

## **Emprego da Análise Morfométrica no Mapeamento Preliminar das Unidades Geomorfológicas na Bacia do Alto Curso do Rio Jacaré (BA)**

Pedro Ghorayeb Zamboni<sup>1</sup>, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes<sup>1</sup>, Caroline Ribeiro Chahini<sup>1</sup>, Osmar Abílio de Carvalho Júnior<sup>1</sup>, Verônica Moreira Ramos<sup>1</sup> Sandro Nunes de Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília – UnB/GEA/LSIE  
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte – 70910-900, Brasília, DF, Brasil.  
(pedro05, chahini)@aluno.unb.br  
(robertogomes, osmarjr, vmramos, sandronunes)@unb.br

**Abstract:** Geomorphologic units result from the identification of certain sets of forms in accordance with specific characteristics. This work aimed at identifying geomorphologic units on the upslope watershed Jacaré river basin by using morfometric analysis. The methodology used was subdivided in the following stages: (a) Digital elevation model (DEM) elaboration and derived maps; (b) data integration through color composing technique; (c) Use of decision tree tool to identify geomorphologic units. As a result, four geomorphologic units were identified in the study area.

**Key-words:** morfometric analysis, geomorphologic units, Jacaré river.

**Resumo:** As unidades geomorfológicas são o resultado da individualização de determinados conjuntos de formas que se individualizam a partir de características específicas. Este trabalho objetivou a identificação das unidades geomorfológicas na bacia do alto curso do rio Jacaré a partir do emprego da análise morfométrica. A metodologia utilizada foi subdividida nas seguintes etapas: (a) Elaboração do modelo digital de terreno (MDT) e mapas derivados; (b) Integração de dados por meio da técnica de composição colorida; (c) Compartimentação Geomorfológica a partir da ferramenta árvore de decisão. Como resultados foram delimitadas quatro unidades geomorfológicas para a área de estudo.

**Palavras-chave:** Análise morfométrica, unidades geomorfológicas, rio Jacaré.

### **1 – Introdução**

A geomorfologia é um ramo das geociências que desenvolve métodos de análise próprios tendo como objeto de estudo as formas de relevo (Ross, 1998). Sua base metodológica propicia uma análise integrada do meio físico considerando as diversas variáveis responsáveis pela estrutura resultante da paisagem. Sendo assim, a aplicabilidade do conhecimento geomorfológico insere-se no diagnóstico das condições de um determinado sistema ambiental (potencialidades e fragilidades) contribuindo para orientar o planejamento e assentamento das atividades humanas (Christofolletti, 1994).

Neste sentido, os estudos geomorfológicos, em especial a compartimentação do relevo, são de fundamental importância na análise ambiental. A compartimentação do relevo corresponde à delimitação de determinados conjuntos de formas que se individualizam a partir de características específicas como padrões altimétricos ou traços genéticos comuns (Cassetti, 2001).

A definição dos compartimentos ou das unidades geomorfológicas pode ser elaborada a partir de análises geográficas e estatísticas, com a utilização do Sistema de

Informação Geográfica (SIG) e do emprego do processamento digital de imagens morfométricas. O SIG permite a integração e espacialização dos dados morfométricos, além disso, possibilita a redução da subjetividade na análise e nos resultados obtidos. Vários estudiosos têm demonstrado a importância do emprego da análise morfométrica no mapeamento de unidades geomorfológicas (Hermuche *et al*, 2003; Borges *et al*, 2007). A análise dos dados morfométricos permite maior rapidez e eficiência na definição desses compartimentos e, assim, contribuem para subsidiar o planejamento.

