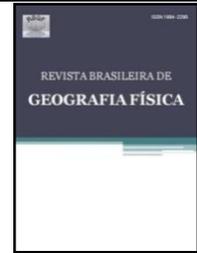




Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Agentes condicionantes e desencadeadores de movimentos gravitacionais de massa na vertente úmida do maciço de Uruburetama, Ceará, Brasil

Danielle Lopes de Sousa Lima¹, Abner Monteiro Nunes Cordeiro², Frederico de Holanda Bastos³

¹Geógrafa e Técnica em Geoprocessamento da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará, Rua Jaime Benévolo, 1400, Bairro de Fátima, Fortaleza, Ceará. E-mail: danielle.llopes@hotmail.com.

²Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará-UECE. Av. Dr. Silas Muguba, 1700, Campus do Itaperi, Serrinha, Fortaleza, Ceará. E-mail: abnermncordeiro@hotmail.com.

³Prof. Dr. da Universidade Estadual do Ceará-UECE. Av. Dr. Silas Muguba, 1700, Campus do Itaperi, Serrinha, Fortaleza, Ceará. E-mail: fred.holanda@uece.br.

Artigo recebido em 04/09/2015 e aceito em 29/12/2015.

RESUMO

Os movimentos gravitacionais de massa são um dos processos modeladores da superfície terrestre, podendo ser esses eventos decorrentes de fatores naturais, como também de atividades socioeconômicas que são desenvolvidas em determinada área, com destaque para os ambientes serranos. A associação entre as características topográficas do relevo, o forte controle estrutural, a textura dos solos, a quantidade e distribuição de chuvas, além das atividades socioeconômicas desenvolvidas, tornam a serra de Uruburetama um ambiente potencial à ocorrência de movimentos de massa. Desta forma, esse trabalho tem como objetivo identificar os agentes condicionantes e desencadeadores de movimentos gravitacionais de massa em ambientes serranos, com destaque para a vertente úmida do maciço de Uruburetama. A metodologia utilizada teve como base a pesquisa bibliográfica referente a análise integrada da paisagem, com enfoque geossistêmico; os princípios de ecodinâmica; eventos morfodinâmicos; pesquisa de campo; além do uso das geotecnologias. Os resultados obtidos demonstram que os movimentos de massa identificados na vertente úmida estão relacionados, principalmente, aos cultivos de sequeiro e a construção de estradas, estando essas atividades desenvolvidas em áreas consideradas instáveis, de forma a potencializar a ocorrência de eventos morfodinâmicos. Portanto, entender a ocorrência desses eventos, seus agentes desencadeadores e suas características, possibilita auxiliar as decisões dos planejadores e gestores, fornecendo informações necessárias para a adoção de medidas preventivas, principalmente em ambientes serranos.

Palavras-Chave: Maciço úmido; Análise geoambiental; Movimento de massa.

Conditioning Agents and Triggers of Gravitational Mass Movements in the Wet Side of the Massif of Uruburetama, Ceara, Brazil

ABSTRACT

The gravitational mass movements are one of the modelers processes the earth's surface and can be these events due to natural factors, but also socio-economic activities that are developed in an area, especially the peasants environments. The association between the topographic features of the relief, the strong structural control, soil texture, the amount and distribution of rainfall, in addition to developed socioeconomic activities, make the saw Uruburetama a potential environment for occurrence of mass movements. Thus, this study aims to identify the conditioning agents and triggering mass movements of peasants gravitational environments, especially for damp strand of massive Uruburetama. The methodology used was based on the literature concerning integrated landscape analysis with geossistêmico approach; the principles of ecodynamics; morphodynamic events; field research; and the use of geotechnology. The results show that the mass movements identified in the damp strand are related mainly to upland crops and the construction of roads, being developed in these activities considered unstable areas in order to enhance the occurrence of morphodynamic events. Therefore, to understand the occurrence of these events, their triggering agents and their characteristics, enables assist the decisions of planners and managers, providing information necessary for the adoption of preventive measures, especially in serrano environments.

Keywords: Massive wet; Geoenvironmental analysis; Mass movement.

Introdução

No contexto intertropical do Brasil, o semiárido nordestino apresenta grande diversidade ambiental face a sua complexa variedade de fatores naturais dispersos ao longo das terras semiáridas. Nessa área, conhecida pelo sugestivo nome de região ou domínio morfoclimático das caatingas, ocorre o predomínio das superfícies sertanejas intermontanas quentes e secas, mal servidas por chuvas tropicais (Ab'Sáber, 1977).

Entretanto, no interior da área nuclear do domínio das caatingas existem vários ambientes de exceção, como é o caso dos maciços úmidos e subúmidos. Essas paisagens de exceção conhecidas como “brejos de altitude” configuram verdadeiras ilhas de umidade, enclaves de floresta úmida no domínio semiárido do Nordeste brasileiro, contribuindo com a diversificação fisiográfica e ecológica dos sertões (Ab'Sáber, 2003).

Conforme Souza e Oliveira (2006), os enclaves úmidos e subúmidos se distribuem de forma dispersa nos sertões semiáridos, se caracterizando por superfícies topograficamente elevadas de relevos serranos, com dimensões variadas, submetidos às influências de mesoclima de altitude. De acordo com Reis (1988), o mesoclima corresponde a uma unidade climática intermediária, se encontrando entre os macroclimas, que seriam as grandes unidades climáticas regionais, e os microclimas, que apresentam um significado mais restrito.

Esses ambientes de exceção se diferenciam como áreas de grande importância por sua alta produção agrícola e denso contingente populacional, podendo exibir características climáticas completamente distintas daquelas presentes nas depressões sertanejas, justificando uma dinâmica natural com solos profundos, rios semiperenizados, vegetação perenifólia de porte arbóreo e predomínio de intemperismo químico (Bastos e Cordeiro, 2012).

O Nordeste semiárido apresenta onze enclaves úmidos e subúmidos que se encontram distribuídos pelos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia (Souza e Oliveira, 2006). No Ceará, os relevos que apresentam essas configurações naturais são as serras de Uruburetama, Aratanha, Maranguape, Meruoca e Baturité, como maciços cristalinos, o setor setentrional no planalto da Ibiapaba e o setor oriental da chapada do Araripe, como relevos em estruturas sedimentares (Bastos, 2012).

Portanto, apesar do semiárido cearense apresentar como feições geomorfológicas mais representativas as depressões sertanejas

intermontanas, o mesmo possui uma série de ambientes de exceção, que aparentemente são estáticos, mas que na realidade são dinâmicos, sofrendo alterações ao longo do tempo e do espaço de modo diferenciado.

Segundo Souza (2000), entender a morfodinâmica atual é requisito indispensável para o aproveitamento adequado dos recursos naturais renováveis, principalmente quando esta encontra-se associada a um ambiente com declives acentuados, terrenos impermeáveis, dissecados por dezenas de riachos que se refletem em instabilidades, gerando intensos processos erosivos, responsáveis diretos pela evolução do modelado (Cordeiro e Garcez, 2012).

Para Fernandes e Amaral (2006), os processos morfodinâmicos são fenômenos naturais, contínuos ou descontínuos da dinâmica externa da superfície terrestre, responsáveis pela sua esculturação e por grandes perdas econômicas e sociais. De acordo com os mesmos autores, dentre os processos modeladores do relevo da superfície terrestre, destacam-se os movimentos de massa, responsáveis por inúmeros problemas socioeconômicos e ambientais em vários países e ao longo do território brasileiro.

Os movimentos de massa se caracterizam por uma significativa dissipação de energia, sendo responsáveis pelo deslocamento de material nas encostas de relevo, podendo ser esses eventos decorrentes tanto de fatores naturais como socioeconômicos (Bastos, 2012).

