




# Manejo de Precisão em Florestas Tropicais: Modelo Digital de Exploração Florestal



Editores Técnicos  
Evandro Orfanó Figueiredo  
Evaldo Muñoz Braz  
Marcus Vinício Neves d'Oliveira

**Embrapa**

**Manejo de Precisão em  
Florestas Tropicais:  
Modelo Digital de  
Exploração Florestal**



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Acre  
Embrapa Florestas  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**Manejo de Precisão em Florestas Tropicais:  
Modelo Digital de Exploração Florestal**

*Evandro Orfanó Figueiredo  
Evaldo Muñoz Braz  
Marcus Vinício Neves d'Oliveira*  
Editores Técnicos

Embrapa Acre  
Rio Branco, AC  
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Acre**

Rodovia BR 364, km 14,  
sentido Rio Branco/Porto Velho  
Caixa Postal 321  
Rio Branco, AC, CEP 69900-056  
Fone: (68) 3212-3200  
Fax: (68) 3212-3284  
www.embrapa.br/acre  
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

**Embrapa Florestas**

Estrada da Ribeira, km 111,  
Bairro Guaraituba  
Caixa Postal 319  
Colombo, PR, CEP 83411-000  
Fone: (41) 3675-5600

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena/Suely Moreira de Melo*

Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena*

Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac P. Braga Gonçalves*

Editoração eletrônica: *Davi Moura*

Arte da capa: *Davi Moura*

Foto da capa: *Evandro Orfanó Figueiredo*

**1ª edição**

1ª impressão (2007): 1.000 exemplares

3ª impressão (2009): 500 exemplares

4ª impressão (2015): 1.000 exemplares

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Acre

F475m

Figueiredo, Evandro Orfanó

Manejo de precisão em florestas tropicais: modelo digital de exploração florestal / por Evandro Orfanó Figueiredo, Evaldo Muñoz Braz, Marcus Vinício Neves d'Oliveira. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2007. 184 p.

ISBN 978-85-99190-04-3

1. Manejo florestal. 2. Exploração florestal. 3. Sistema de informação geográfica. 4. Hidrografia. 5. GPS. I. Braz, Evaldo Muñoz. II. Oliveira, Marcus Vinício Neves d'. III. Título.

CDD 21.ed. 634.92

## **Autores**

### **Carlos Alberto Moraes Passos**

Engenheiro florestal, D.Sc. em Manejo de Florestas, Universidade Federal do Mato Grosso, Departamento de Engenharia Florestal, Avenida Fernando Correia s/nº, Campus Coxipó, CEP 78060-900, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

### **Evaldo Muñoz Braz**

Engenheiro florestal, M.Sc. em Manejo Florestal, Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111, CEP 83411-000, Colombo, Paraná, Brasil

### **Evandro Orfanó Figueiredo**

Engenheiro agrônomo, M.Sc. em Florestas de Produção, Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14, Caixa Postal 321, CEP 69908-970, Rio Branco, Acre, Brasil

### **Luciana Mendes Cavalcante**

Geóloga, M.Sc. em Geologia Estrutural e Geomorfologia, Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14, Caixa Postal 321, CEP 69908-970, Rio Branco, Acre, Brasil

### **Marcus Vinício Neves d'Oliveira**

Engenheiro florestal, Ph.D. em Manejo de Florestas Tropicais, Embrapa Acre, Rodovia BR 364, km 14, Caixa Postal 321, CEP 69908-970, Rio Branco, Acre, Brasil

### **Renato Mesquita da Cunha**

Engenheiro florestal, Rua Antônio Monteiro Sobrinho, nº 101, Bairro Santa Quitéria, CEP 69914-450, Rio Branco, Acre, Brasil



## **Agradecimentos**

Os agradecimentos são devidos à *Madeira Cathedral Ltda.* e à *Madeira São Lucas Ltda.* pelo apoio financeiro para realização dos estudos de campo.

Ao Instituto de Meio de Ambiente do Acre (Imac), ao Secretário Estadual de Meio Ambiente e Presidente do Imac (1999 a 2006), Dr. Carlos Edegard de Deus, e ao Diretor de Controle Ambiental, Dr. Sebastião Fernando, por possibilitar, quanto ao aspecto legal, o protocolo do Plano de Manejo Florestal com o Modelo Digital de Exploração Florestal.

Ao Secretário Estadual de Floresta e Extrativismo do Estado do Acre, Dr. Carlos Ovídio, pelo apoio institucional para implementação da nova proposta metodológica.

À empresa Stetsom, na cidade de Presidente Prudente, São Paulo, fabricante do navegador veicular, por apoiar os estudos realizados para os ajustes do modelo digital de exploração florestal.

Aos identificadores botânicos e coordenadores de campo Sebastião Mota Pessoa (Tião), Luciano Pereira Lopes (Garoto) e Raimundo Mota Pessoa (Val) pela paciência e dedicação para os ajustes de campo da metodologia.





## **Apresentação**

Até o momento pouco tem sido efetivamente aproveitado da tecnologia digital e do sensoriamento remoto para o manejo das florestas tropicais. As vantagens da inclusão destas ferramentas no manejo são inúmeras, por permitir maior precisão das informações, possibilitando um planejamento florestal mais harmônico com o ecossistema manejado e de menor custo. O bom planejamento das intervenções florestais implicará em menores danos ambientais e alto rendimento das operações de campo, além da melhoria da eficiência dos órgãos de licenciamento e controle, em decorrência da menor demanda de vistoria técnica.

Atualmente, o profissional da área florestal utiliza somente bússola e trena para localização das árvores do inventário. O GPS tem seu potencial subestimado, sendo usado apenas para identificar os vértices da área do plano de manejo. O emprego de telêmetros, GPS de alta sensibilidade, cartografia geral, sistema de informações geográficas, sensoriamento remoto (imagens de satélites e radares) e modelagem da paisagem são alternativas disponíveis, mas demandam o domínio destas ferramentas pelo profissional da área florestal.

Os próximos avanços das técnicas de planejamento da exploração florestal exigirão conhecimento multidisciplinar, emprego de tecnologia wireless, processamento de imagens de alta resolução e a necessidade de aperfeiçoamento constante para utilização das novas tecnologias de levantamentos.

Esta publicação procura fornecer, aos profissionais da engenharia florestal, as principais etapas de campo e escritório para construção do modelo digital de exploração e manejo florestal. As etapas foram selecionadas e descritas de modo que um profissional da área com conhecimento básico de sistema de informações geográficas (GIS) possa planejar os trabalhos de campo e obter um mapa de exploração florestal com a apropriação das coordenadas verdadeiras de todas as árvores, detalhes de hidrografia, relevo e curvas de nível, e ainda, executar a exploração florestal com receptores GPS e navegadores veiculares.

A plena sustentabilidade do manejo das florestas naturais é meta fundamental da Embrapa. Esta tecnologia aproxima o cumprimento deste objetivo e visa atender aos profissionais da área florestal na melhoria dos planos de manejo florestal na Amazônia.

*Marcus Vinício Neves d'Oliveira*  
Chefe-Geral da Embrapa Acre

## **Prefácio**

O uso das geotecnologias para o planejamento da atividade florestal em áreas tropicais é um tema conhecido. Porém, conciliar inventários florestais pré-exploratórios, modelagem altimétrica do terreno, estatística espacial e execução das operações de exploração florestal de modo digital, com emprego de GPS e navegadores, ainda é um assunto dominado por poucos profissionais.

A Embrapa propõe nesta obra uma abordagem diferenciada para o planejamento florestal, em que a precisão das informações de campo aliada a um conjunto de procedimentos de modelagem da realidade permitem a formação de uma base de dados robusta e georreferenciada, tornando possível a aplicação do conceito de manejo de precisão em florestas naturais nos trópicos.

A organização da obra foi cuidadosa em detalhar as principais etapas do processo de planejamento florestal digital, denominado de Modelo Digital de Exploração Florestal – Modeflora. Os procedimentos construtivos do modelo digital foram concretizados em oito capítulos contemplando: conceitos e vantagens do modelo digital, projeções e sistema de referência, procedimentos básicos de geoprocessamento, interpolações, inventário pré-exploratório com GPS, processamento primário dos dados, planejamento, execução e acompanhamento da exploração florestal.

Os procedimentos descritos neste livro foram validados por empresas florestais no Estado do Acre, e possibilitam uma excelente oportunidade de melhoria do planejamento de manejo florestal nos trópicos. As técnicas apresentadas também permitem a elaboração de planos detalhados sobre o uso da terra dos imóveis rurais e seu licenciamento ambiental pelos órgãos de meio ambiente.

*Evandro Orfanó Figueiredo*  
Editor Técnico



# Sumário

<b>Capítulo 1 – Manejo Florestal de Precisão: Modelo Digital de Exploração e Manejo de Florestas Naturais.....</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo 2 – Conceitos Cartográficos – Sistemas de Referência.....</b>	<b>31</b>
<b>Capítulo 3 – Sistema de Informações Geográficas: Aplicações Básicas pelo ArcGIS.....</b>	<b>45</b>
<b>Capítulo 4 – Diagnóstico da Hidrografia da Área do Manejo Florestal.....</b>	<b>63</b>
<b>Capítulo 5 – Diagnóstico dos Destaques Topográficos da Área do Manejo Florestal.....</b>	<b>83</b>
<b>Capítulo 6 – Levantamento das Árvores com Coordenadas Apropriadas com GPS de Alta Sensibilidade.....</b>	<b>101</b>
<b>Capítulo 7 – Processamento Primário dos Dados e Elaboração do Mapa de Exploração.....</b>	<b>119</b>
<b>Capítulo 8 – Execução e Monitoramento das Operações de Campo.....</b>	<b>149</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>171</b>



**Manejo Florestal de  
Precisão: Modelo Digital  
de Exploração e Manejo  
de Florestas Naturais**







# Capítulo 1 – Manejo Florestal de Precisão: Modelo Digital de Exploração e Manejo de Florestas Naturais

---

Evaldo Muñoz Braz  
Evandro Orfanó Figueiredo  
Marcus Vinício Neves d'Oliveira  
Carlos Alberto Moraes Passos

O manejo florestal é a principal atividade econômica que possibilita a manutenção da cobertura florestal natural. O estímulo ao manejo e ao interesse pela floresta é fator decisivo para inibição de usos da terra que impliquem em desflorestamento e queimadas.

Esta atividade também tem sido beneficiada pelo aumento dos preços da madeira tropical, tanto nacional como internacionalmente.

Apesar destes fatores, o manejo da floresta tropical ainda é visto com restrições, pelos produtores e organizações não-governamentais ambientalistas.

O manejo da floresta tropical avançou muito quanto às pesquisas básicas relacionadas à avaliação da regeneração e à dinâmica da floresta pós-exploração. Nas últimas décadas as pesquisas em manejo florestal foram orientadas para reduzir os impactos da exploração sobre a floresta remanescente (HENDRISON, 1989; OLIVEIRA; BRAZ, 1998). Utilizando-se as normas da exploração de impacto reduzido (EIR), pode-se verificar que esta não era necessariamente mais cara que a exploração convencional (SABOGAL et al., 2000).

Todavia, persistem grandes lacunas no planejamento do manejo das florestas naturais, principalmente, no que tange à extração de toras.

Por outro lado, a heterogeneidade da floresta tropical, expressada pelo padrão de distribuição de suas espécies arbóreas, tipologias florestais, relevo, hidrografia e solo, torna extremamente complexa a modelagem do ecossistema e dificulta o planejamento da exploração com operações precisas (BRAZ, 1994; BRAZ, 2002).

Para obter operações florestais precisas são necessárias três tecnologias convergentes (RIBEIRO, 2002): sensoriamento remoto (SR); sistema de informações geográficas (SIG); e, sistema de posicionamento global (GPS).

O manejo de precisão pode ser definido em duas categorias: a) emprego de informações geoespaciais para o manejo de florestas; e, b) manejo de sítios florestais específicos (RIBEIRO, 2002).

O avanço tecnológico no planejamento das atividades na agricultura empresarial, com o emprego do Sistema Global por Navegação por Satélites (GNSS), é uma realidade há pelo menos uma década. No entanto, na atividade de manejo florestal na Amazônia os técnicos, engenheiros, madeireiros e órgãos ambientais têm utilizado imagens de satélites e GPS apenas para realizar o macrozoneamento da floresta.

Para os levantamentos de campo, incluindo o inventário censitário das árvores exploráveis e remanescentes das espécies comerciais e protegidas por lei, os técnicos ainda utilizam o procedimento de coordenadas X e Y marcado em campo (também chamado de falsas coordenadas), devido, principalmente, às dificuldades de utilização de equipamentos, softwares e produto de sensoriamento remoto adequado.

Observam-se, freqüentemente, em planos de manejo florestal em execução, a abertura de estradas para acessar áreas com baixo potencial madeireiro, pátios superdimensionados para estocar essa madeira, assim como o dimensionamento equivocado de compartimentos que não abastecem a indústria em quantidades adequadas ao que seu tamanho indicava quando do planejamento.

Nesses casos, além do aumento dos custos de construção e de manutenção de estradas, áreas da floresta são danificadas desnecessariamente, alterando sua composição e estrutura, com isso reduzindo o estoque de madeira comercial para o próximo ciclo (BRAZ; PASSOS, 2005; BRAZ, 2005).

Os principais problemas do planejamento florestal por meio do inventário florestal censitário são:

#### a) Abertura de Picadas (linhas) em Áreas Florestais de Polígono Irregular

Quando uma área florestal a ser inventariada apresenta um polígono irregular, com vértices de ângulos agudos ou obtusos, ou ainda, numa situação crítica em que a referida área florestal é ladeada por um rio ou estrada sinuosa, as operações de campo são trabalhosas e requerem um maior investimento para que a atividade de abertura de picadas seja executada com precisão.

O problema da área irregular é uma tarefa simples e primária de ser solucionada no escritório. Em campo (floresta) demanda tempo e qualificação da equipe para que as picadas sejam abertas paralelas e no ângulo (azimute) correto. O trabalho começa com a abertura das picadas, que deverão receber numeração indicativa da distância percorrida, por meio de uma placa de alumínio fixada numa estaca. Estas estacas deverão apresentar a mesma direção da primeira linha, ou seja, a estaca com placa 125 metros da linha 1 deve ser paralela à estaca 125 metros das linhas 2, 3, 4, e assim por diante, caso contrário, o mapa de exploração será apenas uma mera sucessão de erros de alocação das árvores inventariadas.

Muitas vezes, as instituições responsáveis pelo licenciamento ambiental recomendam que a Unidade de Produção Anual (UPA) do manejo florestal tenha uma forma regular, cuja finalidade é minimizar os efeitos dos problemas da abertura de picadas e do uso de falsas coordenadas. Porém, a concepção do desenho de unidades de produção geometricamente perfeitas com ângulos retos e divisas retilíneas foge completamente da realidade amazônica, em que a grande maioria das propriedades rurais de médio e grande porte apresenta como limite um curso hídrico.

Alguns planejamentos florestais chegam a excluir as áreas próximas de cursos hídricos em decorrência de seu contorno irregular, sob alegação de ser uma área inacessível à exploração florestal, mesmo que a citada área seja perfeitamente explorável.

## b) Emprego das Coordenadas X e Y de Campo para o Levantamento Florestal

Para adotar as coordenadas X e Y é necessário abrir picadas, identificando-se as distâncias, a fim de realizar o mapeamento das árvores. A grande demanda de tempo e mão-de-obra para a abertura das trilhas e os erros de medição na distância da picada (eixo Y), na estimativa da distância da picada até a árvore (eixo X), tornam o uso desta metodologia de mapeamento de árvores e de microzoneamento oneroso e demorado e com muitas possibilidades de erros.

Outro problema é a necessidade do apontador ou anotador das distâncias de X e Y manter uma concentração permanente, visto que, além de avaliar a distância no eixo Y (picada) e mensurar o eixo X (distância entre a picada e a árvore inventariada), o profissional ainda anota espécie, diâmetro, altura, qualidade do fuste, sanidade, e se a árvore está localizada do lado direito ou esquerdo da referida picada.

Observar e anotar estas informações é uma tarefa simples para as primeiras horas de trabalho. Entretanto, o trabalho de campo nas condições amazônicas, principalmente, pelas características de alta umidade e temperatura, aliado a vários fatores adversos (insetos, rede de drenagem, sub-bosque denso, fortes aclives e grandes extensões a serem percorridas diariamente pela equipe) tornam esta tarefa uma atividade muito cansativa e com grandes possibilidades de erros.

Uma fonte de erro bastante comum é a dificuldade de se avaliar as distâncias X para as árvores localizadas na região limítrofe entre picadas vizinhas. Isso acaba gerando sérios problemas de localização das árvores pela equipe de exploração. Com isso, é bastante comum encontrar árvores que deveriam pertencer ao mapeamento de uma picada, mas que foram alocadas na picada vizinha. Esta falha acaba gerando dúvidas na equipe de corte das árvores durante a operacionalização do plano de manejo.

Não são raros os reclames das equipes de exploração, devido às dificuldades de encontrar a árvore mapeada para exploração.

É comum observar em florestas manejadas, árvores que deveriam ser cortadas e não foram, ou árvores que foram cortadas e não foram arrastadas em decorrência das dificuldades encontradas na sua localização.

A opção pelo uso das coordenadas X e Y teve como principal motivação a dificuldade de se obter coordenadas apropriadas das árvores inventariadas com receptores GPS. O dossel da floresta é uma barreira natural que dificulta a recepção do sinal de satélites por receptores GPS convencionais. No entanto, com o emprego de receptores GPS com antenas de alta sensibilidade, este problema é uma etapa superada.

#### c) Desconhecimento da Área a ser Inventariada

O desconhecimento das características ambientais da área do inventário, tais como declives ou aclives acentuados, rampas de longa extensão, regiões alagadas, cursos hídricos permanentes e intermitentes, colocações de seringueiros, posseiros e ribeirinhos, faz com que haja subjetividade na caracterização ambiental (microzoneamento), acarretando num planejamento florestal precário.

Um exemplo típico do desconhecimento prévio do terreno e da precariedade do planejamento florestal é a forma de diagnosticar as características altimétricas em campo. Na maioria das vezes, a informação é coletada de maneira a apontar a região onde existe um declive acentuado no momento em que a equipe de inventário está trabalhando. O registro da declividade é anotado à margem da caderneta de campo, considerando a coordenada X e Y. No entanto, a informação coletada é insuficiente por não fornecer os seguintes dados:

- A exata localização da informação registrada, em decorrência da possibilidade de erros do inventário por coordenada X e Y.
- O sentido da rampa.
- A sua extensão.
- A diferença de cotas altimétricas das curvas de nível.
- O comprimento da curva de nível.

#### d) Inventário com “Prazo de Validade Curto”

É natural que o inventário florestal pré-exploração tenha um prazo para que os dados sejam considerados confiáveis, principalmente, em decorrência da dinâmica florestal. Assim, o inventário florestal registra um momento do ecossistema estudado. No decorrer dos anos haverá ingressos, crescimento, mortalidade e danos (naturais e causados pela exploração) às copas e aos fustes das árvores amostradas.

O inventário censitário para o manejo florestal com emprego de coordenadas X e Y pode ser considerado uma estratégia de planejamento com vida útil muito curta. Na maioria dos casos, os inventários são realizados um ano antes da exploração florestal e, quando a equipe de exploração começa suas atividades de localização da árvore, corte, abertura de estradas, pátios e trilhas, as picadas do inventário já cerraram com a vegetação regenerada, dificultando a localização das árvores. Não é raro encontrar empresas madeireiras explorando os planos de manejo da maneira tradicionalmente feita em áreas de conversão florestal, sem consultar ao menos o mapa de exploração.

Com o uso do sistema de coordenadas X e Y não apenas a localização das árvores e a topografia ficam prejudicadas, mas também toda rede de drenagem, especialmente, cursos d'água temporários, tornando a identificação e localização das áreas de preservação permanente incorretas.

Deixar de considerar os fatores ambientais no planejamento da exploração da área florestal manejada ocasiona:

- Desconhecimento do real padrão de distribuição das espécies florestais.
- Rede de arraste inadequada.
- Perda de árvores já cortadas.
- Maior necessidade de manutenção de estradas, sendo a erosão um dos principais fatores da pequena durabilidade destas obras.
- Baixo rendimento operacional para instalação das estradas e pátios, aumentando os custos operacionais.

- Lançamento de estradas e passagem de máquinas em áreas de preservação permanente.
- Maiores danos ambientais.
- Controle e monitoramento das operações florestais inadequados.

Todas estas falhas de execução do plano, em parte, é resultado do desconhecimento das possibilidades de integração do sistema de informações geográficas, sensoriamento remoto, inventário florestal e a execução em campo do plano de exploração de forma precisa.

Muitas têm sido as tentativas de melhorar a precisão das informações florestais. A Japanese Forestry Agency tem desenvolvido equipamentos que buscam maior precisão das informações de campo, com a integração do GPS, bússolas eletrônicas, hipsômetros a laser, sutas digitais e palm-tops (ARUGA, 2003), porém, sua aplicação completa para as condições amazônicas ainda apresenta restrição.

O Modelo Digital de Exploração Florestal (Modelflora) não é um software ou equipamento, e sim um novo processo que busca unir com maior precisão o Sistema de Informações Geográficas (SIG), o inventário florestal com uso das tecnologias atualmente disponíveis do Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS), e imagens de sensores remotos (radar e satélites), tornando possível a integração do planejamento florestal prévio e as operações de exploração florestal por meio de um sistema rastreado por satélite. O Modelflora busca atender aos fundamentos técnicos e científicos do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) estabelecidos nas normas que regulamenta a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal):

- I - caracterização do meio físico e biológico;
- II - determinação do estoque de madeira existente;
- III - intensidade de exploração compatível com a capacidade da floresta;
- IV - ciclo de corte compatível com o tempo de restabelecimento do volume de produto extraído da floresta;



- V - promoção da regeneração natural da floresta;
- VI - adoção de sistema silvicultural adequado;
- VII - adoção de sistema de exploração adequado;
- VIII - monitoramento do desenvolvimento da floresta remanescente; e,
- IX - adoção de medidas mitigadoras dos impactos ambientais e sociais.

A nova prática envolve o planejamento do inventário florestal pré-exploratório, até a realização dos trabalhos de campo, em que as operações são todas realizadas com auxílio de receptores GPS de alta sensibilidade. Nestas etapas são necessários os seguintes recursos:

- Computador com pelo menos 40 Gbs de espaço livre no hd, memória de vídeo de 128 Mbs e memória RAM de 1 Gb.
- Software de processamento de imagens de sensoriamento remoto (Envi, Idrisi ou similar).
- Software de transferência de informação para o GPS (Track Maker Pro 4.0; MapSource ou similar).
- Software de geoprocessamento (ArcGIS 9.0 ou superior).
- Extensão Xtools do ArcGIS.
- Extensão Hydrology do ArcGIS.
- Extensão 3D do ArcGIS.
- Base de dados shape do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com informações sobre hidrografia, unidades de conservação, terras indígenas, cidades, solos, etc. ([http://www.ibge.gov.br/servidor\\_arquivos\\_geo/diretorios.php?caminho=../pub/mapas/banco\\_dados\\_georeferenciado\\_recursos\\_naturais#](http://www.ibge.gov.br/servidor_arquivos_geo/diretorios.php?caminho=../pub/mapas/banco_dados_georeferenciado_recursos_naturais#)).
- Planilha eletrônica de estatística (Excel ou similar).
- Imagem da Missão Topográfica por Radar Interferométrico – SRTM /Nasa (<http://srtm.csi.cgiar.org/>).
- Imagem CBERS-2 ou CBERS-2B (passagem recente) para diagnósticos de feições florestais, colocações e posseiros (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>).

- GPS com antena de alta sensibilidade (tecnologia Sirf Star III) e com barômetro acoplado.
- Navegador GPS automotivo com antena de alta sensibilidade (Sirf Star III), contendo cartão de memória e software de processamento aberto para inclusão de novos mapas editados e compilados pelo usuário (opcional).
- Bússolas.
- Material para anotação e marcação de árvores em campo.

Caso a empresa ou produtor florestal faça a opção de acoplar o navegador GPS automotivo no trator florestal, terá uma autonomia maior de armazenamento de dados, porém, ainda será necessária a adoção dos seguintes softwares:

- MapDekode, para compilação dos dados.
- ActiveSync, para transferência dos dados compilados do computador para o cartão de memória do navegador.

O uso do Modeflora pelo empreendedor florestal permitirá obter relatórios de maneira rápida e precisa nas operações de campo.

Nas atividades pré-exploratórias o produtor florestal e os órgãos de licenciamento saberão precisamente a localização das árvores de interesse e a quantidade necessária de infra-estrutura para sua exploração (estradas, pátios de estocagem, pontes, e aspectos relevantes vinculados a relevo, estrutura florestal, hidrografia e área de preservação permanente – APP).

Durante a exploração florestal, a equipe de corte saberá a localização precisa das árvores a serem cortadas e a direção de queda preferencial o que torna o trabalho mais eficaz. Na abertura de estradas, a modelagem digital do terreno e da hidrografia possibilita a construção de estradas com baixo custo e impacto ambiental. As estradas serão construídas em nível ou em divisores de água, diminuindo, significativamente, os custos na construção de bueiros e pontes.

A distribuição dos pátios e trilhas de arraste feita com base na posição real das árvores diminuirá a distância média de arraste tornando esta operação mais rápida. A localização precisa das

árvores diminui o deslocamento do skidder na floresta reduzindo também os impactos ambientais da operação.

Durante ou após a exploração florestal, os produtores florestais e órgão ambiental saberão de maneira rápida aspectos importantes, tais como:

- As árvores que deveriam ser exploradas e não foram.
- As árvores que foram cortadas e não foram arrastadas.
- As árvores que foram retiradas irregularmente (de áreas de preservação permanente, remanescentes, matrizes e proibidas por lei).
- Quantas viagens de arrastes foram necessárias para cada árvore.
- Ciclo do trator florestal fracionado em manobras de pátio, arraste de toras e movimentos extra-exploração florestal (tráfego entre pátios, tráfego entre área da UPA e o acampamento, e outras atividades).

Com isso será possível corrigir ações falhas antes da retirada da equipe de exploração da unidade de produção.

A definição de sítios homogêneos também é outro ponto-chave do manejo de precisão possibilitando intervenções localizadas na floresta. Para Ribeiro (2002) o manejo de sítios específicos está fundamentado na inclusão da variabilidade espacial e temporal dos fatores de produção e da própria produtividade da floresta, o que possibilita intervenções localizadas.

Com o emprego do Modelflora, a tarefa de definição de sítios homogêneos em florestas nativas deixa o campo da teoria e torna uma das possibilidades na estratégia de intervenção florestal para o modelo silvicultural adotado pelo plano de manejo florestal.

Assim, o conceito de manejo de precisão pode ser aplicado às florestas naturais, considerando as características inerentes a essas florestas, as quais apresentam níveis mais elevados de diversidade biológica e variabilidade espacial.

Neste contexto o Modelo Digital de Exploração Florestal (Modeflora) propõe:

- Proporcionar redução de custos de planejamento, controle e monitoramento.
- Agilizar as operações de demarcação das áreas de exploração florestal (área total do plano de manejo, unidades de produção anual (UPAs) e unidades de trabalho – UTs).
- Rastrear a operação de abertura de picadas e alocação das parcelas temporárias e permanentes.
- Facilitar o inventário florestal censitário, por meio da utilização de GPS de alta sensibilidade. Este procedimento possibilita a eliminação das coordenadas X e Y, e, ainda, viabiliza o retorno a qualquer momento nas árvores inventariadas, mesmo que as picadas já estejam cerradas pela regeneração ou pela atividade de exploração florestal.
- Modelar a hidrografia com imagens de radar e auxílio de barômetros.
- Modelar o relevo com imagens de radar e auxílio de barômetro.
- Estabelecer novos critérios para o traçado e aberturas de estradas e pátios florestais, com base nas características ambientais da área ser manejada.
- Planejar preliminarmente trilhas de arraste para execução em campo.
- Identificar áreas de risco ambiental e as zonas de relevância ecológica, como nascentes e matas ciliares.
- Reduzir impactos ambientais, em decorrência da maior precisão das intervenções.
- Tornar digital e rastreados as operações de localização das árvores pela equipe de corte, a abertura de estradas e pátios e o arraste de toras.
- Criar a base para o processo de rastreabilidade por meio do inventário censitário georreferenciado.
- Proporcionar maior rapidez nas avaliações de tempo e racionalização do trabalho, buscando eficiência e qualidade do trabalho.
- Garantir aos órgãos de licenciamento um melhor controle e facilidade de monitoramento pós-exploratório da unidade de produção manejada.

