

O EMPREGO DA GEOMORFOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÃO – MIMOSO DO SUL/ES

THE USE OF THE GEOMORPHOLOGY TO LANDSLIDE AND FLOODING SUSCEPTIBILITY EVALUATION – MIMOSO DO SUL/ES

MARCELO EDUARDO DANTAS

*CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: marcelo.dantas@cprm.gov.br*

EDGAR SHINZATO

*CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: edgar.shinzato@cprm.gov.br*

JENNIFER FORTES CAVALCANTE RENK

*Geoambiente - SR, São José dos Campos, SP, Brasil
E-mail: jennifer.renk@geoambiente.com.br*

JULIANA MACEIRA MORAES

*CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
E-mail: juliana.moraes@cprm.gov.br*

MARCELY FERREIRA MACHADO

*CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Salvador, BA, Brasil
E-mail: marceley.machado@cprm.gov.br*

ALINE COSTA NOGUEIRA

*CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Salvador, BA, Brasil
E-mail: aline.nogueira@cprm.gov.br*

RESUMO ABSTRACT

A Geomorfologia consiste num dos campos de conhecimento mais utilizados no auxílio à elaboração de mapas de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações. Seu emprego pode estar associado a uma abordagem descritiva e morfológica, baseada em identificação de padrões de relevo homólogos por meio de fotoanálise de fotografias aéreas e imagens de satélite. Este instrumental conferido pelos mapas geomorfológicos acoplado com um arsenal de parâmetros morfométricos deve ser considerado apenas como um tema básico para elaboração de mapas de suscetibilidade. É primordial sua análise combinada com o estudo do substrato rochoso; os mantos de intemperismo e as formações superficiais; e os solos, do ponto de vista pedológico, incluindo suas características morfológicas,

Geomorphology is one of the most useful areas of Geosciences to support the elaboration of susceptibility maps of mass movements and floods. Your use could be associated on a descriptive and morphological analysis, based on identification of relief patterns by photointerpretation and remote sensing. The whole information available by geomorphological maps linked with the toolset provided by morphometric parameters and analysis must be considered only a basic layer to build susceptibility maps. So, the combined analysis and studies of bedrock, relief, weathering profiles and soils (including physical, chemical, morphological and mineralogical properties) have great importance for susceptibility maps elaboration. Based on these concepts, was produced the relief pattern map of

físicas, químicas e mineralógicas. Com base nesse conjunto de premissas, foi elaborado o mapa de padrões de relevo do município de Mimoso do Sul, situado no baixo-médio vale do rio Itabapoana, no estado do Espírito Santo. Esta região abrange desde as planícies inundáveis, exibindo solos profundos, mal drenados, apresentando diferentes graus de hidromorfismo como os Gleissolos associados aos Neossolos Flúvicos e os terrenos tabulares a colinosos de declividades suaves, espessos mantos de alteração e solos bastante estruturados, muito profundos e bem drenados (Latosolos) a áreas serranas com encostas íngremes, paredões rochosos e um amplo domínio de solos rasos e pouco evoluídos, normalmente pedregosos ou rochosos (Cambissolos e Neossolos Litólicos). Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o mapeamento de padrões de relevo e a análise integrada do meio físico, constituem-se num valioso instrumento para subsidiar os estudos de avaliação e determinação de graus de suscetibilidade a movimentos de massa e inundação.

Palavras-chave: Geomorfologia; Movimentos de Massa; Vale do rio Itabapoana; Espírito Santo.

1 INTRODUÇÃO

O estudo da distribuição das formas de relevo e os processos geomorfológicos associados em determinada região representa uma valiosa ferramenta para subsidiar a elaboração de projetos correlatos à Geologia de Engenharia em distintas escalas de análise.

Uma das considerações mais relevantes que devem ser destacadas a partir da análise da literatura é o encadeamento espacial entre os distintos processos em análise (deslizamentos – corridas de detritos – enxurradas – inundações). Os processos geomorfológicos dominantes em zonas serranas e, secundariamente, no domínio de marres-de-morros, são os movimentos de massa que promovem uma expressiva remoção de blocos de rochas e massa de solo (incluindo biomassa) das altas vertentes e deposição desse material erodido nas baixas vertentes, sopés das escarpas ou patamares litoestruturais em forma de depósitos de encosta em ambiente de alta energia (colúvios e depósitos de tálus). Associados aos movimentos de massa ocorrem processos de enxurradas sobre os canais principais que drenam das “terras altas” para as “terras baixas”. Por fim, no domínio das baixadas, observa-se uma

Mimoso do Sul municipality along the middle-lower Itabapoana river valley, in Espírito Santo state. This region covers since large floodplains with deep soils presenting different degrees of hydromorfism, such as the gleys associated with the alluvial soils and tablelands and hilly terrains with gentle slopes and very thick and well-drained and structured weathering profiles and soils, until mountainous areas with steep slopes, rock walls and the dominance of shallow and stoned weathering profiles and young soils. These results obtained show that relief pattern mapping and the combined analysis of geoenvironmental variables represent a valuable tool to aid and support studies of assessment and determination of degrees to susceptibility maps of mass movements and floods.

Keywords: Geomorphology; Landslides; Itabapoana river valley; Espírito Santo State.

expressiva redução de energia e concomitante espraçamento das águas que desceram vertiginosamente das serras para promover inundações nos baixos cursos fluviais.

Segundo Mousinho & Xavier da Silva (1968), em seu pioneiro e visionário artigo, a análise integrada do meio físico e biótico, associada com a avaliação da evolução da ocupação humana sobre determinada região, constitui uma das principais contribuições da Geomorfologia para determinação de áreas de maior suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa.

Decerto, a evolução do conhecimento e das metodologias de análise em cartografia geotécnica desenvolvida por distintas escolas de Geologia de Engenharia vêm utilizando a geomorfologia como um relevante instrumento de análise. Neste cenário, destaca-se o desenvolvimento de metodologias de mapeamento geotécnico, tanto na Europa Oriental (Matula, 1979, dentre outros), quanto na Austrália, através do programa PUCE (Grant & Finlayson, 1978 e Finlayson, 1984). Este conjunto de metodologias desenvolvido nas últimas décadas, via de regra, utilizam uma compartimentação do meio físico baseada numa classificação hierárquica de padrões de relevo, a partir

dos quais são inseridas variáveis como litologias, estruturas, coberturas inconsolidadas e o comportamento das águas superficiais e subterrâneas para elaboração das cartas geotécnicas.

No Brasil foram desenvolvidas, a partir dos anos 80 e 90, metodologias similares às descritas anteriormente. A partir da caracterização fisiográfica de uma determinada área de estudo, procede-se a uma compartimentação do território em unidades de terreno para avaliação do comportamento geológico-geotécnico dos materiais e sua variabilidade espacial. Um grande número de trabalhos foi desenvolvido abordando tais diretrizes metodológicas. Destacam-se, neste contexto: Lollo & Zuquette, 1996; Ferreira, 1999; Sobreira, 2001; Vedovello et al., 2002; Paula et al., 2008, Silva & Dantas, 2011; Diniz, 2012; Santos, 2014; dentre outros.

Por outro lado, o estudo da evolução das vertentes em zonas montanhosas em áreas tropicais úmidas no Sudeste Brasileiro também tem sido objeto de análise de um grande número de pesquisadores que se utilizam de uma abordagem geomorfológica clássica, buscando compreender os processos que catalisam os movimentos de massa (Mousinho & Xavier da Silva, 1968; Jones, 1973; De Ploey & Cruz, 1979; Fernandes & Amaral, 1996; Guimarães et al., 1998; Vieira et al., 1998; Coelho Netto, 1999; Fernandes et al., 2001; Vieira & Fernandes, 2004; Avelar et al., 2011; Coelho Netto et al., 2011, dentre outros).

O presente estudo pretende apresentar uma metodologia de análise integrada do meio físico em base geomorfológica e pedológica, aliado com a análise das coberturas inconsolidadas, com o intuito de subsidiar a elaboração de cartas geotécnicas, com enfoque especial para geração de mapas de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações.

Cabe ressaltar ainda que os movimentos de massa não ocorrem uniformemente ao longo do espaço e do tempo (Wolman & Miller, 1960). Estes são desencadeados, episodicamente, em eventos pluviais de grande magnitude (chuvas intensas), em meio a um período úmido, com alta umidade antecedente, conforme já ressaltado por Coelho Netto et al. (2011). Deste modo, pode-se afirmar que estes “eventos críticos” de curta duração e rara recorrência tendem a ser mais importantes

na evolução geomorfológica das serras e escarpas íngremes recobertas por mata atlântica do que o intervalo de longos períodos de moderada precipitação. Advoga-se aqui, portanto, uma tese Neocatastrofista para a evolução geomorfológica das zonas montanhosas tropicais úmidas no Sul e Sudeste Brasileiro.

Entretanto, sabemos que a ocorrência de “chuvas intensas” por si só, não é um parâmetro suficiente para mapearmos as áreas mais suscetíveis, pois há muitos casos em que houve eventos críticos sem a ocorrência de deslizamentos. O estudo dos condicionantes do meio físico e a análise do padrão de uso e ocupação do solo (com destaque para a expansão urbana desordenada na periferia das cidades) são, em aliança com a análise das chuvas de grande magnitude, cruciais para a elucidação dos processos que catalisam os trágicos eventos que, periodicamente, assolam as cidades serranas na fachada atlântica brasileira.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de fornecer subsídios à elaboração de mapas de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações, foi elencada uma série de premissas e opções metodológicas, que serão descritas a seguir:

1) A compartimentação morfológica dos terrenos e a elaboração de mapas de padrões de relevo por meio de fotoanálise de sensores remotos e conforme biblioteca pré-estabelecida.

2) O estudo da Geodiversidade e a análise integrada do meio físico, com enfoque especial na interrelação Geologia – Regolitos (solos *in situ* e depósitos de encosta/ aluviais) - Relevo - Solos - Clima e Hidrologia de Encostas para determinação de unidades de terreno, numa aproximação com a metodologia desenvolvida por Lollo & Zuquette, 1996.

