

Compartimentação geomorfológica de Roraima por meio de análise de morfoestruturas. Estudo de caso: Serra do Tepequém e o Graben do Tacutu

Stélio Soares Tavares Júnior¹
Luiza Câmara Beserra Neta¹
Franzmilller Almeida Nascimento¹
Silas de Oliveira Nascimento¹

¹ Universidade Federal de Roraima –UFRR/IGEO
Av. Ene Garcez, 2413 – 69310-000 – Boa Vista – RR, Brasil
stelio@dgl.ufr.br; luiza@dgr.ufr.br; {millergeo, silasoliv}@hotmail.com

Abstract. The diversity of structural arrangements and rock types, occurring in the state of Roraima, allowed the characterization of at least four domains lithostructural. In each different landforms reflect the performance of the geological processes that have contributed to their generations. Accordingly, this study aimed to demonstrate the relationship of the geomorphological compartments of two regions of Roraima, the Tepequém mountain and Tacutu graben, with tectono - structural processes. The main approach used consisted of the integrated analysis of products from the application of photointerpretative techniques in multispectral images CCD/CBERS2B and multipolarized SAR / SIPAM with maps derived from altimetry data using GIS techniques. This integrated analysis allowed the preparation of morphostructures maps. The analysis of these maps together with geological data field contributed to the characterization of geomorphological compartments in both areas, which reflect distinct landforms, related to structural arrangements formed during several tectonic events over geological time.

Palavras-chave: remote sensing, photointerpretation, geology, geomorphology. sensoriamento remoto, fotointerpretação, geologia, geomorfologia.

1. Introdução

A porção mais setentrional da região amazônica apresenta uma riqueza de paisagens particulares, com morfologias de relevo características, entre as quais, destacam-se a região da Gran Sabanna (termo mais utilizado na Venezuela), em especial a que constitui o divisor de águas entre as bacias dos rios Orenoco e Amazonas, e os relevos residuais da porção central de Roraima.

Dentre as morfologias de relevo da região da Gran Sabanna ressaltam-se os de configuração tabular, estruturados em sequências de rochas sedimentares paleoproterozóicas do Supergrupo Roraima (CPRM, 1999) e caracterizados por montanhas em forma de grandes mesas escarpadas com topo aplainado, conhecidos regionalmente por *tepui* (Briceño e Schubert, 1990), como o Monte Roraima. No território brasileiro, esta região foi no passado recente palco de intensa atividade garimpeira para procura de diamante e ouro.

Na região central de Roraima, a morfologia de relevo predominante constitui-se de uma série de serras e morros preferencialmente orientados a NE-SW e estruturados em rochas de suítes metamórficas e magmáticas paleo e mesoproterozóicas do domínio litoestrutural Guiana Central (Reis et al. 2003). O setor norte desta região é limitado por uma bacia sedimentar mesozoica, estruturada em um graben, cuja gênese está relacionada a episódios de reativação tectônica do domínio Guiana Central. No interior deste graben as morfologias de relevo refletem a história evolutiva composta pelas fases pré-rift, rift e pós-rift definidas por Vaz et al. (2007). Estudos sísmicos, ocorrências fossilíferas e a exploração, em pequena escala, de petróleo na República Cooperativista da Guiana estimulam pesquisas e a prospecção de óleo e gás nesta bacia em território brasileiro.

Estas duas regiões do estado de Roraima consistem em simples exemplos da diversificação de paisagens que constituem um panorama singular na Amazônia brasileira, composto por áreas planas, serras, florestas e savanas, que formam um mosaico característico da região, intimamente relacionado aos processos geológicos evolutivos.

Em território roraimense aflora uma vasta variedade de tipos litológicos que abrangem quase todo o espectro cronogeológico, desde unidades paleoproterozóicas até a época holocênica. Reis et al. (2003), baseado em critérios litológicos, geocronológicos e estruturais, definiram quatro principais domínios litoestruturais: Parima, Urariquêra, Guina Central e Anauá-Jatapu.

Em cada um destes domínios diferentes formas de relevo refletem a atuação dos processos geológicos que contribuíram para suas gerações. Neste sentido, que se considera o estado de Roraima como típico exemplo para classificação da compartimentação geomorfológica por meio de unidade morfoestruturais de relevo, considerando, de acordo com Mescerjakov (1968), a definição de morfoestruturas como sendo grandes unidades estruturais que constituem um esqueleto do modelado da paisagem atual, elaboradas a partir dos movimentos tectônicos.

