados dos Neossolos Flúvicos. Como o próprio nome diz “Quartzarênicos” possui na composição elementos como quartzo, areia grossa e fina, tornando assim um solo grosso. Em espaço pouco significativo encontram-se inclusões o Neossolos Litólicos eutróficos e distróficos caracterizados como rasos e, por isso possuem limitação ao cultivo agrícola. A maioria desses solos apresenta uma textura arenosa/media e todos com horizonte A fraco, sendo assim muito susceptível à erosão (LIMA, 2014).

Entre 650 e 350 metros encontram-se os Neossolos Flúvicos que abrange parte significativa do município, fazendo-se presente principalmente pelo canal de primeira ordem, ou seja, o componente mais rebaixado do rio Salamanca. Segundo Lima (2014) esses solos são de origem colúvio-aluvial e se dispõem em relevo aplainado ou deprimido. Esse tipo de solo está imune a processos erosivos, no entanto na ocorrência de inundações seu uso passa a ser limitado.

FIGURA 7- Mapa e perfil transversal de distribuição do solo no município de Barbalha/CE



Fonte: Processado pelo autor a partir de dados da FUNCEME (2012) e imagem SRTM/TOPODATA (Valeriano, 2008).

3.4 Unidades geomorfológicas

O mapeamento geomorfológico da área de estudo tem como objetivo registrar informações sobre as formas de superfície, materiais, e processos superficiais. A caracterização das unidades geomorfológicas tomou-se como base os trabalhos de Lima (2015), Lima (2014) e IBGE (2009). Foram relacionadas duas unidades morfoestruturais as quais estão subdivididas em seis unidades morfoesculturais, como pode ser observada na figura 10.

As unidades morfoesculturais Cimeira Estrutural do Araripe, Escarpa Estrutural, Patamar Estrutural Conservado e Patamar Estrutural Dissecado estão inseridos na unidade morfoestrutural Planalto Sedimentar, enquanto que as unidades Pedimento Dissecado e Planícies ocorrem na unidade morfoestrutural depressão periférica.

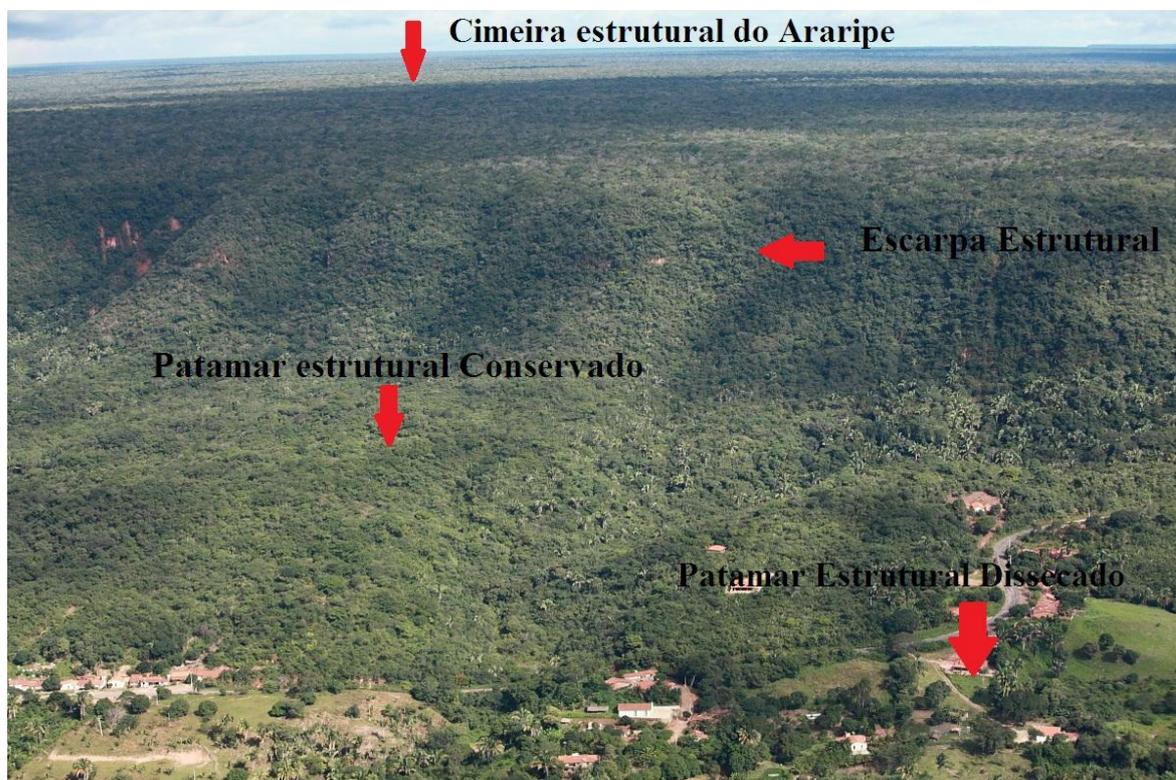
A Cimeira Estrutural do Araripe representado na Figura 8 apresenta uma altimetria em torno de 960 metros, compreende uma das superfícies elevadas do interior do Nordeste. Trata-se de uma superfície estrutural com morfologia tabuliforme desenvolvida em uma estrutura concordante horizontal a sub-horizontal, com topo conservado mergulhando suavemente para nordeste, cujos limites encontram-se controlados pela escarpa erosiva abrupta. Segundo Lima (2015) a forma do topo se dá pela estrutura do arenito, que sendo de alta porosidade não favorece a formação de uma drenagem superficial efetiva e capaz de modelar a topografia. De modo geral, o relevo evolui por erosão regressiva, condicionado pelo elevado índice de fontes que alimentam as principais cabeceiras de drenagem e pela diferença litológica dos estratos subjacentes. É uma fonte contínua de sedimentos para as encostas, os quais podem chegar aos canais fluviais constituindo, muitas vezes, verdadeiras cascalheiras fluviais.

A Escarpa Estrutural, de acordo com Lima (2015), encontra-se disposta a partir da cota de 800m (aproximadamente). Constitui a encosta superior que baliza a cimeira estrutural dos setores de média/baixa encosta recobertos, sobretudo, por material coluvial. Trata-se de uma escarpa arenítica, de perfil acentuadamente vertical, marcada por movimentos de massa como queda de blocos, os quais são observados na paisagem na forma de tálus (colúvio grosso) que se alojam a partir da base da escarpa, sendo continuamente retrabalhados ao longo das encostas e nos canais de drenagem. Destaca-se na paisagem pelo seu contorno irregular, sobretudo na área mais oriental da chapada (Figura 8).

O Patamar Estrutural Conservado (Figura 8) é uma unidade topograficamente definida a partir da cota de 560/600m. É uma feição de padrão pouco dissecado, circunscrito entre a escarpa (superior) e a encosta dissecada (inferior). Nesta unidade, encontram-se as algumas das principais cabeceiras de drenagem, originadas em sua maioria pelo grande número de fontes naturais que surgem no contato da formação Exu com a Arajara, e dessa com a formação Santana. Essas cabeceiras, devido à erosão remontante, atuam formando amplos *hollows* (anfiteatros) que espacialmente exercem um controle na distribuição lateral dos sedimentos quaternários. Embora se observe uma distribuição de material coluvial, principalmente o grosso (Depósito de tálus comum a partir da cota de 600m), fruto do retrabalhamento da queda de blocos pelos processos superficiais, nos setores com forma plana ou de baixa declividade o material regolítico também é encontrado estruturando a paisagem (LIMA, 2015).

O Patamar Estrutural Dissecado também representado na figura 8 é uma unidade que se alonga às proximidades dos vales, e corresponde ao setor inferior da encosta, topograficamente situada entre as cotas de 450/500m (com alguns trechos chegando à cota de 400m) à 560m (aproximadamente). De acordo com os estudos de Lima (2015). Este patamar encontra-se controlado por dois fatores: 1- existência de uma cobertura coluvial inconsolidada extensa sob a forma de avental e leques; 2 - controle do nível de base regional exercida pela drenagem que propicia um nível de redistribuição dos sedimentos ativamente erodidos da unidade de encosta. No caso desta unidade, sua definição se dá tanto pela morfologia transversal, quanto longitudinal. A primeira sendo marcada pela incisão ativa das drenagens obsequentes que demandam o nível de base regional, entrincheirando os sedimentos em uma sequência de divisores alongados em forma de "nose". A segunda se define morfologicamente por dois *knickpoints*, da montante para a jusante marcada pela ruptura côncava entre a escarpa rochosa e o topo da unidade, e a jusante a quebra de gradiente entre o sopé da unidade e os níveis pedimentados da depressão, apresentando morfologia de colinas transicional convexo-côncava, indicando contínuo retrabalhamento lateral dos sedimentos coluviais em direção aos principais eixos de drenagem. Por vezes, em alguns pontos o grau de dissecção já atingiu um nível de individualização de colinas alongadas e circulares, testemunhando situações de inversão de relevo.

FIGURA 8 - Vista parcial da cimeira estrutural do Araripe; delimitada pela escarpa estrutural, seguida pelo patamar estrutural conservado, delimitado logo abaixo pelo patamar estrutural dissecado.



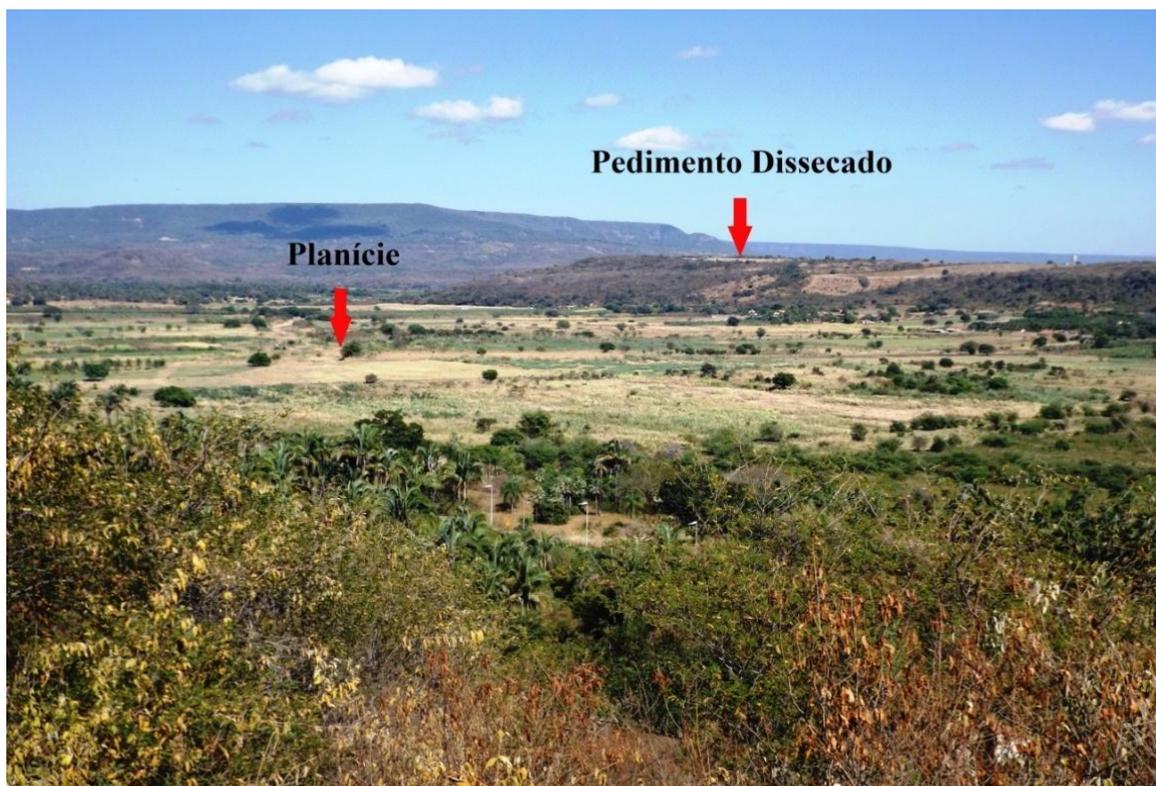
Fonte: Arquivo Geopark Araripe (2007)

A unidade Pedimento Dissecado (figura 9) com cobertura eluvial e superfície colinosa com cobertura elúvio-coluvial, ocorre entre as cotas 360 a 400 m, na porção mais a norte-nordeste da área, formando áreas moderadamente planas cuja declividade não ultrapassa os 7° de declividade. São áreas que balizam as superfícies mais elevadas e os vales, funcionando como área de transporte de material para a rede de drenagem. Os pedimentos transitam para as superfícies mais elevadas formando um perfil côncavo-planar (LIMA, 2015). Essa unidade, apesar de não mapeada por limitações da escala de mapeamento, apresenta-se cortada por canais fluviais com baixa capacidade de entalhe e redistribuição de sedimentos, constituindo os chamados plainos aluviais.

A planície representada na figura 9 encontra-se entre cotas altimétricas de 460 a 350m, conforme o nível de base local. Nos estudos de Lima *et al* (2014) a planície do município de Barbalha é uma unidade com deposição fluvial, por vezes muito extensa, em resposta a grande produção de sedimentos oriundo das encostas pelos movimentos de massa, escoamento superficial e pela ação dos próprios rios, uma vez que estes apresentam

considerável potencial de descarga, sobretudo no período chuvoso. No contexto do semiárido, essa unidade testemunha a influência da litologia, do microclima subúmido que por sua vez é condicionado pela influencia orográfica e, posteriormente, pelos exutórios naturais na geração de planícies.

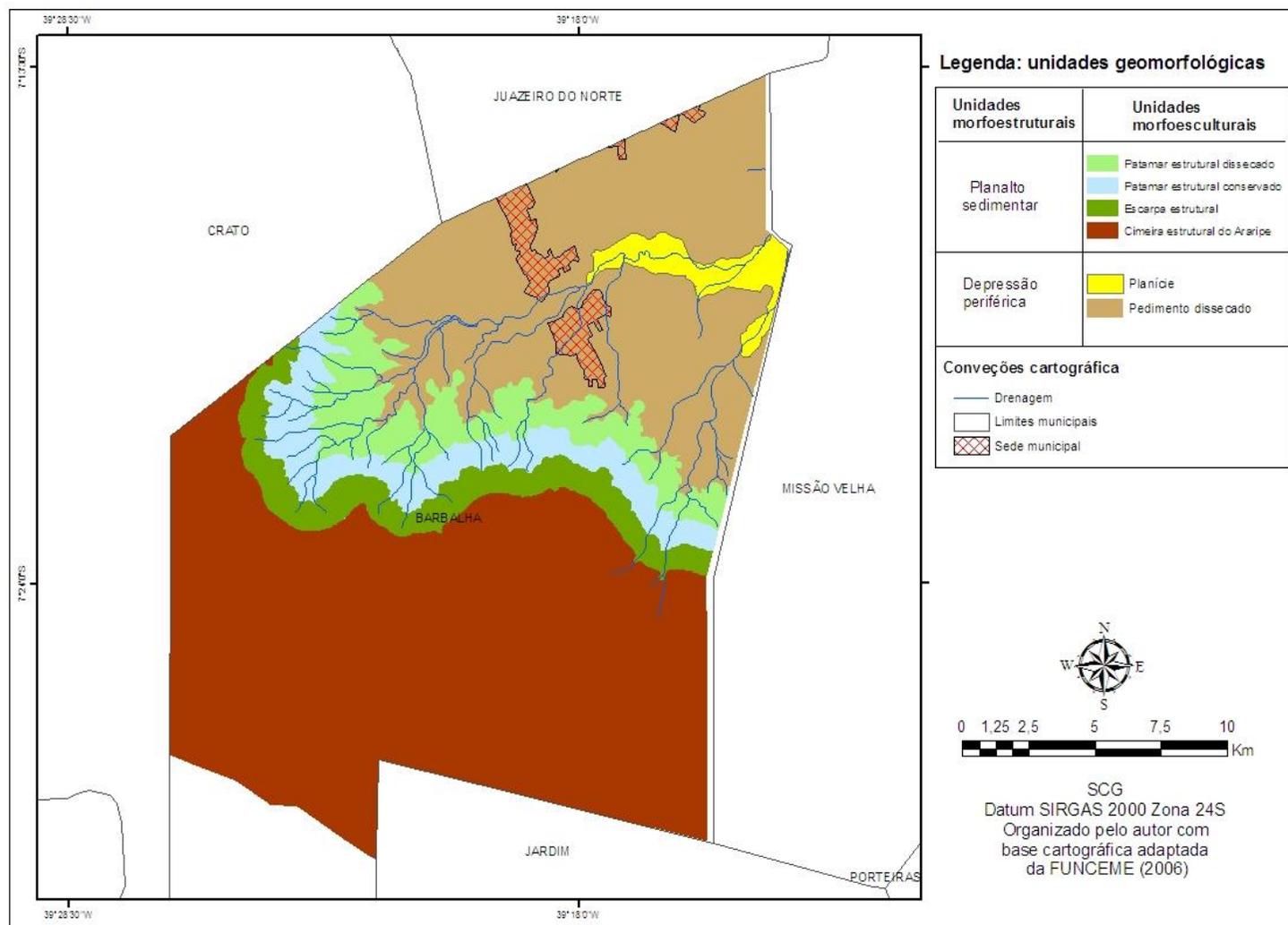
FIGURA 9- Vista parcial da planície do rio Salamanca e do pedimento dissecado nas proximidades do limite na bacia.



Fonte: autor (2017)

Em decorrência da escala de mapeamento e o objetivo do trabalho, não foram definidos os plainos aluviais, os quais correspondem aos canais que não tiveram competência para deposição de material na planície de inundação; e/ou que a profundidade do canal, no período de estiagem, confunde-se com a própria morfologia de encosta ou das áreas pedimentadas. Segundo Lima (2015) nas áreas próximas e/ou contíguas aos pontos de rupturas bruscas de declividade nos setores de encosta, verifica-se a ocorrência de pequenas planícies descontínuas, formando bolsões de sedimentação.

FIGURA 10- Mapa de unidades geomorfológicas do município de Barbalha-CE



Fonte: Organizado pelo autor com dados do IBGE (2010)

3.5 Aspectos climáticos

Sobre os aspectos climáticos da região onde está inserida a área de pesquisa, serão abordados os principais sistemas climáticos, como os fenômenos de tempo e fatores que interferem na dinâmica da precipitação, temperatura e umidade da região.

A região Nordeste do Brasil (NEB) conhecida por apresentar anos de secas severas ou chuvas excessivas, possui características determinantes na formação das diferentes paisagens da região. Formada pelos estados do Maranhão (MA), Piauí (PI), Ceará (CE), Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Alagoas (AL), Sergipe (SE) e Bahia (BA), predominam nesta região quatro tipos de clima: Tropical úmido ou Tropical Litorâneo, Tropical Semiárido, Tropical e Equatorial úmido.

A região do Cariri Cearense, localizada no interior do nordeste, está sob domínio do clima tropical semiárido, porém, apresenta índices de umidade e precipitação significativamente elevados quando comparado com outras regiões do estado cearense. Essa peculiaridade pode ser atribuída a fatores geográficos, principalmente o relevo.

As chuvas no interior do nordeste e conseqüentemente, na área em foco, são determinadas pelas oscilações da Zona Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT é considerada o sistema mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como sobre áreas continentais adjacentes (MELO *et al.*, 2009). Pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte, com os ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis (o choque entre eles faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação das nuvens), baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação (FERREIRA e MELO, 2005).

A migração da ZCIT para o sul da Linha do Equador interfere na promoção de uma maior precipitação no primeiro semestre do ano para a região Nordeste brasileiro, sendo neste período que ocorrem as chuvas de maiores volumes (XAVIER *et al.*, 2000), principalmente nos meses de março e abril, quando normalmente migra aproximadamente de 2 a 4°S.

De acordo com Silva *et al* (2010), além da ZCIT há outros sistemas atmosféricos importantes na dinâmica pluviométrica da região, quais sejam Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's), sendo ainda a área suscetível a influência de eventos relacionados a fenômenos de tempo como El Niño.

Os VCANs caracterizam-se por apresentar centros de pressão relativamente baixa que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica (FERREIRA *et al*, 2009). Estes sistemas possuem uma circulação ciclônica fechada girando no sentido horário. Na sua periferia há formação de nuvens causadoras de chuva e no centro há movimentos de ar de cima para baixo (subsidiência), aumentando a pressão e inibindo a formação de nuvens. Os VCANs são um importante sistema causador de chuva na região e atua de outubro a março, com uma maior frequência entre os meses de janeiro e fevereiro (SILVA *et al*, 2010).

Os CCM's são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis (temperatura, relevo, pressão, etc). A região da serra da Ibiapaba, Cariri e oeste da Paraíba, são regiões bastante favoráveis a ocorrência de CCMs. Nos anos mais secos as chuvas são tipicamente de origem local, formadas a partir de sistemas convectivos de mesoescala (SCM) que surgem em áreas preferenciais da região, onde foi observada a ocorrência desse sistema, principalmente durante a estação chuvosa, com duração mínima de 2 horas e máxima de 11 horas (VITORINO *et al*, 1997).

Todos os sistemas de tempos de maior influência no Nordeste brasileiro (ZCIT, VCANs, CCM's) podem sofrer oscilações dos fenômenos de tempo, os quais interferem diretamente na dinâmica das chuvas na região.

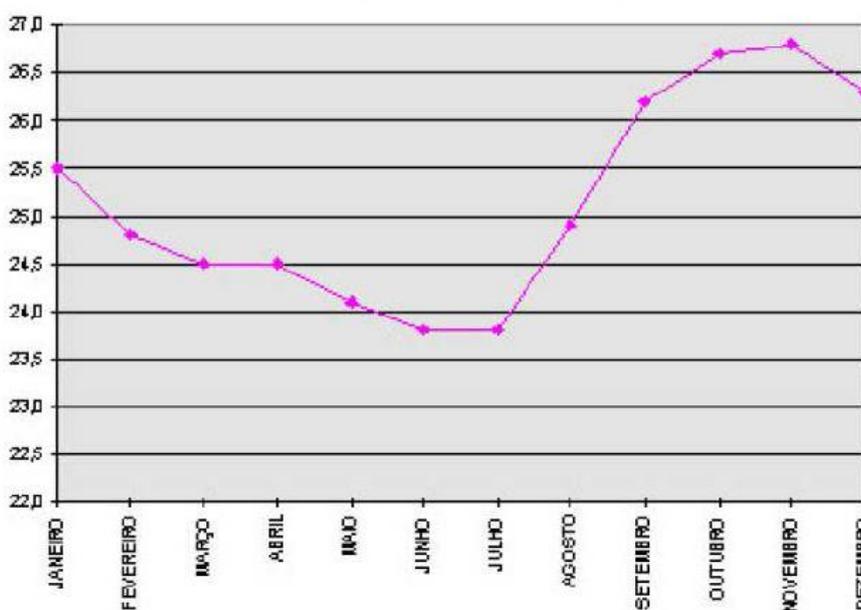
O estado do Ceará está sob a influência de fenômenos de tempo que interferem na dinâmica das precipitações. Entre estes, o El Niño Oscilação Sul (ENOS) é apontado como um dos principais fenômenos responsáveis por tais variações. O efeito do ENOS é particularmente notável no setor norte do NEB, cujas anomalias negativas de precipitação são associadas a episódios do El Niño. A relação entre o ENOS e o clima no NEB podem estar relacionados às variações inversas de pressão ao nível do mar no Pacífico Tropical Leste e no Tropical Atlântico particularmente em seu setor Sul. Neste contexto evidenciam-se anomalias de temperaturas da Superfície do Mar (ATSMs) do Atlântico e, conseqüentemente, na distribuição das precipitações no NEB (KAYANO e ANDREOLI, 2009).

A cobertura da vegetação é de grande importância para a instabilidade climática favorecendo uma mudança no micro clima local. Segundo Lima (2014) com o aumento da infiltração e diminuição do escoamento superficial, o ar das superfícies florestadas tem mais água, usada nos processos de evaporação e evapotranspiração, o que torna o ar mais úmido e frio. Nas encostas da Chapada do Araripe, observa-se uma queda de temperatura e aumento de umidade à medida que a altitude aumenta. A vegetação, de porte arbóreo de mata úmida da alta encosta e cerrado/ cerradão no topo, favorece uma umidade maior que o seu entorno. Além da vegetação, o afloramento de fontes perenes d'água devido a fatores geológicos favorece tal vegetação e umidade.

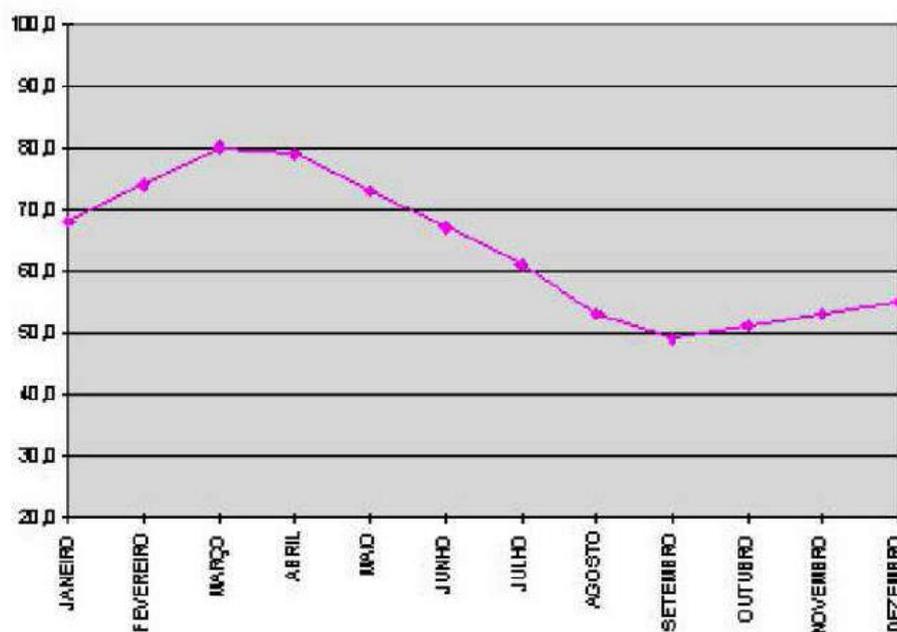
No tocante à umidade e temperatura, levando em consideração dados da estação de Barbalha, localizada nas porções mais baixas da Chapada do Araripe, a aproximadamente 450 metros de altitude, a umidade relativa do ar varia desde a menor média de 51% em outubro à média máxima de 80% em março, com média anual de 63%. Já a temperatura média anual varia pouco, entre 24°C e 26°C, com mínima de 21°C e 23°C no inverno, e máximas entre 25°C e 27°C no verão. A variação mensal apresenta também uma baixa amplitude térmica, variando de 23,8°C entre os meses de junho e julho até 26,8°C em novembro, como pode ser observado nas figuras 11 e 12 (MONT'ALVERNE, 1996).

FIGURA 11- Variação mensal média da Temperatura na Estação de Barbalha/CE

TEMPERATURA MÉDIA (°C) X MÊS



Fonte: Normais Climatológicas do INMET-1961/1990 in Mont'Alverne (1996).

FIGURA 12- Variação mensal média da Umidade Relativa do Ar na Estação de Barbalha-CE**UMIDADE RELATIVA (%) X MÊS**

Fonte: Normais Climatológicas do INMET-1961/1990 in Mont'Alverne (1996).

Um dos fatores naturais que complementam a dinâmica climática e, principalmente, a precipitação é a orografia, que ocorre devido ao barramento ou mudança de direção da umidade e ventos originando chuvas de relevo e/ou chuvas convectivas, uma vez que os ventos úmidos guiados pelo processo de inércia, sobem ao relevo e precipitam na faixa de barlavento. O relevo incidente é a Chapada do Araripe, com altitude aproximadamente de 1.000 metros, que provoca uma divisão na distribuição das precipitações no encontro dos estados do Ceará, Paraíba, Pernambuco e Piauí. Segundo Silva (*et al*, 2010) a umidade, geralmente vinda do litoral norte, faz da Chapada uma área de barlavento, aumentando as chuvas nas suas proximidades.