3) Análise dos condicionantes litoestruturais e a influência ativa ou passiva do substrato geológico na configuração dos terrenos e dos solos

4) Análise morfoestratigráfica e a associação entre formas de relevo, processos geomorfológicos e depósitos correlativos (figura 1).

Para definição e mapeamento de padrões de relevo, adotou-se os 3º e 4º táxons da metodologia de Ross (1992), com base em interpretação de

mosaico de ortofotos digitais acopladas com modelo digital de terreno em escala 1:25.000. Em adendo, foram identificados dois primeiros táxons, individualizando as unidades morfoestruturais e morfoesculturais em cada município.

Com base nesse conjunto de premissas e seguindo metodologia proposta por Dantas (2013), foi elaborado o mapa de padrões de relevo do município de Mimoso do Sul, situado no extremo sul do Estado do Espírito Santo, no baixo-médio vale do rio Itabapoana (figura 2).

Juntamente com o mapeamento dos padrões de relevo, foram avaliados, para cada padrão, as litologias, os solos e as coberturas inconsolidadas e os seguintes parâmetros morfométricos: amplitude altimétrica; gradiente; geometria de topos e vertentes; padrão e densidade de drenagem. Essa abordagem proposta por Ponçano et al. (1979), consiste na separação, por fotoanálise, de conjuntos de formas de relevo com textura e padrão semelhantes, ou zonas homólogas.

A análise da suscetibilidade natural a movimentos de massa e inundações, por fim, segue as diretrizes formuladas por Bitar (2014) no programa de elaboração de cartas municipais de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações em convênio entre CPRM e IPT.

Santo/ Geobases em associação com o MDE com 5 x 5m de pixel. Com o intuito de melhorar a visualização dos terrenos, procurou-se realçar as áreas de baixada, bem como as áreas de topo das elevações. Através das ferramentas do GlobalMapper 7.0 aplicou-se uma sobreposição do MDE, pseudo iluminado (*slope shader*), com as ortofotos gerando maiores contrastes nessas duas posições do relevo, resultando em maior facilidade na separação dessas unidades (figura 3). As unidades foram digitalizadas em tela, utilizando-se o software ArcGis 10.2 no formato vetorial em linha, sendo posteriormente convertido para o formato de polígono. Uma das vantagens da digitalização em tela foi a utilização do zoom para melhorar a precisão da demarcação das unidades em escala maiores que a de publicação. Além disso, utilizou-se também a ferramenta *smooth* para aumentar o número de pontos por linha e, conseqüentemente, melhorar o contorno das unidades. O módulo 3D do Globalmapper foi consultado simultaneamente em uma tela paralela para facilitar as interpretações das feições. Posteriormente, cada polígono foi classificado através da tabela de atributos com as referidas descrições de cada unidade mapeada (Shinzato et al., 2012).

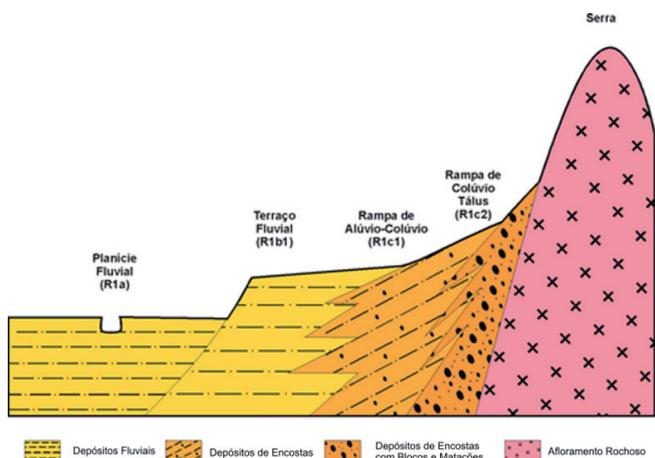


Figura 1 - Distribuição esquemática dos distintos ambientes deposicionais quaternários numa catena.

Diversas técnicas de sensoriamento remoto foram empregadas para uma melhor interpretação e delimitação dos padrões de relevo. Foram utilizadas ortofotos digitais em escala 1:25.000, produzidas pelo Instituto Capixaba de Pesquisa e Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado do Espírito



Figura 2 - Localização do município de Mimoso do Sul no Estado do Espírito Santo.

Os produtos gerados a partir do tratamento digital das imagens e do MDE foram: declividade; hidrografia; curvas de nível com equidistância de 5 metros (figura 04); relevo sombreado com duas direções de visada – NE e NW (figura 05); e hipsometria (figura 06).

Foram realizadas campanhas de campo com registro de pontos de interesse utilizando aparelhos de GPS de navegação (Global Positioning System) GARMIN GPSmap62S com posterior inclusão dos pontos no mapa, já com o banco de dados completados.

A partir das informações obtidas através da etapa de aferição de modelos em campo, a interpretação preliminar das ortofotos digitais com MDT foi refinada através da correção dos modelos de padrões de relevo propostos, quando estes não conferiam com as observações de campo. Todo mapeamento geomorfológico foi executado em forma de SIG com o uso do Programa ArcGis 10.2. A projeção cartográfica utilizada foi Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 24 sul com parâmetros de datum adotado referente ao Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000).

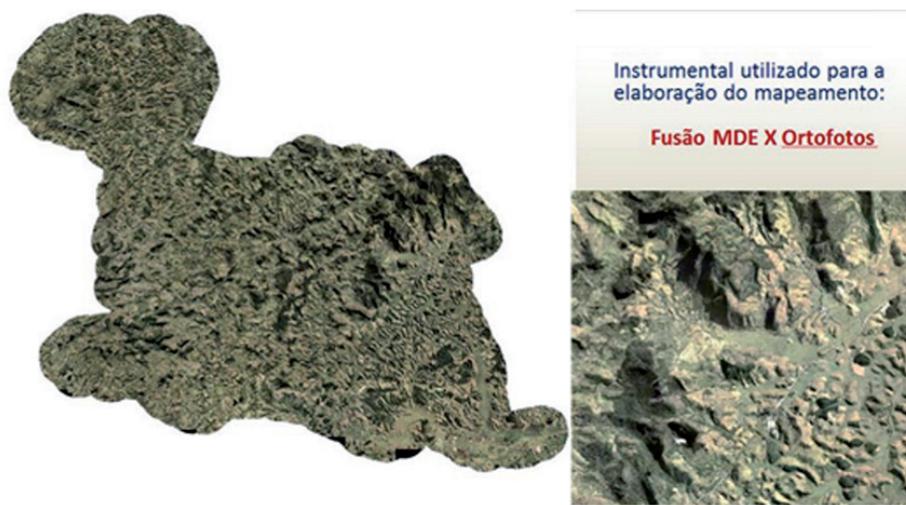


Figura 3 - Arquivo raster resultante da fusão entre as ortofotos digital e o MDE do município de Mimoso do Sul, com limite acrescido de 2 km de buffer. Destaca-se a acurácia da imagem em distintas escalas de apresentação.



Figura 4 - Arquivo vetorial de curvas de nível com equidistância de 5 metros. No plano acima, associado com o raster da imagem. No plano abaixo, associado com a interpretação de padrões de relevo.

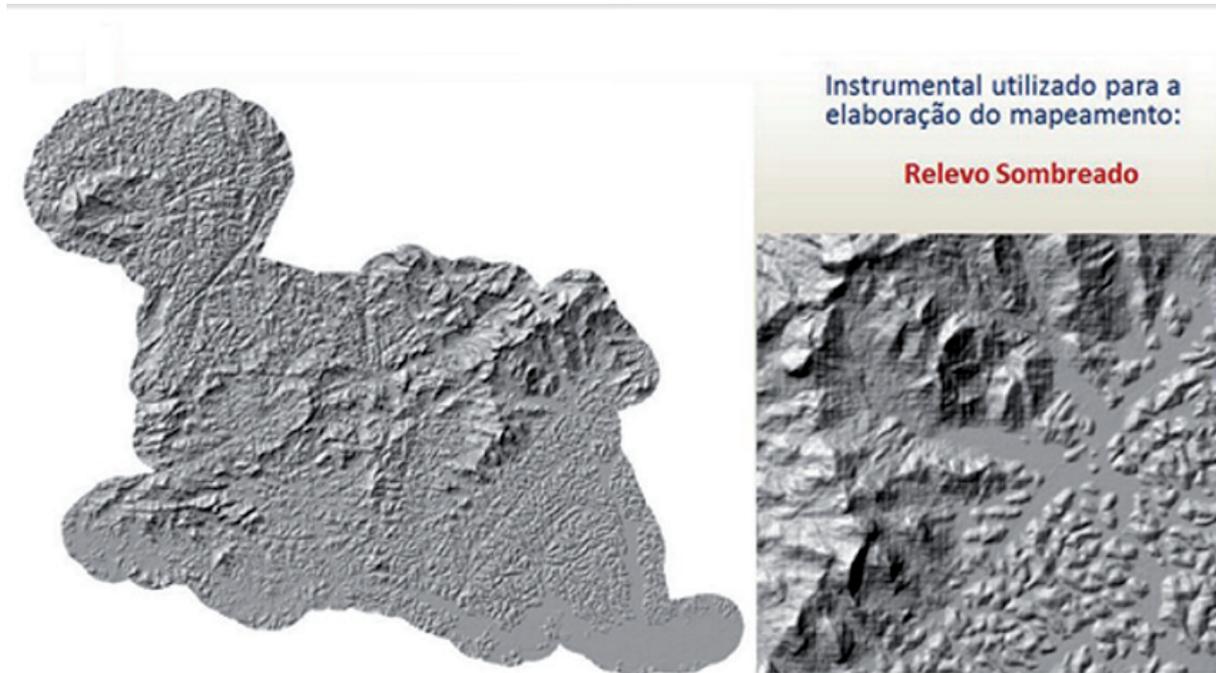


Figura 5 - Arquivo raster de relevô sombreado com visada NW do município de Mimoso do Sul, com limite acrescido de 2 km de buffer. Destaca-se o nítido e contrastante contato morfológico entre o relevô serrano das “terras altas” e o relevô colinoso com extenso aluvionamento das “terras baixas”.

