

## ETAPAS DO PLANEJAMENTO DO PROJETO MODEFLORA EM SIG LIVRE

### PLANNING STEPS OF MODEFLORA PROJECT IN GIS FREE SOFTWARE

Karina Teixeira Broza<sup>1</sup>, Marilice Cordeiro Garrastazu<sup>2</sup>, Evaldo Muñoz Braz<sup>2</sup>, Patrícia Povoá de Mattos<sup>2</sup>,  
Maria Augusta Doetzer Rosot<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PUCPR- Especialização-Geoprocessamento, Rua Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho Curitiba - PR, 80215-901, Brasil, karina.broza@gmail.com

<sup>2</sup> Embrapa Florestas – Estrada da Ribeira km111, 12.227-010 - Colombo, PR, Brasil, marilice,evaldo,povoá,augusta@cnpf.embrapa.br

### RESUMO

A falta de planejamento nas operações de extração florestal gera a degradação e a redução do ecossistema. Uma das ferramentas utilizadas para o planejamento do manejo florestal é o SIG (Sistema de Informações Geográficas), que proporciona inúmeras vantagens, destacando-se a maior precisão das informações. Até o momento, as tecnologias digitais e o sensoriamento remoto têm sido pouco utilizados para estas atividades. Pensando nisto, a Embrapa disponibilizou, para profissionais da engenharia florestal, um modelo digital de exploração e manejo florestal, conhecido como *MODEFLORA*. Esta metodologia foi inicialmente desenvolvida através de um *software* proprietário, dificultando a empresas ou cooperativas com baixo capital para investir o acesso a este programa. Portanto, o presente trabalho foi baseado no Modelo de Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal, com o objetivo de estabelecer as etapas de desenvolvimento de escritório em *software* livre, gerando os mesmos produtos obtidos com *software* proprietário. As soluções em *software* livre pretendem desonerar as empresas que queiram aplicar este modelo.

*Palavras-chave:* SIG; software livre; MODEFLORA.

### ABSTRACT

The lack of planning in tropical forest exploitation operations generates degradation and reduction of ecosystems. One of the tools used for forest management planning is GIS (Geographic Information System), which provides numerous advantages, especially the improvement of information accuracy. So far digital technologies and remote sensing have not been used frequently for these activities. With this in mind, Embrapa provided for forestry professionals, a digital model of exploitation and forest management, known as *MODEFLORA*. This methodology was originally developed through proprietary software, making it difficult for companies or cooperatives with low capital to invest, have access to this program. Therefore, the present study was based on the Precision Model Management in Tropical Forests: Digital Model of Forestry Exploitation, in order to establish the office steps on free software. The free software solutions aim to relieve the companies in implementing this model.

*Keywords:* GIS; free software; MODEFLORA.

### INTRODUÇÃO

Na região amazônica a produção de madeira é um dos maiores ícones econômicos, porém a falta de planejamento nas operações de extração florestal gera a degradação e a redução desse importante ecossistema. Por isto, o uso das técnicas de manejo florestal é uma alternativa para a sustentabilidade da atividade.

Uma das ferramentas utilizadas para o planejamento do manejo florestal é o SIG (Sistema de Informações Geográficas) - uma tecnologia com aplicações diversas em projetos ambientais - que funciona como agente

facilitador para a tomada de decisões. A inclusão destas ferramentas proporciona inúmeras vantagens, destacando-se a maior precisão das informações (relativas a terreno, à espacialização das árvores, à definição de áreas de preservação permanente), resultando em um planejamento harmônico dos fatores econômico e ambiental, pela otimização das atividades e maior controle das atividades da exploração para redução do impacto ambiental e do custo operacional.

Pensando nisto, a Embrapa Acre, em parceria com a Embrapa Florestas, o Governo do Estado do Acre (SEF, IMAC, FUNTAC) e a iniciativa privada (Madeireira São Lucas) desenvolveram o MODEFLORA (FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

O MODEFLORA é considerado uma inovação tecnológica na área de manejo florestal sustentável, tendo como objetivo georreferenciar e “geomonitorar” todos os processos envolvidos, ou seja, da elaboração do projeto à execução da exploração. São integrados o Sistema de Posicionamento Global (GPS), o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR) para planejar, executar e monitorar com alta precisão. Tais recursos permitem representar os aspectos espaciais da realidade florestal. Através deles obtêm-se informações importantes, como localização de árvores, APP (área de preservação permanente), nascentes, igarapés, curvas de nível, etc., compondo assim o banco de dados do plano de manejo da área (FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

Pode-se analisar o *MODEFLORA* considerando quatro etapas principais, conforme demonstrado na Figura 1.