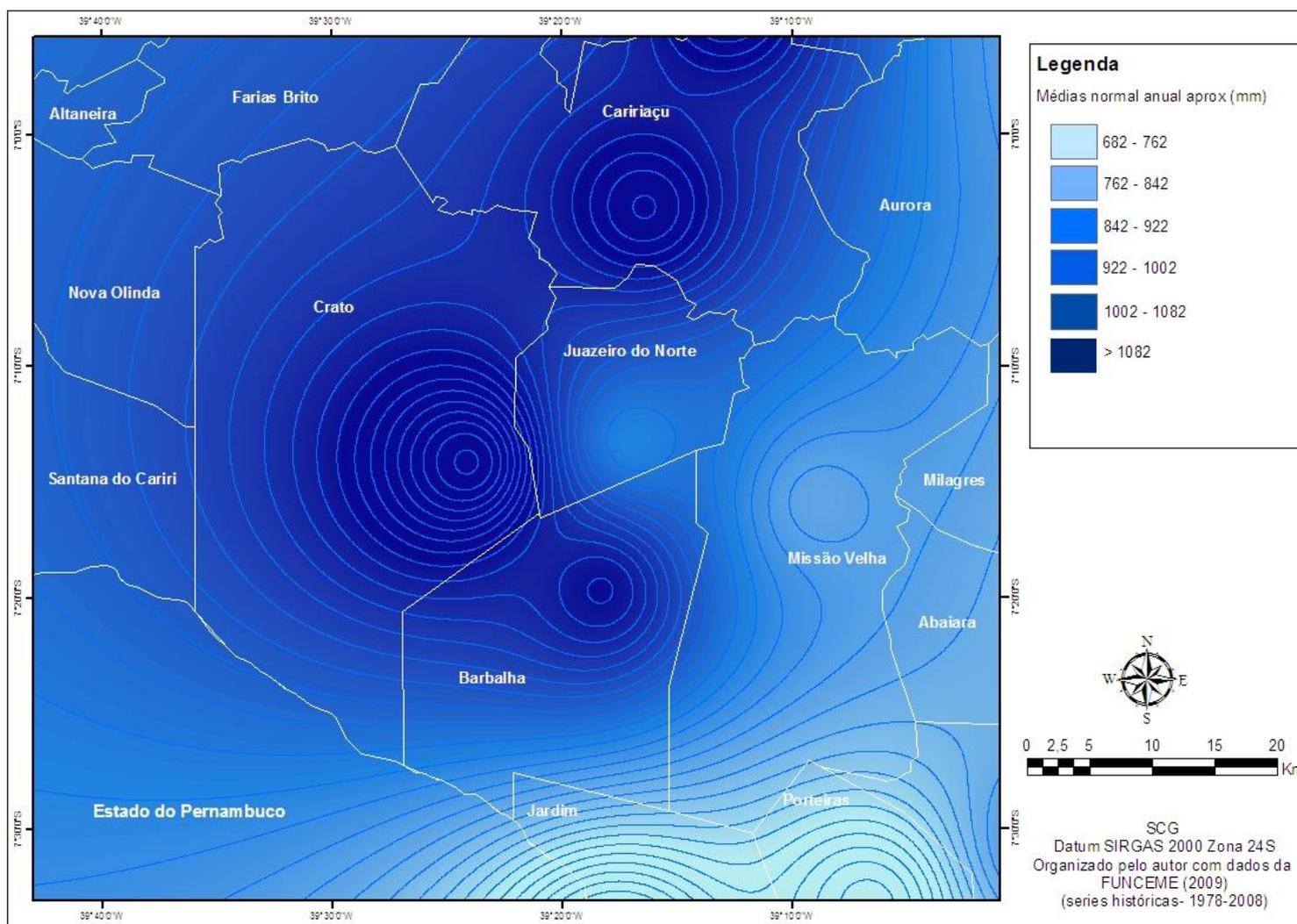
A distribuição pluviométrica da área de estudo, assim como os municípios vizinhos, pode ser observado nos trabalhos de Silva, *et al*. (2010) e Ribeiro (2012), onde foram analisados dados disponibilizados pela FUNCEME (2009) ao longo de 30 anos. Observou-se o ano mais seco (1982) para Barbalha, o qual foi relacionado com o El niño considerado o mais severo do século XX (tabela 1) (LIMA, 2014). Mesmo sob influência desse fenômeno os valores das médias anuais para todos os municípios foram acima de 660mm (Figura 12).

TABELA 2 – Dados pluviométricos da área de estudo e municípios vizinhos

Municípios	Trimestre Mais Chuvoso	Mês mais chuvoso (média mensal)	Trimestre mais seco	Mês mais seco (média mensal)	Ano mais chuvoso (total anual)	Ano mais seco (total anual)	Média anual (aprox.)
Crato	Jan-fev-mar	Março - 257mm	jul-ago-set	Agosto - 03mm	1985 – 1.970mm	1993 - 562mm	1091mm
Juazeiro do Norte	Jan-fev-mar	Março - 256mm	Ago-set-out	Agosto - 00mm	1985 – 1.658mm	1993 - 562mm	925mm
Barbalha	Jan-fev-mar	Março – 248mm	jul-ago-set	Agosto – 03 mm	1985 – 2.144mm	1982 - 558mm	1153 mm
Missão velha	Fev-mar-abr	Março – 238mm	jul-ago-out	Agosto – 02 mm	1985 – 1.885mm	1981 - 594mm	987 mm
Jardim	Jan-fev-abr	Fevereiro – 144mm	Ago-set-nov	Agosto – 08 mm	1985 – 1.464mm	1982 - 382mm	790 mm

Fonte: Adaptado pelo autor de Silva et al. (2010) e Ribeiro (2012)

FIGURA 13- Mapa de precipitação da média anual normal (Aproximada)



Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Series histórica (1979- 2008).

3.6 Cobertura vegetal e Uso e ocupação do solo

O povoamento do Cariri cearense iniciou-se com os índios Kariris, que entre os séculos XVII e XVIII foram exterminados por colonizadores baianos e sergipanos e tiveram suas terras tomadas e doadas a colonos criadores de gado por ordem do governador, na época, de Pernambuco, a partir daí o processo de ocupação foi intensificado. Inicialmente o uso foi principalmente para criação bovina; posteriormente, visto a fertilidade do solo e recurso hídrico constante, propícios ao plantio, assim como pelas divergências e incompatibilidade de uso entre agricultores e criadores, as terras da região foram tomadas pela agricultura (PINHEIRO, 2009).

Durante os anos recorrentes, vários tipos de cultura foram produzidos, como milho, feijão, frutas regionais, farinha de mandioca, além do algodão, que favoreceu o crescimento econômico local. No entanto, a atividade de destaque foi o plantio da cana-de-açúcar, que entre o século XVIII e XIX consolidou Barbalha como pólo canavieiro e grande produtor de rapadura. Contava com mais de 70 engenhos, 13 fábricas de aguardente e 150 casas de farinha, sendo considerada uma das cidades mais ricas da região. O aproveitamento das condições naturais da planície do rio Salamanca favoreceu uma rica produção de derivados da cana para o município de Barbalha. Foi através do Cariri que começou a indústria açucareira para o estado do Ceará, promovendo, inclusive, um processo migratório direcionado para a região em foco (PINHEIRO, 2009).

Além das condições naturais que atraíam mais pessoas para a região, as questões políticas e sociais também dinamizavam a sua paisagem. A emancipação da cidade de Barbalha em 1876 trouxe vários empreendimentos como o Gabinete de Leitura (1889), o jornal Correio do Cariri, vários colégios, a Liga Barbalhense contra o Analfabetismo, além das ordens religiosas que se implantaram na cidade, como a dos padres Salvatorianos e das freiras Beneditinas na década de 1950. Estes últimos foram fundamentais para a evolução do município, pois fomentou a educação e ajudaram a fixar as primeiras unidades de saúde do município, como o Hospital São Vicente de Paula, existente até os dias atuais (ARAÚJO, 2013). Ainda assim, mesmo com o crescimento do espaço urbano, as práticas agrícolas se sobressaíam em importância econômica ao dinamismo urbano contemporâneo.

Em 1914, durante a sedição de Juazeiro do Norte, o padre Cícero através de articulações políticas, consegue o desvio da estrada de ferro que, vindo de Fortaleza fazia o

percurso Missão Velha - Barbalha – Juazeiro do Norte - Crato, passando a fazer somente Missão Velha - Juazeiro do Norte - Crato. De fato, o isolamento de Barbalha provocado por esse desvio, dificultou o escoamento da produção e contribuiu para o declínio da economia do município (ARAÚJO, 2013).

O desenvolvimento teve posteriormente o aporte da energia elétrica, que chega por volta de 1960, vinda da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF). As primeiras redes buscavam abastecer terras para uso agrícola. Assim, ao longo desta década, o processamento da cana na planície do Salamanca movimentou suas engrenagens pela eletricidade, antes movidas pela força do vapor ou motor a diesel. Além disso, técnicas simples de irrigação através de bombas d'água, por exemplo, ampliaram a possibilidade do plantio da cana (SÁ, 2007).

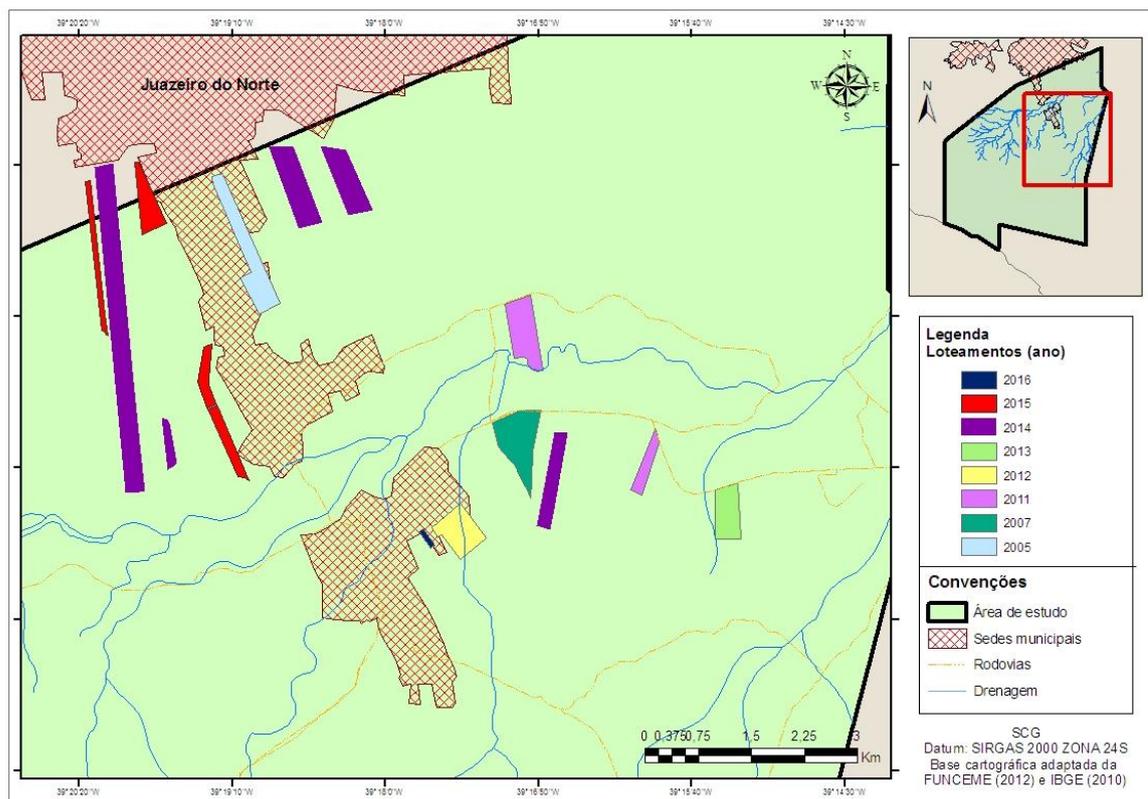
A dinâmica industrial do município de Barbalha teve seu ápice e declínio na década de 1960 e 1970. No entanto, nesta mesma época houve o declínio do cultivo da cana-de-açúcar, o que mudou a dinâmica espacial do uso da terra no município.

Foi a partir da segunda metade do século XX que Barbalha passou por um processo de industrialização, buscando alternativas para a crise na economia canavieira. Surgem assim as fábricas de cimento – IBACIP, de ladrilhos cerâmicos – CECASA, a usina de açúcar e a fábrica de soro fisiológico. Também na década de 1970 é criado o Balneário do Caldas, visando aproveitar o potencial turístico das fontes minerais e da beleza da Chapada do Araripe. Hoje, além desse, outros balneários utilizam o potencial hídrico das fontes para construir uma paisagem de lazer, levando o consumo de um ambiente que se volte para a natureza (LIMA, 2014). Este, dentre outros empreendimentos, impulsionou o crescimento urbano como o aumento de loteamentos nas proximidades do centro urbano com ênfase principalmente na divisa municipal com Juazeiro do Norte.

Na segunda metade do século XX, sob influência da implantação industrial, Barbalha sofre significativas mudanças no crescimento urbano. Na década de 60, a Cerâmica do Cariri S/A, implantada às margens da CE-293, impulsionou a formação do bairro Buriti, os conjuntos habitacionais Malvinas, Vila Santa Teresinha e Vila São José. Em 1982, nas proximidades da indústria de cimento Portland o governo municipal implanta o loteamento privado Bela Vista no eixo Sul de expansão da cidade (ARAÚJO, 2013).

Em um trabalho recentemente realizado por Silva *et al* (2016), nos anos de 2005 a 2016, de acordo com dados informados pela prefeitura municipal de Barbalha, foram criados 15 loteamentos de variadas dimensões, situados em diversos pontos do município, sendo que 08 deles estão nas proximidades da divisa com Juazeiro do Norte, contribuindo para o processo de conurbação urbana (Figura 14). Os mais valorizados encontram-se neste conjunto próximo a divisa com Juazeiro do Norte, dentre estes se podem destacar os loteamentos: Royalville, Lagoa Seca III, Barbalha Village II e III. Segundo Araujo (2013), esses empreendimentos atraíram a classe mais abastarda da região que estabeleceram suas mansões e negócios ligados ao entretenimento e serviços. A Tabela 2 está elencada alguns loteamentos do município onde é possível observar o ano de criação, sua localização e a dimensão.

FIGURA 14- Distribuição espacial de loteamentos no município de Barbalha/CE (2005-2015)



Fonte: Organizado com dados da FUNCEME (2012) e IBGE (2010). Os lotes e as rodovias foram vetorizadas a partir de imagens do Google Earth, 2015.

TABELA 3 – Distribuição de loteamentos no Município de Barbalha/ CE - (2009- 2016)

LOTEAMENTO	LOCALIDADE	ÁREA (m²)	ANO
Valle Verde	Alto da Alegria	198	2016
Arte residence	Sítio Mata dos Limas	244.704,23	2015
Barbalha Village II	Sítio Bulandeira	325.345,31	2015
Park do sol	Sítio Lambedor	2011.893,85	2015
Lagoa Seca III	Sítio Lagoa	830.512,16	2015
Barbalha Village III	Sítio Bulandeira	171.929,39	2014
Delta Park	Sítio Lagoinha	583.835,49	2014
Reserva Cariri	Distrito Estrela	93.569,99	2014
Jardim Buriti	Sítio Lambedor	792.245,00	2014
Santanópolis	Sítio cabeção do brejo	282.229,09	2013
Jardins dos Ipês	Alto da Alegria	900.784,30	2012
Jardim Nova Barbalha	Sítio Buriti	104.042,41	2011
Residencial do Valle	Sítio São Paulo	7.577,26	2011
Morada cysne	Sítio Buriti	445.723,21	2007
Royalville	Malvinas	132.274,70	2005

Fonte: autor (2017)

Sobre a ocupação nas unidades geomorfológicas do município é importante ressaltar as diferenças de ocupação. Enquanto algumas vezes as formas de relevo são condicionantes para a forma de ocupação, em outras situações as ações políticas fogem dessa condição. Neste sentido, as colinas que antes limitavam a expansão urbana, são ocupadas com a desapropriação de terras e distribuição de loteamentos para a população. É assim que surge, por exemplo, o bairro Alto da Alegria, a partir de 1969, contrariando a tendência natural de expansão do eixo sul da malha urbana de Barbalha (ARAÚJO, 2013).

As ocupações em morros e colinas podem intensificar os processos erosivos (figura 15), acarretando na retirada da proteção natural do solo, a vegetação e, conseqüentemente, na evolução de processos erosivos. Atualmente é comum a ocorrência desses processos próximo às moradias da área de estudo, deixando a população sob risco geomorfológico.

FIGURA 15- Ocupação irregular de moradias encravadas na encosta da chapada do Araripe no distrito do Caldas.



Fonte: autor (2017)

O desenvolvimento atual do município de Barbalha não está atrelado somente à agricultura. A indústria e outros fatores favorecem a ocupação no centro urbano e nas encostas.

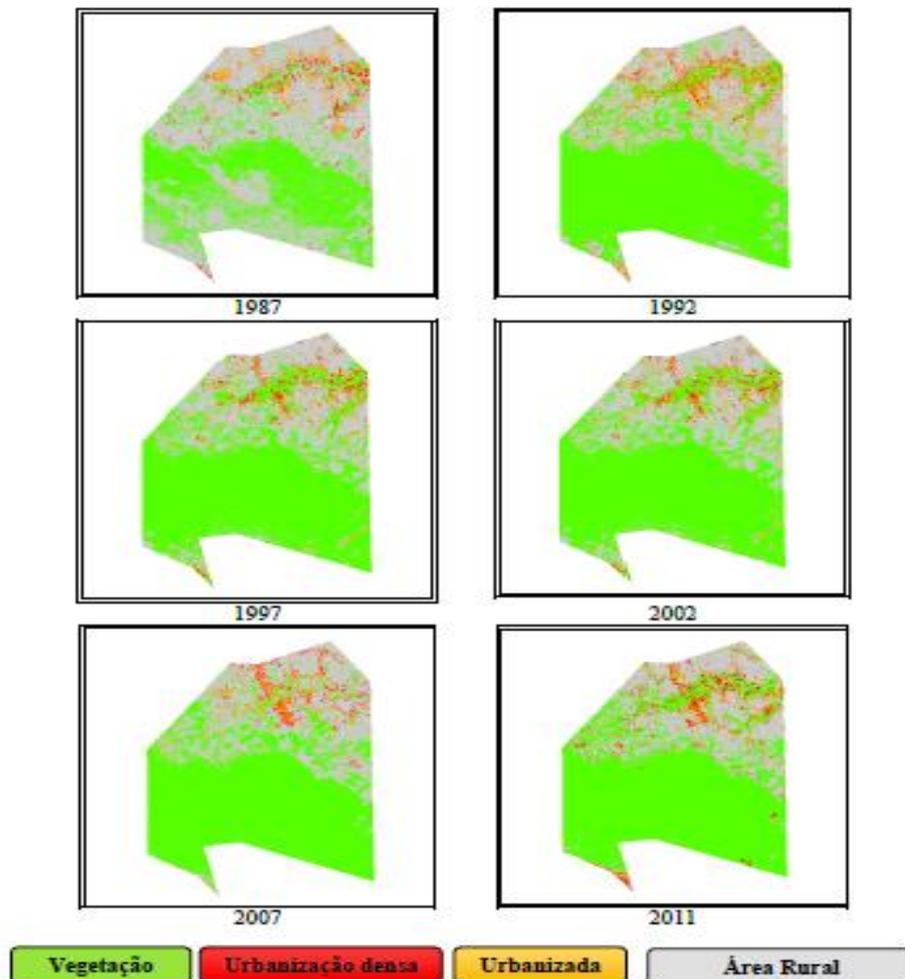
Através de imagens de satélites Landsat-5 obtidas em 12/09/1987, 24/08/1992, 23/09/1997, 01/08/2002, 18/08/2007 e 28/08/2011, Araújo (2013), analisou a evolução da ocupação para três municípios da região do Cariri: Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha. Objetivando assim analisar o processo histórico de expansão do espaço urbano nesses municípios. O autor quantificou essa expansão, agregado aos dados dos censos do IBGE, apresentados na tabela 4.

TABELA 4 – Variáveis de população e expansão da cidade de Barbalha-CE

VARIÁVEIS	1987	1992	1997	2002	2007	2011
Áreas de Ocupação (Km ²)	5,09	7,43	8,64	11,15	12,74	13,98
População Urbana	22.367	25.575	28.759	32.143	35.828	38.776
População Total	38.268	39.703	45.121	48.505	49.956	52.904
Área de Expansão Urbana	-	2,34	1,20	2,51	1,59	1,23

Fonte: Araújo (2013)

Neste trabalho, Araújo (2013) observou um constante crescimento se intensificando para o sentido sul do município, ou seja, em direção as áreas de encosta da Chapada do Araripe, especialmente nos distritos de Arajara e Caldas (figura 16).

FIGURA 16- Expansão urbana da cidade de Barbalha de 1987 a 2011

Fonte: Araujo (2013)

No distrito de Arajara, nos sítios Farias e Santo Antonio, Ribeiro (2012) analisou as formas e processos de relevo pelo viés da percepção dos agricultores tradicionais sertanejos. A autora comenta que, nesta área, em consequência da presença de riachos perenes, há aporte de água necessária para o cultivo de hortifrutigranjeiros e cana-de-açúcar (hoje em menor proporção do que em outras épocas), assim como criação bovina e suína nas áreas mais declivosas, com o predomínio de agricultura tradicional, utilizando-se de mão de obra familiar.

O manejo do solo nessas áreas é compatível com as características ambientais locais, porém com algumas práticas tradicionais nocivas ao solo. Utiliza-se da queimada (“broca”) para o preparo do solo para o plantio. Existe um plantio de curvas de nível nas áreas mais declivosas, mas sem expressão nas áreas mais planas (RIBEIRO, 2012).

De acordo com Lima (2014), além das áreas de encosta com crescente ocupação, outra unidade de relevo importante da bacia do rio Salamanca, são as áreas de cimeira. O topo do planalto sedimentar, dentro do limite do município de Barbalha, atualmente corresponde à Área de Proteção Ambiental (APA) da Chapada do Araripe, onde o uso é limitado, não havendo praticamente nenhuma ocupação. No entanto, durante muito tempo teve seu uso principalmente para criação de animais. Barros (1964) caracterizou o uso dessa área como de terras devolutas, que no verão abrigavam-se os rebanhos bovinos vindos de áreas agrícolas circunvizinhas complementada pelo plantio de mandioca e abacaxi. Hoje o uso é restrito para visitação, extrativismo controlado, estudos científicos, dentre outros.

Diante do exposto anteriormente, o município de Barbalha, apresenta diferentes formas de usos, desde áreas densamente urbanizadas, uso agrícola e extrativista, assim como áreas de proteção ambiental.

O uso e ocupação do solo altera a vegetação natural da paisagem, sendo esta vegetação um importante fator na dinâmica do relevo, assim como na delimitação e classificação de suas formas. A vegetação pode ser também um bom indício de um ambiente pretérito e suas mudanças, como as ocorrências de cerrado e mata úmida no semiárido brasileiro.

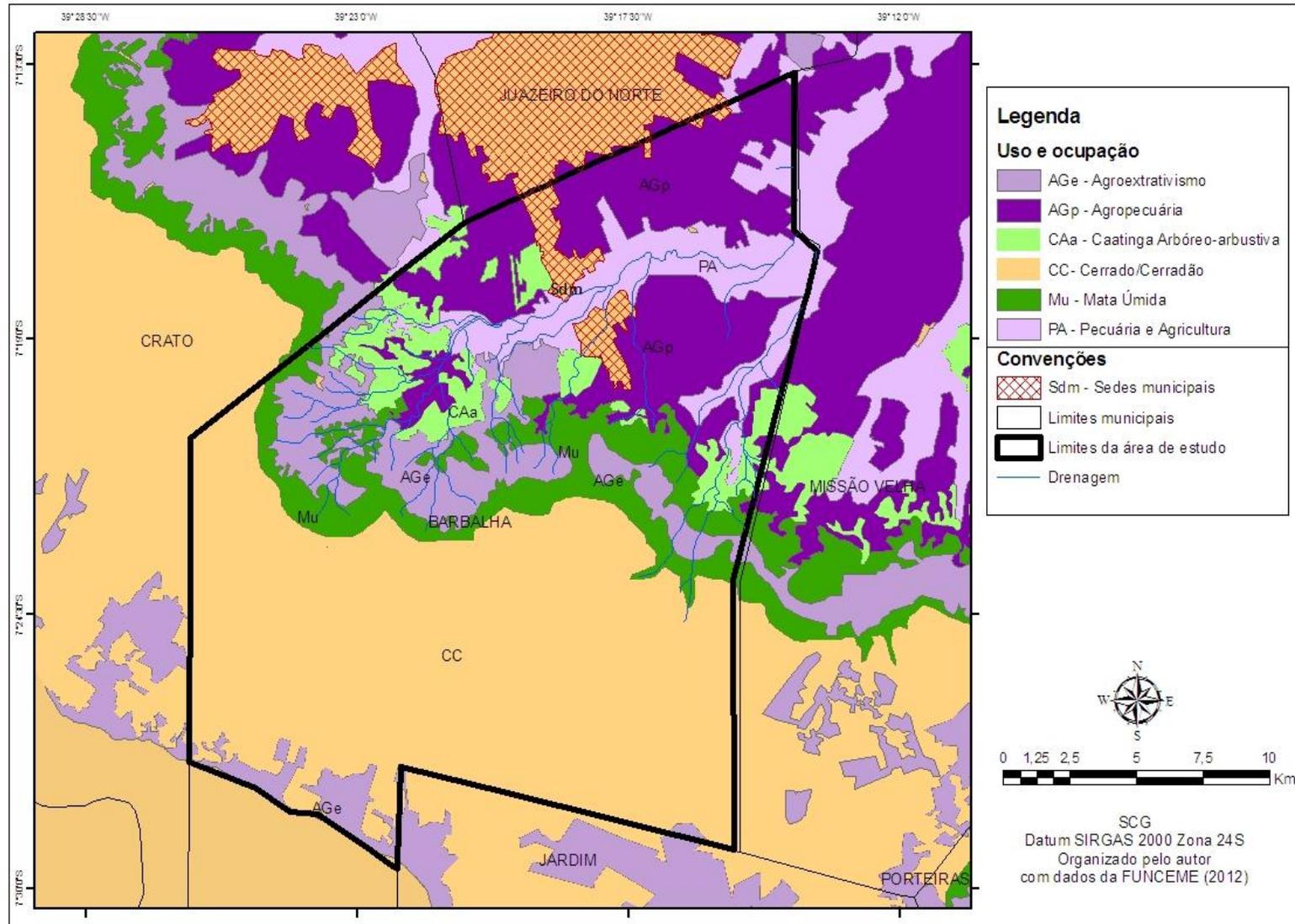
Tendo em vista uma diversidade geológica, relevo, clima e, principalmente os solos, registra-se para a região do Araripe as seguintes unidades fitoecológicas descritas (MMA/FUNDETEC/URCA, 1999).

- **Floresta Subperenifólia Tropical Pluvio-Nebular (Mata Úmida):** vegetação de porte elevado (± 20 metros de altura), localizada nos patamares superiores da Chapada do Araripe. Como fatores para sua ocorrência estão altitude e exposição aos ventos úmidos e, principalmente, a ressurgência de águas subterrânea que garante a permanência da vegetação florestal. Além disso, o efeito orográfico, já destacado anteriormente, favorece precipitação pluviométrica condicionante para este tipo de vegetação, assim como outra forma de precipitação, o orvalho, determinado pelo nevoeiro nos níveis mais elevados (MMA/FUNDETEC/URCA, 1999).
- **Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Matas Secas):** localizada nos patamares inferiores da chapada, fortemente descaracterizada pela ação antrópica.
- **Floresta Subcaducifólia Tropical Xeromorfa (Cerradão) / Cerrado:** localizada no topo da Chapada, entre 800 e 100 metros de altitude. Como características estruturais externas das espécies vegetais, nota-se caules retilíneos, copas que se superpõem, folhas largas, brilhantes e persistentes.