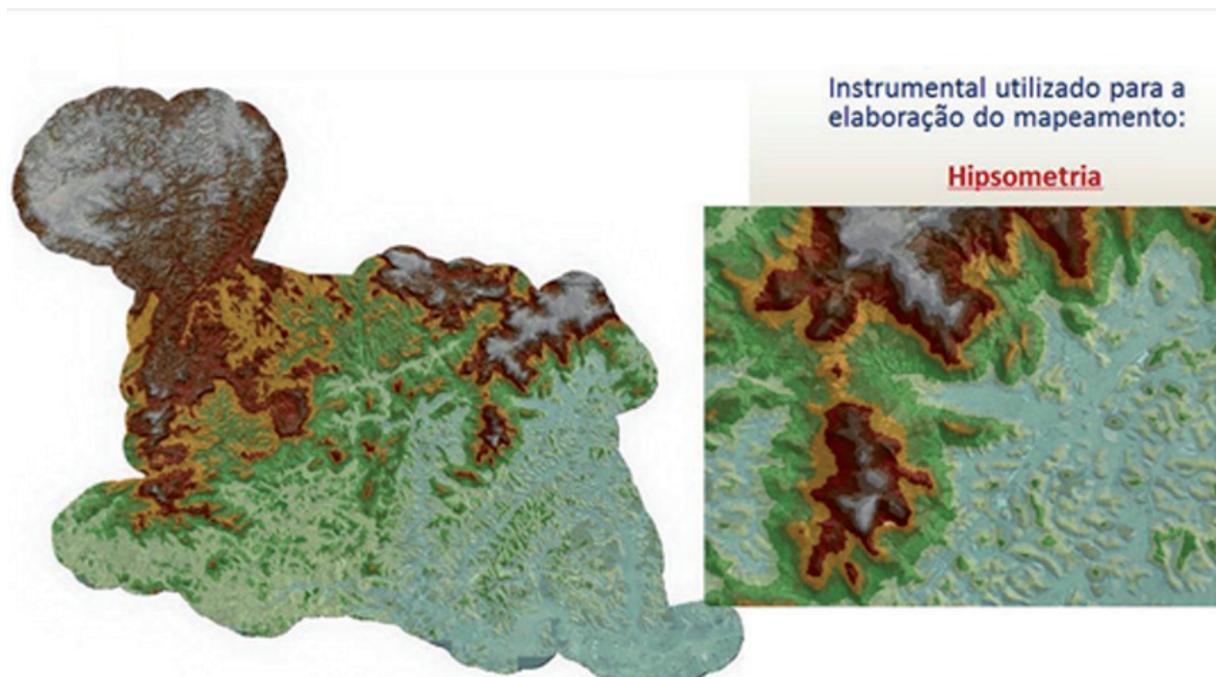


Figura 6 - Arquivo raster de hipsometria resultante da reclassificação do MDE do município de Mimoso do Sul. Ressalta-se, nas “terras baixas”, predomínio de cores esverdeadas em cotas inferiores a 300 metros, enquanto que as “terras altas” apresentam cores que variam entre amarelo, marrom e cinza em cotas que atingem mais de 1.200 metros de altitude.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Mimoso do Sul situa-se no extremo sul do Estado do Espírito Santo, inserido no médio-baixo do rio Itabapoana, junto à divisa com o Estado do Rio de Janeiro. Este município apresenta um diversificado conjunto de padrões geomorfológicos que podem ser sumariamente separados em dois domínios: os compartimentos das “terras baixas” e das “terras altas”. As terras baixas, típicas dos ambientes litorâneos ou preli-torâneos capixabas, são representadas por extensas várzeas, tabuleiros, colinas e morros de baixa amplitude de relevo, embutidas numa região geomorfológica denominada de Depressão do rio Itabapoana. Por outro lado, as terras altas, típicas do acidentado interior capixaba, são representadas

por morros altos e serras de alta amplitude de relevo, frequentemente recobertas por depósitos de encosta. Estes terrenos inserem-se, genericamente, no contexto dos contrafortes da Mantiqueira/Caparaó (figura 7). O contraste morfológico entre esses dois macro-compartimentos geomorfológicos é marcante (figura 8) e determinam distintos comportamentos frente aos processos erosivo-deposicionais (erosão, movimentos de massa, enxurradas e inundações).

Tal compartimentação geomorfológica conjugada com o mapeamento dos padrões de relevo produziu oito classes distintas e revelou-se uma valiosa ferramenta de análise para elaboração de mapeamentos de suscetibilidade a movimentos de massa e inundação.

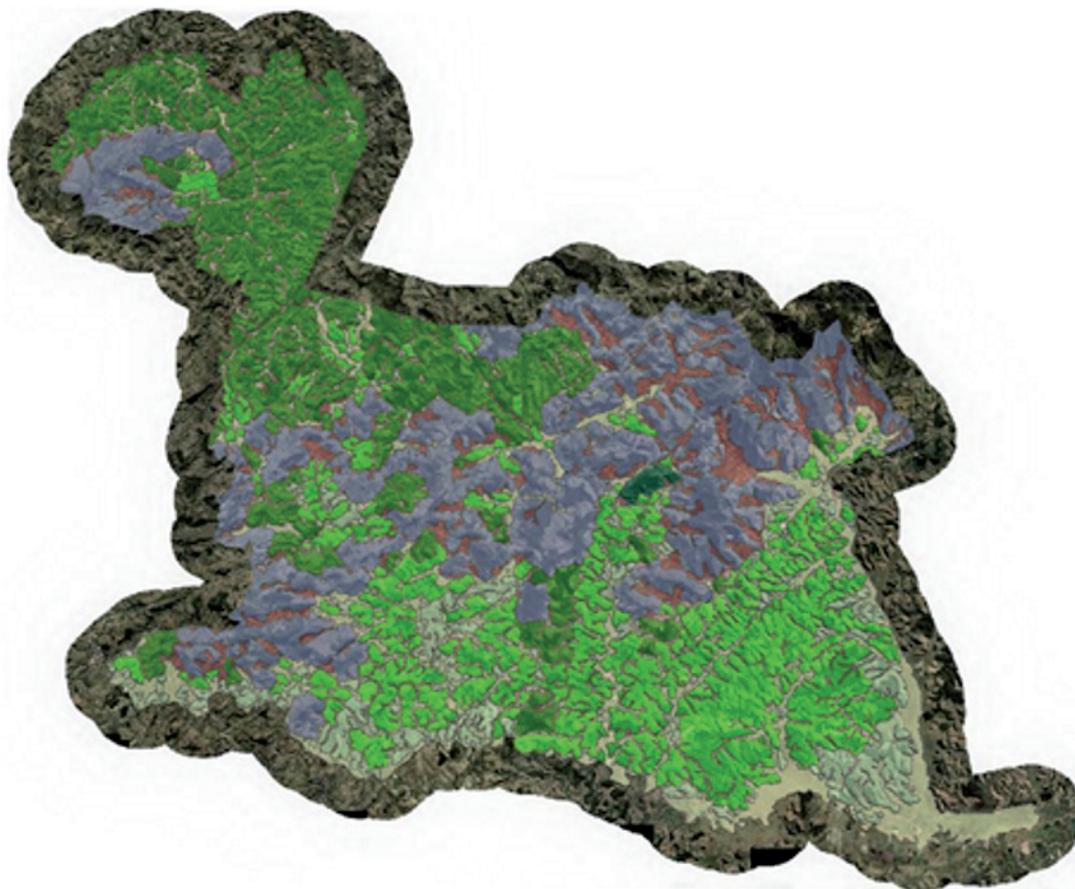


Figura 7 - Mapa de padrões de relevo do município de Mimoso do Sul elaborado a partir da Fusão Ortofotos X MDE. As “terras baixas” situam-se na porção sudeste do município com predomínio de planícies (em cor amarela) e colinas e morros baixos (em cores verde-clara e verde). As “terras altas”, por sua vez, situam-se na porção centro-noroeste do município, com predomínio de morros altos (em cor verde-escuro) e serras (em cor azul). Destaca-se a ocorrência de rampas de colúvio/tálus (em cor vermelha) sobre os terrenos acidentados do relevo serrano.

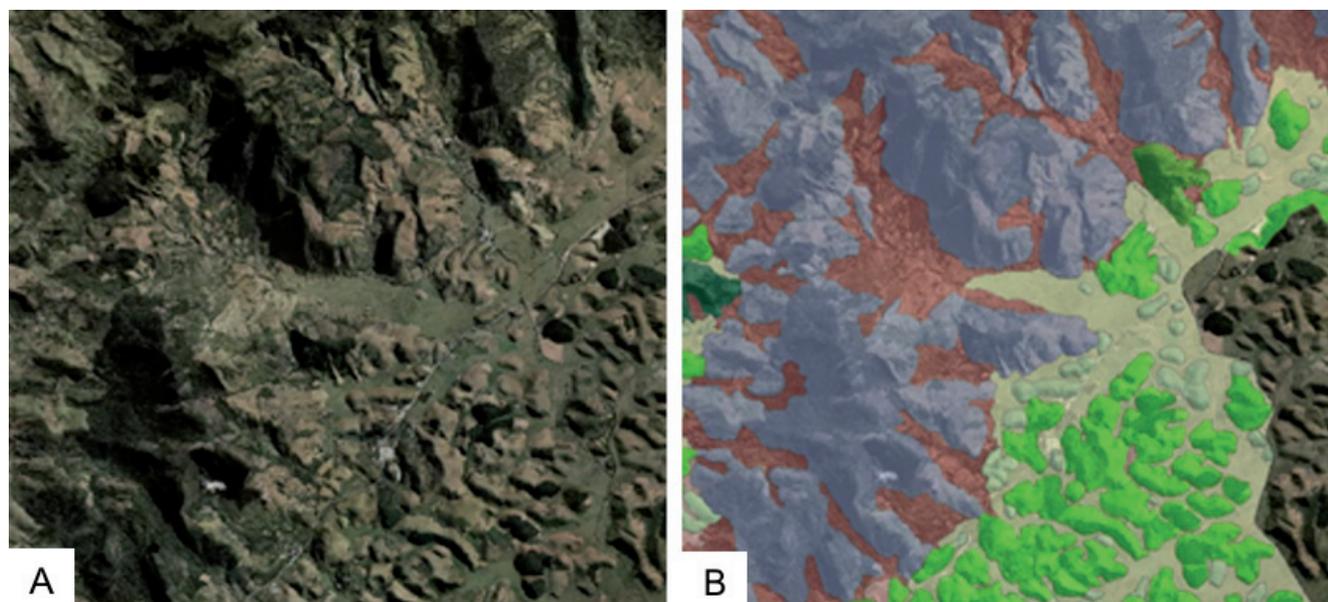


Figura 8 - Detalhe de zona limítrofe entre as “terras altas” e as “terras baixas” em Mimoso do Sul. fusão Ortofotos X MDE (a). Mapa de Padrões de relevo (b). No mapa observa-se, a noroeste, o relevo acidentado da zona serrana (em azul) repleta de depósitos de encosta (em vermelho); a sudeste, observa-se o relevo ondulado das colinas e morros baixos (em cores verde-claro e verde) entremeadas com as espriadas planícies aluvionares (em amarelo).

