

# Mapeamento geomorfológico preliminar da Folha Seabra (SD24-V-A-I), Bahia, com o uso de imagem SRTM.

Henrique César Pereira Assumpção (IC)  
Gisele Mara Hadlich

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia – IGEO/UFBA, Depto. de Geoquímica  
Av. Barão Geremoabo, s/n.- Instituto de Geociências - 40170-290 Salvador, BA, Brasil  
E-mail: henri2ue@gmail.com, gisele@ufba.br

## Abstract.

Geographical Information System (GIS) has great relevance as an instrument that makes possible geomorphologic analysis and comprehension of one specific area. This paper aims a preliminary geomorphologic mapping of the Seabra topographic map (BA), scale 1:100.000. Hypsometric and clinographic maps were generated through SPRING software and its extensions (IMPIMA and SCARTA); dissection rates were calculated using the SRTM image. From these procedures, 9 geomorphological units had been identified. The mapping was elaborated by the methodological proposal of Ross (2000), establishing levels of analysis scale (taxon).

**Palavras-chave:** geomorphology, Spring software, remote sensing, geomorfologia, sensoriamento remoto.

## 1. Introdução

Os diversos tipos de mapas são elaborados visando uma melhor compreensão do ambiente em que o homem vive. Para isso, com passar dos anos, foram desenvolvidas diversas técnicas para projetar em um plano uma representação fiel do espaço que ele ocupa. Hoje, com as descobertas de novas tecnologias, as técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento se fazem essenciais para a composição de diversos mapas temáticos e facilitam a compreensão e os estudos espaço-ambientais de uma região.

O mapa geomorfológico pretende representar as feições de relevo, levando em consideração elementos físicos como a geologia, a rede de drenagem, declividade das vertentes etc. Sua importância está na contribuição dada ao planejamento do território e para o desenvolvimento das atividades econômicas, uma vez que fornece informações sobre o relevo e sua dinâmica, além de seu relevante apoio na área científica.

O objetivo desse artigo é fazer um estudo e produzir um mapa geomorfológico preliminar da carta topográfica de Seabra, em escala 1:100.000 (Brasil, 1980), delimitando as unidades geomorfológicas, levando em consideração a geologia, rede de drenagem, a declividade das vertentes e o grau de dissecação.

A área de estudo localiza-se na região central do Estado da Bahia (12°00'-12°30'S, 41°30'-42°00'W), no semi-árido nordestino. Insere-se, portanto, no Domínio Morfoclimático das Depressões Periféricas e Interplanálticas (Ab'Saber, 2000).

A região de Seabra apresenta uma morfologia ligada a sua gênese tectônica, onde se encontra uma área que apresenta falhas e relevos dobrados, além de apresentar áreas onde é fácil observar a grande força modeladora dos ventos, dos rios e da chuva, configurando uma região que apresenta muita heterogeneidade no seu relevo.

### 1.1. Imagem SRTM

A interferometria de radar é um método alternativo ao método estereoscópico tradicional de extração de informações altimétricas, utilizando as propriedades de

coerência do Radar de Abertura Sintética (SAR) e aproveitando as vantagens dos sistemas de radar e do processamento digital de imagens. Por ser um sensor ativo, o radar não necessita de luz solar para o imageamento e, principalmente por atuar na região das microondas do espectro eletromagnético, não sofre a influência do ambiente. Em função destas características a interferometria SAR possibilita a elaboração de Modelos Digitais de Elevação (MDE), tão importantes para a geomorfologia (Silva & Santos, 2007).

O projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), um dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) mais usados atualmente, representa a primeira experiência de interferometria a bordo de uma nave espacial. No período de 11 a 22 de fevereiro de 2000, a bordo do Space Shuttle Endeavour, numa altitude de vôo de 233 km e uma inclinação de 57°, um conjunto composto por duas antenas coletou 14 terabytes de dados que permitiram a avaliação do perfil de altitude para criação de modelo digital tridimensional da Terra entre as latitudes 60°N e 58°S. Este arranjo de antenas consiste em uma principal, americana do sistema SIR-C operando na banda C com comprimento de onda de 6,0cm colocada no compartimento de carga da nave com função de transmissão e recepção e outra antena secundária, germano-italiana do sistema X-SAR, operando na banda X com comprimento de onda de 3,1cm com função de recepção, colocada na extremidade de uma haste de 60 metros de comprimento fora da nave, configurando a linha de base interferométrica que garante a observação a partir de dois pontos ligeiramente diferentes (Koch, Heipke & Lohmann, 2002).