## Referências Bibliográficas

ARUGA, H. Precision forestry operations and equipment in Japan. In: INTERNATIONAL PRECISION FORESTRY SYMPOSIUM, 2., 2003, Seattle, Washington. **Precision Forestry: proceedings**. Seattle, Washington: University of Washington College of Forest Resources, 2003. p. 31-35.

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

BRAZ, E. M. Planejamento das atividades de exploração florestal em floresta tropical úmida. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE COMPENSADO E MADEIRATROPICAL, 2.; FEIRA DE MÁQUINAS E PRODUTOS DO SETOR MADEIREIRO, 1., 1994, Belém, PA. **Anais...** Rio de Janeiro: SENAI, 1994. p. 139-144.

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.; PASSOS, C. A. M.; OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA, M. V. N.; MATTOS, P. P. Management of precision: A new step aiming at tropical natural forest sustainability. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 22., 2005, Brisbane. **Forest in the balance: linking tradition and technology: program & abstracts**. [Viena]: IUFRO, 2005. p. 180-180. 1 CD ROM.

OLIVEIRA, M. V. N. d’; BRAZ, E. M. **Manejo florestal em regime de rendimento sustentado aplicado à floresta do campo experimental da EMBRAPA-CPAF/AC**. Rio Branco, AC: EMBRAPA-CPAF/AC, 1998. (EMBRAPA-CPAF/AC. Boletim de Pesquisa, 21).

HENDRISON, J. **Controlled logging in managed tropical rain forests in Suriname**. Wageningen: Agricultural University, 1989. 204 p.

RIBEIRO, C. A. A. S. Floresta de Precisão. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2002. p. 311-335.

SABOGAL, C.; SILVA, J. N. M.; ZWEEDE, J.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C. A. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia Brasileira**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 64).



**Conceitos Cartográficos  
– Sistemas de Referência**







## Capítulo 2 – Conceitos Cartográficos – Sistemas de Referência

---

Luciana Mendes Cavalcante

Em um levantamento de campo são coletados dados que, para melhor condição de análise, devem ser georreferenciados. Quando se pretende utilizar imagens de satélite, radar ou fotografias aéreas para auxiliar tais análises são necessários pontos terrestres com coordenadas conhecidas para correções geométricas, por isso é importante estabelecer um sistema de referência para que as informações espaciais analisadas sejam confiáveis.

A melhor maneira de representar a Terra como um todo é por meio de um globo, mas para melhor visualizar sua superfície são necessários mapas planos por causa da maior facilidade de produção, reprodução e manuseio. Transpor uma realidade do espaço natural para uma carta ou mapa exige o estabelecimento de um método, segundo o qual, cada ponto da superfície terrestre corresponda a um ponto da carta ou mapa e vice-versa.

No entanto, converter um corpo esférico como a Terra numa figura de superfície plana não pode ser feito sem deformar sua representação. O sistema de conversão ideal deveria ser capaz de manter as formas verdadeiras quando representadas (conformidade), inalterar as áreas (equivalência) e manter constantes as relações entre as distâncias dos pontos representados e as distâncias dos seus correspondentes (equidistâncias), mas ele não existe. A fim de minimizar os erros foram criados vários métodos de representação para diferentes usos, os chamados sistemas de projeção.

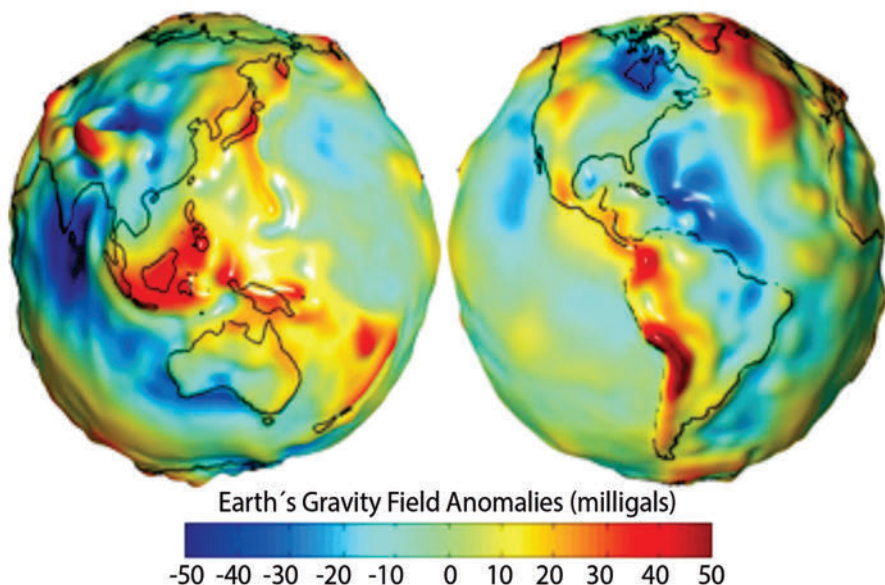
Vale ressaltar que toda projeção resulta em deformações e incorreções, ou seja, nenhum método é melhor que outro. Em cada projeção há concessões: para representar corretamente uma característica, outras são distorcidas. As deformações podem acontecer em relação às distâncias, às áreas ou aos ângulos. Conforme o sistema de projeção utilizado, as maiores alterações da representação localizam-se em uma ou outra parte do globo: nas regiões polares, nas equatoriais ou nas latitudes médias, cabendo

ao usuário da informação definir qual projeção representará melhor a porção da superfície com que está trabalhando.

A Terra já foi entendida como esférica (segundo Pitágoras, séc. 6° a.C. e Aristóteles, séc. 4° a.C.), elipsoidal (segundo Newton, séc. 17) e geoidal (Gauss, séc. 18). A superfície do geóide é mais irregular do que o elipsóide de referência<sup>1</sup> usado habitualmente para aproximar a forma do planeta, mas consideravelmente mais suave do que a própria superfície física terrestre. Enquanto que esta última varia entre os +8,850 m (Monte Everest) e -11,000 m (Fossa das Marianas), o geóide varia apenas cerca de  $\pm 100$  m além da superfície do elipsóide de referência (IBGE, 2007). O Geóide é a superfície de nível usada para apresentar a forma da Terra, mas não serve como superfície de referência para o posicionamento de pontos da superfície topográfica pois equivale de fato ao seu campo de gravidade. É a superfície equipotencial (superfície de potencial gravitacional constante) que, em média, coincide com o valor médio do nível médio das águas dos mares (ROCHA, 2000). Em outras palavras, o geóide coincide com a superfície onde os oceanos estariam sobre todo o planeta se estivesse livre para ajustar o efeito combinado da atração de massas (gravidade) e a força centrífuga da rotação da Terra (Fig. 1).

---

<sup>1</sup>Em geodésia, um elipsóide de referência é uma superfície matematicamente definida que se aproxima do geóide, a verdadeira figura da Terra ou qualquer outro corpo planetário. Devido à sua relativa simplicidade, os elipsóides de referência são usados como uma superfície preferida na qual são efetuados os cálculos da rede geodésica e são definidas as coordenadas de pontos tais como latitude, longitude e elevação.



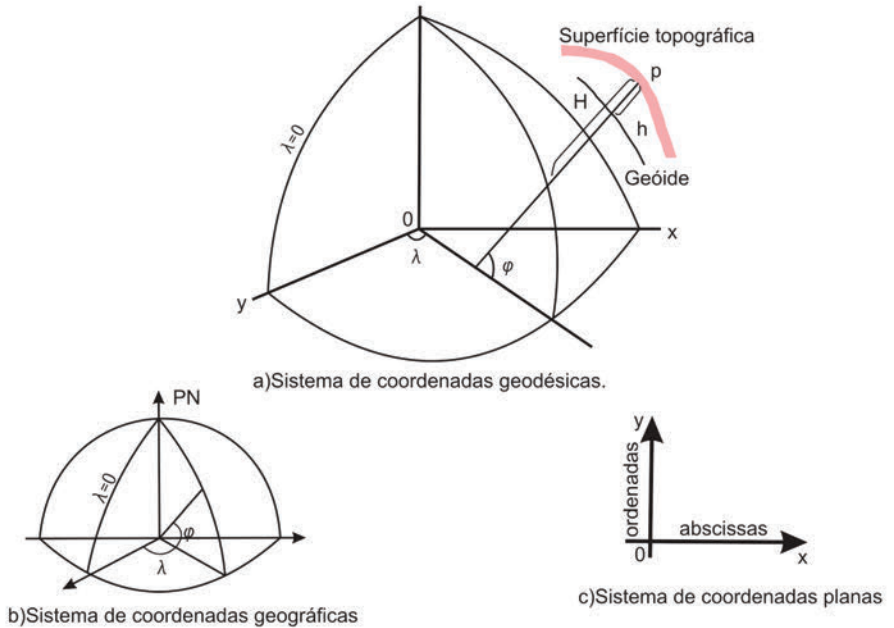
**Fig. 1.** Anomalias do campo gravitacional terrestre (em miligals) definindo a superfície geoidal.

Fonte: <http://earthobservatory.nasa.gov/library/GRACERevised/page3.html>

## Sistemas de Coordenadas

Para expressar a posição de pontos sobre uma superfície, seja ela um elipsóide, esfera ou um plano, são necessários sistemas de coordenadas. Para o elipsóide, ou esfera, usualmente emprega-se um sistema de coordenadas cartesiano e curvilíneo (paralelos e meridianos), para o plano geralmente utiliza-se um sistema de coordenadas cartesianas  $X$  e  $Y$ .

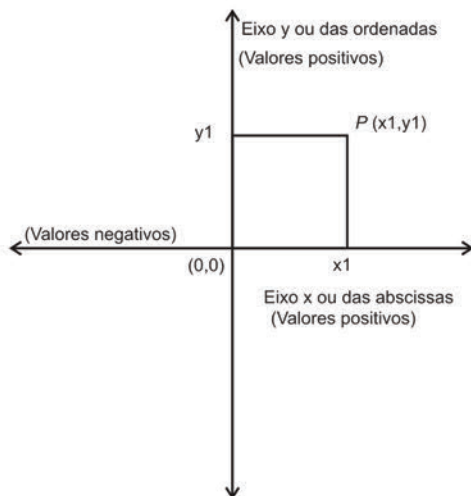
Para amarrar a posição de um ponto no espaço deve-se ainda complementar a coordenada bidimensional com uma terceira coordenada denominada altitude. A altitude de um ponto qualquer ( $h$ ) é a distância medida a partir do geóide; há também a altitude geométrica ( $H$ ), medida a partir da superfície do elipsóide (Fig. 2).



**Fig. 2.** Sistemas de coordenadas.

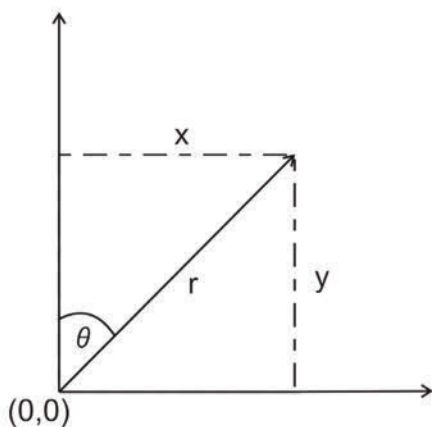
## Sistemas de Coordenadas Planas

Consiste de duas linhas retas (ou eixos) perpendiculares que se cruzam em um ponto definido como origem de valores (0,0), chamadas também de coordenadas cartesianas por utilizar o plano cartesiano. O eixo horizontal é chamado de abscissa e contém valores chamados de coordenadas  $x$ ; é positivo se o movimento for à direita da origem e negativo se for à esquerda. O segundo eixo, vertical, é conhecido como ordenada e seus valores são chamados de coordenadas  $y$ ; é positivo se o movimento for para cima da origem e negativo se para baixo, mas por tradição o que se expressa na realidade é o norte ( $y$ ) e o leste ( $x$ ) (Fig. 3). Esse sistema é usado para pequenas áreas da superfície da Terra, bem como para mapas de grande escala, do contrário pode gerar muitas distorções.



**Fig. 3.** O plano cartesiano.

Além das coordenadas cartesianas há as coordenadas polares, que utilizam o par  $(r, \theta)$ , sendo  $r$  distância da origem ao objeto e  $\theta$  o ângulo medido com respeito a uma direção fixada entre  $r$  e um dos eixos  $x$  (leste) ou  $y$  (norte). Os dois sistemas no mesmo conjunto de eixos constam na Fig. 4.



**Fig. 4.** Relação entre os sistemas de coordenadas cartesianas e polares.

Há um grande número de projeções disponíveis, a grande maioria do sistema de coordenadas planas visa ajustar para conformidade usando apenas projeções conformes de mapas, como o sistema Universal Transverso de Mercator.

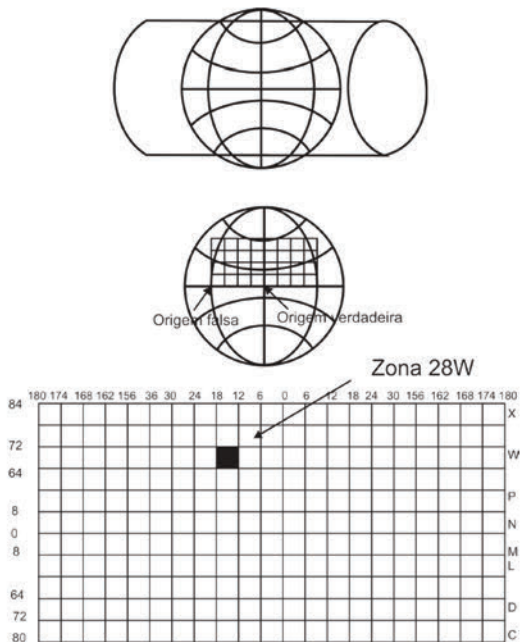
As características básicas do sistema (UTM) são as seguintes (IBGE, 2007):

- 1) O mundo é dividido em 60 fusos (Fig. 5), em que cada um se estende por  $6^\circ$  de longitude. São numerados de 1 a 60 começando no fuso  $180^\circ$  a  $174^\circ$ W de Greenwich e continuando para leste. Cada um destes fusos é gerado a partir de uma rotação do cilindro de forma que o meridiano de tangência divide o fuso em duas partes iguais de  $3^\circ$  de amplitude.
- 2) O quadriculado UTM está associado ao sistema de coordenadas plano-retangulares, tal que um eixo coincide com a projeção do meridiano central do fuso (eixo N apontando para Norte) e o outro eixo, com o do Equador. Assim cada ponto do elipsóide de referência (descrito por latitude, longitude) estará biunivocamente associado ao terno de valores meridiano central, coordenada E e coordenada N.
- 3) Avaliando-se a deformação de escala em um fuso UTM (tangente), pode-se verificar que o fator de escala é igual a 1 no meridiano central e aproximadamente igual a 1.0015 (1/666) nos extremos do fuso. Desta forma, atribuindo-se a um fator de escala  $k = 0,9996$  ao meridiano central do sistema UTM (o que faz com que o cilindro tangente se torne secante), torna-se possível assegurar um padrão mais favorável de deformação em escala ao longo do fuso. O erro de escala fica limitado a 1/2.500 no meridiano central, e a 1/1.030 nos extremos do fuso.
- 4) Cada fuso é associado a um sistema cartesiano métrico de referência, atribuindo à origem do sistema (interseção da linha do Equador com o meridiano central) as coordenadas 500.000 m, para contagem de coordenadas ao longo do Equador, e 10.000.000 m ou zero m, para contagem de coordenadas ao longo do meridiano central, nos hemisférios sul e norte

respectivamente. Isto elimina a possibilidade de ocorrência de valores negativos de coordenadas.

- 5) Cada fuso deve ser prolongado até 30' sobre os fusos adjacentes criando-se assim uma área de superposição de 1° de largura. Esta área de superposição serve para facilitar o trabalho de campo em certas atividades.
- 6) O sistema UTM é usado entre as latitudes 84° N e 80° S. Além desses paralelos a projeção adotada mundialmente é a Estereográfica Polar Universal.

Esse sistema é indicado para regiões de predominância na extensão norte-sul, entretanto pode-se utilizá-lo na representação de áreas de grande longitude. É o mais indicado para o mapeamento topográfico a grande escala, sendo o sistema de projeção adotado para o Mapeamento Sistemático Brasileiro.



**Fig. 5.** Grade do sistema de referência UTM.



## Sistemas de Coordenadas Geográficas (Latitude e Longitude)

Esse sistema serve para localizar um objeto no espaço (no plano, usa-se o cartesiano). Para entender esse sistema, alguns conceitos são necessários.

**Meridianos** – são círculos máximos que, em consequência, cortam a Terra em duas partes iguais de pólo a pólo. Sendo assim, todos os meridianos se cruzam entre si, em ambos os pólos. O meridiano de origem é o de Greenwich ( $0^\circ$ )<sup>2</sup>.

**Paralelos** – são círculos que cruzam os meridianos perpendicularmente, isto é, em ângulos retos. Apenas um é o círculo máximo: o Equador ( $0^\circ$ ). Os outros, tanto no hemisfério norte quanto no hemisfério sul, vão diminuindo de tamanho à proporção que se afastam do Equador, até se transformarem em cada pólo, num ponto ( $90^\circ$ ).

**Latitude** – é o arco contado sobre o meridiano do lugar e que vai do Equador até o lugar considerado (Fig. 6). A latitude quando medida no sentido do pólo Norte é chamada Latitude Norte ou Positiva. Quando medida no sentido sul é chamada Latitude Sul ou Negativa. Sua variação é de:  $0^\circ$  a  $90^\circ$  N ou  $0^\circ$  a  $+90^\circ$   
 $0^\circ$  a  $90^\circ$  S ou  $0^\circ$  a  $-90^\circ$

**Longitude** – é o arco contado sobre o Equador e que vai de Greenwich até o meridiano do referido lugar. A longitude pode ser contada no sentido oeste, quando é chamada Longitude Oeste de Greenwich (W Gr.) ou Negativa. Se contada no sentido leste, é chamada Longitude Leste de Greenwich (E Gr.) ou Positiva. A longitude varia de:

$0^\circ$  a  $180^\circ$  W Gr. ou  $0^\circ$  a  $-180^\circ$   
 $0^\circ$  a  $180^\circ$  E Gr. ou  $0^\circ$  a  $+180^\circ$

Os valores de latitude e longitude de qualquer lugar definem as coordenadas geográficas de um ponto da Terra. Sua similaridade

<sup>2</sup>Meridiano Internacional de Referência, escolhido em Bonn, Alemanha, durante a Conferência Técnica das Nações Unidas para a Carta Internacional do Mundo ao milionésimo, como origem da contagem do meridiano.

com o sistema cartesiano não é real, pois a grade de coordenadas geográficas da Terra gerada, devido às linhas imaginárias latitude e longitude, define a forma esférica. Como há um achatamento nos pólos, as áreas quadriláteras definidas pelas latitudes e longitudes tendem a diminuir no sentido dos pólos. Essa observação é importante na hora de definir a projeção do mapa.



Fig. 6. Sistema Latitude – Longitude.

## Sistemas de Projeções de Mapas

O objetivo de se projetar um mapa é transformar a superfície curva e tridimensional da Terra em uma superfície plana e bidimensional. O processo consiste em definir uma figura geométrica (o cilindro, o cone ou um plano) para envolver o globo. Dependendo da figura, diferentes formas são criadas (Fig. 7).

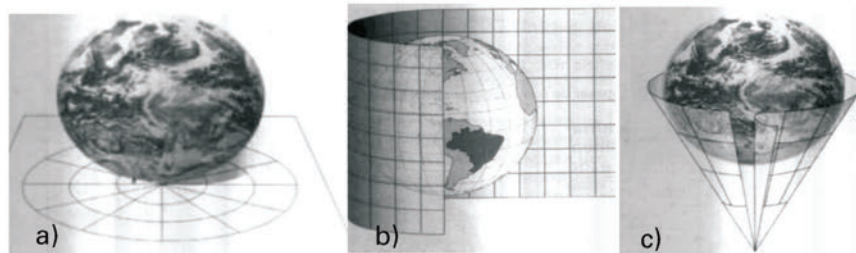


Fig. 7. Famílias de projeções: a) projeção plana; b) projeção cilíndrica; c) projeção cônica.

Cada família de projeção deve ser usada em função do que se quer mostrar em um mapa. Características geométricas devem ser consideradas, principalmente a linear, angular e área. Existem as projeções conformes que mantêm correspondência angular, projeções equivalentes que mantêm a área, e a eqüidistante que mantêm distâncias.

Miranda (2005) cita diversas aplicações: se o projeto visa a movimento e mudança de objetos, a projeção conforme seria mais adequada. Outras aplicações para essa projeção seria a elaboração de cartas náuticas, dados meteorológicos ou topográficos. Neste grupo estão a Mercator, transversa, conforme cônica de Lambert e estereográfica conforme. Mapas com fins educacionais ou de referência geral podem usar a projeção equivalente, também aplicável em estimativas de áreas de cobertura e uso da terra no tempo. Neste grupo estão as projeções de Albert e de Lambert; se o projeto for determinação de rotas, criação de mapas aéreos, alcance de sinais de rádio, usa-se a azimutal, como a projeção de igual área de Lambert, estereográfica, azimutal eqüidistante, ortográfica e gnômica.

## **Sistemas de Referência Específicos – Datum**

Datum é apenas um referencial para o qual se posiciona. A terra não é perfeitamente esférica. Na realidade ela se parece com uma esfera achatada nos pólos; algo semelhante a uma elipse rotacionada em torno de seu eixo menor. Como esta forma geométrica perfeita (a da elipse rotacionada) é a que mais se parece com a forma da terra decidiu-se usá-la como sistema de referência.

Assim, cada sistema de referência é composto por um elipsóide (elipse rotacionada) do tamanho semelhante ao da Terra. Teoricamente, se a Terra não tivesse variações em seu relevo, a superfície se encaixaria neste elipsóide. Entretanto, como a Terra não é perfeita, cada país (ou conjunto deles) acabou adotando um elipsóide diferente, posicionando-o também de maneira diferente, de forma que aquele elipsóide correspondesse o mais próximo possível à superfície da Terra naquela região. Por isso, os diferentes datums utilizados.

Entretanto, o uso de sistemas de referência para mapas é muito mais antigo que os modernos satélites. Antigamente, usavam-se apenas sistemas em que o elipsóide era posicionado em um ponto específico da superfície. Nesse ponto vários parâmetros eram determinados a fim de definir o sistema. Um exemplo destes datums é o de Córrego Alegre (referenciado na localidade de mesmo nome) ou o Astro - Datum Chuá, ambos encontrados em cartas brasileiras mais antigas.

Com o passar do tempo a tecnologia foi evoluindo e os sistemas de referência também. No Brasil, usa-se atualmente como oficial o sistema de referência SAD69, que significa South American Datum 1969. Os dados do IBGE e as cartas brasileiras mais recentes usam este datum.

Com a chegada dos satélites e do GPS, o referencial passou daqueles referenciados na superfície da Terra para aqueles referenciados no centro da Terra, os referenciais geocêntricos. Hoje, com técnicas de monitoramento modernas é possível determinar, por meio de observações gravitacionais, o centro de massa da terra. Assim, os elipsóides passaram a ser amarrados neste ponto e não mais em um ponto na superfície terrestre. Isso foi particularmente vantajoso para o uso do GPS, pois os satélites se comportam de acordo com o campo gravitacional terrestre e um sistema que adota referencial geocêntrico torna-se mais adequado.

Um exemplo de sistema geocêntrico é o WGS84, considerado o Esperanto dos sistemas de referência e o mais usado com GPS.

Qualquer sistema de referência possui parâmetros geométricos bem definidos. Por isso, é possível, conhecendo estes parâmetros e por meio de contas geométricas, converter os dados de um sistema para outro. O GPS faz isso. Quando se seleciona um datum ele automaticamente converte todos os dados para o datum selecionado. Assim, o uso do datum no GPS vai depender do gosto e da necessidade do usuário (Tabela 1 e Anexo I).

Já as cartas impressas não contam com recursos eletrônicos de conversão de dados. Por isso, quando utilizar o GPS em conjunto

com cartas impressas, o mais correto é colocar o GPS no mesmo datum da carta. Assim, eles possuirão as mesmas referências e os dados de um poderão ser usados no outro.

**Tabela 1.** Elementos dos principais elipsóides utilizados no Brasil.

Elipsóide	Semi-eixo maior	Semi-eixo menor	Achatamento
Hayford – Datum Córrego Alegre	6378388	6366991.95	297.000745015
Astro Chuá – Datum Chuá	6378388	6378160	297.000000000
SAD-69* Datum Chuá	6378160	6356774.719	298.250000000
WGS	6378137	6356752.31425	298.257223563

\*O SAD-69/96 apresenta os mesmos elementos que o SAD-69.  
Fonte: Rocha, 2000.

## Referências Bibliográficas

IBGE. **Noções básicas de cartografia.** Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manualnocoes/representacao.html> > Acesso: 10 jul. 2007.

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

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento:** tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora, 2000. 220 p.

**Sistema de Informações  
Geográficas: Aplicações  
Básicas pelo ArcGIS**





## Capítulo 3 – Sistema de Informações Geográficas: Aplicações Básicas pelo ArcGIS

---

Evandro Orfanó Figueiredo

Antes de operar o ArcGIS é necessário conhecer a estrutura de funcionamento do software. O ArcGIS apresenta três módulos principais (GORR; KURLAND, 2006):

- ArcMap que gerencia mapas cuja função é fazer toda edição, análise e layout.
- ArcCatalog que gerencia arquivos (um sistema parecido com o aplicativo Explorer do sistema Windows) e tem a função de manipulá-los. Com este módulo é possível gerar metadados, criar arquivos e tabelas, realizar conexões externas e outras funções como, por exemplo, os modelos de geocodificação.
- ArcToolbox que gerencia arquivos e procede análises dentro do módulo ArcMap, assim, o ArcToolbox realiza análises e conversões de extensão, define projeção, extrai dados e feições, modela o terreno e a hidrografia conforme a demanda do ModelFlora.

### Iniciando o ArcMap e Configurando a Estrutura de Dados do Projeto

Para iniciar o ArcMap e criar a base para um projeto, aciona-se, no Windows, Iniciar >> Programas >> ArcGIS. Assim que localizado o programa ArcGIS, identificam-se os três módulos básicos: ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox, sendo selecionado o ArcMap.

Depois que o ArcMap for iniciado, será aberta uma janela denominada "Start using ArcMap with", seleciona-se "A new empty map" >> "OK". As demais opções são: um estilo pré-definido ("A template") ou um mapa existente ("An existing map"). O "An existing map" possibilitará ao usuário, de maneira rápida, selecionar um mapa já trabalhado anteriormente, conforme localização nas pastas do Windows.



O primeiro passo é definir a projeção do data frame (estrutura dos dados do GIS) para o arquivo a ser trabalhado. Aciona-se o botão direito sobre o “Layers” (data frame) >> “Properties”, este procedimento fará a abertura de uma janela para configuração da estrutura de dados. A partir da janela “Data Frame Properties” seleciona-se a pasta “General” e realizam-se três ajustes: o nome da Layers, a descrição do projeto e a unidade métrica para o mapa. Ainda na janela “Data Frame Properties”, deve-se configurar a pasta “Coordinate System” ativando a projeção cartográfica desejada e, posteriormente, configurar o “Grids” (Fig. 1).

Conforme a Instrução Normativa Ibama nº 93 de 3 de março de 2006, o projeto deverá ser apresentado no sistema de projeção Universal Transversa Mercator (UTM) com datum horizontal SAD 69 (South American 1969) e altitudes fundamentais (datum vertical) referenciadas ao zero do marégrafo de Imbituba (SC), de acordo com o Sistema Cartográfico Nacional.