O tipo de Floresta Caducifólia Espinhosa (caatinga) é classificada e encontrada nesta região em três tipos: *Caatinga Arbustiva*, com no máximo 3 metros de altura, podendo ser considerada a regeneração da caatinga; *Caatinga Arbustiva-Arbórea*, uma caatinga mais densa que a anterior, o porte varia 3 a 5 metros de altura, com ocorrência de muita vegetação arbustiva; e *Caatinga Arbórea*, de porte elevado (acima de 5 metros), localizada nos patamares inferiores, no contato com as áreas mais baixas do relevo. Neste tipo de caatinga, as espécies apresentam uma espessura de caule maior e a densidade dos indivíduos é menor que nas caatingas arbustivas e semi-arbustivas (MMA/FUNDETEC/URCA, 1999).

Floresta Ribeirinha (mata ciliar), localizada ao longo dos riachos formados pelas fontes. Nos vales do Cariri as palmeiras macaúba (*Acrocomia intumescens*), babaçu (*Orbygnia phalerata*) e buriti (*Mauritia flexuosa*) apresentam-se em verdadeira zonação dos locais menos úmidos para os mais pantanosos (MMA/FUNDETEC/URCA, 1999). Na figura 17 é possível observar a espacialização dos principais tipos de vegetação, assim como o uso e ocupação da terra nos limites do município.

FIGURA 17- Mapa de uso e ocupação do solo de Barbalha/CE



Fonte: processado pelo autor com dados da FUNCEME (2012).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA O ZONEAMENTO DO RISCO NA ÁREA DE ESTUDO

Os procedimentos metodológicos para realização do mapa de risco de erosão/deslizamento do município de Barbalha estão elencados a seguir.

Na *primeira etapa*, houve revisão bibliográfica acerca do tema da dissertação: Riscos Ambientais, erosão de solos, deslizamentos de encostas e mapeamento de áreas de risco geológico. Foram visitadas bibliotecas *on-line* de universidades a fim de pesquisar teses e dissertações referentes às temáticas explicitadas acima.

Dentre dezenas de teses e dissertações referenciadas neste trabalho foi dado ênfase a pesquisas anteriormente realizada na área de pesquisa e na região onde ela está localizada com cunho científico muito importante para o desenvolvimento científico local, dentre esses autores destacam-se: Bandeira (2003), Ribeiro (2012), Araújo (2013), Lima (2014), Lima (2015), Brito (2016). Além também livros e capítulos de livros de autores como: Guerra (2005), Tominaga (2009), Santoro (2009), Mafra (2014), Guidicini e Nieble (1984), Gusmão Filho (1997), Cruden e Varnes (1996), Assine (2007) entre outros.

Os *sites* do Portal Domínio Público CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior), e das Bibliotecas da UFC, UFRS, UFPE, UFRJ, UFCA, USP dentre outras também foram consultados. As revistas científicas e anais de encontros científicos também foram consultados, como a revista de geociências (Geografia / UFPR), Revista brasileira de Geografia (EMBRAPA SEMIÁRIDO), Revista Brasileira de Geografia Física (Geografia/UFPE), Revista Mercator e dentre outros periódicos. Os trabalhos do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica e Encontro nacional do AMPPAS e Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana também foram consultados.

Diferentes órgãos públicos foram visitados a fim de colher informações sobre a área de estudo como a FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), COGERH (Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos), MMA (Ministério do meio ambiente), EMBRAPA (Empresa brasileira de pesquisa agropecuária), DNPM (Departamento nacional de produção mineral), CPRM (Companhia de pesquisa e recursos minerais), Ministério das Cidades, IPT (Instituto de pesquisas tecnológicas), IPECE (Instituto de

pesquisa e estratégia econômica do Ceará) e IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A *segunda etapa* consistiu em organizar/elaborar um grupo de mapas temáticos para análise geoambiental da área de estudo, cartografando características principais da paisagem, como altimetria, declividade, geologia, classe de solos, unidades geomorfológica, uso e ocupação do solo, precipitação e entre outros. Para isso, a pesquisa contou com os seguintes produtos cartográficos:

- Imagem de radar SRTM (*Shuttler Radar Topography Mission*) com resolução refinada para 30 metros (VALERIANO, 2008). Obtidas a partir do projeto TOPODATA/INPE (MIRANDA, 2008).
- Base digital cartográfica do Zoneamento Geoambiental da Mesoregião Sul do Estado do Ceará, com escala de 1:250.000, disponibilizado pela FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2006);
- Base digital cartográfica do levantamento de reconhecimento de média intensidade de solos da Mesoregião do Sul Cearense, numa escala de 1:200.000, disponibilizada pela FUNCEME (2012);
- Cartas topográficas na escala de 1:100.000 da SUDENE – Superintendência para o Desenvolvimento do Nordeste – Folha SB. 24-Y-D-III – Crato, disponibilizada pelo IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará), 1970.

Os mapas temáticos elaborados foram:

Mapa Geológico: elaborado através dos shapes disponibilizado pela CPRM (2003), do Mapa geológico do Ceará na escala 1:500.000, e da base cartográfica adaptada do IBGE (2010);

Mapas de Altimetria e declividade: foram utilizadas as imagens SRTM (*Shuttler Radar Topography Mission*) do projeto TOPODATA/INPE (VALERIANO, 2008), com resolução de 30m, para geração desses produtos morfométricos.

Mapa de Unidades Geomorfológicas: elaborado a partir da base cartográfica do Zoneamento Geoambiental da Mesoregião Sul do Estado do Ceará, com escala de 1:250.000,

disponibilizado pela FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2006); foram utilizados também os mapas de altimetria e declividade. Esse mapeamento foi realizado com base na proposta metodológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009).

Mapa de Classe de solos: utilizou-se os *shapes* cedido pela FUNCEME- – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2012), na escala de 1:250.000. Os solos foram caracterizados e classificados de acordo com a EMBRAPA (1999) com descrição litológica e nomenclatura de cada tipo de solo.

Mapa de Uso e ocupação do solo: elaborado a partir de *shapes* também disponibilizado pela FUNCEME- – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2012), na escala de 1: 250.000.

Mapa de precipitação: utilizou-se dados de precipitação média cujos totais anuais foram extraídos das séries históricas de 1979 a 2008, disponíveis no site da FUNCEME. Os dados de chuvas foram espacializados através da interpolação em função do inverso da distância - IDW no ambiente SIG.

Mapa de loteamentos: distribuição dos loteamentos foi elaborado a partir de bases cartográficas disponibilizada pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME (2012) e IBGE (2010). Os lotes e as rodovias foram vetorizados utilizando a ferramenta *Open Layers Plugin* a partir de imagens do Google satélite no SIG Qgis 2.14, sendo que o produto final foi processado no SIG *Arcgis9.3*.

Toda a base de dados cartográficos foi gerada no ambiente Sistema de Informações Geográficas - SIG e elaborada através do *software ArcGis 9.3* onde foram mantidos os mesmos valores de escala e coordenadas. O sistema de referência geocêntrico adotado foi Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000 Zona 24S.

A *terceira etapa* consistiu no zoneamento⁶ dos setores de risco geomorfológicos seguindo os procedimentos da metodologia do IPT, recomendada pelo Ministério da Cidade, disponível em Brasil (2007). A proposta tem por finalidade a identificação e caracterização

⁶Zoneamento compreende a identificação de processos destrutivos atuantes, a avaliação do risco de ocorrência de acidentes e a delimitação e distribuição espacial de setores homogêneos em relação ao grau de probabilidade de ocorrência do processo ou mesmo o risco estabelecendo quantas classes for possível. Permite, assim, individualizar e caracterizar cada um dos setores fornecendo informações sobre os níveis de suscetibilidade ao qual estão submetidos (BRASIL, 2007).

de áreas de riscos sujeitas à erosão e deslizamentos, com vistas à implementação de uma política pública de re-ordenamento urbano e gerenciamento de risco. A proposta de zoneamento é dividida em três partes:

1ª Parte: Pré - Zoneamento (Pré – Setorização)

Antes do zoneamento ou setorização de risco geomorfológico foi feito em escritório uma pré – setorização da área de estudo através de parâmetros básicos observados como: carta de declividade e densidade ocupacional. A primeira foi gerada em ambiente computacional do SIG Arcgis 9.3 com curvas de níveis de cinco metros. A Densidade ocupacional foi observada a partir de imagens de satélites do Google (2016). Em ambiente do SIG Qgis foi possível sobrepor a carta de declividade com transparência de 50% sobre a imagem de satélite possibilitando observar as áreas com maior grau de declividade, assim como a intensidade de ocupação dessas áreas. Sobre a declividade/inclinação foi levando em consideração a variação que pode ocorrer de acordo com o tipo de solo, rocha, relevo, ou de acordo com as intervenções antrópica, como cortes e aterros. Para este parâmetro existem valores de referências acima dos quais a deflagração do processo de erosão e deslizamento é eminente. Como referência tem-se: 17° (30%) baseado na lei federal de Lehman⁷ (Lei federal 6766/79). A partir dessa análise foi possível pré - delimitar 14 setores de risco que posteriormente foram verificados em campo com mais detalhe.

2ª Parte: Zoneamento (Setorização)

Nesta etapa os trabalhos de setorização foram realizados em campo, onde permitiu uma melhor delimitação dos setores de risco. O zoneamento iniciou-se com o auxílio de imagens de satélite e carta de declividade e duas fichas de campo (*checklist*), que permitiu uniformizar e comparar as informações que foram coletadas, considerando o fator geológico, topográfico, além da presença de evidências de movimentação, presença de água, cobertura vegetal entre outros.

É importante salientar que as moradias de cada setor encontram-se no mesmo grau de risco mesmo que em meio às moradias dos setores tenha alguma edificação que não apresente risco tão elevado. Assim, pode-se considerar que no zoneamento de risco poderá haver uma

⁷Lei federal de Lehman (Lei federal 6766/79) que determina que áreas com declividades acima de 30% devem ter uma ocupação condicionada a não existência de riscos (verificado por laudo geológico- geotécnico). Entre 20º - 25º é a declividade onde os deslizamentos já podem ser iniciados variando de acordo com a localização.

generalização permitindo assim caracterizar cada um dos setores, fornecendo informações sobre os diversos níveis de risco sob ao qual estão submetidos.

Através das duas fichas de campo estruturadas (*checklist*) foi possível a observação e caracterização de cada setor, a partir dos seguintes passos:

1º Passo – Dados gerais sobre a moradia

A necessidade de fazer o levantamento do tipo de moradia se deve às diferentes resistências que cada tipo (madeira ou alvenaria) tem com relação ao impacto dos materiais mobilizados pelos deslizamentos ou erosão. Pois, partiu-se do pressuposto que casas de alvenaria apresentem maior resistência do que as casas de madeira. No caso da moradia estar atuando como sobrecarga no talude, as de madeira apresentam menores riscos por serem mais leves.

2º Passo – Caracterização do local

Este passo descreve a caracterização do local da moradia ou o grupo de moradias como, por exemplo: tipo de talude, se natural ou corte; tipo de material, solo, aterro, rocha; Presença de materiais, blocos de rocha e matacões, bananeiras, lixo e entulho; Inclinação da encosta ou corte; distância da moradia ao topo ou base dos taludes.

3º Passo – Água

A água é o principal agente causador de deslizamentos e erosão, sua ação pode se dar de diversas formas, como água das chuvas, águas servidas e esgotos. Sua origem e destino são fatores de extrema importância que devem ser levados em consideração.

4º Passo – Vegetação no talude ou proximidades

A vegetação de certa forma traz uma estabilidade para as encostas, porém, nem toda a vegetação é benéfica, como é o caso das bananeiras que são prejudiciais à estabilidade é um dos cultivos preferidos das populações que ocupam as encostas. Outra característica da vegetação que pode ser prejudicial é a resistência em relação ao vento, pois galhos podem se quebrar e atingir moradias.

5º Passo – Sinais de Movimentação (Feições de instabilidade)

É um dos parâmetros mais importantes, pois antes de ocorrer deslizamento, a encosta apresenta sinais de movimentação. Deve haver então observação de trincas em terrenos ou moradias; inclinação de árvores, postes e muros; degraus de abatimentos; muros ou paredes embarrigadas e cicatrizes de deslizamentos e processos erosivos próximos à moradia.

6º Passo – Tipos de processos de instabilização esperados ou ocorridos

Os processos de instabilização foram analisados os tipos de processos que ocorreram na encosta como, rastejo; escorregamentos; quedas, corridas e erosão.

7º Passo - Delimitação dos setores de risco

Através de todas as informações obtidas de caracterização do local e com base no relacionamento dos parâmetros são delimitados os setores de risco. Cada setor de risco apresenta características diferenciadas, onde receberá posteriormente o seu respectivo grau de risco.

3ª Parte: Determinação do Grau de Probabilidade de ocorrência dos Processos geomorfológicos

Foi atribuído para cada setor de risco um grau de determinação com escala que variaram de 1 a 4 graus (níveis) de probabilidade de ocorrência dos riscos geomorfológicos, com base nas informações geológico – geotécnicas definidas pelo Ministério das Cidades, como pode ser observada no quadro 6.

QUADRO 6 – Critérios para determinação dos graus de risco

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRIÇÃO
R1 Baixo	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e em margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos no período de um ciclo chuvoso.
R2 Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
R3 Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.

R4 Muito Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declividade, tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de um ciclo chuvoso.
---------------	---

Fonte: Adaptado de Brasil (2007)

A *quarta etapa* consistiu na elaboração do Mapa de Risco Geomorfológico do Município de Barbalha. Para uma melhor visualização do Mapa de Risco, foram elaborados seis mapas, distribuído em cinco bairros (Tupinambá, Alto do Rosário, Bela Vista, Alto da Alegria e Santo André) e um distrito (Sítio Riacho do Meio- distrito do Caldas). Ao todo foram zoneados quatorze setores de risco. Para a elaboração do Mapa de risco geomorfológico foi utilizada a base cartográfica elaborada pelo PROURB- cidades do Ceará (1997) e disponibilizada pela secretaria de infraestrutura (2016) na escala 1:10.000 e DATUM SAD 69 re-projetada para SIRGAS 2000 no software *Arcgis* 9.3. As informações contidas no interior das quadras são ilustrativas oriundas de voo de 35m e atualizada a partir vetorização de imagens do Google satélite no SIG Qgis 2.14.

A *quinta etapa* tratou-se da integralização dos dados e elaboração de relatório técnico. Com os dados obtidos a partir da caracterização dos aspectos geoambientais; identificação dos principais parâmetros que contribuem para a instabilidade das encostas; mapeamento das áreas que estão em situação de risco assim como os principais problemas socioambientais foi elaborado um relatório final sobre os riscos geomorfológicos da área de estudo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapeamento das áreas de risco foi realizado em todo o município de Barbalha, subdividido em bairros, sendo que dentre os 15 bairros e 3 distritos existentes na área de estudo, apenas 5 bairros e 1 distrito foi possível identificar áreas de risco, com um total geral de 15 setores de risco zoneados (tabela 5 e figura 18 e 19). As localidades e tipologia dos riscos identificado nos bairros e distrito podem ser analisados no quadro 7.

TABELA 5 – Setores de risco de erosão e deslizamentos nos bairros zoneados

Bairros	Setores de Risco (SR)	Grau de Risco (R)	Extensão do setor (m ²)	Coordenadas geográficas (UTM)	
Tupinambá	SR 1	R3-Alto	234m ²	0465822-S	9191545-W
	SR 2	R2-Médio	254m ²	0465861 S	9191565-W
	SR 3	R4-Muito Alto	334m ²	0465948-S	9191618-W
	SR 4	R2-Médio	881m ²	0466037-S	9191654-W
	SR 5	R3-Alto	352m ²	0466110-S	9191671-W
	SR 6	R3-Alto	390m ²	0466113-S	9191645-W
	SR 7	R1-Baixo	322m ²	0466180-S	9191676-W
Alto do Rosário	SR 8	R3-Alto	333m ²	0465782-S	9191483-W
	SR 9	R3-Alto	248m ²	0466017-S	9191265-W
Bela Vista	SR10	R4-Muito Alto	1.357m ²	0465263-S	9190280-W
	SR 11	R2-Médio	211m ²	0466888-S	9190057-W
Santo André	SR 12	R2-Médio	1.215m ²	0467626-S	9189958-W
	SR 13	R2-Médio	1.239m ²	0467501-S	9189851-W
Alto da alegria	SR 14	R2-Médio	588m ²	0467275-S	9192067-W
Distrito	Setores de Risco (SR)	Grau de Risco	Extensão do setor (m ²)	Coordenadas geográficas (UTM)	
Caldas	SR 15	R3-Alto	250m ²	0463785-S	9186177-W

Fonte: elaborada pelo autor, 2017.

QUADRO 7 – Distribuição e tipologia dos riscos geomorfológicos do município de Barbalha

BAIRRO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA DO RISCO GEOMORFOLÓGICO	IMAGEM
Tupinambá	Entre as ruas Major Sampaio e rua Tristão Gonçalves	Diversos focos de erosão acelerada (Sulcos, ravinas e voçorocas); Cicatrizes de deslizamentos; Pontos vulneráveis a deslizamentos	
Alto do Rosário	Rua Henrique Lopes	Área com erosão acelerada (Sulcos e voçorocas); deslocamento no talude	
	Entre as ruas Antônio Galvão e Natanael Pereira de Souza	Erosão acelerada (Ravinas e voçorocas); pontos vulneráveis a deslizamentos	
Bela Vista	Entre a CE-060 e rua Antônio Joaquim	Focos de erosão acelerada (sulcos e ravinas); evidência e cicatrizes de deslizamentos	
	Rua Santa Maria da conceição	Focos de erosão (Sulcos e ravinas)	
Santo André	Entre as ruas São Joaquim e T-25	Focos de erosão acelerada (sulcos e ravinas)	
	Entre as ruas José da Silva e T26	Focos de erosão acelerada (sulcos e ravinas)	
Alto da Alegria	Entre as ruas Melquíades da Costa Veloso, José Quental e Antônio Manoel Queiroz	Foco de erosão acelerada (sulcos e ravinas)	
DISTRITO	LOCALIDADE	TIPOLOGIA DO RISCO GEOMORFOLÓGICO	IMAGEM
Caldas	CE- 060 (Sitio Riacho do Meio- Zona Rural)	Erosão no talude (sulcos); área vulneráveis a deslizamentos	

Fonte: Autor (2017)

FIGURA 18- Mapa de Risco geomorfológico dos bairros do Município de Barbalha- CE

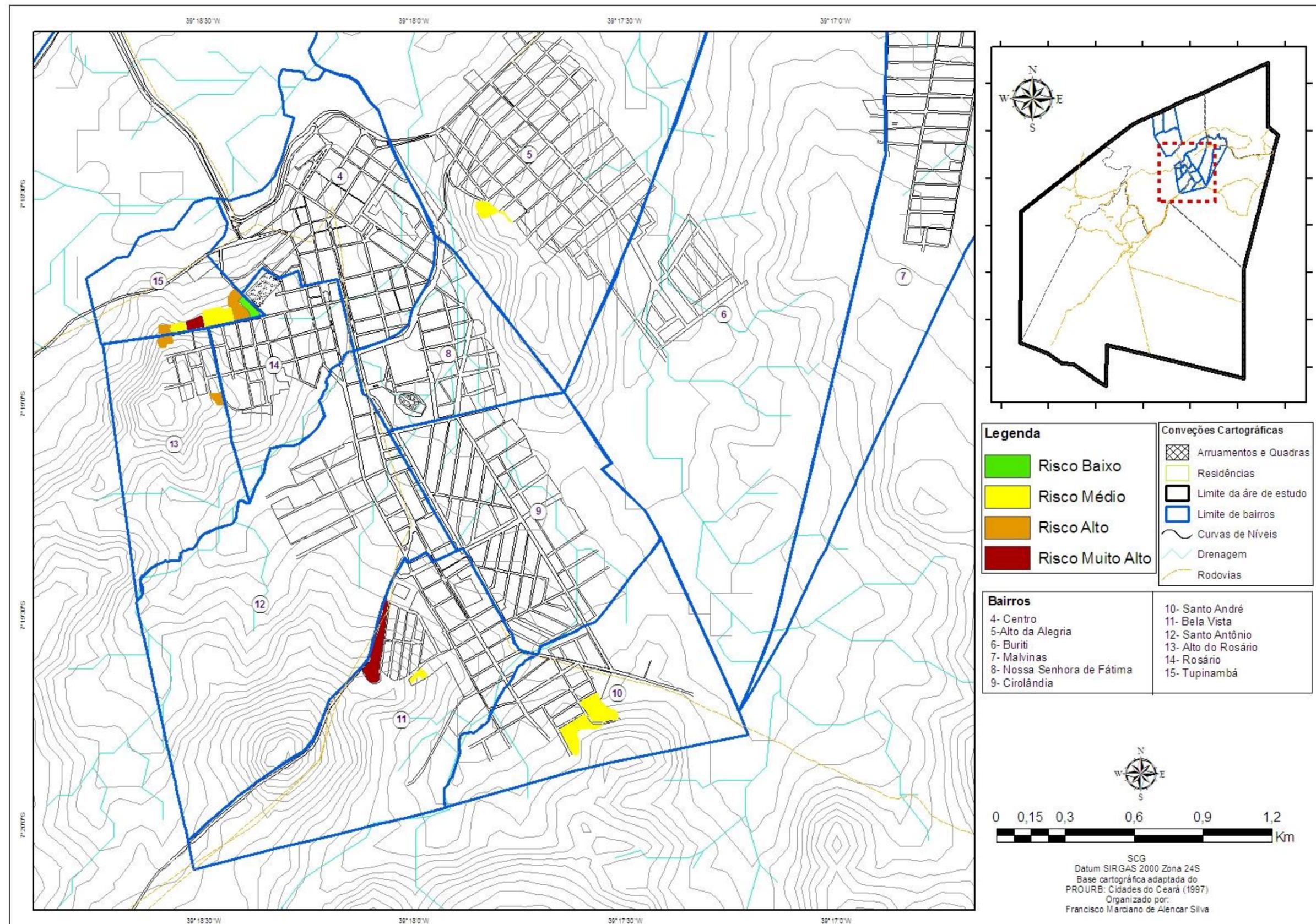
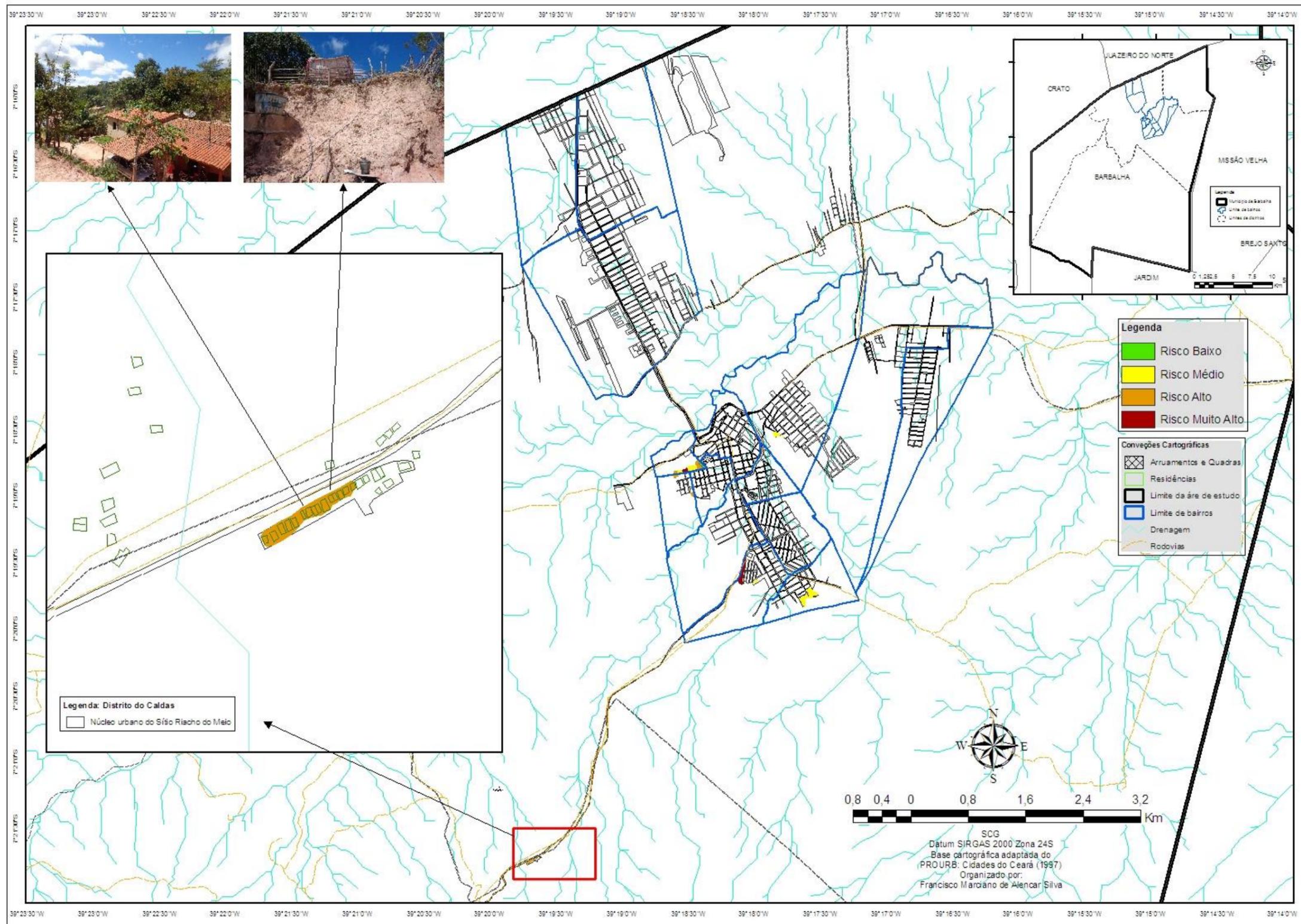


FIGURA 19- Mapa de risco Geomorfológico do distrito do Caldas no Município de Barbalha-Ce



5.1 Áreas de Risco do bairro Tupinambá

O bairro Tupinambá é o menos populoso do município, concentrando apenas 130 habitantes, equivalente a 0,3% da população, porém, é o que apresentou maiores números de setores de riscos, que juntos somam um total de 2.767m². Na caracterização geral desta localidade foi possível observar em alguns pontos um modo de ocupação parcialmente planejada e estágio de ocupação parcialmente consolidado, pois ainda está em processo de ocupação, e tem infraestrutura básica razoável. Os padrões das edificações são de alvenaria que variam de pequeno a médio porte, exercendo assim pressão sobre o talude ao qual estão sobrepostas.

Sobre os aspectos litológicos, o bairro se encontra sobre a Formação Rio Batateira, onde predomina arenitos médios a finos, argilosos, amarelos e cinzas; siltitos e folhelhos cinza, estratificados; leitos de folhelhos negros.

No setor mais baixo do bairro tem-se a planície da microbacia do Rio Salamanca com uma rede fluvial esparsa e canais retilínea (figura 20 A) e em outra parte mais elevada uma colina de topo aplainado com predominância de árvores de pequeno porte e arbustos (figura 20B).

FIGURA 20- (A) Planície da Microbacia do Rio Salamanca (B) Colina com topo aplainado



Fonte: autor (2017)

Observando as características geológico-geotécnicas, a área apresenta solos do tipo Argilosos vermelho – amarelo com baixa permeabilidade e bastante resistente. Essa resistência está associada à presença de Laterita encontrada na área (figura 21 A). Segundo Espindola e Daniel (2008) a denominação “laterita” tem sido empregada para designar depósitos residuais endurecidos oriundos do intemperismo de rochas e materiais superficiais em alteração. É característico em áreas de clima úmidos e sub-úmidos. Quanto à estabilidade

nos taludes da colina do bairro Tupinambá foi identificado um acelerado processo de erosão intensificado principalmente pela retirada de material da sua base para construção em anos anteriores e também de atividades no topo ligados a expansão urbana e retirada da vegetação (figura 21B).

