

# UTILIZAÇÃO DE UM NOVO ALGORITMO DESCRITOR DE TERRENO PARA O MAPEAMENTO DE AMBIENTES DE TERRA FIRME NA AMAZÔNIA

Taise Farias Pinheiro<sup>1</sup>  
Camilo Daleles Rennó<sup>1</sup>  
Maria Isabel Sobral escada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{taise}@tid.inpe.br  
{camilo, isabel}@dpi.inpe.br

**Abstract.** Accurate topographic data, available with the Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM), is required for the mapping of land at finer scales. In this paper we report the use of a new quantitative topographic algorithm, called HAND (Height Above the Nearest Drainage). The HAND requires a hydrologically coherent DEM as input, with resolved depressions, computed flow directions for each grid and a defined drainage network. We tested a method to define a threshold to the drainage networks based on a geomorphology map.

**Palavras-chave:** new quantitative topographic algorithm, digital elevation model-SRTM, upland land mapping, novo algoritmo descritor de terreno, modelo de elevação digital - SRTM, mapeamento de ambientes de terra-firme

## 1. Introdução

Na literatura podem ser encontradas diversas técnicas que se propõem a extrair atributos descritores do relevo, tais como aspecto, curvatura e drenagem, a partir de modelos numéricos de terreno (MNT). A principal diferença entre esses algoritmos está na determinação das conexões hidrológicas entre dois pontos, ou seja, no cálculo da direção de fluxo da drenagem. Enquanto alguns algoritmos utilizam medidas simples e fáceis de implementar, tais como a Distância Euclidiana, que nem sempre representam as condições encontradas em campo, o algoritmo HAND (Height Above the Nearest Drainage) propõe uma nova abordagem baseando-se em medidas que podem permitir uma representação mais fiel do terreno.

O HAND é um algoritmo descritor do terreno que utiliza as informações topográficas do DEM do SRTM para extrair informações hidrológicas de uma área (Rennó et al. 2008). Essa informação é obtida pela estimativa da diferença de altura relativa entre cada pixel da imagem e o ponto de drenagem mais próximo associado a um curso d'água. Baseado nessas medidas, o algoritmo agrupa os pixels similares em zonas equiprováveis, considerando seu potencial hidrológico, produzindo mapas com forte significado ecológico e geomorfológico.

No HAND, grande parte do processo de geração dos mapas é feito de forma automática, sem exigências de parâmetros pré-definidos. No entanto, a definição do limiar para a densidade de drenagem, fase crucial desse processo, depende do conhecimento do analista sobre a dinâmica do relevo e das condições hidrológicas da área estudada. Fica claro que o essencial para a geração de mapas geomorfológicos é a aplicação de um limiar de drenagem baseando-se em critérios específicos, pois um limiar aplicado de forma subjetiva pode levar à superestimativa ou subestimativa da dimensão de ambientes com solos muito ou pouco saturados.

A dificuldade de escolha de um limiar adequado às condições hidrológicas de uma área torna-se mais difícil para extensas áreas, pela maior complexidade encontrada na paisagem. Esse é o caso do Distrito Florestal Sustentável (DFS) da BR-163, localizado no oeste do Pará, que possui aproximadamente 19 milhões de hectares. O DFS da BR-163 possui paisagens muito heterogêneas, onde ocorre desde planalto, ao norte, próximo à cidade de Santarém, até áreas mais densamente dissecadas situadas no vale do Jamanxin, ao sul. Isto torna necessária

a adoção de critérios que permitam agrupar regiões homogêneas e estabelecer limiares diferentes para cada uma delas.

A utilização de um mapa geomorfológico para determinar limiares de drenagem é uma abordagem conveniente, pois esse mapa descreve as formas do relevo a partir de processos e estruturas que o determinaram, entre eles a drenagem. Baseado nessa hipótese, este trabalho teve o objetivo de gerar mapas geomorfológicos em grande escala, para as diferentes micro-regiões do DFS BR-163, baseando-se em um mapa geomorfológico de pequena escala da região e dados coletados em campo sobre a presença e a ausência de saturação no solo em áreas de baixada.