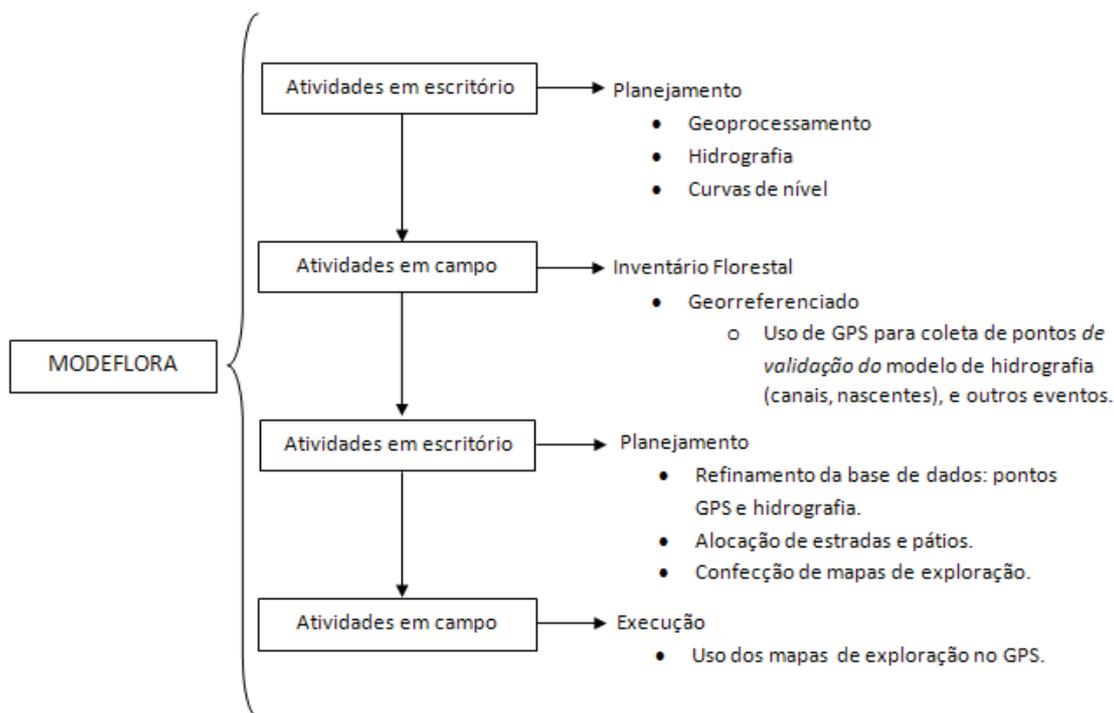


Figura 1. Fluxograma com a estruturação do MODEFLORA em quatro etapas de execução.

Figure 1. Flowchart with the structuring of MODEFLORA in four stages of implementation.

Antes da realização do inventário pré-exploratório, também conhecido como censitário, é realizado um diagnóstico detalhado dos rios, igarapés, nascentes e regiões alagadas. Este mapeamento é realizado com imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), consideradas ainda hoje como um dos principais instrumentos de planejamento da exploração florestal da Amazônia. A modelagem do terreno também é de suma importância para o SIG, pois visa processar as informações espaciais disponíveis nas bases de dados das imagens de sensores remotos e das coletas de campo (FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

Uma das principais vantagens da modelagem do terreno (ainda no escritório) e do emprego de imagens de alta resolução para o planejamento (principalmente de estradas, trilhas de arraste), é a transferência destas informações para um navegador veicular (GPS automotivo) instalado no trator florestal. Assim, o operador

segue as informações do planejamento, garantindo a otimização da atividade e o menor impacto na exploração (FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

A modelagem aplicada no *MODEFLORA* é baseada em um *software* de Sistema de Informações Geográficas (SIG), com custo de licença de uso que restringe sua aplicação para um público com conhecimento básico em geoprocessamento, e para empresas ou cooperativas que não possuem capital para investir. Uma alternativa para maior acesso a esta ferramenta seria o uso de *software* livre. A migração de protocolos gerados em *software* proprietário nem sempre ocorre de forma direta quando se pretende utilizar o *software* livre equivalente, sendo essencial a adaptação das diversas etapas no processo de migração.

