

MOVIMENTOS DE MASSA COMO PROCESSOS NATURAIS DE EVOLUÇÃO DAS ENCOSTAS, ESTUDO DE CASO: BACIA DO RIO JACAREÍ, MUNICÍPIOS DE MORRETES E PARANAGUÁ – PR

Roberto Carlos PINTO¹

Everton PASSOS²

Sony Cortese CANEPARO³

RESUMO

Os movimentos gravitacionais de massa são processos naturais que fazem parte da dinâmica de evolução das vertentes e, por consequência, do relevo como um todo. No Brasil, esses processos e eventos correlatos de grande magnitude, quando ocorridos em áreas ocupadas, são comparados a verdadeiras catástrofes naturais, pois causam prejuízos socioeconômicos significativos. Os veículos de comunicação e consequentemente a sociedade de forma geral, geralmente consideram os movimentos de massa apenas sob a ótica das ocorrências ambientais desastrosas, que coloca em risco a população e suas atividades econômicas e, portanto, desconsidera a atuação dos processos dessa natureza como forças inerentes ao processo de formação e evolução da paisagem. Nesse sentido, esta pesquisa tomou como base os eventos de março de 2011 ocorridos na Serra da Prata, compartimento de relevo pertencente a Serra do Mar, entre os municípios de Morretes e Paranaguá no litoral do Estado do Paraná, para relatar por meio de consulta a referencial específico, análise em campo, interpretação de imagens de satélites e material fotográfico, algumas consequências desses fenômenos naturais para a geomorfologia local, demonstradas através de algumas fotografias selecionadas.

Palavras chave: Movimentos de Massa. Vertentes. Serra da Prata. Evolução. Eventos.

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

² Doutor em Engenharia Florestal. Professor do Departamento de Geografia da UFPR.

³ Doutora em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Professora do Departamento de Geografia da UFPR.

MASS MOVIMENTS AS NATURAL PROCESSES OF EVOLUTION OF SLOPES, CASE STUDY: JACAREÍ RIVER BASIN, AND MUNICIPALITIES OF MORRETES AND PARANAGUÁ-PR

ABSTRACT

The landslides of bulk natural processes that are part of the dynamic evolution of the slopes and consequently the relief as a whole. In Brazil, these processes and related events of great magnitude, when occurring in the occupied areas, are compared to actual natural disasters, because they cause significant socioeconomic losses. The media and consequently the society at large, generally consider the landslides only from the viewpoint of environmental disastrous occurrences, which endangers the population and their economic activities and thus disregards the performance of processes such as forces inherent in the process of formation and evolution of the landscape. In this sense, this research was based on the events of March 2011 occurred in Serra da Prata, housing relief belonging to Serra do Mar, between the municipalities of Morretes and Paranaguá on the coast of Paraná State to report by consulting the reference specific, field analysis, interpretation of satellite imagery and photographic material, some consequences of these natural phenomena to the local geomorphology, demonstrated through some selected photos.

Keywords: Landslides, Slopes, Serra da Prata, Evolution, Events.

1 INTRODUÇÃO

Os movimentos gravitacionais de massa são processos naturais de evolução das encostas e ocorrem naturalmente; entretanto, podem ser potencializados pela ação antrópica, por meio do uso inadequado da terra. Quando desencadeados em áreas habitadas, os impactos negativos à sociedade, geralmente são significativos. São considerados como

[...] os mais importantes processos geomórficos modeladores da superfície terrestre. Constituem-se no deslocamento de material (solos e rocha) vertente abaixo sob influência da gravidade, sendo desencadeados pela interferência direta de outros meios ou agentes independentes, como água, gelo ou ar. São comuns em terrenos acidentados íngremes, podendo ocorrer em vertentes de baixa declividade (LEOPOLD, WOLMAN & MILLER, 1964; CHORLLY, SHUMN & SUGDEN, 1984; SELBY, 1985 *apud* BIGARELLA *et al.* 2003, p. 1026).

Em áreas com formas de relevo acidentadas, com grandes declividades é comum a ocorrência desses processos, sobretudo em regiões onde os índices pluviométricos são elevados. A capacidade de deslocamento de material vertente abaixo é diretamente proporcional à declividade, sendo que as chuvas intensas e concentradas causam instabilidade nas encostas e tem papel deflagrador dos movimentos de massa.

Nas últimas décadas, no Brasil, os movimentos de massa e processos correlatos, inundações e enchentes, figuram como exemplos de calamidades que afetam grande quantidade de pessoas. Essa situação faz com que os veículos de comunicação e a sociedade de modo geral, considerem esses eventos, apenas sob a ótica de tragédias naturais e portanto, esquecendo que esses fenômenos são em sua essência, processos naturais responsáveis diretamente pela evolução e modelagem do relevo como um todo.

É interessante destacar que, muitas vezes, acontecimentos dessa natureza, não estão relacionados à influência do homem, entretanto, as consequências geralmente interferem diretamente em suas atividades.

Na perspectiva de demonstrar a importância dos fenômenos dessa ordem como agentes da dinâmica natural, esse artigo apresenta um estudo de caso em que os movimentos de massa provocaram algumas alterações geomorfológicas na área afetada. Trata-se dos eventos de grande magnitude que ocorreram no dia 11 de março de 2011,

na Bacia Hidrográfica do Rio Jacareí, porção ocidental da Serra da Prata, localizada nos limites dos municípios de Morretes e Paranaguá, no Estado do Paraná. Na ocasião, os elevados índices pluviométricos em conjunto com as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas da região, desencadearam uma combinação de variados processos de movimentos de massa (desprendimento e rolamento de blocos, deslizamentos e corridas de detritos) afetando a população local e promovendo mudanças consideráveis no ambiente natural.

Estudos dessa natureza podem auxiliar no desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao reconhecimento das paisagens do ponto de vista de sua gênese e evolução, ou seja, conhecimentos inerentes à ciência pura e também em projetos de gestão e planejamento, podendo reduzir impactos negativos desses fenômenos, por meio do uso e ocupação da terra mais racional.

2 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa desenvolveu-se na Bacia Hidrográfica do Rio Jacareí, localizada na divisa dos municípios de Morretes e Paranaguá, Estado do Paraná, unidade de área inserida no compartimento de relevo denominado Serra da Prata, ramificação do grande maciço da Serra do Mar e na Planície Litorânea, entre as coordenadas geográficas 25°30'29" S, 25°37'44" S, 48°42'18" W, e 48°39'62" W, distando aproximadamente 80 km da capital Curitiba e 20 km do centro de Paranaguá, com área total de 41,28 km² e acesso direto pela rodovia BR-277. A localização da área de estudo é apresentada no cartograma (Figura 1).