## 2. Área de estudo

O Distrito Florestal Sustentável (DSF) da BR-163 abrange áreas consideradas prioritárias nos planos de governo, e está inserido no Projeto Integrado do MCT/EMBRAPA (PIME), que tem o objetivo de avaliar a sustentabilidade social, econômica e ambiental de políticas públicas destinados à Amazônia (Plano de Ação, 2006). Compreende a região oeste do estado do Pará, de Santarém até Castelo dos Sonhos na fronteira com o Mato Grosso, no eixo da BR 163, e de Jacareacanga a Altamira, no eixo da Transamazônica (Figura 1). Possui grande diversidade de paisagens naturais, entre as quais áreas de floresta, savana e campinarana, e paisagens antrópicas tais como agricultura, pastagem, garimpos e áreas urbanas (ZEE, 2005). Aproximadamente 53% da área é formada por Unidades de Conservação, num total de 10,4 milhões de hectares, 8 milhões desses pertencentes à categoria de uso sustentável. Ao longo do Distrito podem ser reconhecidas diferentes unidades geomorfológicas, tais como planaltos, planícies, patamares, depressões e chapadas.

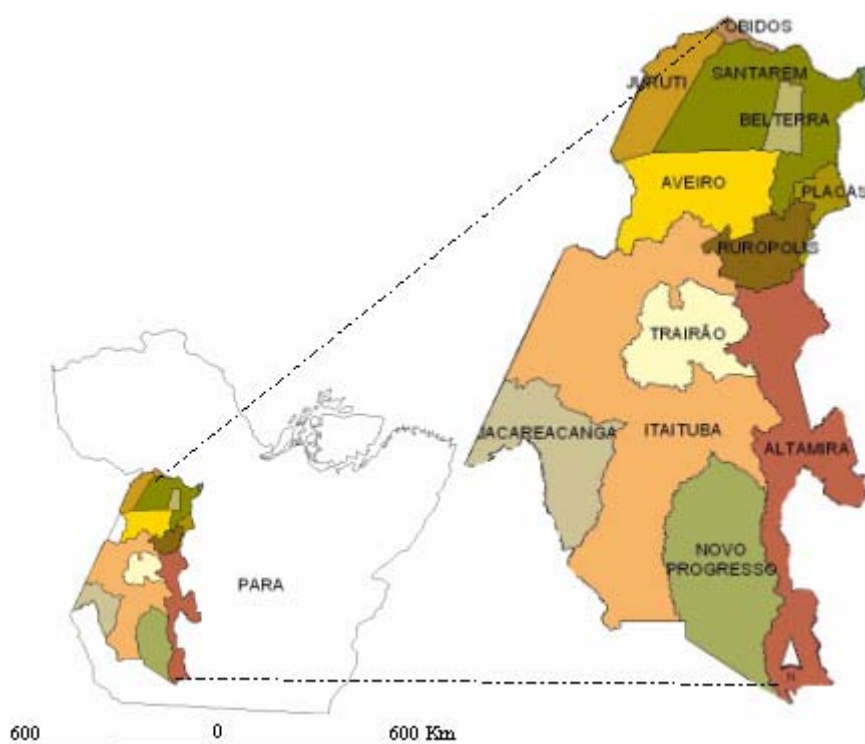


Figura 1 – Localização do Distrito Florestal Sustentável da BR-163, Pará (PA)

## 3. Coleta dos dados

Uma expedição de campo foi realizada entre os dias 11/09 e 22/09 de 2008 para o Distrito Florestal Sustentável, percorrendo as rodovias BR-163 (Cuiabá-Santarém) e BR-230

(Transamazônica). A expedição teve origem na cidade de Santarém e percorreu grande parte da rodovia Br-163 até a cidade de Novo Progresso, num total de 700 km.

A amostragem de campo se restringiu à rodovia BR-163 e às diversas estradas vicinais que dela partem, pela facilidade de acesso. Este método conferiu agilidade ao trabalho de campo e permitiu a amostragem de grande parte da heterogeneidade do relevo que se encontra no Distrito. À medida que as estradas eram percorridas, coordenadas geográficas foram registradas de todas as áreas de baixada com o auxílio de um GPS. Descrições sobre a presença ou ausência de água nas baixadas, presença de várzeas, brejos, igarapés, rios, início de bacia ou qualquer outro vestígio da presença de água no solo foram anotadas. Os pontos foram coletados em regiões rurais ou de floresta, para diminuir a influência das áreas urbanas sobre o curso de drenagem.