**Fig. 1.** Procedimento do software ArcGIS para configurar o data frame do projeto.

A configuração do "Grids" é o ajuste da grade do sistema de coordenadas do mapa que será impresso. Ao acionar a pasta "Grids" haverá um ícone para criação de uma nova grade, a partir da janela "Grids and Graticules Wizard" ativa-se a opção "Measured Grid" e nomeia-se a nova grade de coordenadas. O próximo passo é a abertura de uma janela com o nome "Create a measured grid"; nesta janela ativa-se a opção "Grid and labels" e, em seguida, deve ser feita a opção pelo intervalo das linhas da grade de coordenadas do mapa (GORR; KURLAND, 2006).

Geralmente, para uma Unidade de Produção Anual (UPA) de até 1.000 hectares, 500 metros entre as linhas da grade oferecem um bom efeito visual no mapa final.

Posteriormente, aciona-se o ícone "Properties" do sistema de coordenadas. Esta opção abrirá uma janela com o nome de "Spatial Reference Properties"; ativa-se "Select" para abrir a pasta do sistema de coordenadas ("Browse for Coordinate System"), nesta janela seleciona-se a pasta "Projected Coordinate Systems" >> "Utm" >> "Other GCS" e a projeção UTM de acordo com a zona da projeção cilíndrica que a área do manejo está inserida (Fig. 2).



Fig. 2. Procedimento do software ArcGIS para configurar a grade de coordenadas do mapa.

No Anexo II pode-se verificar terminologias referentes ao geoprocessamento e sistema GPS.

## **Procedimento para Criar Arquivos Shapes**

Seleciona-se a extensão "ArcCatalog". Na unidade da pasta de trabalho, clica-se com o botão direito do mouse, abrindo o menu "new">> "shapefile" (ENVIROMENTAL, 2007). Este procedimento abrirá uma janela com o nome "Create New Shapefile". Atribui-se o nome para o arquivo e seleciona-se o tipo de feição em "Feature Type". Na descrição do sistema de coordenadas, seleciona-se "Edit" e seguem-se os mesmos passos realizados na seleção do sistema de coordenadas do "Grids" (Fig. 3). É importante que os sistemas de projeção e datum dos arquivos shapes criados sejam compatíveis com os definidos para o "data frame".

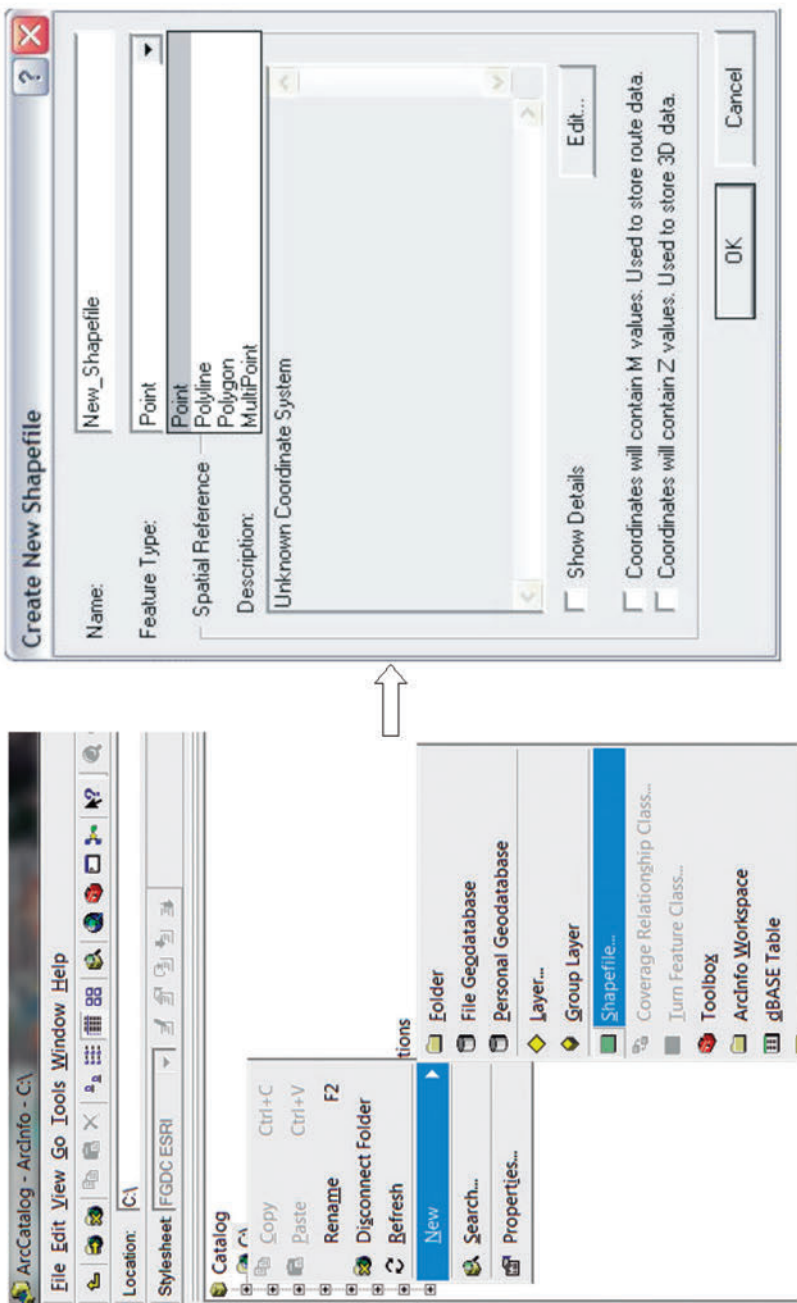


Fig. 3. Procedimento do software ArcGIS para criação de shapefiles em diversas feições.

O procedimento para criar um novo shapefile é uma operação importante, pois haverá a necessidade de criação de diversos arquivos durante a elaboração dos mapas do manejo florestal de precisão, conforme Tabela 1.

**Tabela 1.** Relação dos shapefiles para construir os mapas do manejo florestal de precisão.

Tipo de feição (Feature Type)	Função do shapefile
Ponto (Point)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nascentes: são criadas a partir dos pontos extremos da modelagem da hidrografia pela imagem do programa SRTM ou da imagem reconstituída da interpolação (Método natural do vizinho mais próximo) dos pontos barométricos cotados com as coordenadas das árvores do inventário florestal censitário.</li> <li>• Coordenadas de divisas da propriedade (Instruções Normativas Ibama nº 93/2006 e nº 101/2006).</li> <li>• Coordenadas de divisas da reserva legal (Instruções Normativas Ibama nº 93/2006 e nº 101/2006).</li> <li>• Coordenadas de divisas da UPA (Instruções Normativas Ibama nº 93/2006 e nº 101/2006).</li> <li>• Coordenadas de divisas da Unidade de Trabalho (Instruções Normativas Ibama nº 93/2006 e nº 101/2006).</li> <li>• Árvores do inventário censitário (extraídas do GPS de alta sensibilidade).</li> <li>• Pontos altimétricos interpolados das cotas barométricas tomadas juntamente com as coordenadas das árvores do inventário censitário.</li> <li>• Coordenadas das parcelas do inventário.</li> <li>• Marcos inicial e final das picadas do inventário 100% (planejamento prévio do inventário).</li> </ul>

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Tipo de feição (Feature Type)	Função do shapefile
Linha (Polyline)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Curvas de nível com escala de 3 metros da região do entorno.</li><li>• Curvas de nível com escala de 3 metros do polígono da UPA.</li><li>• Rios, igarapés e outros canais de drenagem identificados pela modelagem da imagem do SRTM.</li><li>• Estradas e ramais de acesso ao imóvel. Base necessária para construção do mapa de acesso à propriedade rural e ao plano de manejo florestal.</li><li>• Estrada principal ou primária do manejo florestal.</li><li>• Estrada secundária do manejo florestal.</li><li>• Linhas ou picadas do inventário 100%.</li><li>• Quadrícula de marcação de 25, 50, 100 ... (metros) das picadas. Este item somente é necessário se o órgão ambiental responsável pelo licenciamento demandar a informação para auxiliar na atividade de vistoria prévia.</li><li>• Trilhas de arraste de toras para o pátio de estocagem.</li><li>• Estradas executadas pela exploração florestal. Este arquivo é gerado automaticamente do rastreamento do trator de esteira durante a operação de abertura de estradas, portanto, para este shape somente será necessário definir a projeção e o datum na extensão ArcTools.</li><li>• Trilhas de arraste executadas pela exploração florestal da unidade de produção. Este shape apresenta as mesmas características das estradas executadas, porém, sua obtenção somente será possível pelo GPS acoplado no trator florestal.</li></ul>

Continua...

**Tabela 1.** Continuação.

Tipo de feição (Feature Type)	Função do shapefile
Polígono (Polygon)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pátios de estocagem executados. Este shape deverá ser criado no ArcCatalog e editado no ArcMap sobre as trilhas de manobras do pátio de estocagem obtidas no GPS do trator de esteira ou do trator florestal skidder.</li><li>• Polígono geral da propriedade.</li><li>• Polígono da reserva legal.</li><li>• Buffer do entorno da propriedade em relação às unidades de conservação, projetos de assentamentos e reservas indígenas (para as distâncias de 5.000, 10.000, 15.000, 20.000, 25.000 e 30.000 metros). Este shapefile do buffer é uma informação importante nas análises ambiental e jurídica dos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente – Oema.</li><li>• Feição “máscara” para o arquivo TIN (triangular irregular network), referente ao modelo digital do terreno. Este arquivo pode ser obtido diretamente na extensão “ArcTools” &gt;&gt; “AnalysisTools” &gt;&gt; “Overlay” &gt;&gt; “Symmetrical Difference”. Nesta operação realiza-se a diferença simétrica entre o shape da UPA e de um shape polígono criado de forma a envolver toda a área do entorno da propriedade rural.</li><li>• Área de preservação permanente (APP) de rios, igarapés e nascentes. Consiste num buffer de no mínimo 30 metros ou dimensão superior para rios e igarapés (conforme legislação) e de 50 metros para os pontos de nascentes.</li><li>• Estimativa de clareira das árvores exploráveis (buffer).</li><li>• Parcelas permanentes.</li></ul>

Continua...



**Tabela 1.** Continuação.

Tipo de feição (Feature Type)	Função do shapefile
Polígono (Polygon)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pátio de estocagem.</li><li>• Zonas alagadiças.</li><li>• Zonas restritas para alocação de estradas e pátios em decorrência do relevo acidentado.</li><li>• Localidades de risco ambiental, com possibilidade de danos às APPs (clareiras de árvores exploráveis, pontes, estradas e pátios).</li><li>• Unidades de trabalho.</li><li>• Área de exploração referente a cada pátio de estocagem. Este shape somente é necessário se o responsável técnico fornecer um mapa de exploração impresso para cada pátio.</li></ul>

Para abrir no ArcMap o arquivo criado no ArcCatalog, existem dois modos: o primeiro arrastando o arquivo do ArcCatalog para o ArcMap, e o segundo inserindo no "Add Data", clicando com o botão direito do mouse sobre a "Layers". É importante lembrar que depois de abrir um arquivo recém-criado não aparecerá nenhuma feição, isso somente ocorrerá após a sua edição no ArcMap (GORR; KURLAND, 2006).

## **Procedimento para Edição dos Shapefiles**

Após inserir um arquivo no "ArcMap", ativa-se a ferramenta "Editor" em: "View" >> "Toolbars" >> "Editor", ou clicando com botão direito na barra de ferramentas. Clica-se na barra de ferramentas (Toolbars) "Editor" >> "Start Editing" para ativar o layer a ser digitalizado (Fig. 4).

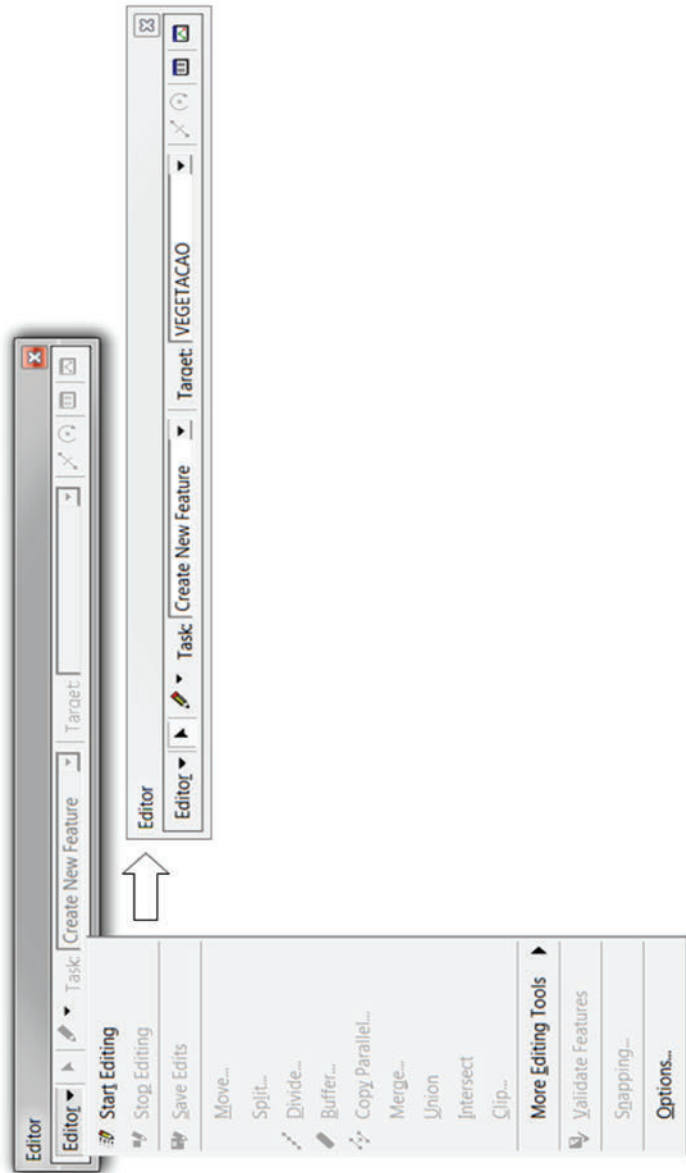


Fig. 4. Procedimento do software ArcGIS para iniciar o processo de edição dos shapetiles.

Com o layer ativo, efetua-se um zoom na imagem que irá realizar a vetorização e com a ferramenta "Sketch tool" criam-se as feições desejadas. Para finalizar, efetua-se um duplo clique no último ponto (ou clica-se com o botão direito do mouse) e aciona-se o "Finish Sketch" (ou ainda, a tecla "F2"). O passo seguinte é salvar utilizando a barra de ferramentas "Editor" >> "Save Edit" e para finalizar a digitalização aciona-se "Stop Edit".

## **Procedimento para Editar Tabelas de Dados de um Shapefile**

A criação de um campo de atributos na tabela pode ser no ArcMap. Se o arquivo estiver no ArcMap, clica-se com o botão direito do mouse sobre a layer, e seleciona-se a opção abrir tabela ("Open Attribute Table") e, com a tabela aberta clica-se em "Options" >> "Add Field". O passo seguinte é atribuir um nome e escolher o tipo de dado (Fig. 5).

Attributes of IF\_Cpfafac\_2011

FID	Shape	INDICE	HOME	COMENTARIO	ICONE	ALTITUDE	DATA	ANGULO	DISPLAY	ZONA	NORTIN
0	Point	1	001	05-abr-11 9:46:58am	223	161.39	12/30/1989 9:00:00 PM	0	n	0	19L
1	Point	2	1002	05-abr-11 9:47:56am	223	160.91	12/30/1989 9:00:00 PM	0	n	0	19L
2	Point	3	1003	05-abr-11 9:48:38am	223	160.91	12/30/1989 9:00:00 PM	0	n	0	19L
3	Point	4	1004	05-abr-11 9:48:53am	223	161.87	12/30/1989 9:00:00 PM	0	n	0	19L
4	Point	5	1005	05-abr-11 9:49:34am	223	161.39	12/30/1989 9:00:00 PM	0	n	0	19L
5	Point										
6	Point										
7	Point										
8	Point										
9	Point										
10	Point										
11	Point										
12	Point										
13	Point										
14	Point										
15	Point										
16	Point										
17	Point										
18	Point										
19	Point										
20	Point										
21	Point										
22	Point										
23	Point										
24	Point										
25	Point										
26	Point										
27	Point										
28	Point										
29	Point										
30	Point										
31	Point										
32	Point										
33	Point										
34	Point										
35	Point										
36	Point										

Add Field

Name:

Type:

Field Properties

Precision:

OK Cancel

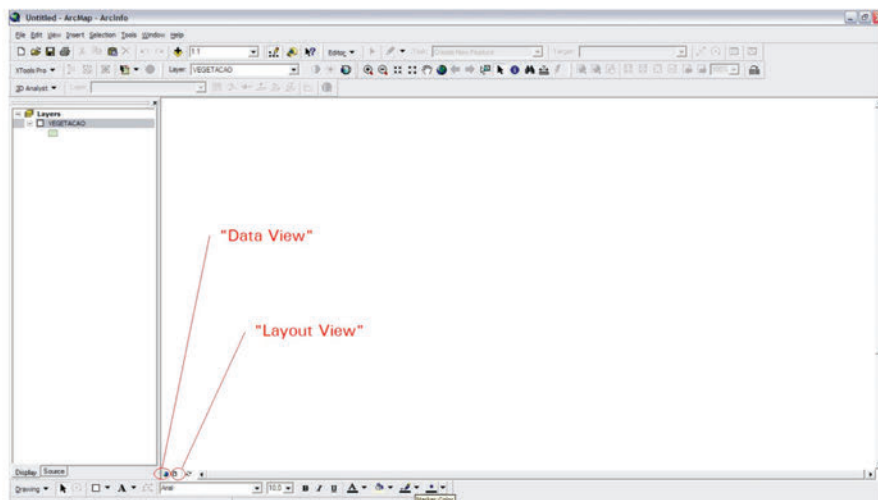
Record: 14 | 0 | Show: All | Selected | Records (0 out of 496 Selected) | Options

Fig. 5. Procedimento do software ArcGIS para criação de um atributo na tabela dos shapefiles.

Para editar as tabelas os procedimentos são os mesmos empregados na edição dos shapefiles. Porém, a edição de tabelas possibilita que os dados sejam exportados de uma planilha Excel para o ArcGIS. Uma alternativa bastante comum, entre os usuários do sistema Windows, é a de copiar e colar. Isso funciona muito bem para edição de tabelas, como por exemplo, copiar e colar os nomes científicos das espécies inventariadas no PMFS de uma coluna de um banco de dados em Excel para uma coluna de tabela do arquivo correspondente às árvores do inventário 100%, dentre muitas outras possibilidades.

## Confeccionando o Mapa Final pelo Layout

O acabamento dos mapas são feitos no “Layout view”, sendo possível realizar as mesmas operações que no “Data view” (Fig. 6).



**Fig. 6.** Procedimento para mudança entre “Data View” e “Layout View” no software ArcGIS.

Para montar um projeto é necessário inserir os arquivos, conforme procedimento já descrito, e salvá-lo na barra de ferramenta principal em “File”>>“Save as”>>“Save as type – ArcMap Documents

(\* .mxd)" (GORR; KURLAND, 2006). O projeto na realidade não são os arquivos, trata-se do layout e da memória do trabalho, com a seqüência dos shapefiles montada pelo projeto.

No projeto poderão ser inseridos pela opção "Insert" da barra de ferramenta principal, os seguintes tópicos do mapa:

- Inserção de título: nesta operação irá aparecer um quadrado pontilhado. Para digitar o texto é necessário proceder um duplo clique, quando abrirá uma janela com todas as configurações. Este procedimento também é feito para editar o carimbo dos mapas demandados pelos órgãos ambientais. É importante ressaltar que até mesmo o carimbo de um mapa é normatizado em algumas regiões.
- Inserir algum tipo de texto no layout: em "Insert" na barra de ferramenta principal, seleciona-se a opção "Text", com isso surge uma caixa de texto em qualquer lugar no layout. Para abrir a janela de texto, deve-se proceder um duplo clique, em que abrirá uma janela de texto para edição.
- Inserir "Neatline": esta operação é empregada para colocar fundo aos mapas e bordas, possibilitando uma melhor organização. Quanto ao fundo dos mapas, preferencialmente, deve-se optar pelo branco, para que não haja contraste de tonalidades entre o shapefile "máscara" cuja função é oferecer melhor acabamento ao Modelo Digital do Terreno.
- Inserir o Norte (orientação do mapa "North Arrow"): o procedimento abrirá uma janela com diversos tipos de desenho de setas.
- Inserir escala gráfica pela opção "Scale Bar": ao acionar a opção aparecerá uma janela com diversos tipos de escala.
- Inserir escala numérica pela opção "Scale Text": essa escala é muito importante para os mapas de manejo, seu ajuste é realizado diretamente na barra de ferramentas. Após ajustar a escala de determinado mapa, marca-se com o mouse o espaço correspondente ao "Data frame" no "LayoutView" (local onde é montado o mapa final) e clica-se no botão direito do mouse. Posteriormente, seleciona-se "Properties" (esta ação abrirá uma janela com diversas opções para configurar o "Data frame"), e seleciona-se a opção "Data Frame">>"Extent">> "Fixed scala",

com isso será possível fixar a escala, permitindo assim o usuário trabalhar com mais liberdade no espaço “Layout View”.

- Inserir legenda em “Legend”: ao ativar a opção legenda, abrirá uma janela mostrando qual item se deseja colocar. É importante que, para o nome aparecer na legenda, o layer deverá estar ativo. Mesmo que se insiram os itens desejados eles não aparecerão, mas assim que forem ativados aparecerão na legenda confeccionada. Nesta opção é possível inserir nome da legenda, bordas, fundos, etc.

Outros ajustes no “Layout View” serão descritos nos demais procedimentos do Modelflora, assim que forem demandados para a construção dos mapas.

## Referências Bibliográficas

GORR, L. W.; KURLAND, K. S. **GIS Tutorial. Updated for ArcGIS 9.2. Workbook for ArcView 9**, Disponível em: <http://gis.esri.com/esripress/display/index.cfm?fuseaction=display&websiteID=116&moduleID=1>. Acesso em: 22 de ago. de 2007.

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

**Diagnóstico da Hidrografia  
da Área do  
Manejo Florestal**







## Capítulo 4 – Diagnóstico da Hidrografia da Área do Manejo Florestal

---

Evandro Orfanó Figueiredo

Um das principais diferenças do modelo digital para o sistema convencional de planejamento da exploração é a possibilidade de modelar antecipadamente as principais feições ambientais da área florestal a ser manejada, a exemplo da hidrografia e relevo.

Na silvicultura de precisão em florestas plantadas, a modelagem da hidrografia permite avaliar a área de drenagem, o comprimento de um curso hídrico, as diferenças de cotas entre as nascentes e a foz, e a forma da bacia (RIBEIRO, 2002).

Em florestas tropicais nativas sob regime de manejo, a modelagem da hidrografia, associada com o microzoneamento da área de interesse, utilizando receptores GPS de alta sensibilidade, permitirá com precisão métrica a alocação de pontes e bueiros, nos locais em que o impacto ambiental sobre o ecossistema florestal será minimizado, além de possibilitar um menor número de transposições de rios e igarapés. Isso influenciará positivamente no resultado econômico final da atividade florestal. Em pouco tempo, o empreendedor observa que executar um planejamento florestal, que respeite as características do ambiente, gera bons resultados financeiros.

A primeira versão da modelagem da hidrografia, utilizando recursos de imagens de radar, servirá de base para o microzoneamento das Unidades de Produção Anual dos manejos florestais em florestas tropicais nativas.

Portanto, antes da equipe entrar em campo para a realização dos trabalhos de levantamento florestal, é feito um diagnóstico detalhado dos rios, igarapés, nascentes e regiões alagadas. Estas feições geográficas são mapeadas com o emprego das imagens SRTM (projeto Shuttle Radar Topography Mission) ou Missão

Topográfica por Radar Interferométrico (dados de domínio público disponíveis em: U. S. Geological Survey, EROS Data Center, Sioux Falls, SD). A tecnologia do Programa SRTM pode ser considerada atualmente um dos principais instrumentos de planejamento da exploração florestal na Amazônia.

## **Imagens SRTM**

A missão STRM foi executada pela National Aeronautics and Space Administration (Nasa), em parceria com a National Imagery and Mapping Agency (Nima), o United States Departamento of Defense, (USDD), o Centro Aeroespacial da Alemanha (DLR) e a Agência Espacial Italiana (ASI) e teve como objetivo principal gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE).

Em fevereiro de 2000, o ônibus espacial Endeavour orbitou a Terra realizando a Missão Topográfica por Radar Interferométrico. Durante um período de 11 dias, foi gerado o mais completo e detalhado banco de dados sobre a topografia altimétrica de 80% das áreas não submersas do planeta. Os dados levantados representam uma precisão topográfica altimétrica equivalente a mapas na escala de 1:50.000.

A nave levou, em seu compartimento de carga, um equipamento SAR interferométrico (radar de abertura sintética), operando nas bandas C e X. Uma haste mecânica, presa à nave, levou em sua extremidade duas antenas receptoras do SAR, bandas C e X (Santos et al., 2006).

A SRTM produziu uma grade de pontos com precisão horizontal de 30 m (um arco-segundo), o que significa que áreas com dimensões de 900 m<sup>2</sup> são facilmente mapeadas. No entanto, até o momento, somente foram disponibilizadas para uso público as imagens com resolução de três arcos-segundos, informação 10 vezes mais precisa que o melhor modelo existente até hoje. A grande vantagem tecnológica do modelo é o emprego do mesmo método para coleta e processamento dos dados, ou seja, pelo radar interferométrico, o que garante a qualidade das informações para uso regional e

local. As características do modelo digital de elevação (primários) do STRM (radar banda – C) encontram-se na Tabela 1 (SOUZA FILHO, 2004).

**Tabela 1.** Características do modelo digital de elevação (primários) do Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (radar banda C).

Descrição	Características
Acurácia horizontal	*20 metros
Acurácia vertical	*4 metros
Amostragem horizontal	
Disponível	** 3" x 3" lat/long (90 x 90 m)
Não disponibilizada	*** 1" x 1" lat/long (30 x 30 m)
Amostragem vertical	1 metro
Projeção cartográfica	Coordenadas geográficas (latitude/longitude)
Sistema de referência	WGS-84
Formato dos dados	16 bits

\*Acurácia para 66% dos dados (para o restante dos dados a acurácia de 10 – 16 metros).

\*\*Aproximadamente 90 metros para latitudes médias e próximas do Equador.

\*\*\*Aproximadamente 30 metros para latitudes médias e próximas do Equador.

A confiabilidade dos dados do programa SRTM apresentou melhores resultados altimétricos quando comparados ao modelo digital de elevação gerado a partir da carta da topográfica do Serviço Geográfico do Exército (DSG) (SANTOS et al., 2006).

O MDT interferométrico foi especificado para atender a uma exatidão absoluta de  $\pm 16$  m em 90% dos dados (Rabus et al., 2003). Um levantamento de campo, oficialmente realizado pela Nasa para se obter uma avaliação do MDT SRTM, aponta para um erro absoluto de 6,2 m em 90% dos dados para a América do Sul (Rodriguez et al., 2005).

Na utilização da imagem SRTM deve-se atentar para o tratamento das inconsistências do modelo antes de utilizá-lo, evitando-se, assim, erros que podem interferir no modelo final. As inconformidades geralmente ocorrem nas cotas mais baixas, próximas das calhas dos grandes rios da região Amazônica (disponíveis no site: <http://srtm.csi.cgiar.org/>).

## Modelagem da Hidrografia pelo SRTM

Inicialmente, deve-se recortar um mosaico da imagem SRTM, referente à área do entorno do empreendimento florestal, utilizando um software de sensoriamento remoto, ou mesmo, o ArcGIS.