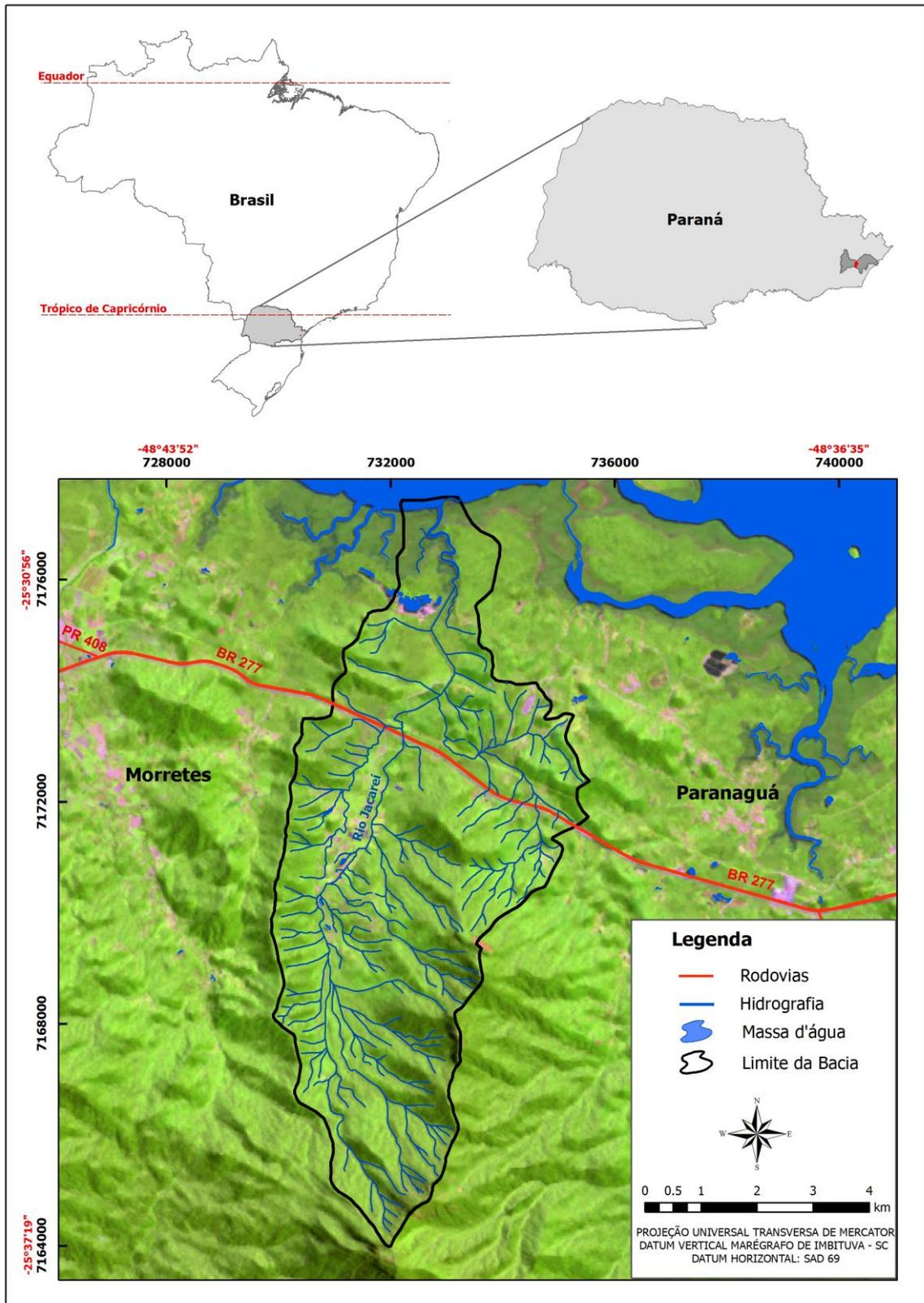


Figura 1: Cartograma com a localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jacaré, divisa entre os municípios de Morretes e Paranaguá – Pr
 Org.: Pinto *et al.* (2013)

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Considerados como processos envolvidos na esculturação do relevo, os movimentos de massa são definidos por Guerra; Marçal (2006, p. 75-76) como

O transporte coletivo de material rochoso e/ou de solo, onde a ação da gravidade tem papel preponderante, podendo ser potencializado, ou não, pela ação da água. São classificados, de acordo com a velocidade e a natureza do movimento, como: queda, deslizamento, fluxo ou rastejamento.

Os movimentos de massa são processos complexos, uma vez que suas ocorrências são condicionadas por uma série de fatores e podem ser divididos em variados tipos, recebendo diferentes denominações, de acordo, principalmente, com a composição do material envolvido e a velocidade de deslocamento de sedimentos encosta abaixo. Drew (1986, p. 132) considera que “a queda de taludes formados de solos e outros materiais de regolito (movimento de massa), sob a ação da gravidade, é universal. Ela varia em função da natureza do material, da topografia, do clima e da vegetação”.

É consenso que fatores como a declividade e a pluviosidade estão diretamente relacionados às ocorrências dos movimentos de massa, porém, outros condicionantes, por vezes menos expressivos, também estão relacionados à dos processos, citam-se: a cobertura vegetal, a forma das encostas, a composição geológica e pedológica, ações antrópicas, entre outros. No Brasil, os índices pluviométricos elevados nas regiões Sudeste e Sul (principalmente no verão) e o relevo com fortes declives, são considerados os condicionantes principais, responsáveis pela ocorrência dos processos dessa natureza.

O clima, como fator externo (pluviosidade elevada), correlacionado à geomorfologia (declividade acentuada) são preponderantes, em detrimento de outros condicionantes estruturais, como geológicos (tipos de rochas) e pedológicos (tipos de solos) na distribuição espacial dos movimentos de massa e, conseqüentemente, para evolução das diferentes formas de relevo. Neste contexto, parte da modelagem do relevo é constituída pela meteorização da rocha e posterior deslocamento dos sedimentos resultantes encosta abaixo, pelos movimentos de massa, muito embora seja constatado também o transporte de blocos de rochas e matacões de diversas dimensões.

3.1 PROCESSO DE EVOLUÇÃO DAS VERTENTES

A evolução das vertentes é consequência da ação dos processos deposicionais, os quais compreendem duas fases distintas: produção de detritos e sua remoção. O mecanismo da evolução das vertentes consiste na interação entre as mudanças climáticas, variações de níveis de base locais e deslocamentos crustais (BIGARELLA *et al.* 2003, p. 984).

As obras de William Morris Davis, Walter Penk, Lester C. King, John T. Hack e João J. Bigarella são importantes referências para o entendimento da formação, evolução e dinâmica das vertentes, por se empenharem aos estudos voltados a sistematização e conhecimento das encostas por meio da criação de modelos e teorias que procuram explicar tal desenvolvimento, indicando fatores que influenciam nesse processo.

Neste sentido, Davis⁴ (1889 *apud* Caseti, 2005, p. 8) em sua teoria do ciclo de erosão sugere que o processo de denudação inicia-se a partir de uma rápida emersão da massa continental. Diante do elevado gradiente produzido pelo soerguimento em relação ao nível de base geral, o sistema fluvial produz forte entalhamento dos talwegues, originando verdadeiros *canyons*, que caracterizam o estado antropomórfico denominado de juventude.

Baseados no modelo Davis, Bigarella *et al.* (1965, p. 86) consideram que existe uma série de estágios entre o momento em que a capacidade de transporte do rio excede o suprimento de detritos oriundos das encostas (estágio da juventude – erosão linear), até o momento em que a quantidade de material fornecido é superior à capacidade de transporte fluvial (senilidade).

As três fases do ciclo de erosão de Davis são descritos da seguinte forma:

Juventude – a região acabou de sofrer levantamento. Os rios cavam fundamente os vales. A erosão se propaga da foz para as cabeceiras (erosão regressiva). As vertentes são fortemente inclinadas. Há escorregamentos de detritos. A erosão linear domina sobre a erosão nas vertentes (areolar).

Maturidade – Há equilíbrio entre a erosão linear e areolar. O perfil de equilíbrio dos rios e das vertentes torna-se regularizado. Os vales começam a se alargar e a declividade das encostas diminui. Há capturas na rede de drenagem. O relevo se suaviza mas está longe do aplainamento (peneplanização).

