

Reconstrução Paleogeomorfológica do Estado do Rio de Janeiro para Determinação de Áreas de Risco¹

Luziane Santos Ribeiro¹
Jairo Roberto Jiménez-Rueda²
Juércio Tavares de Mattos³
Marcelo Rodrigo Alves⁴

¹Universidade Federal de Uberlândia
Instituto de Geografia
luziane@ig.ufu.br

²Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Meio Ambiente – Rio Claro/SP
jairorjr@rc.unesp.br

³Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – Guaratinguetá/SP
jjttmm@hotmail.com

⁴Csolos – Mapeamento e Consultoria
marcelo@csolos.com.br

Abstract. Public safety always comes up when natural disasters strike a populated area. When rain levels exceed expected for a given time of year, civil defense is on alert on the possibility of loss of life, with special attention to said areas of 'risk'. The state of Rio de Janeiro, between December and March each year preparing for this delicate situation. Mapped areas from the viewpoint of recurrence of runoff from land, of course, are those that require more attention. The traditional mapping procedure that generates such products can be efficient even why almost no innovation geotecnológica do against them. And if we could make the determination of a natural hazard area paleomorfológico considering his behavior? For technical GIS employed in work that gave rise to this was aggregated to geological studies, lithological, pedological, geomorphological, hydrographic and morphostructural. The foundation is conceptualized in 'Method for Mapping morphostructural Geoenvironmental' (Jiménez-Rueda; Mattos, 1992) and promoted the paleogeomorfológica reconstruction of the State of Rio de Janeiro and its visualization through Isobases Confluent. It has been paleosuperfície of order 7 for the State of Rio de Janeiro, which corresponded to events recorded in the Cretaceous. The paleosurfaces that followed until the current erosive surface showed tectno-structural evolution in which the state now, and naturally prone areas morfomecânicos movements. It was found that GIS is efficiently applied as support for obtaining paleosurfaces tool, which can be used in the reconstruction of ecogeodinâmicos scenarios and study the evolutionary landscape.

Palavras chave: Isobases confluent, paleogeomorfologia, Morphostructure, geo, risk areas.

1. Introdução

A superfície terrestre, da maneira como se apresenta hoje, é resultado da interação de processos geodinâmicos de natureza exo-endogênica que vêm atuando sobre ela desde os tempos remotos. Talvez por se encontrar em superfície e por isso ter maior visibilidade, o solo é o objeto que recebe maior atenção frente à implantação de uso. Quase sempre o substrato é renegado ao segundo plano. Porém, faz-se necessário o entendimento de sua constante mutação e de como esta se relaciona com a evolução da paisagem, na qual está impressa cada etapa do complexo ciclo de ações e fatores modeladores da crosta. Tanto é assim, que as civilizações antigas desenvolveram uma relação de dependência com o meio ambiente. As cheias do rio Nilo eram responsáveis por colheitas fartas que saciavam milhões de pessoas nos sete anos seguintes de 'vacas magras'. Muitos devem ter sidos os erros cometidos pelos povos antigos na tentativa de conhecer o equilíbrio dinâmico da paisagem.

¹ Parte da tese Doutorado da primeira autora.