No ArcGIS ativa-se a Extensão ArcTools. No ArcTools uma janela será aberta com todas as extensões do programa ArcGIS disponíveis para versão. Seleciona-se o Toolbox "Data Management Tools" >> "Raster" >> "Clip". Esta opção abrirá uma janela denominada de "Clip". Na opção "Input Raster" escolhe-se a imagem do SRTM já aberta no "Data Frame". Em "Output Extent (optional)", nenhuma alternativa deve ser selecionada. Posteriormente, digitam-se as coordenadas limites da área de interesse a ser recortada, e no campo "Output Raster Dataset", nomeia-se o arquivo a ser salvo, com no máximo nove letras. O passo seguinte é selecionar a pasta onde deverá ser salva a imagem.

Este mosaico deve ter uma área média de 25.000 hectares, ou aproximadamente 16 km x 16 km. A imagem maior do entorno da área do manejo florestal servirá tanto para a modelagem da hidrografia, como para realizar a interpolação dos contornos das curvas de nível. Esta dimensão da imagem SRTM é suficiente para avaliar as características da hidrografia do entorno. Os arquivos gerados de seu processamento são facilmente trabalhados, não necessitando de equipamentos com maiores recursos de processamento de dados, o que muitas vezes passa a ser um transtorno para profissionais liberais.

Para gerar uma malha hidrográfica para o planejamento da atividade florestal a partir de um modelo numérico de terreno, que no caso é a imagem do SRTM, utiliza-se a extensão Hydrology. Depois de instalar a extensão, deve-se ativar a barra de ferramentas por meio do menu "Tools" >> "Extensions" >> "Spatial Analyst" ou clica-se com o botão direito do mouse na barra de ferramentas (Fig. 1).

O termo modelo numérico de terreno (ou MNT) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associado à altimetria, também pode ser utilizado para modelar unidades geológicas, como teor de minerais, ou propriedades do solo ou subsolo.

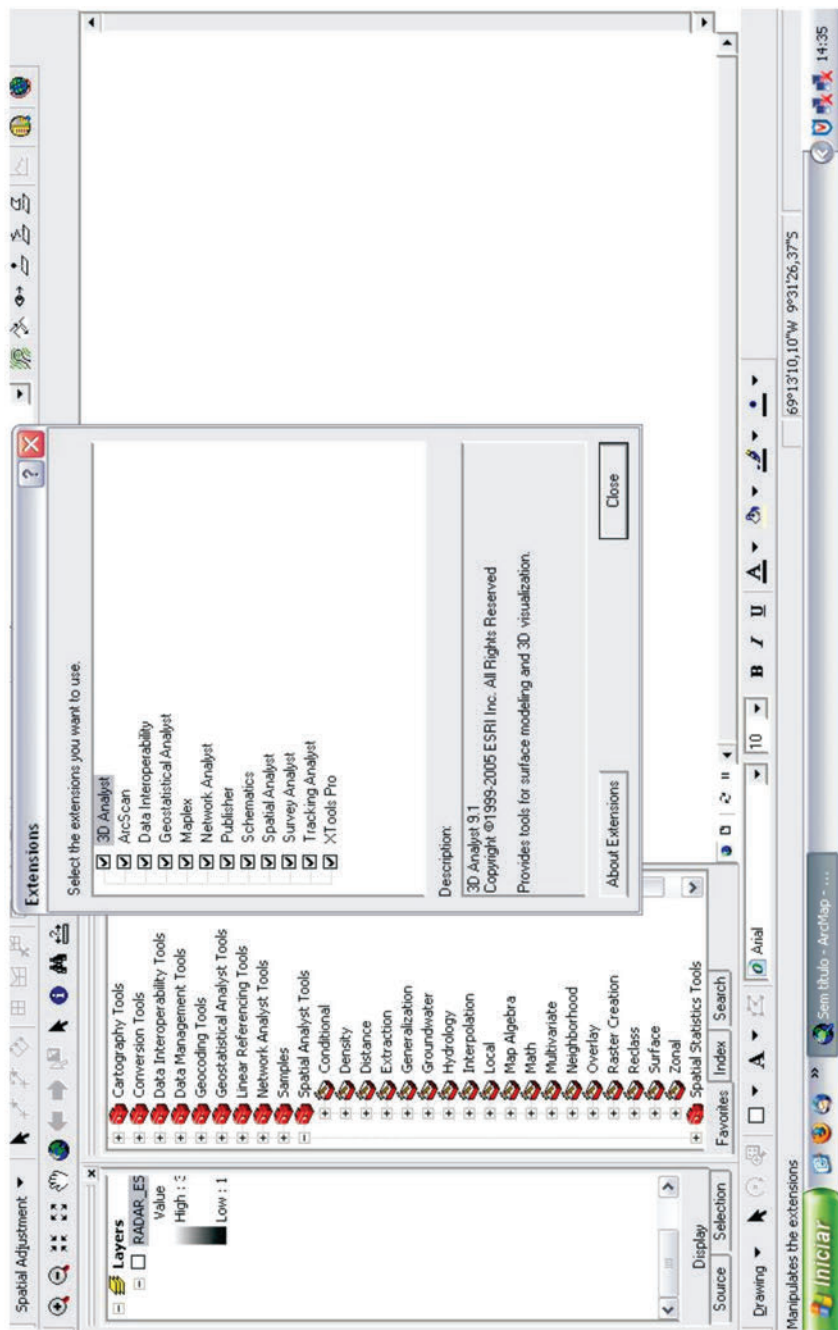
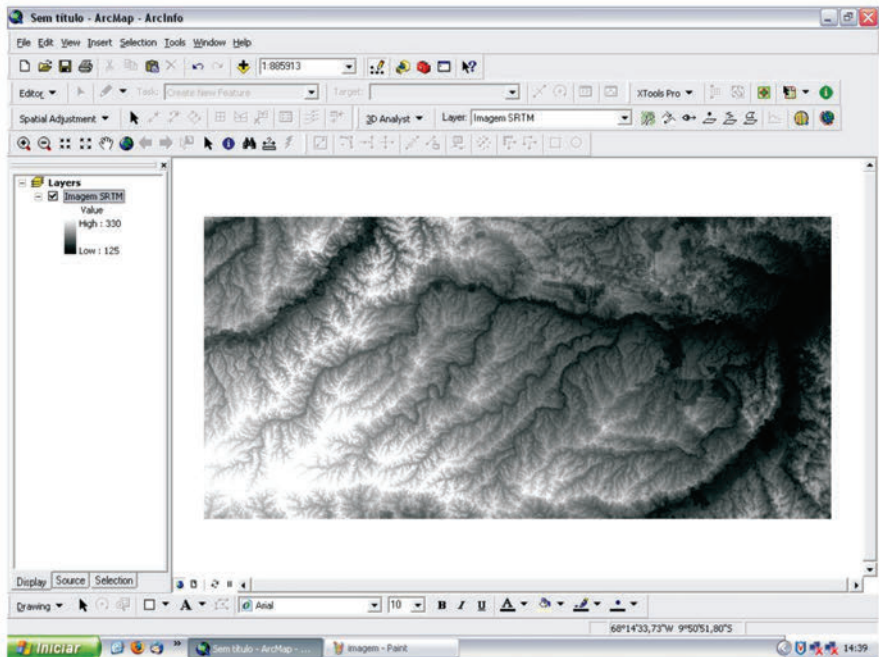


Fig. 1. Procedimento do software ArcGIS para ativar extensão Hydrology.

Após carregar a extensão “Spatial Analyst,” adiciona-se a imagem SRTM da localidade de interesse, a qual será utilizada para gerar a rede de drenagem (Fig. 2).



**Fig. 2.** Imagem SRTM (formato Tiff) da região de interesse aberta no software ArcGIS.

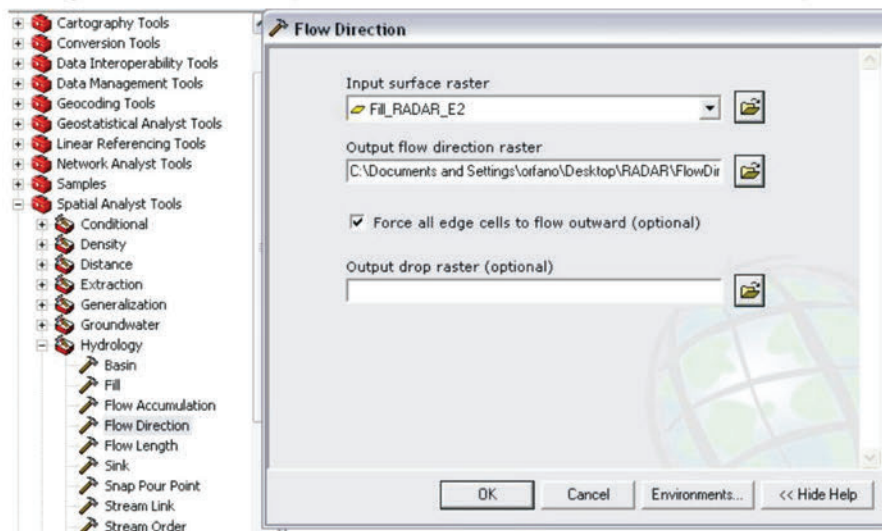
A próxima etapa será abrir a janela do Arc Toolbox Windows, e acionar o toolbox “Spatial Analyst Tools” e o toolset “Hydrology”. Na série de ferramentas Hidrology, seleciona-se a opção “Fill” (preencher drenagem). Na janela que será aberta, seleciona-se a imagem SRTM de interesse no elemento “Input surface raster” e os outros campos devem seguir o padrão do software (Fig. 3). Com essa operação, criou-se um o modelo numérico do terreno “Fill” semelhante ao SRTM. Porém, com uma diferença fundamental, os valores dos pixels adjacentes foram recalculados para que não ocorram os mesmos valores (GORR; KURLAND, 2006).



Fig. 3. Procedimento de geração da imagem recalculada SRTM pela série de ferramentas "Fill" do software ArcGIS.

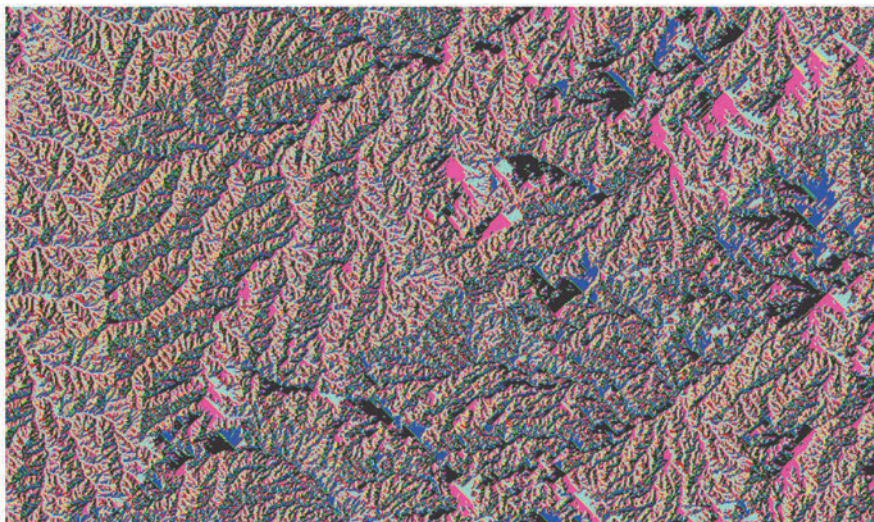


Com a imagem SRTM recalculada para valores adjacentes, deve-se selecionar, na série de ferramentas do Hydrology, a opção “Flow Direction” para que a direção do fluxo seja calculada. Seleciona-se o raster “Fill do SRTM” como o “Input surface raster” e marca-se a opção “Force all edge cells to flow outward (optional)” (Fig. 4).



**Fig. 4.** Procedimento para modelar a direção de fluxo do sistema de drenagem, a partir de uma imagem recalculada do SRTM no ArcGIS.

Com essa operação foi gerada a direção de fluxo ou “FlowDir\_Fill” que será utilizado na geração da malha hidrográfica (Fig. 5).



**Fig. 5.** Resultado do processamento da direção de fluxo da rede de drenagem da região do manejo florestal.

Com a direção de fluxo modelada, a próxima etapa será executar a opção "Flow Accumulation" para que as áreas de acumulação da bacia sejam modeladas. Para esta operação, será aberta uma janela, selecionando-se o "Flowdir\_fill", na opção "Input flow direction raster"; e não se adiciona nenhum raster como "Input weight raster (optional)" (Fig. 6 e Fig. 7).

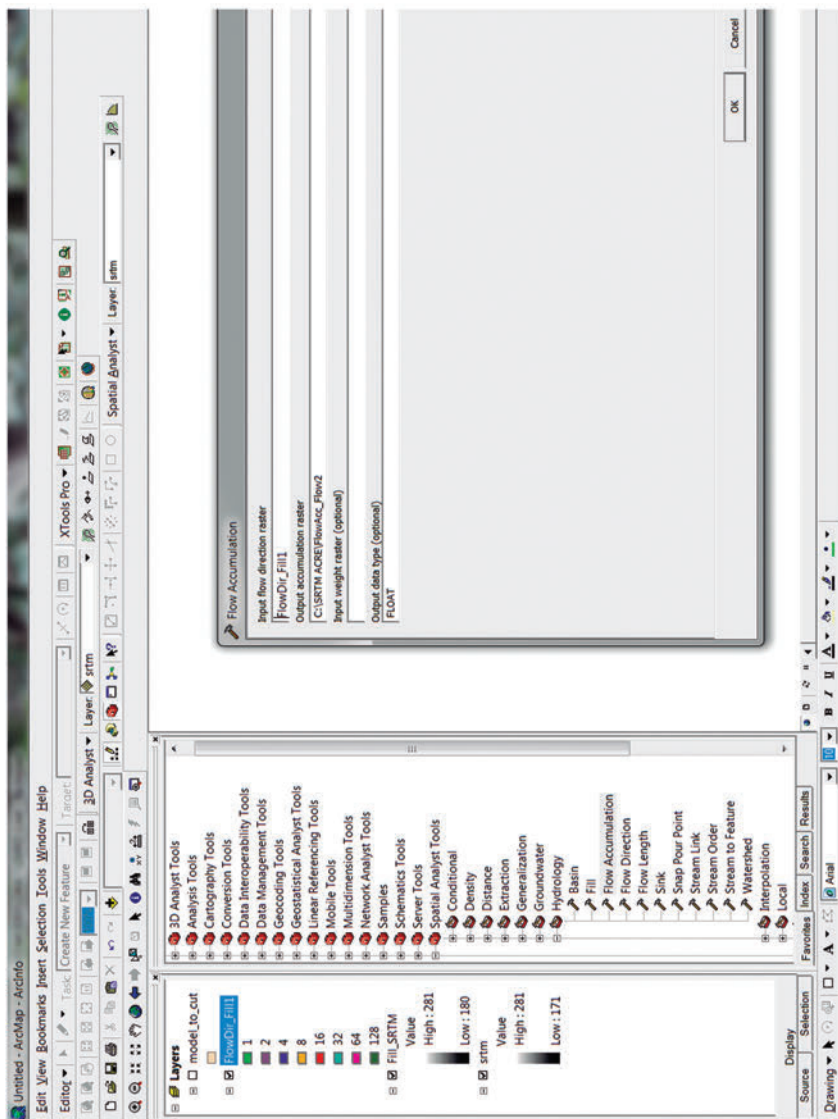


Fig. 6. Processamento para obter as áreas de acumulação da bacia hidrográfica.



**Fig. 7.** Resultado do processamento das áreas de acumulação da bacia hidrográfica.

Tendo gerado o modelo "FlowAcc\_FlowDir\_Fill" ou acumulação do fluxo e direção, o próximo passo será criar um modelo sobre a disposição dos rios. Para tanto, na série de ferramentas do Hydrology, gera-se a disposição dos rios pela opção "Stream Order". Na janela da ferramenta, seleciona-se como "Input stream raster" o raster gerado pela operação do "Flow Accumulation" e, no "Input flow direction raster", o raster gerado pela direção de fluxo. No método de ordenamento dos rios mantém-se o padrão de processamento "Method Strahler" (Fig. 8).

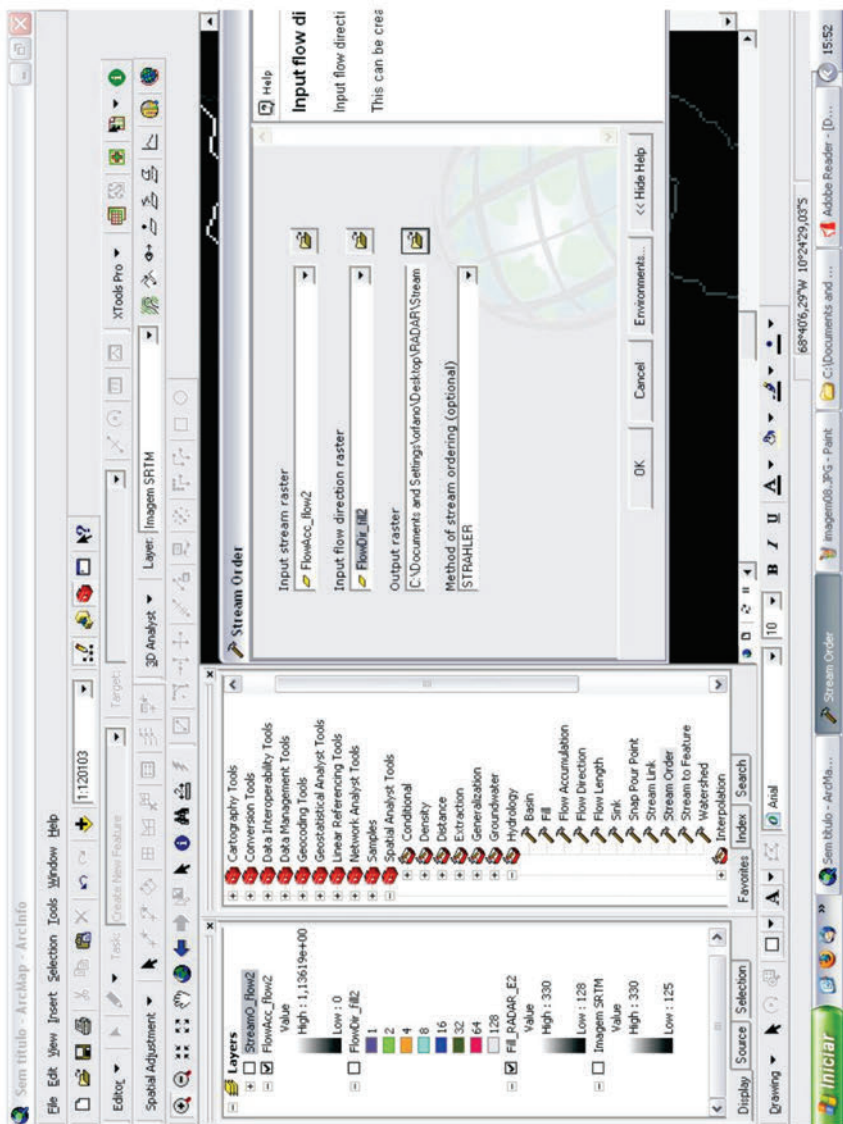
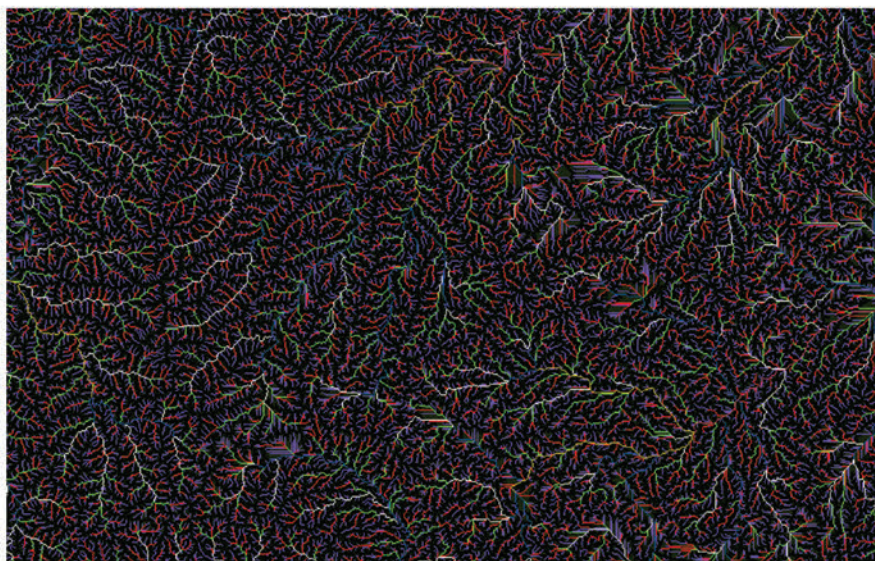


Fig. 8. Procedimento para gerar a disposição da malha hidrográfica.

Com isso será gerado um raster da disposição dos rios em diversas ordens (Fig. 9).



**Fig. 9.** Resultado do processamento sobre a disposição da rede de drenagem da área de interesse do manejo.

A última etapa é proceder ao delineamento dos rios por meio da opção "Stream to Feature" da série de ferramentas do "Hydrology". Ao abrir a janela, seleciona-se como "Input Stream raster" o modelo gerado pelo processo "Stream Order", e o raster de direção de drenagem (FlowDir\_fill) como "Input flow direction raster". Atenção especial para selecionar, na tabela de atributos do raster de "StreamO\_flow" (gerado no processo anterior), as linhas correspondentes ao nível de detalhamento desejado para o delineamento dos rios (Fig. 10).

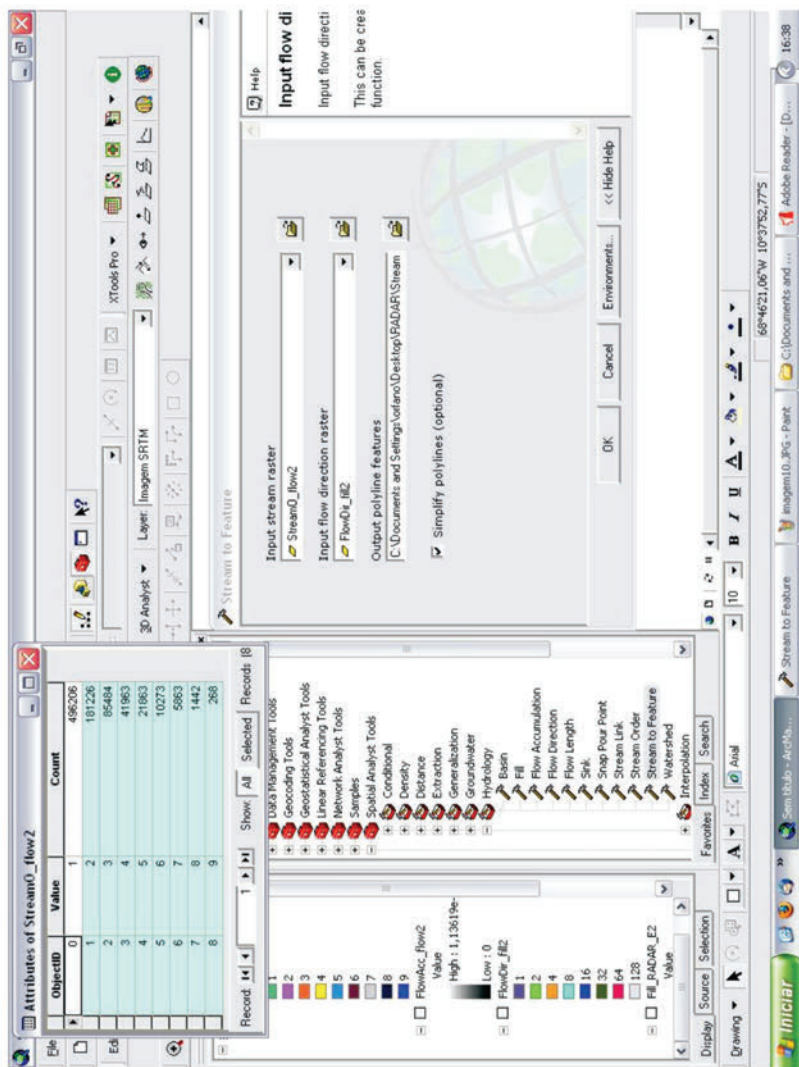
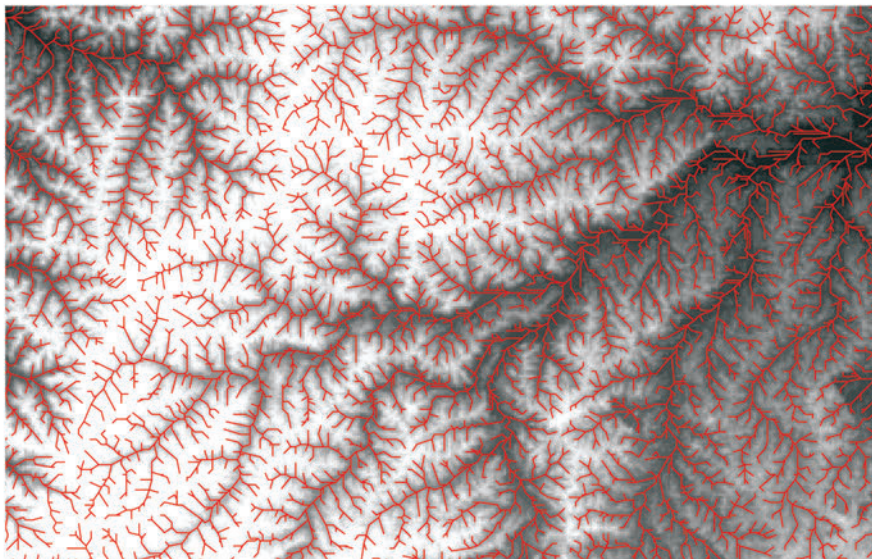


Fig. 10. Procedimento para selecionar o nível de detalhamento da rede hidrográfica pelo raster oriundo do processo "Stream Order" no software ArcGIS.

O produto gerado pode ser observado na Fig. 11. Posteriormente, os ajustes podem ser feitos na ferramenta “Edit” e “Advanced Editing”, visando suavizar as linhas e excluir aquelas que não são de interesse.



**Fig. 11.** Resultado final da modelagem da hidrografia da região de interesse do manejo florestal pelo toolset “Hidrology” do ArcGIS.

## **Ajuste do Sistema de Referência por Produtos da Modelagem**

Conforme mencionado anteriormente, a malha hidrográfica foi gerada com base na imagem SRTM, cujo sistema de referência (datum) é geocêntrico (WGS-84). Para que as informações geradas não tenham inconformidades de diagnose com as Instruções Normativas nº 93, de 3 de março de 2006, e nº 101, de 19 de junho de 2006 do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), faz-se necessário transformar os dados gerados empregando o método de translação geocêntrica com três parâmetros.



Sem esta transformação, ocorrerão inconformidades importantes, principalmente, quando houver equívocos no transporte das informações para o GPS, a exemplo de divergências entre os sistemas de referência do software utilizado e a configuração do receptor GPS.

Os parâmetros de transformação oficiais preconizados para realizar a translação geocêntrica de WGS-84 para SAD-69 são os seguintes:  $T_x = 66,87$  m,  $T_y = -4,37$  m e  $T_z = 38,52$  m. Trata-se apenas de três translações, pois os dois sistemas são paralelos e com mesma escala. Somando-se os parâmetros acima, às coordenadas X, Y e Z em WGS-84, obtêm-se as respectivas coordenadas em SAD-69. Para transformar coordenadas de SAD-69 para WGS-84 basta subtrair os parâmetros acima das coordenadas X, Y e Z em SAD-69 (ENVIROMENTAL, 2007).

Porém, no ArcGIS, é necessário utilizar o Arc Toolbox Windows e acionar o toolbox "Data Management Tools" e o toolset "Projections and Transformations". Na série de ferramentas Project, a partir de então, adiciona-se o arquivo da hidrografia gerado com o sistema de referência WGS-84, seleciona-se um sistema de projeção cartográfica com o sistema de referência SAD-1969 e emprega-se o modelo denominado de "SAD\_1969\_To\_WGS\_1984\_14", que corresponde ao padrão de transformação oficial (Tabela 2).

**Tabela 2.** Modelos de transformação pela translação geocêntrica e suas respectivas taxas de conversão entre os sistemas de referência South American 1969 (SAD-1969) e World Geodetic System 1984 (WGS-84) (ENVIROMENTAL, 2007).