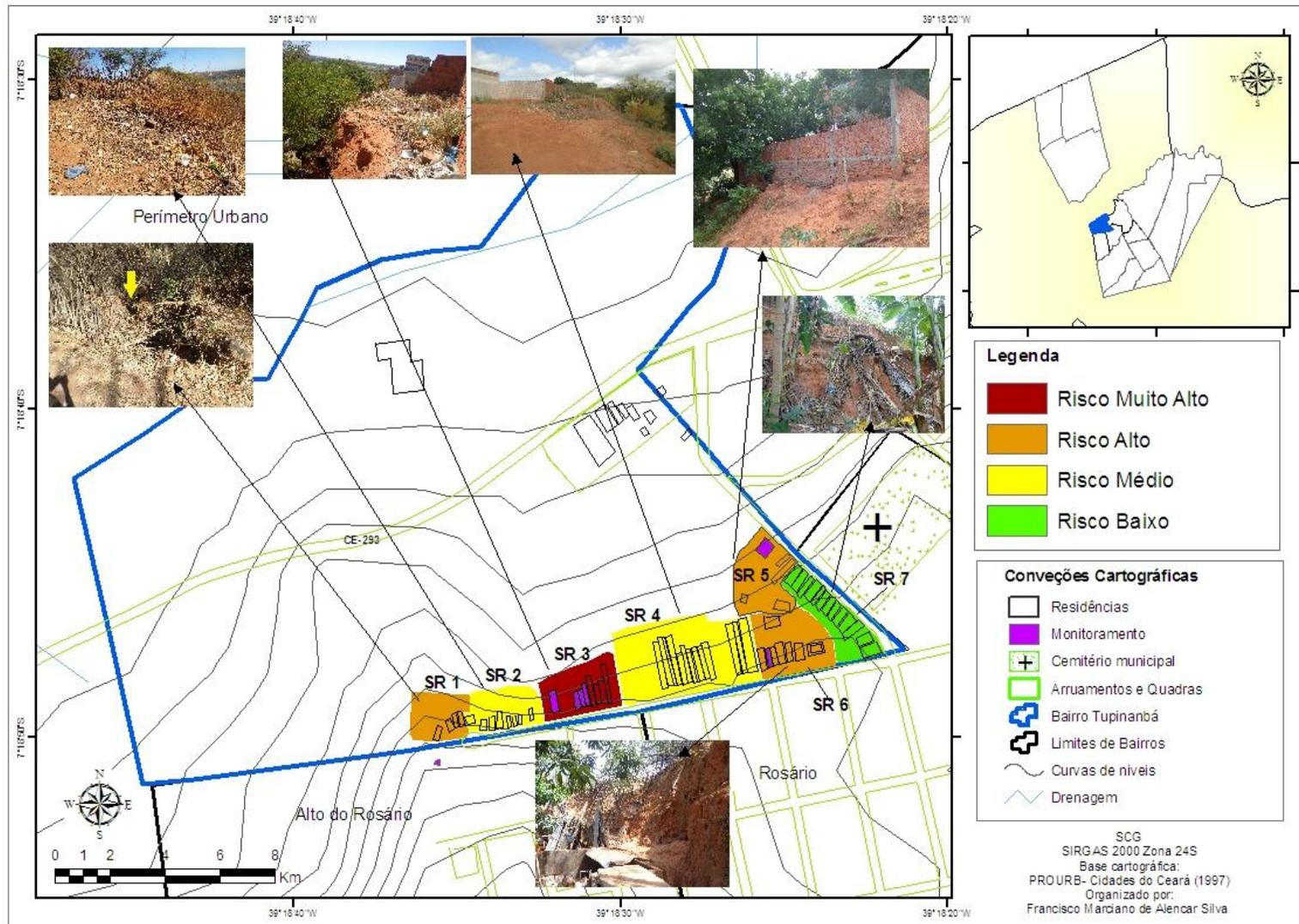
FIGURA 21- (A) Concentração de laterita no solo (B) Erosão acelerada no talude de corte no bairro Tupinambá



Fonte: autor (2017)

Diante das condições geoambientais e da relação dos moradores com o uso da terra na localidade, foram mapeados sete setores de risco, ilustrado na figura 22 e conforme elencado na tabela 6. Dos setores mapeados, um setor denominado SR 3 tem grau de risco muito alto, apresentando três casas destruídas e quatro casas para monitoramento constante; três setores apresentaram grau de risco alto; dois setores foram classificados como de risco médio e um setor como de risco baixo. A seguir apresentam-se as características de cada setor do bairro Tupinambá que constituíram a classificação do grau de risco.

FIGURA 22- Mapa dos setores de risco Geomorfológico do bairro Tupinambá



Fonte: autor (2017)

TABELA 6 – Síntese dos setores de risco do bairro Tupinambá

Setor de Risco (SR)	Grau de Risco (R*)	Nº de casas do setor	Nº de casas Ameaçadas	Nº de casas p/Remoção	Nº de casas Destruidas	Nº de casas Removidas
SR 1	R3	03	01	-	-	-
SR 2	R2	06	-	-	-	-
SR 3	R4	08	04	-	03	-
SR 4	R2	16	-	-	-	-
SR 5	R3	04	01	-	-	-
SR 6	R3	08	02	-	-	-
SR 7	R1	13	-	-	-	-

Fonte: Organizado pelo autor (2017)

5.1.1 Setores de risco do bairro Tupinambá

O setor de risco 1 tem uma área aproximada de 234m² e 25 metros de altura da planície ao topo da colina e declividade maior que 75%. Os processos atuantes identificados foram erosão por sulcos e ravinas severa e profunda evidentemente causada pela retirada da vegetação do topo (figura 23).

FIGURA 23- Erosão por ravinamento na borda do talude



Fonte: autor (2017)

As causas e fatores agravantes na estabilização do talude está associada a ocupação de toda borda da colina e da cabeceira de drenagem por residências e criatórios de suínos e caprinos (figura 24A). A instabilidade do talude se compromete mais ainda devido ao lançamento de lixo e entulhos lançado pelos moradores, intensificando assim o peso sobre o talude e a proliferação de doenças. Há também lançamento de águas servidas, concentração de águas das chuvas do telhado e concentração de bananeiras em alguns quintais. As bananeiras é um tipo de planta que não deve ser plantada em taludes, pois acumulam água e aumenta o risco de deslizamentos (Figuras 24 B, C, D).

FIGURA 24- (A) Ocupação no topo da colina a poucos metros do talude para criação de animais (B) Lançamento de lixo sobre o talude (C) Tubulações de lançamento de águas servidas sobre o talude (D) Concentração de Bananeiras nas proximidades do talude

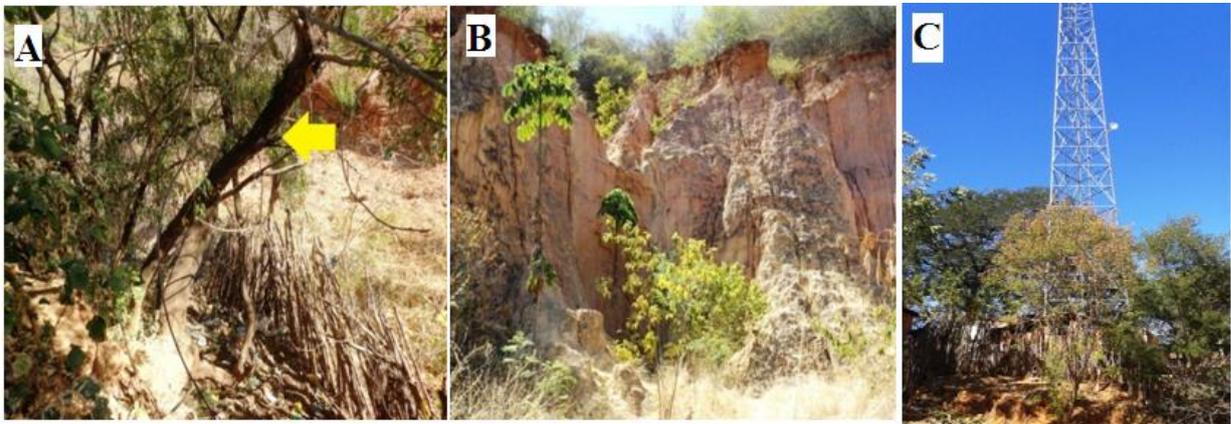


Fonte: autor (2017)

A pouca vegetação é composta por arbustos e algumas árvores de pequeno porte que evidenciam o movimento do tipo *Creep* que é percebido pela tortuosidade. Na base deste setor, em anos anteriores, houve também uma intensa exploração de material para construção, deixando a base exposta suscetível a processos erosivos (Figuras: 25 A e B).

No setor estão vulneráveis um equipamento de comunicação (antena) (figura 25C), 03 moradias e uma área de criação de animais para comercialização a pouco mais de um metro de distância do talude. Diante das características, este setor apresenta um risco Alto (R3) de prejuízos econômicos.

FIGURA 25- (A) Árvores tortuosas evidenciando a instabilidade do talude (B) Área de jazida inativa de retirada de material (C) Equipamento de comunicação nas proximidades do talude



Fonte: autor (2017)

O setor de risco 02 apresenta taludes com altura aproximada de 254 m², altura em torno de 25m e declividade maior que 75%. Pela proximidade do setor 01, este setor apresenta processos atuantes de sulcos e ravinas.

Algumas causas que agravam o setor é a presença de lixo lançado no talude e fossas drenantes nos quintais, com distância de aproximadamente 10 metros da borda do talude. A vegetação é secundária e de pequeno porte (figuras 26 A e B). As estruturas das residências são de alvenaria e taipa e de pequeno porte. As concentrações de águas de chuvas direcionadas pelos telhados das residências e canos de esgotos estão todas concentradas na direção do talude, porém, por estar distante do talude não intensifica o risco de erosão nem deslizamentos, pelo menos, em curto prazo.

O setor apresenta um total de 06 residências e pelas características apuradas dos fatores de suscetibilidade e vulnerabilidade, pode-se atribuir um grau de risco médio (R2), mais futuramente esses fatores podem evoluir e vir a ser um setor de risco alto, caso as características se agravem.

FIGURA 26- (A) Lançamento de lixo no talude (B) Fossa drenantes e lançamento de águas servidas na direção do talude

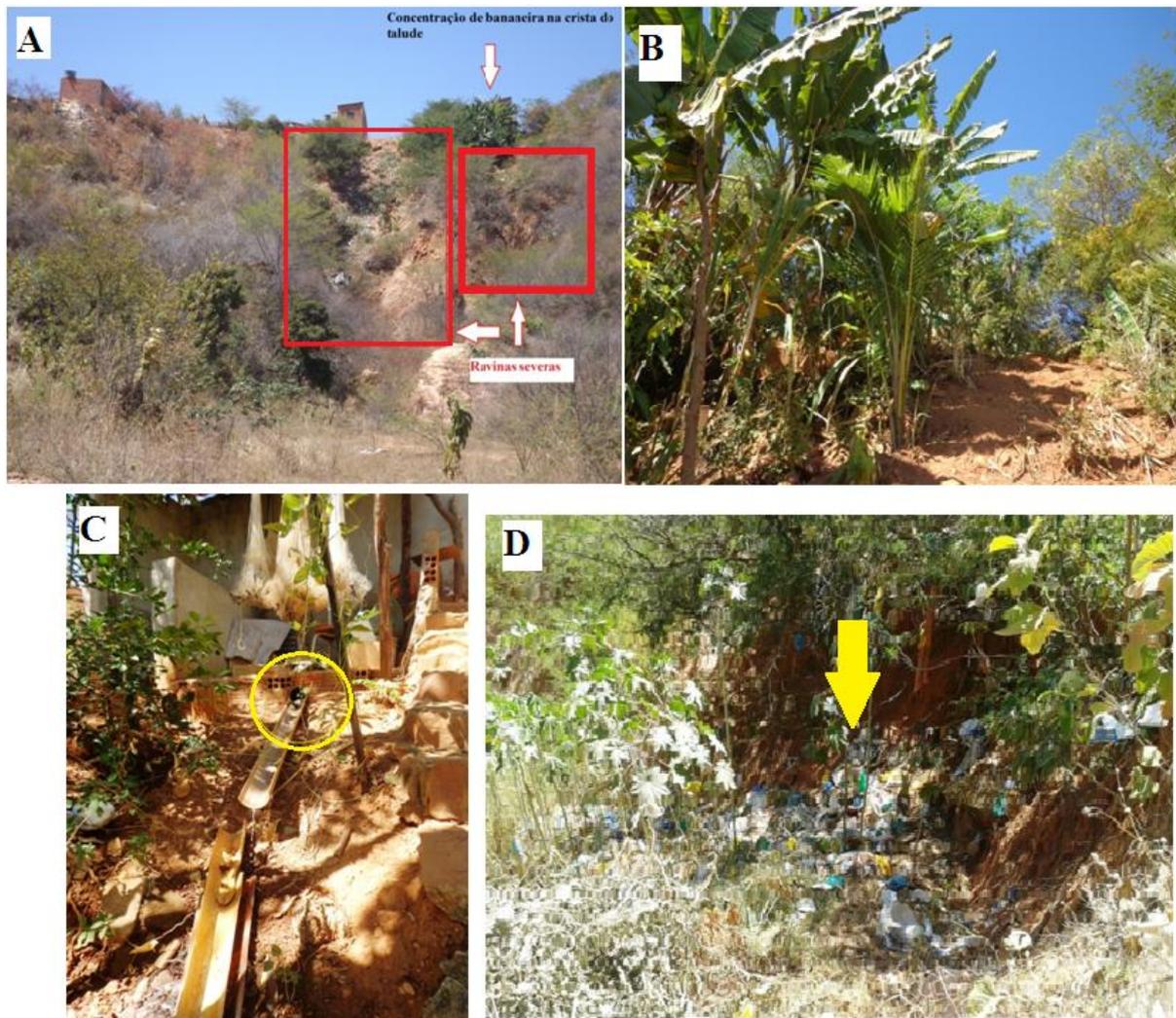


Fonte: autor (2017)

O setor de risco 3 apresenta uma área aproximada de 334m², 25 m de altura da base ao topo e mais que 75% de declividade. Dentre os fatores de suscetibilidade foram identificado erosões superficiais e severas por sulcos e ravinas profundas (figura 27 A).

Dentre as causas que agravam o grau de risco neste setor 03 pode-se apontar: a ocupação de moradias de pequeno e médio porte no topo do talude, que por sua vez concentra a queda de águas da chuva do telhado e de esgoto em direção a rampa do talude, além de fossas drenantes na crista. Para desestabilizar mais o setor foi identificado algumas bananeiras plantadas morro abaixo e muito lixo lançados pelos moradores, com o intuito de obstruir o avanço da erosão (figuras 27 B, C e D).

FIGURA 27- (A) Erosão severa por ravinamento no talude (B) Concentração de bananeira na crista do talude (C) Lançamento de água servida no talude (D) Lançamento de lixo no talude



Fonte: autor (2017)

Na última quadra chuvosa de 2016 houve no setor alguns processos recorrentes como queda parcial de moradias causada pelo avanço da erosão, que por sua vez, foi intensificada pelas chuvas, causando transtornos com perdas econômicas e até mesmo possibilidade de perda de vidas humanas (figuras 28 A e B).

Neste setor 03 há um total de 08 moradias, 04 para monitoramento e 03 parcialmente destruídas. Diante desses fatores, levando em consideração os critérios para determinação do grau de risco proposto na metodologia, a área setORIZADA apresenta um grau de risco muito alto - R4.

FIGURA 28- (A) Evidências de processos destrutivos (queda parcial de residência) (B) Avanço da erosão e perda total do muro da residência conforme indicado pela seta.

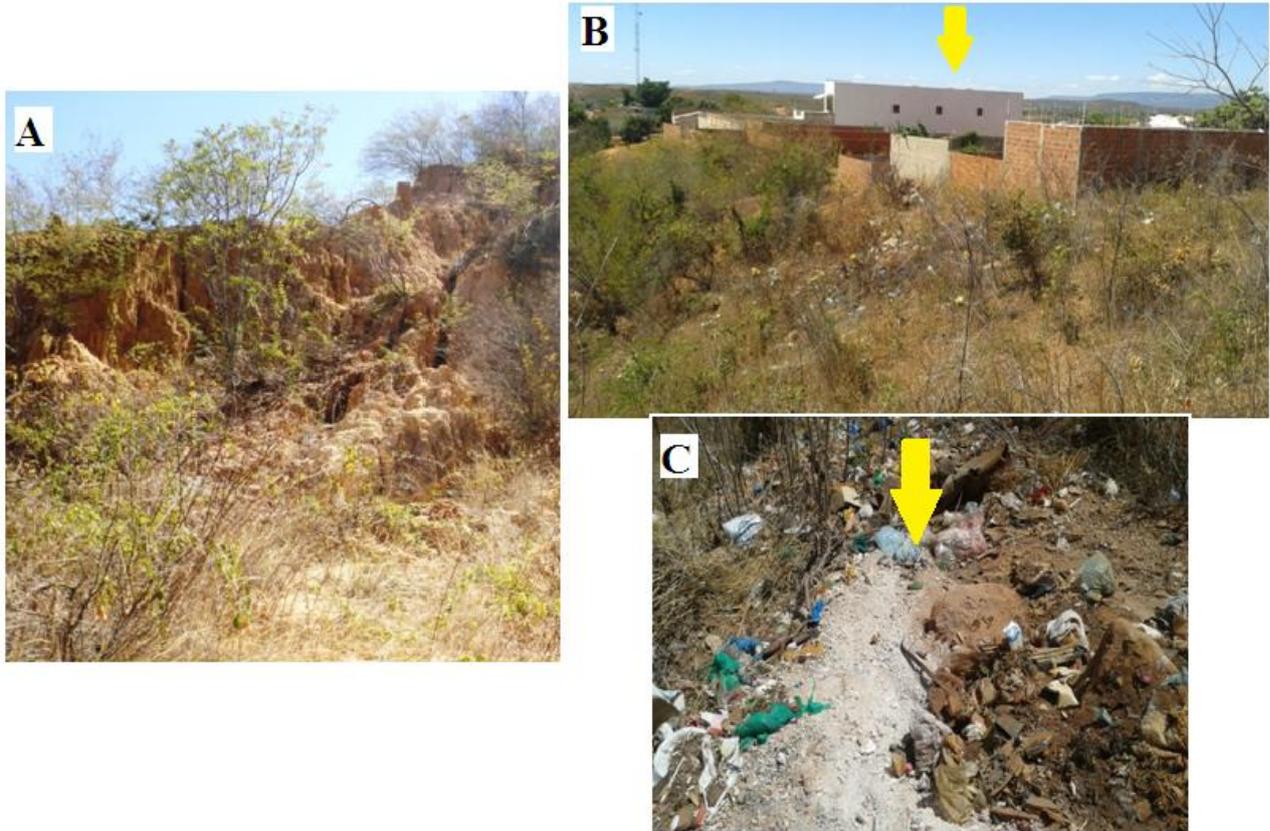


Fonte: autor (2017)

O Setor de Risco 04 apresenta uma área de aproximadamente 881m², com taludes em torno de 25m de altura e declividade entre 45% e 75%. Dentre os fatores de suscetibilidade foi identificado erosões superficiais por sulcos e erosão severa, por ravinamento, na base do talude, por conta da retirada de material para construção em anos anteriores (figura 29A).

Algumas Causas e agravantes da instabilização no setor podem ser atribuída à ocupação da borda do talude por residências de médio porte e de alvenaria, além de lançamento de lixo e entulho (figuras 29 B e C). A vegetação é rala arbustiva e de pequeno porte, em alguns pontos o solo é exposto ficando mais vulnerável a erosão. Neste setor 04 há um total de 16 residências e não há histórico de processos de erosão ou deslizamentos que tenha causado prejuízo ou transtorno a população e também causas e agravantes mais intensos que desestabilizasse o talude, desta forma, este área caracteriza-se como um setor de risco médio. As residências deste setor estão localizadas nas proximidades do talude e se não houver medidas preventivas de risco, futuramente esta área pode evoluir para um grau de risco maior.

FIGURA 29- (A) Erosão severa por sulcos e ravinas na base do talude do setor (B) Ocupação da borda do talude por residências de pequeno e médio porte (C) Lançamento de lixo e entulho sobre o talude

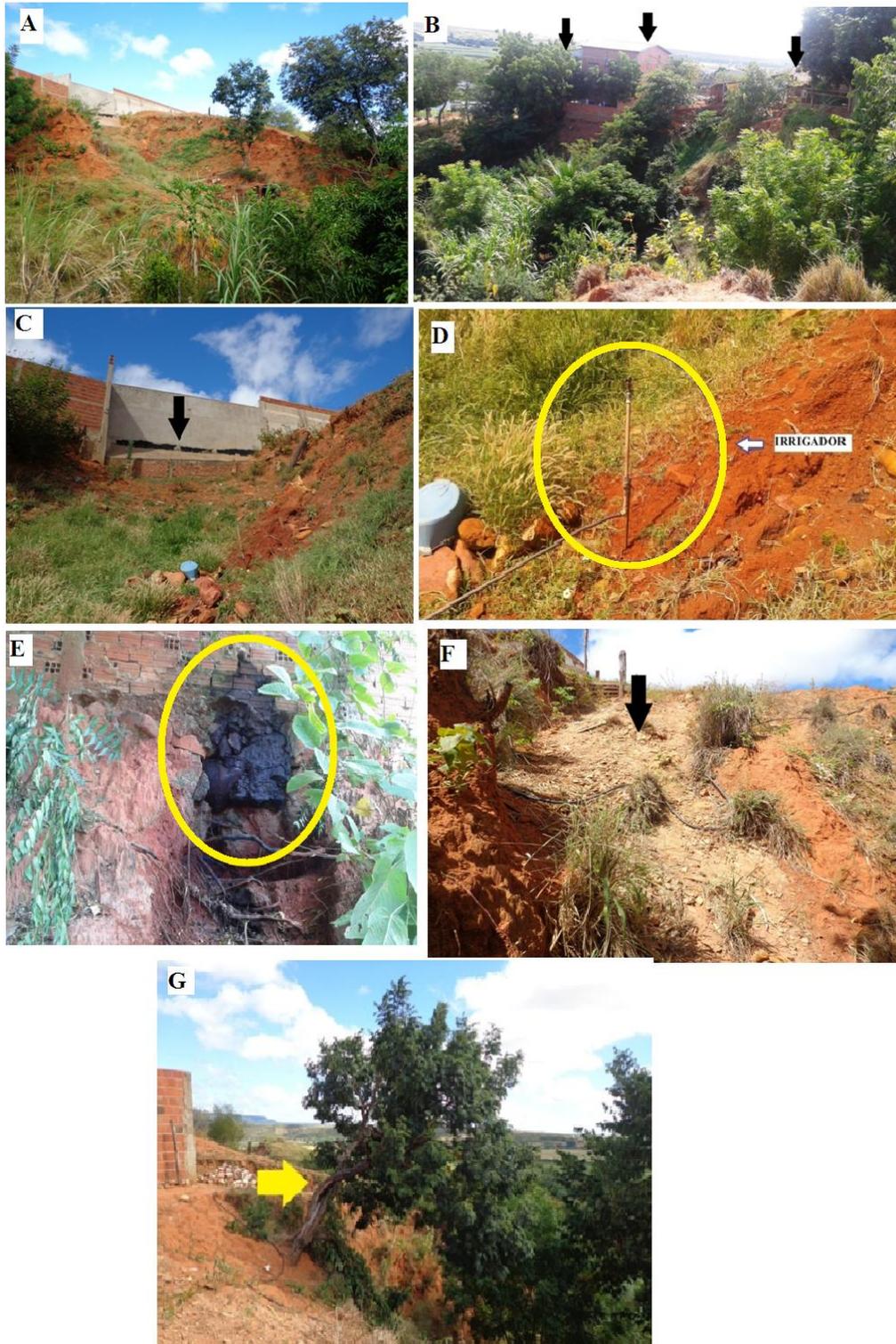


Fonte: autor (2017)

No Setor de Risco 05 que tem área em torno de 352m², os taludes apresentam alturas entorno de 10 e 15 metros e declividades que variam de 45% a 75%. Os fatores de suscetibilidade identificados são de erosão severa por ravinas e voçorocas (figura 30 A).

Entre as causas e agravantes que contribui para a instabilização deste setor, identificou-se a ocupação da borda do talude por residências de pequeno e médio porte. O tamanho da residência pode ter uma influência direta no talude, pois, exerce um sobre peso na encosta (figura 30 B). Foi verificado neste setor uma concentração da água da chuva em pontos argamassados na borda do talude, irrigação de plantas no centro na voçoroca desestabilizando a base do talude, águas servidas lançados no talude agravadas ainda mais pelas fossas drenantes localizada nas proximidades da crista, além de lançamentos de entulhos pelos moradores, com o intuito de conter a erosão (figuras 30 C a F). A vegetação deste setor são poucas arvores tortuosas de grande e médio porte e arbustos na borda do talude. Árvores tortas são sinais da instabilidade do terreno (figura 30 G).

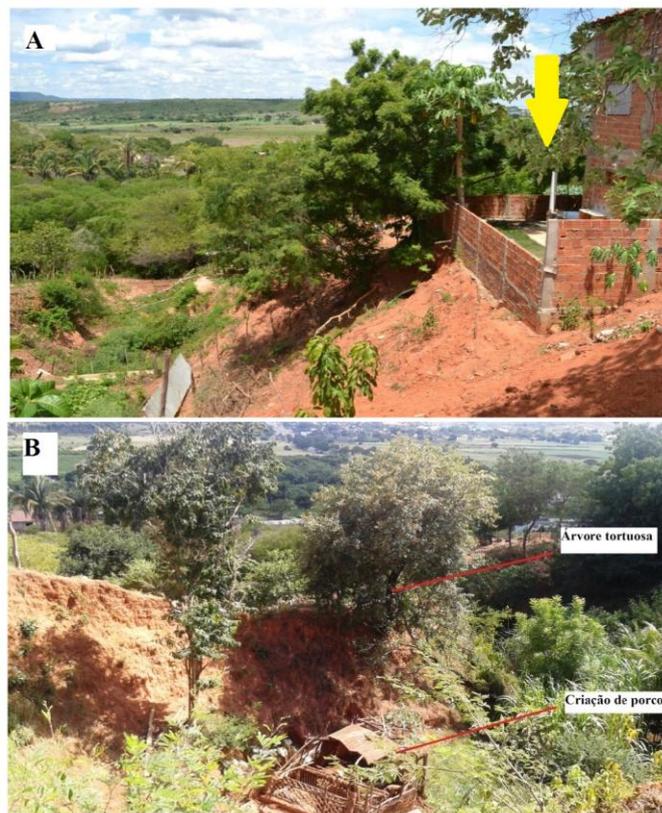
FIGURA 30- (A) Vista parcial de processos erosivos por voçorocamento (B) Vista parcial do setor 05 e ocupação na borda do talude por residências de médio e pequeno porte (C) Ponto de concentração de água da chuva na borda do talude parcialmente argamassada. (D) Lançamento de água para irrigação na base do talude (E) Lançamento de esgoto em direção ao talude (F) Lançamento de entulho sobre a borda do talude (G) Árvore tortuosa evidenciando a instabilidade do talude



Fonte: autor (2017)

Estão vulneráveis, neste setor, 04 residências, sendo 01 para monitoramento por esta ter seu muro na borda do talude (figura 31A) apresentando risco de queda. Segundo moradores mais antigos, esta área era cortada por uma estrada, porém, foi destruída pelo forte processo de erosão que acabou evoluindo para voçoroca, onde na parte interna, moradores aproveitam para plantio de cana de açúcar, árvores frutíferas e criação de porcos que estão constantemente sob risco de ser atingidos por queda de árvores (figura 31B). Desta forma, diante das causas e fatores naturais e antrópicos que agravam esta área, levando em consideração também os critérios de determinação do grau de risco, este setor apresenta um risco alto – R3.

FIGURA 31- (A) Residência de grande porte, com muro construído na borda do talude com altura e declividade bastante acentuada (B) Risco de perda econômica por atingimento de árvores de grande



Fonte: Lima (2014) e autor (2017)

O Setor de risco 06 apresenta uma dimensão de 390m², taludes com alturas em torno 7m a 9m e declividade acentuada de 45% a 75%. Os processos atuantes no setor são pequenos deslizamentos planares ocorridos em anos anteriores 2013/2016 e erosão superficial por sulcos ao longo de todo talude (figura 32A).