Nos espaços de exceção do Estado do Ceará, esses eventos morfodinâmicos estão subordinados, essencialmente, às condições hidroclimáticas, onde sua eficácia é dependente da capacidade protetora da vegetação, da topografia e das formas de uso e ocupação do solo, não compatíveis com os limites de tolerância do suporte ecológicos (Souza, 2011).

Segundo Meireles (2007), as intervenções humanas nos ambientes serranos do Estado do Ceará que estão relacionadas com desmatamentos das encostas e chuvas torrenciais, originaram movimentos de massa em diversos pontos das vertentes, provocando nos relevos serranos a remobilização do solo, deslizamentos e desmoronamentos.

Buscando abordar tal temática, o presente trabalho objetiva identificar os agentes condicionantes e desencadeadores de movimentos gravitacionais de massa na vertente oriental úmida da serra de Uruburetama, localizada na porção norte do Ceará, tendo em vista as potencialidades e limitações naturais desse maciço pré-litorâneo, associadas à crescente pressão exercida pelas

atividades humanas, com implicações que alteram as condições naturais de ocorrência dos processos morfodinâmicos.

Agentes Condicionantes e Desencadeadores de Movimentos Gravitacionais de Massa em Relevos Serranos

Os movimentos de massa possuem características distintas, estando estas associadas à influência de diferentes fatores como a estrutura geológica, morfologia, pedologia, características hidroclimáticas, cobertura vegetal, como também as formas de uso e ocupação do solo por parte das atividades socioeconômicas. De acordo com Teixeira (2005), esses fatores desencadeiam e condicionam os processos morfodinâmicos, influenciando os tipos de movimentos de massa, sua velocidade e duração.

Bigarella et al. (2003) afirmam que dentre os fatores geológicos relacionados com movimentos de massa, devem ser considerados os aspectos litológicos, os padrões de fraturas, diaclases, xistosidades, dobramentos e estratificações quando presentes, a coesão e peso por unidade do material formador das vertentes, a circulação das águas e o esforço de cisalhamento e planos de cisalhamento. Para Bastos (2012), as características geológicas são importantes na deflagração dos movimentos de massa, pois influenciam nos fluxos de água superficiais e subsuperficiais causando a instabilidade dos materiais. Nessa perspectiva, a presença de falhas e/ou fraturas representam importantes descontinuidades tanto em termos mecânicos quanto hidráulicos (Molinari, 2010).

Segundo Batateira (2001), os movimentos de massa são influenciados pela morfologia das vertentes e devem ser considerados fatores como a altimetria, declividade e a disposição do relevo frente a ação dos agentes atmosféricos. No Brasil, todos os eventos catastróficos relacionados com movimentos de massa ocorrem em encostas de elevadas declividade (Bigarella et al., 2003).

Para Bastos (2012), as vertentes com declividades superiores a 37° e inferiores a 55° possuem equilíbrio precário, favorecendo a ocorrência de movimentos do regolito. A partir dessa declividade ocorre uma diminuição desses processos por influência da própria declividade que limita a manutenção do regolito na encosta (Fernandes e Amaral, 2006). Porém, elevadas declividades propiciam outros tipos de movimentos como queda de blocos ou tombamentos (Valeriano, 2008).

Áreas com declives superiores a 40° tendem a apresentar solos rasos, pois grande parte

do material intemperizado é transportado pela força da gravidade (Bastos, 2012), sendo uma característica marcante na área de estudo.

Para Molinari (2010), o equilíbrio das vertentes está diretamente associado às características dos solos, principalmente por seus elementos morfológicos, hidráulicos e mineralógicos. As características pedológicas influenciam as condições de infiltração, circulação e armazenamento de água, sendo determinante nas condições de saturação do solo, e consequentemente na capacidade de resistência a ruptura (Molinari, 2010).

As características hidroclimáticas também representam importantes variáveis para a ocorrência de movimentos de massa, principalmente referente a pluviosidade (Souza, 2000). Esta é uma condicionante da saturação do solo, e consequentemente da capacidade de resistência e de estabilidade do mesmo. Os aspectos, sobretudo relacionados à pluviosidade em regiões tropicais, são os principais agentes desencadeadores de movimentos de massa em ambientes serranos, pois são responsáveis pela saturação dos solos e consequente perda de sua estabilidade (Bastos, 2012).

Guidicine e Nieble (1984) afirmam que a pluviosidade é o aspecto mais significativo a ser considerado para a ocorrência de movimentos de massa, pois quase todos os movimentos de massa registrados estão relacionados a episódios de alta pluviosidade e de curta duração. Entretanto, a ocorrência de um elevado índice de pluviosidade é condição necessária, mas nem sempre é condição suficiente para o desencadeamento de escorregamentos (Guidicine e Nieble, 1984).

De modo complementar, Bastos (2012) afirma que ambientes que são sujeitos a ocorrência de pequenas chuvas por períodos prolongados, podem apresentar solos saturados, desta forma, o solo que já possui certa umidade e peso, quando ocorre uma única chuva mais intensa, a mesma pode induzir o acontecimento de um movimento de massa.

A degradação ou supressão da vegetação também constitui um importante agente desencadeador de movimentos de massa nas encostas dos relevos serranos. A cobertura vegetal é fundamental na estabilidade da vertente, protegendo-a dos efeitos da erosão pluvial e eólica. Para Teixeira (2005), as raízes da cobertura vegetal sustentam os materiais das vertentes, mas o alargamento das raízes que penetram nas fendas das rochas pode desencadear queda de blocos, evento muito comum na área de estudo.

Para Bastos (2012), a evolução dos sistemas radiculares propicia uma maior aeração dos solos, podendo também exercer processos de desagregação mecânica através do desenvolvimento das raízes em rochas.

Os processos naturais relacionados com a evolução de vertentes apresentam diferentes tipos de material envolvido e capacidades energéticas variadas. Apesar de existir o perigo ou a suscetibilidade natural à ocorrência de movimento de massa em algumas encostas, a ação antrópica pode exercer forte influência no desencadeamento desses processos.

Segundo Teixeira (2005), as ações humanas podem condicionar o desencadeamento de eventos morfodinâmicos de vertentes sem que ocorra nenhuma interferência de origem natural.

A ocupação de encostas para o desenvolvimento de práticas agrícolas, construção de estradas e expansão de áreas urbanizadas, por exemplo, são fatores que potencializam a instabilidade do ambiente. Essas práticas estão associadas ao desmatamento, a retirada da base de apoio da vertente para a construção de estruturas, causando modificação morfológica da vertente e consequente desestabilização da mesma (Bastos, 2012).

Cabe ressaltar que muitas ocupações em encostas perigosas não configuram necessariamente crimes ambientais. A legislação brasileira que trata de áreas de preservação permanente indica que somente as encostas com declividade superior a 45° devem ser preservadas. No entanto, inúmeras encostas com declives em torno de 30° já apresentam sérios perigos naturais.

Material e métodos

O embasamento teórico-metodológico foi fundamentado na análise integrada da paisagem, com enfoque geossistêmico (Bertrand, 1972), tendo em vista que a abordagem geossistêmica possibilita clareza e concisão dos resultados que são obtidos com relação ao estudo da paisagem, abordando de forma integrada o meio físico-biótico, como também prevê a integração de elementos das relações sociais. Para determinar as condições de estabilidade e/ou instabilidade da área objeto de estudo, tomou-se os princípios da ecodinâmica de Tricart (1977), que foram adaptados por Souza (2000) às características naturais do Estado do Ceará.

Com relação a compreensão e classificação dos movimentos de massa na vertente úmida da serra de Uruburetama, o embasamento teórico teve suporte nos trabalhos de Bigarella et al. (2003), Fernandes e Amaral

(2006), Guidicini e Niebli (1984), Dikau (2004) e Bastos (2012).