Os dados brutos foram processados pela NASA e, apesar de obtidos com resolução espacial de 1 segundo de arco (aproximadamente 30m na linha do Equador), estão disponíveis com este nível de detalhe apenas para a área dos Estados Unidos. Para os outros países, houve uma reamostragem dos dados para 3 segundos de arco (aproximadamente 90 m) de resolução espacial. O produto final possui precisão vertical global de  $\pm 16$  m e horizontal de  $\pm 20$ m. Para a América do Sul, a precisão vertical é de 6,2m e a horizontal de 9,0m. O produto é georreferenciado ao *datum* WGS84 em coordenadas geográficas decimais e pode ser obtido via Internet. Os dados para o território brasileiro processados pela Embrapa (Miranda, 2005) estão disponíveis segundo a articulação das folhas topográficas em escala 1:250.000 (Grohman, Riccomini & Steiner, 2006).

## **2. Materiais e métodos**

Para obter os resultados desejados, foi necessário realizar estudos bibliográficos. Para processar as imagens SRTM que serviram de base neste estudo, foi utilizado o programa computacional SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, versão 5.0.2 (Inpe, 2008), pois trata-se de ótima ferramenta no processamento de imagens, na análise espacial e modelagem numérica de terreno e na consulta de banco de dados, além de ser acessível. Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, através de manipulações e análises feitas sobre a imagem SRTM.

### **2.1 Levantamento bibliográfico**

Esta etapa se desenvolveu através do levantamento de informações geológicas e geomorfológicas da área de estudo. As referências que nortearam essa pesquisa foram o mapa de geologia, geomorfologia e o texto explicativo do Projeto RADAMBRASIL (Brasil, 1981), o mapa geológico, geomorfológico (Estado da Bahia, 1980 e Estado da Bahia, 1980). Como base da análise, foi utilizada a carta topográfica.

A compartimentação geomorfológica foi adaptada a partir de Ross (2000) e Nunes (1995) que sugerem seis níveis de abordagem (táxons) associados à escala de análise. Este trabalho irá se focalizar em cinco táxons devido à escala dos dados disponíveis: 1° Unidade morfoestruturais (macroestruturas) - identificação de áreas homogêneas quanto à textura; 2° Unidade morfoesculturais - compartimentos e sub-compartimentos do relevo posicionados em diferentes altitudes pertencentes a uma determinada morfoestrutura; 3° Modelado dos agrupamentos de formas (denudação, acumulação); 4° Conjunto de formas semelhantes - tipologias de modelado como topos convexos, topos tabulares etc, representado por letras minúsculas (c e t, respectivamente); 5° Dimensões de formas - distância média entre interflúvios e grau de entalhamento dos canais (servindo, como referência, o trabalho de Furrier, 2007).

## 2.2 Geoprocessamento

Através da importação da imagem SRTM para o SPRING, pôde-se realizar observações sobre as variações altimétrica e a configuração espacial do relevo, resultando em informações relevantes para o mapeamento geomorfológico.

Após importar a imagem SRTM da folha Seabra, foram criadas curvas de nível com uma equidistância de 80m com a ferramenta “geração de Isolinhas”. Optou-se por curvas a cada 80m devido à elevada amplitude altimétrica na área estudada, de 820m. A partir dessas isóbatas, fez-se o fatiamento da imagem. O fatiamento consiste em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular (ret) ou triangular (tin). As faixas de amplitude altimétrica e de declividade, na imagem temática resultante, são chamadas pelo Spring de fatia. Desta forma, criou-se um Plano de Informação de categoria temática representando as classes da variação altimétrica, conseqüentemente cada fatia foi associada a uma classe temática previamente definida através do Banco de Dados ativo. Posteriormente criou-se uma grade retangular da declividade, criando um novo MNT com as declividades através da ferramenta “declividade”; a partir dela criou-se outro PI temático, definindo as classes de declividade, e logo após fez-se o fatiamento associando as classes definidas com as declividades geradas a partir da grade. O uso de uma imagem temática resultante do fatiamento de grades proporcionou uma visão pictórica da região, ao mesmo tempo que, em se tratando de um PI, pôde-se fazer associações e sobrepor os dados, podendo assim fazer correlações entre elas.