Com a sociedade moderna não é diferente. Exceto pelo atenuante de que se dispõe de ferramentas capazes de mapear não só o relevo, como também o clima, a produtividade do solo, e todos os diversos fatores que podem melhorar sua qualidade de vida. Objetivamente deve ser conhecida, através de mapeamentos morfoestruturais/morfoesculturais, a capacidade de suporte do conjunto solo-substrato e assim serem definidas as fragilidades e restrições da paisagem. Tais definições podem ser descritas por diversos métodos e sob a ótica qualitativa ou quantitativa, dependendo apenas do objetivo a que se aplica o estudo. Entretanto, medidas morfométricas tomadas a partir de um elemento físico real, como a rede de drenagem, por exemplo, conduziram a produtos concisos e fidedignos da condição atual do maciço, separando áreas potenciais de risco daquelas aptas a usos específicos, gerando assim um zoneamento geoambiental. Dentre os métodos mais comumente aplicados em mapeamentos, a EUPS (Equação Universal de Perdas de Solo) é uma equação que quantifica perdas de solo por erosão considerando somente fatores intrínsecos ao solo, não levando em conta aspectos do substrato nem tão pouco sócio-econômicos. Além disso, seus índices não são capazes de definir áreas naturalmente mais vulneráveis da paisagem. Um método que pode preencher essas lacunas é o “Método Morfoestrutural para Mapeamentos Geoambientais” proposto por Jiménez-Rueda e Mattos (1992), que propõe o estudo da relação entre aspectos exógenos (solos e domínios de relevo) e endógenos (litologia e morfoestruturas). Em linhas gerais o método apregoa que a paisagem residual superficial guarda registros de toda a ação endogênica imposta por eventos tectônicos. Ressalta também a importância de se mapear zonas de falhas, dobramentos, juntas e fraturas por elas caracterizarem zonas de fraqueza da estrutura. De fato as propriedades e características de uma unidade da paisagem - o solo - advêm das variações físico-químicas sofridas por ele quando da mudança estrutural e/ou topográfica do relevo devido à atuação de forças dúcteis/rúpteis de caráter exo-endogênico. A partir de então o solo torna-se uma fonte de informação de toda a história evolutiva de uma região em seus mais variados parâmetros. Tais informações podem ser confirmadas pelas datações de materiais, por exemplo, arqueológicos, palinológicos e geológicos, o que possibilita inferir sobre a paleogeografia de uma época. Quanto maior a tentativa de remontar esse passado, maior é o nível de desconhecimento e imprecisão a que se chega, havendo de se trabalhar com uma larga margem de incerteza e aceitação de teorias. Bizzi et al., (2003) comentam que, se por um lado o nível do conhecimento e de certa forma a intensidade do dissenso acerca da formação dos supercontinentes cresce com o recuo no tempo geológico, por outro o histórico da evolução geológica e tectônica da Plataforma Sul-Americana estará sempre condicionado ao nível e à qualidade deste conhecimento, não havendo escapatória científica a este debate e a esta investigação. Diante desse quando, o Método Morfoestrutural aliado a ferramentas geotecnológicas apresenta-se como uma ferramenta capaz de minimizar incertezas e maximizar opções de visualização precisas da superfície terrestre em algumas épocas de formação. A área em que foi aplicado o método foi o Estado do Rio de Janeiro e parte dos estados limitantes.

2. Metodologia de Trabalho

A base de dados foi composta de imagens de radar do programa ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) e de um arquivo vetorial contendo as drenagens principais, recortado para a área de estudo (Figura 1). As imagens ASTER captam dados de alta resolução espacial a partir de 14 bandas, cujos comprimentos de onda vão desde o visível até ao infravermelho termal, permitindo visualização e criação de modelos digitais de elevação. As imagens estão disponíveis para *download* no site da NASA em formato TIFF (16 bits). A resolução espacial no visível e no infravermelho próximo é de 15 m. No infravermelho e de ondas curtas é de 30 m e no infravermelho termal é de 90 m. Cada célula da imagem ASTER possui associado a ela um valor de elevação. O site disponibiliza as imagens em projeção geográfica. Após baixadas, o sistema foi alterado para o de projeção plana para que pudessem ser geradas informações de comprimento dos segmentos de drenagem. Adotou-se o sistema UTM SAD 69 zona 24S. A drenagem foi obtida junto ao site da ANEEL e contém a os principais rios brasileiros.

De posse desse banco de dados inicial procedeu-se o adensamento da drenagem, base de todos os procedimentos sequenciais do Método. Esta etapa foi processada dentro do ArcGis através do módulo ArcHydro.

Todo o trabalho de confecção de mapas no MMMG (Método Morfoestrutural para Mapeamentos Geoambientais) é desenvolvido pela extração de feições (fraturas, juntas, falhas, lineamentos estruturais). A primeira etapa prática e a base do MMMG consistiu no adensamento da drenagem, feito através da reunião de cartas topográficas em escala 1: 50.000, que recobrissem a região de interesse, para completar, principalmente, drenos de 1ª ordem, os quais estão diretamente associados à exatidão dos mapas de traços de juntas e de máximos 1 e máximos 2. Toda a rede de canais foi classificada segundo o método de Strahler (1957).