Portanto, o presente trabalho foi baseado no Modelo de Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal, com o objetivo de estabelecer as etapas de desenvolvimento de escritório em *software* livre, gerando os mesmos produtos obtidos com o software proprietário desta aplicação. Pretende-se, desta forma, oferecer soluções em software livre para desonerar as empresas que queiram aplicar este modelo.

Segundo BRAZ (2010), o manejo de florestas tropicais tem atraído muito pouco os produtores porque não lhes são oferecidas ferramentas adequadas de gestão, ou seja, ferramentas que lhes garantam menores custos e maior produtividade, além do ganho ambiental e formas alternativas para otimização de gestão das florestas.

Atualmente existem ferramentas matemáticas para planejamento e pesquisa operacional, porém estas ferramentas têm sido mais utilizadas em planejamento de explorações de florestas plantadas (LOPES e MACHADO, 2003) e praticamente não foram utilizadas em florestas naturais (BRAZ, 1994).

A possibilidade de modelar, antecipadamente as principais feições ambientais da área a ser manejada, como por exemplo, o relevo e a hidrografia, é considerada uma das principais diferenças do modelo digital para os sistemas convencionais de planejamento de florestas (FIGUEIREDO *et al.*, 2007). O *MODEFLORA* é considerado uma inovação tecnológica na área de manejo florestal sustentável, tendo como objetivo georreferenciar e “geomonitorar” todos os processos envolvidos, ou seja, da elaboração do projeto à execução da exploração. (FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

Segundo o INPE (2011), a delimitação de bacias hidrográficas é um dos primeiros, senão o procedimento mais comum para análises hidrológicas e/ou ambientais. Este processo geralmente é realizado através de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), utilizando informações de relevo. Tais informações podem ser representadas por estruturas numéricas de dados relacionados à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, chamado de Modelo Numérico de Terreno (MNT) (ALVES SOBRINHO *et al.*, 2010).

O MNT é usado como modelo digital de elevação (MDE), apresentado como uma forma mais rápida, prática e menos subjetiva.

Em agosto de 2008, a partir dos dados SRTM oferecidos pelo USGS (*U.S. Geological Survey*), o INPE lançou o projeto TOPODATA, que oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura vegetal nacional (INPE, 2011). Os dados disponibilizados passaram por um processamento computacional para refinamento do tamanho do pixel de 90 para 30m, sendo interpolados pelo método de *krigagem* (VALERIANO e ROSSETTI, 2009).

Atualmente existe diversos *software* livre para a área de geoprocessamento considerados plenamente confiáveis para desenvolver projetos de qualquer porte.

O gvSIG é um programa computacional livre desenvolvido em Valência, na Espanha, que dispõe de funções para aquisição, armazenamento, gerenciamento, manipulação, processamento, exibição e publicação de dados e informações geográficas. Esse programa apresenta ampla portabilidade, ou seja, pode ser executado em diferentes plataformas e segue os padrões do OpenGIS Consortium (OGC).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Santa Carmem, região centro-oeste do Brasil, ao norte do estado do Mato Grosso, próxima à cidade de Sinop, a uma latitude de 11°54'46" sul, longitude de 55°13'34" oeste, e altitude média de 380 metros. Possui uma extensão de 3920,77 km.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram usados dados de campo, levantados com a metodologia de alocação das árvores usando x e y, em picadas abertas ao longo do talhão a ser explorado, disponibilizados pela empresa florestal, parceira da Embrapa Florestas nesse projeto.

As etapas do planejamento no escritório - que consistem na geração de hidrografia e curvas de nível e posterior refinamento da base de dados (pontos GPS) - foram realizadas utilizando-se as ferramentas do *software* gvSIG e também de outros *software* livre integrados a este, como o GRASS. Para esta área foram necessários dois arquivos SRTM, de códigos 11S555\_ZN e 12S555\_ZN, já que a área se encontra localizada entre eles. Os arquivos foram adquiridos através do *site* do Projeto TOPODATA, em formato GeoTiff. Para se utilizar o SRTM da área, foi necessário realizar um mosaico entre os dois arquivos. O mosaico foi elaborado no *software* GRASS, com o algoritmo *r.path*. Atualmente os algoritmos do *software* GRASS estão inseridos na ferramenta SEXTANTE que está implementada dentro do gvSIG