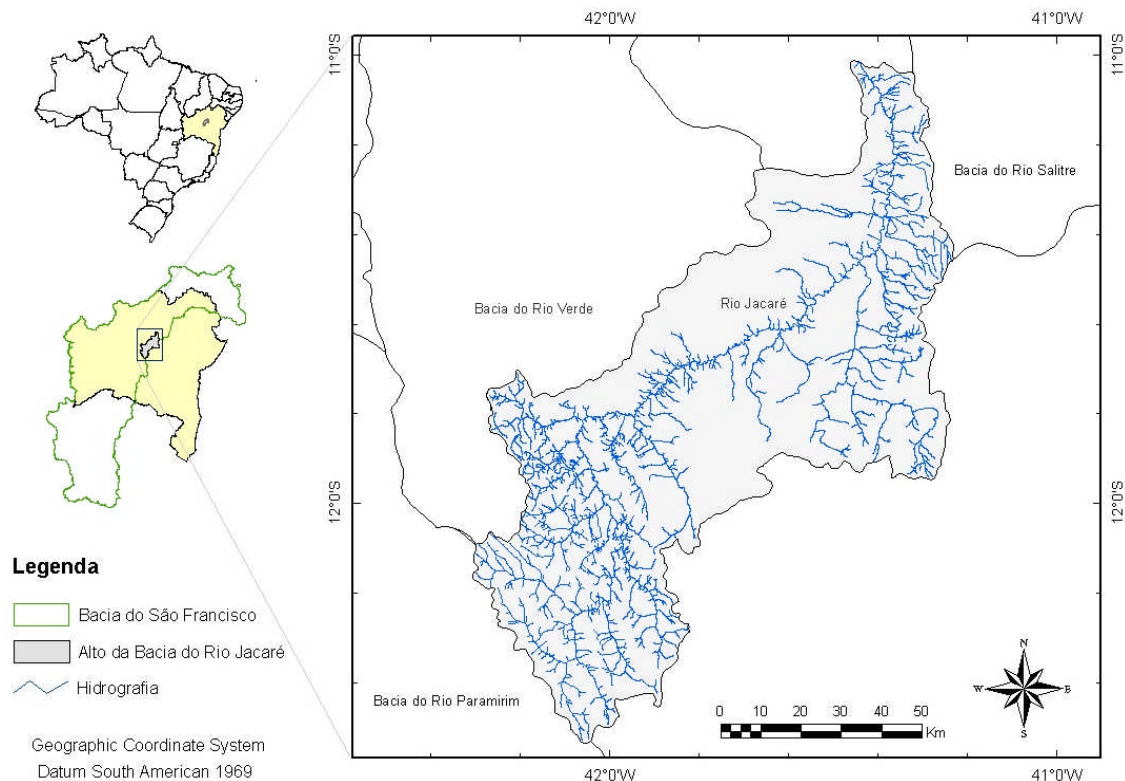
Considerando esse contexto, o objetivo do trabalho foi identificar as unidades geomorfológicas no alto curso da bacia do rio Jacaré a partir do emprego da análise morfométrica.

## **2 – Área de estudo**

A bacia do alto curso do rio Jacaré está localizada na margem direita do médio São Francisco, no estado da Bahia entre as coordenadas 12° 35' e 11° 0' de Latitude Sul e 41° 15' e 42° 20' de Longitude Oeste (**Figura 1**). Tem como divisores a oeste a bacia do rio Verde, a sul a bacia do rio Paramirim, a leste a bacia do rio Salitre e a norte o vale do rio São Francisco.

O clima na bacia é variado, nas áreas de maior elevação altimétrica, ocorrem os climas Úmido e Sub-Úmido. Nas áreas de menor altitude predomina o clima Semi-Árido. No período chuvoso, o clima da região é influenciado pela ação das massas equatoriais úmidas, enquanto que no período de estiagem, as massas continentais secas atuam com maior intensidade. A temperatura média anual é de 27°C. Durante a estiagem, o leito do rio encontra-se praticamente seco o que limita a implementação de políticas para o desenvolvimento da região.

Quanto à geologia, a bacia do rio Jacaré está inserida no Cráton do São Francisco e constitui-se principalmente por rochas sedimentares datadas do Mesoproterozóico e Neoproterozóico. Nas porções mais baixas, sua litologia é representada por rochas carbonáticas pertencentes ao grupo Una. Nas áreas com maior elevação ocorre uma seqüência de rochas vulcanossedimentares integrantes do lineamento Contendas-Mirante, onde se localiza o complexo Máfico-Ultramáfico do rio Jacaré (Rocha, 1998).