Modelo de transformação com três parâmetros (base do ArcGIS)	Tx	Ty	Tz
SAD_1969_To_WGS_1984_1	-57	1	-41
SAD_1969_To_WGS_1984_2	-62	-1	-37
SAD_1969_To_WGS_1984_3	-61	2	-48
SAD_1969_To_WGS_1984_4	-60	-2	-41
SAD_1969_To_WGS_1984_5	-75	-1	-44
SAD_1969_To_WGS_1984_6	-44	6	-36
SAD_1969_To_WGS_1984_7	-48	3	-44
SAD_1969_To_WGS_1984_8	-47	26	-42
SAD_1969_To_WGS_1984_9	-53	3	-47
SAD_1969_To_WGS_1984_10	-61	2	-33
SAD_1969_To_WGS_1984_11	-58	0	-44
SAD_1969_To_WGS_1984_12	-45	12	-33
SAD_1969_To_WGS_1984_13	-45	8	-33
SAD_1969_To_WGS_1984_14	-66,87	4,37	-38,52

Outro aspecto importante, a ser lembrado durante o planejamento do manejo florestal, é que este procedimento não dispensa o trabalho de campo referente ao microzoneamento dos pequenos canais de drenagem, visto que a precisão da imagem SRTM é de 3 arc – segundos ou 90 metros. Portanto, necessita de edição do arquivo da malha hidrográfica referente aos pequenos meandros que não são identificados pela imagem de radar.

Uma solução de fácil aplicabilidade para o refinamento da malha hidrográfica é utilizar um GPS de alta sensibilidade, especificamente, para registrar os locais onde as picadas do inventário cortam os canais de drenagem. O registro no GPS é importante para confeccionar um mapa florestal de boa precisão (entre 2 e 5 metros de erro para os eventos mapeados).

## Referências Bibliográficas

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

GORR, L.W.; KURLAND, K. S. **GIS Tutorial. Updated for ArcGIS 9.2. Workbook for ArcView 9**. Disponível em: <http://gis.esri.com/esripress/display/index.cfm?fuseaction=display&websiteID=116&moduleID=1>. Acesso em: 22 ago. 2007.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 57, p. 241-262, 2003.

RIBEIRO, C. A. A. S. Floresta de Precisão. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 311-335.

RODRIGUEZ, E.; MORRIS, C. S.; BELZ, J. E.; CHAPIN, E. C.; MARTIN, J. M.; DAFFER, S. **An assessment of the SRTM topographic products: Pasadena, CA**: JPL, 2005. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/srtmBibliography.html>. Acesso em: 27 de ago. 2007.

SANTOS, P. R. A.; GABOARDI, C.; OLIVEIRA, L. C. de. Avaliação da precisão vertical dos modelos SRTM para a Amazônia. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 58, n. 1, p. 101-107, 2006.

SOUZA FILHO, C. R. de. O relevo das Américas como nunca antes visto. **Revista InfoGeo**, v. 30, p. 55-58, 2004.

**Diagnóstico dos Destaques  
Topográficos da Área do  
Manejo Florestal**

# 5



## Capítulo 5 – Diagnóstico dos Destaques Topográficos da Área do Manejo Florestal

---

Evandro Orfanó Figueiredo

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) na modelagem do terreno tem como finalidade processar as informações espaciais disponíveis da base de dados das imagens de sensores remotos e da coleta de campo, e posteriormente, gerar abstrações digitais das condições reais do terreno.

A Linguagem de Modelagem de Realidade Virtual (VRML Virtual Reality Modeling Language) permite a visualização de mundos virtuais totalmente interativos em tempo real utilizando arquivos que ocupam somente alguns quilobytes e equipamentos de baixo custo (CANDEIAS et al., 2001).

Os recursos tridimensionais deste tipo de visualização podem auxiliar bastante para entender melhor o relevo, revelando por exemplo, peculiaridades que condicionam a distribuição dos solos, a vegetação e até algumas características climáticas locais (CANDEIAS et al., 2001).

Com isso é possível planejar de maneira eficaz a localização de estradas florestais e pátios de estocagem de toras, além de identificar zonas restritas à instalação de obras (pontes, bueiros, estradas e pátios) e zonas inacessíveis, que devem ser preservadas em decorrência do forte impacto ambiental, quando submetido às condições de intervenção florestal.

A modelagem do terreno e o emprego de imagens de alta resolução também constituem ferramentas fundamentais para o planejamento de estradas, pátios e trilhas de arraste, ainda no escritório, transferindo-se os dados obtidos para um navegador veicular (GPS automotivo) a ser instalado no trator florestal.

Para Oliveira e Braz (1995), o arraste deve ser planejado antecipadamente com auxílio do mapa do inventário 100% (derivado do Inventário Florestal Prospectivo) e balizamento inicial no terreno, para ganhos em tempo de ciclo (reduzindo substancialmente os custos), com menor dano à floresta.

Na década de 1990, ainda não havia os recursos tecnológicos disponíveis atualmente, fazendo com que houvesse a necessidade de balizamento de trilhas de arraste. Hoje, o conjunto de técnicas adotado pelo Modelflora permite que o operador do trator florestal navegue até a árvore a ser arrastada, da mesma forma que um veículo sedan de luxo utiliza o navegador automotivo para se deslocar de um endereço para outro, numa grande cidade.

Porém, o sistema digital de exploração apresenta uma grande vantagem quando comparado com o navegador automotivo do veículo de luxo. A rota do trator florestal, planejada com grande antecedência, evita os principais obstáculos, e sempre que possível, o trajeto é realizado em nível. Isso ocorre por causa da adequada simulação da realidade do terreno do manejo florestal, por meio dos modelos digitais de elevação.

Para a obtenção de um modelo numérico do terreno compatível com a realidade de campo, deve-se ter uma elevada densidade de dados coletados na área de interesse. Segundo estimativas da Enviromental (2007), são necessários 75% do montante dos investimentos totais para criação de uma base de dados georreferenciados.

No caso do planejamento florestal pelo Modelflora, estas estimativas não são diferentes. Portanto, toda atenção deve ser dispensada para construir uma precisa e sólida base de dados ambientais, obtida no inventário florestal pré-exploratório.

Para a modelagem do terreno, o técnico pode seguir dois caminhos, porém, deve haver compatibilidade entre as alternativas, que devem ser comparadas depois de modeladas.

A primeira é construir as curvas de nível e modelar o terreno, a partir das imagens do SRTM, cuja resolução espacial é de 90 metros. A

segunda é a construção de um Modelo Numérico do Terreno (MNT), a partir de pontos barométricos cotados e georreferenciados. Esta solução gera um raster com resolução espacial entre 3 e 15 metros, o que dependerá da intensidade de coleta de campo. Seja qual for a alternativa selecionada, o planejamento florestal apresentará significativa melhora na alocação de estradas, pátios e trilhas, diminuindo custos e impactos ambientais da atividade florestal.

## **Construção das Curvas de Nível a partir do SRTM**

As curvas de nível, a partir do processamento das linhas de contorno, permitem conectar pontos da superfície com mesmo valor de elevação. As linhas de contorno podem ser determinadas de interseções da superfície com planos horizontais.

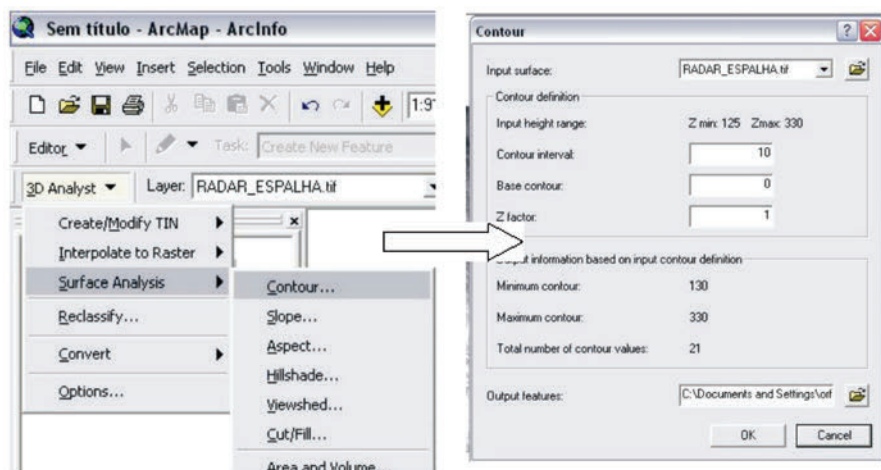
A projeção dessas interseções, no plano X e Y, define as curvas de contorno. Partindo-se do pressuposto que a superfície representada é uma função matemática definida no espaço X e Y então as linhas de contorno apresentam uma propriedade importante de nunca se cruzarem (FELGUEIRAS, 2007).

A partir de um modelo numérico de terreno (imagem do SRTM), utiliza-se a extensão 3D Analyst do ArcGIS para gerar malha de curvas de nível destinada ao planejamento da atividade florestal. Depois de instalar a extensão deve-se ativar a barra de ferramentas por meio do menu "Tools" >> "Extensions" >> "3D Analyst", ou clicar com o botão esquerdo do mouse na barra de ferramentas (GORR; KURLAND, 2006).

Após carregar a extensão, adiciona-se a imagem do SRTM a qual se encontra no sistema de referência geocêntrico WGS-84. Esta imagem é a base de dados para gerar a rede de curvas de nível. Para utilização desta imagem deve-se ter o mesmo cuidado que no procedimento anterior, o qual depois de geradas as curvas de nível, estas devem ser transformadas. Uma segunda opção é mudar o sistema de referência da imagem de WGS-84 para SAD-69, por meio do Arctools.

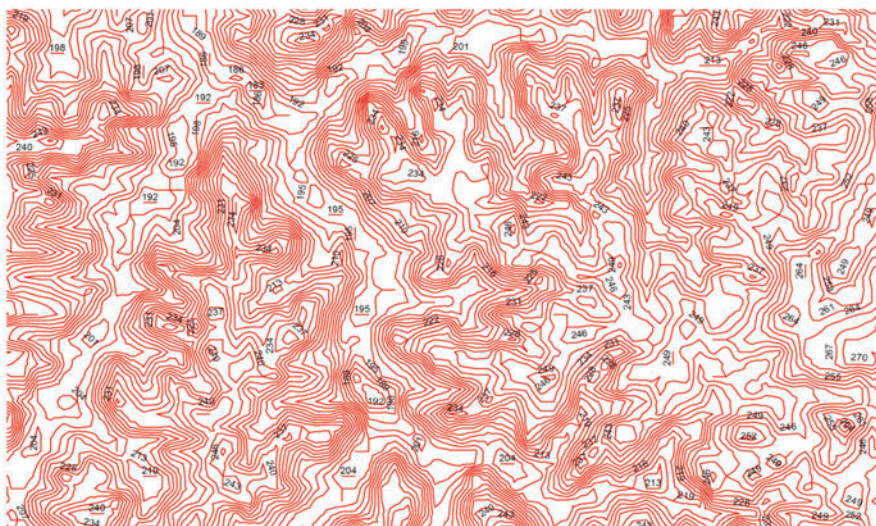


O próximo passo será abrir a janela do toolbox “3D Analyst” e acionar o processo de análise “Surface Analysis” >> “Contour”. Este procedimento abrirá uma janela denominada de “Contour”, assim, seleciona-se a imagem SRTM de interesse no elemento “Input surface” e no campo “Contour de intervalo” substitui-se a escala de 10 metros para 3 metros. A escala de 3 metros oferece um nível de detalhamento adequado para o planejamento florestal e não gera arquivos de grande extensão, o que tornaria o processamento oneroso. Para o campo “Base contour”, mantém-se a escala zero e o fator de elevação (“Z factor”) igual a 1 metro. Na saída da feição geográfica, seleciona-se a pasta e o nome do arquivo que se deseja salvar (Fig. 1).



**Fig. 1.** Etapas do procedimento para construção das curvas de nível a partir da imagem SRTM.

O produto gerado será uma rede de curvas de nível da região de interesse, com diferença de cotas de 3 metros (Fig. 2). Após este procedimento, será criado um shapefile das curvas de nível de toda região.



**Fig. 2.** Resultado final da modelagem das curvas de nível a partir da imagem SRTM, com emprego do toolset “3D Analyst” do software ArcGIS.

Com a malha de curvas de nível traçada são oferecidos, à equipe de campo, os destaques para as situações críticas de regiões colinosas, rampas de longo comprimento, áreas alagadas e locais de forte aclave ou declive. Com isso, as regiões mapeadas são transferidas para o GPS de alta sensibilidade com sinal de alerta, servindo de auxílio aos trabalhos de campo.

Somente os procedimentos de diagnóstico da hidrografia e dos destaques topográficos invertem a rotina tradicional do levantamento de campo, visto que as equipes de inventário terão a função de apenas ajustar a modelagem, por meio da marcação dos pontos de intersecção entre picadas e canais de drenagem, além de identificar, mensurar e georreferenciar as árvores.

Vale ressaltar que as inconformidades do diagnóstico prévio com a checagem de campo podem ocorrer de forma mais importante, principalmente, quando houver equívocos no transporte das informações para o GPS, como os de divergências entre os sistemas de referência do software utilizado e a configuração do receptor GPS.

## **Construção das Curvas de Nível a partir de Pontos Barométricos Cotados e Georreferenciados**

Também é possível construir um modelo numérico do terreno (MNT), com base em pontos cotados com barômetro, os quais devem ser georreferenciados com GPS de alta sensibilidade. Para esta tarefa emprega-se um GPS com barômetro.

O modelo numérico do terreno (MNT) é conceituado como qualquer imagem que armazene dados que possam ser vistos como elevação sobre a superfície. Os modelos numéricos de terreno podem ser classificados em “grades quadradas regulares” (GQR) e em “modelos poliédricos de terreno” (MPT) (Miranda, 2005).

Ludwig e Schneider (2006) avaliaram o MDT extraído do SRTM na banda X, sendo empregados pontos de controle, perfilagem e subtração de imagens na avaliação. O MDT SRTM foi analisado quanto a aspecto, declividade, ângulo de incidência local e uso do solo (áreas urbanas, agricultura, floresta, vegetação arbustiva, áreas abertas, brejos e corpos de água). O estudo concluiu que o MDT SRTM superestima a altitude em relevos movimentados e subestima em relevos planos; o erro aumenta com a declividade; o modelo apresenta erros menores em sudeste e maiores em noroeste. Por isso, a necessidade de se obter um modelo numérico do terreno (MNT) para complementar os dados dos modelos SRTM, e assim, apoiar o planejamento dos detalhes de campo.

O primeiro passo é calibrar o GPS num local de altitude conhecida. Após o GPS calibrado, o receptor deve ser mantido ligado até o local onde se realiza o inventário florestal censitário da unidade de produção anual do manejo florestal. No local do manejo, de preferência um vértice da Upa ou um ponto próximo ao acampamento da equipe de inventário, deve-se registrar uma coordenada geográfica, com tempo de apropriação de pelo menos 5 minutos, ou ainda, obter um ponto com média de 300 contagens.

Os valores das coordenadas em UTM e da cota barométrica devem ser anotados, visto que diariamente a equipe de inventário deverá calibrar o altímetro do GPS com a inserção do valor registrado pelo

barômetro no ponto selecionado. Este procedimento se faz necessário porque o barômetro está sujeito às condições climáticas, assim, a aferição diária do equipamento reduz as oscilações de registro de altitude, possibilitando a construção de um modelo com elevada compatibilidade com a imagem SRTM.

A coleta das cotas barométricas ocorrerá automaticamente no momento do registro das coordenadas das árvores inventariadas. Neste momento será registrado um valor para X (longitude), para Y (latitude) e para Z (altitude barométrica). O procedimento de transferência dos dados do GPS para o PC será detalhado no próximo capítulo.

Após descarregar as informações do GPS e transferir para o ArcGIS, os pontos correspondentes a cada árvore constituirão a base de dados para confeccionar o raster que possibilitará construir as curvas de nível.

O primeiro procedimento é abrir o shapefile das árvores do inventário com os valores de cotas barométricas. Posteriormente, será executado o "3D Analyst">"Interpolate to Raster">"Natural Neighbor Interpolation". Neste comando, abrirá uma janela denominada de "Natural Neighbor Interpolation", e para o campo "Input points" será selecionado o arquivo correspondente ao das árvores do inventário. No campo, "Height source" seleciona-se a coluna do arquivo correspondente à cota barométrica, e posteriormente, mantém-se o valor do tamanho de célula do raster a ser criado ("Cell size") e seleciona-se a pasta de saída do shapefile e o respectivo nome do arquivo.

Este procedimento criará um raster que deverá ser utilizado da mesma maneira que a imagem SRTM descrita no item anterior.

Após a construção das duas redes de curvas de nível SRTM e de pontos cotados, não haverá semelhanças no traçado das curvas, porém, haverá compatibilidade entre regiões altas, planas e baixas. Caso seja necessário, será realizada uma checagem de campo e posteriormente escolhido qual modelo a ser utilizado (modelo SRTM ou barométrico).

## **Modelagem Digital do Terreno para Planos de Manejo Florestal, com Base de Dados Altimétrica Interpolada**

O modelo digital do terreno para o manejo é criado a partir da interpolação de uma grade quadrada regular (imagem SRTM ou imagem reconstituída dos pontos barométricos), a qual permitirá a geração de uma base de dados interpolada (pontos) para geração de um “modelo poliédrico de terreno”, que no caso é uma rede triangular irregular (TIN). A mudança de GQR para MPT na construção do modelo digital deve-se a melhor estrutura do modelo TIN para modelar superfícies contínuas. A grande vantagem é que no modelo TIN não existe a regularidade amostral, ou seja, áreas onde há mudanças rápidas do terreno recebem mais pontos que as áreas planas.

Com essa técnica é possível obter um modelo digital muito mais detalhado para um planejamento florestal, visando à alocação das estradas florestais, trilhas e pátios.

A reconstituição digital do terreno é possível de ser realizada com:

- Adoção da tecnologia do Programa SRTM ou Missão Topográfica por Radar Interferométrico, o qual produziu uma grade de pontos com precisão horizontal de 90 m. A grande vantagem deste procedimento é a compatibilidade dos terrenos modelados com a hidrografia local e com as curvas de nível.
- Imagens de radar aerotransportadas. Para este procedimento deve-se ter o cuidado de avaliar se as imagens encontram-se adequadamente georreferenciadas e ortorretificadas.
- Utilização de GPS com sensores barométricos. Este procedimento consiste em retirar automaticamente um ponto barométrico por árvore inventariada. Com isso, é construída uma malha de pontos barométricos, pela qual será possível modelar o terreno (conforme descrito no item anterior). A desvantagem deste procedimento é a necessidade de calibrações freqüentes do barômetro, no intuito de reduzir a grande oscilação de leitura dos pontos cotados, cujo registro da cota é influenciado pelas condições climáticas.

Para construir o Modelo Digital do Terreno compatível com a hidrografia e com as curvas de nível, deve-se empregar o shapefile das curvas de nível geradas pela análise 3D.

A reconstituição do terreno pelo ArcGIS é feita a partir de pontos com cotas altimétrica. Estas cotas podem ter várias fontes, porém, para este procedimento será aberto o arquivo com as curvas de nível com o datum SAD-69.

As curvas de nível foram resultados da análise 3D, cujo processo ligou linhas entre cotas similares dos pixels da imagem SRTM (ou raster interpolado dos pontos barométricos). Para isso houve a necessidade de interpolar as linhas, fazendo com que linhas de cotas diferentes passassem sobre pixels com um único valor altimétrico.

Assim, um pixel poderá assumir diferentes valores de acordo com seu vizinho mais próximo. Esta interpolação da projeção das linhas das curvas de nível deve ser empregada na modelagem do terreno, visando gerar um modelo compatível com as curvas e mais suavizado, possibilitando destacar os eventos topográficos por cores e sombras.

Após carregar o arquivo de curvas de nível correspondente a toda a região, será carregado o arquivo do polígono da UPA, visando recortar a projeção das curvas apenas para área de interesse. Este procedimento reduz o tamanho dos arquivos e agiliza o processamento.

Para o recorte das curvas de nível, deve-se abrir a janela do Arc Toolbox Windows e acionar o toolbox "Analysis Tools" e o toolset "Extract". Na série de ferramentas "Extract", seleciona-se a opção "Clip". Na janela aberta, seleciona-se o arquivo com as curvas de nível da região maior correspondente à imagem SRTM no elemento "Input Features". No "Clip Features", adiciona-se o polígono da UPA e os outros campos devem seguir o padrão (Fig. 3). Com esse procedimento foi criado um arquivo de curvas de nível referente ao polígono da UPA, com os mesmos valores de cotas altimétricas que o arquivo original.

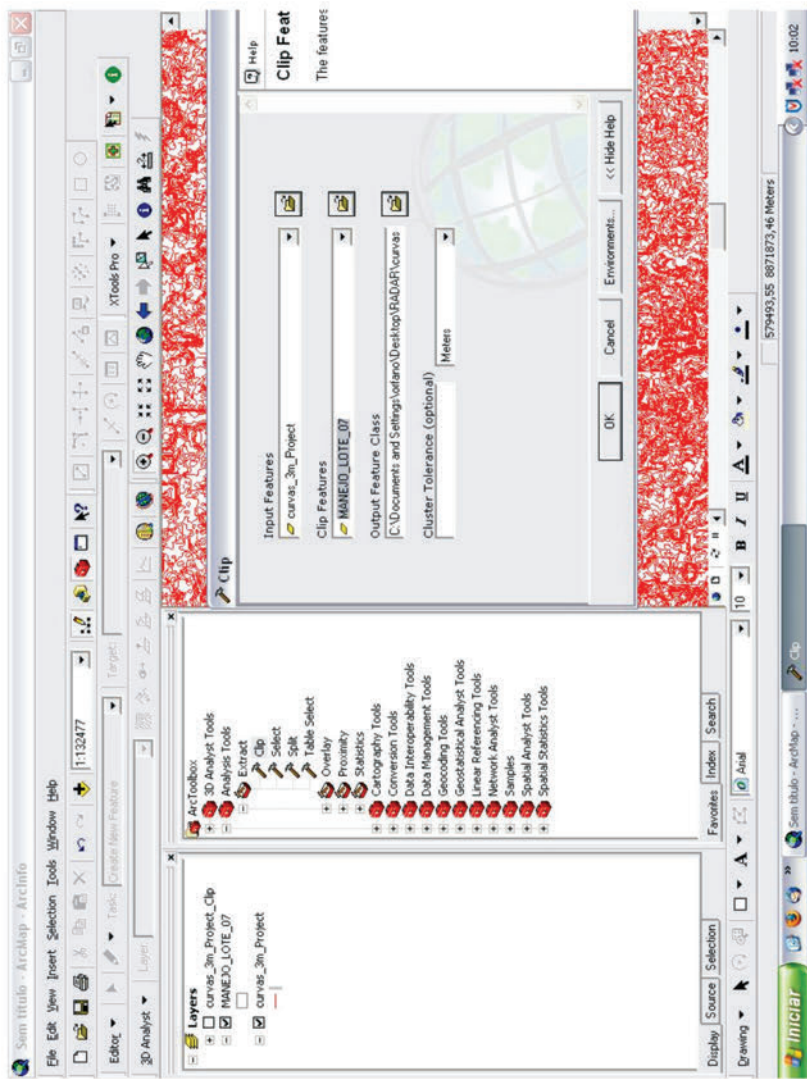


Fig. 3. Procedimento para extrair as curvas de nível contidas no polígono da UPA do manejo florestal pelo software ArcGIS.

Visando suavizar as curvas de nível para geração do modelo digital é necessário editar as curvas por meio da ferramenta "Editor" >> "Start Editing". Posteriormente, ativa-se a barra de ferramenta "Advanced Editing" clicando com o botão esquerdo do mouse.

Assim, deve-se acionar a ferramenta "Edit tools" e no "Target" da barra de ferramentas "Editor" selecionar o arquivo das curvas de nível da UPA. Em seguida, basta marcar com o mouse (acionando na ferramenta "Edit tools") todas as curvas de nível da UPA e ativar o ícone "Smooth tools" na barra de ferramentas "Advanced Editing".

Este procedimento abrirá uma pequena janela, em que é solicitado o valor máximo admissível de deslocamento da linha, objetivando suavizar os ângulos. A unidade de valor é a mesma configurada para o mapeamento, o qual representa a unidade métrica.

Na prática, o que se pretende com a suavização das linhas da curva de nível é obter uma modelagem do terreno com efeito mais próximo do natural, sem que haja distorção das informações extraídas da imagem SRTM. Portanto, o valor para o "Smooth" deve ser próximo de 1 metro.

Para gerar uma rede de pontos de cotas altimétricas correspondentes às curvas de nível da UPA, utiliza-se a extensão XTools Pro. Depois de instalar a extensão, deve-se ativar a barra de ferramentas por meio do menu "Tools" >> "Extensions" >> "XTools Pro", ou clicando com o botão direito do mouse na barra de ferramentas.

Em seguida, abre-se a janela do "Xtool Pro" e aciona-se o processo "Features Conversions" >> "Convert Features to Points". No campo "Input features layer", seleciona-se o arquivo com as curvas de nível da UPA no campo "Output storage" e nomeia-se o arquivo correspondente aos pontos com cotas altimétricas referentes às respectivas curvas. Na subjanela "Points", deve-se selecionar o procedimento de marcar pontos equidistantes para um intervalo fixo igual ou inferior a 10 metros (Fig. 4). Nos demais campos, conserva-se o processamento padrão.



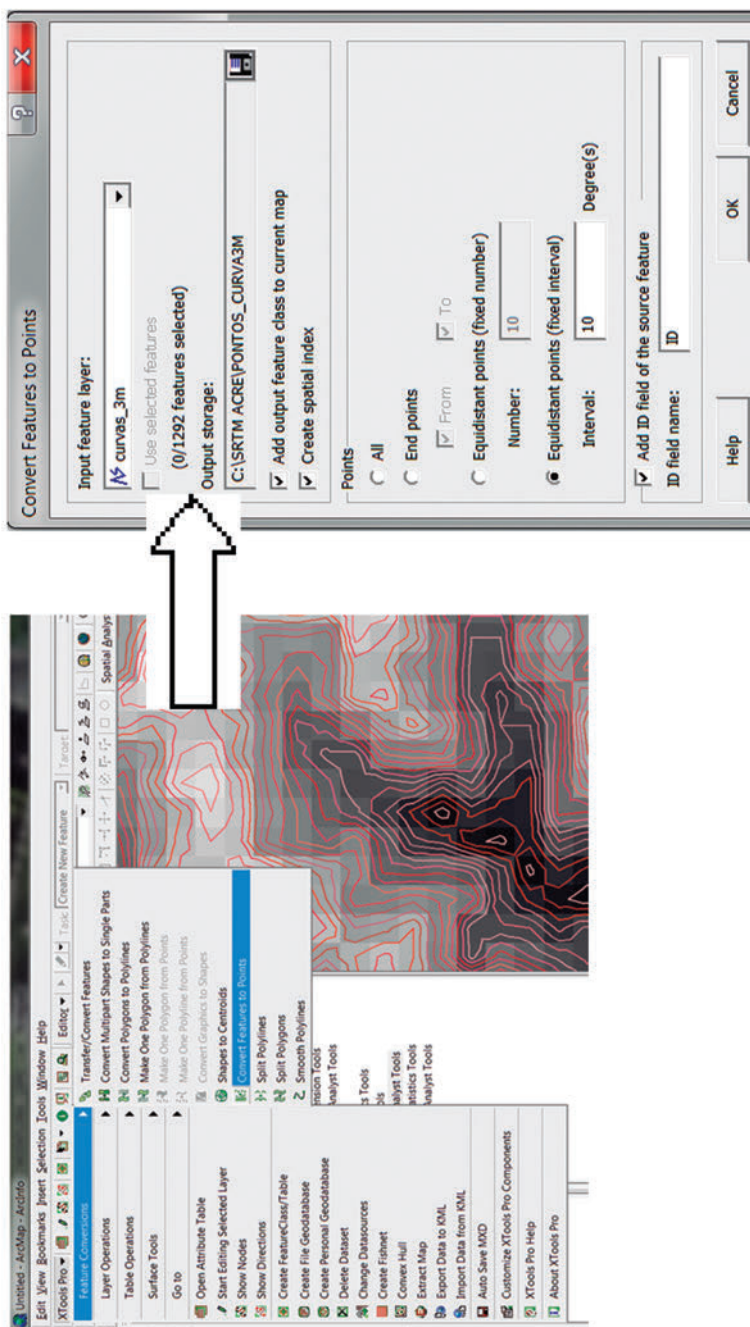
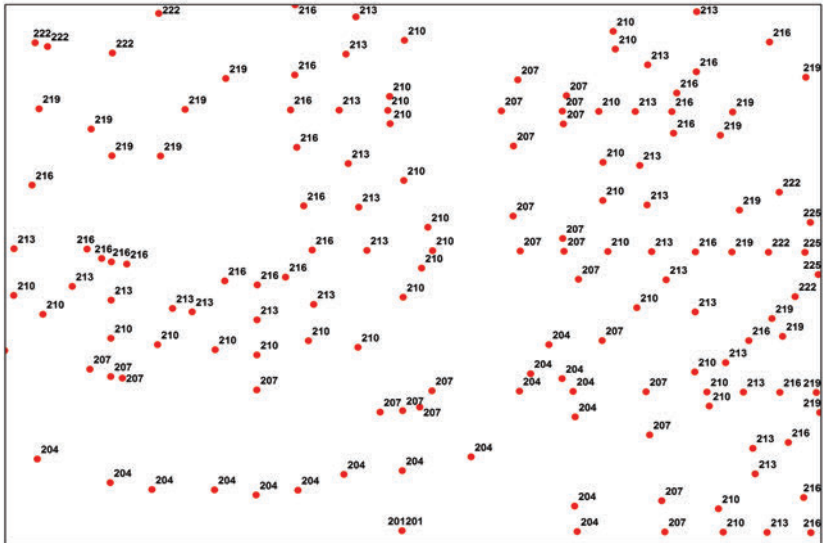


Fig. 4. Sequência do procedimento para geração de uma base de dados altimétricos (feição pontos), com distância de 10 metros entre pontos pelo software ArcGIS.

