

Capítulo 7 – Processamento Primário dos Dados e Elaboração do Mapa de Exploração

Evandro Orfanó Figueiredo
Evaldo Muñoz Braz
Marcus Vinício Neves d'Oliveira
Renato Mesquita da Cunha

O inventário florestal 100% é a base para o planejamento da exploração florestal. Com o resultado do inventário é possível determinar o potencial de exploração da floresta pelo conhecimento da sua estrutura e composição (AZEVEDO, 2006). Também, pela localização precisa das árvores, rede hidrográfica, topografia e APP determinam-se, por meio de planejamento, o dimensionamento de estradas, pontes, número de pátios de estocagem, tipo de transporte, entre outros.

Porém, o processamento desta base de dados demanda grandes investimentos em recursos humanos, softwares e hardwares. O processamento dos dados do inventário no sistema convencional X e Y envolve vários profissionais e pode demorar semanas, até que a primeira versão do planejamento fique pronta.

Utilizando as técnicas do sistema Modelflora, a primeira versão do mapa consiste numa operação de poucos minutos e envolve no máximo dois profissionais: um para digitação e outro para as modelagens da realidade de campo e montagem do layout do mapa final de exploração florestal. O mapa de exploração florestal no Modelflora consiste no mapa analógico e arquivos digitais que formarão o mapa digital que será rastreado por satélites.

Plotagem das Árvores do Inventário

A associação do sistema GNSS e softwares de geoprocessamento fazem com que não haja necessidade de desenhar mapas e plotar individualmente cada árvore ou digitar a falsa coordenada, a exemplo do sistema CAD.

Para extrair o banco de dados de coordenadas das árvores do inventário florestal, utiliza-se o software GPSTrackMaker PRO versão 4.0, devido à facilidade de manuseio dos dados que o software permite.

Após abrir o programa, o primeiro passo é configurá-lo para a mesma projeção cartográfica e sistema de referência (datum) do receptor GPS, por meio do menu “Ferramentas”>>“Opções” (Fig. 1a). O item “Opções” abrirá uma janela, dentro da qual deverão ser realizados, pelo menos, três ajustes. O primeiro é o ajuste de unidades, em que a unidade de comprimento será “Metros – m”, a unidade de área “Hectares – hectares”, a altitude representada por “Metros – m”, os ângulos por “Deg/Min/Sec” e a diferença horária em relação ao Meridiano de Greenwich, ajustada de acordo com a região do trabalho (Fig. 1b).

O segundo ajuste será na projeção cartográfica. Para isso serão selecionados o sistema de “Grade Retangulares” e a opção “UTM (Universal Transversa Mercator)” (Fig. 2a). Esta projeção cartográfica é a preconizada pela Instrução Normativa Ibama nº 93/2006, apesar da Instrução Normativa Ibama nº 101/2006 solicitar que os arquivos com as coordenadas digitadas estejam no Sistema de Coordenadas Geográficas.

O terceiro e mais importante ajuste é no sistema de referência ou datum. Para esta opção deverá ser escolhido necessariamente o mesmo sistema de referência adotado no receptor GPS do levantamento florestal, que, no caso, é o “Datum#199” da base de dados do software ou SAD69 Média (GPS) (Fig. 2b). É importante não utilizar nenhuma outra variação do datum SAD69, pois isso gera inconformidades de posicionamento das árvores do inventário, fazendo que os trabalhadores da exploração não encontrem as árvores mapeadas pelo inventário.

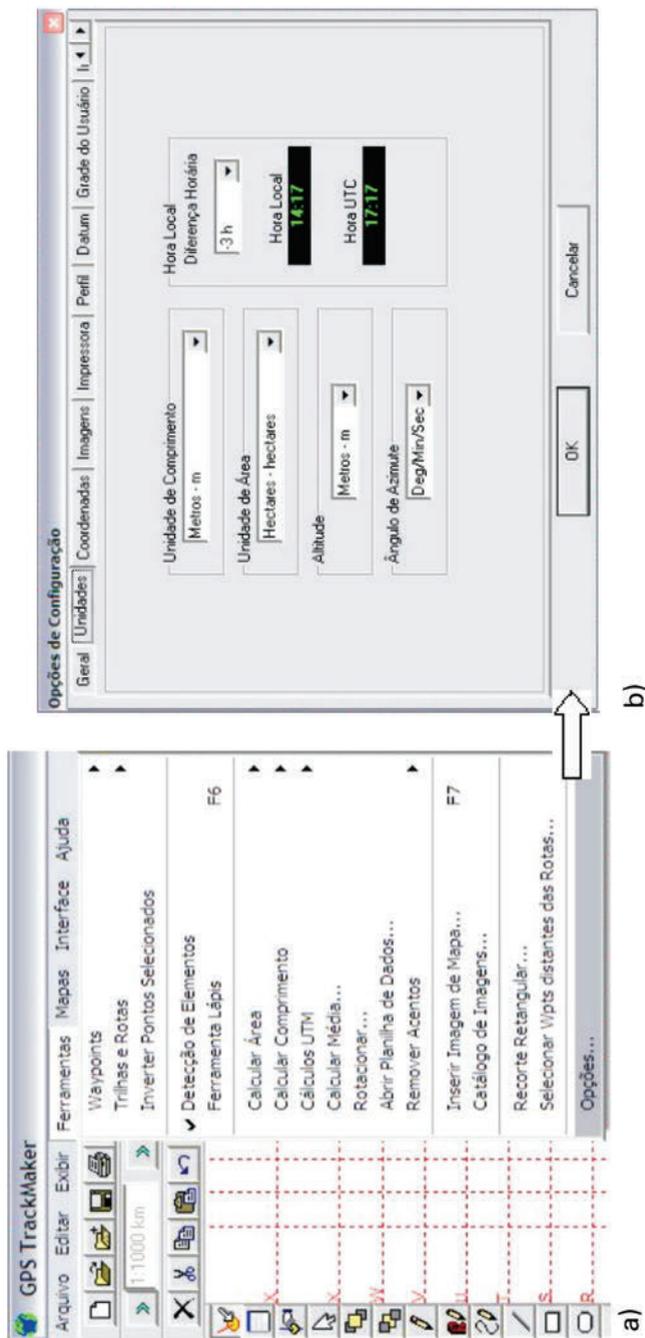
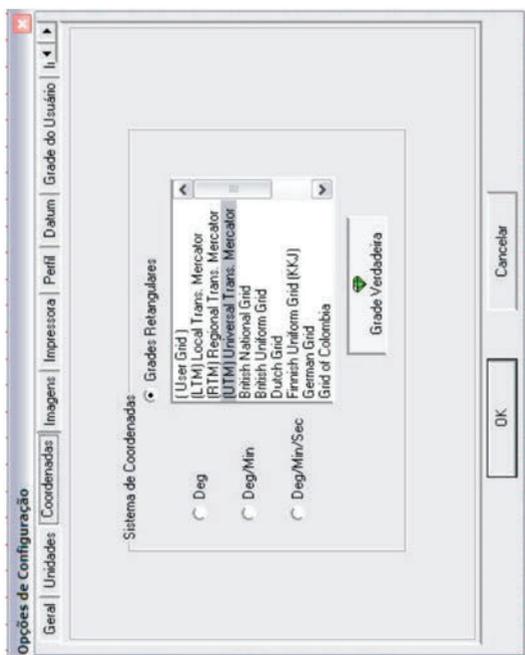
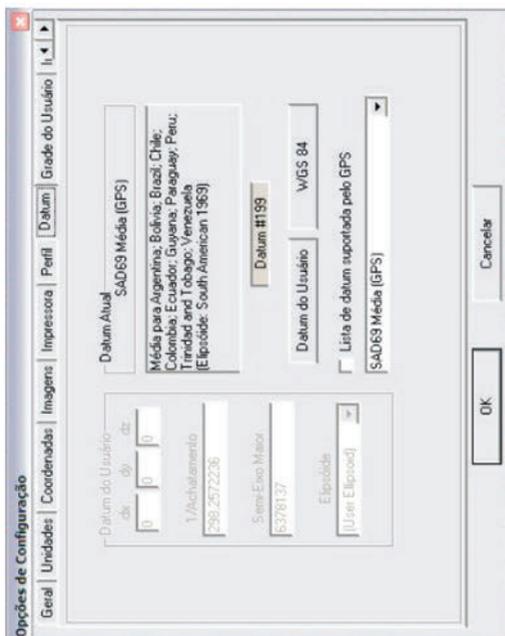