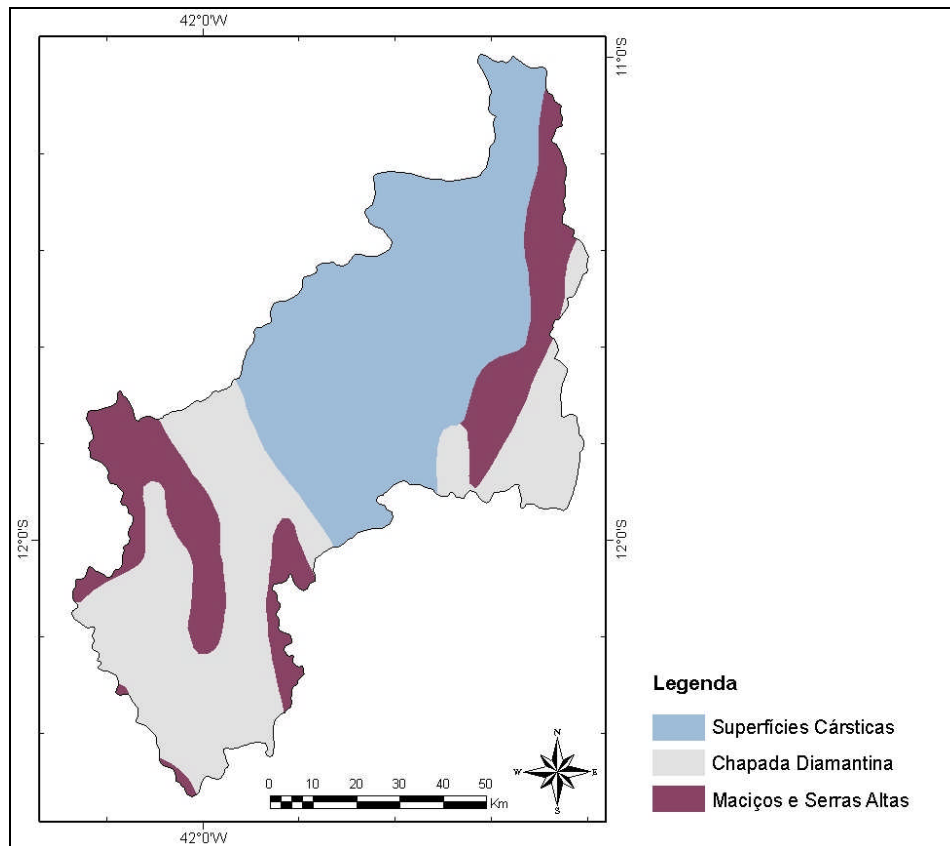
**Figura 1:** Mapa de Localização da área de estudo.

A bacia do rio Jacaré está inserida numa área de grande sensibilidade ecológica devido a transição entre os biomas Cerrado e Catinga. Formações como Estepe e Ecótono, presentes na região, evidenciam a área de contato entre regiões com características biogeográficas distintas. Há também a ocorrência de algumas formações florestais como as Matas Serranas. O uso do solo nos municípios localizados na bacia do Jacaré é representado pela produção de legumes e verduras, como alho, cebola, mamona e feijão. A produtividade do solo é baixa devido à escassez de um fluxo de água regular para irrigação das lavouras.

A geomorfologia da área da bacia definida pelo mapeamento da CODEVASF é representada pelas seguintes unidades: Superfícies Cársticas, Chapada Diamantina, Maciços e Serras Altas (**Figura 2**).

As Superfícies Cársticas são um conjunto de formas cobertas por materiais argilosos e resíduos de rochas calcárias sobre planaltos ou depressões. As feições mais frequentes nesta superfície são dolinas e vales com vertentes geralmente escarpadas (Laureano *et al*, 1999). A unidade Chapada Diamantina é representada na forma de planaltos, o relevo é predominantemente suave e ondulado. Os Maciços e Serras Altas são feições convexas ou convexo-côncavas, separadas por vales chatos ou agudos, formando uma drenagem dendrítica

ou ramificada, com desníveis da ordem de cinquenta a cem metros. Sua formação pode estar associada ao deslocamento de blocos por falhas da Chapada Diamantina.