O resultado será um arquivo de pontos com valores altimétricos, utilizado na modelagem digital do terreno (com efeito suavizado).

Se fosse mantida a base de dados inicialmente obtida da imagem SRTM, teria, no processamento, um modelo digital do terreno similar à imagem SRTM, ou seja, 1.254 pontos altimétricos para uma área de 1.000 hectares. Com a base interpolada a partir das curvas de nível suavizadas, o novo modelo digital para uma área de 1.000 hectares será confeccionado sob mais de 16.000 pontos altimétricos, gerando um modelo do terreno mais próximo do natural (Fig. 5).

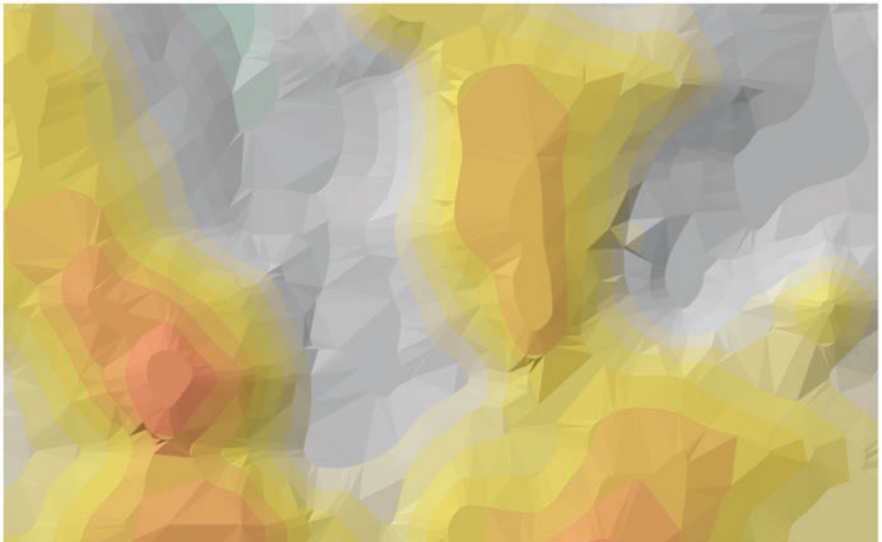


**Fig. 5.** Resultado do procedimento do "XTools Pro" para interpolar pontos na região onde será confeccionado o modelo digital de elevação do terreno.

A etapa final é a modelagem do terreno. As análises desenvolvidas sobre um modelo digital de terreno permitem visualizar os modelos em projeção geométrica plana, imagens sombreadas e imagens temáticas, calcular volumes de aterro e corte, realizar análises de perfis sobre trajetórias predeterminadas e gerar mapeamentos derivados tais como mapas de declividade e exposição, mapas de drenagem, mapas de curva de nível e mapas de visibilidade. Os produtos das análises podem, ainda, ser integrados com outros

tipos de dados geográficos objetivando o desenvolvimento de diversas aplicações de geoprocessamento, tais como, planejamento urbano e rural, análises de aptidão agrícola, determinação de áreas de riscos, geração de relatórios de impacto ambiental e outros (FELGUEIRAS, 2007).

Para isso, ativa-se a ferramenta "3D Analyst" >> "Create/Modify TIN (Modelo de Malha Triangular)">>"Create TIN From Features". Este procedimento abrirá uma janela denominada "Create TIN From Features". Para seleção de Layers, marca-se a opção referente ao arquivo de pontos interpolados. No "Setting for selected layer", conserva-se a opção "CONTOUR" para a fonte altimétrica e, para os demais itens, o processamento padrão. Posteriormente, nomeia-se o arquivo de saída pelo "Output TIN". O resultado pode ser observado na Fig. 6, destacando-se que as regiões altas do terreno são representadas pelas cores avermelhadas e as localidades baixas pelas cores azuladas.



**Fig. 6.** Modelo digital de elevação do terreno com pontos interpolados com base nas curvas de nível da área de interesse.

## Referências Bibliográficas

CANDEIAS, A. L. B.; JUNIOR, J. R. T.; FRERY, A. C.; DOS SANTOS, W. P. Modelagem de Terreno com Ferramentas da Realidade Virtual. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO- SBSR, 10., 2001, Foz do Iguacu. [Anais...]. [S.l.]: SELPER: INPE, 2001? 1 CD-ROM. p. 403-408.

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

FELGUEIRAS, C. A. **Análises sobre modelos digitais de terreno em ambiente de sistemas de informações geográficas**. Divisão de Processamento de Imagens Instituto de Pesquisas Espaciais. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/~carlos/trab\\_cientific/selper8f.pdf](http://www.dpi.inpe.br/~carlos/trab_cientific/selper8f.pdf). Acesso em: 27 ago. 2007.

GORR, L. W.; KURLAND, K. S. **GIS Tutorial. Updated for ArcGIS 9.2. Workbook for ArcView 9**, Disponível em: <http://gis.esri.com/esripress/display/index.cfm?fuseaction=display&websiteID=116&moduleID=1>. Acesso em: 22 ago. 2007.

LUDWIG, R.; SCHNEIDER, P. Validation of digital elevation models from SRTM X-SAR for applications in hydrologic modeling. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 60, p. 339-358, 2006.

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

OLIVEIRA, M. V. N. d'; BRAZ, E. M. Reduction of damage to tropical moist forest through planned harvesting. **Commonwealth Forest Review**, Oxford, v. 74, p. 208-210. Oxford Forest Institute. 1995.



**Levantamento  
das Árvores com  
Coordenadas  
Apropriadas com GPS  
de Alta Sensibilidade**





## Capítulo 6 – Levantamento das Árvores com Coordenadas Apropriadas com GPS de Alta Sensibilidade

---

Evandro Orfanó Figueiredo  
Renato Mesquita da Cunha

A partir da publicação da Instrução Normativa nº 4, de 4 de março de 2002, pelo Ibama, o inventário florestal 100% com o mapeamento de todas as árvores com um diâmetro predeterminado em uma área estabelecida se tornou obrigatório para aprovação dos Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) em florestas tropicais. A obrigatoriedade desse procedimento se mantém em vigor na Instrução Normativa nº 5, de 11 de dezembro de 2006 (IBAMA,2006).

O método com inventário 100% (convencional X e Y), empregado para localizar as árvores nas áreas, é realizado com uso de trena, seguindo-se o rastro da trilha ou picada para a determinação do eixo Y. Para obter o eixo X, mensura-se a distância da árvore até a picada (eixo Y). A quantidade de falhas desse sistema torna o método oneroso, impreciso e de baixo rendimento.

O uso do GPS, no levantamento de árvores para o manejo florestal, permite a junção de duas poderosas ferramentas de planejamento: o Sistema de Informações Geográficas (GIS) e o GPS. O emprego destas duas ferramentas no planejamento florestal, a partir do inventário censitário do plano de manejo, permitirá múltiplas aplicações de análise (VEIGA, 1984; SOARES et al., 2006) e um significativo incremento na qualidade do planejamento florestal.

Em um sistema de informações geográficas, é perfeitamente possível o posicionamento preciso dos dados espaciais, permitindo ao engenheiro relacionar diversos fatores de interesse envolvidos na produção florestal (RIBEIRO, 2002).

Larson e Evans (2003) relatam que, nos Estados Unidos, vários sistemas de inventário florestal para as condições de florestas



plantadas têm usado o GPS para a localização das árvores, e ainda, utilizam a base de dados para interpolações, visando cobrir áreas não estudadas.

O Modeflora segue o mesmo caminho do planejamento florestal em florestas plantadas com o emprego do SIG e do GPS (LARSON; EVANS, 2003; ADAMS et al., 2003), porém, a base do modelo é a localização precisa da árvore. A partir de então é possível realizar diversas funções de análise, classificações de dados, modelagens dentre outras, as quais podem ser focadas para enriquecer as informações do manejo e, principalmente, para solucionar problemas de uma adequada intervenção florestal.

A apropriação das coordenadas pela projeção cartográfica cilíndrica UTM substituirá as falsas coordenadas X e Y e a posição direita e esquerda da linha.

Com o emprego da coordenada apropriada, a equipe de campo dispõe do mapa da área do manejo (com curvas de nível, picadas, igarapés, rios, etc.) na forma digital e rastreada por satélite (mapa dinâmico).

Apesar das facilidades operacionais do georreferenciamento de árvores, ainda haverá necessidade de abertura de picadas de acesso visando facilitar a localização das árvores, principalmente, em tipologias florestais com sub-bosque denso, conforme os métodos tradicionais do inventário (FREITAS et al., 2005; AMARAL et al., 1998). Porém, o balizamento da picada com marcação das distâncias já é um procedimento superado, visto que todos os trabalhos a partir de então terão o auxílio do GPS e dos mapas dinâmicos.

Numa floresta densa com o sub-bosque aberto, existirão situações em que até mesmo a picada será dispensável, podendo haver diferentes formas de subdivisões da área para facilitar e sistematizar a coleta de dados no inventário 100%.

## **Tecnologia da Antena de GPS com o Chip Sirf Star III**

Apesar da degradação do sinal GPS sob as copas das árvores, os receptores GPS com antena de alta sensibilidade (tecnologia Sirf Star III) minimizam substancialmente os problemas de recepção. Porém, o procedimento de apropriação de coordenadas geográficas das árvores ainda é um levantamento sem precisão e acurácia quando comparado aos receptores com recepção da portadora L1 e L2.

A antena de alta sensibilidade dos receptores GPS é equipada com um “ship” de alto desempenho e recebe sinais de baixa frequência (menores que 159 dBm) (SIRF, 2007). Isso permite a navegação em tempo real em ambientes adversos, por meio de regiões edificadas e sob o dossel de florestas densas como na Amazônia.

A tecnologia Sirf Star III calcula automaticamente a posição do receptor GPS, procedendo mais de 200 mil correlações dos sinais recebidos, melhorando significativamente os resultados obtidos atualmente com os receptores GPS tradicionais (BENDLIN, 2007).

## **Fontes de Erros na Coleta de Dados com GPS**

Em decorrência dos problemas de degradação do sinal código C/A (feitos atmosféricos, bloqueios da vegetação, etc.), os cuidados com a apropriação dos pontos devem ser redobrados.

Um fator importante na apropriação das coordenadas geográficas é a forma de posicionar o receptor GPS durante a coleta da coordenada, além de avaliar o posicionamento da constelação de satélites da rede GPS. Proceder a apropriação da coordenada posicionando o receptor na horizontal e próximo da árvore inventariada (Fig. 1a) dificulta significativamente o recebimento do sinal, e não permite uma boa triangulação ou geometria dos satélites (fator primordial para um adequado registro de coordenadas).

A geometria dos satélites é a localização dos satélites em relação uns aos outros sob a perspectiva do receptor GPS (GORGULHO,

2007). Se um receptor GPS estiver localizado sob uma constelação de satélites e todos estiverem na mesma localidade do céu, sua geometria é inadequada para a apropriação de uma coordenada com maior precisão. O posicionamento dos satélites numa mesma região gera uma triangulação pobre e o campo comum da intersecção das medidas é grande. Com isso, o receptor registrará uma posição, porém, a precisão é insatisfatória.

Se a mesma constelação de satélites estiver com os satélites distribuídos em locais diferentes no céu, a precisão eleva significativamente. Portanto, a geometria seria adequada, pois as leituras de sinais provêm de várias direções, com isso a área comum de intersecção é menor e a precisão elevada.

Outra importante fonte de vícios é a interferência resultante da reflexão do sinal na vegetação, principalmente da árvore que se pretende coletar a coordenada, o que acaba gerando um “sinal imagem” similar a imagem ‘fantasma’ na televisão, interferindo no cálculo da posição.

Portanto, além de observar a posição dos satélites no céu, o operador do receptor de alta sensibilidade no inventário censitário deverá estar posicionado preferencialmente de costas para a árvore de interesse e com o receptor GPS na vertical e na altura do peito (1,3 metro) (Fig. 1b).



**Fig. 1.** a) Posicionamento horizontal do GPS (coordenada apropriada com distorção); b) posicionamento vertical do GPS (coordenada apropriada com melhor triangulação de satélites).

Na metodologia de falsas coordenadas (X, Y) muitas vezes o técnico responsável pela anotação das informações de campo comete equívocos da seqüência do número de árvores (placas de identificação) ou nos valores das coordenadas. Estes erros no sistema de falsas coordenadas podem ser cometidos sistematicamente, porém, somente são descobertos no momento da vistoria técnica do licenciamento ou durante a exploração florestal. No Modelo Digital de Exploração Florestal, a possibilidade de erros de localização está vinculada à precisão da constelação de satélites GPS, reduzindo a possibilidade de equívocos cometidos pelo técnico de inventário.

A coleta de dados também pode ser otimizada com receptor GPS associado a um palmtop resistente a chuvas e impactos, porém, seu valor de mercado ainda é restritivo (cerca de US\$ 7.500). A grande vantagem desses modelos é a praticidade no procedimento de coleta de dados, possibilitando que a informação de campo passe diretamente para o GIS ou para os softwares estatísticos.

Também é possível, ao adotar o palmtop com GPS, usar imagens de alta resolução como fundo de tela no GPS e com isso ver diretamente a copa da árvore que está sendo mapeada naquele momento. Este procedimento oferece outra vantagem que é visualizar em campo as copas das árvores dominantes e co-dominantes que ainda não foram localizadas pela equipe de inventário, assim, todas as árvores de grande porte serão identificadas pela equipe de campo.

Para os profissionais que optarem apenas pelo uso do GPS de alta sensibilidade, a caderneta de campo deverá ter preferencialmente as seguintes colunas: linha ou picada do inventário, placa de identificação da árvore, código da espécie vinculada a um banco de dados (se for o caso), nome popular da espécie, circunferência a altura do peito (CAP), altura comercial (H), qualidade do fuste (QF), ponto do GPS (referência ao número registrado no GPS) e observações (utilizadas para coleta de informações do detalhamento do microzoneamento).

O sistema de coordenadas apropriadas com GPS é um procedimento que não tolera erros de campo, visto que, se a equipe errar no registro de uma única árvore e a ação não for descoberta

no momento do equívoco todas as árvores estarão com sua identificação comprometida a partir daquele registro. O que na maioria das vezes, ocasiona nova tomada das coordenadas de todas as árvores do inventário.

Os erros de campo mais freqüentes são:

- Marcar duas coordenadas para uma mesma árvore. Isso resulta em mais pontos no GPS que as informações registradas na caderneta de campo.
- Marcar acidentalmente uma coordenada para um local onde não existe uma árvore de interesse e registrar a informação para outra árvore do inventário. Isso resulta em mais pontos no GPS que as informações registradas na caderneta de campo.
- Marcar a coordenada da árvore, anotar as informações na caderneta e não colocar a placa de identificação. Isso resulta em incompatibilidade de placas, coordenadas e espécies florestais a partir daquele ponto.
- Anotar as informações da árvore de interesse, colocar a plaqueta de identificação e não registrar a coordenada no GPS. Este equívoco resulta em menos coordenadas no receptor GPS que as informações anotadas na caderneta de campo.
- Abertura de picadas tortuosas. O registro de pontos das árvores mostrará claramente a sinuosidade da picada aberta de forma incorreta, o que gera um mapa com um padrão estético ruim, além disso, a sinuosidade das picadas amplia as distâncias entre estas, impedindo assim uma adequada identificação das árvores em campo, gerando regiões sem a cobertura do inventário. Este erro passava despercebido no sistema de falsas coordenadas (X e Y), principalmente em regiões de relevo ondulado e/ou intensa rede de drenagem.
- Utilização de dois receptores no mesmo inventário que registram o mesmo nome do ponto para árvores diferentes. Isso pode causar incompatibilidade de todo o sistema de controle de identificação das árvores quando esse detalhe não é considerado pela equipe de campo.
- Mudança da configuração do datum durante o levantamento. A alteração do datum faz com que haja para uma mesma base

de dados dois sistemas de referência, impossibilitando uma adequada execução do planejamento florestal.

Estes erros são facilmente evitados quando se investe no treinamento da equipe de campo.

## GPS como Instrumento de Apoio ao Inventário Censitário

O receptor GPS, além de ser utilizado para coleta das coordenadas das árvores, também será empregado como guia para abertura de picadas. Para os trabalhos de campo, será inicialmente repassada ao receptor GPS a posição de todas as picadas, com os respectivos pontos de partida e chegada. Com isso, o coordenador de campo, por meio da navegação entre pontos, realiza conferências sistemáticas do ângulo da picada, distância percorrida e percurso restante até a outra extremidade da picada.

O mapa digital da unidade de produção, disponibilizado no GPS, passa a constituir o principal instrumento de apoio da equipe de inventário, dando maior segurança nas tomadas de decisões das atividades de campo.

## Configuração do GPS

O receptor GPS deve ser configurado para a projeção cartográfica Universal Transversa Mercator (UTM) e no sistema de referência South American 1969 (médio) (Fig. 2) (Anexo I).

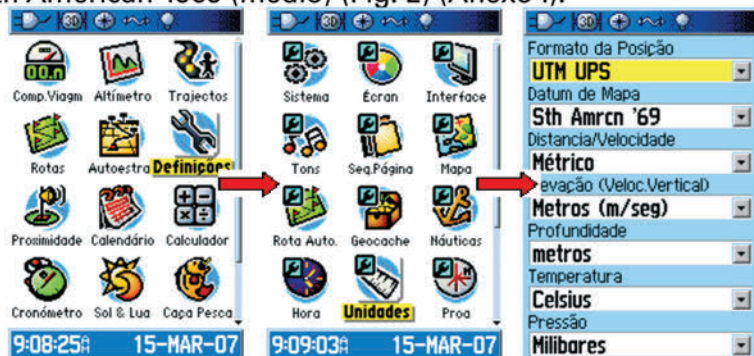


Fig. 2. Tela do menu do GPSMap 76CSx, em que se observam os passos para configurar a projeção cartográfica, datum e distâncias.

Antes de começar os trabalhos de campo, o receptor deve ter o sistema track desligado e bloqueado e, posteriormente, reinicializado com o rastreamento da rede de satélites GPS, com o tempo de rastreamento não inferior a 15 minutos. Esta “partida a frio” é importante para evitar erros de alocação dos primeiros pontos. A partir de então, o receptor não deverá ser desligado até a conclusão do turno de trabalho.

Em situações que ocorre elevação da estimativa de erro da posição a ser observada (árvore) ou bloqueio temporário da constelação de satélites, o operador do receptor retira a média de posição de 20 ou 30 pontos (pelo módulo simultâneo) (Fig. 3).

Se o erro de posição continuar elevado, deve-se fazer a apropriação de um novo ponto com média de posição de pelo menos 90 pontos. Este problema ocorre em relevo fortemente acidentado e em fundos de vale. Com isso, deve-se anotar, à margem da caderneta de campo, a situação de bloqueio parcial de sinais de satélites e a condição geomorfológica do local (encosta, fundo de vale, etc.).



**Fig. 3.** Telas do GPSmap 76CSx demonstrando a seqüência para obtenção da coordenada média da árvore inventariada.

## Composição, Função e Hierarquia da Equipe de Campo

Para implantação do inventário florestal censitário pelo Modeflora a equipe de campo deverá ser constituída, preferencialmente, conforme Tabela 1. Várias outras composições podem ser formadas de acordo com o tamanho e localização da unidade de produção florestal a ser inventariada.

**Tabela 1.** Dimensionamento da equipe de campo para instalação do inventário censitário pelo Modeflora.

Composição	Função
Duas subequipes de abertura de picadas	
Dois operários florestais	Confecções de placas de alumínio Delimitação física da UPA Balizamento Abertura de picadas
Uma subequipe de identificação botânica	
Um operário florestal de nível médio	Coordenação geral de campo Seleção do ponto para registro da altitude que servirá de referência para calibração do barômetro Auditoria de abertura de picadas com o GPS de alta sensibilidade Calibração diária do barômetro do GPS Conferência da caderneta de campo Alocação das parcelas permanentes Apontamentos na caderneta de campo Apontamentos do microzoneamento
Um identificador botânico principal	Localização das árvores Identificação botânica das espécies Mensuração das árvores DAP e altura comercial com emprego de telêmetro* Apropriação da coordenada geográfica das árvores inventariadas
Um identificador botânico auxiliar	Localização das árvores Corte de cipós Identificação botânica das espécies Mensuração das árvores DAP e altura comercial com telêmetro*
Uma subequipe de gestão de acampamento	
Um auxiliar de acampamento	Limpeza do ambiente do acampamento Acondicionamento do lixo doméstico Preparo das refeições

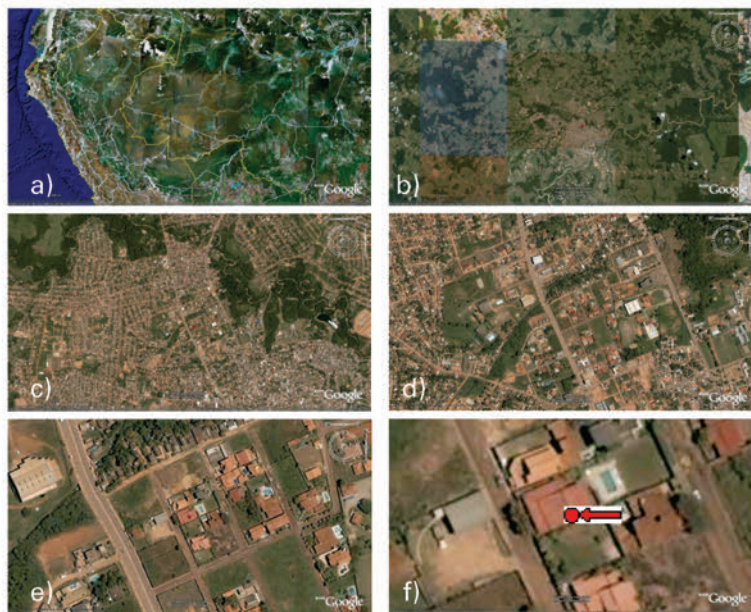
\*Telêmetro é um equipamento eletrônico a laser que realiza mensurações de distância entre pontos (horizontal ou vertical), a exemplo de altura de árvores, para uma faixa de distância entre 5 e 1.500 metros e com precisão de  $\pm 0,91$  metro.



## Eficácia do Receptor de Alta Sensibilidade

Apesar de não ser possível mensurar os erros de alocação de cada árvore sem a leitura da portadora, por meio do pós-processamento, é possível ter uma noção do erro do levantamento florestal, pela navegação em tempo real e interligado na internet (GOOGLE, 2007).

Para se avaliar a eficácia do sistema foi ligado o GPS de alta sensibilidade, num escritório (construção em alvenaria). Após a partida a frio do equipamento, foi conectado o módulo navegação do GPS em tempo real em software específico (GPS, 2007) e acessado o site Google Earth e, posteriormente, solicitada a aproximação (Fig. 4). Apesar de todas as barreiras impostas pelo teste, na Fig. 4f é demonstrado um erro estimado de 3 metros, enquanto o erro local do equipamento indicava  $\pm 5$  metros.



**Fig. 4.** a) Imagem de aproximação da Amazônia Brasileira e do Estado do Acre; b) imagem de aproximação do Município de Rio Branco, Estado do Acre; c) imagem de aproximação da cidade de Rio Branco; d) imagem de aproximação do bairro Vila Ivonete; e) imagem de aproximação do Conjunto Village Maciel; e, f) imagem de aproximação do escritório.

## **Estudos Comparativos entre o Inventário X e Y e Diferentes Formas de Apropriação da Coordenada pelo Modelflora**

Estudo realizado pela Embrapa Acre em parceria com a Universidade Federal do Acre (Ufac), numa área de floresta tropical nativa, no Município de Rio Branco, Acre, Brasil, demonstrou a baixa precisão do inventário florestal com coordenadas X e Y, e ainda, a necessidade de cuidados na apropriação da coordenada verdadeira com GPS de alta sensibilidade.

A área de estudo foi uma unidade de produção anual de um plano de manejo florestal, ainda na fase de planejamento. Foi aleatorizada na área de produção florestal, uma unidade experimental de 200 x 300 metros (6 hectares). As picadas do inventário foram as mesmas abertas pela equipe responsável pelo inventário da referida área, as quais foram transportadas para o GPS.

No procedimento de localização das árvores, foram utilizados cinco diferentes métodos, que constituíram nos tratamentos do experimento, que foram comparados com a localização de referência denominada de LR (Testemunha). Nos 6 hectares foram inventariadas 46 árvores de espécies comerciais com diâmetro a altura do peito (DAP) acima de 30 cm, em que consistem nas repetições para os tratamentos, configurando num delineamento inteiramente casualizado (GOMES, 1982; AYRES et al., 2000).

Para identificação das árvores, foram utilizadas as mesmas placas de alumínio adotadas pelo inventário original do PMFS, sem que houvesse preocupação na identificação botânica da espécie florestal.

A localização de referência (LR) foi o posicionamento das árvores, utilizando a apropriação da coordenada com GPS de alta sensibilidade, na posição vertical, com o operador do receptor de costa para árvore e executando a média automática de 30 pontos. Este procedimento foi escolhido como referência (testemunha) para comparação dos demais procedimentos, visto que esta prática

de apropriação de coordenadas com GPS apresenta resultados próximos (2 a 5 metros) quando comparados com o GPS com a portadora L1.

O primeiro tratamento (T1) foi a localização das árvores, utilizando a apropriação da coordenada com GPS de alta sensibilidade, na posição vertical, com o operador do receptor de costa para árvore.

O segundo tratamento (T2) constituiu na localização das árvores, utilizando o GPS de alta sensibilidade, na posição horizontal, com o operador voltado de frente para a árvore.

O terceiro tratamento (T3) foi a localização das árvores, com GPS de alta sensibilidade, feito originalmente pela equipe responsável pelo inventário do PMFS, cujas posições do receptor e do operador oscilaram entre vertical/horizontal e de costa/de frente para árvore, respectivamente.

O quarto tratamento (T4) foi a localização feita da forma convencionalmente utilizada, ou seja, estimativas das falsas coordenadas X e Y, juntamente com a observação do lado direito ou esquerdo da picada. Esta estimativa foi realizada por um técnico florestal de nível médio com mais de 10 anos de experiência em levantamentos florestais.