Senilidade – é o último estágio erosivo. A evolução do perfil longitudinal dos rios é mais lenta do que a evolução das vertentes. Os rios deixam de escavar verticalmente. Apenas transportam ou depositam. O desgaste sobre as encostas diminui os declives. O relevo é reduzido a uma superfície sem grandes desnivelamentos. Os picos dos interflúvios se aproximam da altitude dos talwegues. É atingido o *peneplano*, restando apenas alguns relevos residuais (*monadnocks*) (PENTEADO, 1974, p. 92).

⁴ Davis, W. M. The Geographical Cycle. Geogr. Journ., London, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899.

Alvo de muitas críticas, os conceitos de Davis foram de grande valor para uma primeira apreciação da paisagem, e muitos geomorfólogos o aceitaram enquanto noção de um sistema evolucionário (BIGARELLA *et al.*, 1965; 2003; CASSETI 1994; 2005).

W. Penck foi um dos principais críticos do sistema de Davis, sobretudo ao afirmar que a emersão e a denudação aconteciam ao mesmo tempo, atribuindo desse modo a devida importância aos efeitos processuais (CASSETI, 2005 p. 11).

Neste contexto, a proposta de W. Penck chama a atenção para as vertentes como unidades básicas em que se processa a evolução da paisagem, sendo assim,

A evolução das vertentes é um processo diferencial que se realiza através da interação de dois fatores agindo em conjunto: levantamento crustal e denudação. Durante o processo de evolução das encostas várias situações podem ser encontradas: a) desenvolvimento convexo (*waxing development*), quando o levantamento se opera mais rapidamente que a denudação (perfis convexos); b) desenvolvimento estacionário (*stationary development*) quando o levantamento se dá na mesma velocidade que a denudação (recoo paralelo e retilíneo das encostas); c) desenvolvimento côncavo (*waning development*), no qual a denudação é mais rápida que o levantamento (perfis côncavos). Uma mesma vertente pode apresentar vestígios desses diferentes tipos de desenvolvimento, os quais combinados originariam os mais variados perfis de encostas. (W. PENCK⁵, 1953, *apud*. BIGARELLA *et al.* 1965, p. 88). (Figura 2).

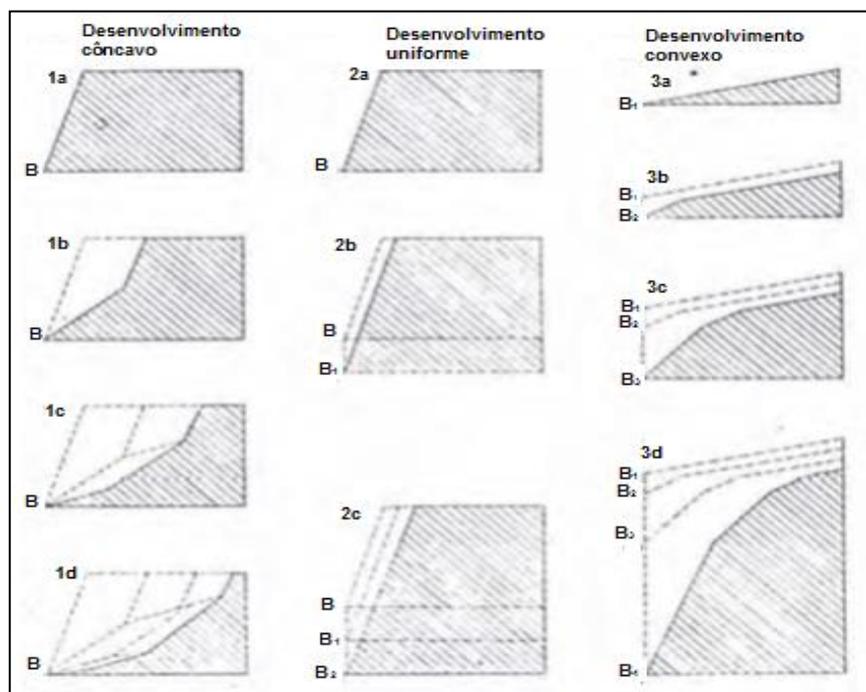


Figura 2: formação das vertentes côncavas, retilíneas e convexas de acordo com W. Penck

Fonte: Bigarella *et al.* (1965, p. 88)

⁵ PENCK, W. 1953 – Morphological analysis of landforms. London: MacMillan and Co.

O perfil definido por King,

Corresponde ao comumente encontrado em regiões de rochas estratificadas, em escarpamentos relacionados à atividade erosiva. Por outro lado, as vertentes elaboradas em bacias de drenagem desenvolvidas em rochas não-estratificadas ou em rochas cristalinas, como no Brasil Oriental, estão longe de se assemelharem ao modelo descrito (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 40).

De acordo com King⁶ (1953 e 1957 *apud* Bigarella *et al.* 1965, p. 90) os condicionantes físicos da evolução da paisagem são os mesmos sob todos os climas, com exceção das áreas submetidas aos climas glaciais, periglaciais e extremamente áridos. Uma encosta ideal teria quatro partes, de cima para baixo, uma seção convexa, uma face nua, uma seção detrítica e um pedimento⁷. (Figura 3).

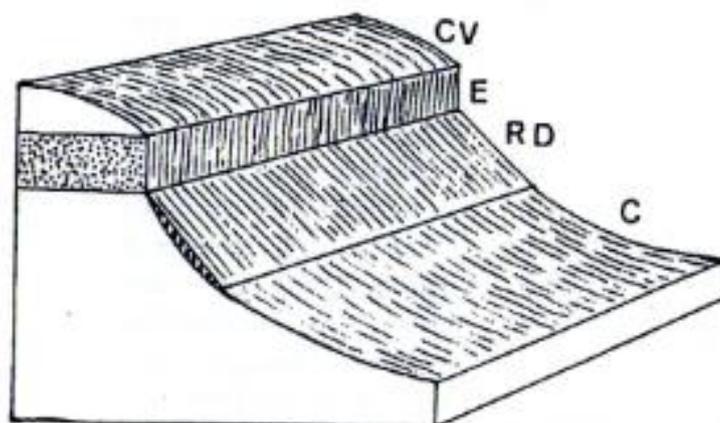


Figura 3: Elementos básicos da vertente formada pelo recuo de uma escarpa segundo King (1953), CV = convexidade superior [*waxing slope*]; E = escarpa [face livre; *free face*]; R = vertente de detritos [retilínea com detritos; *debris slope*]; C = concavidade [*waning slope*; pedimento]

Fonte: Bigarella *et al.* (2003)

Segundo Casseti (1994), King aliou os dois sistemas anteriores, o de Davis que procurava restabelecer o conceito de estabilidade tectônica e o de Penck, recuo paralelo das vertentes, para definir a forma de evolução morfológica. Concluindo que a evolução do recuo por um período de tempo de relativa estabilidade tectônica permitiria o desenvolvimento de extensos pediplanos⁸. Essa teoria ficou conhecida como pediplanação.

⁶ KING, L. C. 1953 – Canons of landscape evolution. Bull. Geol. Soc. Amer., 64(7): 721-752. KING, L. C. 1957 – The uniformitarian nature of hillslopes. In: Edin. Geol. Soc., Edinburgh. Trans..

⁷ Passos e Bigarella (2001, p. 117) conceituam o pedimento como sendo uma feição morfológica, desenvolvida durante períodos em que as condições climáticas favoreceram a operação de processos hidrodinâmicos e de meteorização específicos, que propiciam uma superfície de erosão, ligeiramente inclinada, cortando todas as estruturas e rochas, independentemente de sua natureza.