**Figura 2:** Mapa Geomorfológico (CODEVASF).

### 3 – Metodologia

A metodologia adotada foi subdividida nas seguintes etapas: (1) Elaboração do modelo digital de terreno (MDT) e mapas derivados, (2) Utilização da técnica de composição colorida para integração dos dados morfométricos, (3) Definição das unidades geomorfológicas a partir da ferramenta árvore de decisão.

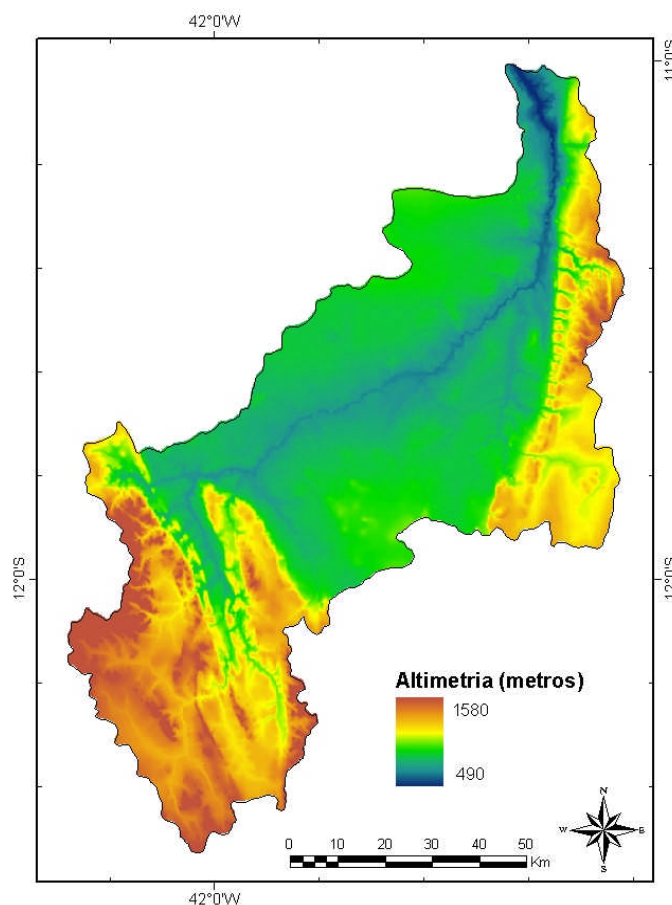
#### 3.1 - Elaboração do modelo digital de terreno (MDT) e mapas derivados.

Para a confecção do MDT foram utilizadas quatro cartas topográficas digitais cedidas pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba (CODEVASF) e cinco pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:100.000, contendo dados vetoriais como: curvas de nível, pontos cotados e hidrografia.

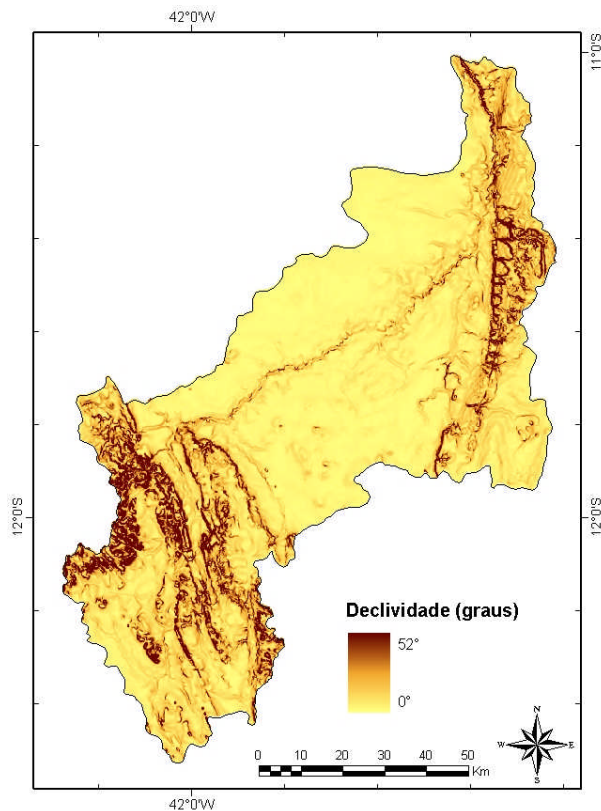
As cartas originais passaram por um processo de edição, no *software ArcView 3.3*, para a correção dos dados. Essa edição consistiu na alteração dos atributos altimétricos das curvas de nível e pontos cotados com valores incorretos e correção da conectividade dos segmentos de linha referentes à drenagem e curvas de nível.