Pode-se identificar pouca vegetação de árvores de pequeno porte na crista do talude. Apresenta ocupação de médio porte no topo e na base do talude (figura 32 B), com concentração

de fossas drenantes das residências tanto no topo quanto na base. A água dessas fossas quando infiltradas no solo agrava as condições de instabilidade dos taludes pela saturação do solo.

Dentre os processos recorrentes, em 2016 ocorreu a queda parcial de uma moradia ainda em construção durante a quadra chuvosa deste mesmo ano, deixando sob risco de atingimento moradias e criação de suínos que se concentram nas proximidades da base desse talude (figuras 32 C e D). Neste setor zoneado encontram-se vulneráveis 08 residências, sendo 02 para monitoramento pela proximidade com o talude e pelas ocorrências dos processos destrutivos. Diante desses fatores levando em consideração os critérios para definição do grau de probabilidade de ocorrência de processos destrutivos proposto pelo Ministério das Cidades, a área setorizada apresenta um grau de risco alto (R3) por apresentar risco de vida e perdas econômicas.

FIGURA 32- (A) Vista parcial do talude sem proteção vegetal com pequenos deslizamentos planares e erosão superficial por sulcos (B) Ocupação de médio porte no topo do talude e vegetação de pequeno porte na crista do talude (C) Queda parcial da moradia em construção durante a quadra chuvosa de 2016 (D) Criação de suínos próximo ao talude sob risco de atingimento



Fonte: autor (2017)

O ultimo setor zoneado no bairro Tupinambá, setor de risco 07, apresenta dimensões em torno de 322 m² e taludes com altura em torno de 2 metros de altura e declividade que variam de

20 a 45%. O processo atuante identificado foi apenas erosão superficial por sulcos (figura 33A). O topo dos taludes normalmente é ocupado por residências de pequeno porte, sendo que há concentração de bananeiras na base do talude e lixo e entulho na sua borda, contribuindo assim para instabilização parcial das encostas (figura 33B).

Neste setor zoneado encontram-se vulneráveis 13 residências de pequeno porte, que não apresentam nenhuma recorrência de processos destrutivos ao longo dos anos. Diante das poucas evidências de suscetibilidade e vulnerabilidade, a princípio esta área não apresenta grande risco para a população residente, porém, tem potencial para evoluir para um risco médio.

FIGURA 33- (A) Vista parcial da ocupação do topo do talude sob ação de sulcos e lançamento de lixo e entulho(B) Talude degradado pela erosão com concentração de residências no topo e de bananeiras na base



Fonte: autor (2017)

5.2 Áreas de Risco no bairro Alto do Rosário

O bairro alto do Rosário apresenta uma população residente de 924 pessoas, ou seja, 1,9 % da população total do município. Neste bairro foram zoneados dois setores de risco. Em sua caracterização geral foi possível observar um modo de ocupação parcialmente planejada e estágio de ocupação parcialmente consolidado por ainda haver algumas áreas possíveis de ser ocupadas. O padrão das edificações em sua totalidade é de alvenaria que variam de pequeno a médio porte.

O bairro está localizado em um relevo colinoso de topo aplainado, com predominância de rede fluvial esparsa e retilínea. A vegetação do talude é marcada por arbustos e árvores de pequeno porte. A litologia onde o bairro está inserido é a Formação Rio Batateira.

Os solos predominantes são os Argilosos vermelho – amarelo com predominância de Laterita que favorece a resistência do solo e o deixa menos impermeável. Quanto à estabilidade nos taludes da colina do bairro, foi identificado, em alguns pontos, um acelerado processo de erosão intensificado, principalmente pela retirada de material da sua base para construção civil e evidências de deslizamento de pequena escala do tipo planar.

Diante das condições geoambientais e da relação dos moradores com o uso da terra na localidade, pode-se mapear dois setores de risco que, juntos, somam uma área total de 578m², como está elencado na tabela 7 e ilustrado na figura 34.

TABELA 7 – Síntese dos setores de risco do bairro Alto do Rosário

Setor de Risco (SR)	Grau de Risco (R*)	Nº de casas do setor	Nº de casas Ameaçadas	Nº de casas p/Remoção	Nº de casas Destruídas	Nº de casas Removidas
SR 8	R3	04	01	-	-	-
SR 9	R3	04	01	-	01	-

Fonte: Organizado pelo autor, 2017.

5.2.1 Setores de risco do bairro Alto do Rosário

O Setor de Risco 08 do município de Barbalha encontra-se no bairro Alto do Rosário. Este apresenta dimensões em torno de 333 m² com taludes em torno de 25 metros de altura e declividade maior que 75%. Neste setor foram identificados alguns fatores de suscetibilidade que contribuem para a instabilidade do solo, como erosões superficiais por sulcos e erosão severa por voçorocas (figura 35 A). Além destes, outro fator identificado foi o deslocamento de solo em pontos mais íngremes do talude (figura 35 B).

O deslocamento de solo de acordo com Bautista (2007) consiste no desprendimento de lascas ou placas de solo ou rocha que se formam a partir de estruturas (xistosidade, acamamento, etc), devido às variações térmicas, ou por alívio de tensão. O desprendimento pode ocorrer em queda livre ou por deslizamento ao longo de uma superfície inclinada.

Dentre as causas e agravantes da instabilização do setor tem-se: a ocupação da borda do talude por residências que concentram o lançamento de águas servidas e lixo, obstruindo os pontos

de drenagem e exercendo peso sobre o talude e contribuindo para proliferação de doenças. Ainda no topo pode-se identificar a presença de algumas árvores grande porte que também exerce sobrecarga sobre talude. Há também a presença discreta de uma vegetação rasteira e arbustiva ao longo da borda talude que, de certa forma, minimiza o avanço de processos erosivos. Ao contrário do topo onde o solo encontra-se totalmente desnudo, bem mais vulnerável a tais processos (figuras 36 e 37).

FIGURA 34- Mapa dos setores de risco geomorfológico do bairro Alto do Rosário



Fonte: autor (2017)

FIGURA 35- (A) Erosão severa por voçorocamento no talude (B) Deslocamento de solo na borda do talude.

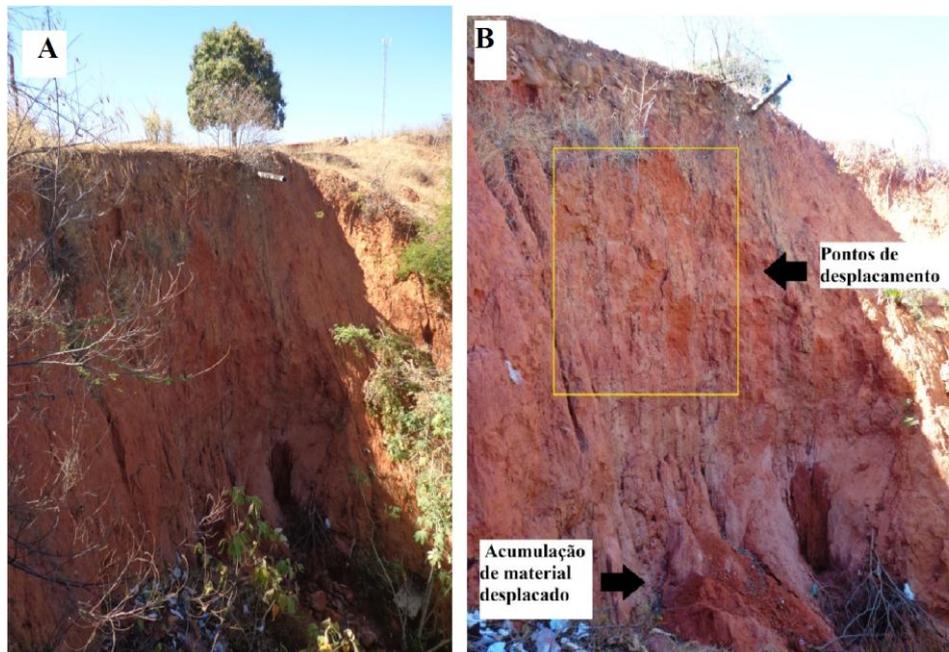
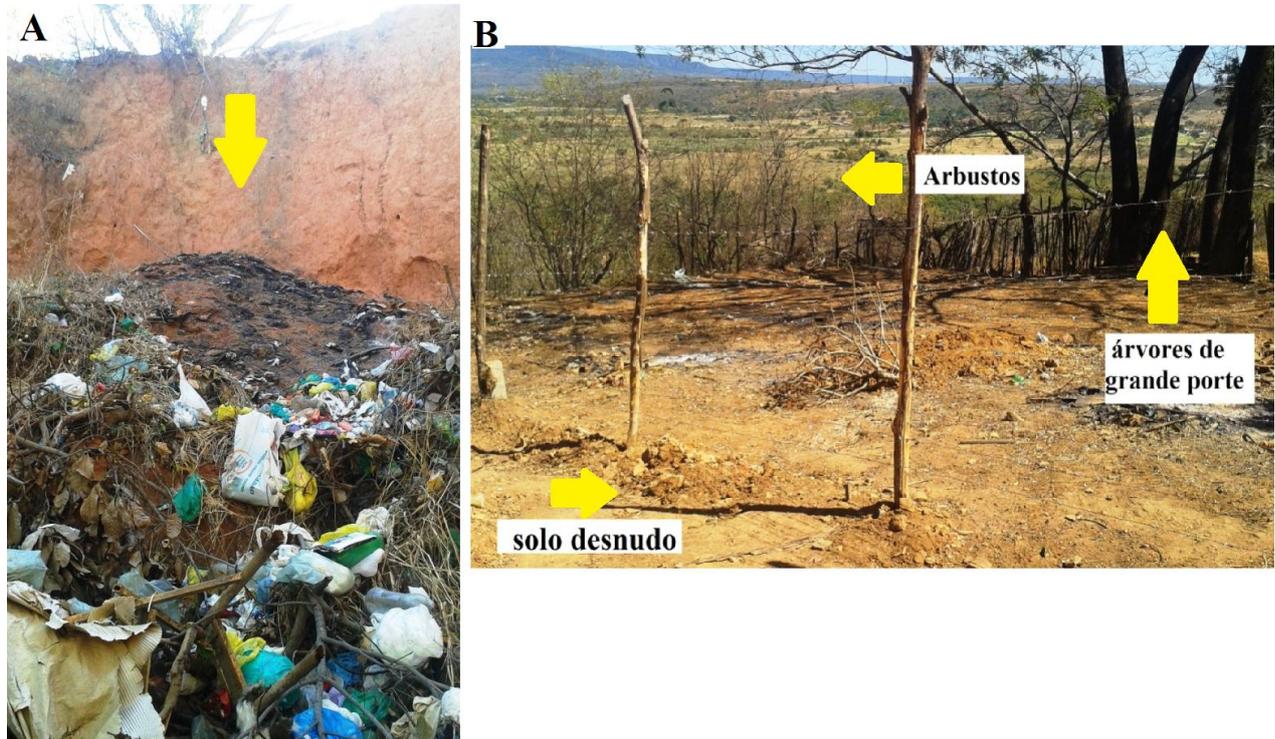


FIGURA 36- (A) Lançamento de águas servidas na direção do talude. (B) Lançamento de águas servidas oriunda do reservatório de água da empresa responsável pela distribuição de água do município



Fonte: autor (2017)

FIGURA 37- (A) Lançamento de lixo na borda do talude (B) Vegetação arbustiva e de grande porte na borda e solo totalmente desnudo no topo.



Fonte: autor (2017)

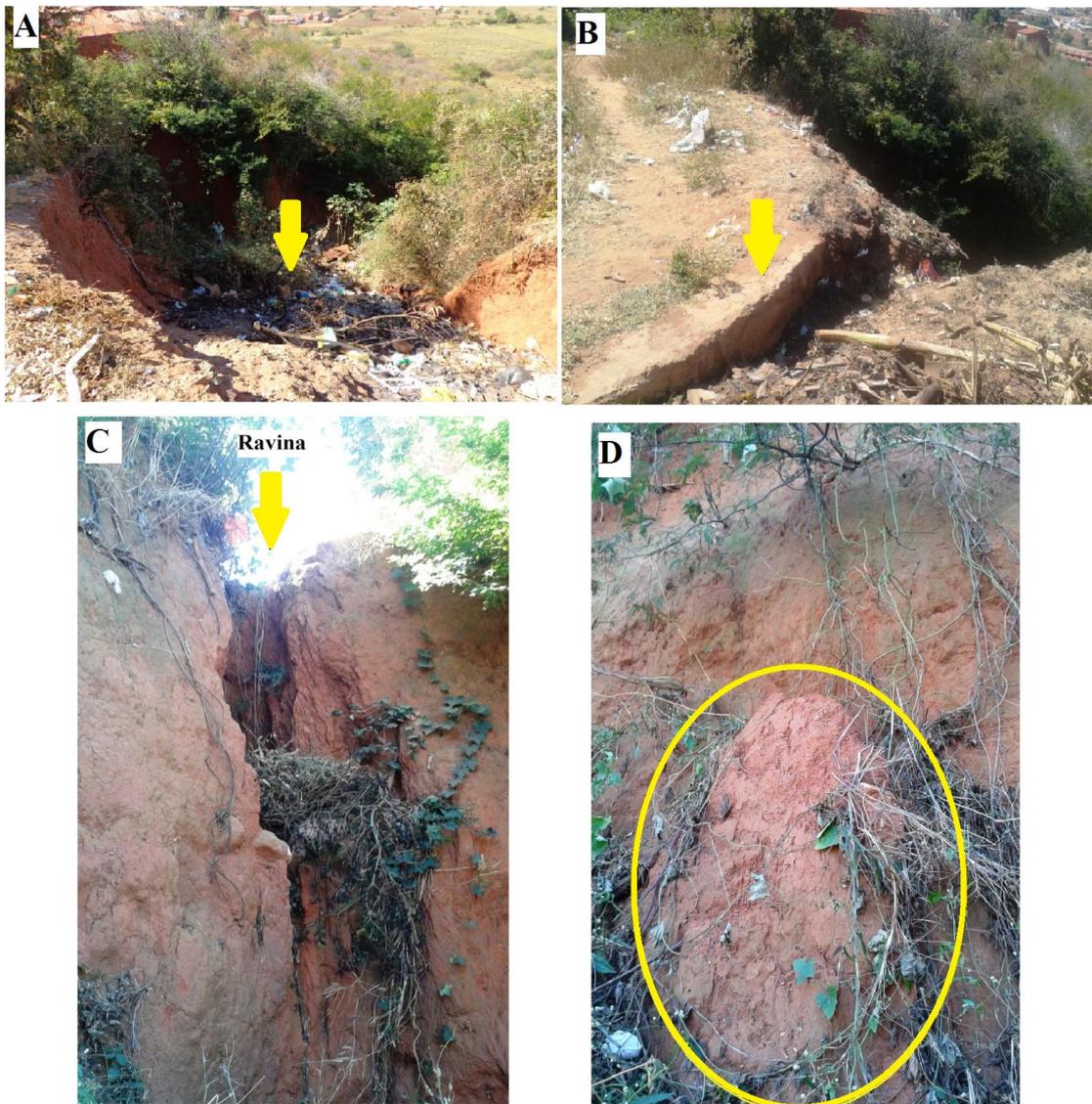
No setor 08 estão vulneráveis um total de 04 residências sendo que 01 está sob ameaça mais intensa dos fatores destacados anteriormente e, por isso, necessitam de constante monitoramento por parte de órgãos públicos responsáveis. Diante dos fatores levantados e comparados com os critérios de determinação do grau de risco do Ministério das Cidades, apresentado por Brasil (2007) este setor caracteriza-se assim em um grau de risco alto (R3).

O segundo setor de risco do bairro Alto do Rosário, Setor de risco 09 do município, apresenta dimensões em torno de 248m², com taludes em torno de 15 metros de altura e declividade entre 45% e 75%. Os fatores de suscetibilidade evidentes na área são voçorocamento e ravinamento. O primeiro foi causado pela retirada de vegetação e pela presença de uma canaleta de drenagem no topo em direção ao talude. O segundo pelo lançamento de águas servidas no solo sem proteção vegetal (figuras 38 A, B e C).

Outro processo atuante que intensifica o risco no setor 09 é o movimento gravitacional de massa. Neste setor foi identificado movimento do tipo planar de pequena escala, raso e constituído apenas de solo (figura 38 D). Segundo Tominaga (2009 a) esse tipo de deslizamento planar é o mais frequente entre todos os tipos de movimentos de massa. Caracteriza-se por serem rasos, e

ocorrem em encostas tanto de alta como de baixa declividade. O material transportado pode ser constituído de rocha, de solo e de solo e rocha.

FIGURA 38- (A) voçorocamento intensificado pela canaleta de drenagem do topo em direção ao talude e ausência de vegetação (B) Canaleta de drenagem em direção ao talude (C) Ravinamento causado pelo lançamento de águas servidas no solo sem proteção vegetal (D) Registro de deslizamento planar de pequena escala causada pela ausência de vegetação e retirada de material da base.



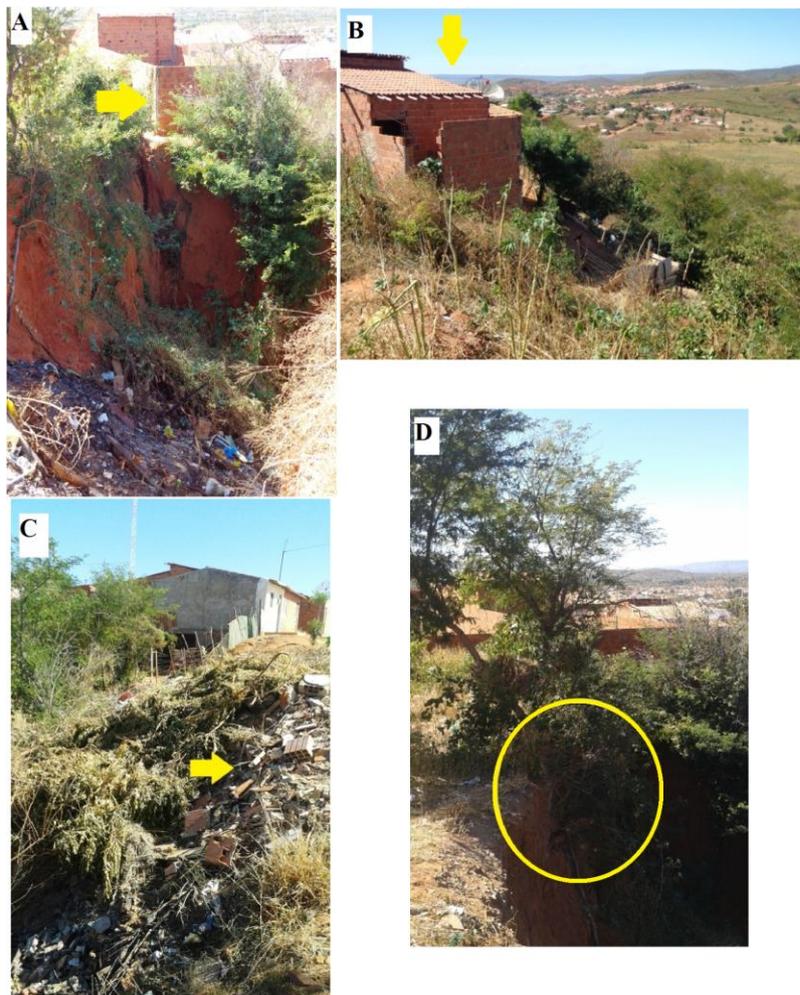
Fonte: autor (2017)

As causas e agravantes que desestabilizam o setor é a ocupação nas proximidades e na borda do talude, onde as residências estão a pouco menos de um metro de distância. A maioria dos telhados e calhas das moradias concentra a água da chuva em direção ao talude, intensificando assim o risco geomorfológico do setor (figura 39 A e B). Todas as fossas das residências foram

construídas nas proximidades da crista do talude. Segundo Bandeira (2003) a infiltração de água oriundas das fossas drenantes tem sido a causa de vários acidentes. Há também lançamento constante de lixo e entulho que exerce um sobre peso sobre o talude (figura 39 C). A vegetação neste setor é de médio porte e arbustiva, as mais próximas do talude apresentam raízes expostas devido ao avanço do processo de erosão (figura 39 D).

Em 2015 houve neste setor uma recorrência de processos destrutivos, com queda parcial de um muro durante a quadra chuvosa. Há, portanto, um total de 04 residências para monitoramento, sendo que apenas 01 está ameaçada devido as condições de instabilidade do talude. Diante das características gerais apresentadas pelos fatores de suscetibilidade e vulnerabilidade este setor se enquadra em uma classificação de risco alto (R3).

FIGURA 39- (A) Ocupação próxima a borda do talude sob risco de queda (B) Residência com telhado concentrando água da chuva em direção ao talude (C) lançamento de lixo e entulho na borda do talude (D) Raízes e árvores exposta devido o avanço da erosão



Fonte: autor (2017)

5.3 Áreas de Risco do bairro Bela Vista

O bairro Bela Vista é o quinto bairro mais populoso da cidade de Barbalha onde apresenta uma população residente de 2.824 pessoas, ou seja, 5,8 % da população total do município. Em sua caracterização geral foi possível observar um modo de ocupação parcialmente planejada e em alguns pontos de forma espontânea. O estágio de ocupação é parcialmente consolidada, pois ainda existe algumas áreas possíveis de ser ocupadas. O padrão das edificações em sua totalidade é de alvenaria que variam de pequeno a médio porte.

O bairro está localizado em um relevo colinoso, com predominância de rede fluvial esparsa e retilínea. A vegetação do talude é marcada por arbustos e árvores de pequeno porte. A litologia onde o bairro está inserido é a Formação Rio Batateira. Os solos predominantes são os Argilosos vermelho – amarelo com predominância de Laterita que favorece a resistência do solo e o deixa menos impermeável. Quanto à estabilidade local, foram identificados evidências de erosão e deslizamento de pequena escala do tipo planar.

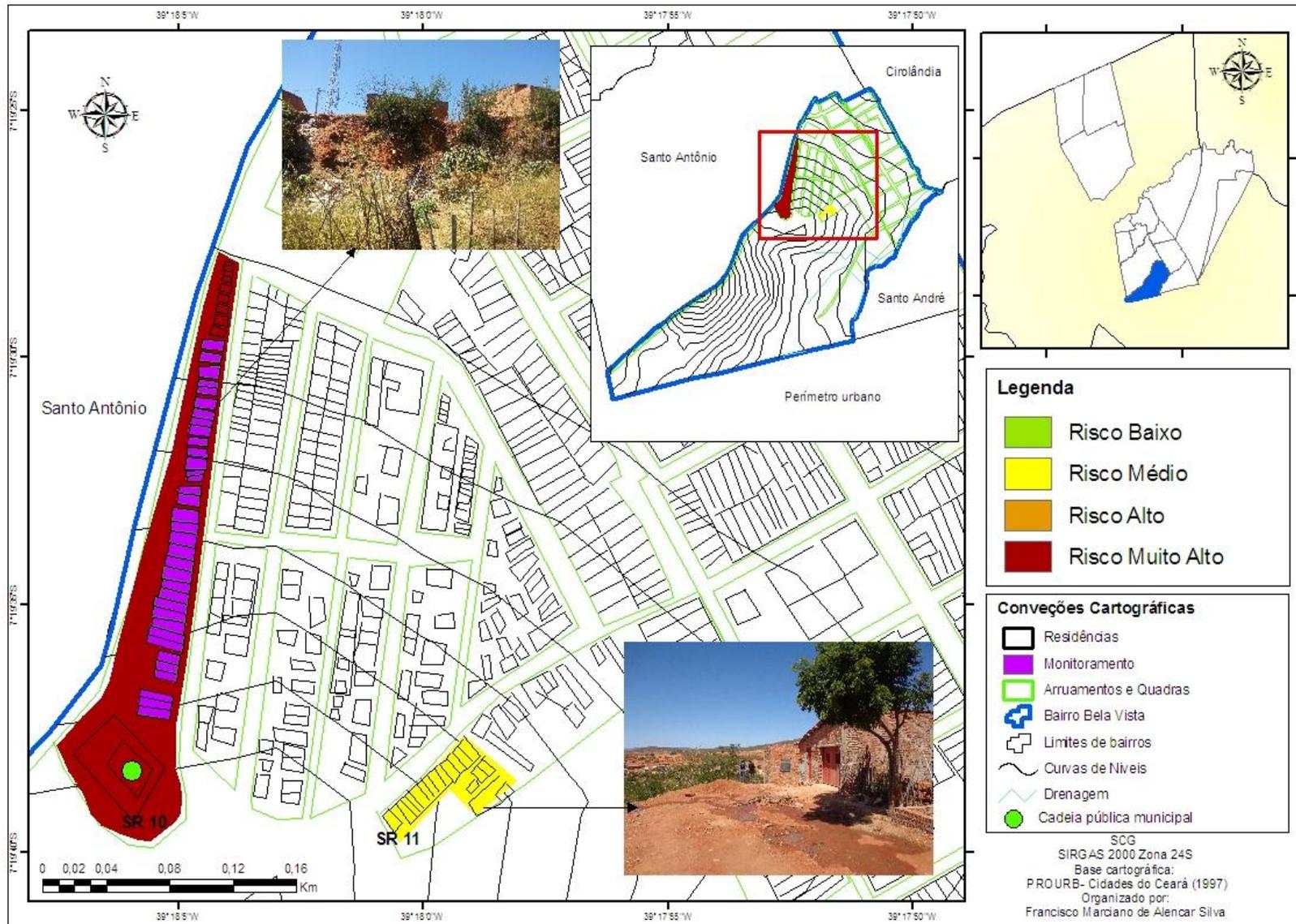
Diante das condições geoambientais e da relação dos moradores com o uso da terra na localidade pode-se mapear dois setores de risco que somam uma área total de 1.568 m², como está elencado na tabela 8 e ilustrado na figura 40.

TABELA 8 – Síntese dos setores de risco do bairro Bela Vista

Setor de Risco (SR)	Grau de Risco (R*)	Nº de casas do setor	Nº de casas Ameaçadas	Nº de casas p/Remoção	Nº de casas Destruidas	Nº de casas Removidas
SR 10	R4	44	35	-	05	-
SR 11	R2	19	-	-	-	-

Fonte: organizado pelo autor, 2017.

FIGURA 40- Mapa dos setores de risco geomorfológico do bairro Bela Vista



Fonte: autor (2017)

5.3.1 Setores de risco do bairro Bela Vista

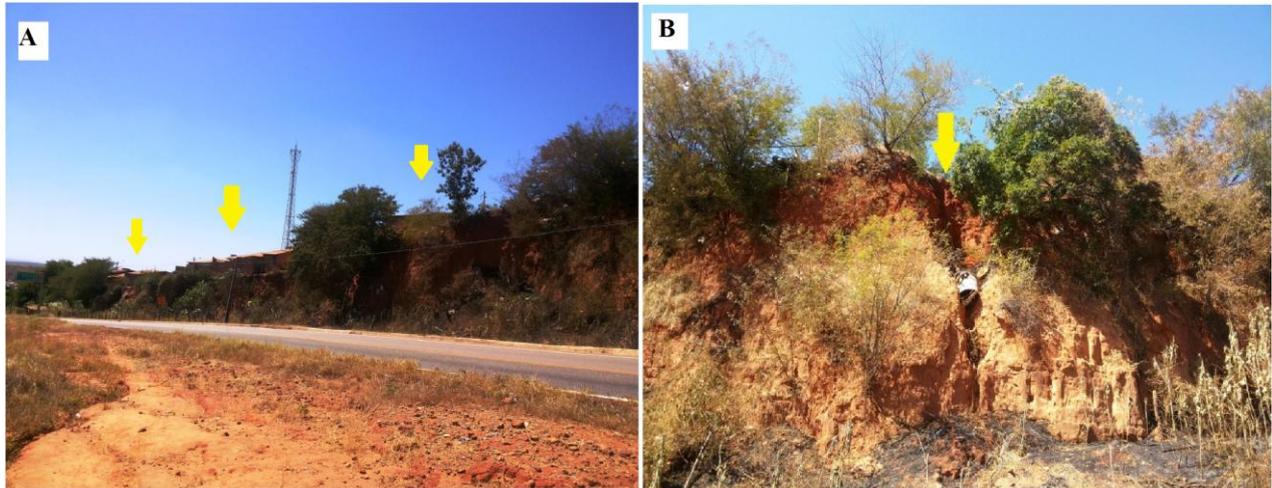
O primeiro setor deste bairro foi denominado como Setor de Risco 10 do município de Barbalha. Está inserido parcialmente em um conjunto popularmente conhecido como conjunto Nassau. Este setor apresenta dimensões em torno de 1.357 m² com taludes em torno de 10 metros de altura e declividade maior que 75%.