⁸ A coalescência regional de pedimentos dá origem ao pediplano, o qual constitui uma superfície de baixo relevo interrompida, ocasionalmente, por elevações residuais (*inselbergs*).

Testemunhos dos ciclos de pediplanação, estas grandes superfícies aplainadas brasileiras, geralmente constituem remanescentes dispersos e preservados em rochas que impõem maior resistência à erosão, em climas mais úmidos, são superfícies normalmente bastante dissecadas (PASSOS; BIGARELLA, 2001, p. 134).

Em função da pouca importância dada ao clima como fator de influência no desenvolvimento das encostas, a principal objeção de Bigarella *et al.* (1965, p. 91) a esse modelo, se refere ao fato de acreditarem que “aos diferentes tipos de climas corresponde dominância de condições morfogenéticas particulares agindo sobre as vertentes. Os processos têm sua intensidade e eficiência subordinadas as condições climáticas locais”.

Christofoletti (1980, p. 168) afirma que J. Hack⁹ (1957, 1960, 1965) baseou seus estudos na teoria do equilíbrio dinâmico, considerando o modelado terrestre um sistema aberto, que mantém constante troca de energia e matéria com os demais sistemas componentes de seu universo, teoria exposta primeiramente por Grove Karl Gilbert¹⁰ (1880). Hack em suas pesquisas considerou as características das redes de drenagem e das vertentes.

Ainda de acordo com Christofoletti (*op. cit.*) Hack:

Inaugurou uma nova abordagem à interpretação da paisagem, pois essa teoria supõe que em um sistema erosivo todos os elementos da topografia estão mutuamente ajustados de modo que eles se modificam na mesma proporção. As formas e os processos encontram-se em estado de estabilidade e podem ser considerados como independentes do tempo. Ela requer um comportamento balanceado entre as forças opostas, de maneira que as influências sejam proporcionalmente iguais e que os efeitos contrários se cancelem a fim de produzir o estado de estabilidade, no qual a energia está continuamente entrando e saindo do sistema. O estado de estabilidade representa o funcionamento do sistema no momento em que todas as variáveis estão ajustadas em função da quantidade e variabilidade intrínseca da energia que lhe é fornecida. Assim, se houver alteração no fornecimento de energia, o sistema reagirá a tais modificações e se desenvolverá até alcançar nova estruturação, no estado de estabilidade (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 168).

Bigarella *et al.* (1965) consideram, como descrito anteriormente, a direta relação entre o clima e o modelado da paisagem, afirmam que as profundas mudanças climáticas ou

⁹ Hack, J. T. Studies of Longitudinal Stream Profiles in Virginia and Maryland. United States Geol. 1957. Survey Profiss. Paper, (294-B). Hack, J.T. Interpretation of Erosional Topography in Humid-Temperate Regions. Amer. Journ. Sci, New Haven, Conn. v. 258-A, p. 80-97, 1960. Hack, J.T. Geomorphology of the Shenandoah Valley, Virginia and West Virginia, and origin of the residual ore deposits. U.S.Geol.Surv.Prof.Paper (484), 1965.

¹⁰ Gilbert, G. K. The Geology of the Henri Mountains. Washington: United States Geographical and Geological Survey. 1877.

as pequenas flutuações do clima desempenharam um papel importante no desenvolvimento da paisagem atual, portanto, essas alterações são responsáveis pela evolução das vertentes. Observou-se que a sucessão de climas úmidos e semiáridos atuam diferentemente no processo de modelagem, sendo que, em fases úmidas ocorre a predominância de erosão linear refletindo em dissecação do relevo e em fase semiárida ocorre o recuo paralelo das vertentes e consequente aplainamento do relevo. (Figura 4).

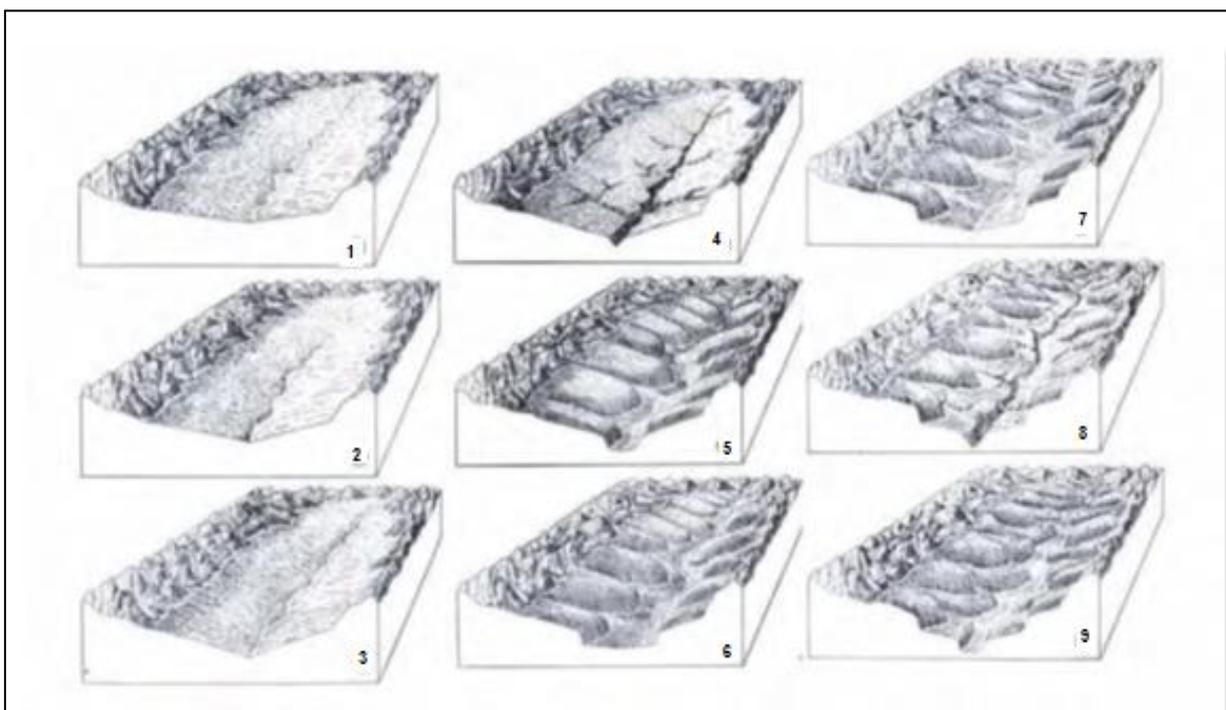


Figura 4: Esquema de evolução das vertentes.

Notas: 1 – formação de um extenso aplainamento intermontano por processo de pediplanação sob condições semiáridas; 2 e 3 – reafeição da superfície aplainada provocado por ligeiro abaixamento do nível de base da erosão local em consequência de curtas flutuações climáticas em direção ao úmido; 4 – dissecação generalizada do aplainamento em consequência de uma mudança climática para condições úmidas; 5 – alargamento, aluvionamento e colúviação nos vales, acelerados por flutuações climáticas na direção do seco dentro da época úmida; 6 – degradação lateral e formação de uma superfície pedimentar dentro da época climática semiárida; 7 – reafeição da superfície de pedimento por ligeiro rebaixamento do nível de base local do escoamento, em consequência de pequenas flutuações para o úmido dentro da época semiárida; 8 – dissecação generalizada da topografia em função do advento de nova época climática úmida; 9 – alargamento e entulhamento dos vales dentro da época úmida

Fonte: Bigarella *et al.* (1965, p. 104-105)

Passos; Bigarella (2001) adotam os pressupostos de King (1956)¹¹ para explicar a gênese das superfícies aplainadas e a evolução das encostas em que substitui os processos de peneplanização pelos de pedimentação e de pediplanação. Consideram as influências

¹¹ King, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. Revista Brasileira de Geografia, IBGE, Rio de Janeiro, 18:147-265. 1956.

climáticas profundas na modelagem do relevo, observadas no Brasil, primeiramente por Bigarella e Ab'Saber (1964) para explicação na morfogênese de grande parte do modelado brasileiro.