As nove cartas foram unidas e, posteriormente, interpoladas por meio do módulo *TOPOGRID* do *software ArcInfo*. Esse processo de interpolação originou um MDT preliminar que serviu de base para orientar a correção automática da direção do fluxo dos segmentos de drenagem, realizada também no *ArcInfo* a partir do algoritmo *Drain Direction*. Foram corrigidos manualmente no *software Arcmap* aqueles segmentos que não foram corrigidos automaticamente por meio do *Drain Direction*.

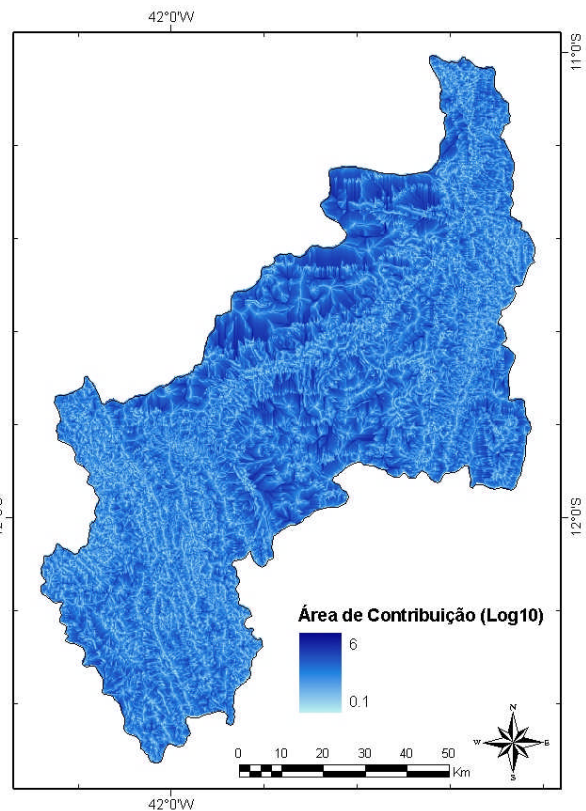
Após a correção do fluxo de drenagem foi confeccionado um segundo MDT, também a partir do *TOPOGRID*, com resolução espacial de 20 metros (**Figura 3**). Este MDT, denominado Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente – MDEHC (Cardoso *et al.*, 2006), utiliza a hidrografia com o fluxo orientado, além das curvas de nível e pontos cotados. As correções realizadas trouxeram uma melhora significativa ao MDT, aumentando consideravelmente a confiabilidade do mesmo. A partir do MDT foram gerados, no *software ArcView 3.3*, os mapas de declividade (**Figura 4**) e área de contribuição (**Figura 5**). Esses mapas, em conjunto com o MDT serviram de base para a delimitação das unidades geomorfológicas da área de estudo.