Para a modelagem da hidrografia, primeiramente foi recortado o mosaico com o retângulo envolvente da área de estudo, com a ferramenta „*Clip grid with box na SEXTANTE Toolbox*“, na aba „*Basic tools for raster layers*“, que utiliza um *shapefile* do tipo polígono da área de estudo criada anteriormente

Para gerar a hidrografia, utilizou-se a ferramenta SEXTANTE, „*Basic hydrological analysis*“, onde inicialmente eliminaram-se as depressões do modelo utilizando a opção „*Sink filling*“. Em seguida, foi gerada a camada de fluxo de acumulação com a rotina „*Flow accumulation*“. Com a ferramenta „*Channel network*“ foi obtida a rede de drenagem relacionada à área de estudo.

A constatação da existência de “ruídos” na imagem gerada, possivelmente relacionados às características do relevo da região, que é muito plano, e da escala do produto SRTM – exigiu a realização de um processo de edição. Como para este projeto há uma caracterização da hidrografia a partir de uma carta topográfica em escala 1:100.000, que foi tomada como base hidrográfica da área, as redes de drenagem geradas no SIG e a da base cartográfica foram sobrepostas e comparadas. Para o início do procedimento de geração de curvas de nível foram utilizados os dados coletados em campo. São dados referentes à posição das árvores do inventário florestal da área de estudo e a altitude em cada um desses pontos tomada com GPS barométrico.

Para a geração das curvas de nível foi incluído inicialmente o *arquivo vetorial de pontos* com dados altimétricos da área de estudo. Para a interpolação dos pontos foram testados os dois métodos: *Inverse Distance Weighting* (IDW) e Krigagem, ambos disponíveis na SEXTANTE *Toolbox /Rasterization and interpolation*.

O passo seguinte foi extrair as curvas de nível através da opção „SEXTANTE *Toolbox*/,*Vectorization/Contour lines*“. Nesta opção é possível determinar a equidistância entre as curvas, que varia conforme o interesse do usuário, empregando-se, para este trabalho, o valor de 5 metros

## RESULTADOS

Os produtos gerados pelo gvSIG para a primeira fase de planejamento da exploração florestal segundo o modelo MODEFLORA são apresentados nas figuras seguintes. O resultado das operações realizadas usando a extensão SEXTANTE do gvSIG consiste em uma camada intermediária que representa a acumulação de fluxo, (Figura 2A) para, na sequência, obter-se a rede de drenagem propriamente dita (Figura 2B).

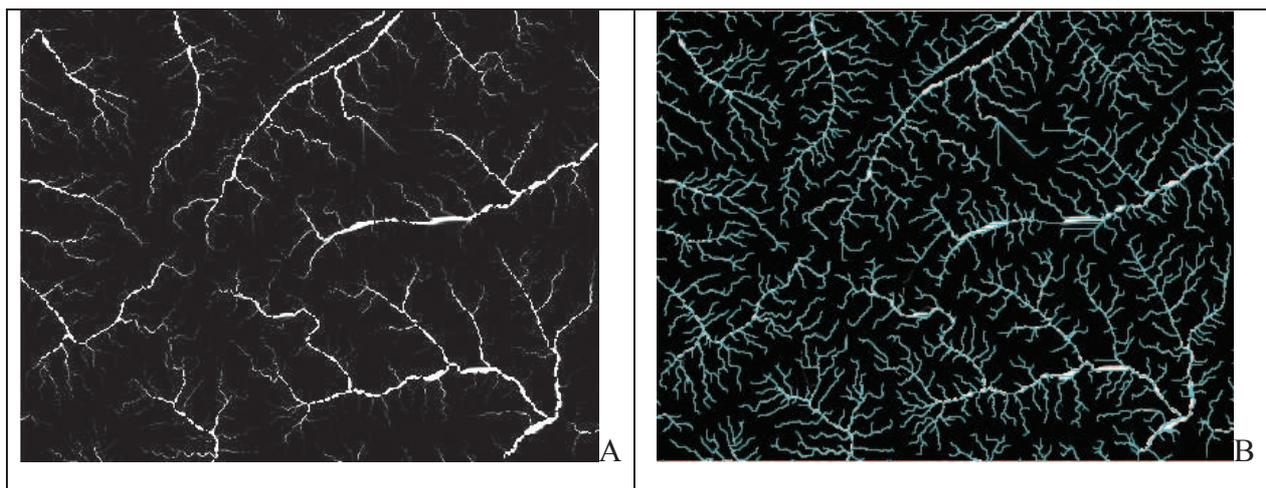


Figura 2. Camada de „Flow accumulation” e Rede de drenagem gerada através da rotina „Channel network”.  
Figure 2. Layer „Flow accumulation” and drainage network generated through routine „Channel network”.