Fig. 1. a) Tela do TrackMaker Pro versão 4 com destaque para acesso às configurações e b) janela para configuração das unidades de mapeamento.



a)



b)

Fig. 2. a) Janela de configuração da projeção cartográfica e b) janela de configuração do sistema de referência (datum).

Para realizar a captura dos dados do GPS, aciona-se a barra de ferramentas "Interface">> "Interface Garmin". Na janela "Interface Garmin", seleciona-se a porta serial correspondente ao receptor GPS e, posteriormente, ativa-se o ícone "Identificar" e "Capturar dados do GPS".

Quando for utilizar uma porta USB pela primeira vez, para descarregar os dados do GPS no computador, haverá necessidade de instalação do drive USB da Garmin. O download desse arquivo executável é feito no site <http://www.garmin.com/> (GARMIM, 2007).

Após a retirada das informações de campo do receptor GPS, será criada instantaneamente a primeira versão do mapeamento da UPA, na qual se observam as picadas referentes ao levantamento florestal, as árvores, a seqüência numérica da identificação das árvores, os pontos extremos das picadas e os vértices da UPA do manejo florestal (Fig. 3).

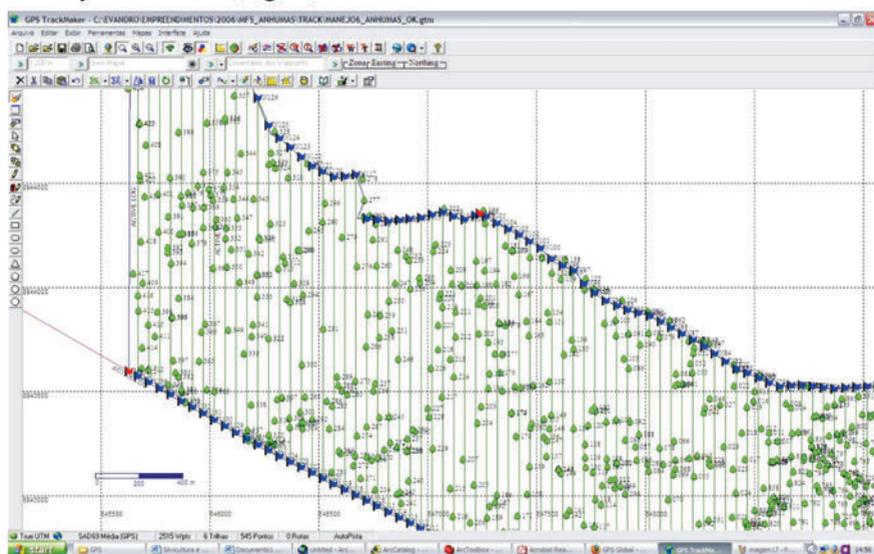


Fig. 3. Tela do TrackMaker Pro versão 4 com o resultado do mapeamento por GPS (Sirf Star III) das árvores da UPA.

Para exportar os dados para o software ArcGIS, basta salvar o arquivo no formato shape e na janela "Exportar para ArcView SHP" escolher "Coordenadas">>" Retangulares">>"Waypoints". Para facilitar a leitura do arquivo no ArcGIS, devem-se apagar as informações referentes a picadas, pontos extremos de picadas e vértices, deixando somente as informações referentes às árvores do inventário 100% (ENVIROMENTAL, 2007).

No software ArcGIS será necessário proceder uma operação para definir o sistema de coordenadas, por meio do Arc Toolbox Windows. Aciona-se o toolbox "Data ManagementTools" e o toolset "Projections and Transformations"; depois se seleciona "Define Projection". Na janela de "Definição do sistema de coordenadas", adiciona-se como "Input Dataset or Feature Class" o arquivo com as coordenadas das árvores inventariadas, oriundo do Software TrackMaker Pro. No campo "Coordinate System" seleciona-se a projeção cartográfica UTM com a zona correspondente e o sistema de referência SAD_1969 (ESRI, 2007) (Fig. 4).