**Figura 3:** Modelo digital de terreno.



**Figura 4:** Mapa de declividade.

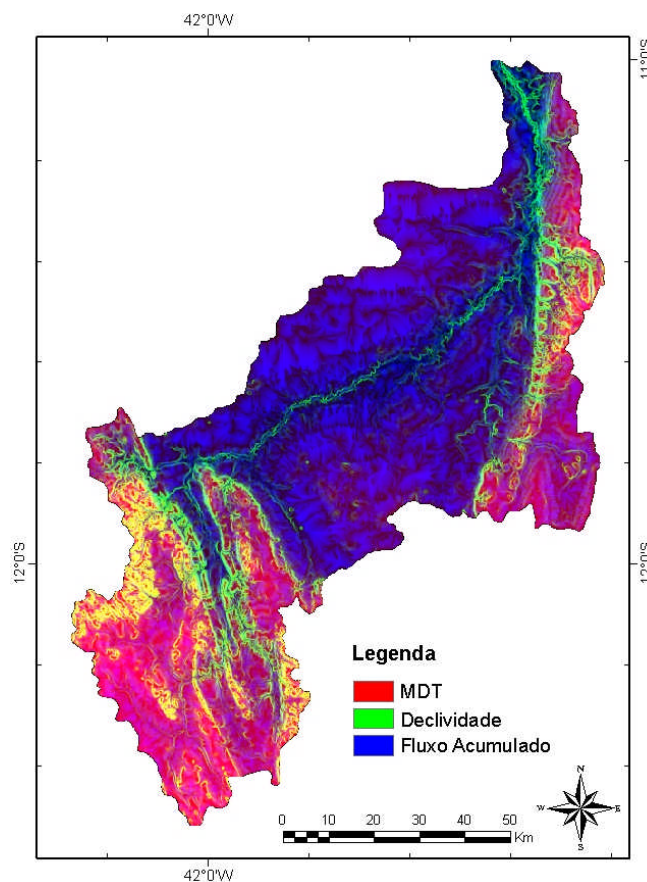


**Figura 5:** Mapa de Área de Contribuição

### 3.2 - Utilização da técnica de composição colorida para integração dos dados morfométricos

A integração do MDT com os mapas derivados a partir da composição colorida auxilia no realce das diferentes formas de relevo presentes na área de estudo. Inúmeros estudos utilizam o processamento digital de imagens morfométricas por meio de composição colorida para mapear compartimentos geomorfológicos (Leal *et al*, 2003; Borges *et al*, 2007). Segundo Cárdenas (1999) as composições coloridas constituem uma ótima ferramenta para análise visual, contribuindo para a caracterização das unidades de relevo.

Este processo consiste na obtenção de uma imagem colorida, a partir de um procedimento que integra três imagens derivadas quaisquer com as três cores primárias (vermelho, verde e azul – RGB). No presente trabalho, a cor vermelha representa o MDT, a verde representa a declividade e a cor azul o fluxo acumulado (**Figura 6**). A composição colorida permite uma visualização ampla da geomorfologia da região. A integração dos diferentes atributos que compõem a imagem acentua as variações texturais, possibilitando assim a identificação visual das unidades de relevo.