Para melhor observação das feições do relevo, foi criada também uma imagem sombreada a partir da imagem SRTM, com 10° de azimute, 45° de elevação e 11.98 como exagero do relevo. A imagem resultante (figura 1) ressaltou as feições de relevo e facilitou na delimitação das áreas geomorfológicas.

Para encontrar os índices de dissecação do relevo também foi utilizado o SPRING; para isso foi necessária a geração de rede de drenagem (figura 2), que foi definida a partir da grade de fluxo acumulado. O índice de dissecação foi calculado relacionando a distância interfluvial dos médios cursos dos rios de 2ª ordem (médias, tendo sido essa distância medida através da ferramenta “Operações Métricas” e usando como opção a distância geodésica) e a distância vertical média de aprofundamento do canal (obtido através das informações topográficas contidas na imagem SRTM, posicionando o cursor de informação nos canais selecionados, achando assim o seu aprofundamento). Com esses valores foi elaborado um quadro de dissecação.

Por fim, a partir dos PIs temáticos de hipsometria e declividade, foram elaborados, na extensão SCARTA, os mapas hipsométrico e clinográfico.

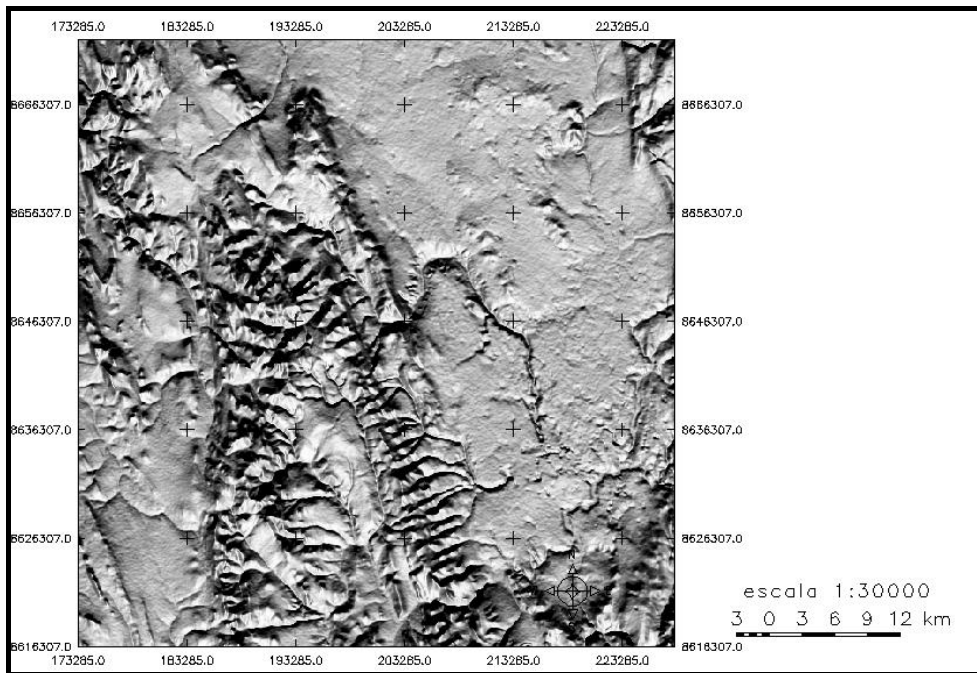


Figura 1. Imagem sombreada obtida através da SRTM da região Seabra, BA

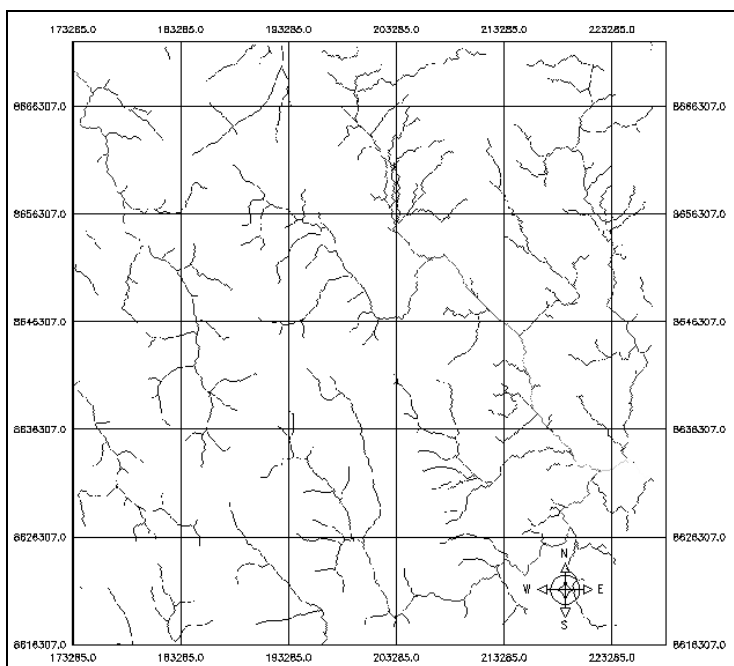


Figura 2: rede de drenagem calculada a partir de água acumulada.