#### **4. Aplicação do algoritmo HAND**

Inicialmente, o HAND utiliza um DEM para o cálculo das direções de fluxo de drenagem, resultando em uma grade com valores que representam a direção do fluxo de drenagem em cada ponto, chamada de LDD (*Local Drain Directions*). Com as direções de fluxo determinadas, torna-se possível a geração da rede de drenagem, que é definida pelos pontos da grade que têm uma área de contribuição maior que um determinado limiar. A área de contribuição é calculada pela contagem do número de pontos cujos fluxos convergem para um mesmo lugar. O limiar de drenagem foi determinado de acordo com um mapa geomorfológico da região do Distrito Florestal Sustentável da BR-163, em formato *shapefile* (Figura 3).

Basicamente, a maior parte do Distrito Florestal é formada pelas seguintes unidades geomorfológicas: patamar, depressão e planalto. As unidades planície e chapada ocupam algumas pequenas áreas restritas à região norte e sul do distrito, respectivamente. Os limiares foram determinados de acordo com os conceitos adotados para as três unidades geomorfológicas predominantes no distrito: Depressão, descrita como uma forma de relevo aplainado, no qual podem ser encontradas baixas colinas; Planalto, constituído por uma superfície elevada, com cume relativamente nivelado; e Patamar, caracterizado por um relevo erodido e plano. Por estas definições percebe-se que a unidade patamar é mais plana e elevada e, portanto mais drenada, a unidade depressão é relativamente pouco drenada, caracterizando-se por áreas de baixio e a unidade planalto encontra-se em situação intermediária entre essas duas definições.

Testes foram realizados para determinar os limiares para cada uma das unidades geomorfológicas. Após a definição, os mapas resultantes foram combinados de forma a manter as características desejáveis para cada unidade geomorfológica. Os mapas foram combinados utilizando a ferramenta *Band Math*, disponível no software ENVI 4.2. Como o HAND é um algoritmo em desenvolvimento, muitas vezes sendo aprimorado com a necessidade do usuário, ainda não está disponível uma ferramenta capaz de delimitar a região na qual o limiar escolhido deverá ser empregado. Futuramente essa ferramenta estará disponível, de forma que todo o processo de geração dos mapas finais seja desenvolvido no HAND.

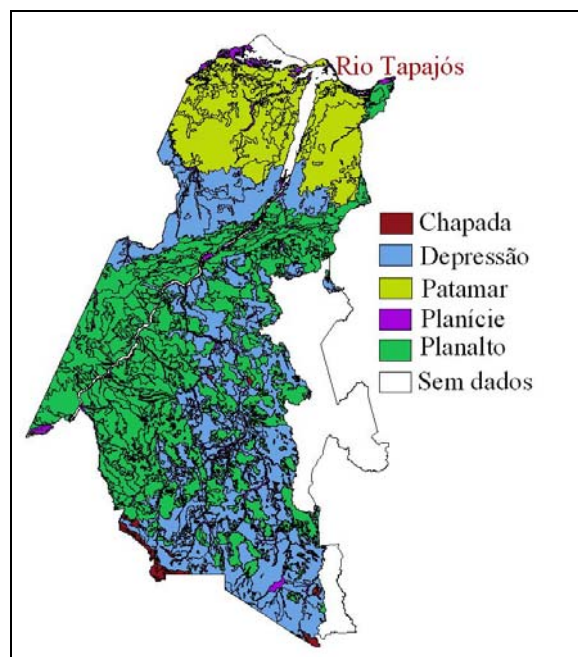


Figura 3 – Unidades geomorfológicas encontradas no Distrito Florestal Sustentável da BR-163, Pará – PA