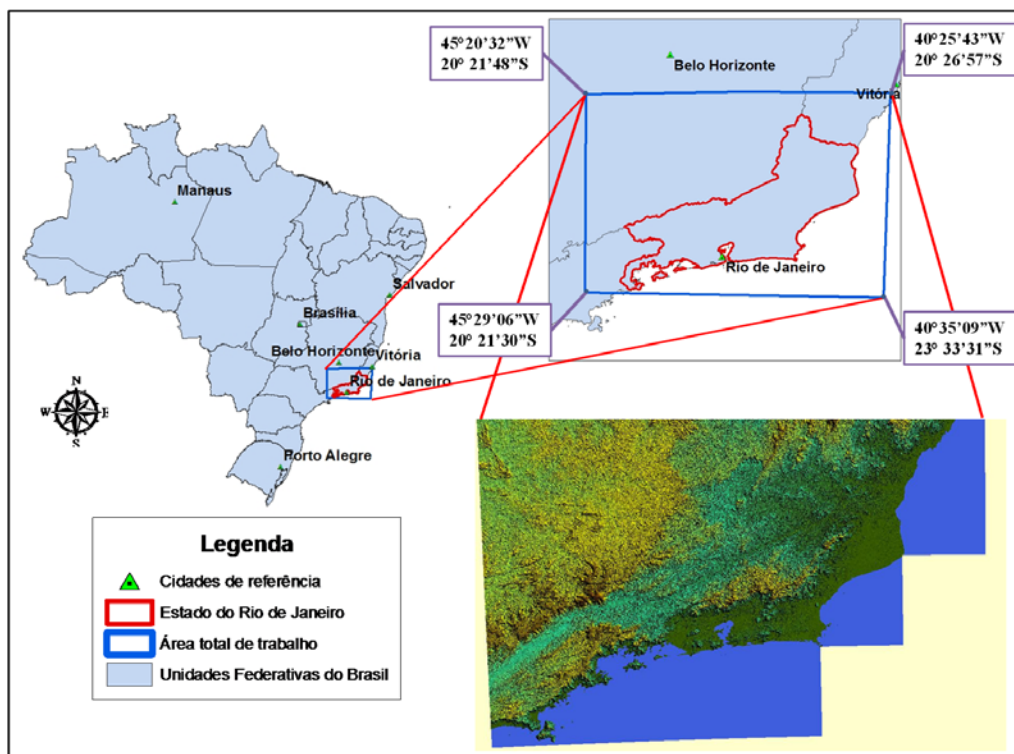


Fig. 1 – Localização da área de estudo.

2.1 Mapas Básicos

Os mapas intermediários à obtenção do mapa final, onde são determinadas as áreas de risco, são descritos na sequência abaixo.

2.1.1 Mapa de traços de juntas

Este mapa foi gerado pela extração dos elementos de drenagem de 1ª ordem, unidirecionais, fortemente estruturados e de extensão inferior a 1,5 km. Ele fornece a disposição espacial para a área de estudo da ocorrência de fraturamentos, foliações e acamamentos. Para gerar este mapa, partiu-se da drenagem ordenada, de onde se separaram os drenos de 1ª ordem. Foi calculado o comprimento de cada um e em seguida foi feita uma seleção daqueles menores ou iguais a 1,5 km. O módulo de análise de lineamentos do SPRING, além de produzir um arquivo de extensão 'txt' contendo a estatística descritiva dos traços, também fornece o diagrama de rosetas. Na estatística descritiva ficam definidos os sentidos de ocorrência dos traços em intervalos de 10°, variando de 0 a 180°. Dessa forma, se separaram os traços segundo as quatro direções principais (NS, EW, NE-SW e SE-NW) em arquivos distintos.

2.1.2 Mapa de máximos 1 e máximos 2s

Este mapa correspondeu à delimitação de zonas de traços de juntas quando estes se dispõem num arranjo nítido, definindo um padrão e uma direção preferencial. *Trends* de traços de juntas foram agrupados em zonas homólogas de tropia unidirecional com propriedades deformacionais, cujo comportamento difere de áreas sedimentares para áreas cristalinas. São trechos mais vulneráveis da área devido à concentração e/ou a sobreposição de traços. Indicam a orientação regional das estruturas e definem anomalias, isto é, mudanças bruscas nos *trends* regionais ocasionadas por falhamentos, redobramentos, descontinuidades, entre outros. Também relacionam inversamente a permeabilidade e a porosidade do maciço. Assim, áreas de alta permeabilidade correspondem a de baixa densidade de traços, o que equivale à baixa porosidade.