A seguir, será realizada uma descrição sistemática de todas as oito unidades de terreno identificadas no município: Planície fluvial do médio-baixo vale do rio Itabapoana; Planície fluviomarina do baixo vale do rio Itabapoana; Tabuleiros prelitorâneos do baixo vale do rio Itabapoana; Colinas amplas da Depressão do rio Itabapoana; Colinas dissecadas e morros baixos da Depressão do rio Itabapoana; Morrotes em zonas de cisalhamento; Morros altos dos contrafortes Mantiqueira/ Caparaó; e Serras dos contrafortes Mantiqueira/ Caparaó.

Todas as unidades de terreno foram delimitadas com ênfase numa compartimentação geomorfológica, acrescida de parâmetros morfométricos e informações de cunho pedológico e de coberturas inconsolidadas e uma correspondente avaliação qualitativa da suscetibilidade natural a movimentos de massa e inundações.

A primeira unidade de terreno relevante corresponde ao compartimento geomorfológico da **planície fluvial do médio-baixo vale do rio Itabapoana** (em cor amarela - vide figura 7). Esta unidade estende-se pelas extensas várzeas do rio Itabapoana e de seus principais afluentes: os rios Preto e Muqui do Sul e os córregos Santa Rosa, da Penha, São Pedro e do Sossego, embutidas em cotas muito baixas, entre 5 e 70 metros de altitude.

O cenário geomorfológico dominante é representado por vastas planícies de inundação e baixos terraços fluviais de relevo plano, constituídos por sedimentos holocênicos ou neopleistocênicos inconsolidados de origem aluvionar (figura 9). A rede de drenagem principal apresenta um padrão de drenagem original meândrico de alta sinuosidade estando, por diversos trechos, retificado.

Ocorrem solos profundos e muito profundos (>1.5m), normalmente contendo camadas estratificadas, com distribuição irregular da granulometria, tanto mais pronunciada quanto menos espessa for a camada de sedimentação e também de carbono, compreendendo os Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos, (EMBRAPA, 2013). O nível freático situa-se, normalmente, próximo à superfície, ou é aflorante, no período úmido, tornando essas áreas desfavoráveis à escavação ou obras subterrâneas, havendo uma necessidade de rebaiamento do nível freático para execução de obras construtivas. Podem ocorrer também camadas de sedimentos de baixa capacidade de suporte e muito compressíveis (solos moles), que quando submetidas a cargas elevadas podem comprometer a estabilidade das edificações.

Nestes tipos de terrenos prevalece a uma avaliação de uma suscetibilidade à inundação Alta (nas planícies) a Média (nos baixos terraços fluviais).

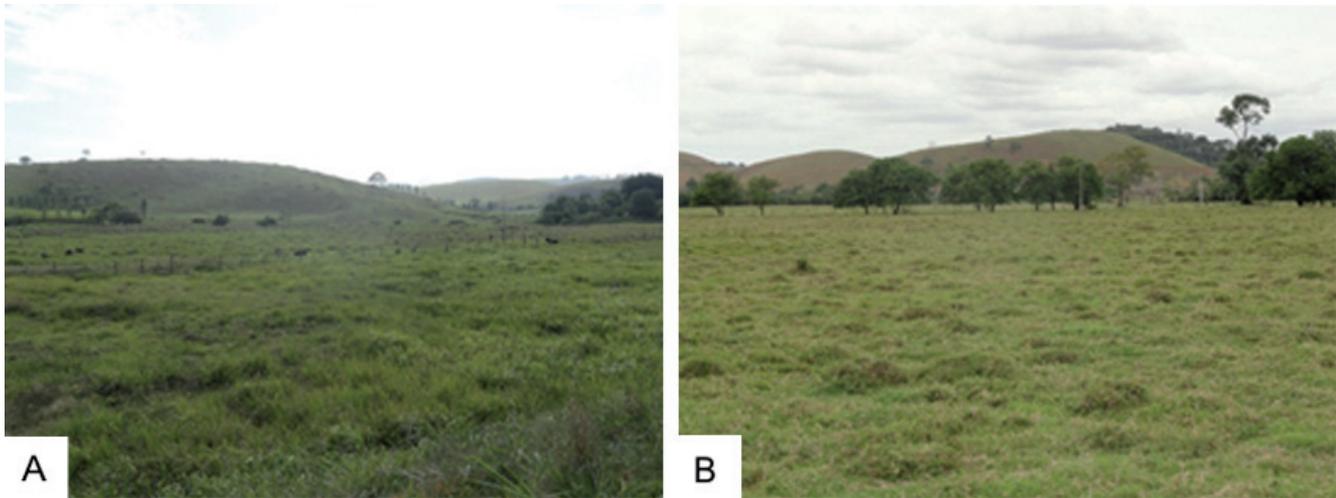


Figura 9 - Amplas planícies aluviais do rio Itabapoana e córrego Santa Rosa Rosa, respectivamente em meio a um domínio colinoso de baixa amplitude de relevo. Mimoso do Sul/ES.

No baixo vale do rio Itabapoana, mais próximo à linha de costa, destacam-se duas unidades de terrenos de grande relevância para compreensão da Zona Litorânea: a Planície fluvio-marinha do baixo vale do rio Itabapoana e os Tabuleiros prelitorâneos do baixo vale do rio Itabapoana. A ocorrência destas unidades de terrenos é pouco expressiva em Mimoso do Sul, mas são representativas em municípios situados imediatamente a leste: Presidente Kennedy (ES) e São Francisco do Itabapoana (RJ).

A **planície fluvio-marinha do baixo vale do rio Itabapoana** ocupa uma vasta zona de várzeas do rio Itabapoana, podendo atingir mais de 5 quilômetros de largura e embutidas em cotas muito baixas, entre 1 e 5 metros de altitude, denunciando, assim, a interface entre os ambientes deposicionais fluviais e marinhos. O cenário geomorfológico dominante é representado por baixadas inundáveis de relevo plano, constituídos por sedimentos holocênicos inconsolidados de origem mista (figura 10). A rede de drenagem principal apresenta um padrão de drenagem meândrico de alta sinuosidade a divagante, condicionado, até certo ponto, pelo refluxo de maré. Ocorre solos com características de alta salinidade, detectada pela elevada condutividade elétrica e solos com elevado conteúdo de materiais sulfídricos -

Gleissolos Sálícos que, quando drenados ou oxidados, podem gerar materiais sulfúricos, muito ácidos, com pH inferior a 3,5 - Gleissolos Tiomórficos. (EMBRAPA, 2013). Por outro lado, podem apresentar reação alcalina pelo excesso de sódio (Na^+) trocável, que causa a expansão e a dispersão das argilas, deteriorando as estruturas do solo, que devido à permeabilidade e condutividade muito lenta geram cores de redução, acinzentadas e escuras no perfil - Planossolos Nátricos. Neste caso, observam-se duas importantes limitações de cunho geotécnico: a presenças de solos com baixa capacidade de carga e com alta corrosividade.

Nestes tipos de terrenos prevalece a avaliação de uma suscetibilidade à inundação Alta. Entretanto, há de se ressaltar que os eventos de inundação nas planícies fluvio-marinhas são mais expressivos e prolongados em relação às planícies aluviais situadas a montante.

As duas unidades de terreno anteriormente descritas correspondem a compartimentos geomorfológicos com predomínio de ambientes deposicionais com suscetibilidade à inundação. As próximas unidades de terreno correspondem a compartimentos geomorfológicos característicos de unidades denudacionais, nas quais são avaliadas a suscetibilidade a movimentos de massa.