No quinto e último tratamento (T5) foram adotados os mesmos procedimentos do (T4), diferenciando somente na forma de estimar o eixo X (distância da picada até a árvore), o qual foi realizado por telêmetro Bushnell Elite 1500.

Após a coleta de dados, as coordenadas apropriadas com GPS de alta sensibilidade, correspondente a cada tratamento, foram descarregadas com auxílio do software TrackMaker 4.0, na projeção UTM e datum SAD69 (média GPS). Nos tratamentos que adotaram a localização da árvore por coordenadas X e Y, os dados foram anotados em caderneta de campo e, posteriormente, no escritório, plotados seqüencialmente, conforme mapeamento tradicional (em papel ou CAD).

Para avaliar a precisão do mapeamento referente a cada tratamento, foram criados arquivos shapes individuais de cada ponto (localização da árvore) e buffers (área do entorno) dos pontos de 15 metros de raio, valor este semelhante à precisão dos receptores, conforme Garmin (2007).

Em seguida, foi obtida individualmente de cada árvore, a área de intersecção do buffer tratamento T1 (considerado como referência) com os demais tratamentos. Assim, quanto maior a área de intersecção do buffer de determinado tratamento, com o tratamento referência L.R., melhor será a forma de localizar as árvores do inventário. Os dados foram submetidos à análise de variância (Tabela 2) e as médias a testes de contrastes de Tukey para a significância estatística de 5% e 1% (Tabela 3).

**Tabela 2.** Análise de variância dos tratamentos de localização das árvores por diferentes procedimentos, Rio Branco, Acre, Brasil, 2007.

Causa da variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	4	4288337,6354	1072084,4088	36,9491*
Resíduo	225	6528418,5755	29015,19367	
Total	229	10816756,2109		

\*Significativo a 1%.

**Tabela 3.** Teste de Tukey para os contrastes das médias dos tratamentos de localização das árvores por diferentes procedimentos, Rio Branco, Acre, Brasil, 2007.

Tratamentos	Média dos tratamentos	$\Delta$ para o Teste de Tukey	
T1	568,0088	$\Delta(5\%)$	96,94404253
T2	522,3016	$\Delta(1\%)$	115,5291699
T3	513,6906		
T4	259,8911		
T5	257,1256		
Contrastes		$\Delta(5\%)$	$\Delta(1\%)$
$\hat{Y}_1=T1-T2$	45,7072	ns	ns
$\hat{Y}_2=T1-T3$	54,3182	ns	ns
$\hat{Y}_3=T1-T4$	308,1177	*	**
$\hat{Y}_4=T1-T5$	310,8832	*	**
$\hat{Y}_5=T2-T3$	8,6110	ns	ns
$\hat{Y}_6=T2-T4$	262,4105	*	**
$\hat{Y}_7=T2-T5$	265,1760	*	**
$\hat{Y}_8=T3-T4$	253,7995	*	**
$\hat{Y}_9=T3-T5$	256,5650	*	**
$\hat{Y}_{10}=T4-T5$	2,7655	ns	ns

Apesar do rigor do Teste Tukey, a análise demonstrou haver dois grupos distintos de localização das árvores. O primeiro grupo é o que apresenta melhor precisão das informações levantadas quando comparado com a localização de referência (LR), sendo formado pelos tratamentos de localização T1, T2 e T3, o que demonstra a consistência e precisão da técnica de geolocalização das árvores com GPS de alta sensibilidade. O segundo grupo apresenta grande distorção de localização das árvores, quando comparado com a referência. Este grupo é formado pelo procedimento de localização com falsas coordenadas X e Y (tratamentos T4 e T5). A distorção das informações foi tamanha que sete árvores localizadas pelo T4 e nove árvores localizadas pelo T5 se quer tiveram área de intersecção com a localização de referência. Isso representa um erro superior a 25 metros.

Quando as diferenças das coordenadas UTM dos tratamentos de localização são comparadas com a localização de referência, os resultados de erros mínimos, médios e máximos de localização fortalecem a estabilidade do sistema de georreferenciamento de árvores com GPS de alta sensibilidade e evidencia a imprecisão do sistema tradicional localização X e Y, conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Erros mínimos, médios, máximos e desvio padrão de localização das árvores pelos diversos tratamentos, Rio Branco, Acre, Brasil, 2007.

Tratamentos de localização das árvores	Erro mínimo (m)	Erro médio (m)	Erro máximo (m)	Desvio padrão (m)
T1 – GPS na posição vertical	0,04	2,22	9,01	±1,95
T2 – GPS na posição horizontal	0,02	3,58	13,79	±2,92
T3 – GPS em distintas posições	0,02	3,65	13,85	±2,92
T4 – Convencional X e Y	0,84	12,01	43,01	±7,64
T5 – X e Y com telêmetro	0,27	11,93	41,51	±7,63

A maior preocupação quando se opta pelo método tradicional é a dificuldade de localizar as árvores nas atividades exploratórias e pós-exploratórias. As equipes de corte de árvores não têm segurança na localização das árvores, portanto, as abordagens de localização são realizadas em praticamente todas as árvores do inventário, o que retarda e compromete a operação. Isso é evidenciado pelos

altos valores de erros dos tratamentos T4 e T5, o que exige que as equipes de exploração retornem em praticamente todas as árvores.

Outro aspecto importante, observado na análise dos dados, é o melhor resultado do método de coleta com o GPS na posição vertical, evidenciado num erro médio de localização de apenas 2,22 metros, demonstrando assim ser a melhor maneira de georreferenciar as árvores do inventário.

## Referências Bibliográficas

ADAMS, J. D.; VISSER, R. J. M.; PRISLEY, S. P. Modeling Steep Terrain Harvesting Risks Using GIS. In: INTERNATIONAL PRECISION FORESTRY SYMPOSIUM, 2., 2003, Seattle, Washington. **Precision Forestry: proceedings**. Seattle, Washington: University of Washington College of Forest Resources, 2003. p. 99-108.

AMARAL, P.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; VIDAL, E. **Floresta para sempre: um Manual para Produção de Madeira na Amazônia**. Belém: Imazon, 1998. p. 130.

ARUGA, H. Precision forestry operations and equipment in Japan. In: INTERNATIONAL PRECISION FORESTRY SYMPOSIUM, 2., 2003, Seattle, Washington. **Precision Forestry: proceedings**. Seattle, Washington: University of Washington College of Forest Resources, 2003. p. 31-35.

AYRES, M.; JUNIOR AYRES, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **BioEstat 2.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. Belém, PA: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília, DF: CNPq, 2000. 272 p.

BENDLIN, L. **Globalsat BT338 Review**. Disponível em: <http://www.pocketgpsworld.com/bt338.php>. Acesso em: 10 jan. 2007.

FREITAS, L. J. M. de; SOUZA, A. L. de; LEITE, H. G.; SILVA, M. L. da. Análise técnica e estimativas de custos de inventários de prospecção em uma floresta estacional semidecidual submontana. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 65-75, 2005.

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

GPS TRACKMAKER. **Geo Studio Tecnologia**. Disponível em: <http://www.gpstm.com/index.php?lang=port>. Acesso em: 23 ago. 2007.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 10.ed. 1982. 430 p.

GOOGLE EARTH. Google Earth. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em: 23 ago. 2007.

GORGULHO, M. **G.P.S. O sistema de posicionamento global**. Disponível em: <http://www.gpsglobal.com.br/Artigos/Apostila.html>). Acesso em: 09 jan. 2007.

IBAMA. **Instrução normativa nº 4, de 4 de março de 2002**. Dispõe sobre o manejo florestal sustentável de uso múltiplo na Amazônia Legal. Disponível em: <[www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)>. Acesso em: 20 dez. 2006.

IBAMA. **Instrução normativa nº 5, de 11 de março de 2006**. Dispõe sobre os procedimentos técnicos para elaboração, apresentação e execução e avaliação dos planos de manejo florestal sustentável na Amazônia Legal. Disponível em: <[www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)>. Acesso em: 14 fev. 2007.

LARSON, B. C.; EVANS, A. Use of Spatially Explicit Inventory Data for Forest Level Decisions. In: **Precision Forestry Proceedings of the Second International**. Seattle, Washington, 2003. p. 115.

RIBEIRO, C. A. A. S. Floresta de Precisão. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2002. p. 311-335.

SIRF TECHNOLOGY. **SIRF Technology**. Disponível em: <http://www.sirf.com/>. Acesso em: 20 ago. 2007.

SOARES, C. P. B; NETO, F. de P; SOUZA, A. L. de. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 276 p.

VEIGA, R. A. de A. **Dendrometria e inventário florestal**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1984. 108 p. (Boletim Didático, 1).

**Processamento Primário  
dos Dados e Elaboração  
do Mapa de Exploração**







## **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 Modeflora, 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 Modeflora 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.

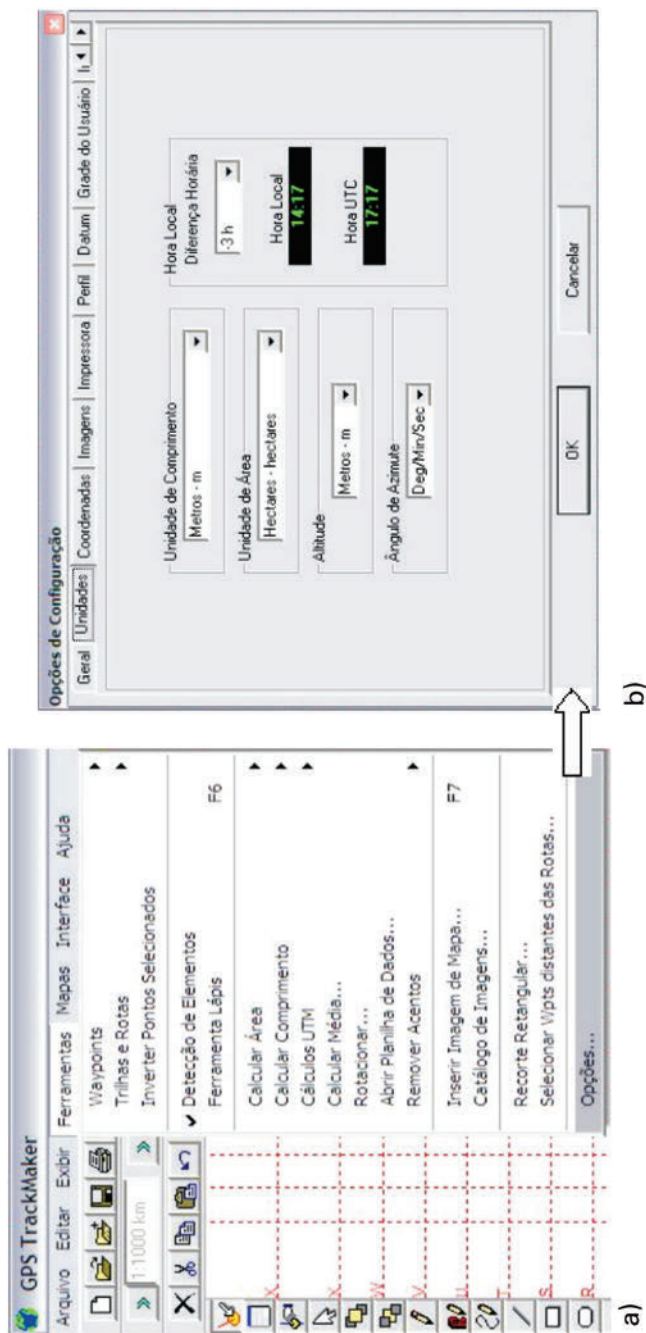
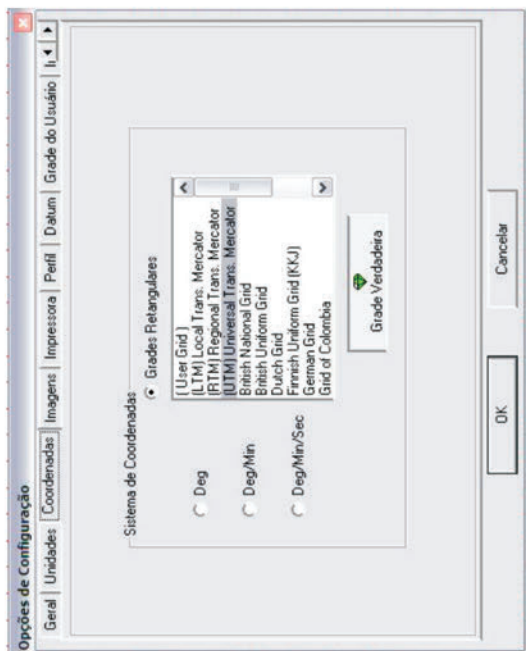
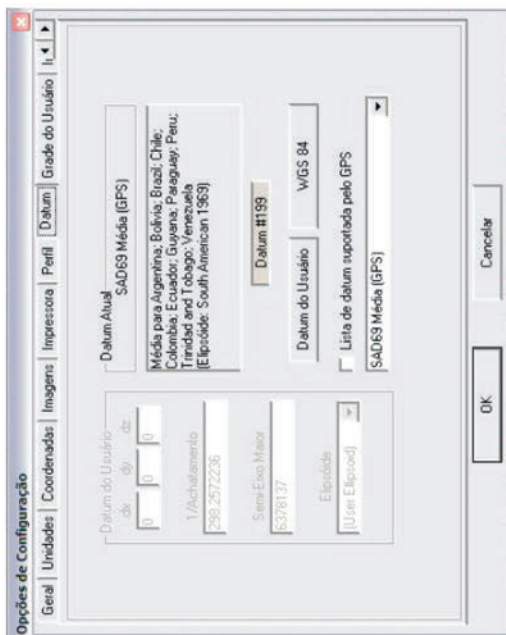


Fig. 1. a) Tela do TrackMaker Pro versão 4 com destaque para acesso às configurações e b) janela para configuração das unidades de mapeamento.



a)



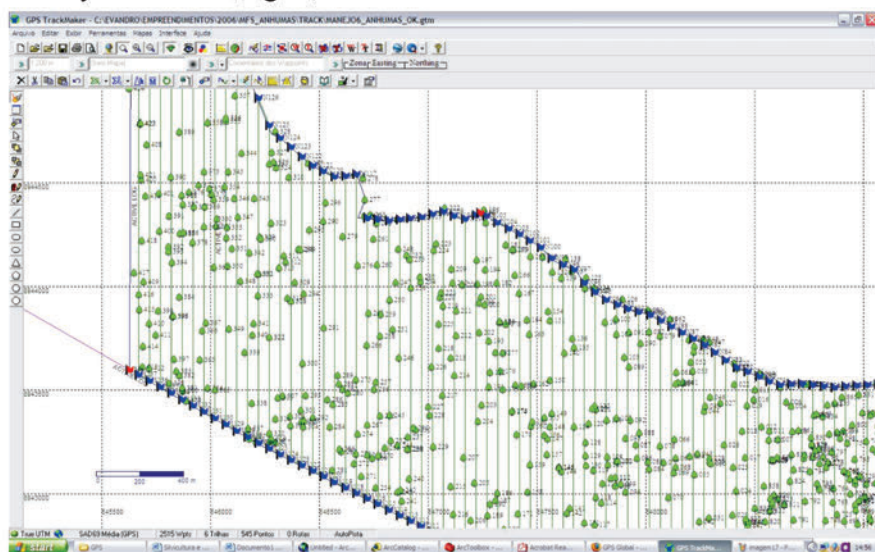
b)

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).

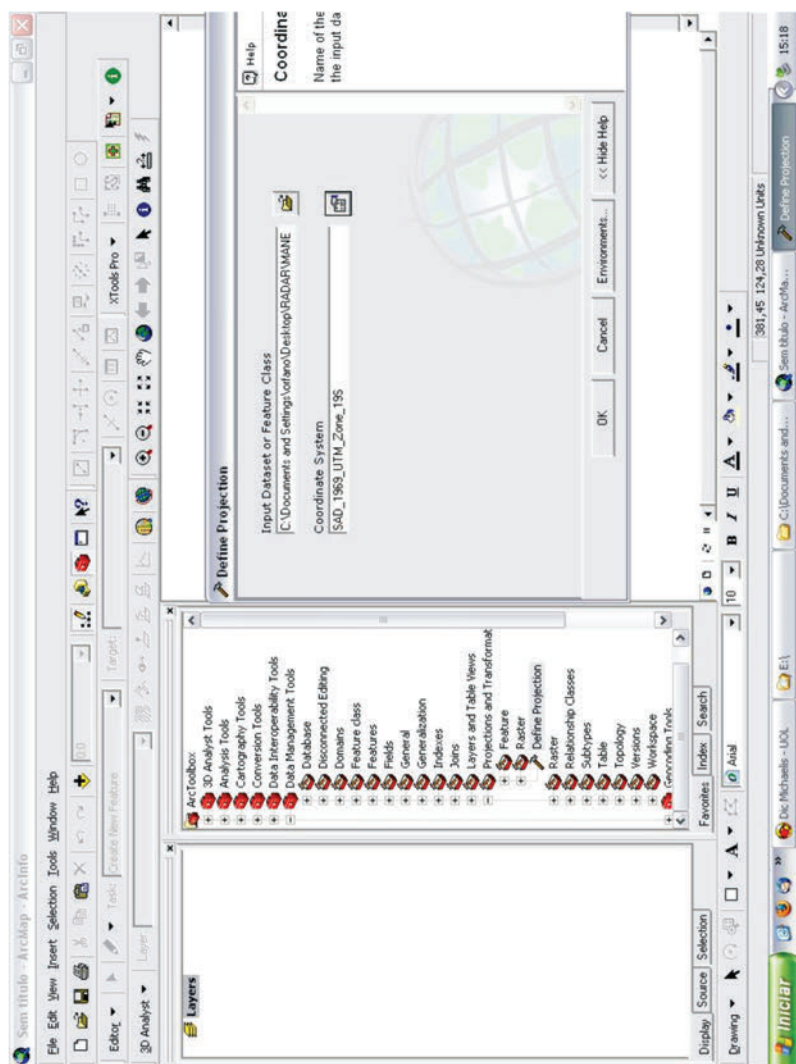
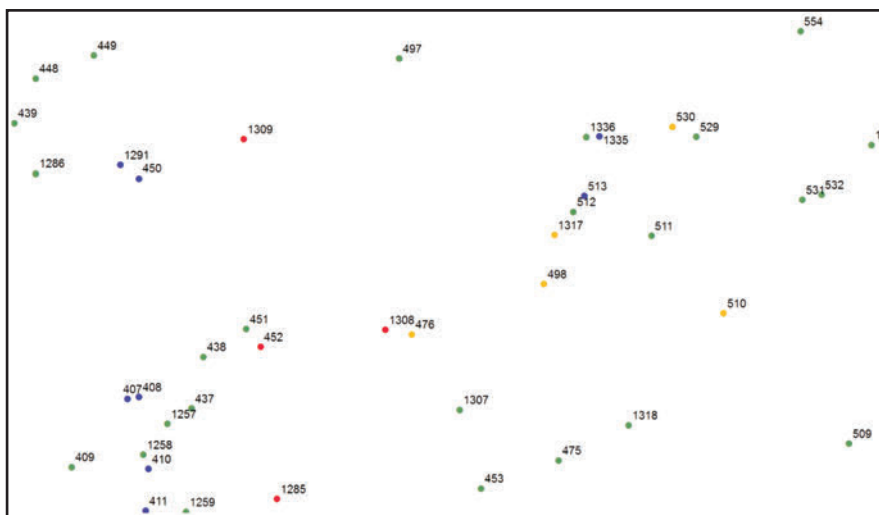


Fig. 4. Procedimento no software ArcGIS para definir a projeção cartográfica do arquivo shape oriundo do software TrackMaker Pro versão 4.



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 m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup> 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 m<sup>3</sup>/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).

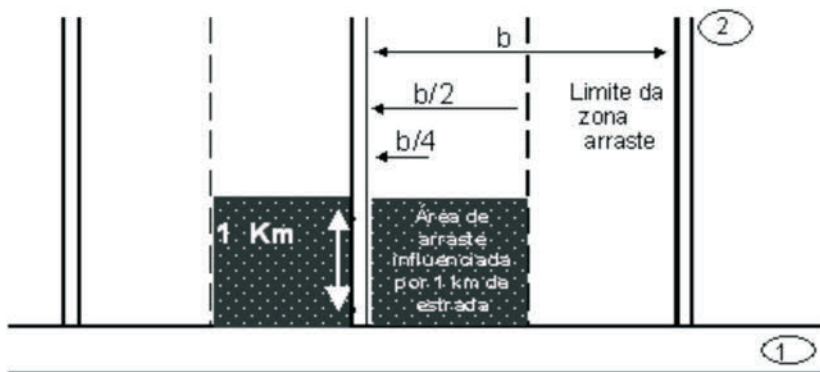
Como os fatores de correção são subjetivos, pode ser recomendável retirá-los da fórmula para obter maior precisão (BRAZ, 1997).

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:

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

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

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

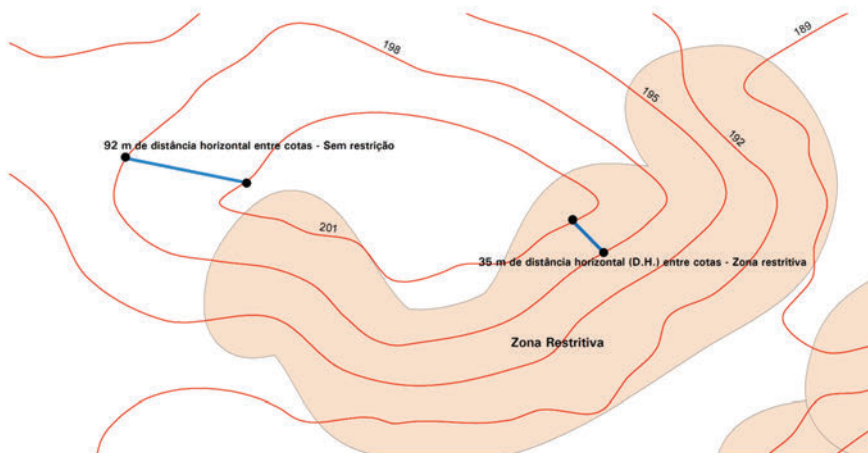
Em que:

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 Modelflora 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  $1,45 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .

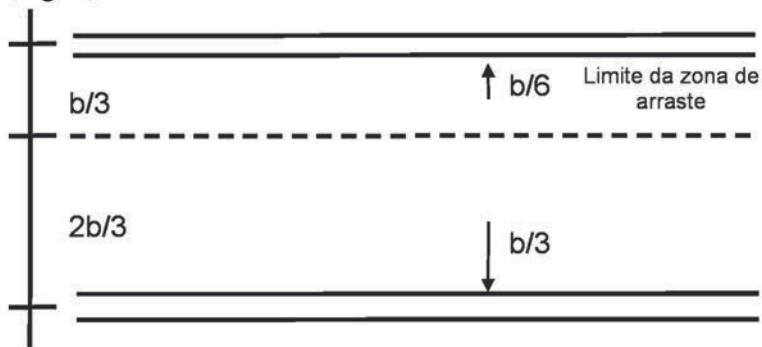
## **Planejamento do Sentido do Arraste no Modelo Digital**

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.

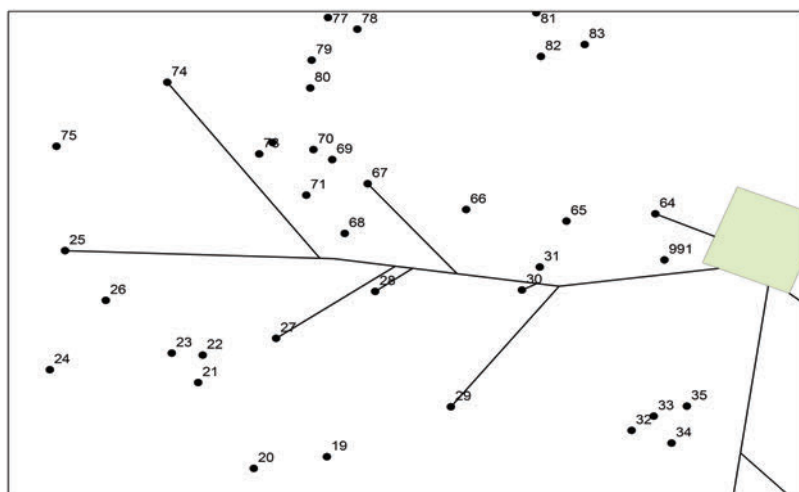
Fonte: Sedlak (1982).

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.

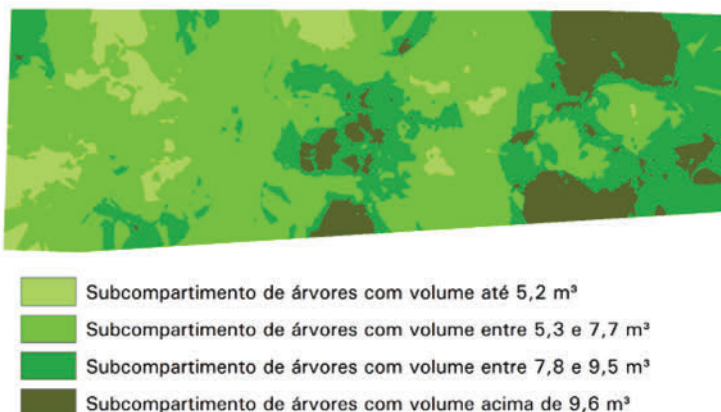


**Fig. 9.** Demonstrativo da direção de queda das árvores na tela do GPS de alta sensibilidade.

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.





**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.



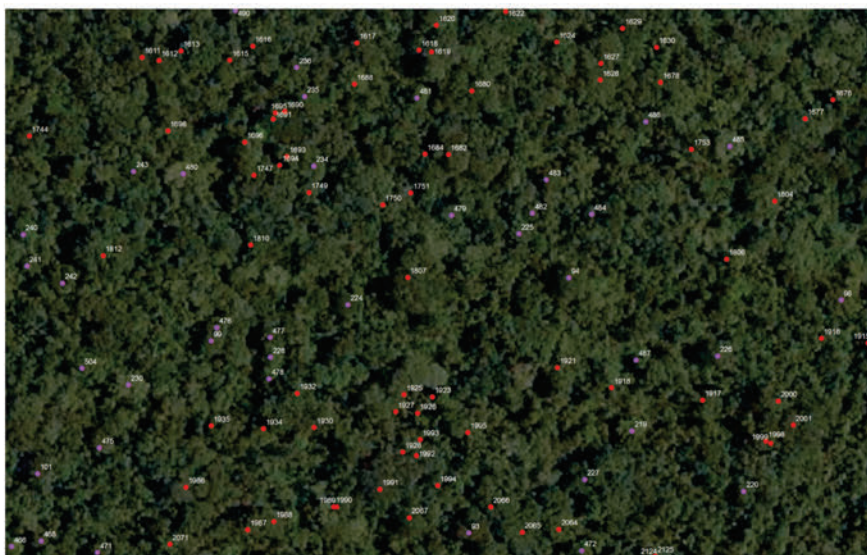
## **Inventário de Copa**

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.

**Execução e  
Monitoramento das  
Operações de Campo**





## Capítulo 8 – Execução e Monitoramento das Operações de Campo

---

Evandro Orfanó Figueiredo  
Evaldo Muñoz Braz  
Marcus Vinício Neves d'Oliveira

A grande vantagem do Modelo Digital de Exploração Florestal (Modelflora) é a compatibilidade da modelagem da realidade de campo com o planejamento do manejo e, principalmente, a facilidade de execução do planejamento pelos operários florestais.

Com a rastreabilidade das operações de corte, abertura de estradas, pátios e trilhas de arraste, o engenheiro poderá corrigir, ainda durante a exploração florestal, as falhas operacionais.

Com o mapa de exploração elaborado, será confeccionado uma versão digital para inserção em receptores GPS Sirtf Star III. A versão digital constitui o principal instrumento de execução da exploração florestal do manejo.