Segundo moradores mais antigos do bairro, a ocupação desordenada ocorreu após um corte na encosta para abertura de estrada, onde famílias se apropriaram e ocuparam inadequadamente todo o talude de corte, tornando-se muito vulneráveis aos processos geomorfológicos que, associados a eventos pluviométricos intensos, podem trazer prejuízo econômico e até perda de vidas (figura 41 A). Nesse contexto, Reckziegel *et al.* (2005) ressalta que os cortes realizados para construção de moradias ou estradas em terrenos com declividade acentuada, são obras que provocam alterações na forma original do terreno, e estão sujeitas à erosão pela ação das águas pluviais e também de movimento de massa devido à ruptura abrupta da forma original do terreno.

Diante desses fatores foram identificados alguns processos atuantes como, sulcos, ravinas profundas e deslizamentos planares de pequena escala em diversos pontos do talude, agravados pela falta de manejo adequado por parte dos moradores (figuras 41 B e 42).

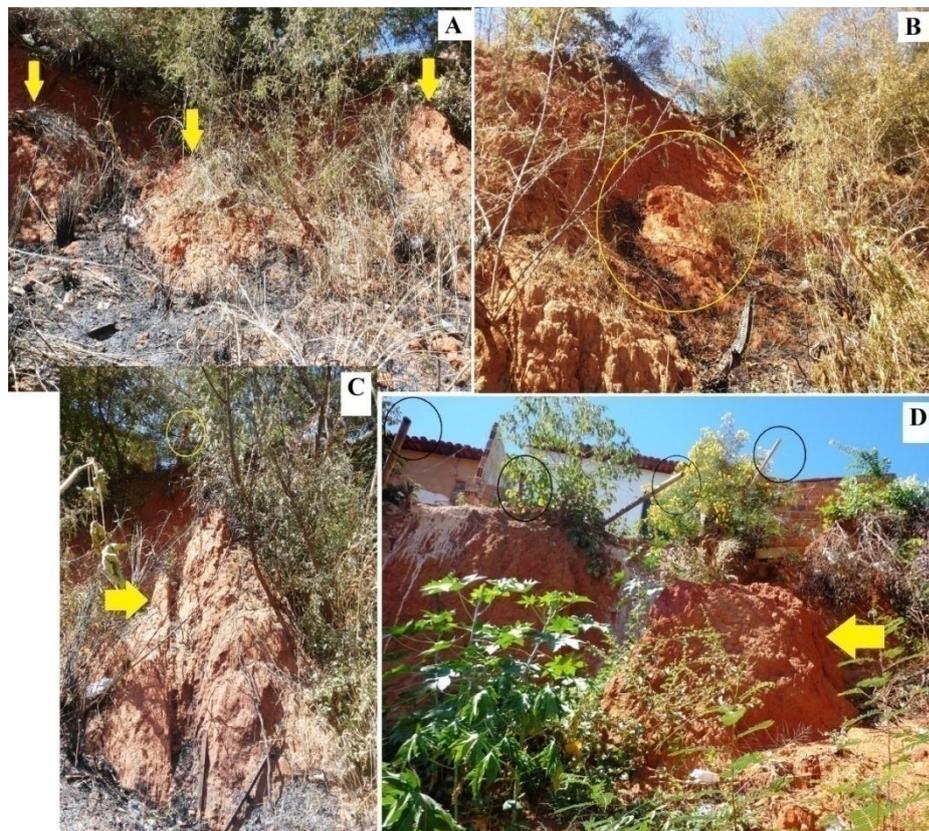
Algumas causas que agravam e comprometem ainda mais a estabilidade do setor é a ocupação por residências ao longo de toda borda do talude, que somados ao lançamento de lixo e entulho exerce indiretamente um sobrepeso sobre o talude (figura 43 A). De acordo com os moradores, neste ponto específico do bairro, não há coleta de lixo, assim os moradores acabam jogando lixo em áreas inadequadas contribuindo para a proliferação de doenças.

FIGURA 41- (A) Vista parcial do talude de corte com ocupação desordenada (B) Sulcos e ravinamento severo ao longo do talude de corte



Fonte: autor (2017)

FIGURA 42- (A e B) Série de deslizamentos de pequena escala do tipo planar ao longo do talude de corte. (C e D) deslizamentos de pequena escala do tipo planar possivelmente associados ao lançamento de águas servidas sobre a encosta



Fonte: autor (2017)

Outro fator agravante é a falta de saneamento, onde os moradores acabam lançando águas servidas ao longo da borda do talude que, ao se infiltrar, pode acarretar movimentos de massa (figura 43B). Com a alta declividade e o avanço da erosão na borda do talude, quase não tem vegetação nesses pontos, apenas uma vegetação rala e arbustiva deixando o solo quase totalmente exposto a fatores exógenos. Com relação às causas da instabilidade, Macedo e Santoro (2001) *apud* Reckziegel (2012) salientam que o grande causador principalmente dos deslizamentos é a ocupação desordenada, pois quando a população constrói, realiza cortes e aterros, desmatamentos, despeja água utilizada no solo, joga lixo e entulhos nas encostas e cultivam plantas impróprias nos taludes, como bananeiras. Desta forma todas essas alterações potencializam a ocorrências de movimentos de massa e intensifica o avanço dos processos erosivos.

Segundo informações dos moradores, quase todos os anos durante a quadra chuvosa há recorrências de processos destrutivos, o último foi em 2015, com a queda parcial de muros. Em algumas residências foi possível identificar fendas nas paredes, no entanto, suas causas devem ser minuciosamente pesquisadas, pois essas evidências podem estar associados à má execução da construção ou a instabilidade do terreno (figura 43C). Neste setor de risco encontram-se vulneráveis um total de 44 residências, sendo que 35 estão ameaçadas e necessitam de monitoramento constante. Desta forma, avaliando a área este setor se enquadra em uma classificação de risco muito alto (R4).

FIGURA 43- (A) Talude parcialmente recoberto por lixo e entulho (B) Tubo de águas servidas lançadas sobre o talude com pouca vegetação (C) Fenda profunda nas edificações



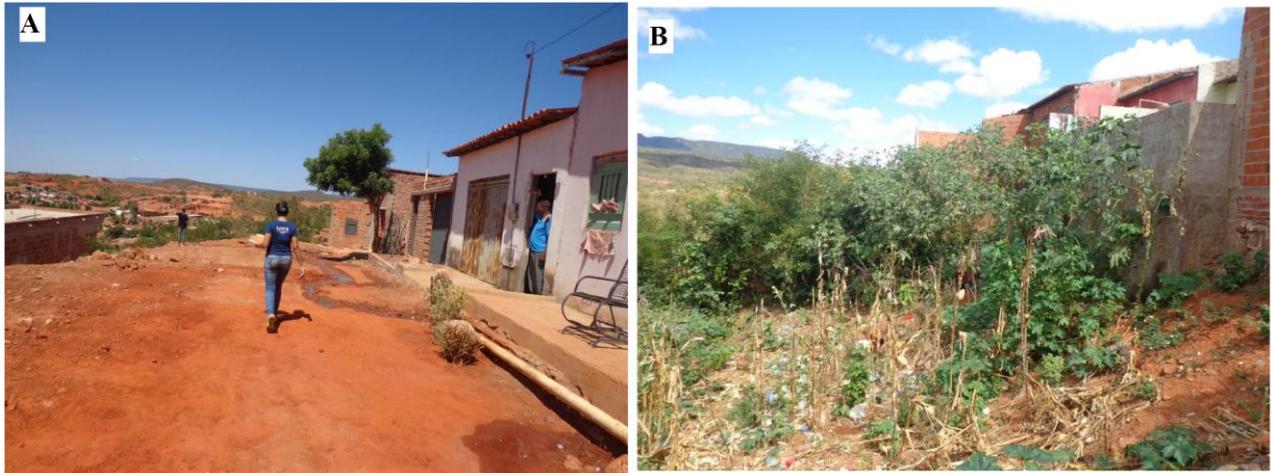
Fonte: autor (2017)

O segundo setor de risco do bairro Bela Vista, denominado de Setor de Risco 11, apresenta dimensões de aproximadamente 211 m², com taludes em torno de 3m de altura e declividades em torno de 8 a 20%. Parte deste setor é formada por aterros onde recebe sobrecarga das residências, potencializando riscos futuros (figura 44A) e, dentre os processos atuantes, foram identificados erosões superficiais por sulcos, mais com potencial de evolução para o estágio de ravinamento.

Algumas causas que podem agravar este setor é a ocupação de toda a borda do talude por residências de pequeno e médio porte, que interfere na microdrenagem da encosta tornando-a insuficiente (figura 44B). A maioria das fossas são drenantes e estão construídas nos quintais das casas nas proximidades da crista do talude. O saneamento é muito precário, não apenas no setor, mas em todo o bairro, assim os moradores acabam lançando lixo, entulho e águas servidas a céu aberto em direção ao talude, onde a água infiltrada e o peso do lixo influenciam na desestabilização deste setor (figura 45). Neste setor estão vulneráveis 19 edificações e nenhuma apresenta necessidade de monitoramento ou remoção. Diante das características atuais, o setor

pode ser classificado como risco médio (R2), porém, apresenta um grande potencial de evolução de grau de risco caso as algumas práticas que agravam a instabilização se intensifiquem.

FIGURA 44- (A) área construída sobre aterro (B) vista parcial da borda do talude ocupada



Fonte: autor (2017).

FIGURA 45- (A) Fossa construída sobre a crista do talude (B) Lixo lançado sobre a crista do talude (C) Entulho lançado sobre o talude (D) tubulação de água servida Lançadas em direção ao talude



Fonte: autor (2017)

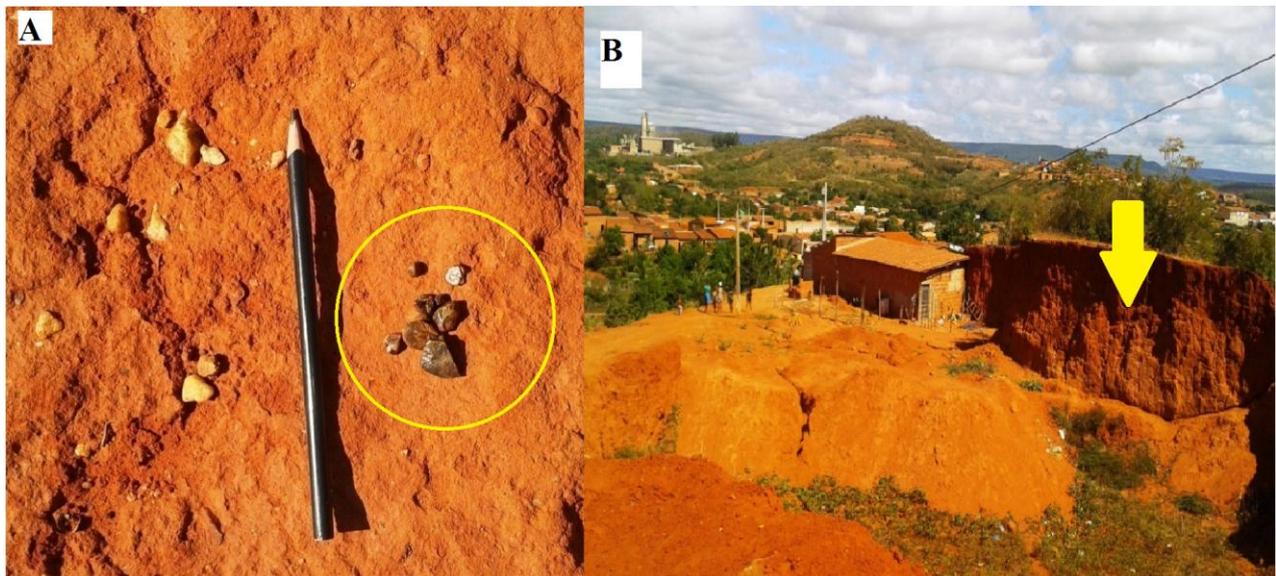
5.4 Áreas de Risco do Bairro Santo André

O bairro Santo André é o sétimo bairro mais populoso da cidade de Barbalha, apresentando uma população residente de 2.393 pessoas, ou seja, 4,9 % da população total do município. O modo de ocupação do bairro é parcialmente planejado e estágio de ocupação parcialmente consolidada, pois ainda existem algumas áreas possíveis de ser ocupadas. O padrão das edificações em sua totalidade é de alvenaria que variam de pequeno a médio porte.

O bairro está localizado em um relevo colinoso com topo aplainado, com predominância de rede fluvial esparsa e retilínea. A vegetação do talude é marcada por arbustos e árvores de pequeno porte. A litologia onde o bairro está inserido é a Formação Rio Batateira. Os solos predominantes são os Argilosos vermelho – amarelo com predominância de Laterita. Em vários pontos do bairro é visivelmente perceptível as áreas de jazida para retirada de material, isto a torna com um potencial de erosão muito alto e consequentemente, a intensificação de risco (figura 46).

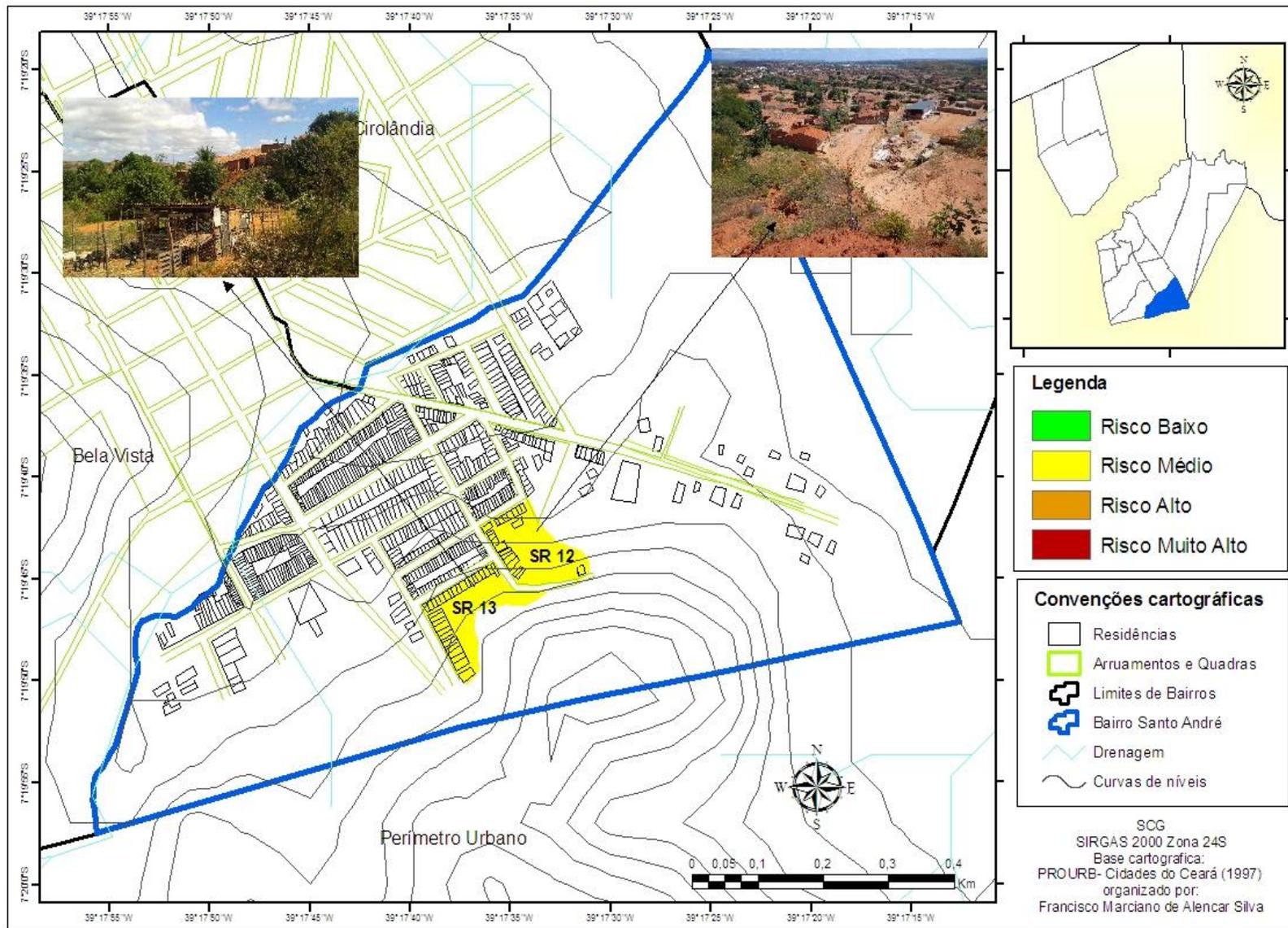
Diante das condições geoambientais e da relação dos moradores com o uso da terra na localidade pode-se mapear dois setores de risco que juntos somam 2.454 m², como está elencado na tabela 9 e ilustrado na figura 47.

FIGURA 46- (A) solo com a presença de laterita (B) área de jazida a leste do bairro Santo André



Fonte: autor (2017)

FIGURA 47- Mapa dos setores de risco geomorfológico do bairro Santo André



Fonte: autor (2017)

TABELA 9 – Síntese dos setores de risco do bairro Santo André

Setor de Risco (SR)	Grau de Risco (R*)	Nº de casas do setor	Nº de casas Ameaçadas	Nº de casas p/Remoção	Nº de casas Destruídas	Nº de casas Removidas
SR 12	R2	17	-	-	-	-
SR 13	R2	45	-	-	-	-

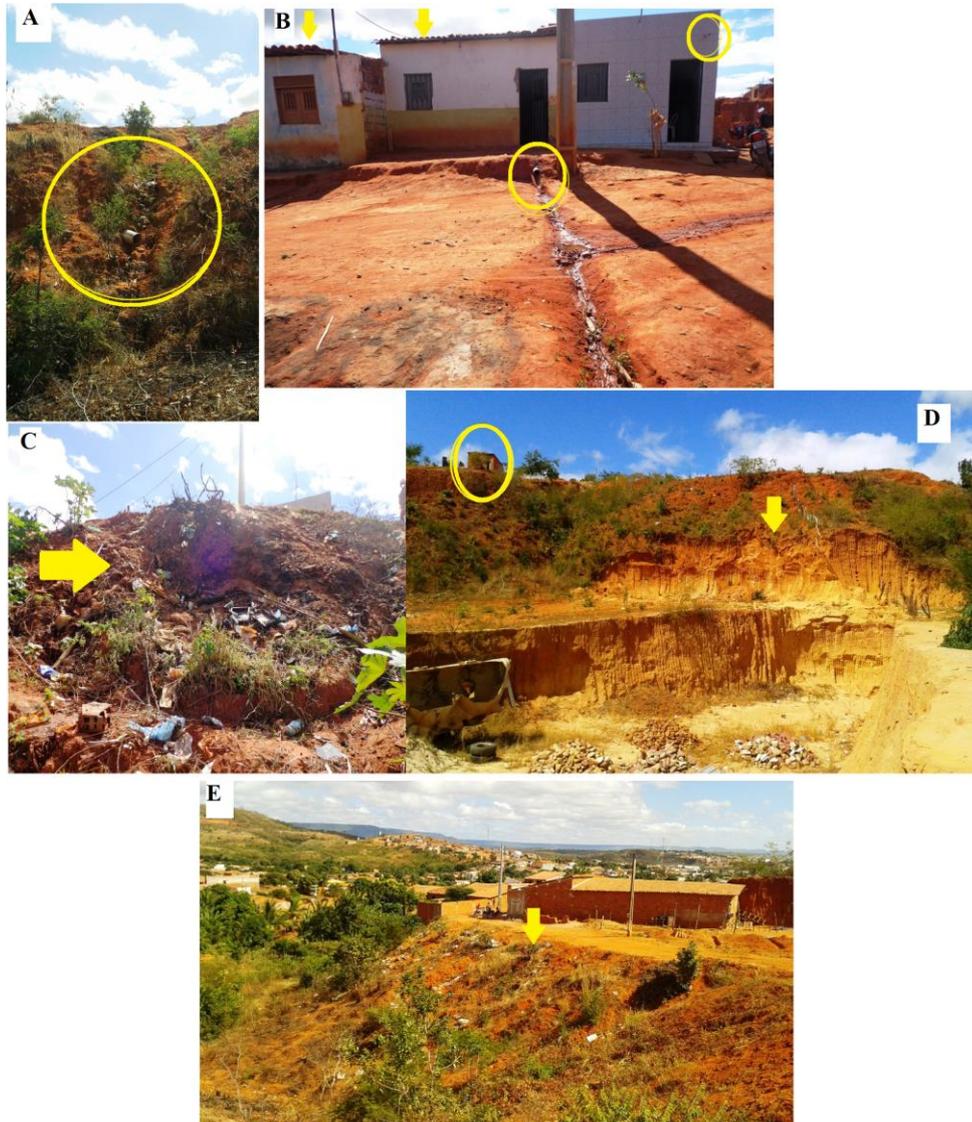
Fonte: organizado pelo autor (2017)

5.4.1 Setores de risco do bairro Santo André

O setor de risco 12 apresenta dimensões em torno de 1.215 m² com taludes em torno de 10 a 20 metros de altura e declividade variam de 45% a 75%. Dentre os fatores de suscetibilidade foram identificados alguns processos atuantes como erosão superficial por sulcos e ravinas ao longo de todo o talude (Figura 48A).

As causas e agravantes da instabilização deste setor estão associados à ocupação de quase toda a borda do talude, onde há a concentração de águas de chuva das calhas e telhados. Outro problema é a falta de saneamento básico, onde as pessoas acabam lançando águas servidas, lixo e entulhos, obstruindo a drenagem como mostra as figura 48 B e C. O agravamento do risco do setor pode evoluir também pela exploração de jazidas na base e no topo do talude, contribuindo assim para o avanço dos processos geomorfológicos (figura 48 D). A erosão em outro ponto do talude também pode ser acelerada pela falta de vegetação como pode ser observada na figura 48E. Neste setor estão vulneráveis 17 edificações e nenhuma precisa ser monitorada, porém, se houver uma evolução dos fatores agravantes, este setor poderá evoluir para um estágio de risco maior, pois apresenta um potencial de erosão muito alto, intensificando assim os riscos geomorfológicos.

FIGURA 48- (A) Erosão por ravinamento no talude (B) águas servidas e concentração de águas de chuva dos telhados e calhas em direção ao talude (C) Lixo e entulho lançado sobre o talude (D) Exploração de jazida na base do talude com residência no topo sob-risco de queda (E) Talude sem proteção vegetal

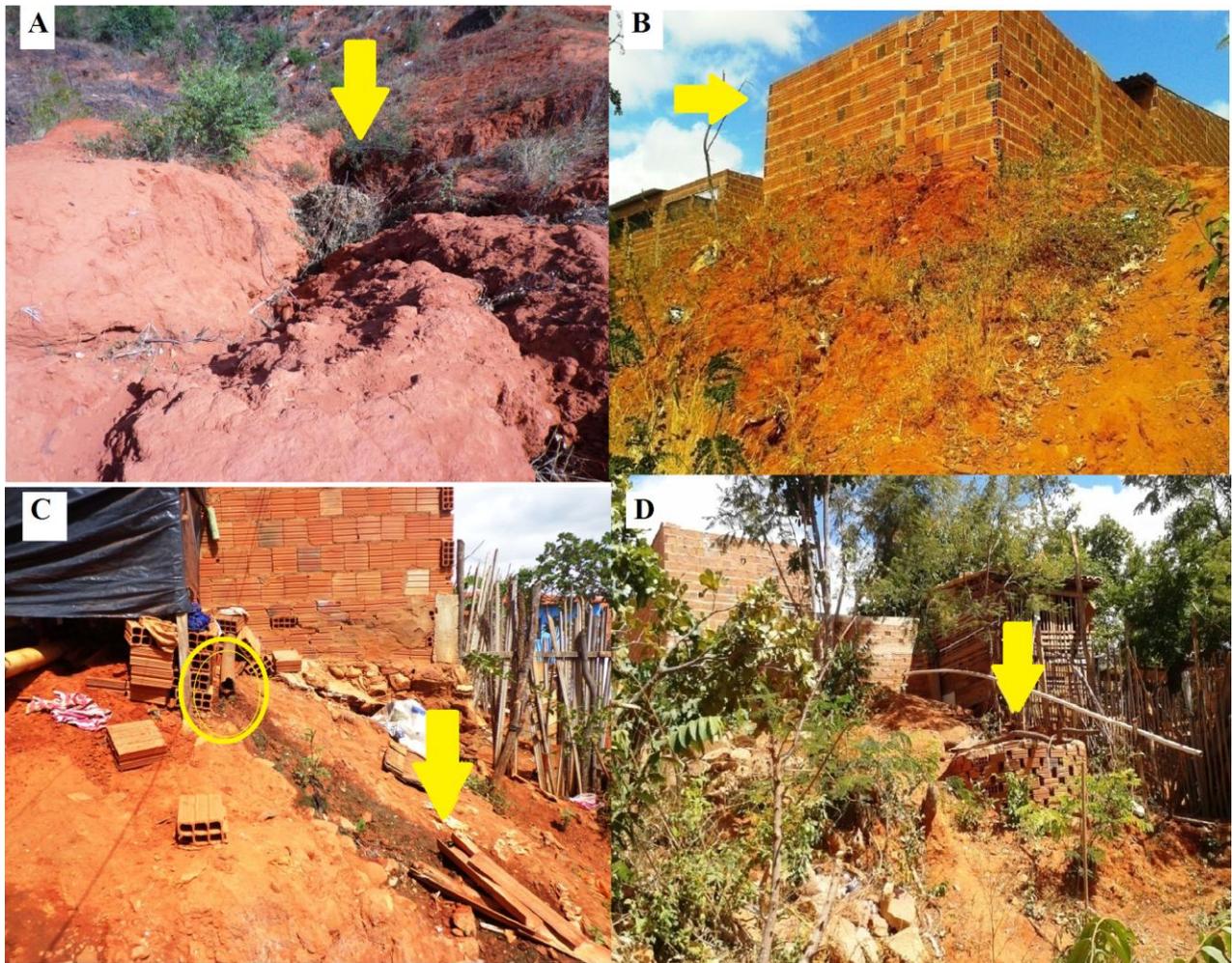


Fonte: autor (2017)

Com relação ao setor de risco 13, este apresenta dimensões em torno de 1.239 m², taludes em torno de 3m a 5m de altura e declividade de 20% a 45%. Dentre os processos atuantes no setor estão às erosões por sulcos e ravinas em diversos pontos ao longo do talude (figura 49A). As causas mais agravantes do risco é a ocupação de toda a borda do talude que exerce sobrepeso e interfere diretamente na drenagem (figura 49B).

A maioria das residências tem seus telhados e calhas concentradas no talude as quais em períodos chuvosos lançam um significativo volume de água, além de águas servidas que são lançadas talude abaixo. Em todas as residências, sem exceção, as fossas drenantes foram construídas na crista do talude, infiltrando e desestabilizando o setor (figura 49 C e D). O setor apresenta 45 edificações vulneráveis, sem necessidade de monitoramento, mas assim como o setor 12, por estar em um bairro de exploração de jazida, apresenta também um potencial alto de erosão, elevando o risco para o grau maior.

FIGURA 49- (A) Erosão por sulcos e ravinas ao longo do talude (B) Vista parcial da borda do talude ocupada por residências de médio porte (C) Tubulação e lançamento de águas servidas no talude (D) Fossa drenante nas proximidades do talude.