## 5. Resultados e Discussões

Após testes com diferentes limiares, o limiar 50 foi definido para as unidades geomorfológicas depressão e planalto, e o limiar 150 foi definido para a unidade geomorfológica patamar (Figura 4). Para as classes chapada e planície, pouco representadas na região do Distrito da Br-163, os limiares adotados foram das classes predominantes adjacentes. Na Figura 4, podem ser visualizados detalhes do mapeamento dos ambientes de terra-firme pelo HAND, para os dois limiares de drenagem adotados. Para a unidade geomorfológica Patamar, caracterizado por um relevo erodido e plano, a rede de drenagem tende a ser menos densa em relação às outras unidades do relevo (Figura 5). Com o limiar de 50, a rede de drenagem extraída do DEM é superestimada, sendo mais adequado às condições do relevo o limiar de 150. Com a vistoria de campo foi possível constatar como o relevo da região ao norte do distrito é plano e bem drenado. Grande parte dos pontos vistoriados nessa região, que no DEM do SRTM eram indicativos de nascentes, era na verdade pontos secos. Além do mapa geomorfológico utilizado para definir o limiar de drenagem, a vistoria de campo foi de grande importância na definição final do limiar.

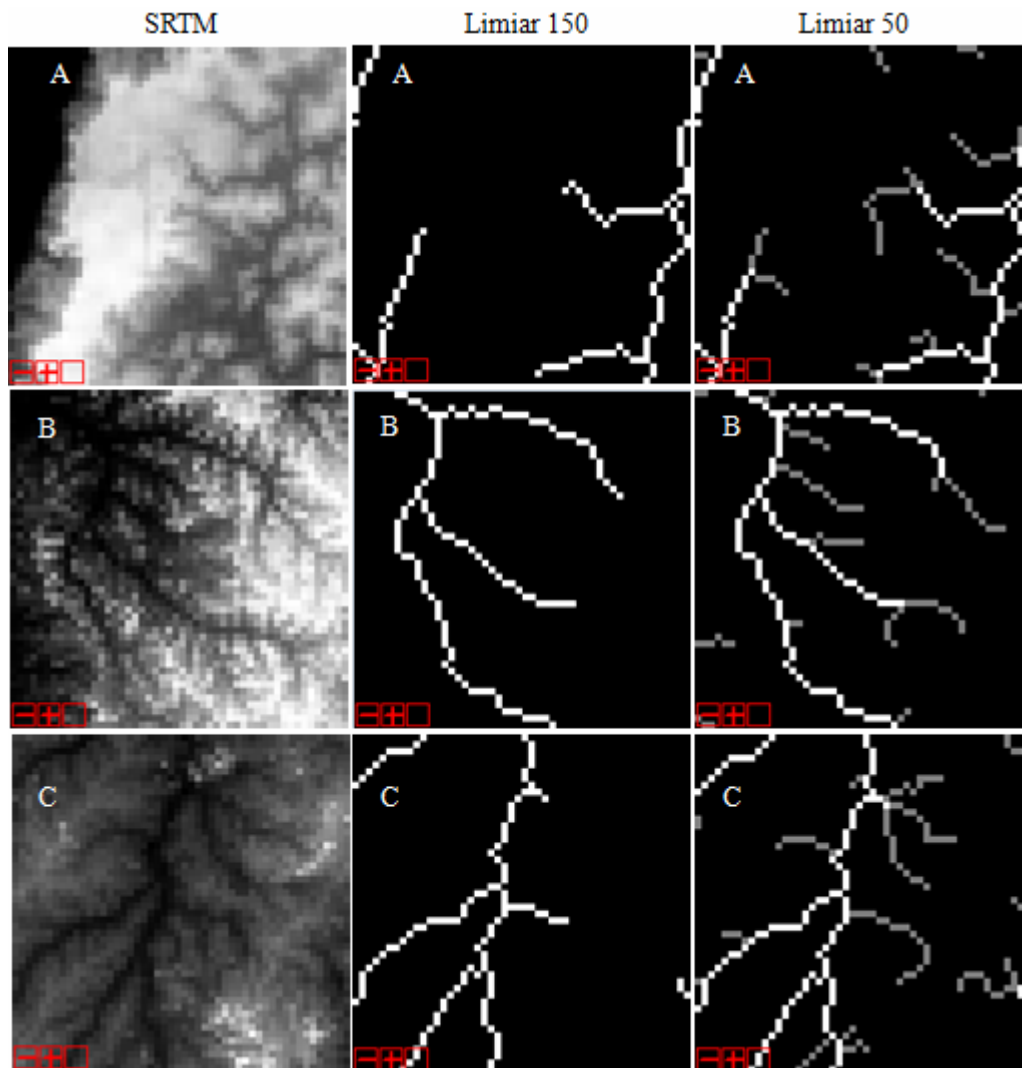


Figura 4 – Rede de drenagem extraída com limiares 50 e 150 para as áreas de A) Patamar; B) Planalto; C) Depressão.