Em função desta relação, os estudos sobre o relevo de Roraima vêm se pautando na caracterização de unidades morfoestruturais, desde os trabalhos de Franco et al. (1975), que se baseavam apenas em critérios como as variações das formas de relevo e diferenças altimétricas, até trabalhos mais recentes como os de Costa (2008) e Beserra Neta e Tavares Júnior (2008) que levam em consideração, principalmente, as implicações tectono – estruturais.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar a relação da compartimentação geomorfológica de duas regiões do estado de Roraima com os processos geológicos, em especial, aqueles de caráter tectono – estruturais, utilizando como meios auxiliares produtos gerados a partir da aplicação de técnicas fotointerpretativas em imagens de sensores remotos e de geoprocessamento em ambiente de sistemas de informações geográficas (SIG's).

As regiões estudadas correspondem ao topo da serra do Tepequém e as áreas do interior e das adjacências do graben do Tacutu, cujas localizações mais precisas podem ser visualizadas na Figura 1.

2. Materiais e Métodos

Os dados analisados foram provenientes das interpretações em imagens de sensoriamento remoto e dos trabalhos realizados em campo, relativos à identificação e medidas de feições geológicas e geomorfológicas, bem como aqueles levantados da bibliografia pertinente.

Dois conjuntos de imagens de sensores remotos foram utilizados. Um de imagens ópticas multiespectrais do sensor CCD do satélite CBERS2B nas bandas 2, 3 e 4, órbitas/pontos 174/96, 175/96, 174/97 e 175/97, correspondentes à cobertura da área do graben do Tacutu e outro composto pelas imagens multipolarizadas da banda L de 6 m de resolução espacial do sensor SAR a bordo da aeronave R999 do SIPAM (Sistema de Proteção da Amazônia), correspondente a área do topo da serra do Tepequém. Ambos conjuntos de cenas foram imageados no ano de 2007 e obtidos por meio do endereço eletrônico www.dgi.inpe.br, no caso das imagens ópticas, e via solicitação ao Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM), no caso das imagens SAR.

O conjunto óptico foi submetido às operações de rotina de pré-processamento como a atenuação da interferência dos constituintes atmosféricos, registro e operações de realce. A operação de atenuação foi realizada por meio da subtração do pixel escuro de alvos de alta absorção, como os corpos aquosos, enquanto que os procedimentos de registro consistiram na aquisição de pelo menos 12 pontos de controle adquiridos no terreno para cada cena, com aplicação de polinômios de 3º grau, cujos valores de erros obtidos foram sempre inferiores ao valor da resolução espacial (20 m). A função linear foi aplicada para o aumento do contraste, visando à obtenção de imagens de qualidade visual para os procedimentos fotointerpretativos.