O presente trabalho adotou terminologias atuais e internacionalmente reconhecidas para a descrição de movimentos de massa, tendo por base os trabalhos de Dikau (2004) e Varnes (1978). Portanto, adotou-se seis categorias que são utilizadas 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), que são eles: deslizamentos, fluxos, quedas, tombamentos, espalhamentos laterais e movimentos complexos.

Para a elaborar do presente estudo, fez-se uso das geotecnologias como o geoprocessamento, sendo utilizadas bases cartográficas de instituições estaduais e federais como o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará (IDACE), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os produtos de sensoriamento remoto também foram primordiais, sendo utilizadas informações derivadas do projeto TOPODATA realizado pelo INPE. Os produtos desse projeto derivam do processo de refinamento dos dados *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), em que a resolução espacial original de ~90 m é transformada para ~30 m por meio do método de krigagem e de análises geomorfométricas.

A folha do projeto TOPODATA utilizada no presente estudo foi a 03S405ZN, por meio do tratamento desta, foi gerado o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o relevo sombreado da serra de Uruburetama. Esses produtos possibilitaram a melhor representação das vertentes da área em estudo, e consequentemente, a identificação e marcação mais precisa do sistema de falhas que exerce grande influência sobre a drenagem do maciço, e principalmente sobre os eventos morfodinâmicos.

Para a confecção dos mapeamentos, o *software* de geoprocessamento utilizado para o tratamento dos dados foi o Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 9.3, possibilitando todo o tratamento dos dados vetoriais e matriciais,

permitindo a criação de um bando de dados georreferenciados, sendo todos os arquivos submetidos a projeção cartográfica Universal Transversa de Mercator (UTM), utilizando-se o Datum Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas de 2000 (SIRGAS-2000).

O limite do maciço de Uruburetama foi realizado por meio de critérios geomorfológicos, com destaque para a ruptura topográfica, em virtude do forte controle estrutural presente na área. Já o limite de sua vertente oriental úmida, área objeto de estudo, foi definido conforme observação de imagens de satélite, sendo analisada a cobertura vegetal, com o auxílio das curvas de nível extraídas dos dados SRTM.

Dessa forma, a imagem utilizada para a análise da cobertura vegetal foi a imagem do satélite LandSat 8, sensor *Thematic Mapper* (TM), órbita/ponto 217/063 ano de 2014, disponibilizadas gratuitamente pela NASA. A imagem utilizada possui resolução espacial de 30m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9, que são bandas multiespectrais; e resolução de 15m na banda 8, banda pancromática. Foi realizada a composição colorida falsa cor RGB com as respectivas bandas 654. Posteriormente, a banda pancromática foi fusionada com a cena de composição RGB, resultando em uma cena de composição falsa cor e resolução espacial de 15m, de forma a possibilitar a melhor representação do relevo e da cobertura vegetal da serra de Uruburetama.

A caracterização dos aspectos geoambientais foi realizada a partir de levantamento e análise de trabalhos anteriores realizados na serra de Uruburetama e de material geocartográfico pré-existente, bem como pelos trabalhos de campo.

As jornadas de campo serviram inicialmente para reconhecimento da área de estudo e para constatar a veracidade das informações obtidas por meio das geotecnologias, sendo primordiais para a identificação e caracterização dos movimentos gravitacionais de massa na sua vertente oriental, possibilitando a melhor análise da relação desses eventos morfodinâmicos com outros componentes geoambientais do maciço úmido.

Resultados

Localização da Área de Estudo

O maciço de Uruburetama está localizado na porção norte do Estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, a aproximadamente 90 km da capital Fortaleza. Esse relevo serrano possui uma área de aproximadamente 858,38 km², e sua vertente oriental úmida possui 221,94 km², ou seja, 25,85% da área total do maciço. A área da vertente úmida está distribuída entre os municípios de Uruburetama, Itapipoca, Itapajé, Umirim e Taturu. As principais vias de acesso e a visão do maciço como um todo, com destaque para sua vertente oriental úmida, podem ser visualizados na carta-imagem da serra de Uruburetama (Figura 1).

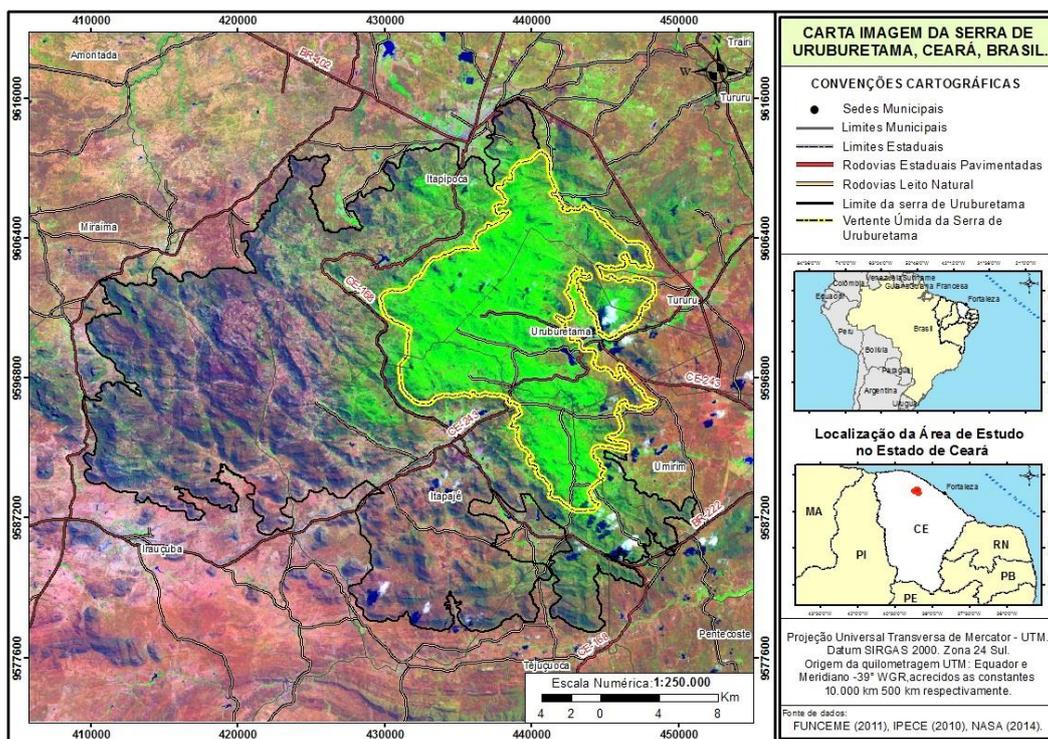


Figura 1. Carta imagem da serra de Uruburetama, Ceará, Brasil. Elaboração dos autores.

Contextualização Ambiental

A serra de Uruburetama é constituída por um batólito Neoproterozoico, localizado na porção setentrional da Província Borborema (Figura 2). De acordo com Souza (1988), trata-se de um maciço pré-litorâneo que pertence ao domínio dos escudos e maciços antigos, sendo composto por litotipos do embasamento cristalino datados do Pré-Cambriano. Litologicamente, a

serra é composta de rochas granitoides, tendo como unidade litoestratificada a Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria, constituída por granitoides cinzentos e rosados, de granulação variável (CPRM, 2003). As rochas granitoides em virtude de sua constituição geológica apresentam maior resistência aos processos erosivos e permanecem na topografia como cristas alongadas nas direções dos *trends* estruturais.