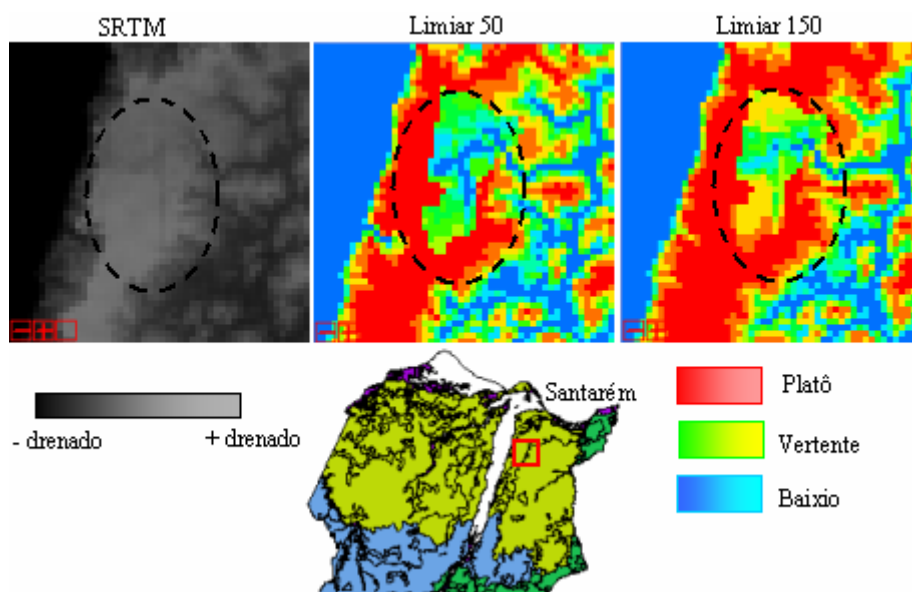


Figura 4 – Aplicação de diferentes limiares para a rede de drenagem da unidade geomorfológica Patamar

Por outro lado, para a unidade Planalto, caracterizada por um relevo erodido e superfície irregular, o limiar adequado foi menor e igual a 50. Esse mesmo limiar mostrou-se adequado ao relevo de suaves inclinações e também erodido da unidade depressão. Percebe-se na Figura 5 e 6 que a aplicação do limiar 150, adotado para a unidade Patamar, causaria erros no mapeamento das nascentes dos rios e, conseqüentemente, uma subestimativa da área de solo saturado na região do Distrito. Comparando o DEM do SRTM e as áreas em tons azuis no mapa gerado pelo HAND com limiar 50, percebe-se que o início das nascentes é coincidente.