A edição da rede de drenagem com base na sobreposição da base cartográfica 1:100.000 eliminou os ruídos, disponibilizando uma rede de drenagem com maior detalhe. (conforme ilustrado na Figura 3)



Figura 3. Comparação entre as hidrografias (SRTM – azul escuro e carta 1:100.000- azul claro).  
Figure 3. Comparison of hydrography (SRTM – dark blue and chart 1:100.000- light blue).

Pela comparação entre as duas hidrografias geradas observa-se uma grande diferença no nível de detalhamento (Figura 4). Ressalta-se aqui a importância desta modelagem para região amazônica onde não há atualmente cartografia disponível com escala melhor que 1:100.000.

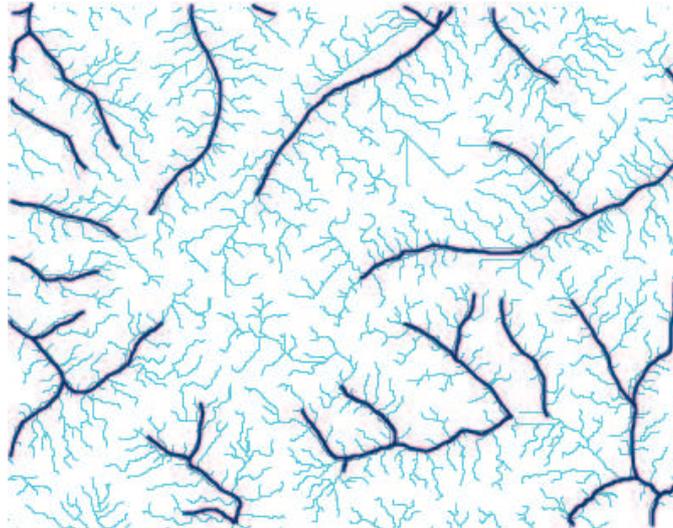


Figura 4. Comparativo entre as hidrografias sobre a área de estudo.  
Figure 4. Comparison of hydrography on the study área.

Segundo recomendado pelo projeto original (FIGUEIREDO *et al.*, 2007), durante o planejamento do manejo não está dispensado o trabalho de campo referente ao microzoneamento dos pequenos canais de drenagem, pois há a necessidade de edição do arquivo da malha hidrográfica relacionado aos pequenos meandros que não foram identificados pela imagem de radar ou pela carta topográfica pré-existente. Esta etapa é realizada durante o inventário pré-exploratório, que consiste na coleta de dados com GPS, visando validar o modelo hidrográfico (canais, nascentes, foz) dentre outros eventos.

A extração das curvas de nível empregando-se dois diferentes algoritmos, ambos disponíveis na SEXTANTE, gerou os produtos mostrados nas Figuras 5A (interpolação por IDW) e 5B (interpolação por krigagem).



Figura 5. Resultado das curvas a partir das interpolações por idw e krigagem.  
Figure 5. Results from the curves by interpolations by idw and krigagem.

A geração das curvas de nível oferece à equipe de campo detalhes de regiões declivosas, rampas de longo comprimento, áreas alagadas e locais com fortes aclives e declives. Assim, a região mapeada é transferida para o GPS de alta sensibilidade, servindo de auxílio aos trabalhos de campo (FIGUEIREDO, 2007).

Este detalhamento irá auxiliar nas etapas seguintes de planejamento e alocação de pátios, rotas de estradas e ramais de arraste.

O programa gvSIG foi selecionado para teste, dentre diversos software livres destinados a este tipo de atividade, por ser um sistema interativo, de interface amigável, capaz de atender a usuários com conhecimentos de geoprocessamento em nível básico. Além disso, a decisão pela utilização do software pela Embrapa Florestas desde 2008 considerou a existência de suporte através de listas de discussões, comunidade de usuários no Brasil (Universidades, Empresas, consultores), de um grupo bastante ativo de desenvolvedores constantemente atualizando e implementando novas funções, bem como disponibilizando novas versões em um curto espaço de tempo.