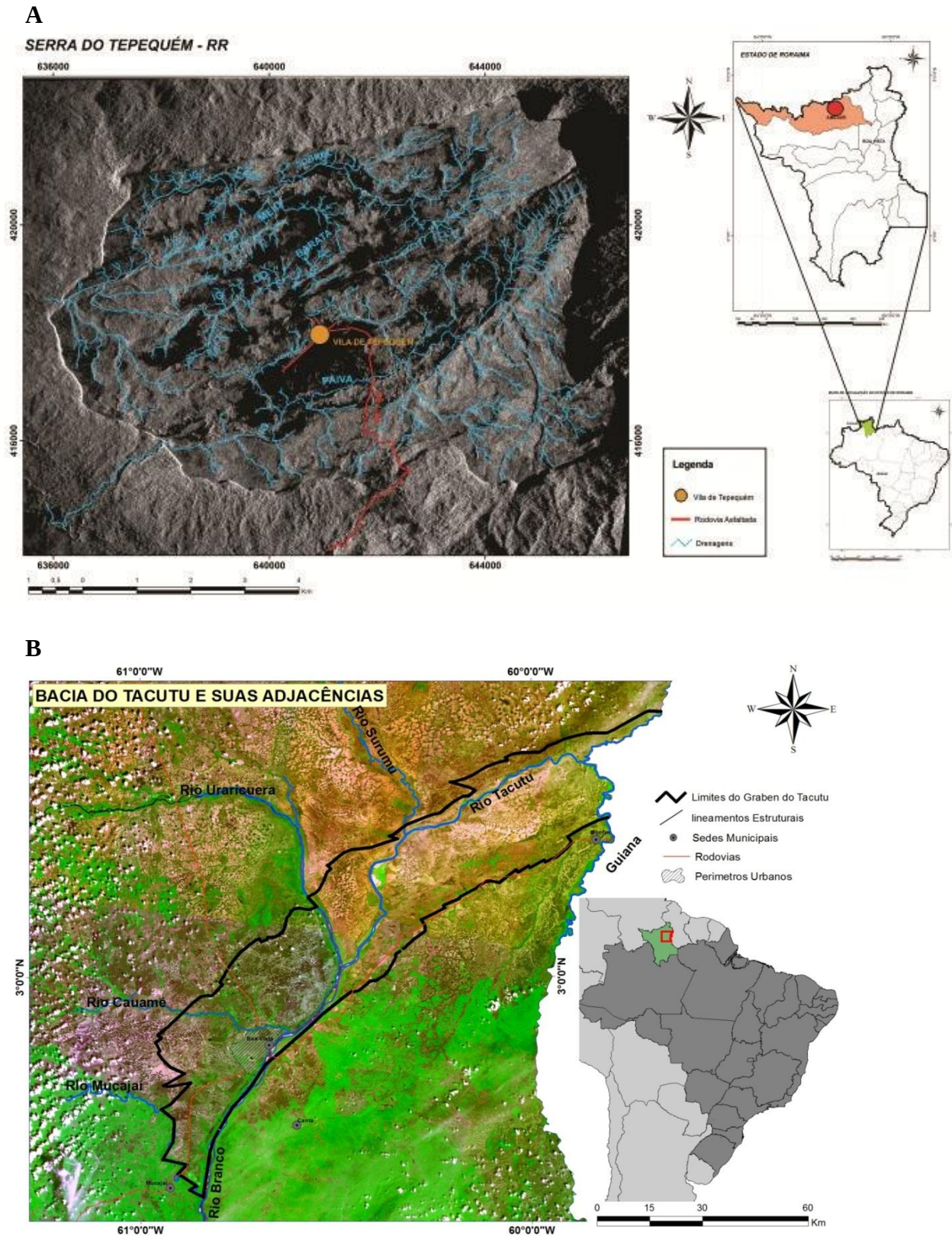


Figura 1. Localizações das áreas de estudo: **A** – imagem da banda L, polarização HH do, SAR/SIPAM, destacando o topo da serra do Tepequê, situada no município do Amajari, norte de Roraima, detalhe da rede de drenagem orientada estruturalmente a ENE-WSW, **B** – mosaico de imagem na composição colorida 3R4G2B do sensor CCD do CBERS2B, destacando os limites do graben Tacutu na porção brasileira, as principais drenagens e a cidade de Boa Vista, capital de Roraima.

As imagens SAR foram submetidas ao processo de ortorretificação através do modelo de funções racionais, com WRS obtido entre 6 e 7 metros, para 19 pontos de controle adquiridos no terreno. Em seguida, com intuito de ampliar o contraste e reduzir o ruído *speckle* foi aplicado o filtro EFRORST, disponível no aplicativo PCI Geomatica.

Todos os pontos de coordenadas geográficas foram adquiridos no terreno, por meio de receptor GPS, cujos erros de precisão foram sempre inferiores a 3 m, enquanto que os dados altimétricos utilizados para elaboração do modelo digital de elevação (MDE) foram provenientes do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*).

A técnica fotointerpretativa aplicada seguiu os procedimentos do método lógico sistemático descritos conforme Veneziani e Anjos (1982), para imagens multiespectrais, e Santos et al. (2000), para imagens SAR. Adaptações permitiram a elaboração e interpretação de forma integrada em ambiente SIG do mapa de contorno de isomorfoestruturas, que levou em consideração, principalmente, a análise das propriedades dos elementos texturais de drenagem e relevo relativas à tropia, assimetria, lineações estruturais com os mapas de altimetria e declividade, a fim de traçar linhas isomorfoestruturais, representantes de flexuras do terreno derivadas de processos geológicos, cujos valores são arbitrários e coerentemente definidos, conforme demonstrado por Araújo et al. (2003). Deste modo, a matriz referente ao modelo numérico de terreno (MNT) e conseqüentemente o modelo digital de terreno (MDT), correspondente à imagem de morfoestruturas puderam ser gerados, a fim de aprimorar a interpretação das morfoestruturas e, por conseguinte o entendimento da compartimentação geomorfológica. As etapas dos procedimentos metodológicos podem ser visualizadas no fluxograma da Figura 2.