Fonte: autor (2017)

5.5 Áreas de Risco do bairro Alto da Alegria

O bairro Alto da Alegria é o terceiro bairro mais populoso da cidade de Barbalha onde a população residente é de 4.574 habitantes, ou seja, 9,4 % da população total do município. O modo de ocupação do bairro é parcialmente planejado. O padrão das edificações são todas de alvenaria com dimensões de pequena, média e grande porte. Atualmente o estágio de ocupação é parcialmente consolidado, pois ainda existem algumas áreas possíveis de serem ocupadas, principalmente pela construção de loteamento nas proximidades do talude (figura 50 A e B).

O bairro Alto da Alegria está localizado em um relevo colinoso de topo aplainado, com predominância de rede fluvial esparsa e retilínea. A vegetação do talude é marcada por arbustos, capim e árvores de pequeno porte. A litologia onde o bairro está inserido é a Formação Rio Batateira e aluviões. Os solos predominantes são os Argilosos vermelho – amarelo bastante permeável.

Sobre a instabilidade dos taludes pode-se perceber cicatrizes de processos erosivos em alguns pontos da crista, como mostra a figura 50C. Assim, diante das condições geoambientais e da relação antrópica com o uso da terra, na localidade pode-se mapear apenas um setor de risco, denominado Setor de Risco 14, como está elencado na tabela 10.

TABELA 10 – Síntese dos setores de risco do bairro Alto da Alegria

Setor de Risco (SR)	Grau de Risco (R*)	Nº de casas do setor	Nº de casas Ameaçadas	Nº de casas p/Remoção	Nº de casas Destruídas	Nº de casas Removidas
SR 14	R2	04	-	-	-	-

Fonte: organizado pelo autor (2017)

FIGURA 50- (A) Vista parcial da área ainda inconsolidada passíveis de ocupação por loteamento /Bairro Alto da Alegria(B) Stand de venda de lotes de terra próximo ao talude (C) Cicatrizes de deslizamentos ao longo da crista do talude



Fonte: autor (2017)

5.5.1 Setor de risco do bairro Alto da Alegria

Este setor apresenta dimensões em torno de 588 m² com taludes em torno de 30 metros de altura e declividade superior a 75%. Dentre os processos atuantes foram identificados: erosão superficial por sulcos e deslizamento de lixo e entulho (figura 51A).

As causas que agravam e que podem influenciar na instabilização das encostas no setor estão associados ao peso das residências que ocupam quase toda a borda do talude, somados ainda ao lixo e entulho que são lançados nos interflúvios de drenagem, obstruindo a passagem e o escoamento da água. Há também a concentração de águas servidas lançadas morro abaixo (figura 51B).

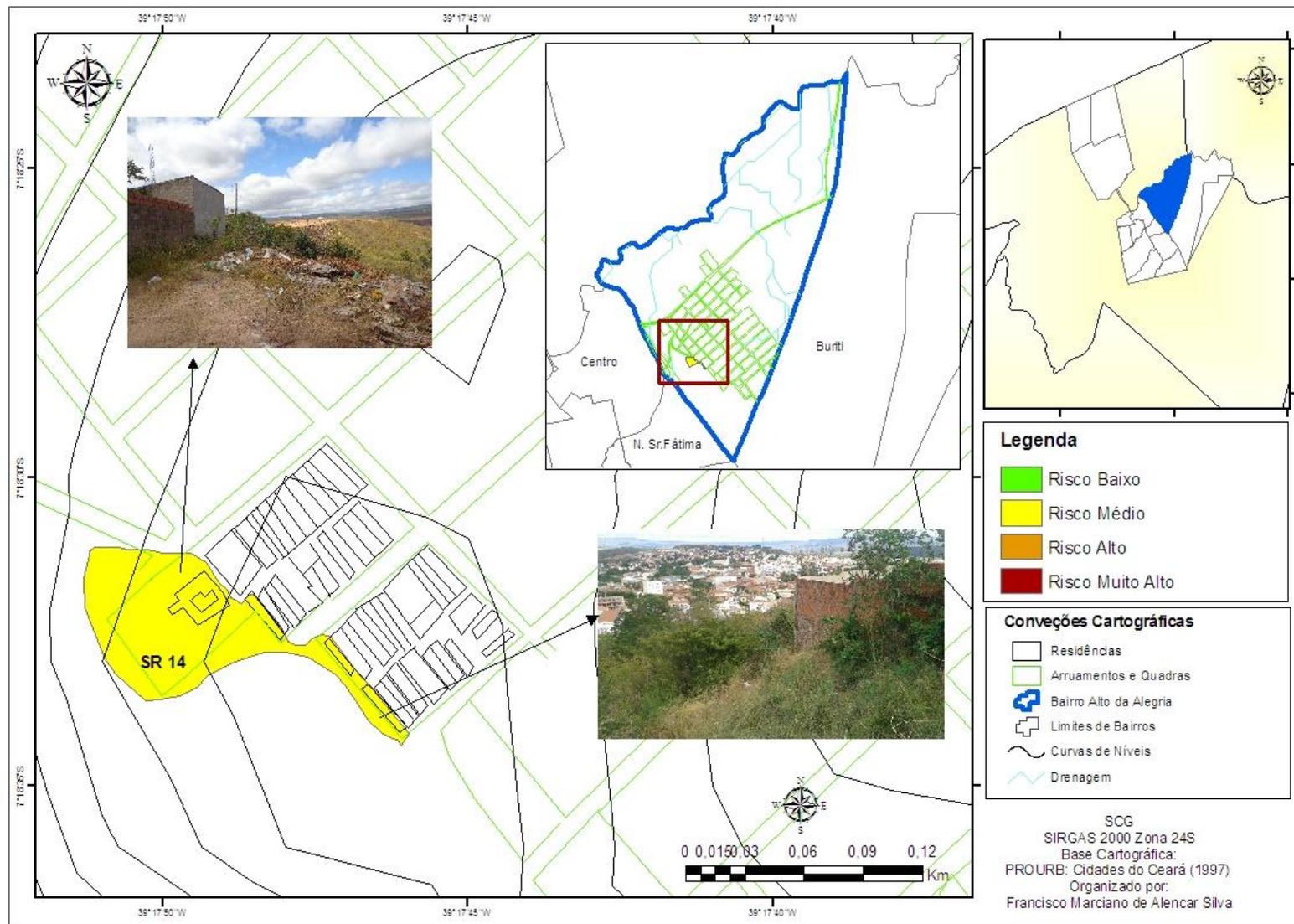
Neste Setor de Risco 14 estão vulneráveis 04 residências, porém não há necessidade de ser monitoradas constantemente. Desta forma, levando em consideração os níveis dos processos atuantes e as causas e agravantes da instabilidade da área, este setor apresenta um grau de risco médio - R2. A Figura 52 ilustra o setor de risco 14.

FIGURA 51- (A) Deslizamento de lixo e entulho na borda do talude (B) Lançamento de águas servidas sobre o talude



Fonte: autor (2017)

FIGURA 52- Mapa do setor de risco geomorfológico do bairro Alto da Alegria



Fonte: autor (2017)

5.6 Áreas de Risco do distrito do Caldas

O Distrito do Caldas apresenta uma população residente de 4.046 habitantes, equivalente a 8,3 % da população total do município de Barbalha. Como a área é rural, o modo de ocupação se torna parcialmente planejada somente na sede do distrito, nas outras localidades, que na totalidade, são sítios, o modo de ocupação é espontâneo. O padrão das edificações é de alvenaria e de taipa, que variam de pequeno a médio porte.

O distrito está localizado em uma área de proteção ambiental-APA⁸. A APA da chapada do Araripe foi criada em 04 de agosto de 1997, Essa unidade se estende por uma área de aproximadamente 1.063.000 hectares, ocupando um perímetro de 2.658,55 km. Ela representa a terceira maior APA brasileira e a segunda da região Nordeste em extensão territorial. Estende-se por três estado Nordeste: Ceará (47%) Pernambuco (36%) e Piauí (17%) (NASCIMENTO, 2013).

Assim, de acordo com Brasil (1997), para o estabelecimento de uma APA existem permissivos e restritivos. Entre as principais restrições e proibições quanto ao uso da APA chapada do Araripe e que deve ser aplicado no distrito do Caldas são:

- I- Implantação de atividades industriais potencialmente poluidoras, que impliquem danos ao meio ambiente e afetem os mananciais de água;
- II- Realização de obras de terraplenagem e a abertura de canais, quando essas iniciativas importarem alteração das condições ecológicas locais, principalmente nas zonas de vida silvestre;
- III- Exercício de atividades capazes de provocar acelerada erosão, o assoreamento das coleções hídricas ou o comprometimento dos aquíferos;
- IV- Exercício de atividades que impliquem matança captura ou molestamento de espécies raras da biota regional;
- V- Despejo, nos cursos d'água abrangidos pela APA , de efluentes, resíduos ou detritos, capazes de provocar danos ao meio ambiente.

⁸As APAs são áreas geralmente extensas com certo grau de ocupação humana, dotadas de atributos bióticos e abióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais em área públicas ou privadas (ICMBIO, 2013).

Com relação ao relevo desta área, é típico de área sedimentar do tipo chapada, com topo plano e limitado por escarpas íngremes. Quanto à hidrografia, há uma alta concentração de águas como exutórios naturais que ressurgem formando cursos de água. A recarga desse sistema é realizada através das drenagens existentes e pela precipitação pluviométrica direta na área de afloramento (COGERH, 2009). Os taludes são ocupados principalmente por uma vegetação arbustiva, com alguns elementos arbóreos.

No tocante as características geológico – geotécnicas, o distrito está inserido na formação Santana e formação Arajara, a primeira segundo Mont’Alverne (*et al.*, 1996) é constituída por folhelhos cinzas, castanho-escuros e negros, calcíferos, laminados, calcários cinza-claros e creme argilosos, bancos de gipsita e anidrita, com intercalações de folhelhos cinzas e verdes, e um horizonte carbonático contendo fósseis de peixes. O segundo apresenta arenitos finos e siltitos.

Quanto aos solos, há no topo da chapada do Araripe a presença de Latossolo Amarelo distrófico com textura argilosa bastante porosa. Na porção mais escarpada do talude encontram-se Neossolo Litólicodistrófico com textura arenosa média e argilosa. Na parte mais baixa do distrito sobre um relevo plano e suavemente ondulado, encontra-se o Argissolo vermelho- amarelo.

5.6.1 Setor de risco do distrito do Caldas

Diante das condições geoambientais e da relação dos moradores com o uso da terra, na localidade foi mapeado 01 setor de risco, em um pequeno núcleo urbano, localizado no Sítio Riacho do Meio, denominado de Setor de Risco 15, que pode ser observado na tabela 11 e na figura 54. Este setor apresenta dimensões em torno de 250 m² com taludes em torno de 8 metros de altura e declividade maior que 75%. O risco no setor está associado a ocupação muito próxima a base do talude o qual é mais alto que a cumieira das casas, deixando-as sob risco alto de atingimento (Figura 53A).

Dentre os agravantes que podem comprometer a estabilização do setor, foi identificado apenas a pouca vegetação na base do talude, devido a retirada de material para ampliação dos quintais, deixando a base sem sustentação e o solo exposto, vulnerável a processos exógenos (figura 53B); porém o risco é agravado pelo fato dos moradores criarem um patamar no talude para assentamento de caixas de água, que, além de apresentar risco de queda devido a sobrecarga, há o risco devido a vazamentos, o que agrava a situação do risco na localidade (figura 53C).

Estão vulneráveis neste setor um total de 15 residências sendo que 06 estão ameaçadas de atingimento por conta da proximidade com o talude. Desta forma diante dos fatores de suscetibilidade e vulnerabilidade, o setor se enquadra num grau de risco alto-R3, por oferecer prejuízo econômico e risco de vida as pessoas que residem nesta área.

TABELA 11 – Síntese dos setores de risco do Distrito do Caldas

Setor de Risco (SR)	Grau de Risco (R*)	Nº de casas do setor	Nº de casas Ameaçadas	Nº de casas p/Remoção	Nº de casas Destruidas	Nº de casas Removidas
SR 15	R2	16	06	-	-	-

Fonte: organizado pelo autor (2017)

FIGURA 53- (A) Ocupação muito próxima do talude sob risco de atingimento (B) Base do talude sem sustentação e sem proteção vegetal (C) Caixa d'água assentada no talude sob risco de queda e atingimento de moradia



Fonte: autor (2017)

FIGURA 54- Mapa de risco geomorfológico do Sítio Riacho do Meio - Distrito do Caldas



Fonte: autor (2017)

6 PERCEPÇÃO DOS RISCOS SOCIOAMBIENTAIS EM SETORES DE RISCO ALTO E MUITO ALTO

A percepção corresponde à interpretação de um signo produzido por um objeto. Perceber é estar diante de algo que se apresenta, não somente através dos olhos, mas também de outros órgãos sensoriais alimentando o sistema cognitivo. Cada pessoa ou grupo social percebe objetos e fenômenos a partir do seu cotidiano. Assim, pode-se considerar que cada sociedade percebe e reage aos riscos de modo diferenciado em função do contexto histórico, cultural, social, político e econômico, representada nos diferentes níveis de aceitação ou intolerância ao risco (FREIRE, 2011).

As pesquisas sobre a percepção dos riscos pode ser analisada a partir de duas vertentes, a primeira de forma objetiva que, segundo Freire (2011), possibilita atribuir valores e determinar perdas e danos prováveis em determinadas condições de ameaças e vulnerabilidades, podendo, inclusive, ser expresso em termos quantitativos e/ou monetários. Na perspectiva subjetiva, onde o risco é analisado como produto das percepções e representações de diversos grupos sociais. Ele não é medido, mas avaliado a partir dos processos cognitivos associados às formas de existência, da cultura e das histórias de vida.

Desta forma, há uma relevância da perspectiva subjetiva, pois a partir da percepção, as decisões relacionadas aos processos de prevenção, mitigação, não devem contar apenas com o conhecimento técnico e científico, mas, também, com a participação ativa da sociedade, em especial da comunidade exposta, para que as decisões e medidas cabíveis venham a ser mais eficazes nos processos de gerenciamento dos riscos.

Visando conhecer o nível de percepção dos riscos geomorfológicos, foi realizada uma análise da percepção dos moradores dos setores de risco com grau alto (R3) e muito alto (R4), inseridos nos bairros, Tupinambá (03 setores R3 /01 setor R4), Alto do Rosário (02 setores R3), Bela Vista (01 setor R4) e Sítio Riacho do meio no distrito do Caldas (01 setor R3). Para a efetivação desta análise foram entrevistados 50 moradores que residem nestas áreas.

Quando questionados sobre os motivos que levaram a ocupação daquelas áreas, as principais respostas foram: pelo fato da casa ser própria (25%); única perspectiva de moradia (16%); casa de algum familiar (6%) e acessibilidade ao preço (25%). As principais vantagens de morar nessas áreas segundo os moradores foram atribuídas ao fato: da casa ser própria (16%); tranquilidade do local (53%); facilidade de acesso ao centro (13%) e uma boa

vizinhança (9%). Sobre as desvantagens do local os moradores reclamam da: falta de saneamento básico (16%); medo de deslizamentos (22%); ladeiras (3%); Falta de infraestrutura urbana (13%) e não elencam desvantagem (22%) (Tabela 12).

TABELA 12 – Motivos de ocupação das áreas de risco Alto (R3) e muito alto (R4) do município de Barbalha- CE

MOTIVAÇÃO	%
Casa própria	25
Única perspectiva	16
Casa de família	6
Preços acessíveis	25
Outros	28
VANTAGENS	%
Casa própria	16
Tranquilidade	53
Acesso ao Centro	13
Vizinhança	9
Outros	9
DESVANTAGENS	%
Falta de saneamento	16
Medo de deslizamento da barreira	22
Ladeira	3
Falta de infraestrutura urbana	13
Nenhuma desvantagem	22
Outros	25

Fonte: organizada pelo autor (2017)

A maioria dos entrevistados não esconde o medo da possibilidade dos riscos de erosão e deslizamentos. Quanto a este aspecto, eles foram indagados sobre as ações contínuas e emergenciais executadas por eles durante os períodos de chuvas. Sobre as ações executadas pelos moradores, para a redução de risco, 5% dos entrevistados construíram muros de contenção; 1% joga lixo e entulho com a ideia errônea de conter a ação da água; 1% evitam escavar o solo; 2% plantam algum tipo de vegetação e 20% não fazem nada continuamente para reduzir os riscos. Durante períodos de chuva forte, 3% dos entrevistados afirmaram construir espécies de diques com madeira e sacos de areia para conter a água; 9% fazem desvio da água e 88% não fazem nada por não conhecerem os riscos causados pela ação das chuvas (Tabela 13).

TABELA 13 – Ações executadas pelos moradores para a redução de risco

CONTINUAMENTE	%
Muro de contenção	16
Jogar entulho amenizar	3
Evita escavar o solo	3
Plantam algum tipo de vegetação	6
Não fazem nada	63
Outros	9
PERÍODOS DE CHUVA FORTE	%
Diques com madeira para conter a água	3
Desvio de água	9
Nada	88

Fonte: organizada pelo autor (2017)

Quanto à percepção sobre os responsáveis pelas ocorrências dos riscos de erosão e deslizamentos nesses setores, 25% dos entrevistados afirmaram que os responsáveis são a própria população; 22% responsabilizam a prefeitura; 3% lixo e entulho lançado pelos moradores; 13% as chuvas fortes; 3% desmatamento e 19% não souberam responder (tabela 14).

TABELA 14 – Percepção sobre os responsáveis pelos riscos geomorfológicos

RESPONSÁVEIS	%
População	25
Prefeitura	22
Lixo e entulho	3
Chuvas	13
Desmatamento	3
Não souberam responder	18
Outros	16%

Fonte: organizada pelo autor (2017)

Sobre as sugestões para resolver os problemas de erosão e dos deslizamentos na área de estudo, as principais respostas dos entrevistados foram: remover famílias do local (9%); construir muros de arrimo (31%); orientar os moradores sobre os riscos (9%); realizar saneamento básico (3%); evitar novas construções (3%); construir calçamento (13%) e não souberam responder (18%) (tabela 15).

TABELA 15 – Sugestões para redução dos riscos Geomorfológicos

AÇÕES	%
Remover as famílias do local	9
Construir muros de arrimo	31
Orientar os moradores sobre os riscos	9
Realização de saneamento básico	3
Evitar novas construções	3
Construir Calçamento	13
Não sabem	19
Outros	13

Fonte: organizada pelo autor (2017)

Todos os setores de risco alto e muito alto do município de Barbalha apresentam ocupações desordenadas pela população de baixa renda. Através das entrevistas verificou-se que a falta de opção de moradia, ou mesmo, preços mais acessíveis, são fatores que contribuem para a ocupação de áreas inadequadas.

Algumas ações são realizadas constantemente pelos próprios moradores, sem orientações técnicas. Segundo Bandeira *et al* (2016a) para realizar cortes em encostas são necessários cuidados importantes. A inclinação adequada de um talude, por exemplo, depende de fatores, como tipo de solo, altura do talude e cobertura superficial após o corte.

Sobre o grau de informação, observou-se que parcela dos moradores dessas áreas não tem percepção plena dos riscos no qual estão inseridos. Grande é a quantidade de pessoas sem informações a respeito das ações e benefícios que poderiam ser feitos pelo serviço público e pelos próprios moradores dessas áreas.

Uma análise semelhante realizada nas áreas de risco do bairro Pinto Madeira na cidade do Crato-Ce, também apontou resultados semelhantes. Segundo Bandeira *et al* (2016a) observou-se que alguns moradores receberam dos próprios gestores públicos a doação do imóvel em áreas inadequadas para ocupação, onde constroem moradias com estruturas precárias. Nestas áreas, verificou-se também que moradores realizam constantemente ações como corte no talude sem orientações técnicas.

Outro exemplo sobre a percepção dos riscos foi a realizada na área de dunas do bairro Tabuda localizado no município de Caucaia-Ce, onde se verifica uma aceleração do parcelamento de terras e arruamentos, provenientes da expansão da sede municipal. Segundo Costa (2016), para todos os moradores do local esta não é uma área que lhes oferece riscos de

desastres naturais, o que mostra que eles sentem-se confortáveis em relação a este tema, apenas uma pessoa relatou que sofreu danos em sua residência, sendo necessário refazer o telhado da casa em decorrência da ação do vento.

De acordo com Souza e Zanella (2009), são identificados quatro comportamentos frente à situações de risco: a) o risco não é percebido; b) o risco é percebido, mas é aceito de forma passiva; c) o risco é reduzido mediante uma atitude positiva; d) o risco leva à mudança ou a uma transformação no uso do solo. Dessa forma verifica-se que em Crato e Barbalha o risco é percebido mais é aceito de forma passiva. Em Caucaia a população se enquadra no caso em que risco não é percebido, onde, os indivíduos não têm consciência da ameaça, pois julgam sua manifestação ou seus efeitos pouco prováveis.

Voltando ao contexto da percepção dos riscos em Barbalha, a chuva é o principal agente deflagrador do risco, porém, ações que para os moradores parecem simples, podem comprometer a estabilidade dos taludes, intensificando o risco, como lançamento de lixo, entulho e águas servidas nos taludes. Neste sentido é importante a transferência de conhecimentos para comunidade sobre as medidas preventivas. As medidas preventivas é uma das maneiras mais eficazes para estabilizar e/ou amenizar o risco de áreas muito vulneráveis. Algumas medidas preventivas são organizadas em dois tipos: estruturais e não estruturais.

De acordo com Gomes *et al* (2012) as medidas estruturais estão associadas as obras de engenharia que, em geral, tem um custo muito alto, tais como obras de contenção de taludes, implantação de obras de drenagem, reurbanização de áreas. Estas obras nem sempre a prefeitura dispõe de fundos ou está disposta a realizar. As medidas não estruturais se referem às de ações políticas públicas voltadas ao planejamento do uso do solo e o gerenciamento, como: zoneamento geoambiental, planos preventivos de defesa civil e educação ambiental.

Ações não estruturais são necessárias para transmissão de informações de como prevenir o surgimento de áreas de risco, incentivando assim as práticas socioeducativas para as pessoas da comunidade que são as que convivem diariamente com esses problemas. Durante a realização desta pesquisa, como uma maneira de promover a educação ambiental e transferir informações, foram distribuídas cartilhas informativas sobre riscos em encostas e saúde ambiental (Figura 55). Segundo Bandeira *et. al.* (2016a) com esse tipo de ação, a informação é disseminada, gerando condições de mudança de comportamentos relacionados ao meio ambiente para que os danos à saúde da população e ao meio ambiente sejam

minimizados. Ao todo foram distribuídas 100 cartilhas para 50 moradores dos setores de risco alto e muito alto.

FIGURA 55- Ilustração das capas das cartilhas de riscos em encostas e cartilha de saúde ambiental



Fonte: autor (2017)

A falta de políticas públicas voltadas para habitação, principalmente nos centros urbanos, tem favorecido o surgimento e crescimento de áreas de risco. Além das ações não estruturais também são importantes as ações estruturais, como obras de estabilização de encostas, esgotamento sanitário, sistema de drenagem e coleta de lixo.

A partir das entrevistas e informações técnicas obtidas e observadas no campo, pode-se perceber que essas comunidades apresentam problemas socioambientais, que vem sendo intensificado ao longo dos anos. As condições precárias revelam a falta de planejamento urbano e ausência de políticas públicas que poderia ser mais efetivas na mitigação dos impactos vividos constantemente pelos moradores dessas áreas de risco.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou o mapeamento das áreas de risco geomorfológicos no município de Barbalha-CE. Com o adensamento populacional e expansão urbana da cidade, evidenciou-se uma falta de planejamento de uso e ocupação do solo, principalmente em áreas impróprias como encostas com declividade bastante acentuada. No município não há conhecimento de uma política local que trate de prevenir, reduzir e orientar a população a respeito de riscos geomorfológicos. Na maioria dos casos identificados, os maiores prejudicados nos eventuais desastres naturais foram as pessoas menos abastadas economicamente que não possuem condições ideais de moradia, ficando à mercê das precárias condições urbanísticas da cidade.

Foram identificados e mapeados quinze setores de risco, distribuídos em cinco bairros e um distrito, onde foram classificados nos mais diversos graus, conforme os critérios de determinação dos graus de risco proposto pelo ministério das cidades.

No bairro **Tupinambá** foram mapeados sete setores de risco, denominados setor 1- Risco alto (R3); setor 2- Risco médio (R2); setor 3- Risco muito alto (R4); setor 4- Risco médio; setor 5- Risco alto-(R3); setor 6- Risco alto e setor 7- Risco baixo (R1). Bairro **Alto do Rosário** foi mapeado dois setores de risco, sendo eles o setor 8- Risco alto(R3) e o setor 9- Risco alto (R3). No bairro Bela Vista mapeou-se dois setores, o setor 10- Risco muito alto (R4) e o setor 11- Risco médio (R2). No bairro **Santo André** foi mapeado também dois setores de risco, Setor 12 e 13 ambos com risco médio (R2). No bairro **Alto da alegria** foi mapeado apenas um setor de risco, o setor 14- Risco médio (R2). Por último o setor de risco- 15 com grau de risco alto (R3) localizado no Sítio Riacho do Meio pertencente ao distrito do **Caldas**.

Os fatores de suscetibilidade identificados nos setores de risco foram processos erosivos como, sulcos, ravinas severas e voçorocas, além de movimentos gravitacionais de massa do tipo planar e *creep*.

A grande maioria dos setores de risco mapeados tem como causas e agravantes da instabilidade dos taludes, a declividade e altura, que são intensificados pelos agentes deflagradores como: lançamento em superfície de águas servidas e instalação de fossas drenantes; lançamento de lixo e entulhos no talude; ausência de canaletas de drenagem; calhas e telhados direcionados para a encosta; residências de portes variados que exercem sobrepeso

na crista dos taludes; retirada de material da base dos taludes para construção; cultivo de espécies que favorecem a instabilidade do talude, como bananeiras, por exemplo; retirada de vegetação que recobre os taludes deixando o solo exposto a agentes externos entre outro.

As chuvas também são um elemento natural que preocupa essas áreas visto que nos estudos pluviométrico o município se destaca altos índices de precipitação. Nos setores de risco alto e muito alto, as chuvas e os agentes deflagradores são fatores preocupantes, visto que a grande maioria já apresentou eventos recorrentes relacionados a erosão e deslizamento com perdas econômicas. Nos setores de risco médios e baixos esses fatores também devem ser considerados visto que algumas áreas já são naturalmente instáveis, e se não houver um controle técnico adequado e mitigação dos riscos, essas áreas poderão evoluir para grau de risco elevado e futuramente poderá causar perdas materiais e humanas consideráveis.

Ainda sobre os setores de risco alto e muito alto, a maioria das pessoas que ali residem, decidiram se estabelecer nestes locais pela acessibilidade dos preços das terras e imóveis, por já terem casa própria e em muitos casos pelo fato de ser a única perspectiva de moradia. Parte dos moradores reconhecem as desvantagens de morar nesses locais, principalmente com a falta de infraestrutura urbana, ausência de saneamento básico e o medo de deslizamentos. Assim torna-se cada vez mais importante a presença de ações estruturais como, obras de contenção e não-estruturais, com ações voltadas para a educação ambiental. Evidencia-se desta forma, a importância de políticas públicas voltadas para reordenamento urbano no município.

Diante do crescimento do município de Barbalha e da urgência no gerenciamento das áreas de risco, sugere-se para próximas pesquisas no município a elaboração de instrumentos que auxiliam o planejamento urbano das cidades. Quando o crescimento de um município se dá sem planejamento é muito provável o surgimento de diversos problemas ambientais. Dentre os instrumentos recomendados para auxiliar o planejamento urbano destaca-se a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização, a qual é produzida através do zoneamento e classificação acerca de sua aptidão frente aos desastres naturais como alagamentos, erosão, deslizamentos e outros, possibilitando uma classificação e indicação quanto aos potenciais riscos de sua ocupação futura.

A cartografia geotécnica é entendida como um instrumento que fornece subsídios para o planejamento urbano e à gestão ambiental do território. Para Santos (2014) a carta geotécnica é um documento cartográfico que informa sobre o comportamento dos diferentes

compartimentos geológicos e geomorfológico homogêneos de uma área frente às solicitações típicas de um determinado tipo de intervenções, e complementarmente indica as melhores opções técnicas para que essa intervenção se dê com pleno sucesso técnico e econômico.