Neste contexto, as superfícies ligeiramente aplainadas (pedimentos e pediplanos) seriam formadas, sobretudo, por fatores climáticos, em que o material intemperizado seria removido pelos agentes de denudação se sobrepondo à tectônica. Sob essa ótica, os movimentos de massa são imprescindíveis, atuando na remoção dos detritos, promovendo o recuo paralelo das vertentes.

Os estudos dos depósitos correlativos de varias formas erosivas fornecem numerosos dados que concernem à interpretação das condições climáticas vigentes à época de sua formação. Tais informações permitem correlacionar as superfícies remanescentes de pedimentos com depósitos detríticos. (BIGARELLA *et al.* 1965; PASSOS; BIGARELLA, 2001).

As superfícies aplainadas representam as condições climáticas e hidrodinâmicas pretéritas que podem ser evidenciadas a partir de análise dos sedimentos que compõem determinado terreno. Os depósitos coluviais, evidenciam a importância dos movimentos de massa como agente de transporte de detritos para a formação dos pedimentos e/ou leques alúvio-coluviais.

Os produtos detríticos da alteração das rochas constituem a estrutura subsuperficial da paisagem. Seu estudo fornece dados preciosos no que concerne a interpretação das condições ambientais atuais ou do passado recente. Os processos de intemperismo submetem as rochas a modificações de caráter mecânico, físico e químico, produzindo um manto composto de material detrítico de tamanho variado. Este pode permanecer *in situ* como material residual (elúvio *stricto senso*), sem movimentação ou mais comumente, sofrer vários graus de deslocamento (colúvio), os materiais transportados pelos cursos d'água são ditos aluviais. O amontoamento de detritos procedentes da desintegração da face de uma escarpa ou de uma vertente muito íngreme é conhecido sob a denominação de tálus. O material detrítico possui muitas características que podem auxiliar a interpretação dos processos operantes na remoção dos produtos da meteorização (BIGARELLA; MOUSINHO, 1965, p. 44-45).

O reconhecimento da composição dos depósitos sedimentares que compõem a superfície e subsuperfície é de capital importância no sentido de esclarecimento dos processos causadores da migração dos materiais por meio dos movimentos de massa que preenchem as partes baixas do relevo constituindo, via de regra, as superfícies aplainadas nos sopés das encostas ou fundos de vale.

4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA DE ESTUDO

A escolha da área de estudo, se deu em função da complexidade, magnitude e das alterações da paisagem local, resultante dos movimentos de massa ocorridos no dia 11 de março de 2011, no litoral paranaense. Esse evento, é considerado, o maior processo desse tipo, registrado na região, justificando o interesse científico, pelo aprofundamento na compreensão do fenômeno. (Figura 5).



Figura 5: Imagem demonstrando alagamento da planície de inundação do Rio Jacareí, ao fundo observa-se cicatrizes de movimentos de massa nas encostas íngremes

Foto: Hedeson S. Jornal Gazeta do Povo, 13/03/2011

A Bacia Hidrográfica do Rio Jacareí, por estar inserida no conjunto da Serra do Mar (Serra da Prata) e da Planície Litorânea, assume características físico-naturais regionais. Referindo-se as condições climáticas, a classificação elaborada por Koeppen utilizada pelo IAPAR (1978 e 2000), a Serra do Mar e, portanto, a Serra da Prata e imediações é influenciada por dois tipos climáticos Cfa e Cfb, com diferenças de temperatura devido à variação de altitude. Nas partes baixas da serra e planície litorânea predomina o clima Cfa, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18° C (mesotérmico), segundo o IAPAR, e temperatura média no mês mais quente acima de 22° C, com verões quentes, geadas pouco

frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Nas partes elevadas da serra, o clima é o Cfb com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18° C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22° C e sem estação seca definida e ocorrência de geadas. “O tipo Cfa abrange a altitude de 0 a 700 m e o Cfb de 700 a 1665”. (IPARDES, 1991, p. 13).

Com relação à pluviosidade, a região litorânea do Paraná apresenta índices significativos distribuídos ao longo do ano, com concentração nos meses mais quentes. Para a Serra do Mar Maack (1968), destaca a influência do alísio de SE e a ação das chuvas orográficas de ascensão na frente oceânica da serra determinam variações expressivas entre as médias anuais, ainda que sempre bastante elevadas se comparadas a outras regiões do Estado. Especificamente na Serra da Prata o IAPAR (1978 e 2000) indica que ocorre uma variação entre 1800 e 2500 mm ao ano sendo o verão a estação mais chuvosa.

De acordo com a MINEROPAR (2011) a Bacia do Rio Jacaré é composta pelas seguintes formações litológicas: Formação Alexandra, Aluviões, Colúvios, Tálus, Formação Rio das Cobras, Granito Morro Inglês, Planície Costeira e os Sedimentos Paleoestuarinos.

A distribuição dos solos está relacionada às condições físicas de determinada região, desse modo, às formas do relevo, a formação geológica, a cobertura vegetal e as condições climáticas determinam as características pedológicas. Baseando-se no mapa de solos do Estado do Paraná, elaborado por Bhering *et al.* (2008), observou-se na bacia do Rio Jacaré a presença de:

✓ AR2 - Associação de AFLORAMENTOS DE ROCHA + NEOSSOLO LITÓLICO Hístico típico + CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico léptico, ambos de textura argilosa e álicos, com ocorrência nas partes mais elevadas da Serra da Prata.

✓ CXbd19 - Associação de CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, álico, substrato migmatitos + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico, ambos textura argilosa, A moderado, ocorrência no curso médio, depósitos aluviais.

✓ PVAd27 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico latossólico, textura argilosa, A moderado e álico, ocorrência nos terrenos planos e baixos, mais próximo a Baía.

A cobertura vegetal constitui o domínio da Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica. A característica ecológica principal dessa formação é definida pelos fatores climáticos tropicais, isto é, temperaturas elevadas (média anual de 25° C) e precipitação alta bem distribuída ao longo do ano (menos de 60 dias secos). Nas planícies litorâneas em altitudes entre 5 a 50m, a fitofisionomia é caracterizada por uma vegetação que responde às condições do substrato, que se apresenta arenoso (IBGE, 1992). Na Bacia do Rio Jacaré ocorrem formações derivadas da Floresta

Atlântica (Formação Aluvial, Formação das Terras Baixas, Formação Submontana, Formação Montana, Formação Altomontana, restinga e manguezais).

Com relação ao uso e ocupação da terra a Bacia Hidrográfica do Rio Jacaréi tem parte considerável de sua extensão inserida no Parque Nacional Saint Hilaire/Lange (PNSHL). Os principais cursos d'água, Rio São Francisco, Tingidor e o próprio Jacaréi, têm suas nascentes na porção ocidental da Serra da Prata, esta por sua vez, está integralmente dentro do Parque. Entretanto, o baixo curso da bacia, área de planície formada por depósitos aluvia-coluvionares, encontra-se fora dos limites do Parque. A imagem orbital (Figura 6) destaca o polígono com os limites do parque, que coincide com o maciço da Serra da Prata e a parte baixa da bacia, as margens da BR-277 até a Baía de Paranaguá, indicada com a seta.