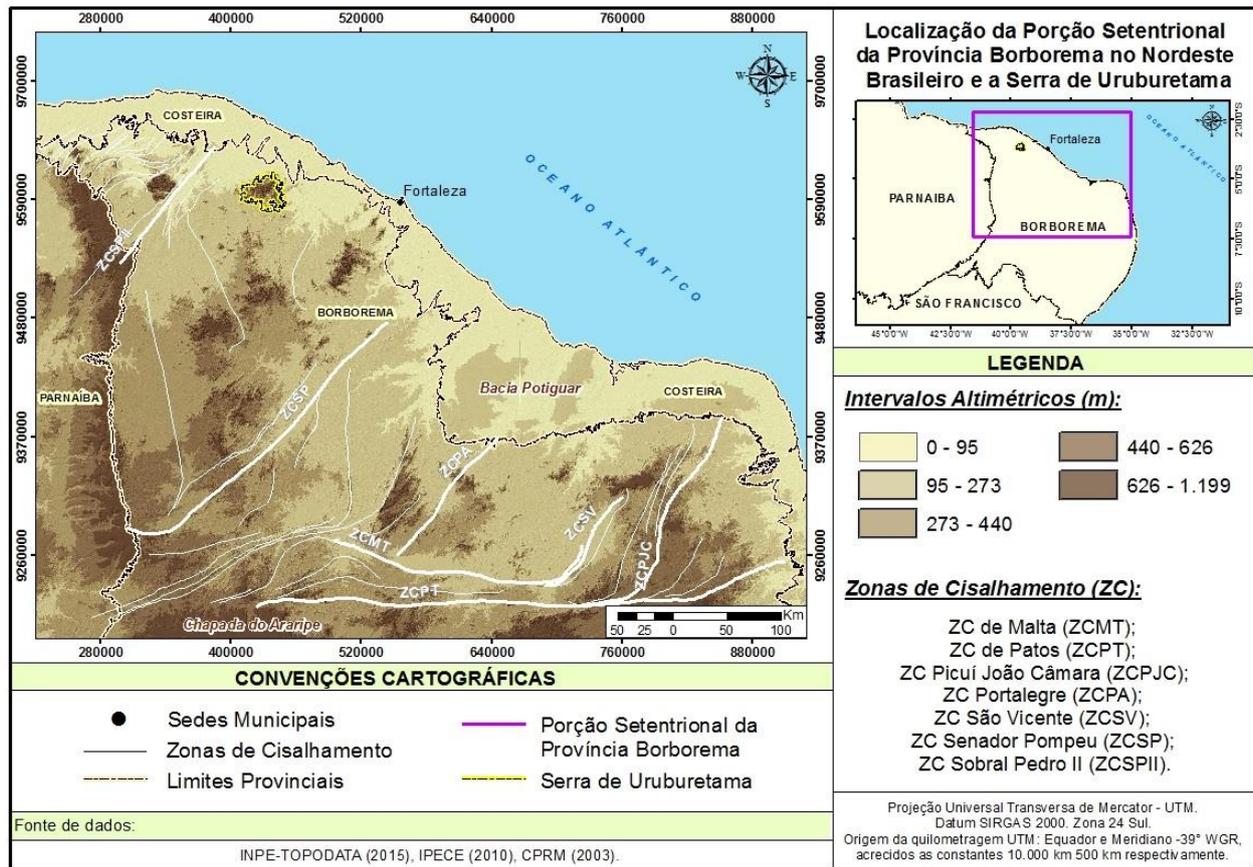


Figura 2. Localização do maciço de Uruburetama na porção setentrional da Província Borborema. Elaboração dos autores.

A serra de Uruburetama apresenta uma morfologia que documenta importantes episódios de evolução morfotectônica, além da ação dos processos morfodinâmicos ao longo do tempo geológico. Esse maciço não é um setor tectonicamente ativo, mas apresenta grande influência do controle estrutural, com falhas que representam descontinuidades do relevo, que podem estar associadas tanto a eventos tectônicos pretéritos, como também a alívios de pressão.

Em função desse forte controle estrutural a rede de drenagem do maciço, responsável pela sua dissecação, está encaixada no sistema de falhas e fraturas, de forma a condicionar a direção dos fluxos dos rios e exercer influência sobre as características topográficas do ambiente serrano (Figura 3). A orientação do controle estrutural da vertente oriental úmida no setor norte, apresenta direção predominante leste-oeste (E – W); e no setor sul, direção sudeste-noroeste (SE – NW).

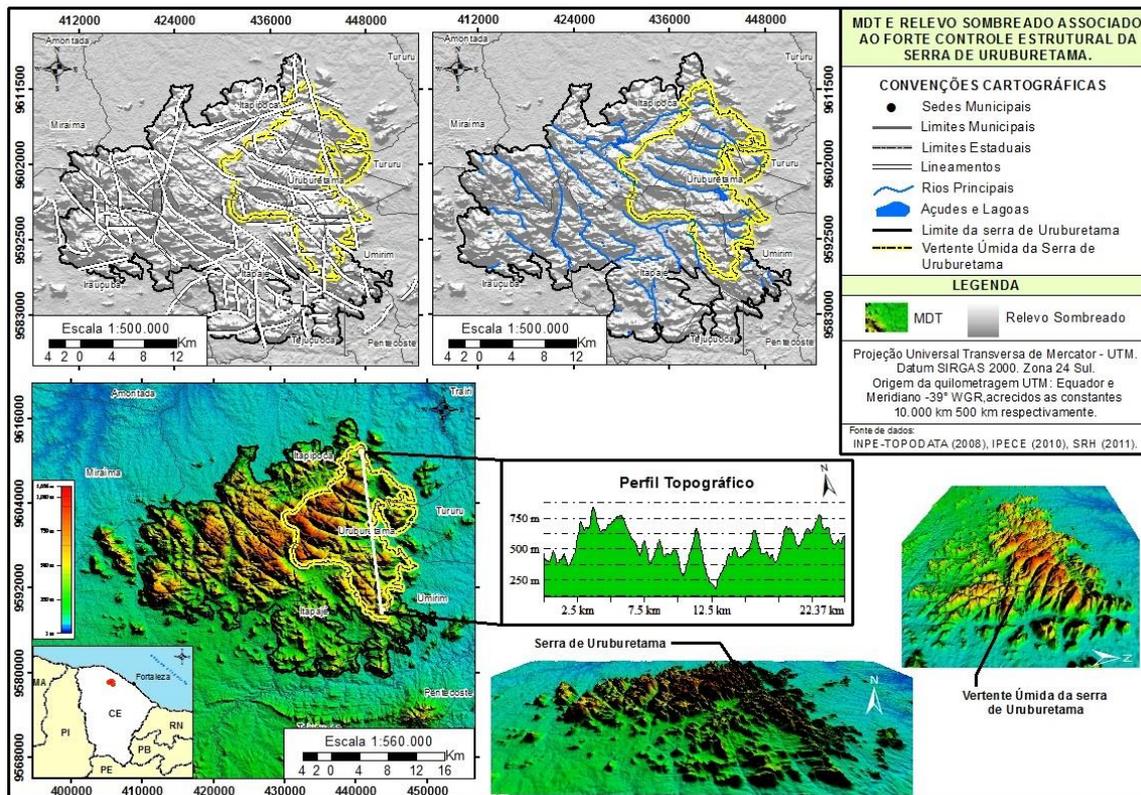


Figura 3. MDT e relevo sombreado associado ao forte controle estrutural da serra de Uruburetama, Ceará. Elaboração dos autores.

A análise das condições hidroclimáticas da serra de Uruburetama é imprescindível, principalmente, tendo em vista que o clima exerce influência nos processos e formas geomorfológicas, na disponibilidade hídrica e regime dos rios, no desenvolvimento dos solos, como também na formação e distribuição de cobertura vegetal (Zanella, 2007).

De acordo com Souza e Oliveira (2006), parte dos maciços residuais proporcionam a ocorrência de precipitações com mais de 1.200mm, funcionando como condensadores de umidade. Já as serras úmidas, como a serra de Uruburetama, apresentam índices pluviométricos significativos, variando de 900-1300mm, entre os meses de janeiro a junho, período mais chuvoso.