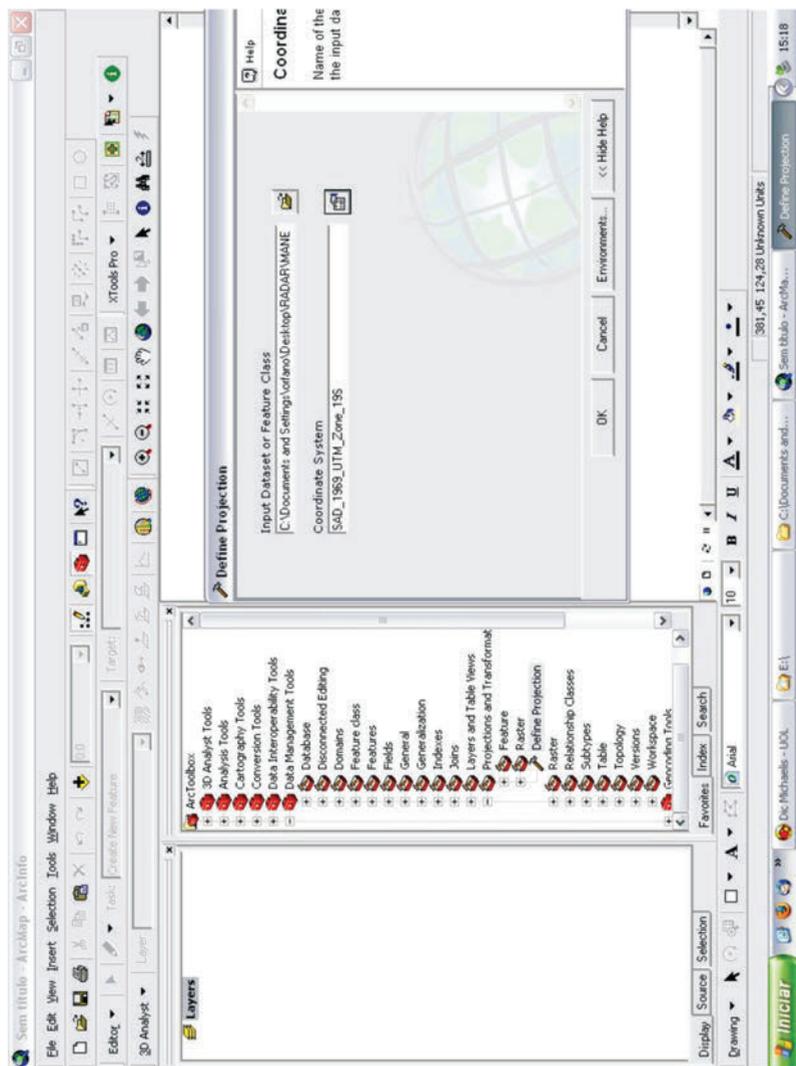


Fig. 4. Procedimento no software ArcGIS para definir a projeção cartográfica do arquivo shape oriundo do software TrackMaker Pro versão 4.

Os produtos desta operação serão os pontos apropriados para as árvores do inventário florestal na mesma projeção cartográfica e datum do receptor GPS. Além dos pontos plotados, haverá uma base de dados em planilha (dbf) vinculada à feição, com informações sobre o shape, índice, data e horário de coleta do ponto, ícone utilizado, altitude barométrica (quando se utiliza no levantamento GPS com sensor barométrico), zona da projeção cartográfica UTM e coordenada UTM (Fig. 5). A partir desta planilha, serão adicionados os dados dendrométricos como: diâmetro a altura do peito (DAP), circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (Hc), área basal (G), volume comercial com casca (Vc), espécie, gênero, família, categoria de exploração e estimativa do número de toras.

Para inserir os dados na planilha devem ser seguidos os procedimentos descritos no capítulo 3.

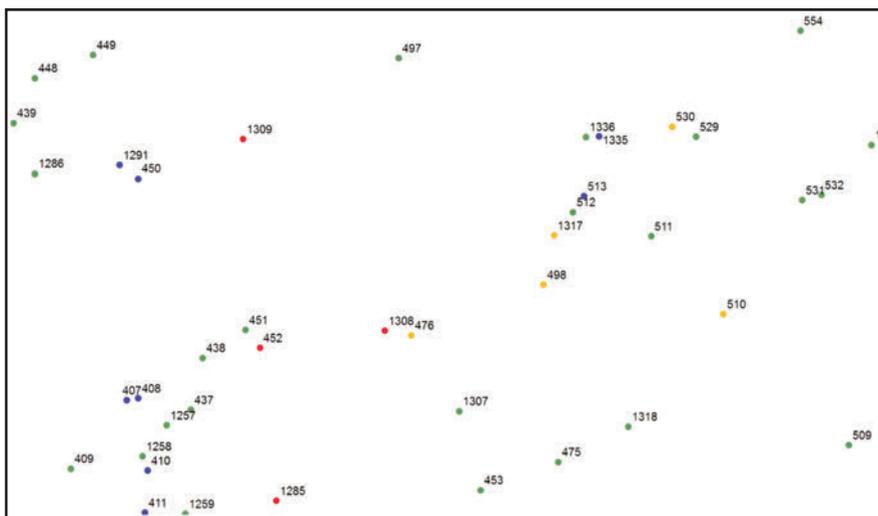


Fig. 5. Resultado da exportação dos dados do inventário com GPS (Sirf Star III) para o software ArcGIS.

Antes dos dados serem processados por uma planilha estatística, é feita uma categorização das árvores definindo os indivíduos para exploração, estoque remanescente, espécies raras, porta-sementes e árvores em APP. Para definir as árvores em APP serão consideradas as observações de campo e a modelagem da hidrografia pelo SRTM.

Confecção do Mapa de Exploração Florestal

A construção do mapa de exploração é a atividade que consolida a etapa final do planejamento. Nesta fase são planejadas as obras de campo na seguinte ordem:

- a) Planejamento da alocação da estrada primária ou principal.
- b) Seleção dos melhores pontos para a construção de pontes.
- c) Cálculo da distância ótima entre estradas secundárias.
- d) Planejamento da alocação das estradas secundárias.
- e) Planejamento para a construção de pátios de estocagem.
- f) Planejamento das trilhas de arraste das árvores exploráveis.
- g) Indicação de pontos críticos de risco ambiental, com possibilidade de danos para as APPs.
- h) Indicação das áreas restritas para instalar estradas e pátios.

Para elaborar todo o planejamento florestal são necessárias no máximo três pessoas conforme descrito da Tabela 1. Porém, um único técnico poderá exercer todas as funções, assumindo a responsabilidade de digitação, auditoria dos trabalhos de campo, mapeamento e projeto: isso dependerá da organização dos profissionais.

Tabela 1. Dimensionamento da equipe de escritório para modelagens, análises estatísticas e confecção dos mapas pelo Modeflora.