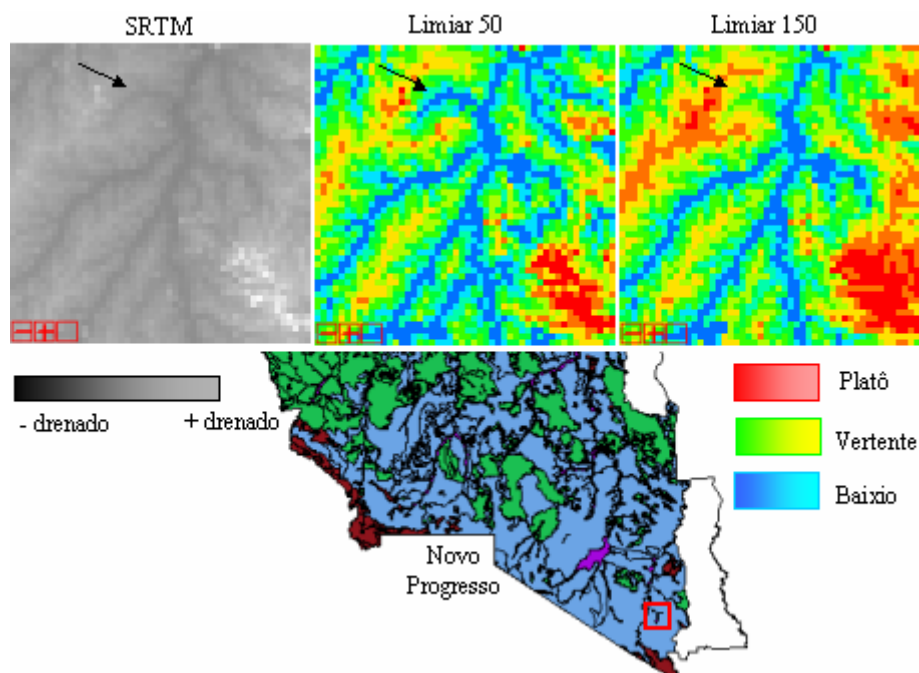


Figura 5 – Aplicação de diferentes limiares para definição da drenagem para a unidade geomorfológica Depressão

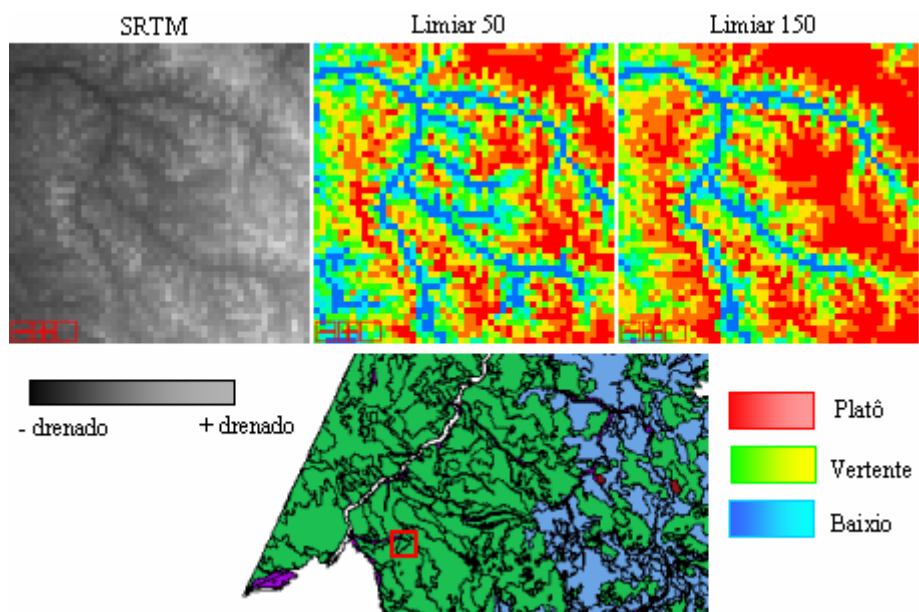


Figura 6 – Aplicação de diferentes limiares para definição da drenagem para a unidade geomorfológica Planalto



Após a definição dos limiares, os mapas foram combinados de forma a manter as características de cada uma das unidades geomorfológicas individualmente. O resultado da combinação dos três mapas com limiares distintos está apresentado na Figura 7. Esse mapa mostra uma drenagem mais densa na região nordeste e, conseqüentemente maior extensão de áreas planas e elevadas características dos platôs. Ao passo que na região ao sul do Distrito encontra-se uma região menos drenada e, conseqüentemente platôs frequentemente interrompidos por áreas de baixo