**Figura 6:** Composição Colorida.

### 3.3 - Definição das unidades geomorfológicas a partir da ferramenta árvore de decisão.

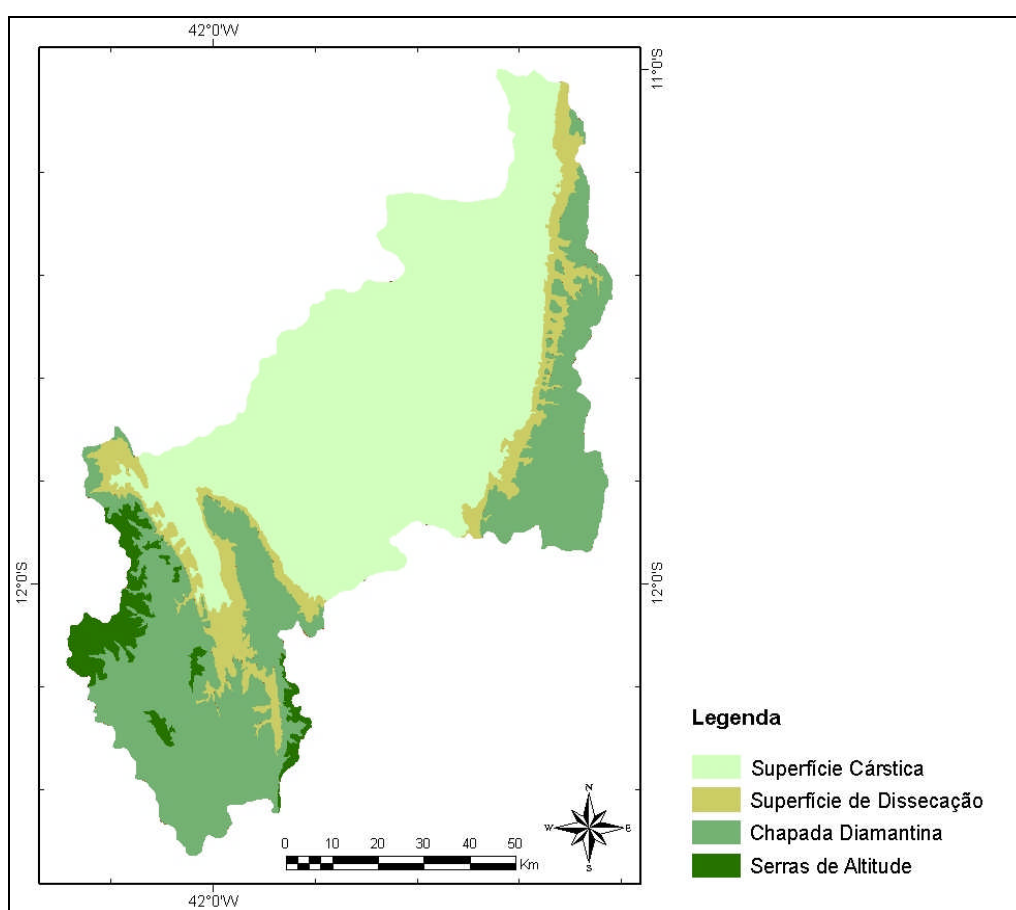
Esta etapa consiste na utilização da ferramenta classificadora árvore de decisão do *software* ENVI 4.2, com o objetivo de individualizar os compartimentos ou unidades geomorfológicas. Nesse contexto, os ganhos de informação são maximizados a partir do particionamento sucessivo de um dado de entrada em subconjuntos cada vez mais homogêneos e, assim, são definidas regras ou decisões ideais, os *nós*, que minimizam os índices de erro da árvore como um todo (Safavian e Landgrebe, 1991).

Na construção da árvore de decisão são definidas condições, como intervalos altimétricos, por exemplo, indicadas desde o nó inicial até o último nó. O nó inicial contém todos os *pixels* da imagem. Como resultado para a condição indicada obtém-se resultados binários (integração ou exclusão) dentro de um intervalo pré-definido. À medida que são adicionadas novas condições, o classificador cria novas classes, uma com as células contidas na especificação do nó e outra com as células não coincidentes com os atributos determinados pelo nó. Este processo pode ser utilizado para classificar corretamente todos os objetos do conjunto de dados de entrada, no caso, a composição colorida (Brazdil, 1999). No presente

trabalho foram utilizados atributos referentes à altimetria e declividade da área de estudo para realizar a definição das unidades geomorfológicas a partir desta ferramenta.

#### 4 – Resultados e discussões

Inicialmente elaborou-se uma primeira definição das unidades geomorfológicas por meio da interpretação visual da imagem de composição colorida (RGB), contendo os dados morfométricos: MDT, Declividade e Área de Contribuição (**Figura 6**). Posteriormente, com base na interpretação visual da composição colorida e utilizando a ferramenta árvore de decisão foram delimitadas quatro unidades geomorfológicas para a área de estudo: Superfície Cárstica, Superfície de Dissecação, Chapada Diamantina e Serras de Altitude (**Figura 7**)



**Figura 7:** Classificação Geomorfológica

A Superfície Cárstica representa as áreas mais baixas da região, com altitude inferior a 830 metros. O relevo é suavemente ondulado em praticamente toda extensão da unidade, no entanto, ocorrem alguns vales profundos formados a partir da rede drenagem. A Superfície de Dissecação evidencia uma unidade de relevo de transição entre as áreas rebaixadas da Superfície Cárstica e os Pediplanos da Chapada Diamantina. Nesta unidade predomina um relevo bastante acidentado com declividades acentuadas.



A Chapada Diamantina está relacionada às áreas com altitude superior a 1150 metros. O relevo apresenta-se em formas de pediplanos com pequenas variações quanto à declividade. As Serras de Altitude, inseridas nas áreas mais elevadas da região, são representadas por formas em que o processo de dissecção é mais intenso.