2.1.3 Mapa de lineamentos estruturais

Este mapa foi o resultado do traçado sobre a drenagem de linhas com extensão superior a 1,5 km. Linhas estas fortemente estruturadas, que representam os grandes falhamentos transcorrentes e cisalhantes que recortam o relevo da região sudeste, alterando a paisagem em decorrência de sua instalação. Correspondem a descontinuidades estruturais (discordâncias e falhas) que podem ou não estar associadas a contatos litológicos (OHARA et al., 2003). De acordo com Veneziani (1991), os segmentos que definem os lineamentos estruturais sofreram mais de um tipo de movimento relativo em seu eixo longitudinal ao longo de sua história evolutiva. Tais movimentos relativos se devem às forças tensionais exercidas pelos *trends* de juntas. A instalação dos lineamentos é responsável por fenômenos como reativação tectônica, rifteamentos, horsts/grábens, entre outros, pela ação de forças distensionais e compressionais.

2.1.4 Mapa morfoestrutural

Este mapa foi desenvolvido pela determinação de assimetrias e de formas anômalas de drenagem, as quais viabilizam a avaliação de áreas sob domínio de altos e baixos estruturais, a análise de mergulho aparente de camadas e a definição de regiões com comportamento divergente (altos estruturais) e convergente (baixos estruturais).

Os mapas foram elaborados a partir da análise e interpretação das formas e intensidade de estruturação dos elementos de drenagem. A interpretação consistiu em decifrar o significado geológico das diferentes formas e estruturações da drenagem, como elementos indicativos de estruturas geológicas

3. Resultados e Discussão

O mapa de áreas de risco do estado do Rio de Janeiro (Figura 2) resultou da combinação das informações obtidas nos mapas básicos.

As regiões com maior potencial de risco indicaram áreas muito recortadas pela drenagem ao nível geológico, evidenciando assim sua fragilidade natural. Essa afirmativa baseia no fato de que a drenagem é o elemento físico mais sensível às mudanças estruturais endógenas, formando então a morfoestrutura como ela se apresenta em superfície. À medida que o maciço sofre alterações litológicas, a rede de drenagem varia sua posição em superfície. Isso pôde ser detectado no mapa de traços de juntas, o qual conduziu à delimitação de zonas homólogas unidirecionais de drenos especificamente de 1ª ordem com comprimento inferior a 1,5 km, que refletem, em superfície, descontinuidades geológicas, estratigráficas e/ou estruturais muitas vezes responsáveis por movimentação relativa de blocos. O caráter geológico-estrutural do traço de junta está na representatividade em superfície da primeira incisão erosiva sofrida pelo substrato. Ou seja, nas cabeceiras de drenagem estão a primeira incisão erosiva profunda que pode indicar fragilidade da rocha imediatamente abaixo naquele ponto. Porém, somente a análise a tendência regional é que poderá determinar eficientemente o grau de instabilidade de área. Isso pôde ser descrito no mapa de máximos 1 e máximos 2, pois dos drenos de 1ª ordem determinaram-se as duas maiores frequências de traços. O diagrama de rosetas gerado indicou que os Máximos 1 estão no eixo NE-SW e os

Máximos 2 no NW-SE. Desta forma, o estado do Rio de Janeiro tem nessas direções, suas maiores zonas de fraqueza. As regiões no mapa de risco indicadas como de baixo e médio potencial (azul e amarelo, respectivamente) perfazem seu eixo longitudinal nas direções NE e NW.

Do ponto de vista de uso e ocupação, essas áreas são restritas à instalação de cemitérios, hospitais, postos de combustíveis e de rejeitos químicos, por exemplo, pois as duas direções cruzam-se ortogonalmente, aumentando a permeabilidade do maciço e, conseqüentemente, a velocidade de infiltração de fluidos. Rodovias devem evitar cortar a zona de alto potencial de risco, pois em cada nó (ponto onde a rodovia cruzaria a direção de fraqueza) pode haver ocorrência de vórtices de escoamento de terra. Tais eixos indicam variação no campo de tensão deformacional a que o maciço está submetido e, conseqüentemente, áreas de risco e de maior intensidade de fraturamento. A ocorrência de apenas um eixo indicaria que os traços se alinham unidirecionalmente, conferindo a área menor suscetibilidade à erosão. No entanto, onde os eixos se cruzam o equilíbrio dinâmico dos blocos já foi afetado ao ponto de os processos erosivos já terem se instalado, sendo estas áreas de muita alta erodibilidade. Nas áreas de risco alto e muito alto (laranja e vermelho) observou-se certa circularidade ou, no outro extremo, linhas estritamente retas da ordem de quilômetros.