### 3. Resultados

Analisando o mapa geomorfológico em escala 1:1.000.000 (Bahia,1980), percebe-se que a Região contemplada na folha é a Chapada Diamantina. A mesma compreende um conjunto complexo de formas estruturais, realçadas pela dissecação. Este fato torna mais evidente a presença de dobras e falhas de metassedimentos do Precambriano. Suas formas aplanadas dispõem-se sobre as rochas do grupo Bambuí, que apresentam os efeitos da Karstificação dos calcários.

A região é representada na área de estudo por três unidades geomorfológicas: 1) Planaltos Kársticos, apresentando rupturas de declive, ou seja, pequenos desníveis resultantes da diferenciação de resistências litológicas, além de apresentar coberturas

detríticas, lateríticas ou sedimentar; 2) Anticlinais Aplanados e Esvaziados, Sinclinais Suspensos, Blocos Deslocados por Falhas: os tipos de modelado apresentados nesta área são resultantes do processo de desnudação, e deste processo resultaram serras, montanhas, elevações alinhadas ou grupadas em maciços, encostas convexas, convexo-côncavas e às vezes retilíneas; mais abaixo este processo também contribuiu para formação de lombadas, morros, montes; feições geralmente convexas ou convexo-côncavas, sendo estas separadas por vales chatos ou agudos; e 3) Pediplano Cimeiro com altitudes elevadas e com relevos mais planos, sem muitas elevações de morros ou serras.

A partir do cruzamento da variáveis obtidas, mapa de declividade e mapa hipsométrico (Figuras 3 e 4, respectivamente), considerando os diferentes graus de dissecação obtidos (Quadro 1) e estabelecendo relação com a geologia da área, foram identificadas 9 unidades geomorfológicas.