## **5 – Conclusão**

O trabalho realizado alcançou com sucesso os objetivos propostos. A metodologia mostrou-se eficiente, permitiu discriminar com boa precisão as principais unidades de relevo da área. A classificação geomorfológica realizada apresenta um alto grau de confiabilidade devido à utilização dos parâmetros morfométricos que possibilitaram a delimitação de quatro unidades geomorfológicas: Superfície Cárstica, Superfície de Dissecção, Chapada Diamantina e Serras de Altitude

Comparando o mapa geomorfológico obtido a partir da análise dos parâmetros morfométricos (**Figura 7**) ao mapa elaborado pela CODEVASF (**Figura 2**) observa-se uma similaridade entre eles, entretanto, a classificação obtida com metodologia proposta neste trabalho delineou de forma mais detalhada as unidades do relevo.

Neste sentido, o trabalho realizado poderá servir como subsídio à gestão da bacia. Porém, a elaboração de uma descrição mais precisa das unidades geomorfológicas associada aos demais diagnósticos sociais e ambientais acerca da região poderão contribuir de forma mais eficiente para o planejamento da área.

## **5 – Referências Bibliográficas**

Borges, M. E. S.; Soares, F. dos S.; Carvalho Junior, O. A. de, Martins, E. de S.; Guimarães, R. F. & Gomes, R. A. T. (2007) Relação dos compartimentos geomorfológicos com o uso agrícola na bacia do rio Preto. Revista Espaço & Geografia, vol.10, nº 2, p. 453-476.

Brazdil, P. (1999) Construção de Modelos de Decisão a partir de dados. Disponível em: <http://www.ncc.up.pt/~pbrazdil/Ensino/ML/DecTrees.html> acesso em 06/10/2008.

Cardenas, F. P. A. (1999) Zoneamento Geoambiental de uma parte da bacia do rio Nechi-Colômbia, por meio de técnicas de geoprocessamento. Brasil: UnB / IG (Dissertação de Mestrado nº 137).

Cardoso, C. A.; Dias, H. C. T.; Soares, C. P. B. (2006) Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista *Árvore*, vol.30, n° 2, p. 241-248.

Cassetti, V. (2001) Geomorfologia. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/index.php> acesso em 16/02/2008.

Christofoletti, A. (1994) A Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: Guerra, Antonio José Teixeira & Cunha, Sandra Baptista da (org). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, 472 p.

Rocha, M. F. G. (1998) Geologia do Estado da Bahia. Disponível em: <http://www.geocities.com/capitolhill/congres/5687/teogeo/bahiamapa/geoba.htm> acesso em 25/03/2008.

Hermuche, P. M.; Andrade, A. C.; Guimarães, R. F.; Leal, L. R.; Carvalho Junior, O. A.; Martins, E. S. (2003) Compartimentação geomorfológica em escala regional da bacia do rio Parana. *Revista do Departamento de Geografia (GeoUERJ)*, Rio de Janeiro. v 1, p. 372-381.

Laureano, F. V.; Cruz Jr, F. W. (2002) . Grutas de Iraquara (Iraquara, Seabra e Palmeiras), BA - Um dos principais sítios espeleológicos do Brasil. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A. ; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C. (org) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: DNPM/CPRM - SIGEP, v 1, p. 461-468.

Leal, L. R.; Guimarães, R. F.; Carvalho Júnior, O. A.; Andrade, A. C.; Panquestor, E. K.; Ramos, V. M.; Martins, E. S. (2003) Definição de unidades geomorfológicas a partir de dados morfométricos na Bacia do Rio Grande (BA). In: *Anais XI SBSR*, Belo Horizonte, Brasil, 05-10 de abril de 2003. INPE, p. 2055-2062.

Ross, J. L. S. (1998) *Geomorfologia Ambiental*. In: Guerra, Antonio José Teixeira & Cunha, Sandra Baptista da (org). *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 392 p.

Safavian, S. R.; Landgrebe, D. (1991) A survey of decision tree classifier methodology. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics* p. 660-674.