Composição	Função
Subequipe de apoio ao processamento de dados	
Um digitador	Codificação da caderneta de campo Digitação dos dados
Um auxiliar técnico	Auditoria dos trabalhos do inventário
Subequipe de planejamento florestal	
Um especialista em planejamento florestal e inventário	Mapeamento digital Mapas de exploração Sensoriamento remoto Zoneamento da propriedade Geoprocessamento Processamento estatístico do banco de dados florestais Planejamento da exploração florestal digital Redação de projetos Elaboração dos arquivos "route" do navegador veicular do skidder

Traçado das Estradas no Modelo Digital de Exploração Florestal

Mesmo com as facilidades das imagens e obtenção das curvas de nível que o modelo digital proporciona, antes do lançamento da rede de estradas secundárias, visando otimizar o traçado, alguns conceitos básicos de parâmetros devem ser entendidos e considerados.

O primeiro conceito é o relativo à densidade de estradas. Este conceito é fundamental para que se obtenha o ponto de equilíbrio entre custos das estradas e custos de arraste, por ser estes os que oneram mais as operações de manejo.

Conceitualmente, densidade de estradas é a relação entre o comprimento total de estradas a ser construída e a área total a ser abastecida pela rede. Normalmente, se expressa em metros por hectare.

A densidade ótima de estradas tem importância fundamental para caracterizar a intensidade necessária da construção de estradas nesta área, indicando, à primeira vista, a viabilidade da rede que está sendo planejada. Por exemplo: 20 m/ha significam que, teoricamente, são construídos 20 m lineares de estrada por hectare da área total.

Em uma UPA de 100 ha, a relação seria (SUDAM, 1977):

$$D = \frac{L}{A} = \frac{2.000\text{m}}{100\text{ha}} = 20\text{m/ha}$$

Em que:

D: densidade das estradas.

L: comprimento total de estradas construídas.

$L = L_1 + L_2 = 2.000 \text{ m}$.

A: área total = 100 ha.

Existe farta bibliografia sobre o cálculo da densidade ótima ou ideal e sua teoria, mas este não é o propósito deste trabalho. Existem

fórmulas como o exemplo abaixo que facilitam a avaliação da melhor densidade segundo cada caso (SUDAM, 1977).

$$D.O.E = 50 \sqrt{\frac{C.T.V.q}{R}}$$

Em que:

DOE: densidade ótima de estradas secundárias em m/ha.

C = c.t.1.000/L.

C: custo de extração em R\$ por m³/km.

c: custo da operação de arraste em R\$/min.

t: tempo em minutos gasto pela extração, em viagem, com ou sem carga, na distância de 1 m.

L: capacidade de carga média em m³ do trator de arraste.

T: fator de correção para os casos em que a extração não é feita em linha reta e perpendicular à estrada e não termina no ponto mais próximo ao de origem. Este fator é normalmente estimado entre 1 e 1,5.

V: fator de correção quando as estradas não são paralelas e são tortuosas com espaçamentos desiguais entre si. Estima-se o fator normalmente em 1,0 - 2,0.

q: volume de madeira a ser explorado, em m³/ha.

R: custo de construção da estrada em R\$/km.

O valor 1,0 para T e V indica que a extração é realizada em linha reta, perpendicular às estradas que são perfeitamente paralelas. Isto nunca acontecerá na prática (SUDAM, 1977).

Como os fatores de correção são subjetivos, pode ser recomendável retirá-los da fórmula para obter maior precisão (BRAZ, 1997).

Estas fórmulas no passado tinham a limitação da exigência de se conhecer em detalhe a tipologia relativa aos compartimentos. Identificadas as subtipologias, calcula-se a densidade. Áreas com maior potencial madeireiro terão uma densidade maior, por isso a necessidade do cálculo específico por tipologia.

O lançamento no modelo digital Modeflora deverá seguir aproximadamente o valor calculado, pois ele é apenas um parâmetro orientador da densidade nestas condições específicas. Ressalta-se que a busca deste valor aproximado resultará em menores custos para o produtor.

Complementarmente, deverá ser calculada a separação ótima entre estradas (FAO, 1974).

A separação ótima teórica entre as estradas da rede permite obter distâncias de arraste ideais para determinado equipamento de extração (Fig. 6), por exemplo, o trator de arraste, com menores custos de utilização e de construção das estradas. Como foi visto, o equilíbrio entre o custo de arraste e o custo da estrada com um custo total mínimo darão o espaçamento ideal ou ótimo entre as estradas secundárias.

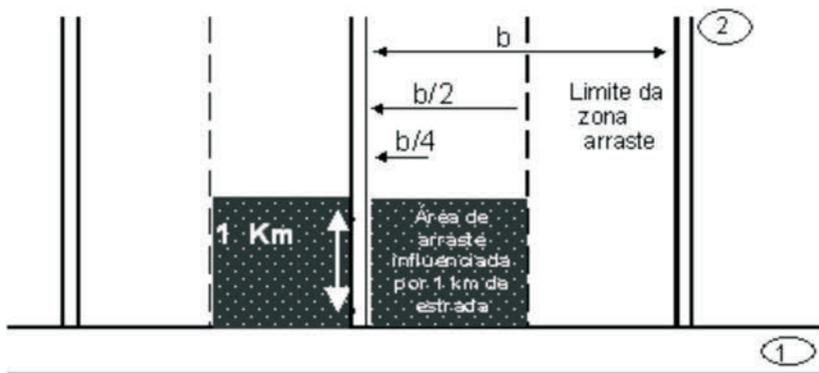


Fig. 6. Esquema teórico da separação ótima de estradas.

Fonte: (FAO, 1974).

Em que:

1: estrada principal.

2: estradas secundárias para as quais se calcula a distância ótima.

b : distância ótima entre caminhos em metros.

$b/2$: redução econômica da distância da estrada (indica o limite da área de arraste, ou seja, a máxima distância de arraste a ser considerada).

$b/4$: distância média teórica de arraste.

O $b/4$ nem sempre indica a real distância média teórica de arraste que é normalmente 20% a 30% mais longa, mesmo em terrenos planos.

O cálculo de b (separação ótima de estradas) é representado pela equação:

$$\text{S.O.E}(b) = 2\sqrt{10 \cdot C / (V \cdot \text{tr})}$$

Em que:

C = custo da construção da estrada por km.

V = volume explorável por hectare.

tr = custo do arraste por metro de picada (ida e volta), por metro cúbico transportado.

É importante ressaltar que, para o Modelflora, a distância entre estradas deve considerar em primeiro lugar as condições do ambiente florestal a ser manejado. Com isso, os aspectos iniciais ponderados no planejamento das estradas são as características do relevo, a malha hidrográfica, a distribuição das árvores a serem exploradas, o estoque de árvores remanescentes e a existência de áreas inapropriadas para construção de estradas e pátios, em decorrência da forte declividade ou de regiões com baixa drenagem.