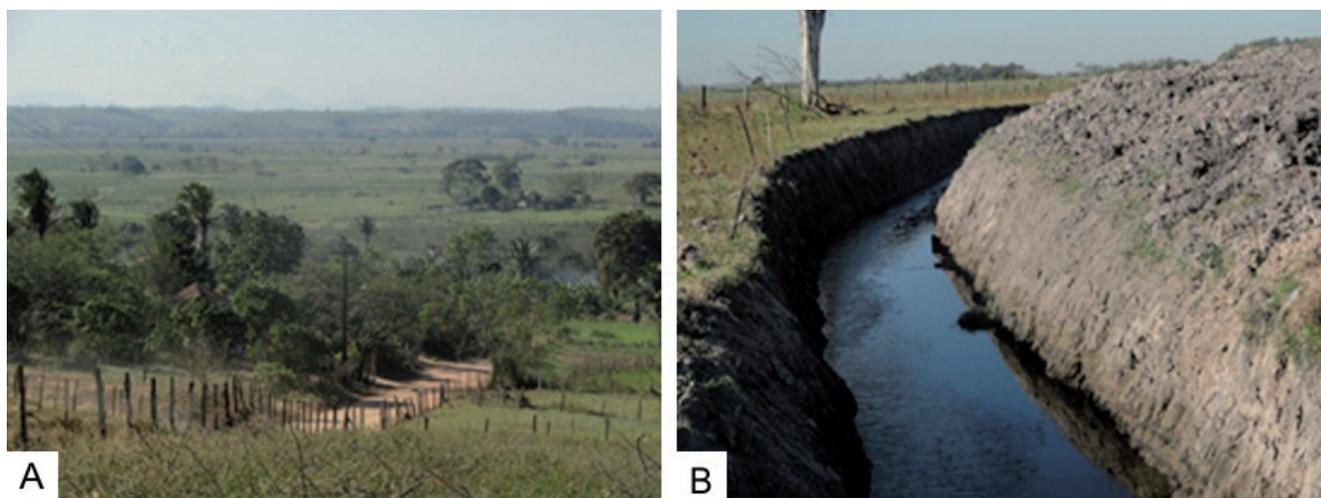


Figura 10 - Extensa baixada fluviomarinha do baixo curso do rio Itabapoana (a), com ocorrência de solos hidromórficos, ricos em sais e enxofre (Gleissolos Tiomórficos) (b). Divisa entre os Estados do Rio de Janeiro (São Francisco do Itabapoana/RJ) e do Espírito Santo (Presidente Kennedy/ES).

Os **tabuleiros prelitorâneos do baixo vale do rio Itabapoana** apresentam um cenário geomorfológico constituído por vastas superfícies tabulares de relevo praticamente plano, sulcadas por uma rede de baixa densidade de drenagem originando episódicos vales em “U”, situadas em cotas baixas, entre 20 e 60 metros de altitude (figura 11). Tais feições são esculpidas em rochas sedimentares pouco litificadas de idade Neógena do Grupo Barreiras, com desenvolvimento de espessos regolitos e solos muito bem drenados, apresentando nível freático muito profundo. Registra-se

um amplo predomínio de solos profundos e lixiviados (Latosolos Amarelos) de textura argilosa, com estrutura granular e forte estabilidade frente a processos erosivos. Tais terrenos apresentam um ótimo comportamento geotécnico com ocorrência de solos com alta capacidade de carga e excelente escavabilidade.

Sobre os tabuleiros prevalece a uma avaliação de uma suscetibilidade a movimentos de massa Baixa. Estes terrenos destacam-se por sua estabilidade morfodinâmica e excelente potencial para múltiplas formas de uso e ocupação.

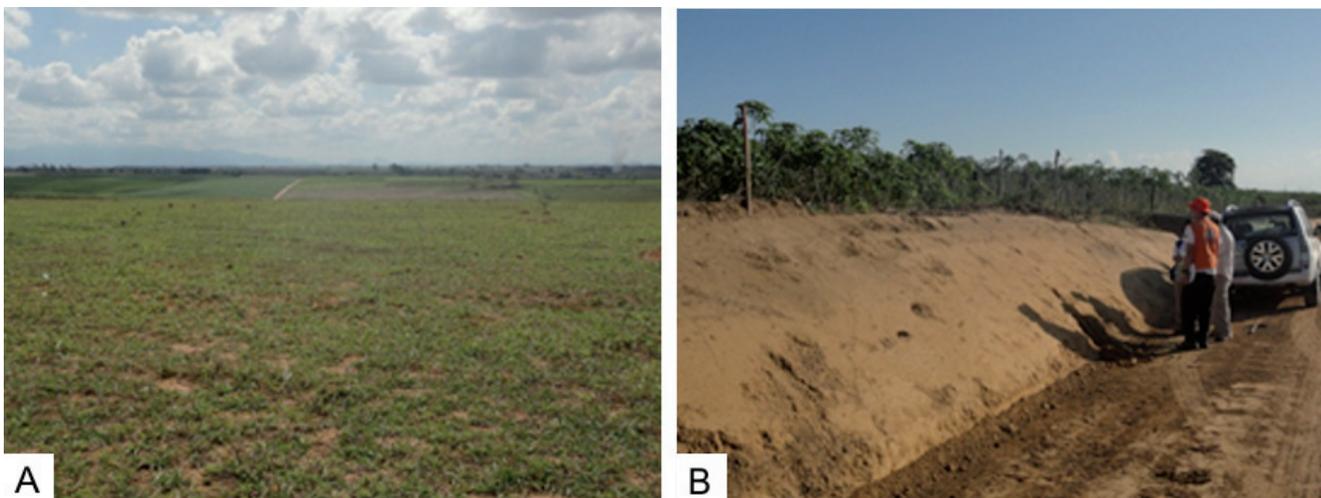


Figura 11 - Extensas superfícies tabulares dos topos de tabuleiros (a), embasados por rochas sedimentares do Grupo Barreiras (b). Desenvolvimento de solos espessos e bem drenados (Latosolos Amarelos). Município de São Francisco do Itabapoana/RJ.

As **colinas amplas da Depressão do rio Itabapoana** (em cor verde-clara – vide figura 7) apresentam um cenário geomorfológico constituído por um relevo colinoso de declividades suaves e baixas amplitudes de relevo, em geral, inferiores a 50 metros de desnivelamento. Os topos apresentam formato alongado ou arredondado com padrão similar a “dorso de baleia” com vertentes convexas de baixas declividades, invariavelmente, inferiores a 10° . Esta unidade de terreno reflete, de forma mais contundente, a atuação do intenso processo de intemperismo químico sobre substrato rochoso, gerando espessos regolitos e solos bem drenados, com nível freático profundo. Deste modo, o relevo suave colinoso está situado em cotas baixas, restrito à porção sudeste do município ou próximo à calha dos rios Itabapoana e Preto e o baixo curso do rio Muqui do Sul, em cotas que variam entre 50 e 130 metros de altitude (figura 12).

Esta unidade encontra-se sustentada por rochas metassedimentares de idade Neoproterozoica da Faixa Ribeira. Predominam os paragneisses bandados do Grupo São Fidélis (Vieira et al., 2014). Dominam solos derivados de solos residuais, com pouca ou quase nenhuma variação textural, muito desenvolvidos, muito profundos,

permeáveis, bastante friáveis e com baixa fertilidade natural, localizados nas áreas mais planas de topo - Latossolos Vermelho-Amarelos. São muito resistentes à erosão, bem estruturados, de textura argilo-arenosa com alta capacidade de carga e boa escavabilidade. Subordinadamente ocorrem nas vertentes - Argissolos Vermelho-Amarelos que são solos profundos e com boa estruturação, normalmente, em blocos angulares e subangulares. São bem drenados, com incremento de argila em subsuperfície, caracterizando um gradiente textural, que interfere diretamente no fluxo diferencial de água no solo, favorecendo ao desenvolvimento dos processos erosivos, intensificado à medida que se eleva a declividade desses solos. Entretanto, por serem bem drenados e com boa estruturação, da mesma forma que os Latossolos, possuem bom comportamento geotécnico.

Sobre as colinas prevalece a uma avaliação de uma suscetibilidade a movimentos de massa predominantemente Baixa. Excetuando-se as porções das vertentes, um pouco mais declivosas, estes terrenos também se destacam por sua estabilidade morfodinâmica e apresentam bom potencial para múltiplas formas de uso e ocupação.



Figura 12 - Domínio colinoso de baixa amplitude de relevo, suaves vertentes (a) e topos levemente arredondados (b). Vale do rio Preto, Mimoso do Sul/ES.

As **colinas dissecadas e morros baixos da Depressão do rio Itabapoana** (em cor verde – vide figura 7), por sua vez, apresentam um cenário geomorfológico constituído por um relevo um pouco mais movimentado do que o descrito para a unidade de

terreno anterior. Destaca-se um padrão de colinas e morros dissecados de declividades moderadas (entre 5° e 20°) e baixas a médias amplitudes de relevo (entre 50 e 120 metros), apresentando vertentes convexo-côncavas e topos arredondados (figura 13).

Esta unidade de terreno abrange grande parte das “terras baixas” de Mimoso do Sul, notadamente, as porções sul e sudeste do município. Devido à ocorrência de vertentes com declividades mais acentuadas e uma maior atuação de processos erosivo-deposicionais, observam-se regolitos com espessuras variáveis e não apenas espessos. A rede de drenagem apresenta uma média densidade, o que denota uma maior dissecação do relevo, em comparação com o relevo suave colinoso.

Este relevo ondulado está situado ainda em cotas baixas, que variam entre 80 e 200 metros de altitude e encontra-se sustentado por rochas metassedimentares e ortoderivadas de idade Neoproterozoica da Faixa Ribeira. Predominam os paragnaisses bandados do Grupo São Fidélis; os mármoreos do Grupo Italva e os ortognaisses da unidade Cachoeiro (Vieira et al., 2014). Neste tipo de relevo predominam solos muito profundos, com estruturas em blocos, bem drenados e com gradiente textural caracterizando os Argissolos Vermelho-Amarelos, derivados de solos residuais e colúvios. Quando estes solos têm caráter abrupto, isto é, apresentam marcante descontinuidade hidráulica entre os horizontes A e Bt (figura 13) registra-se processos de erosão laminar severa, e

erosão em sulcos expondo, muitas vezes, o saprolito, tornando toda a vertente exposta a eventos de deslizamentos planares ou translacionais rasos no contato solo/solo. Nos casos onde os solos estão em condições avançadas de erosão (figura 13) com elevada densidade de sulcos verticalizados, a suscetibilidade é muito alta, considerando que em alguns casos, antes do deslizamento ocorre justamente a fase de sulcamento na encosta.

Nesta unidade de terreno, registra-se ainda a ocorrência disseminada de rampas de alúvio-colúvio que entulham as cabeceiras de drenagem em anfiteatro e os fundos de vales de pequenos vales tributários (Bigarella & Mousinho, 1965; Moura & Silva, 1998). Esta unidade morfoestratigráfica representa um ambiente deposicional transicional entre os domínios fluvial e de encostas (figura 1) e apresenta comportamento geotécnico específico, tanto com relação aos materiais, que apresentam um incipiente selecionamento de areias fluviais, intercalados com depósitos de encosta, como também quanto a uma média suscetibilidade à inundação nas porções mais distais das rampas.