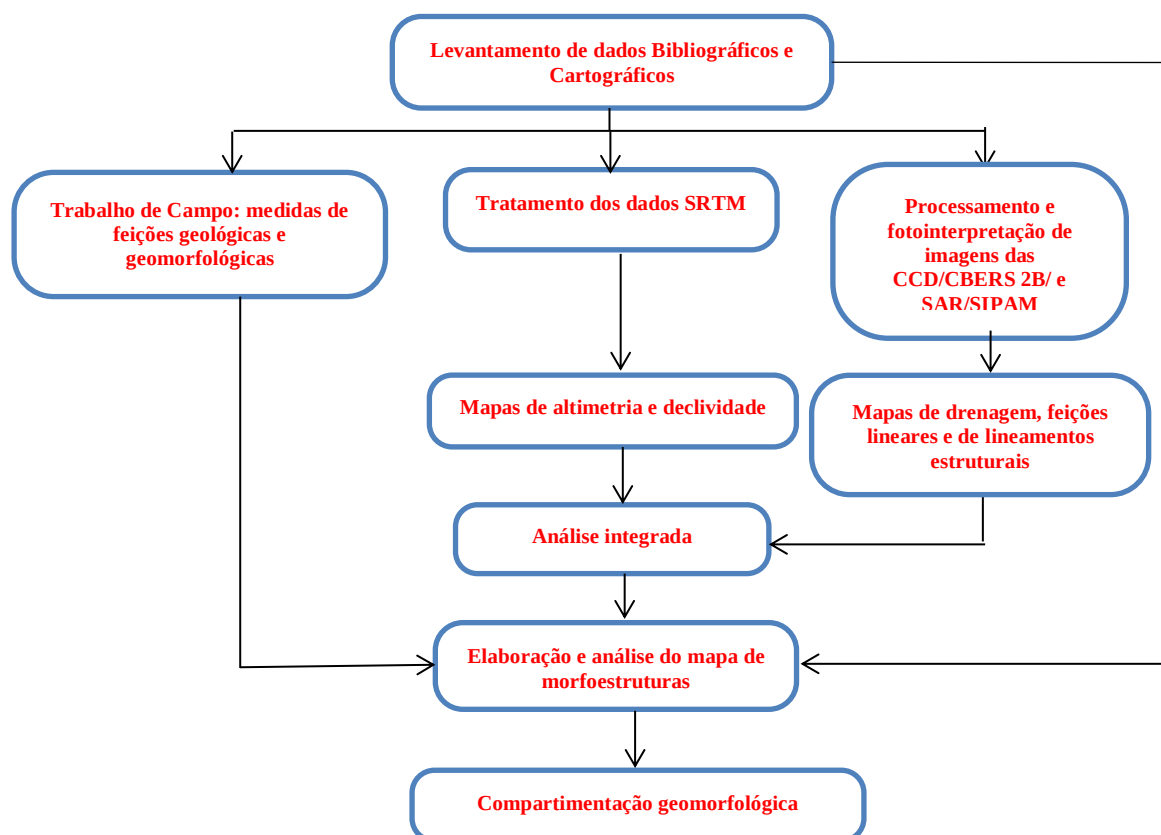


Figura 2. Fluxograma mostrando as principais etapas dos procedimentos metodológicos para elaboração dos mapas de morfoestruturas e de compartimentação geomorfológica.

3. Resultados e Discussão

A aplicação da técnica fotointerpretativa sobre as imagens multiespectrais e SAR integrada à interpretação dos mapas temáticos de altimetria e declividade permitiram a elaboração dos mapas de morfoestruturas, tanto para a região de topo da serra do Tepequém, como para a do graben do Tacutu e adjacências. A análise destes mapas juntamente com dados geológicos de campo contribuiu para a caracterização de compartimentos geomorfológicos nas duas áreas. Estes compartimentos refletem formas de relevo distintas, relacionadas a arranjos estruturais resultantes de processos tectônicos responsáveis pela história evolutiva dessas duas áreas.

Na serra do Tepequém o mapa de morfoestruturas indica áreas de alto e baixo estrutural (Figura 3). Este arranjo estrutural é predominantemente caracterizado por fraturas, falhas normais e direcionais preferencialmente de direção NE-SW, que desempenham um notável controle na organização da rede de drenagem e na morfologia do relevo através dos alinhamentos de morros e escarpas de falhas incorporando facetas trapezoidais.