Entretanto, o padrão ideal de estradas retas e paralelas é um conceito distante da realidade das florestas tropicais e a sua adoção de forma rígida somente elevará os custos de exploração e os danos ambientais da exploração florestal (Pinard et al., 1995; Braz, 2002; Braz, 2005).

Assim, este cálculo é um artifício que proporciona um parâmetro indicativo do arraste mais econômico.

Rogers e Schiess (2003), utilizando ferramentas do ArcView (extensão PEGGER), planejaram automaticamente estradas florestais de baixo impacto, em que foram consideradas as curvas de nível do terreno modelado. Esta é uma excelente alternativa para modelagem rápida de estradas, porém, outros fatores devem ser considerados antes de concluir um planejamento, tais como: APPs, árvores porta-sementes, áreas com alta densidade de árvores protegidas por lei, melhores locais para construção de pontes, entre outros. Portanto, sempre que o profissional optar por um sistema

automático de modelagem da infra-estrutura do manejo, devem-se considerar outros fatores legais e ambientais.

Outra variável que deve ser considerada é o perfil longitudinal do traçado previsto para a rede de estradas (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização das estradas (perfil longitudinal) (%), para caminhão com e sem carga.

Categoria do terreno	Com carga	Vazio
Pouco acidentado	4	8
Muito acidentado	8	12

Fonte: Centre, 1989.

O lançamento da rede de acordo com as declividades limites é facilitado pela análise de proximidade das curvas de nível pelo Modeflora.

Se durante a modelagem do terreno, o intervalo entre cotas de curvas de nível é de 3 metros, isso significará que as linhas de nível com proximidades de 37,5 metros umas das outras (relativas à distância horizontal no terreno) representam uma declividade de 8%, o que começa a ser restritivo para a abertura de estradas quando se considera o caminhão com carga cheia. Nesse caso há a necessidade de um novo desenvolvimento do traçado. Este cálculo pode ser obtido da seguinte forma:

$$D.H. \times \left(\frac{DEC}{100} \right) = DCM$$

$$D.H. \times \left(\frac{8}{100} \right) = 3$$

$$D.H. = \frac{3}{\left(\frac{8}{100} \right)} = 37,5m$$

Em que:

D.H.: distância horizontal (m).

DEC: declividade a ser considerada como restritiva.

DCM: distância entre cotas modeladas pelo ArcGIS.

Para localizar as zonas restritivas no terreno modelado, é necessário, inicialmente, calcular a distância entre curvas de acordo com o critério de declividade (Fig. 7). Seguindo o exemplo anterior, para saber qual a dimensão do buffer a ser construído para as curvas de nível, basta dividir o valor de D.H. por 2, ou seja, como as curvas de nível são paralelas, haverá uma zona restritiva toda vez que houver intersecção entre os buffers das curvas da área do manejo.

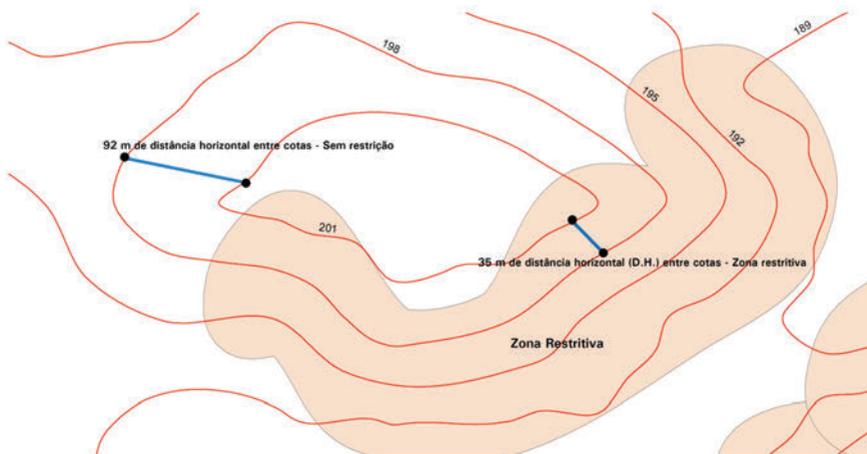


Fig. 7. Demonstrativo do critério de diferença horizontal (D.H.) entre cotas modeladas pelo ArcGIS.

Os diversos critérios de restrições de declividade do terreno para três cotas de modelagem e suas respectivas distâncias de buffers constam na Tabela 3.

Tabela 3. Valores métricos de distância entre curvas de nível modeladas e dimensões da área de buffer para geração do arquivo de zonas restritivas, conforme critério de declividade restritiva.

Diferença entre cotas no processo de modelagem (DCM) do terreno para a construção das curvas de nível na extensão "3D Analyst" do ArcGIS						
	3 (m)	4 (m)	5 (m)	3 (m)	4 (m)	5 (m)
Declividade do terreno (DEC) a ser considerada como restritiva (%)	Distância horizontal (D.H.) entre curvas (m) para ser considerada restritiva			Dimensão do buffer do shapefile das curvas (m) para localizar as zonas restritas		
8	37,50	50,00	62,50	18,75	25,00	31,25
9	33,33	44,44	55,56	16,67	22,22	27,78
10	30,00	40,00	50,00	15,00	20,00	25,00
11	27,27	36,36	45,45	13,64	18,18	22,73
12	25,00	33,33	41,67	12,50	16,67	20,83
13	23,08	30,77	38,46	11,54	15,38	19,23
14	21,43	28,57	35,71	10,71	14,29	17,86
15	20,00	26,67	33,33	10,00	13,33	16,67
16	18,75	25,00	31,25	9,38	12,50	15,63
17	17,65	23,53	29,41	8,82	11,76	14,71
18	16,67	22,22	27,78	8,33	11,11	13,89
19	15,79	21,05	26,32	7,89	10,53	13,16
20	15,00	20,00	25,00	7,50	10,00	12,50
21	14,29	19,05	23,81	7,14	9,52	11,90
22	13,64	18,18	22,73	6,82	9,09	11,36
23	13,04	17,39	21,74	6,52	8,70	10,87
24	12,50	16,67	20,83	6,25	8,33	10,42
25	12,00	16,00	20,00	6,00	8,00	10,00

Se uma zona da unidade de produção for considerada restritiva para estradas e pátios, a partir de 10% de declividade, e o intervalo entre cotas das curvas de nível do shapefile criado for de 4 metros, a região onde se localizam as curvas começará a ser restritiva quando as linhas estiverem numa distância igual ou menor que 40 metros uma das outras.