Muitos municípios brasileiros já têm sua Carta Geotécnica elaborada através de apoio financeiro do governo federal. No estado do Ceará, só o município de Caucaia teve sua Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização concluída em fevereiro de 2013.

Sabendo-se que a Carta Geotécnica de Aptidão à Urbanização subsidia tecnicamente medidas de urbanização e de parcelamento de terrenos, orientando os municípios a tomarem medidas para ocupar adequadamente seus terrenos e determinando as áreas onde os parcelamentos urbanos não devem ser realizados, assim como as áreas que somente poderão ser ocupadas mediante diretrizes geotécnicas adequadas, recomenda-se a elaboração desta Carta para os municípios da Região do Cariri, visto que há uma tendência de crescimento do número de loteamentos na Região.

A busca pela sustentabilidade para o desenvolvimento urbano deve ser a meta de todos os municípios, principalmente aqueles que apresentam problemas de instabilidade geológico-geotécnica e para isso ser alcançado é fundamental a interação entre os órgãos municipais, estaduais, federais, instituições de pesquisas, universidades e da população da região. Perceber os problemas é o primeiro passo para a mudança de comportamento e a transferência de conhecimento para o corpo técnico e para a comunidade é a parte essencial do processo de gerenciamento de áreas de risco. A comunicação direta com a comunidade permite a formação de novos valores e mudança de comportamento frente aos riscos existentes no âmbito local, além de estimular o desenvolvimento de novas percepções da realidade no cotidiano.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos. Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará.** Pós-Graduação em Geografia. Instituto de Geociências e Ciências Exatas/Unesp, Rio Claro, Tese de Doutorado, 2010. 278p
- ARAÚJO, G. H. S. ALMEIDA. J. R. GUERRA. A. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 350p.
- ARAÚJO, R. S. **Análise histórica do processo de expansão urbana das cidades de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte.** (Dissertação de Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável, UFC – *campus* Cariri, 2013.
- ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v 22, n. 3, p. 289-300, 1992.
- ASSINE. M. L. Bacia do Araripe. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, maio/nov 2007.
- BANDEIRA, A P. N; NUNES, P. H. S. ; Lima, M. G .Gerenciamento de riscos ambientais em municípios da região metropolitana do Cariri (Ceará). **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 65-81, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2016000400081&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: Novembro de 2016
- BANDEIRA, A, P, N. **Mapa de Risco de Erosão e Escorregamento das Encostas com Ocupações Desordenadas no Município de Camaragibe-PE.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, UFPE: 2003.
- BANDEIRA, A. P. N. NUNES, P. H. S. GUILHERME, L. C. SILVA, A. J. A. **Percepção de Riscos Socioambientais em uma área de encosta do bairro Pinto Madeira, município do Crato-CE, Brasil.** In: III Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana, 2016a, São Paulo. III Congresso da Sociedade de Análise de Risco Latino Americana.
- BARROS, H. S. O Cariri Cearense: o quadro agrário e a vida urbana. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 549–592, 1964.
- BAUTISTA, L. E. C. **Influência das Tensões de Origem Térmica em Problemas de Estabilidade de Blocos Rochosos.** Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, PUC-Rio: 2007. Acesso em Setembro de 2016. Disponível em: http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=11512@1
- BEURLLEN, K. **As condições ecológicas e faciológicas da Formação Santana, Chapada do Araripe (Nordeste do Brasil).** Anais da Academia Brasileira de Ciências Rio de Janeiro, 1971a, p.411- 415
- BRASIL. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais.** Brasília: Ministério das Cidades; Cites Alliance, 2006.
- _____. Ministério das Cidades/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento**

de Riscos em Encostas e Margens de Rios. Brasília: Ministério das Cidades/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

_____. **Guia para o Mapeamento e Caracterização de Assentamentos Precários**
Brasília: Ministério das Cidades Primeira impressão, 2010. 82 p.

_____. Decreto – Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Lei do Parcelamento do solo para Fins Urbanos.** República Federativa do Brasil, 1979. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm. Acesso: Junho de 2016.

_____. **Decreto-Lei Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.** Parcelamento do Solo Urbano no Registro Imobiliário. **Republica Federativa do Brasil, Brasília: 1979.**

_____. Decreto nº 148 de 04 de agosto de 1997. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental da chapada do Araripe, nos Estados do Ceará, Pernambuco e Piauí e dá outras providências. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/DNN/Anterior%20a%202000/1997/Dnn5587.htm. Acesso em: Setembro de 2016.

BRITO, D. S. **Risco de inundação em enclaves úmidos no semiárido: o caso da bacia do rio Salamanca, Barbalha/Ceará.** (Dissertação de Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Geografia, UECE – Fortaleza: 2016.

CASTILHO, L. V. FABRIANI, C. B. OLIVEIRA, P. M. C. Análise de uma tragédia ambiental e participação popular no equacionamento dos problemas de moradia: um estudo de caso da tragédia da região serrana do Rio de Janeiro. in: VI Encontro Nacional da ANPPAS, Belém: 2012. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/ARQUIVOS/GT11-1191-954-20120622101303.pdf>. Acesso em Junho de 2016.

CASTRO, C. M.; PEIXOTO, M. N. O.; RIO, G. A. P. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. In: **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ.** Rio de Janeiro: UFRJ, Vol. 28-2, 2005 p. 11-30.

CAVALCANTI, V. M. M; VIANA, M. S.S. Faciologia dos sedimentos não lacustres da formação Santana (Cretáceo inferior) da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. In: Seminário sobre a Bacia do Araripe e Bacias interiores do Nordeste. DNPM.1990. p.193-207.

CERRI, L.E. da S. **Risco Geológico Urbano.** In: CHASSOT, Attico e CAMPOS, Heraldo (Orgs.). Ciências da Terra e Meio Ambiente: Dialogo para (inter) ações no Planeta. São Leopoldo: Ed.UNISINOS, 1999, p.49-73.

COGERH- Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. **Plano de Monitoramento e Gestão dos Aquíferos da Bacia do Araripe, Estado do Ceará.** Fortaleza- CE, 2009.

CORRÊA, A. C. de B. **Compartimentação geomorfológica da sub-bacia leste do Araripe.** (Manuscrito).

COSTA, Y. M. B. R. **Caracterização socioambiental de áreas ocupadas irregularmente no município de Caucaia-CE.** (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Cariri. 2016.

CRUDEN, D. M.; VARNES, D. **Landslide Types and Processes In Landslides Investigation and Mitigation.** Special Report 247, 1996.

DIKAU, R.; BRUNSDEN, D.; SCHROTT, L. **Landslide Recognition Identification, Movement and Causes**. Ibsen (Eds.). Chichester. 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA) -. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 4. ed. Rio de Janeiro, 2013.

ESPINDOLA, C. R. DANIEL, L. A. **Laterita e Solos Lateríticos no Brasil**. Boletim Técnico da FATEC-SP, 2008, p. 21-24.

FERREIRA, A. G. e MELLO, N. G. da S. **Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FERREIRA, N. J.; RAMIREZ, M. V.; GAN, M. A. **Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis que Atuam na Vizinhança do Nordeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, IRACEMA FONSECA ALBUQUERQUE *et al.* (Ed.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 43-60.

FILHO, R. D. S. **Antropogeomorfologia urbana**. in GUERRA, A. J. T. (org). Geomorfologia urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280 p.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 97p.

FLORENZANO, T. G. **Introdução a Geomorfologia**. In FLORENZANO, T. G. Org. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de texto, 2008. p.12-25.

FREIRE, J. T. **A percepção de riscos ambientais tecnológicos no município de Madre de Deus - Ba**. In: 1º Seminário Espaços Costeiros - 1º SEC, 2011, SALVADOR. Grupo Costeiros Anais do 1º Seminário Espaços Costeiros - 1º SEC. Salvador: Instituto de Geociência UFBA, 2011. v. 1. p. 1-14. Disponível em: http://www.costeiros.ufba.br/Semin%C3%A1rio/Eixo%203/FREIRE,J.T_A%20percep%C3%A7%C3%A3o%20de%20riscos%20ambientais%20tecnol%C3%B3gicos%20no%20munic%C3%ADpio%20de%20Madre%20de%20Deus-Ba.pdf Acesso em: Janeiro de 2017.

FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), **Séries Históricas**: <http://www.funceme.br/areas/monitoramento/download-de-series-historicas>. Acesso em setembro de 2009.

_____, (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos). **Levantamento de reconhecimento de média intensidade de solos**: mesorregião do sul cearense. Fortaleza, 2012. 280 p.

_____, **Zoneamento geoambiental do Estado do Ceará**: Parte II – mesorregião do sul cearense. Fortaleza, 2006. 132p.

G1PERNAMBUCO. Disponível em: <http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2016/01/chuva-e-raio-provocam-transtornos-na-regiao-metropolitana-do-recife.html>. Acesso em: junho de 2016.

GEPARK ARARIPE. 2007. Disponível em: <http://geoparkararipe.blogspot.com.br/>. Acesso em: Setembro de 2011.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora UNESP, 1991. In. SIQUEIRA, José. **Da Filosofia a Administração**. Departamento de administração da FEA-USP. Publicado em Março de 2011 Disponível em <www.scribd.com/doc/50397264/Risco-da-Filosofia-a-Administracao>. Acesso em: Junho de 2015.

GIRÃO, Osvaldo. **Análise de processos erosivos em encostas na zona sudoeste da cidade do Recife-Pernambuco**. (Tese de Doutorado em Geografia)- Universidade federal do Rio de Janeiro, 2007.

GOMES, J.H; SILVA, T. L.V; GUERRA, E. R; ANASTACIO, D. T. D. **Ocupação em área de risco de deslizamentos no córrego do Jenipapo, Recife, Pernambuco**. Revista Brasileira de Geografia Física – RBGF, Recife-PE vol. 03 (2012) 524-539. Disponível em: <http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewArticle/392>. Acesso em Junho de 2016.

GUSMÃO FILHO, J. A. **Chuva e Deslizamentos nas Encostas Ocupadas**. In Workshop “A Meteorologia e os recursos Hídricos Aplicados à Defesa Civil” - Recife, 1997.

GUERRA, A. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 16, 2005. p. 32-37.

GUERRA, A.T; GUERRA, A.J.T. Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 4ªed. 2005, 648p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 196p.

HASHIMOTO A. T., APPI C. J., SOLDAN A. L., CERQUEIRA J. R. **O neo-alagoas nas bacias do Ceará. Araripe e Potiguar (Brasil): caracterização estratigráfica e paleoambiental**. Revista Brasileira de Geociências, 1987. p17-122.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de conservação**, 2013. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/categorias>>. Acesso em: setembro de 2016.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Manual técnico de geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p

_____, **Censo Demográfico e contagem da população**, 2010a. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse>. Acesso em: fevereiro de 2015.

_____, **Malhas Territoriais**, 2010b. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_de_setores_censitarios_divisoes_intramunicipais/censo_2010/. Acesso em Fevereiro de 2016.

_____, **Aglomerados subnormais no Censo 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000692351211201135pdf>. Acesso em: Julho de 2016.

IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará). **Base cartográfica digital do estado do Ceará**, 1970. Secretaria de Governo e Gestão, Governo do Estado do Ceará.

Disponível em <<http://www.ipece.ce.gov.br/categoria5/base-2/base-1>>, Acesso Dezembro de 2015.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. **Clima da região Nordeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, I. F. DE A. et al. (Ed.). Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 213–233.

Lei Federal do Estatuto da Cidade. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acesso em: Janeiro de 2017.

Lei Federal de Lehman, 1979. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm. Acesso em dezembro de 2016.

LIMA, F. G. **Evolução Geomorfológica e Reconstrução Paleoambiental do Setor Subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe: um estudo a partir dos depósitos colúviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha – Ceará** (Tese de doutorado em Geografia) Universidade Federal do Pernambuco-UFPE. Recife, 2015.

LIMA, F. J; LIMA, G. G; CORREA, A. C. B; MARÇAL, M. S. **Mapeamento Geomorfológico em escala de semi-detulhe e a flexibilização de manuais de mapeamento: breves considerações a partir de um estudo de caso - setor subúmido do planalto sedimentar do Araripe/CE/Brasil**. Ensaios de Geografia, v. 3, p. 61-78, 2014.

LIMA, G. G. **Análise Comparativa de Metodologias de Mapeamento Geomorfológico na Bacia do Rio Salamanca, Cariri Cearense**, (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal do Pernambuco –UFPE, Recife, 2014.

LIMA, M. R.; PERINOTTO, J. A. J. **Palinologia de sedimentos da parte superior da Formação Missão Velha, Bacia do Araripe**. Geociências (UNESP), 1984, v. 3, p. 67-76.

LLOPIS TRILHO, G. **Control de la Erosión y Obras de Desague**. Manual de Estabilizacion y Revegetación de Taludes. Entorno Grafico S. L., Madri. 1999. Disponível em: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR06757.pdf>. Acesso em: Julho de 2016.

MABESOONE, J. M.; TINOCO, I. M. **Palaeoecology of the Aptian Santana Formation (Northeastern Brazil)**. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Amsterdam, 1973. p97-118.

MACEDO, E, S; BRESSANI, L. A. **Diretrizes para o Zoneamento da Suscetibilidade, Perigo e Risco de Deslizamentos para Planejamento e Uso do Solo**. Ed. São Paulo: ABGE-ABMS, 2013.

MAFRA, N. M. C. **Erosão e Planificação de Uso do Solo**. In GUERRA, A.T. SILVA, A.S. BOTELHO. R. G. M.Org(s), 9ªEd. Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações 9.ed.Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.p.301-322.

MATIAS, L. F.; NASCIMENTO, E. **Geoprocessamento aplicado ao mapeamento das áreas de ocupação irregular na cidade de Ponta Grossa (PR)**. Geografia (Londrina), Rio Claro, v. 31, n.2, p. 317-330, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ederson_Nascimento/publication/280611106_Geoprocessamento_aplicado_ao_mapeamento_das_areas_de_ocupacao_irregular_na_cidade_de_Ponta_Grossa_PR/links/55be668208aec0e5f445e00b.pdf. Acesso em: Janeiro de 2017.

MELO, A. B. C.; CAVALCANTI, I. F. A.; SOUZA, P. P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: CAVALCANTI, IRACEMA FONSECA ALBUQUERQUE *et al.* (Ed.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 25–39.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 2 maio 2016.

MMA/FUNDETEC/URCA. **Projeto Araripe**. Crato, 1999

MONT'ALVERNE, A. A. F. **Hidrogeologia da Bacia Sedimentar do Araripe**. Recife: MME/ DNPM, 1996. 101 p.

MOURA-FÉ, M.M. **Evolução Geomorfológica da Ibiapaba Setentrional, Ceará: gênese, modelagem e conservação**. (Tese de Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, 2015. 308p.

NASCIMENTO, P. S. S.; **Gestão em áreas protegidas: proposição metodológica para análise de impactos socioambientais nas comunidades tradicionais da APA Chapada do Araripe** (Tese de Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas do *Campus* de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista - Rio Claro, 2013.204 p.

NEUMANN V. H; CABRERA, L. **Una nueva propuesta estratigráfica para la tectonosecuencia post-rifte de la cuenca de Araripe, nordeste de Brasil**. In: Simpósio Cretáceo Brasileiro, 5, Serra Negra, 1999. UNESP, Boletim de Resumos, p. 279-285.

OLIVEIRA, M. S. **Análise da Aplicação de Geoprocessamento no Gerenciamento de Áreas de Risco de Movimentos de Massa: Estudo de Caso de Santos/SP**. (TCC) Universidade Federal de Viçosa-UFV, 2011. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/wp-content/uploads/2013/05/Matheus-da-Silva-Oliveira.pdf>. Acesso em Fevereiro de 2017.

OLIVEIRA, P. T. S.; AYRES, F. M.; PEIXOTO FILHO, G. E. C.; MARTINS, I. P.; MACHADO, N. M. **Geoprocessamento como ferramenta no licenciamento ambiental de postos de combustíveis**. Sociedade & Natureza (UFU. Impresso), v. 20, p. 87-99, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a06v20n1.pdf>. Acesso em Fevereiro de 2017.

OLIVEIRA, S.G.; SILVA, F.M.A.; RIBEIRO, S. C.; **Identificação e Caracterização das Áreas de Fragilidade Ambiental Potencial na Microbacia do Rio Carás/CE**. In ARAUJO, M. A. *et al.*(Org (s) 1º Ed. Geografia Ensino e Pesquisa: produzindo saberes. Curitiba: Editora CRV, 2012. P. 99-114.

PRATES, M.; GATTO, L. C. S.; COSTA, M. I. P. **Geomorfologia**. In: BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. **Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. (Levantamento de Recursos Naturais, 23). p. 301-348

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO SALES, V. **Carta morfoestrutural do Ceará e áreas adjacentes do Rio Grande do Norte e da Paraíba**. In: CPRM, Fortaleza, Atlas digital de geologia e recursos minerais do Ceará. Mapas na escala 1:500.000. Serviço Geológico do Brasil, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARBALHA. **Base cartográfica PROURB: Cidades do Ceará (1997)**. Secretaria Municipal de Infraestrutura. Barbalha- CE, 2015.

PINHEIRO, I. O **Cariri: seu descobrimento, povoamento, costumes**. Fortaleza, CE: Fundação Waldemar Alcântara, 2009. 296 p.

PONTE, F. C. APPI C. J. **Proposta de revisão da coluna litoestratigráfica da bacia do Araripe**. Anais XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Natal (RN), 19 p.211-226.

QUEIROZ, I. S. Região metropolitana do Cariri cearense, a metrópole fora do eixo. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 93-104, set./dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/mercator/v13n3/1676-8329-mercator-13-03-0093.pdf>. Acesso em agosto de 2016.

RAND, H. M; MANSO, V. A. V. **Levantamento gravimétrico e magnetométrico da bacia Araripe**, XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia. Rio de Janeiro - RJ. 1984

RECKZIEGEL, B. W. et al. Mapeamento de áreas de risco geomorfológico nas bacias hidrográficas dos Arroios Cancela e Sanga do Hospital, Santa Maria-RS. **GEOGRAFIA Revista do Departamento de Geociências** v. 14, n. 1, jan./jun. 2005. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6744/6085>. Acesso em Janeiro de 2017.

RECKZIEGEL, E.W. **Identificação e Mapeamento das Áreas com Perigo de Movimento de Massa no Município de Porto Alegre, RS**. (Dissertação de Mestrado) programa de Pós-Graduação em Geografia/ UFRS, 2012, p.90

RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja**: proposta metodológica para a classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/ CE. (Tese de doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geografia/ UFRJ, 2012, p. 281

SÁ, M. Y. C. F. **Os homens que faziam o tupinambá moer: experiência e trabalho em engenhos de rapadura no Cariri (1945-1980)**. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-Graduação em História Social/ UFC, 2007.

SALOMÃO, F. X. T. e IWASA, O. Y. **Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente**, São Paulo, ABGE/IPT, 1995. pp.31-57.

SANTORO. J. **Erosão Continental**. In. TOMINAGA. L. K. SANTORO. J. AMARAL. R. Org (s) 1ª Ed. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 53-70.

SANTOS, A. R. Manual básico para a elaboração e para o uso da Carta Geotécnica. São Paulo: Ed. Rudder, 2014.

SANTOS, L. L. **Quantificação do Escoamento Superficial e Erosão do Solo em Regiões Semiáridas**. Revista Brasileira de Geografia Física-RBGF. Recife-PE, v.. 2, n.01 jan/abril 2009,14-25.

SCHUSTER, R. L. **“Socioeconomic significance of landslides”**. In Landslides: Investigation and Mitigation. A. Keith Turner, Robert L. Schuster, editors. Special Report / Transportation Research Board, National Research Council, 247. Washington, 1996). p.12- 35.

SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA DE BARBALHA. **Loteamentos municipais de Barbalha - 2006 a 2016**. Barbalha-2016.

SILVA, F. M. A.; BANDEIRA, A. P. N.; RIBEIRO, S. C.; BRITO, D. S. **Análise do processo de expansão dos loteamentos e suas implicações no espaço urbano do município de Barbalha- Ceará- Brasil**. Revista Geociências do Nordeste, v. 02, p. 650-657, 2016

SILVA, M. J. D.; GIACHETI, H. L. **Diagnóstico de Processos Erosivos no Município de Bauru/SP: O Caso da Vila Jussara**. III Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas (III COBRAE), Rio de Janeiro, 2001.

SILVA. F. M. A, LIMA. G.G, REIS.G.P, SOUZA. G. B. B, LIMA,F. J. RIBEIRO. S. C. **Análise das precipitações pluviométricas na sub-bacia do rio salgado, sul cearense (1979 - 2008)**. In Simpósio Nacional de Climatologia Geográfica, 9, 2010, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: UFC, 2010.

SILVA-SANTOS, R.; VALENÇA, J. G. **A Formação Santana e sua paleoictiofauna**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 1968. p.339-358.

SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. **Percepção de riscos ambientais: teoria e aplicações**. Fortaleza: UFC, 2009. Disponível em: <http://www.ppggeografia.ufc.br/images/percepcaoderiscos.pdf>. Acesso em fevereiro de 2017

TOMINAGA. L. K. **Análise e Mapeamento de Risco**. In TOMINAGA. L. K. SANTORO. J. AMARAL. R. Org (s) 1ª Ed. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009a. P.147-160

TOMINAGA. L. K. **Escorregamentos**. In TOMINAGA. L. K. SANTORO. J. AMARAL. R. Org (s) 1ª Ed. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, 2009b. P.25-38

VARNES, D. J. **Slope Movement Types and Processes. Landslides Analysis and Control**. WASHINGTON , D. C., National Academy of Sciences, 1978 p.11-33.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia de utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em <http://mtc.8.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>. Acesso em 11 de novembro de 2015.

VITORINO, M.I.; SILVA, M. E. S.; ALVES, J. M. B. Classificação de Sistemas Convectivos de Mesoescala no setor Norte do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**,v.12,n.1,21-32,1997.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S.; DIAS, P. L. S.; DIAS, M. A. F. S. **A zona de convergência intertropical – ZCIT e suas relações com a chuva no Ceará (1964-98)**. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 1, p. 27–43, 2000.

ANEXO

FICHA 1 – SÍNTESE DA LOCALIDADE

IDENTIFICAÇÃO DA LOCALIDADE

Localidade/código:	Bairro:
Município:	MicroRegião:
Técnico responsável:	Líder comunitário/ OP:

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA LOCALIDADE

Modo de Ocupação	Estágio da Ocupação	Padrão das Edificações
<input type="checkbox"/> – espontânea (informal)	<input type="checkbox"/> – consolidada	<input type="checkbox"/> – alvenaria
<input type="checkbox"/> – planejada (formal)	<input type="checkbox"/> – inconsolidada	<input type="checkbox"/> – taipa
<input type="checkbox"/> – parcialmente planejada	<input type="checkbox"/> – parcialmente consolidada	<input type="checkbox"/> – madeira <input type="checkbox"/> outros materiais

Relevo	Hidrografia	Vegetação no taludes
<input type="checkbox"/> – interflúvios de topo plano	<input type="checkbox"/> – rede fluvial esparsa	<input type="checkbox"/> – vegetação esparsa
<input type="checkbox"/> – interflúvios de topo aguçado	<input type="checkbox"/> – rede fluvial densa	<input type="checkbox"/> – vegetação rasteira natural
<input type="checkbox"/> – alvéolos	<input type="checkbox"/> – alta concentração de águas	<input type="checkbox"/> – gramínea
<input type="checkbox"/> – morros	<input type="checkbox"/> – nível freático alto (cacimbas)	<input type="checkbox"/> – capim
<input type="checkbox"/> – colinas	<input type="checkbox"/> – canais retilíneos	<input type="checkbox"/> – arbustos
<input type="checkbox"/> – anfiteatro (microbacia aberta)	<input type="checkbox"/> – canais meandantes	<input type="checkbox"/> – árvores de grande porte
<input type="checkbox"/> – planície alagável	<input type="checkbox"/> –	<input type="checkbox"/> – bananeiras

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS

Tipo de Litologia	Texturas e Estruturas dos Solos	Estabilidade das Encostas
<input type="checkbox"/> – Fm Exu	<input type="checkbox"/> – alta permeabilidade	<input type="checkbox"/> – encosta estável
<input type="checkbox"/> – Fm Arajara	<input type="checkbox"/> – baixa permeabilidade	<input type="checkbox"/> – evidências de deslizamento
<input type="checkbox"/> – Fm. Santana	<input type="checkbox"/> – estratificação horizontal	<input type="checkbox"/> – evidências de erosão
<input type="checkbox"/> – Fm. Rio da Batateira	<input type="checkbox"/> – falhas/fraturas/xistosidade	<input type="checkbox"/> – evidências de solapamento

() – Fm. Missão Velha	() – crosta / blocos lateríticos	()- sem evidências de processos
() – Colúvios	() – matacões de rocha	() –
() – Solo arenoso (aluvião)		

SÍNTESE DOS SETORES DE RISCO

Setor:	Grau de Risco:	Nº de casas do Setor	Nº de casas Ameaçadas*	Nº de casas p/ Remoção*	Nº de casas Destruidas	Nº de casas Removidas

- - indicadas para cadastro e monitoramento

FICHA 2- SETOR DE RISCO (AVALIAÇÃO DE RISCO) (CHECK LIST)

Assentamento:			SETOR:
Município	Bairro:	Região:	RISCO:
Técnico responsável:			Data: / /

FATORES DE SUSCETIBILIDADE (*)

Tipos e caracterização dos processos atuantes	
() – Deslizamento planar em solo sedimentar	() – Deslizamento Planar em solo residual
() – Deslizamento rotacional em solo sedimentar	() – Deslizamento Rotacional em solo residual
() – Deslizamento em aterros	() – Deslizamento de lixo / entulhos
() – Erosão em aterros	() – Rolamento de matacões
() – Erosão superficial (sulco)	() – Queda de blocos de rocha ou de crostas
() – Erosão severa (ravinas profundas/voçorocas)	() – Sem evidências de processos destrutivos
() – Solapamento de solo em margem de córrego	() –

Causas e agravantes da instabilização	
() – Ocupação de bordas de tabuleiros	() – Exploração de jazidas em áreas ocupadas
() – Ocupação de cabeceiras de drenagem	() – Sobrecarga de edificações de grande porte
() – Taludes de corte/aterro sem proteção vegetal	() – Lançamento de lixo nas encostas e drenagem
() – Altura dos taludes.....m	() – Lançamento de entulho nas encostas e drenagem
() – Declividade dos taludesgraus	() – Árvores de grande porte na crista dos taludes
() – Ausência / insuficiência de microdrenagem	() – Concentração de bananeiras nos taludes
() – Concentração de águas de chuva nos taludes	() – Presença de surgências de água nos taludes
() – Lançamento de águas servidas no solo	() – Presença de fendas e batentes no solo

<input type="checkbox"/> – Vazamento nas tubulações de água e esgoto	<input type="checkbox"/> – Presença de fendas e batentes no solo
<input type="checkbox"/> – Fossas drenantes próximas às cristas	<input type="checkbox"/> – Presença de fendas e batentes no solo
<input type="checkbox"/> – Cisterna / cacimba próximo a crista	<input type="checkbox"/> – Recorrência dos processos ano

(*) definidos em função das características da área analisada

FATORES DE VULNERABILIDADE

<input type="checkbox"/> – Número de edificações no setor	<input type="checkbox"/> – Infra-estrutura / Equip. públicos ameaçados
<input type="checkbox"/> – N° de edificações ameaçadas (monitoramento).....	<input type="checkbox"/> – N° edificações removidas
<input type="checkbox"/> – N° de edificações p/ remoção	<input type="checkbox"/> – N° de edificações destruídas em acidente

Registros ou relatos de acidentes (*dia/mês/ano – mortes, feridos, endereços, tipos de processo atuantes, volumes, distancias*).

Moradias Indicadas para monitoramento (M) e Remoção (R)

Endereço (rua, nº)	Coordenadas UTM (GPS)*	FOTOS	M	R

(*) Para as moradias que não constam da Base Cartográfica utilizar FOTOS DO SETOR