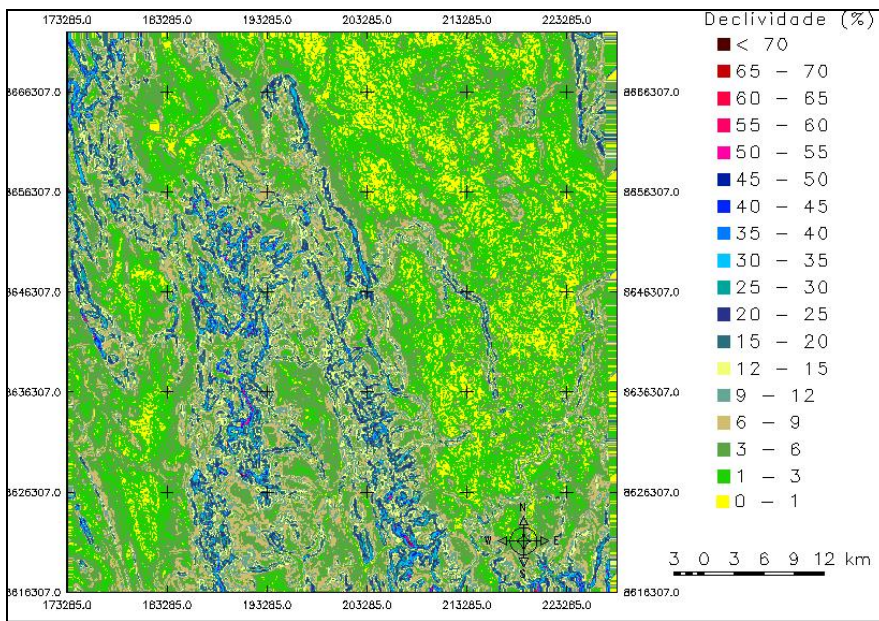


Figura 3. Mapa clinográfico da Folha Seabra, BA.

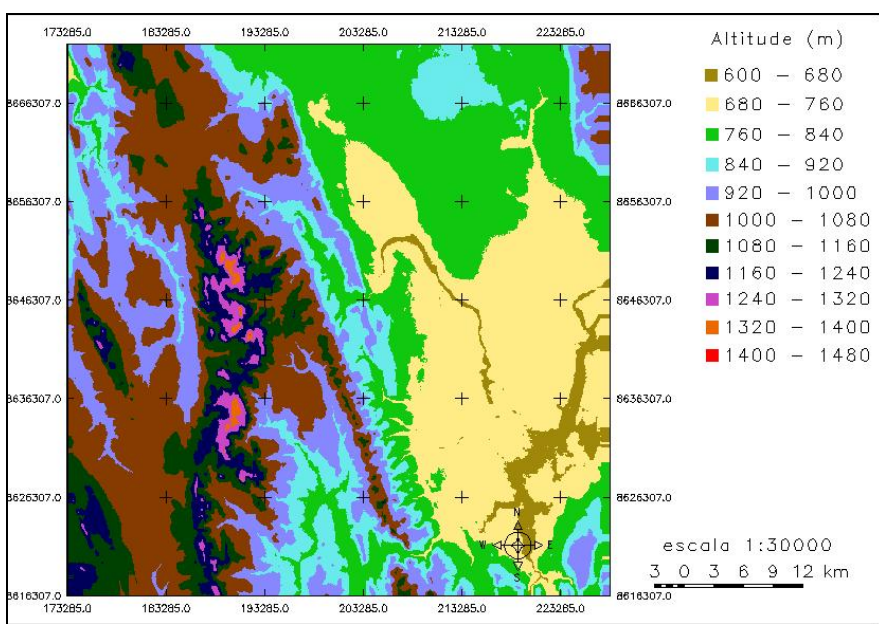


Figura 4 – Mapa hipsométrico da Folha Seabra, BA.

Quadro 1: Graus de dissecação calculados para a folha Seabra.

APROFUNDAMENTO DO VALE (m)	DISTÂNCIA INTERFLUVIAL (m)				
	MUITO GRANDE (1) > 10000	GRANDE (2) 5000 - 10000	MÉDIA (3) 5000 - 3500	PEQUENA (4) 3500 - 2000	MUITO PEQUENA (5) <2000
MUITO FRACO (1)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
FRACO (2)	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
MÉDIO (3)	3.1	3.2	3.3	3.5	3.5
FORTE (4)	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
MUITO FORTE (5)	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5

As unidades geomorfológicas são descritas a seguir e apresentadas no mapa geomorfológico (Figura 5).

- Feição 1: compreende uma região onde relevos cársticos se fazem presentes em toda a sua extensão, formando assim, um relevo de baixa amplitude altimétrica e com presença de ouvalas. Possui um modelo de dissolução (Di) e uma morfologia de aplainamento de 0 a 5% de declividade, relevo suave; apresenta grau de dissecação de 2.2.