Após definido o critério, deve-se gerar um shapefile referente a um buffer das curvas de nível. Utilizando a extensão "ArcTools" do ArcGIS e continuando no exemplo do parágrafo anterior, insere-se nos "Layers" o arquivo correspondente às curvas de nível.

Em seguida, aciona-se "ArcToolBox" >> "Analysis Tools" >> "Proximity" >> "Buffer". Nesta seqüência abrirá uma janela denominada de "Buffer". No campo "Input Features" deve-se inserir o arquivo das curvas de nível para "Output Features Class" e definir a pasta onde será salvo o arquivo de buffer, atribuindo-se um nome para o referido shape. Na janela "Distance [value

or field]”>>“Linear unit” digita-se o valor corresponde ao buffer da curva de nível, para o exemplo, o valor é de 20 metros. Nos campos “SideType (optional)” e “EndType (optional)” mantém-se o processamento padrão. Para o campo “DissolveType (optional)” seleciona-se “NONE”. O processamento gera uma shapefile de buffers independentes de cada curva de nível (ENVIROMENTAL, 2007).

Para construir um shapefile das zonas restritivas basta gerar um arquivo de intersecção dos buffers das curvas de nível. Para isso, ativa-se “Arctoolbox” >> “AnalysisTools” >> “Overlay” >> “Intersect” – este procedimento abrirá uma janela denominada “Intersect”. No campo “Input Features”, seleciona-se o arquivo gerado com os buffers independentes, em seguida, no campo “Output Features Class”, deve ser definida a saída do processamento e, nos demais campos, mantido o padrão do processo. Esta operação cria, automaticamente, as zonas restritivas para alocação de estradas e pátios. O refinamento dessas zonas pode ser realizado com a edição do arquivo.

Planejamento dos Pátios de Estocagem no Modelo Digital

A distribuição dos pátios de estocagem deverá ser otimizada, de maneira a facilitar o arraste e não exceder o ideal, evitando maior dano ao povoamento e custos desnecessários.

O tamanho do pátio deve ser calculado de acordo com o potencial da área. Como regra, o seu dimensionamento estará em 25 x 25 m (Instrução Normativa Ibama nº 005/2006), com faixas de circulação laterais para entrada e saída do skidder. O monitoramento pelo Modeflora demonstra a construção de pátios compatível com as dimensões preconizadas pela legislação, com dimensões médias de 24 x 24 metros.

A distância entre pátios, teoricamente, não deve ser menor que a distância ótima entre estradas. Isso será, evidentemente, um

balizador para o lançamento dos pátios, considerando a maior ou menor concentração de madeira extraída. Esta orientação auxiliará a otimização do arraste, reduzindo os custos.

O pátio deve ser dimensionado considerando:

- Comprimento e diâmetro médio das toras.
- Número de árvores a serem exploradas.
- Área de circulação do skidder.
- Área de manobra da carregadeira e caminhão.

O tamanho do pátio de estocagem deve permitir o trabalho sistemático nas atividades de carregamento, traçamento e movimentação do trator de arraste, quando necessário.

O local exato dos pátios será ao longo das estradas de acordo com as condições do ambiente modelado, o padrão de distribuição das espécies, a concentração de árvores comerciais, a direção de arraste e as características do trator florestal.

O local deve ser plano e fora das zonas restritivas, com poucas árvores de grande porte (para evitar a modificação drástica da estrutura da floresta), bem drenado e quando possível originário de clareira natural.

Amaral et al. (1998) calcularam a necessidade para a área do pátio de $1,26 \text{ m}^2/\text{m}^3$ para caminhão curto e de $1,57 \text{ m}^2/\text{m}^3$ para caminhão de carroceria longa. Nas áreas exploradas pelo modelo digital, os valores médios de áreas dos pátios foram de $1,45 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

Planejamento do Sentido do Arraste no Modelo Digital

Como critérios básicos para o planejamento geral das trilhas de arraste são considerados os seguintes pontos:

- A localização dos pátios e direção de arraste devem ser em função das diferentes condições topográficas e das menores distâncias ao pátio, visando reduzir dano ao povoamento.

- A largura da trilha deve ser a menor possível (em média 3,5 m), sendo no máximo 4,5 m para tratores pesados.
- Preferencialmente, os tratores devem evitar cruzar igarapés.
- Definir uma zona de atuação do trator de arraste para evitar problemas no movimento das máquinas. Esta zona terá uma área que tem como raio a distância teórica entre estradas.
- Definir o plano operacional para trator visando reduzir o tempo de ciclo e aumentar a capacidade de arraste (BRAZ; OLIVEIRA, 2001).

Em condições de terrenos muito inclinados, quando se planeja o arraste, Sedlak (1982) recomenda que os limites da zona de arraste devem ficar em $b/3$ subindo determinada inclinação e $2b/3$ (sendo b a distância entre duas estradas onde passa o transporte secundário) para o sentido descendo a inclinação do terreno, resultando em distâncias médias teóricas de arraste de respectivamente $b/6$ e $b/3$ (Fig. 8).

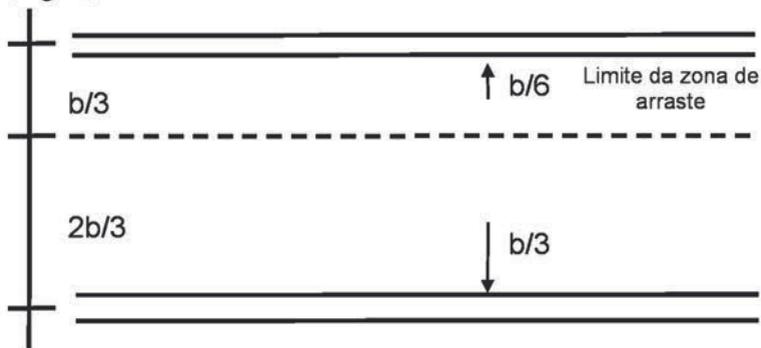


Fig. 8. Limite de arraste em áreas inclinadas.

Fonte: Sedlak (1982).

Assim, pode haver o caso de uma árvore mais próxima de um pátio ser transportada para outro mais longe, porém, com menor risco, com menos consumo de combustível e danos ao equipamento.

As trilhas de arraste devem ser desenvolvidas o mais reto possível, mudando quando necessário para evitar terrenos instáveis ou muito inclinados (30%). Neste caso deve-se evitar a inclinação, andando diagonalmente.