Estas morfoestruturas constituem o arcabouço dos seguintes compartimentos geomorfológicos, descritos por Beserra Neta et al. 2007 e Beserra Neta e Tavares Júnior, 2008: a) escarpas erosivas que formam as faces do entorno da serra Tepequém, estas são íngremes e com ângulo de inclinação superior a 30°, representam recuo de planos de falhas normais elaboradas nos arenitos da Formação Tepequém; b) Encostas íngremes que bordejam a estrutura interior do topo da serra, com altitudes de até 1.100 m; c) Morros residuais com variação altimétrica de 680 a 900 m, com orientação predominante na direção NE-SW e secundariamente E-W e; d) Planícies intermontanas que correspondem por grandes áreas aplainadas encontradas no interior da serra, onde se instalam a rede de drenagem (Figura 4).

No interior graben do Tacutu se sobressaem duas morfoestruturas em relevos topograficamente mais elevados, correspondentes às regiões conhecidas como Serra do Tucano (NE do graben) e Serra Nova Olinda (SW do graben), que constituem arcabouços de uma sequência de morros e serras com morfologia de cuevas e altitudes variando de 100 a 300 metros, sustentados pelas rochas areníticas da Formação Serra do Tucano vulcânicas basálticas da Formação Apoteri. Tanto na análise fotointerpretativa como nas medidas obtidas em campo, as estruturas como planos de acamamento, falhas transcorrentes e normais e fraturas em geral mostram forte domínio da orientação NE-SW, evidenciando a relação destas morfoestruturas com uma tectônica transpressiva, resultante de reativações no cenozoico.

Estas morfoestruturas estão circundadas por uma extensa área pediplanada, suavemente ondulada, constituída por sedimentos areno-argilosos da Formação Boa Vista, localmente interrompida por uma superfície composta por uma crosta laterítica.

Outras morfoestruturas mapeadas consistem em altos estruturais, tanto a norte como a sul do graben, representados por relevos residuais, cujas altitudes podem alcançar 898 m, sustentados por um conjunto de rochas do embasamento Paleo a Mesoproterozóico, formado por ortognaisses da Suíte Metamórfica Rio Urubu, paragnaisses, quartzitos e metassedimentos do Grupo Cauarane e rochas graníticas da Suíte Intrusiva Mucajaí. Geologicamente estas morfoestruturas servem como ombreiras, resultantes principalmente do abatimento de blocos rotacionados por falhas normais durante as fases pré e sín-rift.

A relação estrutural das morfoestruturas mapeadas com os compartimentos geomorfológicos identificados nas regiões do interior e das bordas do graben do Tacutu pode ser observada nas Figuras 5 e 6.

Os termos utilizados para expressar a nomenclatura das unidades litológicas, correspondem aqueles já consagrados através dos levantamentos geológicos da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais).