Sobre as colinas dissecadas e morros baixos prevalece a uma avaliação de uma suscetibilidade a movimentos de massa predominantemente Média.

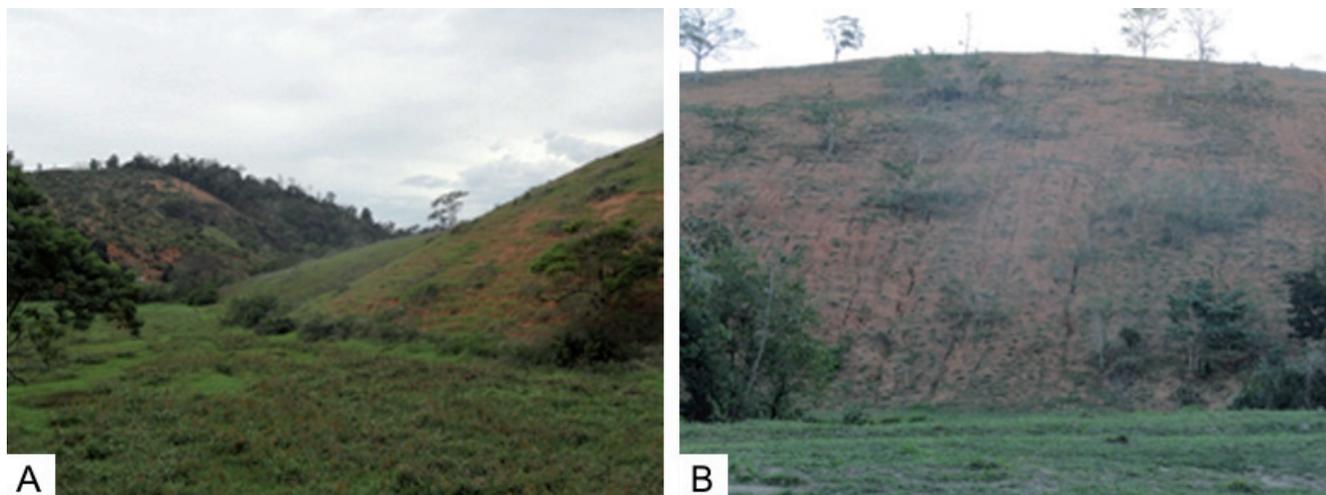


Figura 13 - Relevo ondulado de colinas e morros baixos (a) sujeito à instalação de processos erosivos devido a condicionantes dos solos e dos regolitos (b). Vale do córrego Santa Rosa, Mimoso do Sul/ES.

Os **morrotes em zonas de cisalhamento** apresentam uma ocorrência muito restrita em Mimoso do Sul devido à raridade de importantes estruturas tectônicas regionais de idade Brasileira (falhas de empurrão e zona de cisalhamento) estando, portanto, dispersos em feições isoladas

em meio ao domínio de **colinas dissecadas e morros baixos**. Entretanto, a despeito do fato de não ser possível mapear o relevo de morrotes como uma zona expressiva no município, esta unidade merece ser destacada devido ao diferenciado compartimento geotécnico verificado neste tipo de

relevo. Os morrotes consistem, em muitos casos, de feições do relevo fortemente influenciadas por condicionantes litoestruturais do substrato rochoso e exibem, via de regra uma maior suscetibilidade a processos de erosão e movimentos de massa (Dantas et al., 2015). Os morrotes apresentam vertentes retilíneas e dissecadas com declividades moderada a alta (entre 10° e 30°) e baixas a médias amplitudes de relevo (entre 40 e 100 metros), sendo observáveis em larga escala ao longo de importantes faixas de cisalhamento (figuras 14 e 15). Os topos são, em geral, aguçados ou em cristas, o que denota uma maior efetividade de processos erosivos.

Devido à ocorrência de curtas vertentes íngremes e retilíneas, predominam regolitos com espessuras variáveis e solos jovens, pouco profundos, com incipiente desenvolvimento estrutural, relação silte/argila elevada, derivando solos residuais que compreendem a classe dos Cambissolos Háplicos. A elevada relação silte/argila, além de indicar o baixo grau de intemperismo, também se refere ao pequeno desenvolvimento estrutural encontrado nesses solos. Sendo a estrutura do solo um dos elementos mais importantes nas relações de fluxo de água do solo, essa deficiência torna-os mais suscetíveis tanto aos processos de erosão quanto aos de movimentos de massa.

Sobre o relevo de morrotes prevalece a uma avaliação de uma suscetibilidade a movimentos de massa predominantemente Alta, o que demonstra que nem sempre formas de baixa amplitude de relevo representam terrenos estáveis.



Figura 14 - Relevo dissecado de morrotes alinhados em cristas com vertentes retilíneas e declivosas junto à represa de ribeirão da Lages, no sopé da serra das Araras. A esculturação desses terrenos está condicionada pela zona de cisalhamento Jacuecanga – Conrado (municípios de Pirai e Barra do Pirai/RJ).



Figura 15 - Manto de intemperismo de rochas miloníticas com foliação subvertical e alta suscetibilidade à erosão e a movimentos de massa, junto à zona de cisalhamento do rio Paraíba do Sul (município de Pirai/RJ).

Os morros altos dos contrafortes Mantiqueira/ Caparaó (em cor verde-escuro – vide figura 7) apresentam um cenário geomorfológico constituído por um planalto dissecado em morros amplos de declividades moderadas a altas (entre 10° e 35°) e médias a altas amplitudes de relevo (entre 80 e 250 metros), apresentando vertentes convexo-côncavas a retilíneas e topos arredondados a aguçados (figuras 16 e 17).



Figura 16 - Paisagem regional do relevo de morros altos, convertidos em extensas áreas de monocultura de café arábica, muito comum nas “terras altas” do Espírito Santo. Cercanias da vila de Conceição do Muqui, Mimoso do Sul/ES.

Esta unidade de terreno abrange grande parte das “terras altas” de Mimoso do Sul, notadamente, a porção noroeste do município, englobando o alto vale do rio Muqui do Sul. Devido à ocorrência de vertentes com declividades mais acentuadas e

uma maior atuação de processos erosivo-depositivos, observam-se regolitos com espessuras variáveis e não apenas espessos. A rede de drenagem apresenta uma média a alta densidade, com ocorrência de regolitos com espessuras variáveis, predominantemente capeados por coberturas coluvionares. Subordinadamente, também são registrados depósitos de tálus.



Figura 17 - Escorregamento em corte de estrada, expondo espesso regolito. Esta unidade de terreno apresenta alta suscetibilidade a deslizamentos planares ou escorregamentos rotacionais na massa de solo (entre os horizontes B e C ou em descontinuidades do saprolito). Rodovia ES-014, entre as localidades de Mimoso do Sul e Conceição do Muqui.

Este relevo fortemente ondulado está alçado ainda em cotas altas, que variam entre 600 e 900 metros de altitude e encontra-se sustentado, predominantemente, por rochas metassedimentares de idade Neoproterozoica da Faixa Ribeira. Aflorem, principalmente, os biotita gnaises do Grupo São Fidélis e os mármores do Grupo Italva (Vieira et al., 2014). Neste tipo de relevo predominam ainda solos muito profundos, bem desenvolvidos, em estágio avançado de intemperismo, consequentemente com material coloidal com baixa capacidade de troca de cátions. São permeáveis, porosos e muito friáveis, sendo pouco suscetíveis aos processos erosivos - Latossolos Vermelho-Amarelos. Estão associados aos Argissolos Vermelho-Amarelos onde ocorre um incremento de argila no horizonte subsuperficial, muitas vezes, caracterizado pela diferença textural do horizonte subsuperficial com o horizonte suprajacente. Este fato provoca um diferencial de infiltração de água no solo, que quando abrupto os torna muito suscetíveis à erosão.

Assim como os Latossolos, são os solos profundos, bem drenados, permeáveis, em geral, de coloração vermelho-amarelada ou vermelha, com textura mais grosseira em superfície e mais fina em profundidade. A argila é de atividade baixa e a suscetibilidade a erosão é moderada tendendo a alta quando o declive é acentuado.

Sobre os morros altos prevalece a uma avaliação de uma suscetibilidade a movimentos de massa predominantemente Alta. Observam-se, episodicamente, cicatrizes de deslizamentos sobre esta unidade de terreno.

As **serras dos contrafortes Mantiqueira/Caparaó** (em cor azul - vide figura 7) apresentam um cenário geomorfológico constituído por um relevo de aspecto montanhoso de vertentes muito íngremes a escarpadas (entre 20° e 45°, com ocorrência de paredões rochosos subverticais) e altas amplitudes de relevo (acima de 300 metros). Ressaltam-se na paisagem encostas retilíneas com paredões rochosos e topos em cristas, aguçados ou em pontões graníticos arredondados (figuras 18 e 19).

Esta unidade de terreno ocupa os terrenos mais acidentados e os cimos mais elevados das “terras altas” de Mimoso do Sul (figura 18), abrangendo, as porções central e noroeste do município. Os processos erosivo-depositivos e movimentos gravitacionais de grande magnitude são dominantes neste tipo de relevo apresentando, por conseguinte, uma notória instabilidade morfodinâmica. Tais terrenos são, deste modo, sulcados por uma rede de drenagem de alta densidade, denotando uma forte atuação da erosão e da incisão vertical da rede de canais. Predominam, nas altas encostas, mantos de alteração rasos e afloramentos de rocha. As baixas vertentes e zonas de piemonte, por sua vez, são entulhados por possantes depósitos de tálus que se espraiam e entulham os fundos de vales incisos e encaixados dessa região serrana (figura 19).