Deve-se planejar a trilha, sempre que possível, de forma a arrastar a árvore pela parte mais grossa do tronco, pois aumenta a eficiência do arraste pelo skidder devido ao efeito de transferência de peso da tora para o eixo traseiro. A transferência de peso favorece a distribuição homogênea da tração sobre o solo, fator fundamental para o aumento da eficiência do skidder.

O arraste pela parte mais grossa do tronco será feito com maior eficiência, se a direção da queda das árvores seguir o sentido oposto ao ponto de chegada da trilha de arraste na árvore cortada, conforme a seta indicativa na Fig. 9. Desta forma, a equipe de corte já tem previamente a direção preferencial de queda das árvores exploráveis contidas no GPS de alta sensibilidade.

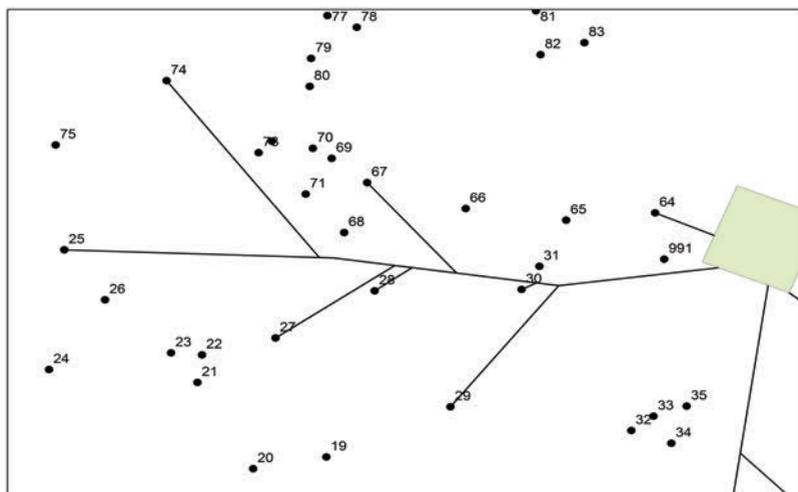


Fig. 9. Demonstrativo da direção de queda das árvores na tela do GPS de alta sensibilidade.

No desenho das trilhas de arraste no modelo digital, devem-se considerar como norma os seguintes aspectos:

- Evitar arrastar mais de 15 árvores em cada trilha.
- Localizar as áreas com maior concentração de árvores para desenhar as trilhas com tamanho menor, reduzindo dano à floresta e distâncias de arraste.
- Planejar o arraste dentro da microbacia.

- Planejar para que o skidder suba a rampa vazio e desça carregado, sempre que possível.
- Para reduzir o trânsito (percurso) no povoamento, quando possível, as trilhas deverão buscar uma trilha mestra (Fig. 10). Esta sugestão vale também quando utilizar cabos e guinchos para auxiliar no arraste.
- Sempre que possível limitar o trânsito do trator skidder à trilha mestra, usando guinchos para arrastar as toras nas trilhas de arraste secundárias.

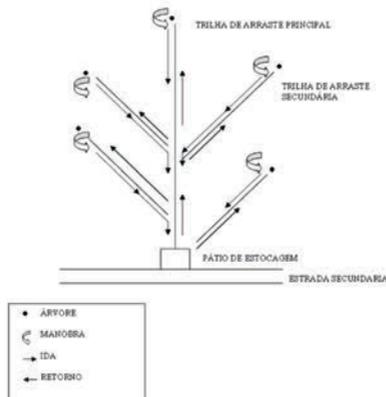


Fig. 10. Esquema do percurso do trator florestal nas trilhas de arraste.

Subcompartimentos da Unidade de Produção Anual no Modelflora

Previamente ao cálculo da densidade de estradas e distância média de arraste, é possível que a unidade de produção anual seja dividida em subcompartimentos baseados em suas subtipologias de acordo com interesse do manejo (grupos de espécies, volume explorável, valor econômico, entre outras) (Fig. 11). Isso não apenas otimizará as funções de arraste como servirá mais tarde para definir tratamentos silviculturais específicos.

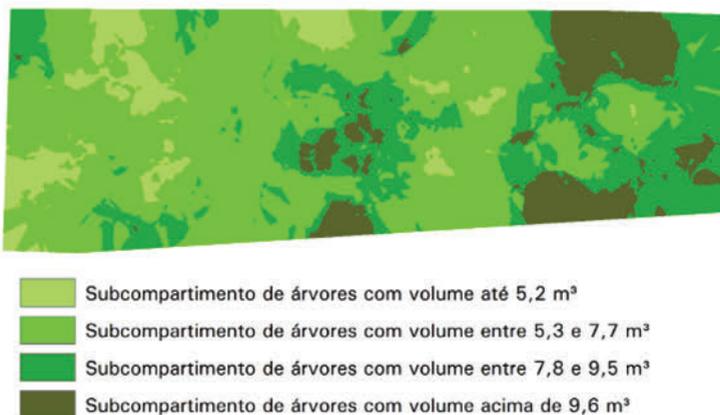
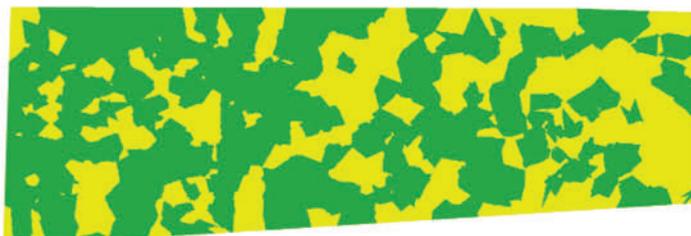


Fig. 11. Divisão da unidade de produção anual em subcompartimentos, conforme classificação das árvores por categoria volumétrica, Plano de Manejo Florestal da Fazenda São Paulo, Porto Acre, Acre, Brasil, 2007.

O volume de madeira de um povoamento natural varia em função da capacidade produtiva do solo e da distribuição irregular das espécies. Por isso, é impossível esperar que uma divisão da área em partes iguais corresponda à divisão do volume também em partes iguais (HOSOKAWA et al., 1998).

As produções volumétricas ou concentrações de espécies em função da área podem ser relacionadas a cada ano. Assim, os sítios de alta produtividade devem ter áreas menores e, os de baixa, áreas maiores. Este fato demonstra que se deve buscar o planejamento visando ao fluxo constante de acordo com mercado e capacidade instalada da empresa, focando em áreas produtivas otimizadas, apesar da heterogeneidade da floresta.