Segundo Zanella e Salles, 2011, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema produtor de chuvas para o norte do Nordeste brasileiro. Ela se forma na confluência dos alísios de SE e NE e se desloca para os dois hemisférios, atuando de modo mais expressivo sobre o Estado do Ceará a partir de meados do verão, atingindo sua posição mais meridional no outono.

A serra de Uruburetama é uma superfície topograficamente elevada, apresentando níveis altimétricos com cotas médias entre 500 – 800m, existindo locais específicos na vertente úmida que

alcançam mais de 1.000m. A distribuição espacial das chuvas possui estreita relação com essas características altimétricas e com a disposição do relevo frente aos sistemas atmosféricos, com destaque para a vertente oriental (encosta de barlavento). Essas condições favorecem a ascensão das massas de ar, influenciando a nebulosidade e nas melhores condições de umidade na área em estudo.

Com relação as características pedológicas, a tipologia dos solos encontrada na vertente oriental úmida possui variações de acordo com as condições geológicas, geomorfológicas e fitoecológica. Segundo Seara (1988), os solos existentes na vertente úmida são os argissolos vermelho-amarelo eutróficos e os neossolos litólicos eutróficos, sendo que a classe de solo mais representativa na vertente úmida são os argissolos vermelho-amarelo (eutrófico ou distrófico), predominantes nos setores mais elevados.

Pereira et al. (2011) destaca que a diferença de textura entre os horizontes dos argissolos vermelho-amarelo, os propiciam maiores riscos a erosão, principalmente quando os mesmos estão associados a relevo forte ondulado e montanhoso, como é o caso da serra de Uruburetama (Figura 4).



Figura 4. Vegetação arbóreo-arbustiva degradada associada a argissolos, município de Itapipoca, Ceará. Fonte: autores, 2015.

De forma complementar, Bastos (2012) afirma que o uso das potencialidades edáficas dos argissolos são limitadas pelas características topográficas do relevo, pois muitas vezes esse tipo de solo se encontra em áreas fortemente dissecadas. Conforme o autor, a associação entre relevo dissecado, argissolos e áreas úmidas, onde estas possuem significativo manto de alteração, podem causar movimentos de massa que envolvem elevada quantidade de material.

Já os Neossolos Litólicos são os menos representativos na área em estudo, característicos por serem solos rasos, textura argilosa, fertilidade natural média, sendo bastante susceptível a erosão, ocorrendo fases pedregosas (Souza, 2000).

De acordo com Pereira et al. (2011), esses solos se encontram com mais frequência em encostas com forte declividade e fortemente dissecadas pela erosão, sendo solos derivados de litologia como os gnaisse, granito e migmatito, onde a associação desses fatores aumenta a dinâmica dos processos erosivos, com um fraco desenvolvimento pedogenético.

Segundo Bastos (2012), os neossolos litólicos são jovens, rasos, predominantemente eutróficos e apresentam afloramentos rochosos. Na vertente oriental úmida, percebe-se a presença de neossolos litólicos e afloramentos rochosos associados a setores do relevo de alto declive e bastante dissecado (Figura 5).

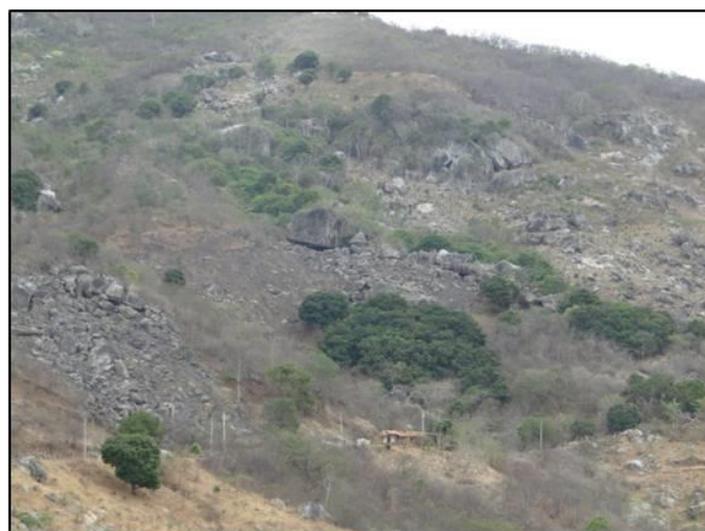


Figura 5. Neossolos litólicos com a presença de afloramentos rochosos, município de Uruburetama, Ceará. Fonte: autores, 2015.

Já as características fitogeográficas refletem o complexo jogo de inter-relações entre os demais componentes naturais, ou seja, os aspectos fitogeográficos existentes em uma determinada área refletem as condições ambientais a qual estão condicionadas, incluindo as feições do relevo, características dos solos, particularidades climáticas, e a fauna associada.

A serra de Uruburetama está inserida no Domínio Morfoclimático Semiárido das Caatingas Brasileiras (Ab'Sáber, 1974). No Ceará, segundo Souza (2007), há um recobrimento predominante das formações de caatingas, que ostentam variados padrões fisionômicos e florísticos. Para o autor, as áreas de exceção ficam circunscritas aos enclaves úmidos e às matas ciliares que revestem as planícies fluviais.

Para Oliveira (2002), o estágio de degradação da serra de Uruburetama está bastante avançado. A serra de Uruburetama e seu entorno apresentavam como vegetação primária a caatinga arbustiva, caatinga arbóreo-arbustiva, caatinga arbórea, mata seca, mata úmida, mata ciliar e mata de tabuleiro (Silva, 2007).

Entretanto, devido a degradação, a proporção de mata úmida foi reduzida, ocorrendo o avanço de espécies menos exigentes com relação as condições ambientais para seu desenvolvimento. Desta forma, o que se encontra hoje, mesmo na vertente úmida, é a presença de caatinga arbustiva e caatinga arbóreo-arbustiva, vegetação subcaducifolia tropical pluvial (mata seca), e resquícios de vegetação perenifolia tropical pluvionebular (mata úmida).

Portanto, a proximidade da serra com o litoral, suas características altimétricas e a disposição do relevo frente aos sistemas atmosféricos, condicionam significativamente as condições de clima e solo da vertente úmida, de forma a refletir de maneira direta nas características fisionômicas e florísticas da vegetação e nas formas de uso e ocupação do maciço de Uruburetama.

Condições de Uso e Ocupação do Solo

Os aspectos socioeconômicos podem influenciar na configuração da paisagem e consequentemente na sua dinâmica natural, refletindo nas condições de estabilidade/instabilidade do ambiente, portanto, influenciando a ocorrência de movimentos gravitacionais de massa, principalmente em encostas.

Os ambientes serranos úmidos possuem melhores condições climáticas e consequentemente ambientais, apresentando solos de grande importância para a produção agrícola, o que atrai um denso contingente populacional. Conforme Souza (2011), por suas melhores condições ambientais, possuem as melhores formas de uso da terra, de estrutura econômica e de povoamento.

Na vertente úmida do maciço de Uruburetama, existem várias atividades agrícolas que são desenvolvidas em áreas com condições morfodinâmicas vulneráveis. Dentre as atividades observadas se destacam a bananicultura e os cultivos de sequeiro (milho e feijão) (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade produzida das principais culturas temporárias nos municípios que compõem a vertente úmida da serra de Uruburetama (espaço temporal de 10 anos). Fonte: Produção agrícola municipal, IBGE/ 2003-2013.