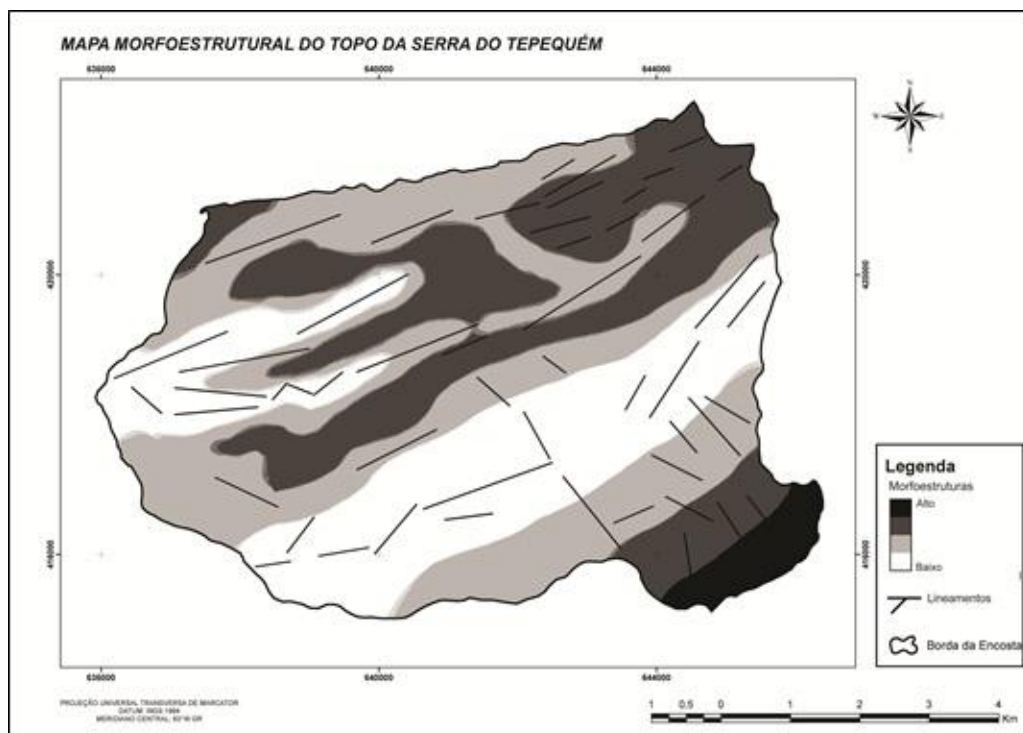


Figura 3. Mapa de morfoestruturas da região do topo da serra do Tepequém elaborado a partir do modelo numérico correspondente a contornos isomorfoestruturais. Destacam-se as altas e baixas morfoestruturas e seus condicionamentos aos lineamentos estruturais.

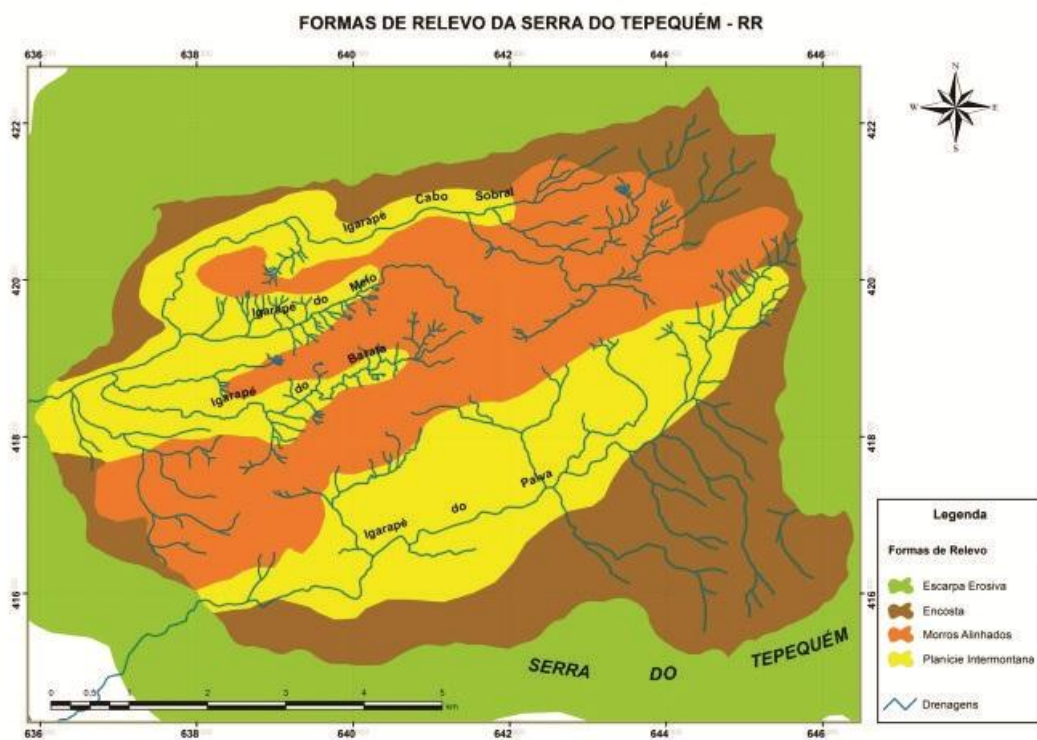


Figura 4. Mapa de compartimentação geomorfológica da região do topo da serra do Tepequém. Destacam-se as formas predominantes de relevo, correspondentes as grandes morfoestruturas mapeadas.