Na Fazenda São Paulo, Porto Acre, Acre, Brasil, o emprego de subcompartimentos foi testado no planejamento prévio da exploração, em que foram definidas zonas de exploração e zonas protegidas da intervenção florestal (Fig. 12), com isso é possível aperfeiçoar o conceito de exploração florestal de impacto reduzido.



Subcompartimentos do planejamento digital da exploração florestal

- Área sob exploração florestal
- Área protegida da intervenção florestal

Fig. 12. Divisão da unidade de produção anual em subcompartimentos, conforme nível de intervenção florestal, Plano de Manejo Florestal da Fazenda São Paulo, Porto Acre, Acre, Brasil, 2007.

Pelo Modeflora a identificação de subcompartimentos é feita por técnicas de estatística espacial ou geoestatística. A estatística espacial procura mapear o comportamento (variações ou desvio-padrão) dos dados no espaço geográfico (ANSELIN; GETIS, 1993; MIRANDA, 2005; BETTINI, 2007). Para definição de sítios homogêneos os melhores resultados têm sido obtidos pelo interpolador de Krige ou “Kriking” (ordinário ou universal). Numa conceituação simplificada Miranda (2005) define que o interpolador de Krige usa o bom senso e muita teoria estatística, pois a precisão de um valor estimado é melhor no local amostrado e torna-se menos confiável à medida que os pontos interpolados se distanciam conforme a direção.

No ArcGIS vários interpoladores podem ser utilizados por meio da extensão 3D Analyst.

Esta “organização” dos novos subcompartimentos facilita a homogeneidade do ponto de vista produtivo (sempre um problema na floresta tropical) possibilitando a maximização da renda do talhão.

Inventário de Copa

O inventário de copa é um aperfeiçoamento do diagnóstico 100%, cuja finalidade é complementar as informações de campo, por meio do georreferenciamento das copas das árvores dominantes e co-dominantes de espécies que não compõem a relação a ser inventariada.

A vantagem desse procedimento é conhecer onde exatamente encontram-se estas árvores de grande porte e evitar previamente a alocação de pátios e estradas, reduzindo desta maneira os impactos da exploração florestal.

O inventário de copa é feito por meio de imagem de alta resolução espacial (com pixel de 1 m), em que o registro realizado utiliza uma rede de pontos de controle posicionados em distâncias pré-estabelecidas de 450 a 900 metros. Com este procedimento, para uma área de 1.000 hectares, são necessários entre 100 e 250 pontos de controle para registro da imagem. Isso garante um georreferenciamento da imagem, em que é possível mapear copas das árvores dominantes no escritório sem que haja necessidade de apropriação de coordenada em campo ou registro de X e Y (falsa coordenada).

O resultado desse método pode ser visto na Fig. 13, sendo possível observar as copas das árvores com pontos vermelhos e respectivo número da placa do inventário 100%, realizado em campo com GPS de alta sensibilidade (GARMIN, 2007). As árvores que compuseram o inventário de copa receberam um ponto lilás indicando ser uma árvore dominante ou co-dominante de uma espécie florestal sem interesse comercial, mas importante para o planejamento da exploração florestal de baixo impacto.



Fig. 13. Resultado do inventário 100% associado ao inventário de copa, Plano de Manejo da Fazenda Alfenas, Rio Branco, Acre, Brasil, 2007.

Referências Bibliográficas

AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. **Floresta para sempre: um manual para a produção de madeira na Amazônia.** Belém, PA: IMAZON, 1998. 137 p.

ANSELIN, L.; GETIS, A. Spatial statistical analysis and geographic information systems. In: FISCHER, M. M.; NIJKAMP, P. (Ed.) **Geographic information systems: spatial modeling and policy evaluation.** Berlin: Spring, 1993. p. 35-49.

AZEVEDO, C. P. de. **Dinâmica de florestas submetidas a manejo na Amazônia ocidental: experimentação e simulação.** 2006. 254 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

BETTINI, C. Conceitos básicos de geoestatística. In: MEIRELLES, M. S. P.; CAMARA, G.; ALMEIDA, C.M. (Ed.) **Geomática: modelos e aplicações ambientais.** Brasília, DF: Embrapa Solos, 2007. p. 193-234.

BRAZ, E. M. **Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável de floresta tropical.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 1997. 38 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 15).

BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Planejamento da extração madeireira dentro de critérios econômicos e ambientais.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. 15 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 39).

BRAZ, E. M. Manejo da floresta nativa e sua viabilidade. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS FLORESTAIS, 2.; SEMINÁRIO EM TECNOLOGIA DA MADEIRA E PRODUTOS FLORESTAIS NÃO-MADEIRÁVEIS, 1., 2002, Curitiba. **Aproveitamento tecnológico da floresta ibero-americana: fonte de suprimento para o mundo: anais.** [Curitiba]: Universidade Federal do Paraná; Belém: Fundação de Pesquisas Florestais do Pará, [2002]. 1 CD ROM.

BRAZ, E. M. **Planejamento da exploração em florestas naturais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 32 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 118).

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. **Mémento du forestier**. França: Ministério da Agricultura, 1989.

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Environmental systems Research Institute**. Disponível em: <http://www.esri.com/>. Acesso em: 20 ago. 2007.

FAO. **Logging and log transport in tropical high forest**. Roma, 1974. 90 p. (FAO. Forestry Series, 5; FAO. Development Paper, 18).

GARMIN INTERNATIONAL. **Garmin International Inc**. Disponível em: <http://www.garmin.com/>. Acesso em: 23 ago. 2007.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B. de; CUNHA, U. S. da. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425 p.

PINARD, M. A.; PUTZ, F. E.; TAY, J.; SULLIVAN, T. E. Creating timber harvest guidelines for a reduced-impact logging project in Malaysia. **Journal of Forestry**, v. 93, n. 10, October, 1995. p. 41-45.

ROGERS, L.; SCHIESS, P. A New Precision Forest Road Design and Visualization Tool: PEGGER. In: INTERNATIONAL PRECISION FORESTRY SYMPOSIUM, 2., 2003, Seattle, Washington. **Precision Forestry: proceedings**. Seattle, Washington: University of Washington College of Forest Resources, 2003. p. 127-130.

SEDLAK, O. General principles of planning forest road nets. In: FAO/AUSTRIATRANING COURSE ON MOUNTAIN FOREST ROADS AND HARVESTING, 4., 1983, Ossiach and Ort, Austria. **Logging and transport in steep terrain: report...** Rome: FAO, 1985. p. 17-36.

SUDAM. Exploração mecanizada de floresta em terra firme, Região de Curuá-Una. Belém, PA, 1977. p. 35.