Este relevo montanhoso está alçado ainda em cotas muito elevadas, cujos picos atingem cotas entre 700 e 1.430 metros de altitude, sendo que alguns contrafortes montanhosos que emergem do piso das “terras baixas” atingem cotas mais modestas (entre 400 e 600 metros de altitude). Os terrenos serranos encontram-se sustentados, predominantemente, por plútons ígneos de idade Cambriana e rochas ortoderivadas e

metassedimentares de idade Neoproterozoica e da Faixa Ribeira. Afloram, principalmente, granitos pós-orogênicos; ortognaisses da unidade Cachoeiro e mármores do Grupo Italva (Vieira et al., 2014). Esta unidade reúne solos jovens, predominantemente rasos, com pequena expressão dos processos pedogenéticos e sem grandes modificações do material parental. Apresenta severas restrições ao desenvolvimento radicular face ao contato lítico ocorrer próximo de 50 cm de profundidade. Essa característica determina um volume reduzido de “ancoragem” para as plantas, facilitando o tombamento e restringindo a sua utilização apenas para plantas de sistema radicular não muito desenvolvido, sendo comum a ocorrência de pastagem compreendendo a classe dos Neossolos Litólicos. Subordinadamente, ocorrem solos pouco profundos, com desenvolvimento estrutural incipiente e drenagem moderada. É comum observar nesses solos minerais facilmente intemperizáveis e relação silte/argila elevado, além de variegado de cores devido ao pequeno grau de intemperismo. São solos muito suscetíveis aos processos erosivos, principalmente devido à baixa coesão/adeseção das estruturas do solo e também suscetíveis aos movimentos e massa, principalmente no contato solo/rocha onde ocorre uma mudança abrupta de materiais e de fluxo de infiltração de água. Observa-se também a ocorrência de pedregosidade e rochosidade, além de afloramentos de rocha.



Figura 18 - Maciço montanhoso de Muqui do Sul, esculpido em um plúton granítico de conformação ovalada com aproximadamente sete quilômetros de extensão em seu eixo maior. Noroeste do município de Mimoso do Sul/ES.



Figura 19 - Cenário típico do relevo serrano: altas vertentes muito íngremes com ocorrência de paredões rochosos; baixas vertentes com vertentes suavizadas e fundos de vales entulhados por rampas de colúvio com depósitos de tálus. Vale do córrego Santa Maria, nos arredores da sede municipal de Mimoso do Sul.

Sobre o domínio serrano prevalece a uma avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa indubitavelmente Alta. Ressalta-se uma ocorrência generalizada de distintos processos de movimentos de massa, dentre o quais, destacam-se: escorregamentos translacionais rasos no contato solo – rocha; quedas de lascas de juntas de alívio de tensão (figura 20); queda de blocos, especialmente em maciços graníticos (figura 21).



Figura 20 - Paredão rochoso com evidências de juntas de alívio de tensão, demonstrando alta suscetibilidade a queda de lascas e deslizamentos de solos rasos (Neossolos Litólicos) no contato solo-rocha. Serra Santa Rosa, Mimoso do Sul/ES.



Figura 21 - Pico dos Pontões (1.438 metros). Ponto culminante de Mimoso do Sul, situado no maciço granítico de Muqui do Sul. Ressalta-se o papel do padrão ortogonal das diáclases verticais promovendo o profundo entalhamento do maciço rochoso e posterior geração de blocos arredondados. Alta suscetibilidade à queda de blocos.



Figura 22 - Alto curso do vale do rio Paraíso, apresentando mais de 700 metros de desnivelamento, sendo entalhado por possante depósito de tálus que recobre todo o fundo de vale e as baixas vertentes. No primeiro plano, planície aluvionar. Mimoso do Sul/ES.

Sobre estes terrenos acidentados das **serras dos contrafortes Mantiqueira/ Caparaó**, um destaque especial deve ser conferido às rampas de colúvio com depósitos de tálus (em cor vermelha – vide figura 7). As rampas de colúvio com depósitos de tálus compreendem depósitos de encosta com matriz repleta de blocos de distintos tamanhos (decimétricos a decamétricos) e apresentam grandes dimensões preservadas nos fundos de vales de vales de primeira e segunda ordem e nas baixas a médias encostas das serras e maciços montanhosos (figuras 22 e 23). Esta unidade morfoestratigráfica consiste, por excelência, numa unidade geotécnica onde se ressalta a instabilidade das encostas e norteiam o alcance das áreas de atingimento de movimentos gravitacionais de massa de grande magnitude. Os diferentes materiais transportados gravitacionalmente, todos misturados, desde blocos até materiais bastantes intemperizados, alguns com alto teor de matéria orgânica provindos do horizonte superficial (A) e outros com alta relação silte/argila provindo do horizonte C ao se depositarem, constituem camadas heterogêneas onde o fluxo de água tende a constituir caminhos aleatórios diante das grandes diferenças de solo facilitando dessa forma a desestruturação e à movimentação do depósito vertente abaixo.

Estes terrenos estão sujeitos a processos de rastejo devido a sua intrínseca instabilidade geotécnica e retrabalhamento da superfície do depósito por subseqüentes movimentos de massa.



Figura 23 - Depósito coluvionar, rico em blocos decimétricos e solo residual sotoposto em corte de estrada vicinal no vale do rio Paraíso, Mimoso do Sul/ES.

Entretanto, observa-se na paisagem que distintos processos gravitacionais originam as rampas de colúvio e depósitos de tálus. Trata-se, na realidade, de verdadeiros **Complexos de Rampas de Colúvio e Tálus**, parafraseando o conceito original de Meis & Monteiro (1979). Tais eventos ocorrem episodicamente, ao longo do tempo, interdigitando-se ou sobrepondo-se entre si, gerando uma superfície deposicional fortemente inclinada e irregular, coalhada de blocos na superfície (figura 1). Destacam-se, para sua gênese, as grandes corridas de detritos (*debris-flows*) e, subordinadamente, os deslizamentos planares rasos e as quedas de blocos (figura 24).

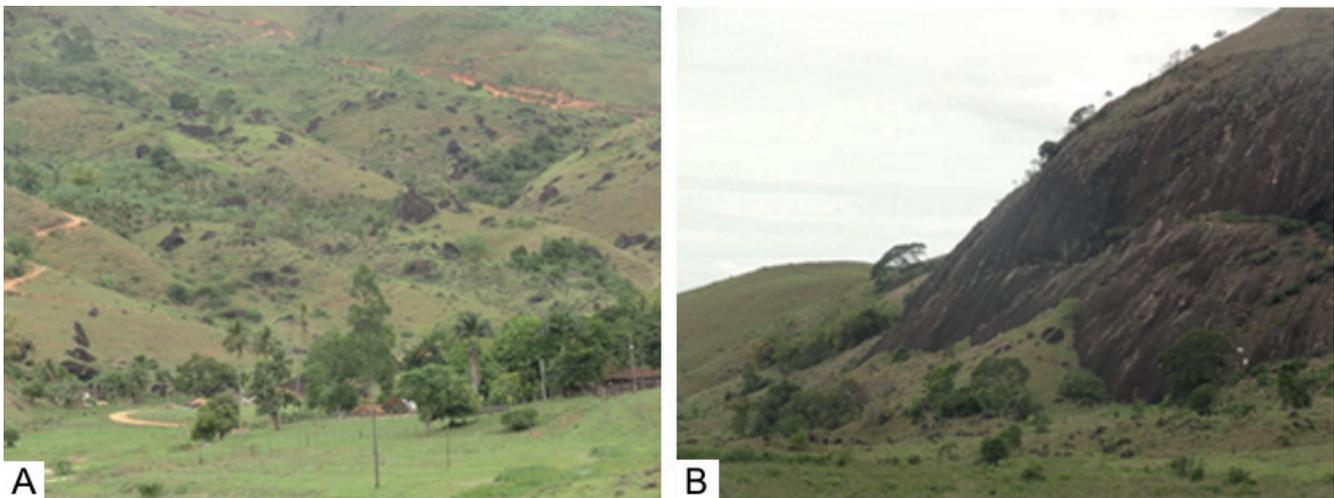


Figura 24 - Registros de depósitos de tálus recobrimdo, respectivamente: o talvegue do alto curso do rio Paraíso por sucessivas corridas de detritos (a); e vertentes laterais do vale por deslizamentos e quedas de blocos e de lascas em sopés de paredões rochosos (b). Alto vale do rio Paraíso, Mimoso do Sul/ES.

Por fim, o sítio urbano de Mimoso do Sul está situado justamente na unidade de terreno mais desfavorável para a implantação e o desenvolvimento de um núcleo urbano: a cidade está encravada no fundo de vale do rio Muqui e encontra-se imprensado por diversos contrafortes serranos alinhados (serras da Lajinha, da Pratinha e da Invernada). Estes alinhamentos serranos apresentam amplitudes de relevo superiores a 400 metros, vertentes íngremes e paredões rochosos subverticais. Neste cenário adverso, Mimoso do Sul encontra-se “entre a cruz e a espada”. A porção da malha urbana (mais antiga) que ocupa a planície de inundação do rio Muqui do Sul está sujeita a eventos de

inundação de alta energia e, até mesmo, fluxos de enxurrada (figura 25), enquanto as áreas de expansão urbana recente que galgam as baixas vertentes dos relevos serranos ocupam áreas de atingimento a movimento de massa e estão sujeitas, principalmente, a quedas de blocos e a deslizamentos planares (figura 25).

Em suma, a escolha equivocada da implantação de um sítio urbano, a ocupação inadequada dos terrenos e a expansão desordenada da malha urbana em terrenos com alta suscetibilidade produzem, inexoravelmente, **áreas de riscos de movimentos de massa, enxurradas e inundações**.



Figura 25 - Sítio urbano de Mimoso do Sul situado em fundo de vale encaixado do rio Muqui do Sul (a). Ocorrência de áreas de risco a quedas de blocos, deslizamentos rasos, inundações e enxurradas (b).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento de padrões de relevo e a análise integrada do meio físico constituem-se num valioso instrumento para subsidiar os estudos de avaliação e determinação de distintas unidades de terreno com diferenciados graus de suscetibilidade a movimentos de massa e inundação nos diversos terrenos do Sudeste Brasileiro.