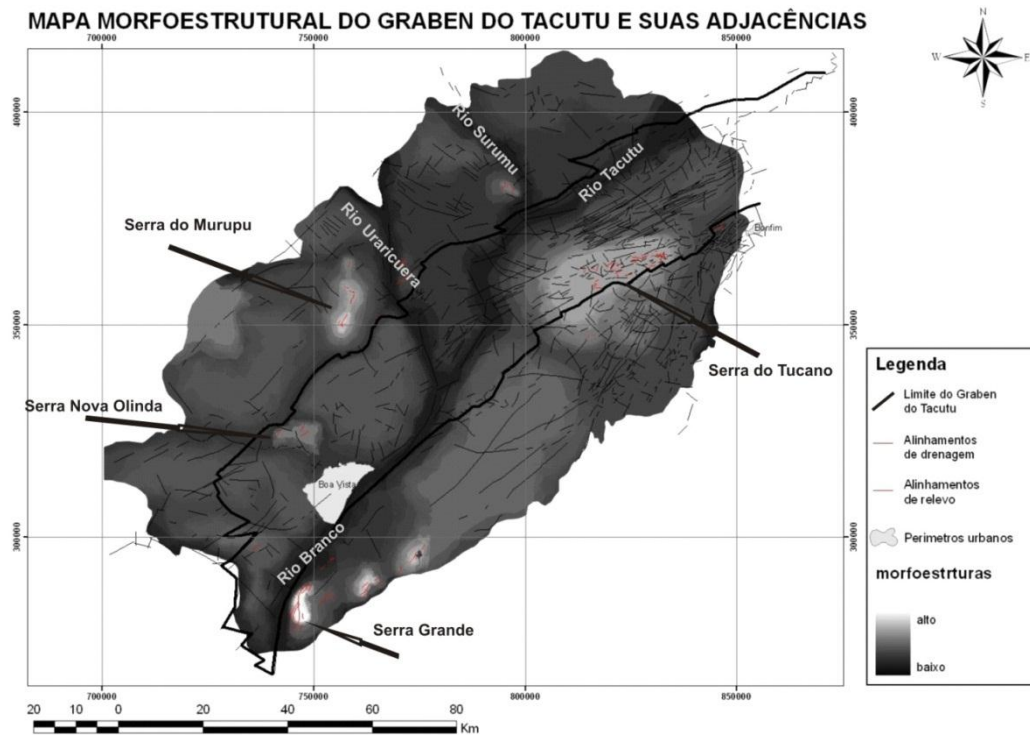


Figura 5. Mapa de morfoestruturas do graben do Tacutu e adjacências, elaborado a partir do modelo numérico correspondente a contornos isomorfoestruturais. Destacam-se as altas morfoestruturas relacionadas às grandes formas de relevo representadas por serras e morros.

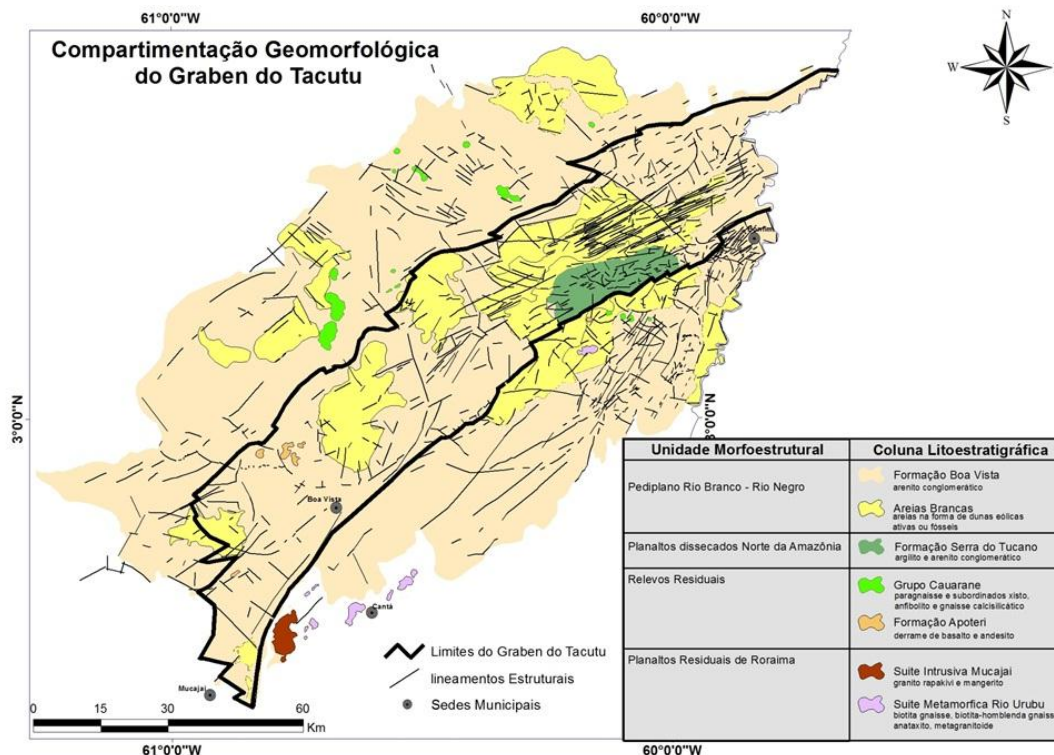


Figura 6. Mapa de compartimentação geomorfológica da região do graben do Tacutu e adjacências. Destacam-se as formas predominantes de relevo, correspondentes às grandes morfoestruturas mapeadas.