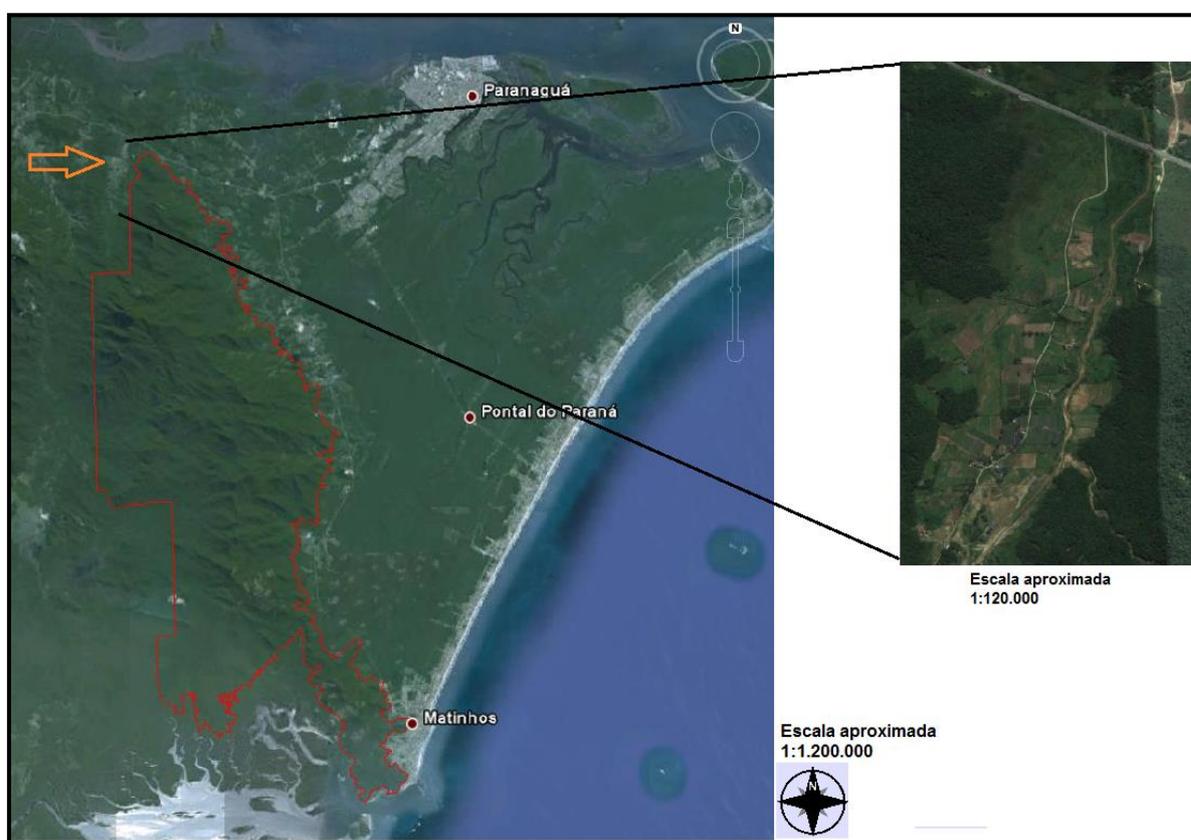


Figura 6: Imagem orbital com limites do Parque Nacional Saint Hilaire/Lange, Serra da Prata e áreas contíguas dentro da bacia hidrográfica do Rio Jacaréi e planície litorânea, indicada com a seta
Fonte: Image © 2013 Digital Globe, Image © 2013 GeoEye, disponível em Google Earth®(2013).

Adaptado por Pinto *et al.* (2013)

Como boa parte da área está inserida em uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, o uso da terra nessa porção é reduzido, as encostas permanecem cobertas pela vegetação da Floresta Ombrófila Densa, em diversas fases sucessionais, sendo um dos trechos mais bem conservados de Mata Atlântica do país.

Observou-se em campo a existência de pequenas propriedades rurais voltadas principalmente à produção de subsistência, com cultivos variados, embora, algumas culturas tenham finalidade comercial, com destaque para banana e mandioca, essas, muitas vezes, ocupando áreas relativamente íngremes das encostas, utilizando-se de processo rudimentar de plantio. Nas áreas planas, situadas as margens do rio Jacareí, principalmente à margem esquerda, fora do Parque Nacional Saint Hilaire/Lange, constatou-se também o cultivo de hortaliças (Figura 7), pastagens e campo, além de áreas de reflorestamento nas proximidades de BR-277, mapeadas pela MINEROPAR (2011) e observadas *in loco*.

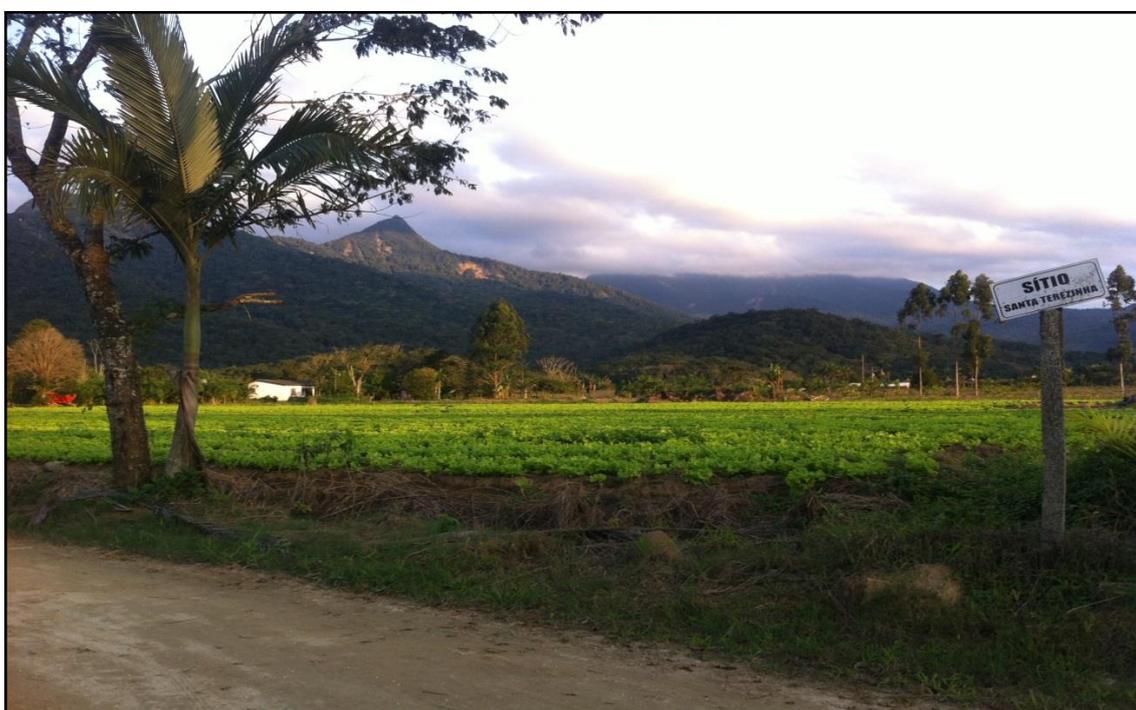


Figura 7: Pequena propriedade agrícola com cultivo de hortaliças na margem esquerda do Rio Jacareí