- Feição 2: apresenta altitude de 760 a 920m. Verifica-se um padrão de formas de denudação (D) e aplainado (p), com canais de drenagem de baixo entalhamento (índice de dissecação 1.1) e declividade oscilando entre 0 a 10%; padrão de drenagem apresenta uma densidade muito baixa.

- Feição 3: encontra-se em altitudes de 760 a 1240m. A morfologia da unidade é denudacional (D) com topos aguçados (a), grau de entalhamento dos canais 3.4 (muito forte) e declividades superiores a 60%; possui drenagem dendrítica e densidade média.

- Feição 4: com altitudes de 840 a 1120m, apresenta formas de denudação de relevo de topos (Dt) convexos de alta dimensão interfluvial e baixo entalhamento dos canais (índice de dissecação 3.1), e de declividade ao entorno de 10 a 40%. Possui um padrão de drenagem dendrítico de densidade média.

- Feição 5: com altitudes de 1080 a 1400m, apresenta formas de denudação (D) de relevo e possui topos aguçados (a), possui uma média dimensão interfluvial e médio entalhamento dos canais (índice de dissecação 4.4), e de declividade ao entorno de 10 a 60%. Possui um padrão de drenagem dendrítica de densidade média.

- Feição 6: encontra-se entre 1080 a 1480m de altitude, apresenta drenagem dendrítica de densidade média; constitui-se por um modelo de serras altas, se comportando como um modelo de denudação muito dissecado (índice 4.5) e declividade variando de 10 a 75%, com topos aguçados (Da).

- Feição 7: situa-se na faixa de 1080 a 1240 m de altitude em um relevo pouco dissecado, constituindo portando um modelo de denudação (D). Possui uma com topos convexos (c) e um grau de entalhamento dos canais de 2.3 (fraco) e declividade de 0 a 10%. O padrão de drenagem é dendrítica e de densidade média a alta.

- Feição 8: localiza-se de 760 a 1080m de altitude; é uma área dissecada, e portanto de denudação com topos convexos (Dc), com declividades próximas a 10 a 30%. Apresentando índice de dissecação de 4.3, e apresenta uma drenagem dendrítica e de média densidade.

- Feição 9: localiza-se de 760 a 1000m de altitude; é uma área dissecada, e portanto de denudação com topos aguçados (Da), com declividades variando de 10 a 60%. Apresentando índice de dissecação de 4.3, e apresenta uma drenagem dendrítica e de média densidade.