4. Considerações Finais

A introdução de adaptações referentes à análise integrada entre produtos oriundos da aplicação de técnicas fotointerpretativas em imagens de sensores remotos, com mapas gerados a partir de dados altimétricos por meio de técnicas de geoprocessamento, mostrou-se eficiente na geração dos mapas de morfoestruturas, permitindo a interpretação de informações mais refinadas, contribuindo de sobremaneira para o mapeamento dos compartimentos geomorfológicos e suas relações com os processos tectônicos geradores.

As análises realizadas nas duas áreas demonstraram que os arranjos estruturais formados durante os vários eventos tectônicos ao longo do tempo geológico contribuíram com a atual configuração da compartimentação geomorfológica. No caso específico da região de topo da serra do Tepequém, estes eventos proporcionaram a formação de distintas formas de relevo, descaracterizando a classificação de relevo tabular (tepui), ainda muito utilizada na literatura para designar a forma de relevo desta serra.

Referências Bibliográficas

- Araújo, C. C.; Yamamoto, J. K.; Madrucci, V. Análise Morfoestrutural em Área de ocorrência de Arenito. **Revista do Instituto Geológico**, v. 24, p. 25-41, 2003.
- Beserra Neta, L. C.; Costa, M. L.; Borges, M. S. A planície intermontana Tepequém, Roraima, e sua vulnerabilidade erosiva. In: Rosa-Costa, L. T.; Klein, E. L.; Viglio, E. P. (Org.). **Contribuições à Geologia da Amazônia**. Belém: SBG - Núcleo Norte, 2007. v.5, p.89-100.
- Beserra Neta, L. C.; Tavares Júnior, S. S. Geomorfologia do Estado de Roraima por Imagens de Sensores Remotos. In: Silva, P. R. F.; Oliveira, R. S. (Org.). **Roraima 20 Anos: As Geografias de um Novo Estado**. Boa Vista: Editora UFRR, 2008. p. 168-192.
- Briceño, O. H. e Schubert, C. Geomorphology of the Gran Sabana, Guayana Shield, Southeastern Venezuela. **Geomorphology**, n.3, p. 125-141, 1990.
- Costa, J. A. V. Compartimentação do relevo do estado de Roraima. In: OLIVEIRA, R. S. (Org.). **Roraima em foco: pesquisas e apontamentos recentes**. Boa Vista: Editora UFRR, 2008. p.77- 107.
- CPRM. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Projeto Roraima Central, Folhas NA.20-X-B e NA.20-X-D (inteiras), NA.20-X-A, NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-VC (parciais)**. Manaus: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 1999. CD-ROM.
- Franco, E. M.S.; Del'Arco, J. O.; Rivetti, M. Geomorfologia da folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21. In: Departamento Nacional de Produção Mineral (Org.). **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: DNPM, 1975. v. 8, p. 139-180.
- Mešerjakov, J. P. Les concepts de morphostructure et de morphosculpture, um nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, v. 77, n.423, p. 539-552, 1968.
- Reis, N. J.; Fraga, L. M.; Faria, M. S. G.; Almeida, M.E. Geologia do estado de Roraima, Brasil. **Geologie de la France**, n. 2-3-4, p. 121-134, 2003.
- Vaz, P. T.; Wanderley Filho, J. R.; Bueno, G. V. Bacia do Tacutu. **Boletim de Geociências da Petrobras**. v. 15, n. 2, p. 289-297, 2007.
- Veneziani, P.; Anjos, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de Sensoriamento Remoto e aplicações em Geologia**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1982. 54 p. (INPE-2227-MD/014).
- Santos, A. R.; Veneziani, P.; Paradella, W. R.; Moraes, M. C. **Radar aplicado ao mapeamento geológico e prospecção mineral: aplicações**. São José dos Campos: INPE/ADIMB, 2000. 103p.