A informação dada pelos lineamentos estruturais reforçou o que os *trends* de fratura haviam confirmado: uma predominante tendência a NE. Foram extraídos 479 lineamentos, num comprimento médio total de 17.000 km. A NE foram computados 184 segmentos fortemente alinhados em N50-60E sob azimute médio de $48^{\circ} \pm 14^{\circ}$. Seccionando esta tendência quase ortogonalmente estão 128 lineamentos com direção N40-50W no sentido azimutal de $130^{\circ} \pm 20^{\circ}$. Na direção NS determinara-se 99 lineamentos e na EW 68. A distribuição espacial dos lineamentos caracterizou um sistema distensional a NE responsável por *trends* de falhas transcorrentes. A de maior destaque é transcorrência dextral imposta pelo encaixo do Paraíba do Sul, que durante seu rifteamento alternou momentos de maior atividade tectônica com momentos de calmaria. Tais pulsos tectônicos modelaram a superfície do Estado do Rio de Janeiro através de forças compressivas e distensivas em ciclos successionais, deixando seu registro não só na morfoestrutura, por meio de altos e baixos estruturais, bem como pela expressiva orientação dos falhamentos principais nas direções NE-SW e SE-NW, pelo arranjo anômalo impresso na drenagem e pelos truncamentos recentes evidenciados nos lineamentos. O mapa morfoestrutural, que aparece também no mapa de áreas de risco do estado do Rio de Janeiro, mostrou algumas das grandes estruturas dômicas do sudeste brasileiro, como a transcorrência dextral na Zona de Cisalhamento Paraíba do Sul. Observou-se que as linhas não cotadas da morfoestrutura acompanharam a tendência dos lineamentos, confirmando a relação direta entre as manifestações na drenagem do comportamento endógeno da estrutura. Notou-se intensa movimentação tectônica na área efetivamente pelo grande número de estruturas dômicas truncadas e pela extensão quilométrica dos falhamentos e/ou lineamentos que as interceptam. Tais lineamentos controlam não só a orientação da drenagem, bem como as rupturas em nível e as fácies de dissecação fluvial.

4. Conclusões

A sistematização do Método Morfoestrutural para Mapeamentos Geoambientais trouxe mais agilidade ao processo de caracterização fisiográfica de uma área. A drenagem adensada mostrou-se qualitativamente superior às cartas de 1:50.000 hoje disponíveis e sobre as quais se executam mapeamentos em diferentes escalas. O ArcHydro, como ferramenta, preencheu a lacuna que havia quanto à morosidade de obtenção de cartas hidrográficas consistentes e até mesmo à falta das mesmas. Esta ferramenta aliada às imagens de radar viabiliza a produção de cartas hidrográficas para qualquer região brasileira. O produto a que se chegou mostra claramente áreas de risco no estado do Rio de Janeiro tendo como fundamento um elemento físico aparente – a rede de drenagem. Sob a ótica regional, este estudo destaca-se por trazer em si só a análise de relevo, de formas geológicas e geomorfológicas, bem como a análise pedológica. Isso somente com detalhamento dissecativo dos drenos. Obteve-se um produto cartográfico inédito e funcional,

aplicável em todas as instâncias de processos de tomada de decisão referente ao uso e ocupação do solo.

Referências Bibliográficas

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (eds.) 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CPRM-Serviço geológico do Brasil, Brasília: 2003, 624p.

JIMÉNEZ-RUEDA, J. R.; MATTOS, J. T. Monitoreo de las actividades antrópicas para la evaluación de la capacidad de soporte del medio físico: diagnóstico y pronóstico. In: SIMPOSIO LATINOAMERICANO SOBRE RIESGO GEOLÓGICO URBANO, 2.; CONFERENCIA COLOMBIANA DE GEOLOGIA AMBIENTAL, 2., 1992, Pereira. Memorias... Pereira: Corporación Autónoma Regional de Risaralda/Universidad Tecnológica de Pereira/Ingeominas, 1992, v.1, p.181-192.

STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of American Geophysical Union. New Haven, v. 38, p 913-920. 1957.