Culturas	Ano	Municípios			
		Itapajé	Itapipoca	Uruburetama	Ceará
Arroz (Toneladas)	2003	149	62	72	101.822
	2008	185	81	110	97.769
	2013	30	-	33	49.268
Cana-de-açúcar (Toneladas)	2003	131	1.800	41	1.742.801
	2008	179	2.120	104	2.270.816
	2013	125	1.780	131	1.674.705
Feijão (Toneladas)	2003	367	323	71	208.792
	2008	890	3.121	176	252.741
	2013	137	1.109	64	55.630
Mandioca (Toneladas)	2003	160	49.032	40	757.891
	2008	320	62.145	135	752.882
	2013	543	23.066	144	112.741
Milho (Toneladas)	2003	1.299	5.786	218	745.317
	2008	1.915	6.649	378	752.882
	2013	283	1.583	129	112.741

Na agricultura de sequeiro, com destaque para o cultivo do milho e do feijão (Figura 6), são utilizadas técnicas rudimentares, como a brocagem e a queimada, que proporcionam a ocorrência de ravinamentos, voçorocas,

deslizamentos de terras, afloramentos de rochas, além da diminuição do fluxo hídrico, de nutrientes do solo e da redução do potencial hídrico superficial e subsuperficial.



Figura 6. Área desmatada para o desenvolvimento da agricultura de sequeiro em vertente acidentada, município de Uruburetama, Ceará. Fonte: autores, 2015.

Na área objeto de estudo, esse tipo de cultura foi e permanece sendo desenvolvida através de técnicas que são extremamente predatórias em ambientes instáveis, tendo em vista as características topográficas do relevo. Dessa forma, a cultura de sequeiro e suas práticas, com finalidades alimentares e de renda, intensificam o processo de erosão do solo. Esse processo pode ser acelerado pelas condições

topográficas do terreno, condicionando a existência de áreas potenciais para a ocorrência de movimentos de massa, se constituindo como atividade que gera impactos ambientais negativos.

Já a cultura permanente que mais se destaca é a bananicultura (Tabela 2), onde os municípios de Itapajé, Itapipoca e Uruburetama representam juntos 7,09% da produção total de banana no Estado do Ceará no ano de 2013.

Tabela 2. Quantidade produzida das principais culturas permanentes nos municípios que compõem a vertente úmida da serra de Uruburetama (espaço temporal de 10 anos). Fonte: Produção agrícola municipal, IBGE/2003-2013.

Culturas	Ano	Municípios			
		Itapajé	Itapipoca	Uruburetama	Ceará
Banana (Toneladas)	2003	37.734	24.486	23.250	341.715
	2008	39.630	23.606	26.000	423.016
	2013	10.416	9.549	6.661	375.531
Castanha de caju (Toneladas)	2003	129	4.523	84	108.051
	2008	157	5.365	89	121.045
	2013	59	690	120	53.112
Mamão (Toneladas)	2003	67	260	129	75.561
	2008	96	420	126	99.522
	2013	193	350	253	118.372
Manga (Toneladas)	2003	421	828	841	39.462
	2008	403	555	886	43.427
	2013	389	684	863	46.632

Lima (2005) afirma que a bananicultura tem sido responsável por grande parte da degradação vegetal nos relevos serranos úmidos, chegando a ter como exemplo a serra de Uruburetama. A mesma está tão degradada que as manchas de mata úmida são praticamente inexistentes. Esse fato foi verificado em campo, existindo somente resquícios de mata úmida.

De acordo com Oliveira (2002), toda a vertente úmida e grande parcela da vertente subúmida seca estão ocupadas pela bananicultura, e seu cultivo se encontra em locais onde o declive varia de plano até forte-ondulado, com solos que variam de rasos a muito profundos, e são geralmente argissolos vermelho-amarelo.

Segundo Lima (2005), a bananicultura causa a perda da qualidade dos nutrientes do solo em virtude da sua forma de cultivo, onde a vegetação original é totalmente. Para o autor, a bananeira não repõe os nutrientes do solo que são retirados, rompendo a renovação do ciclo bioquímico.

Na vertente oriental úmida, ocorre forte presença do cultivo de bananicultura, passando a ocupar o lugar da mata subcaducifólia (mata seca), sendo responsável também pela descaracterização da vegetação pluvionebulosa.

A infraestrutura é outro fator importante a ser analisado, com destaque para a abertura de novas estradas, sendo identificados na vertente oriental úmida de Uruburetama muitos movimentos de massa decorrentes desse tipo de obra. Conforme Bastos (2012), os cortes e aterros feitos nas encostas para a construção de rodovias, de forma a implementar a malha viária, está diretamente associado a ocorrência de movimentos de massa. Esse tipo de obra influencia a instabilização das encostas, condicionando a ocorrência desses eventos morfodinâmicos.

Para Tominaga (2012), o crescimento indiscriminado da malha urbana brasileira em áreas desfavoráveis, sem o adequado planejamento do uso e sem a adoção de técnicas adequadas de estabilização, está disseminando a ocorrência de acidentes associados a estes processos morfodinâmicos, os quais trazem enormes prejuízos econômicos e, com frequência, levam à perda de muitas vidas.

Portanto, os principais vetores de pressão na vertente úmida da serra de Uruburetama de origem socioeconômica, que potencializam a ocorrência de movimentos de massa, são a agricultura de sequeiro, o cultivo da bananicultura e a construção de estradas. Vale destacar que além das rodovias principais, existem várias estradas pavimentadas e não pavimentadas, algumas em péssimas condições de conservação, sendo as mesmas utilizadas como forma alternativa de acesso aos locais mais elevados do maciço.

A serra de Uruburetama e os Movimentos de Massa

A característica de relevo fortemente dissecado da serra de Uruburetama é consequência do forte controle estrutural proveniente das falhas existentes no maciço. Esse controle estrutural influencia tanto nas características topográficas do relevo quanto na sua rede de drenagem, que associados ao material das encostas, aos significativos eventos pluviométricos e as atividades socioeconômicas desenvolvidas na área, são os principais condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa nesse maciço residual úmido.

Destaca-se que as atividades socioeconômicas desenvolvidas na serra de Uruburetama, possuem estreita relação com a ocorrência desses eventos morfodinâmicos. A exposição do solo decorrente da utilização agrícola em encostas, com destaque para a agricultura de sequeiro, e a alteração da estabilidade das encostas provenientes dos cortes topográficos para a construção de estradas, são fortes condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa.

Os movimentos de massa identificados na área de estudo e classificados como deslizamentos translacionais, possuem sua ocorrência associada, principalmente, com a remoção da cobertura vegetal para a agricultura de sequeiro, sobretudo para o plantio de milho e feijão (Figura 7) e com os cortes realizados na base da encosta, para construção de novas rodovias (Figura 8), além da saturação hídrica dos solos em anos de quadra chuvosa regular. Nota-se nesses movimentos gravitacionais que somente uma parte do manto de intemperismo se deslocou, ocorrendo somente a cicatriz de um movimento translacional.



Figura 7. Cicatrizes de movimento de massa translacional condicionadas pela preparação do solo para o cultivo de sequeiro, município de Uruburetama, Ceará. Fonte: autores, 2015.



Figura 8. Cicatrizes de movimento de massa translacional condicionadas pelo corte de estrada na base da encosta, município de Uruburetama, Ceará. Fonte: autores, 2015.

Já os movimentos de massa classificados como quedas de blocos apresentam estreita relação com as estradas pavimentadas e não pavimentadas. Percebe-se na vertente úmida que a forte presença de blocos soltos está associada a construção e manutenção de estradas. Esses cortes topográficos podem desencadear movimentos de massa durante eventos de chuva mais intensa.

De acordo com Bastos (2012), durante a construção de estradas são feitos diversos cortes nas vertentes com a aplicação de explosivos nas rochas para que seja possível se fazer o traçado da pista, deixando trechos rochosos instabilizados na margem da estrada que podem propiciar a ocorrência de quedas de blocos.