Nota: A área de cultivo desenvolve-se sobre materiais recém depositados em forma de leque e retrabalhados pela ação pluvial e fluvial após a deposição do leque de sedimentação resultante de corridas de lama ocorridas em 2011 e que recobriu a planície de inundação. Ao fundo observam-se cicatrizes na encosta resultantes dos eventos de 2011, portanto, área fonte de parte destes sedimentos

Foto: Roberto C. Pinto, setembro de 2013

Os canais de drenagem da bacia do Rio Jacareí são classificados pela MINEROPAR (2011, p. 29) como:

Fortemente entalhados, com vales em “V” encaixados, acompanhando estruturas de direção NE, muitas vezes os talwegues coincidem com diques de rochas básicas de menor resistência que as encaixantes. Apresentam elevada energia e tendem a concentrar água e volume de material, oriundo das posições mais elevadas, que são transportados em segmentos de vertentes com forma convergente de fluxo, que propiciam o caminho de corridas de detritos.

Ainda neste contexto, Silveira *et al.* (2013, p. 627) destacam que a bacia

Apresenta vale assimétrico, seu conjunto de vertentes mostra feições distintas nas duas margens tanto no alto como no médio curso da bacia. Na margem direita, os divisores de água são constituídos pela Serra da Prata, onde ocorrem os maiores valores altimétricos da bacia, cuja elevação máxima é de 1421 metros acima do nível do mar, decrescendo até valores de 800m, enquanto que na margem esquerda a elevação máxima dos interflúvios é de 433m, decrescendo até valores de 200m (SILVEIRA *et al.*; 2013, p. 627)

A partir dos pressupostos descritos subentende-se que o potencial de energia de morfogênese é distinto nas duas margens. Na direita, as declividades elevadas no terço superior das vertentes, cuja formações graníticas sustentam o elevado gradiente altitudinal que resultam em elevada energia nas encostas acelerando os processos de denudação nas partes mais elevadas e de acumulação, nas partes inferiores, planície de inundação, consequência tanto do transporte aluvial como gravitacional.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foram basicamente os seguintes:

- ✓ Consulta a referencial teórico específico que compartilha conceitos e terminologias referentes aos movimentos de massa e seus condicionantes deflagradores, assim como da atuação desses processos no processo de modelagem do relevo.
- ✓ Carta topográfica Alexandra, Folha SG.22-X-D-V/2-NO, escala 1:25.000, da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército - DSG (1998) como suporte para localização e delimitação da área (Figura 8);
- ✓ Imagem de satélite WorldView/banda pancromática, com resolução espacial de 0,5 metros, gerada em junho/2011, fornecida pela Minérios do Paraná S/A - MINEROPAR (2011);
- ✓ Imagens orbitais disponibilizadas pelo *software Google Earth*;
- ✓ Atividades de campo para coleta de dados e demais levantamentos;
- ✓ Tomada de fotografias em campo para posterior análise de acervo em trabalho de gabinete.

A atual pesquisa apoia-se no pensamento sistêmico, uma vez que analisa a paisagem pelo seu comportamento dinâmico, avaliando diversos elementos, físicos e socioeconômicos, que se apresentam integrados e correlacionados. Tem como unidade de área, a bacia

hidrográfica e seus componentes constituintes (vertente, rio, energia e matéria) que estabelecem relações mutuas, sendo considerada um sistema aberto, uma vez que, recebe energia das forças climáticas e tectônicas e libera energia por meio do fluxo de água e outros sedimentos, além das ações antrópicas que também integram este sistema.

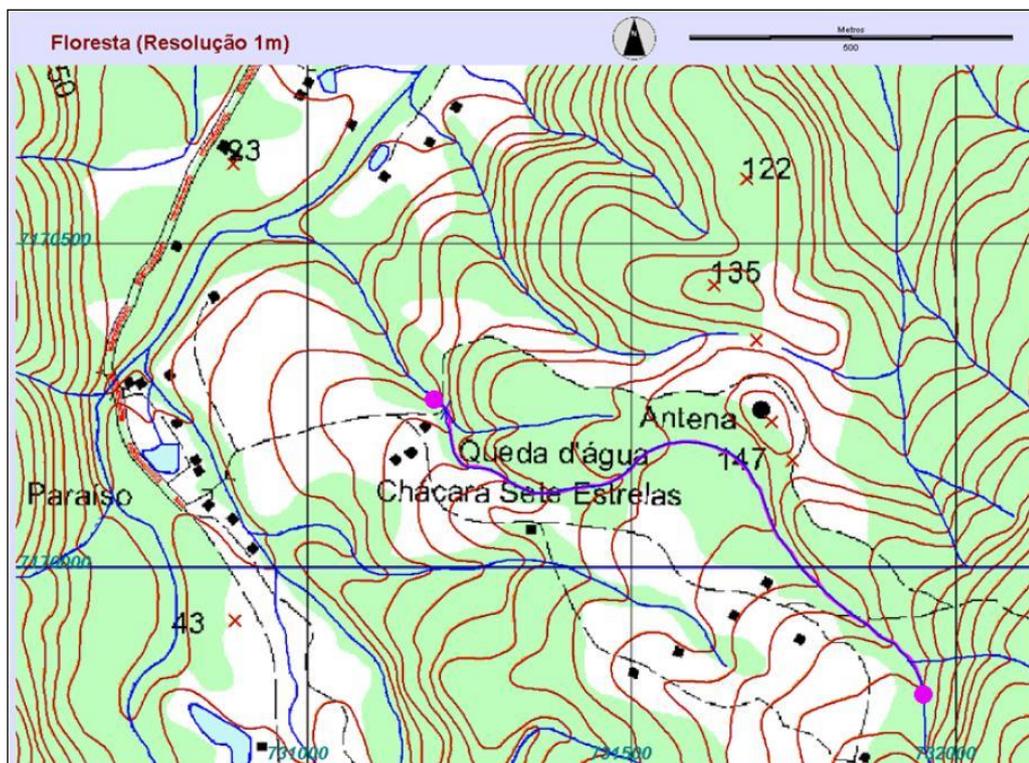


Figura 8: Detalhe do segmento do vale do Rio Tingidor, afluente do Rio Jacareí, percorrido na linha de talvegue, destacado pelo traço em magenta, entre os dois pontos de cor magenta, comunidade de Floresta, município de Morretes-PR. Recorte da carta topográfica Alexandra, Folha SG.22-X-D-V/2-NO, escala 1:25.000

Fonte: Diretoria de Serviço Geográfico do Exército - DSG (1998). Adaptado Laboratório de Geoprocessamento e Estudos Ambientais - LAGEAMB (2012)

Utilizou-se do material descrito e por meio de uma proposta empírico dedutiva, no qual os levantamentos e análises das condições ambientais e o diagnóstico da área de estudo se deram principalmente *in loco*, complementando-se às análises de material cartográfico, imagens orbitais e levantamento fotográfico foi possível identificar e apresentar algumas alterações no relevo provocadas pelos movimentos de massa, evidenciando a interferência destes no processo de evolução das vertentes.