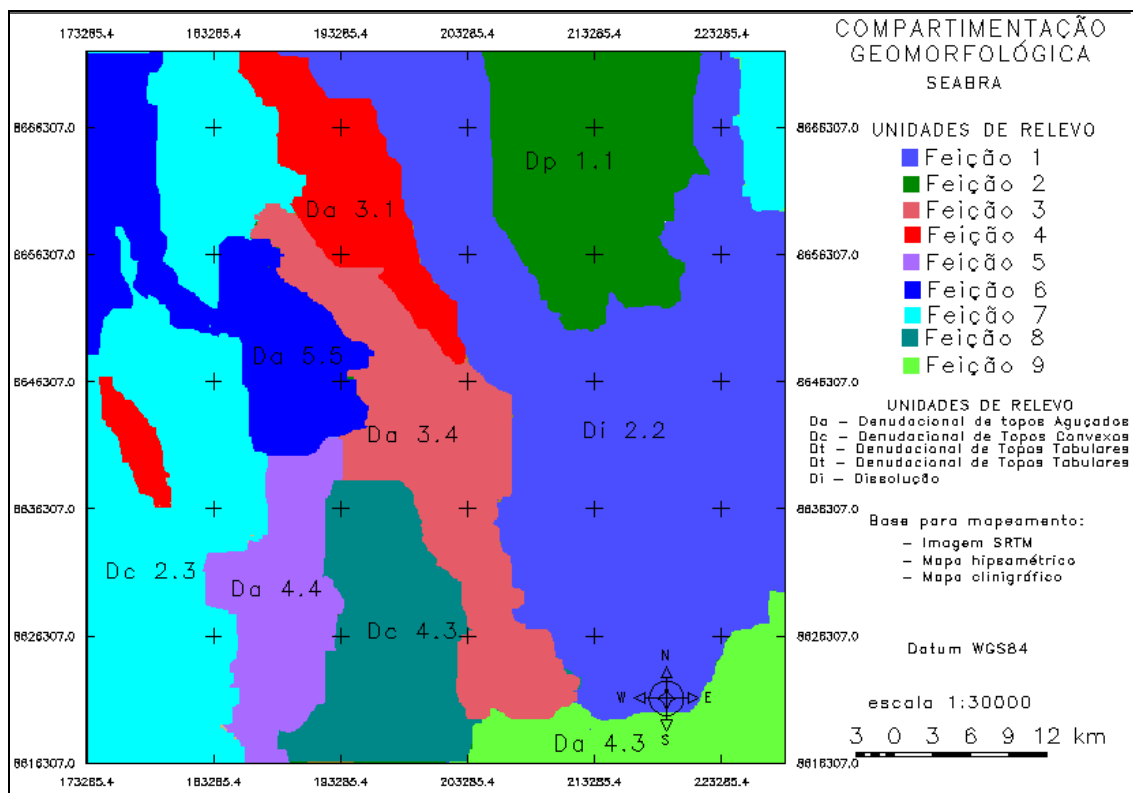


Figura 4. Mapa geomorfológico preliminar da folha Seabra, BA.

#### 4. Conclusão

O uso da imagem SRTM e a utilização do aplicativo Spring e de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, mostraram-se importantes na realização deste trabalho, pois os mesmos possibilitaram fazer análise integrada dos diversos tipos de dados e através deles pode-se delimitar as áreas geomorfológicas, resultando em um mapa de compartimentação geomorfológica preliminar. O mapeamento preliminar facilita o posterior trabalho em campo, a partir do qual poderá ser elaborado o mapa geomorfológico definitivo, com descrições mais detalhadas das características de cada unidade.

#### Referências

AB'saber, A. N. Os domínios de natureza no Brasil. **Potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003.

Brasil. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (1971). **Seabra** Folha SD.24-V-A-I. Escala 1:100.000.

Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL Folha SD. 24 Salvador**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME/SG/Projeto RADAM BRASIL, 1981. (Levantamento de Recursos Naturais, 24).

Estado da Bahia. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia (1980). Centro de Planejamento da Bahia. **Mapa geomorfológico**: Estado da Bahia. Salvador: CEPLAB. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.

Estado da Bahia. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia. Centro de Planejamento da Bahia. **Mapa geológico**: Estado da Bahia. Salvador: CEPLAB. 1 mapa. Escala 1:1.000.000.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens. (INPE/DPI). Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING v. 5.02), 2008. Disponível em: <<http://www.inpe.br/spring>>. Acesso em: 5 ago. 2008.

Furrier, M. **Caracterização geomorfológica e meio físico da folha João Pessoa – 1:100.000**. São Paulo. Tese (doutorado em Geografia física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de Geografia – Universidade de São Paulo, 2007.

Grohman, C. H.; Riccomini, C.; Steiner, S. dos S. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em Geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica (RGA)**. v. 2, n.2, p. 73-83, 2008.

Koch, A; Heipke, C.; Lohmann, P. – **Analysis of SRTM DTM methodology and practical results**. ISPRS, Commission IV, WG IV/6. Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications. Ottawa, 2002.6p.

Miranda, E. E. de (Coord.). **Brasil em relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 4 fev. 2008.

Nunes, B. de A.; Ribeiro, M. I. de C.; Almeida, V. J. de; Filho, T. N. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudo Ambientais, 1995.

Ross, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 2 ed. São Paulo: Contexto, p.59, 2000.

Silva, J. E. B. da; Santos, P. R. A. **A utilização dos modelos SRTM na interpretação geomorfológica: técnicas e tecnologias aplicadas ao mapeamento geomorfológico do território brasileiro**. XIII SBSR, Florianópolis, 2007.