Na estrada que liga o município de Itapajé à Uruburetama a presença de blocos rolados é elevada, existindo blocos com dimensões que podem variar de cm^3 a m^3 , totalmente soltos (Figura 9). Já no município de Itapipoca percebe-se a presença de antigos blocos rolados de volumes da ordem de m^3 , com várias toneladas, podendo, caso rolem, atingir residências, causando impactos negativos, até mesmo tirando vidas (Figura 10). Esses blocos encontram-se festonados, indicando que se trata de blocos que percorreram pequenas distâncias, ou seja, são provenientes de encostas muito próximas.



Figura 9. Queda de bloco rochoso da ordem de m^3 presente em estrada não pavimentada que liga o município de Itapajé ao município de Uruburetama, Ceará. Fonte: autores, 2015.

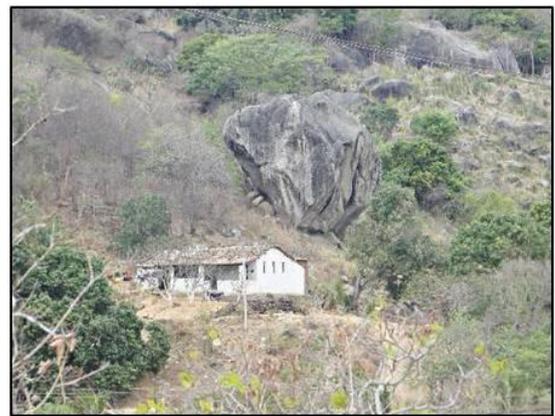


Figura 10. Bloco de rocha de volume da ordem de m^3 , a montante de uma residência no município de Itapipoca, Ceará. Fonte: autores, 2015.

No município de Uruburetama, nota-se em uma estrada pavimentada que a cobertura vegetal contribui para manutenção do bloco rochoso que foi rolado, confirmando a importância do recobrimento vegetal na atenuação

dos eventos morfodinâmicos, principalmente os movimentos de massa, tendo em vista que há uma estreita relação entre a ocorrência de processos morfodinâmicos com a remoção ou

descaracterização da vegetação original (Figura



Figura 11. Árvore mantendo um bloco que foi rolado na estrada pavimentada que liga o município de Uruburetama ao município de Itapajé, Ceará. Fonte: autores, 2014.

A serra de Uruburetama apresenta uma vegetação bastante degradada, em decorrência do plantio de subsistência (milho e feijão) e do cultivo da bananeira em suas encostas. Essas atividades socioeconômicas estão sendo desenvolvidas em áreas consideradas instáveis, de forma a potencializar a ocorrência de eventos morfodinâmicos. No entanto, não foram identificados movimentos de massa relacionados à bananicultura na vertente úmida da serra de Uruburetama, o que se observa são movimentos

11).

associados aos cultivos de sequeiro. Talvez, a não ocorrência de movimentos de massa associados a bananicultura, seja em virtude de que essa cultura intensifique o escoamento superficial, o que gera ravinamentos, e não a infiltração, conseqüentemente não ocorre a saturação dos solos (Bastos, 2012).

Contudo, mesmo que não ocorram movimentos de massa associados aos cultivos de banana, o que acontece de maneira excessiva é a descaracterização da vegetação original, que se apresenta como um fator positivo na dinâmica hidrológica devido à manutenção do equilíbrio geomorfológico local, atenuando a ação dos processos erosivos. No entanto, o que se percebe, na vertente úmida do maciço de Uruburetama, é a supressão quase total da mata pluvionebulosa, ou seja, resquícios de mata úmida e a forte presença da bananicultura.

Os movimentos de massa identificados na vertente úmida da serra de Uruburetama, por meio de observações em campo e com o auxílio de GPS, podem ser observados no mapa de distribuição espacial dos movimentos de massa na vertente úmida da serra de Uruburetama (Figura 12), sendo feita uma amostragem desses eventos morfodinâmicos, com sua localização pontual.

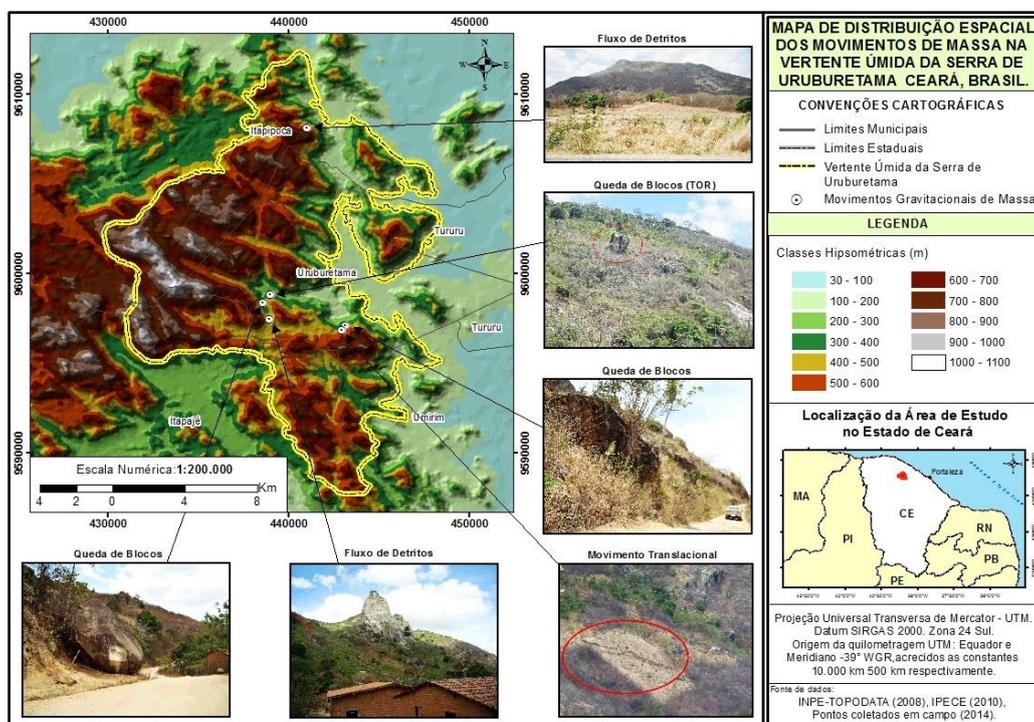


Figura 12. Mapa de distribuição espacial dos movimentos de massa na vertente úmida da serra de Uruburetama. Elaborado pelos autores.

Considerações finais

Em virtude da análise do comportamento dos processos morfodinâmicos, pode-se dizer que toda e qualquer modificação no modelado da paisagem é regida por processos naturais. A contribuição de cada processo pode ser entendida de forma individual, mas é a partir da inter-relação existente entre eles que se pode compreender a dinâmica da paisagem dessa área. Em todos os processos que foram apresentados os componentes naturais têm a sua contribuição, mas na análise que se fez, sentiu-se necessidade realçar a influência das relações sociais no desencadeamento desses eventos.

O uso dos recursos naturais, sem o conhecimento e observância de suas interações, vem potencializando impactos ambientais negativos nos ambientes rurais e urbanos do maciço de Uruburetama. A ocupação das encostas desse maciço a partir de atividades agrícolas, expansão urbana e construção de estradas tem sido responsável pela instabilização de áreas já suscetíveis a movimentos de massa e isso se deve tanto pelos desmatamentos indiscriminados, como pela modificação na morfologia das vertentes.

Portanto, o entendimento da ocorrência dos movimentos gravitacionais de massa na vertente oriental úmida da serra de Uruburetama, se mostra como de fundamental importância para a compreensão da evolução desse maciço úmido. Ao longo do trabalho foi possível perceber que esses processos morfodinâmicos estão associados a diferentes fatores naturais característicos do maciço, além desses eventos também possuem uma estreita relação com as atividades socioeconômicas que são desenvolvidas no mesmo.