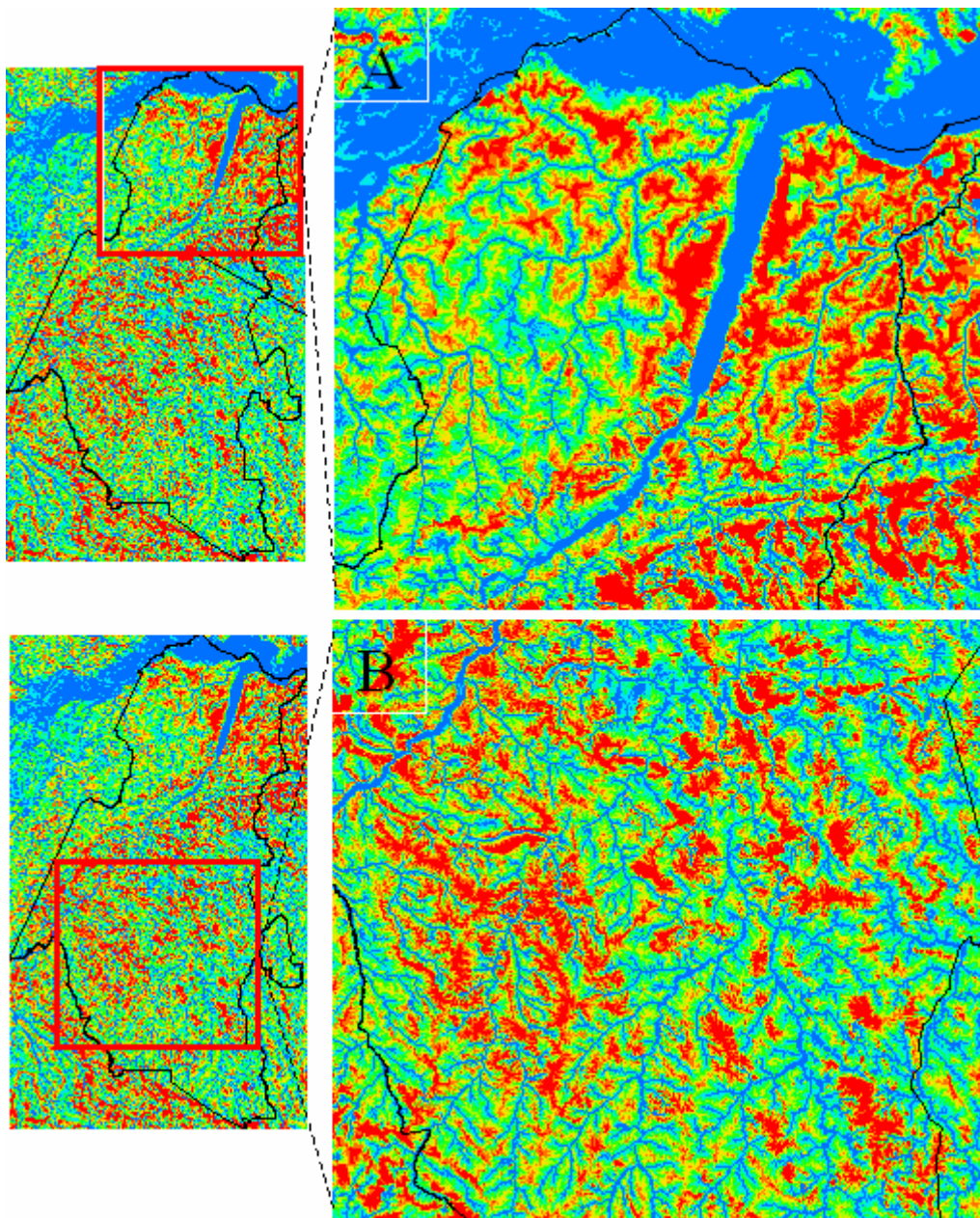


Figura 7 – Mapeamento dos ambientes de terra-firme do Distrito Florestal Sustentável da BR-163 após combinação dos mapas com distintos limiares.

### **Conclusões**

O critério de agrupamento de regiões homogêneas baseando-se em um mapa geomorfológico foi satisfatório para adoção de limiares de drenagem adequados às características do relevo do Distrito Florestal Sustentável da BR-163. Visto a escassez de informações detalhadas sobre o relevo e sobre a rede de drenagem especialmente para região Amazônica, o HAND apresentou resultados bastante satisfatórios pela fidelidade dos produtos finais à realidade

encontrada em campo. Além disso, o procedimento para geração desses produtos é relativamente simples, levando em consideração a importância de se adotar previamente algum critério para definição do limiar de drenagem que seja adequado às condições locais do relevo.

Sabendo da importância do Distrito como uma das áreas prioritárias nos planos do Governo Federal, os produtos gerados nesse estudo são de grande importância, pois serão utilizados como variáveis na avaliação das mudanças ambientais e da dinâmica sócio-econômica no DFS da BR-163.

#### **Referências Bibliográficas**

Plano de Ação. 2006.

Rennó. 2008.

Zoneamento Ecológico e Econômico da Rodovia BR-163. 2005.