O baixo curso do rio Itabapoana se notabiliza por vastas baixadas fluviomarinhas com domínio de solos hidromórficos (Gleissolos Salinos e Organossolos) e nível freático subaflorante. Tais condicionantes pressupõem uma muito alta suscetibilidade a inundações. Tais terrenos encontram-se ladeados por terrenos planos com solos espessos e bem drenados (Latosolos) dos tabuleiros do Grupo Barreiras. Tais condicionantes pressupõem uma muito baixa suscetibilidade a movimentos de massa.

As “terras baixas” do município do Mimoso do Sul abrangem terrenos colinosos de baixas amplitudes de relevo e declividades suaves, apresentando espessos mantos de alteração e solos profundos e bem drenados (Latosolos e Argissolos). Tais condicionantes pressupõem uma baixa a média suscetibilidade a movimentos de massa. Estes terrenos estão situados na depressão do médio vale do rio Itabapoana. Destaca-se, ainda, uma extensa zona de várzea com relevo plano e solos hidromórficos (Neossolos Flúvicos a Gleissolos Háplicos), o que pressupõe uma média a alta suscetibilidade a inundações.

Por outro lado, nas “terras altas” do município, caracterizadas por maciços montanhosos esculpidos em plútons graníticos e por planaltos dissecados em morros altos, observam-se elevadas amplitudes de relevo e encostas íngremes, apresentando esparsos paredões rochosos e um amplo domínio de solos rasos e pouco evoluídos (Cambissolos e Neossolos Litólicos) com franca ocorrência de deslizamentos planares no contato solo-rocha e deslocamentos proporcionados por juntas de alívio de tensão e quedas de blocos (em especial, sobre os maciços graníticos). Tais condicionantes pressupõem uma alta suscetibilidade a movimentos de massa. Destacam-se, por fim, a deposição de monumentais complexos de rampas de talus/colúvio que se espriam, interdigitam e

recobrem, por vários quilômetros, os fundos de vales de rios que dissecam as vertentes muito declivosas dos maciços montanhosos do sul do Espírito Santo. Tais possantes depósitos de encostas documentam antigos e sucessivos eventos gravitacionais de grande magnitude e registram as zonas de atingimento potencial a futuros movimentos de massa.

REFERÊNCIAS

- Avelar A.S., Coelho Netto A.L., Lacerda W.A., Becker L.B., Mendonça M.B. 2011. Mechanisms of the recent catastrophic landslides in the mountainous range of Rio de Janeiro, Brazil. In: Proceedings of the Second World Landslide Forum - Abstract Book, Roma - Italy - CdRom: 5pp.
- Bigarella J.J., Mousinho M.R. 1965. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvios e várzeas. *Bol. Paran. Geografia*, Curitiba, 16/17: 153-197.
- Bitar O.Y. (Coord.) 2014. *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações 1:25.000: nota técnica explicativa*. São Paulo: IPT/CPRM: 50p. (IPT Publicação 3016) (publicação on-line).
- Coelho Netto A.L. 1999. Catastrophic landscape evolution in a humid region (SE Brazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. In: IAG, International Conference on Geomorphology, IV, Suplemento di Geografia Física e Dinâmica Quaternária III, Plenary Lecture, Bologna - Itália, p.: 21-48.
- Coelho Netto A.L., Sato A.M., Avelar A.S., Viana L.G.G., Araújo I.S., Ferreira D.L.C., Lima P.H.; Silva A.P.A., Silva R.P. 2011. January 2011: The extreme landslide disaster in Brazil. In: Proceedings of the Second World Landslide Forum - Abstract Book, Roma - Italy - CdRom: 6pp.
- Dantas M.E. 2013. Análise de padrões de relevo: um instrumento aplicado ao mapeamento da Geodiversidade. In: Bandeira I.C.N. (ed.) Geodiversidade do Estado do Maranhão, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 10, Teresina/PI, p.133-140.
- Dantas M.E., Brandão R.L., Ambrósio M., Santana M.S. 2015. Condicionantes litoestruturais e

morfológicos na determinação de suscetibilidades a movimentos de massa, transecto Barra do Piraí – Ipiabas, médio vale do rio Paraíba do Sul/RJ. In: ABGE, Congr. Bras. Geol. Eng. e Ambiental, 15, Bento Gonçalves/RS. Anais, (CdRom): 10p.

De Ploey J. & Cruz O. 1979. Landslides in the Serra do Mar, Brazil. *Catena*, 6: 111-122.

Diniz, N.C. 2012. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. *Rev. Bras. Geol. Eng. e Ambiental*, 2:29-77.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3.ed. EMBRAPA, Brasília, 353p.

Fernandes N.F. & Amaral C.P. 1996. Movimentos de massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: Guerra A.J.T. & Cunha S.B. (orgs.). *Geomorfologia e Meio Ambiente*, 3, Ed. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, p 123-194.

Fernandes N.F., Guimarães R.F., Gomes R.A.T., Vieira B.C., Montgomery D.R., Greenberg H. 2001. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. *Rev. Bras. Geomorfologia*, 2(1):51-71.

Ferreira C.E.O. 1999. Mapeamento e qualificação das coberturas inconsolidadas aplicados ao planejamento territorial na escala 1:250.000 - Folha Macaé, Estado do Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 61p.

Finlayson A.A. 1984. Land surface evaluation for engineering practice; applications of the Australian PUCE system for terrain analysis. *The Quart. Journ. Eng. Geology*, 17(2): 149-158.

Guimarães R.F., Gomes R.A.T., Fernandes N.F. 1998. Avaliação de parâmetros morfológicos das cicatrizes dos escorregamentos da bacia do Rio Quitite (RJ). In: UGB, Simp. Nac. Geomorfologia, 2, Revista GEO-SUL, 14:316- 320.

Grant K., Finlayson A.A. 1978. The application of terrain analysis to urban and regional planning.

In: IAEG, International Congress of the International Association for Engineering Geology, III, Proceedings, 4-8 September 1978, Paris, p. 79-91.

Jones F.O. 1973. Landslides in Rio de Janeiro and Serra das Araras escarpment, Brazil. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 697, 42p.

Lollo J. A., Zuquette L.V. 1996. Utilização da técnica de avaliação do terreno em cartografia geotécnica: sistemática proposta e resultados obtidos para a quadrícula de Campinas. In: ABGE, Simp. Bras. Cart. Geotécnica, 2, Anais, São Carlos, p. 3-12.

Matula M. 1979. Regional engineering geological evaluation for planning purposes. *Bull. Intern. Assoc. Eng. Geol. and Environment*, 18: 18-24.

Meis M.R.M., Monteiro A.M.F. 1979. Upper Quaternary “Rampas”: Doce River Valley, SE Brazilian Plateau. *Zeitsch. Geomorphologie*, 23(2): 132-151.

Moura J.R.S. & Silva T. M. 1998. Complexo de rampa de colúvio. In: *Geomorfologia do Brasil*. Cunha S.B. & Guerra A.J.T (orgs). Rio de Janeiro, Ed. Bertrand Brasil. p. 143-180.

Mousinho M. R., Xavier da Silva J. 1968. Considerações geomorfológicas a propósito dos movimentos de massa ocorridos no Rio de Janeiro. *Rev. Bras. Geografia*, 30(1): 55-72.

Paula J.P.L., Zaine J.E., Lima M.S., Oliveira E.M. 2008. Análise fisiográfica aplicada à elaboração de mapa geológico-geotécnico de região da Serra do Mar e Baixada Santista. *Rev. Geociências, UNESP*, 27(2): 249-264.

Ponçano W.L., Bistrichi, C.A., Carneiro C.D.R., Almeida M.A.; Pires Neto A.G., Almeida F.F.M. 1979. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. In: SBG, Simp. Reg. *Geologia*, 2(v.2), Rio Claro, Atas, p. 253-262.

Ross J.L.S. 1992. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *Rev. Depto. Geografia, FFLCH-USP, São Paulo*, 6:17-29.

Santos A.R. 2014. Manual básico para elaboração e uso da Carta Geotécnica. Ed. Rudder, São Paulo, 109p.

- Shinzato E., Renk J.F.C., Dantas M.E., Teixeira W.G., Vargas L. 2012. Geotecnologia 3D na compartimentação geomorfológica das bacias hidrográficas dos rios Macacu e Caceribu - Recôncavo da Baixada da Guanabara /RJ. In: UGB, Simp. Nac. Geomorfologia, 9, Rio de Janeiro, CdRom: 5p.
- Silva C.R., Dantas M.E. 2011. Mapas Geoambientais. CPRM - Serviço Geológico do Brasil - DE-GET, Departamento de Gestão Territorial Rio de Janeiro/ RJ. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/mapas_geoambientais_SCGG.pdf
- Sobreira F.S. 2001. Suscetibilidade a processos geológicos e suas consequências na área urbana de Mariana, MG. Geo.Br. Disponível em <http://www.dageo.ufop.br/geobr>.
- Vedovello R., Brollo M.J., Tominaga L.K., Riedel P.S., Cardoso D., Terrell D. 2002. Compartimentação fisiográfica do litoral norte do estado de São Paulo voltada para a avaliação de terrenos. In: ABGE, Congr. Bras. Geol. Eng. e Ambiental, 10, Ouro Preto. Anais, CdRom: 10p.
- Vieira B. C., Castro Jr. E., Fernandes N. F. 1998. Controles fito-morfológicos dos escorregamentos da bacia do Quitite (RJ). In: UGB, Simp. Nac. Geomorfologia, 2, Revista GEO-SUL, 14: 324-328.
- Vieira B. C., Fernandes N. F. 2004. Landslides in Rio de Janeiro: The role played by variations in soil hydraulic conductivity. Hydrol. Processes, 18: 791-805.
- Vieira V.S., Silva M.A., Correa T.R. , Lopes N.H.B. 2014. Mapa Geológico do Estado do Espírito Santo - 1:400.000. Belo Horizonte/MG, CPRM - Serviço Geológico do Brasil.
- Wolman M.G., Miller J.P. 1960. Magnitude and frequency of forces in geomorphic processes. Journ. Geology, 68: 54-74.