Desta forma, a vertente úmida da serra de Uruburetama apresenta um quadro crítico de problemas ambientais decorrentes de usos inadequados e interferências físicas não apropriadas aos requisitos de manutenção do sistema como um todo. Os principais componentes naturais da vertente úmida coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais e àquelas de natureza social, que por vezes opera no sentido de desencadear e/ou acelerar os processos naturais.

Alguns setores da vertente úmida do maciço de Uruburetama são identificados como de grande perigo de ocorrência de movimentos de massa, principalmente queda de blocos, havendo dessa forma, a necessidade de elaboração de estudos mais aprofundados sobre essa temática

para que esse tema tenha uma maior ênfase dentro das estratégias de planejamento e gestão ambiental em escala municipal e regional. Dentre as informações a serem levantadas, cabe destacar a identificação do papel de cada um dos agentes desencadeadores, o mapeamento e a classificação dos movimentos de massa para que se possa dispor de dados sobre as suas características principais (capacidade energética, material envolvido, velocidade, etc.) e a identificação de áreas de risco ou de perigo para a ocorrência de tais eventos.

Portanto, entender a ocorrência dos movimentos de massa, seus agentes desencadeadores e suas características, possibilita auxiliar as decisões dos planejadores e gestores, fornecendo informações necessárias para a adoção de medidas preventivas, principalmente em ambientes serranos do Estado do Ceará.

Referências

- Ab'Sáber, A.N., 1974. O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileira. *Geomorfologia* 43, 1-39.
- Ab'Sáber, A.N., 1977. Problematização da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. *Geomorfologia* 53, 1-19.
- Ab'Sáber, A.N., 2003. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas, 3 ed. Ateliê Editorial, São Paulo.
- Bastos, F.H., 2012. Movimentos de massa no maciço de Baturité (CE) e contribuições para estratégias de planejamento ambiental. Tese (Doutorado em Geografia). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará.
- Bastos, F.H.; Cordeiro, A.M.N., 2012. Fatores Naturais na Evolução das Paisagens no Semiárido Brasileiro: Uma Abordagem Geral. *Revista GeoNorte* 1, 464-476.
- Bataiteira, C., 2001. Movimentos de vertente no NW de Portugal, susceptibilidade geomorfológica e sistemas de informação geográfica. Tese (Doutorado em Geografia Física). Porto, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Bertrand, G., 1972. Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo 13, 01 – 21.
- Bigarella, J.J.; Passos, E.; Herrmann, M.L.P.; Santos, G.F.; Mendonça, M.; Salamuni, E.; Suguio, K., 2003. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais, 2 ed. v. 3, Ed. da UFSC, Florianópolis.

- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2003. Mapa Geológico do Estado do Ceará. Fortaleza.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes. Disponível: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&o=11&i=P&c=1612>>. Acesso em: 20 de outubro de 2014.
- SEARA - Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária, 1988. Zoneamento agrícola do Estado do Ceará. Fortaleza.
- Cordeiro, A.M.N.; Garcez, D.S.A., 2012. Influência dos componentes geoambientais e das intervenções antropogênicas nos movimentos de massa na APA da serra de Maranguape, Ceará. Congresso Brasileiro Sobre Desastres Naturais, 1. ed. v. 1, Rio Claro, pp. 01-10.
- Dikau, R., 2004. Mass Movement, in: Goudie, A. (hrsg.), Encyclopedia of Geomorphology, Bonn University, Bonn, pp. 644-653.
- Fernandes, N.F.; Amaral, C.P., 2006. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica, in: Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. (orgs.), Geomorfologia e meio ambiente. 6 ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 6. ed. Rio de Janeiro, pp. 123-194.
- Guidicini, G.; Niebli, C.M., 1984. Estabilidade de taludes naturais e de escavações, 1 ed. Edgard Blücher, São Paulo.
- Lima, D.C., 2005. A Bananicultura na Área de Proteção Ambiental da Serra de Maranguape-CE e suas Implicações no Ambiente Físico, Humano e na Biodiversidade. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará.
- Molinari, D.C., 2010. Hidrologia, processos erosivos e movimentos de massa, in: Rebello, A. (org.), Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física. Editora da Universidade Federal do Amazonas, Manaus, pp. 67-103.
- Oliveira, V.P.V., 2002. Prospección, caracterización y cartografía edafopaisajística en una región montañosa del semiárido brasileño: La Sierra de Uruburetama (Sertão Noedestino – Ceará - Brasil). Tesis Doctoral. Universidad de Almería, Almería.
- Pereira, R.C.M.; Silva, E. V.; Rabelo, F.D.B., 2011. Aspectos pedológicos e suas relações com processos morfodinâmicos na serra de Baturité, in: Bastos, F.H. (org.), Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais. Expressão Gráfica e Editora, Fortaleza, pp. 77-97.
- Reis, A.C.S., 1988. O fator climático, in: Mello, M. L. (org.), Áreas de exceção da Paraíba e dos sertões de Pernambuco. n. 19, Série Estudos Regionais, Recife.
- Silva, M.V.C., 2007. Análise geoambiental: subsídios ao planejamento agrícola da serra de Uruburetama – CE. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza, Universidade Estadual do Ceará.
- Souza, M.J.N., 1988. Contribuição ao estudo das unidades morfoestruturais do Estado do Ceará. Revista de geologia 1, 73-91.
- Souza, M.J.N., 2012. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará, in: LIMA, L.C. (org.), Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará. 1 ed. FUNECE, Fortaleza, pp. 127-140.
- Souza, M.J.N., 2007. Compartimentação Geoambiental do Ceará, in: SILVA, J.B.; DANTAS, E.W.; CALVACANTE, T. (org.), Ceará: um novo olhar geográfico. Editora Demócrito Rocha, Fortaleza, pp. 127-140.
- Souza, M.J.N., 2011. Contexto ambiental do enclave úmido da serra de Baturité-Ceará, in: BASTOS, F.H. (org.), Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais. 1 ed, Editora Expressão Gráfica, Fortaleza, pp.19-33.
- Souza, M.J.N.; Oliveira, V.P.V., 2006. Os enclaves úmidos e subúmidos do semiárido do Nordeste brasileiro. Mercator 5, 85-102.
- Tominaga, L.K., 2012. Escorregamentos, in: Tominaga, L.K.; Santoro, J.; Amaral, R. (orgs.), Desastres naturais: conhecer para prevenir. 1 ed, Instituto Geológico, São Paulo, pp. 25-38.
- Teixeira, M., 2005. Movimentos de Vertente: Factores de ocorrência e metodologia de inventariação. Geonovas, n. 19, Associação portuguesa de geólogos, 95-106.
- Tricart, J., 1977. Ecodinâmica. 1 ed. IBGE/SUPREM, Rio de Janeiro.
- Valeriano, M.M., 2008. Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. 1 ed. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campo.
- Varnes, D.J., 1978. Slope movement types and process, in: Schuster, R. L.; Krizek, R.J. (eds.), Landslides analysis and control. Transportation Research Board. National Academy of Sciences, Special Report 176, 12 – 33.
- Zanella, M.E., 2007. Caracterização Climática e os recursos hídricos do Estado do Ceará, in: Silva, J.B.; Dantas, E.W.; Cavalcante, T. (orgs.), Ceará: Um Novo Olhar Geográfico.

Editora Demócrito Rocha, Fortaleza. pp. 169-188.
Zanella, M.E.; Sales, M.C.L., 2011.
Considerações sobre o clima e a hidrografia do

maciço de Baturité, in: Bastos, F. H. (org.),
Serra de Baturité: uma visão integrada das
questões ambientais. Editora Expressão
Gráfica, Fortaleza, pp.61-75.