É importante também destacar a utilização de outras tecnologias para a obtenção de dados da superfície do terreno e da superfície, ou seja, dados que são capazes de gerar respectivamente o MDT e o MDS. Uma delas é a utilização da tecnologia LIDAR, que obtém o perfil do terreno, extraindo informações sobre as características verticais das estruturas (HOLMGREN, 2003).

Análises feitas com produtos oriundos do LIDAR se baseia em avaliações altimétricas a partir de pontos obtidos abaixo do dossel da floresta, para poder avaliar a exatidão do MDT em áreas com cobertura florestal (CRUZ *et al.*, 2011).

## CONCLUSÕES

O uso do software gvSIG associado à ferramenta Sextante possibilitou a execução de rotinas semelhantes e tão eficientes quanto o *software* proprietário originalmente utilizado na metodologia para a etapa de planejamento do *MODEFLORA*. O mesmo se aplica à geração das camadas necessárias a essa fase do planejamento da exploração florestal. Futuramente, novas tecnologias e novos sensores poderão ser utilizados na atualização do Modelo Digital de Exploração Florestal, desta forma os *software* livres também estão sendo atualizados para ler e processar novos formatos através da implementação de novas rotinas e versões.

## REFERÊNCIAS

ALVES SOBRINHO, *et al.* Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. Engenharia Agrícola, v. 30, n. 1, 2010.

BRAZ, E.M. Planejamento das atividades de exploração florestal em floresta tropical úmida. In: **Congresso Internacional de Compensado e Madeira Tropical**, 2.; Feira de Máquinas e Produtos do Setor Madeireiro, 1., 1994, Belém, P.A. Anais. Rio de Janeiro: SENAI, 1994. p. 139-144

BRAZ, E.M. **Subsídios para o Planejamento do Manejo de Florestas Tropicais da Amazônia**. UFSM, 2010, 236 p. Disponível em: <<http://www.portal.ufra.edu.br/attachments/1026SUBS%20PARA%20O%20PLANEJAMENTO%20DO%20MANEJO%20FLORESTAL%20EM%20FLORESTA%20TROPICAIS%20-TESE%20DE%20DOUTORADO%20DE%20EVAL%20LDO%20MU%C3%91OZ%20BRAZ.pdf>> Acesso em: 19 de abril de 2012.

CRUZ, C.B.M. *et al.* In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Curitiba, PR – 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE. P. 5463. **Avaliação da exatidão planialtimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1096.pdf>>. Acesso em: 03 de maio de 2012.

FIGUEIREDO, E.O. *et al.* **Manejo de precisão em florestas tropicais: modelo digital de exploração florestal**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 183 p.

HOLMGREN, J. Estimation of forest variables using airborne laser scanning. Tese Phd, Acta Universitatis.

Agriculturae Sueciae, Silvestria, 278.Umeå, Suécia, 2003.

HYYPPÄ, J.; INKINEN, M. Detecting and estimating attributes for single trees using laser scanner. The Photogrammetric Journal of Finland, v. 16, p. 27-42. 1999.

LOPES, E.S.; MACHADO, C.C. Desafios do planejamento da colheita florestal no Brasil. In: **Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**. In: Simpósio sobre Colheita Florestal, VI. Belo Horizonte/BH, 8-10 de julho de 2003. Anais, Viçosa/MG: UFV/SIF, 2003. p. 44-68.

RIBAS, R.P. **Individualização de árvores em ambiente florestal nativo utilizando métodos de segmentação em modelos digitais produzidos a partir de tecnologias LIDAR**. UFMG, 2011. P. 71. Disponível em <[http://www.csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/rodrigo\\_ribas.pdf](http://www.csr.ufmg.br/modelagem/dissertacoes/rodrigo_ribas.pdf)>. Acesso em: 02 de maio de 2012.

RIBEIRO, C.A.A.S. Floresta de Precisão. In: Colheita Florestal. Editor: Carlos Cardoso Machado, Viçosa/MG: Universidade Federal de Viçosa. 2002. p. 311-335.

VALERIANO, M.M.; ROSSETTI, D.F. TOPODATA: **Seleção de coeficientes geoestatísticos para o refinamento unificado de dados SRTM**. São José dos Campos: INPE, 2009.