A propósito das premissas apresentadas, Ross (1990, p. 78) destaca que “a análise empírica da fragilidade exige estudos básicos do relevo, da litologia-estrutura, do solo, do uso da terra e do clima. Os estudos passam, obrigatoriamente, pelos levantamentos de campo e pelos serviços de gabinete”.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os movimentos de massa são responsáveis pelo deslocamento de sedimentos encosta abaixo, cujo os materiais envolvidos, se dispersam pelo terreno, de acordo com a velocidade e potencial de arraste do fluxo, dimensões e constituição dos detritos, promovendo uma reconfiguração do terreno, referindo-se à composição geológica, pedológica e geomorfológica.

Nas visitas a campo foi possível avaliar a dimensão do evento ocorrido e identificar algumas alterações no relevo provocado pelo evento estudado e por outros do passado. Grandes blocos de rochas com elevado grau de meteorização, trechos composto com litologias distintas evidenciando material arrastado.

Entre as principais alterações observadas, destacam-se a retirada de cobertura vegetal, parte da vegetação foi deslocada vertente abaixo; mudança na profundidade e forma do canal fluvial, uma vez que, houve assoreamento em muitos leitos e conseqüente desvio de canal e em outros pontos ocorreu alargamento dos vales; alteração na geometria e declividade do terreno, em função do transporte do manto de intemperismo, deposição no fundo do vale e na planície de inundação, complementando o grande leque de detritos aluviais e coluviais já existente; recuo paralelo das vertentes, constatado pela perda de sedimentos das cabeceiras que foram transportados encosta abaixo durante o evento. (Figura 9).



Figura 9: Fotografia demonstrando aspectos dos movimentos de massa de 11 de março de 2011

Nota: Vista à montante do Rio Tingidor afluente do Rio Jacareí, observa-se a grande quantidade de matacões na calha do rio, o pequeno curso d'água sendo desviado pela grande quantidade de materiais deslocados para o leito do rio e o alargamento do canal fluvial

Foto: Roberto C. Pinto, agosto de 2012

A última constatação descrita evidencia a suavização do terreno, considerando que o material depositado no sopé da encosta e no baixo curso do rio, interfere no nível de base do terreno. A superfície de erosão no alto da encosta tem parte de seus materiais transportados e sedimentados na parte baixa resultando em aplainamento do terreno e por vezes formações de degraus. Tais verificações podem ser observadas nas fotografias a seguir. (Figuras 10, 11 e 12).



Figura 10: Fotografia à jusante do Rio Jacareí, no baixo curso, observa-se a grande quantidade de materiais de diversas dimensões (areia, seixos e matacões) depositados às margens do Rio e dentro da calha, demonstrando elevado grau de assoreamento e evidenciando a formação de leque de detritos

Foto: Roberto C. Pinto, agosto de 2012



Figura 11: Fotografia panorâmica com aspectos dos movimentos de massa, ao fundo cicatrizes nas cabeceiras das encostas demonstrando perda de material. Em primeiro plano, depósitos de matacões na planície de inundação do Rio Jacareí, evidenciando acúmulo de detritos no baixo curso, recuo das vertentes e suavização da encosta

Foto: Roberto C. Pinto, agosto de 2012



Figura 12: Fotografia demonstrando depósito de colúvio, evidenciando movimentos pretéritos. Rochas com elevado grau de intemperismo inclusive com esfoliação esferoidal.

Foto: Roberto C. Pinto, agosto de 2012.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sob a perspectiva do tempo geológico, eventos como o analisado demonstra a relevância dos movimentos de massa para a composição geológica e pedológica, e mesmo considerando que os depósitos de detritos tem duração efêmera, uma vez que o material arenáceo e os pequenos seixos serão remobilizados posteriormente, originando depósitos mais à jusante e os sedimentos mais finos (areia e argila), possivelmente serão transportados até a baía, o material mais grosseiro permanecerá no local como depósito residual e iniciará o processo de intemperismo.

Estudos envolvendo depósitos alúvio-coluvionares da planície de inundação e do sopé das vertentes oferece possibilidade de reconhecimento das condições ambientais pretéritas e atuais responsáveis pelo desencadeamento de processos semelhantes para conseqüente migração de sedimentos. Possível também são as aferições relativas à velocidade de fluxo, a distância de deslocamento dos materiais envolvidos e a composição geológica e mineralógica a partir de análises específicas, como a granulométrica por exemplo.

Os resultados da pesquisa também revelam a significância do fator climático para a modelagem do relevo atual e embora haja relação direta entre a presença de pedimentos e seus

depósitos correlatos, terraços, rampas de colúvio, leques colúvio-aluviais e os depósitos de vertentes com as condições hidrológicas e hidrodinâmicas pretéritas, a dinâmica do relevo condicionada às características climáticas atuais, sobretudo a pluviosidade é indiscutível.

Abordagens futuras nessa mesma área com interesse de mensurar as alterações ocorridas na superfície local poderão ser interessantes no sentido de demonstrar a amplitude do evento ocorrido e ampliar o conhecimento da influência de processos como estes para a modelagem do relevo.

8 REFERÊNCIAS

BIGARELLA, J. J.; AB'SABER A. N.; "**Paläogeographische und paläoklimatische Aspekte des Känozoikums in Südbrasilien.**" Zeitschr. Geomorph., Berlin 8.3 (1964): 286-312.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO M. R.; **Movimentos de massa no transporte dos detritos da meteorização das rochas.** Boletim Paranaense de Geografia, UFPR. Curitiba, n. 16/17. 1965. p. 43-84.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO M. R.; SILVA, J. X.; **Considerações a respeito da evolução das vertentes.** Boletim Paranaense de Geografia, UFPR. Curitiba, n. 16/17. 1965. p. 85-116.

BIGARELLA, J. J.; PASSOS, E.; **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003 v. 3 (p.877-1436).

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. (Ed.). **Mapa de solos do Estado do Paraná:** legenda atualizada. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR, 2008. 74p.

CASSETI, V.; **Elementos de Geomorfologia,** Goiânia: Ed. da UFG, 1994. 137p.

_____. **Geomorfologia.** [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 03 de maio de 2012.

CHRISTOFOLETTI, A.; **Geomorfologia.** São Paulo, Edgard Blucher, 2ª edição, 1980.

DREW. D.; **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente.** São Paulo, Difel, 1986.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S.; **Geomorfologia Ambiental**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônômico do Estado do Paraná, 1978. 41 p.

_____. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina/PR, 2000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira** (Série Manuais Técnicos em Geociências – Número 1). Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1992. 92 p.

IPARDES – INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Diagnóstico Físico Ambiental da Serra do Mar – Área Sul**. Curitiba: Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 1991. 107 p.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2ª ed. Editora José Olympio.1968. Rio de Janeiro. 450p.

MINEROPAR (MINERAIS DO PARANÁ S/A). **Mapeamento Geológico Geotécnico da Porção Leste da Serra do Mar do Estado do Paraná**. 2011. 91p.

PASSOS E.; BIGARELLA J. J.; Superfícies de Erosão. In. **Geomorfologia do Brasil** / Sandra Baptista da Cunha e Antonio José Teixeira Guerra (Orgs.). 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. P. 107-140.

PENTEADO M. M.; **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 1974. 158p.

ROSS, J. L. S. (1990) **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**, Editora Contexto, São Paulo, 85p.

SILVEIRA, C. T., FIORI, A. P., FERREIRA, A. M., de GÓIS, J. R., De MIO, G., SILVEIRA, R. M. P., & LEONARDI, T. M. H. Emprego de atributos topográficos no mapeamento da susceptibilidade a processos geoambientais na bacia do rio Jacareí, Paraná. **Revista Sociedade & Natureza**, 25(3). (2013). Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/21016> Acesso em 13 de janeiro de 2014.