A partir do GPS a equipe de campo cumprirá os seguintes passos, conforme o Modelflora:

- Demarcação e abertura da estrada principal e estradas secundárias.
- Demarcação dos pátios de estocagem.
- Reconhecimento com GPS dos pontos de risco ambiental de cada Unidade Trabalhada (UT), a ser feita pela equipe de corte.
- Estudo da direção de queda da árvore a ser cortada e conciliação com a trilha de arraste e pátios.
- Corte da árvore e traçamento.
- Marcação do sentido de queda da árvore no mapa de exploração por pátio.
- Marcação do número seqüencial das toras e árvores para o romaneio.
- Navegação e abertura da trilha até a árvore cortada localizada mais distante do pátio de estocagem.



- Navegação e abertura das trilhas secundárias da árvore mais distante para a mais próxima.
- Administração do romaneio em campo.
- Vistoria pós-exploração pelo órgão ambiental.

O Modelo Digital de Exploração Florestal permitirá uma significativa melhora no sistema de vistoria e monitoramento do manejo florestal licenciado. O sistema de exploração passa a ser uma relação muito mais franca entre empresa florestal e órgão ambiental.

Com antecedência, ambos sabem (com aceitável precisão) onde se encontram os pontos críticos de risco ambiental tais como: supressão da vegetação da APP pela abertura de clareiras, pontes, pátios, estradas, acampamentos e regiões restritivas à abertura de estradas.

## **Transferência do Mapa de Exploração Florestal para o GPS**

A transferência dos dados do mapa de exploração florestal para o GPS de alta sensibilidade é feito pelo software TrackMaker Pro versão 4.0. Os arquivos de estradas primárias e secundárias, pátios de estocagem, trilhas e árvores inventariadas encontram-se inicialmente no formato shapefile. Antes da importação dos dados para o TrackMaker deve-se inicialmente criar um arquivo de árvores exploráveis, visto que a memória de pontos do GPS (modelo Garmin 76 CSx) é limitada em mil árvores e esta capacidade atende tranqüilamente uma Unidade de Trabalho (UT) de até 200 hectares. Portanto, no planejamento das unidades de trabalho deve-se ter o cuidado de não criar UTs superiores a mil árvores exploráveis.

Para criar o arquivo de árvores exploráveis é necessário executar o ArcMap e, posteriormente, o ArcCatalog. No ArcCatalog posiciona-se o curso do software no arquivo correspondente às árvores do inventário 100% e clica-se “Ctrl + C” (criar um arquivo cópia), em seguida, por meio do ArcCatalog, cola-se o arquivo em outra pasta, renomeado como “arvores\_exploraveis”.

O próximo passo é a edição do arquivo, visando extrair as árvores remanescentes, protegidas por lei, porta-sementes e as árvores localizadas em áreas de preservação permanente.

Para isso, adiciona-se o arquivo shapefile de “árvores\_exploráveis” na “Layers” do ArcMap, clicando-se com o botão direito do mouse sobre o “Data Frame Tools”; em seguida aciona-se o “Add Data” para adição do arquivo. Com o arquivo aberto, deve-se acionar o “Editor” >> “Star Editing”. Em seguida clica-se com o botão direito do mouse sobre a Layer das “árvores\_exploráveis” e aciona-se a função “Open Attribute Table”; a qual abrirá a tabela de atributos (ENVIROMENTAL, 2007).

Esta tabela constará de diversas colunas oriundas do banco de dados original do GPS, obtidas durante a realização do inventário, além de colunas adicionadas pela edição do arquivo durante a construção do mapa de exploração, tais como volume, área basal, espécie, gênero, família, CAP, DAP, entre outras.

Entre as colunas deve-se ter uma correspondente à “Categoria de Exploração”, geralmente, denominada de “CE” (tipo numérico). A categoria de exploração é a classificação da árvore no ecossistema florestal manejado, a exemplo das árvores a serem exploradas, as árvores que formarão o estoque remanescente, as que compõem as APPs, as porta-sementes e as de espécies protegidas por lei. Usualmente, emprega-se o número “1” para as árvores exploráveis, “2” para as remanescentes, “3” para as espécies raras, “4” para as localizadas em APPs, “5” para as porta-sementes e “6” para as espécies protegidas por lei.

Deve-se marcar a coluna “CE” ou correspondente, e com o botão direito do mouse aciona-se “Short Ascending” para organizar os dados por ordem crescente da categoria de exploração (Fig. 1).



O passo seguinte será apagar do arquivo todas as árvores diferentes do valor "1", deixando desta forma somente as árvores exploráveis. Para isso, marcam-se na tabela (com o mouse) todas as árvores não exploráveis e com o botão direito do mouse deletam-se as informações utilizando "Delete Selected" (Fig. 2). Por fim, a tabela de atributos é fechada e as informações editadas pela ferramenta "Editor" >> "Save Edits" >> "Stop Editing" salvas (ENVIROMENTAL, 2007). Com isso concluem-se os procedimentos para criação e edição de um arquivo shape de árvores exploráveis.

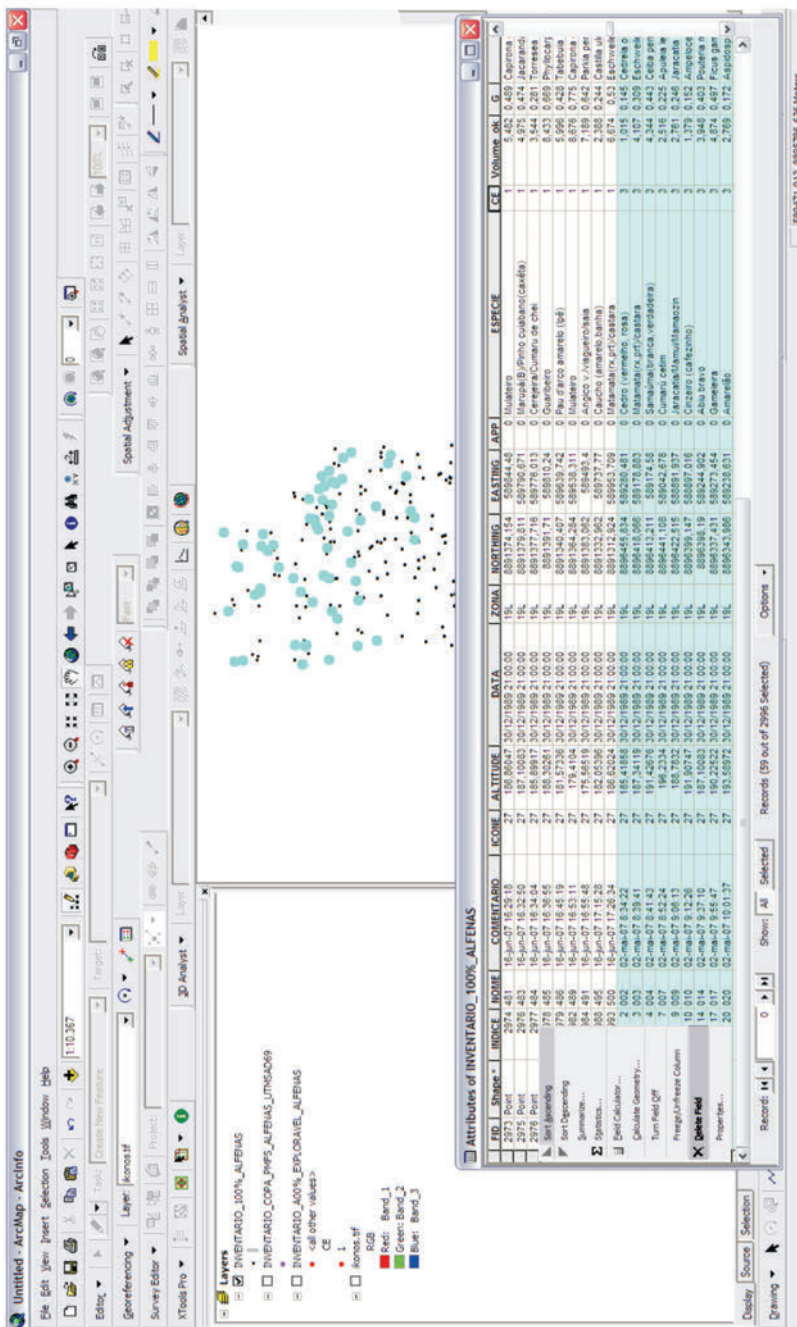


Fig. 2. Procedimento para apagar o registro de informações das árvores não exploráveis, no arquivo shape de "árvores exploráveis".

Após a criação do arquivo de árvores exploráveis, a próxima etapa é construir o arquivo do mapa de exploração para GPS. Executa-se o software TrackMaker e, em seguida, configuram-se as unidades, coordenadas e datum, conforme mencionado no capítulo 7.

Abre-se o arquivo shape correspondente à UT, por meio da janela “Arquivo>>Abrir arquivo”. Seleciona-se em “Files of type” o tipo de arquivo “Arquivos Shapefile do ArcView (shp)” e, em seguida, adiciona-se o arquivo do polígono da área da UT (Fig. 3).

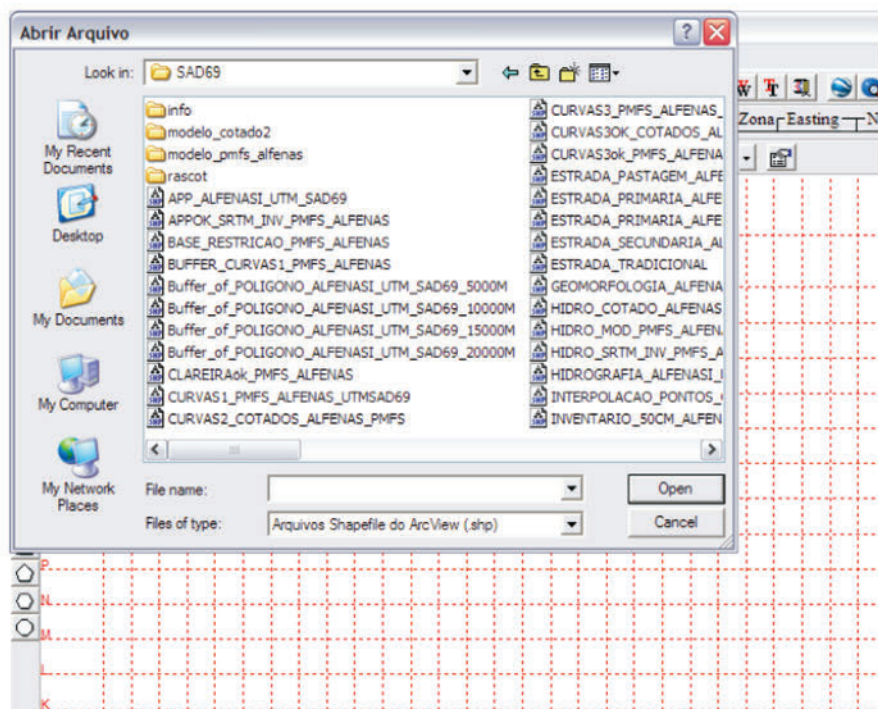
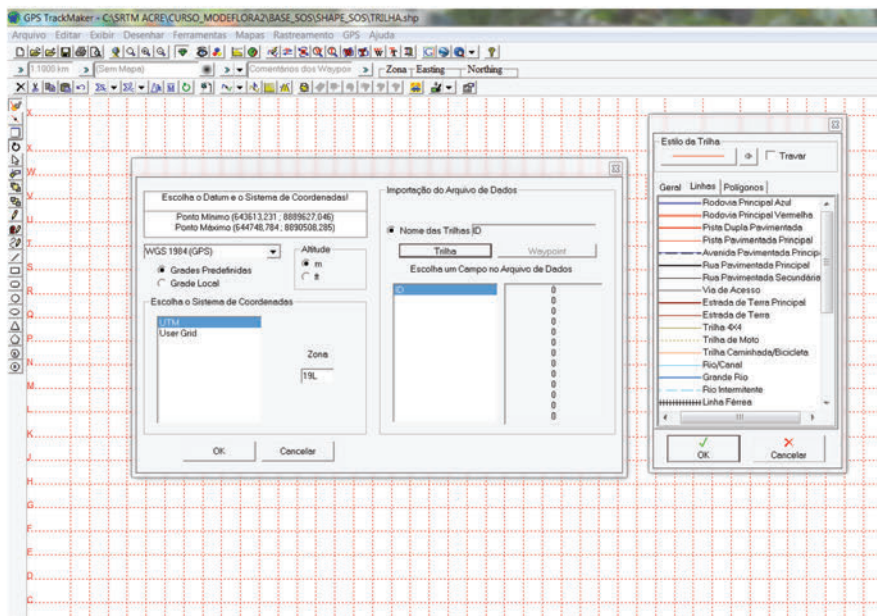


Fig. 3. Procedimento para inserção do arquivo shape no software TrackMaker.

Uma janela denominada de “Ferramentas de Importação de Dados” será aberta. Nesta janela marca-se na opção “Escolha o Sistema de Coordenadas” a alternativa UTM e nomeia-se a zona correspondente. Pode-se também configurar o formato da linha, por meio da opção “Importação do Arquivo de Dados” >> “Trilhas”. Este procedimento deverá ser repetido para inserção dos arquivos

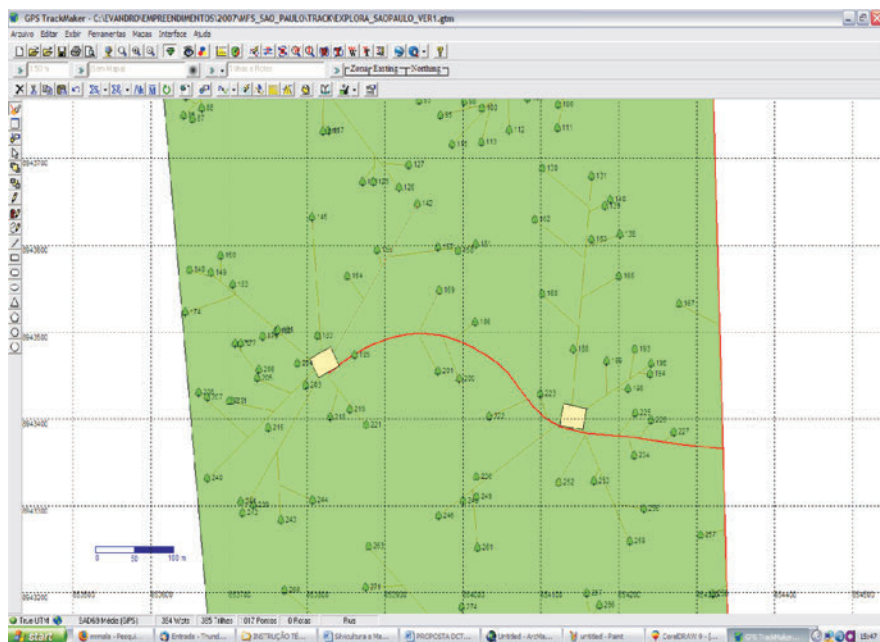
referentes a estradas primárias, estradas secundárias, pátios de estocagem e trilhas de arraste (Fig. 4).

Por meio do ícone de “Unir arquivos”, o arquivo final, montado com todos os shapefiles de interesse, deve ser salvo na extensão “gtm” ou “gpx”. Caso seja de interesse, ainda podem ser inseridos topos de morros, áreas de preservação permanente, ponto de acampamento, áreas de risco ambiental, entre outras.



**Fig. 4.** Procedimento para configurar a janela de “Ferramentas de Importação de Dados” do TrackMaker.

Para inserção das árvores exploráveis deve-se seguir o mesmo procedimento descrito anteriormente, porém com o cuidado de selecionar em “Importação do Arquivo de Dados” a opção correspondente ao número da placa de identificação das árvores para nomear “Wpt Nome” e “Wpt Comentário”. O mapa que será transferido para o GPS encontra-se na Fig. 5.



**Fig. 5.** Mapa de exploração florestal que será transferido para o GPS.

Para carregar o GPS, basta conectar o cabo USB e, posteriormente, acionar a “Interface Garmin”; em seguida clica-se em “Enviar Dados para o GPS” >> “Tudo”. O receptor GPS está pronto para os trabalhos de exploração florestal da unidade de trabalho do plano de manejo.

## **Alocação do Planejamento Florestal em Campo**

Depois de inserido o mapa de exploração florestal da UT, o trabalho de campo será todo executado com auxílio do GPS de alta sensibilidade.

A primeira etapa será marcar na floresta os pontos em que serão abertas as estradas principal e secundária, seguidos da marcação dos pátios de estocagem, localização das árvores do entorno dos



pátios, marcação da posição de queda e abertura das trilhas de arraste navegando pelo GPS.

Para isso, as equipes devem ter uma formação básica em navegação por satélites e compreenderem o funcionamento do modelo digital. No manejo florestal da Fazenda São Paulo, Porto Acre, Acre, em decorrência da facilidade de localização das árvores, equipes treinadas apresentaram rendimento de corte de até 28 árvores para um turno de 8 horas de trabalho (sendo mantidas as normas de segurança no trabalho e de impacto reduzido).

Já no arraste, um trator florestal (skidder) em média arrastou, em área de relevo suave ondulado, 35 m<sup>3</sup>/hora, e em terreno acidentado, o rendimento foi de 25 m<sup>3</sup>/hora. Os valores de arraste do modelo digital são compatíveis com os resultados do manejo de impacto reduzido obtidos pela empresa ST Manejo Florestal em Rondônia (com 33 m<sup>3</sup>/hora) (OLIVEIRA et al., 2002) e pelo Imazom em Paragominas (com 34 m<sup>3</sup>/hora) (AMARAL et al., 1998). Espera-se que a qualificação continuada da equipe de arraste e o planejamento digital, otimizado pela instalação de pátios utilizando o critério de subcompartimentos, possam melhorar significativamente esses indicadores.

A constituição das equipes de exploração florestal para as operações de abertura de estradas, construção de pátios de estocagem, corte de árvores e arraste encontram-se com sua formação e função discriminadas nas Tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1.** Dimensionamento da equipe de corte de árvores para o Modeflora.

Composição	Função
Um motosserrista	Transporte de ficha de campo e mapa de pátio
	Operador principal de GPS de alta sensibilidade
	Geolocalização das árvores a serem cortadas
	Tomador de decisão de direção de queda com base no Modeflora
	Corte das árvores
	Monitorar se foram cortadas todas as árvores previstas para exploração
Um auxiliar de motosserrista	Transporte de ferramentas, motosserra, lubrificante e combustível
	Abertura do caminho de fuga
	Auxílio na geolocalização das árvores a serem cortadas
	Pregar a placa de identificação no toco da árvore cortada
	Operador auxiliar de GPS de alta sensibilidade

**Tabela 2.** Dimensionamento da equipe de abertura de estradas e construção de pátios para o Modeflora.

Composição	Função
Um operador auxiliar de GPS	Operação do GPS de alta sensibilidade
	Geolocalização das estradas planejadas no escritório
	Geolocalização dos pátios de estocagem
	Auxiliar na orientação do trator de esteira para não passar em cursos de água não modelados
	Auxiliar o tratorista no desvio de árvores de grande porte, porta-sementes, protegidas por lei e remanescentes
	Auxiliar na localização do melhor ponto para transposição de canais de drenagem, por meio da construção de pontes e bueiros
	Localização de zonas restritivas para abertura de estradas e pátios
Um tratorista	Auxiliar na geolocalização do trator
	Operar e dar manutenção ao trator de esteira
	Transporte dos mapas de estradas e pátios
	Operador do navegador veicular de alta sensibilidade do trator de esteira
	Geolocalização das estradas e pátios
	Responsável pela abertura de estradas e pátios
	Responsável pela construção de pontes e bueiros

**Tabela 3.** Dimensionamento da equipe de arraste para o Modeflora.

Composição	Função	
Um operador auxiliar de GPS	Operação do GPS de alta sensibilidade	
	Geolocalização das árvores cortadas	
	Arraste do cabo de aço até o fuste	
	Acoplar o cabo de aço no fuste	
	Dar baixa no mapa de exploração digital e na listagem de árvores exploráveis	
	Auxiliar na orientação do skidder para não passar em cursos de água não modelados	
	Monitorar se foram deixadas árvores cortadas sem arrastar para o pátio	
	Auxiliar na geolocalização do skidder	
	Um operador de skidder	Operar e dar manutenção ao trator florestal
		Transporte de ficha de campo e mapa de pátio
Operador do navegador veicular de alta sensibilidade do skidder		
Geolocalização das árvores a serem arrastadas		
Tomador de decisão de direção do arraste com base no Modeflora		
Operação do guincho florestal		
Auxílio no acoplamento do cabo de aço no fuste da árvore cortada		

Para a execução e acompanhamento completo das operações de campo são necessários três receptores GPS e dois navegadores veiculares de alta sensibilidade, distribuídos conforme Tabela 4. Caso haja mais de uma equipe de corte, abertura de estradas ou arraste, haverá a necessidade de mais receptores GPS e navegadores veiculares.

**Tabela 4.** Relação de receptores GPS e distribuição para equipe de campo.

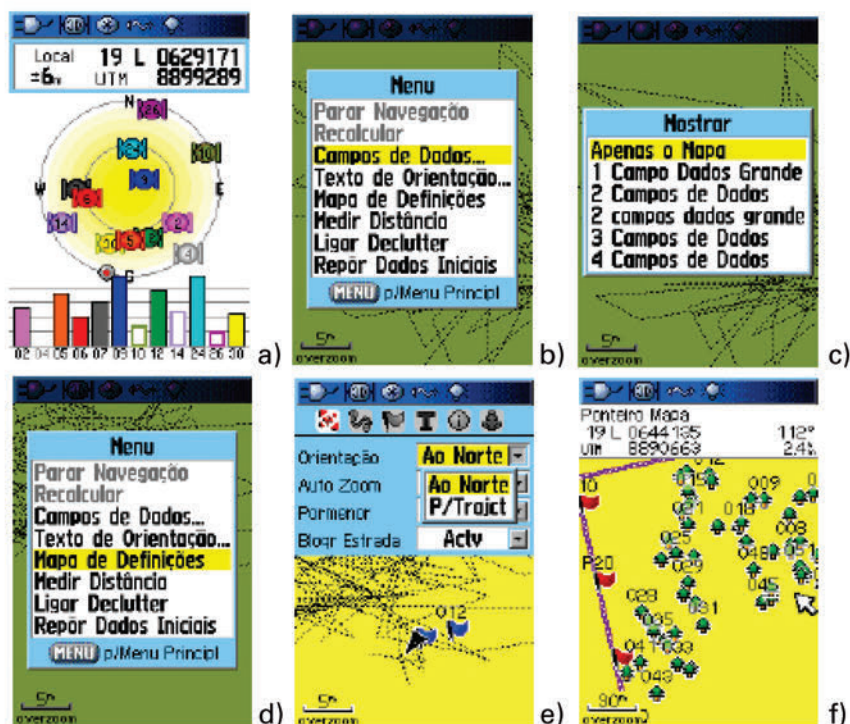
GPS e configuração	Distribuição
Três receptores GPSMAP 76 CSx com chip de carta de dados de 128 megabytes	Motosserrista
	Operador auxiliar de GPS para o trator de esteira
	Operador auxiliar de GPS para o skidder
Dois navegadores veiculares CarTrip (Fabricante Stetsom) com cartão de memória de 512 megabytes	Trator de esteira
	Trator florestal (skidder), técnico florestal

O receptor GPSMAP 76 CSx pode substituir o navegador veicular, porém, com restrições para a quantidade de informações presente no mapa. Caso se deseje realizar estudos detalhados de tempo de ciclo do arraste, deve-se fazer opção pelo GPSMAP76 CSx.

Para alocação do plano, o GPS deverá estar na página de mapas e o mapa fixado para a orientação norte. Após ligar o GPSMap 76 CSx, o receptor estará nas páginas de situação da constelação de satélites. Deve-se localizar a página de mapas e clicar em "Menu">>"Campos de Dados">>"Apenas o Mapa", ou se preferir, pode-se selecionar os campos de dados de acordo com a necessidade.

Posteriormente, deve-se configurar o "Mapa de Definições" por meio de "Menu" >> "Mapa de Definições" >> "Orientação" >> "Ao Norte" (Fig. 6). A partir de então, o GPS estará pronto para a alocação do planejamento florestal.

Também é importante manter a escala do mapa com valores de "overzoom" iguais ou superiores a 20 metros. Este valor de 20 metros é compatível com a disponibilidade seletiva e com os erros inerentes do código C/A do GPS, assim o cursor do GPSMap76 CSx não ficará oscilando freqüentemente, o que passa a sensação para o operador do GPS de insegurança para execução do plano.



**Fig. 6.** a) Tela inicial do GPS com a constelação de satélites; b) página de mapas do GPSMap 76 CSx/função menu campos de dados; c) configuração do campo de dados; d) menu/mapa de definições; e) mapa de definições com a configuração da posição da tela; e, f) página configurada para alocação do planejamento, com destaque para o “overzoom”.

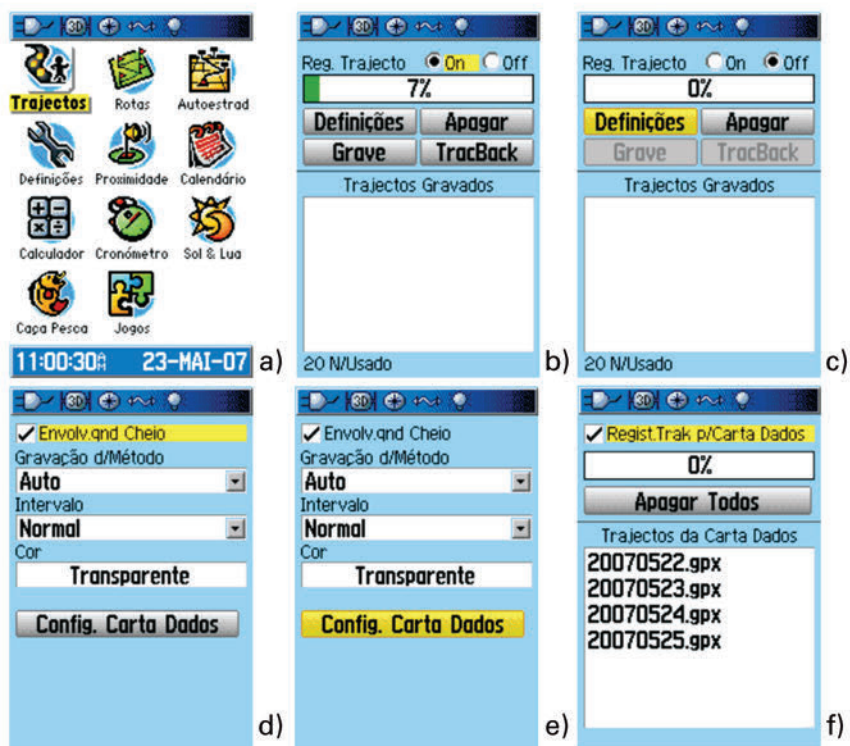
## Monitoramento das Operações de Campo pelo GPS

Para monitorar as operações de campo com o GPSMap 76 CSx deve-se inicialmente substituir o software do GPS para a versão 3.30 ou superior, o arquivo de update do GPS está disponível no site <http://www.garmin.com> (GARMIN, 2007).

Para configurar o GPS seleciona-se a página “Menu”>>“Trajectos”>>“On (Reg.Trajecto)” (Fig. 7a e Fig. 7b) este procedimento criará uma memória de track da equipe de campo ou da máquina monitorada. Ainda na página de “Trajectos”, aciona-se

o ícone “Definições” >> “Envolv.qnd Cheio” (Fig. 7c e Fig. 7d), assim o receptor estará configurado para marcar os tracks percorridos.

Posteriormente, seleciona-se “Config. Carta Dados” e aciona-se “Regist.Track p/ Carta Dados”. Este procedimento permitirá a criação diária no chip do GPS, de um arquivo GPS Exchange (gpx) (Fig. 7e e Fig. 7f) com todos os caminhos de estradas, trilhas e localização de árvores percorridos durante a exploração florestal. A denominação do arquivo será a correspondente ao ano, mês e dia (AAAAMMDD.gpx) da trilha percorrida pela equipe de exploração florestal.



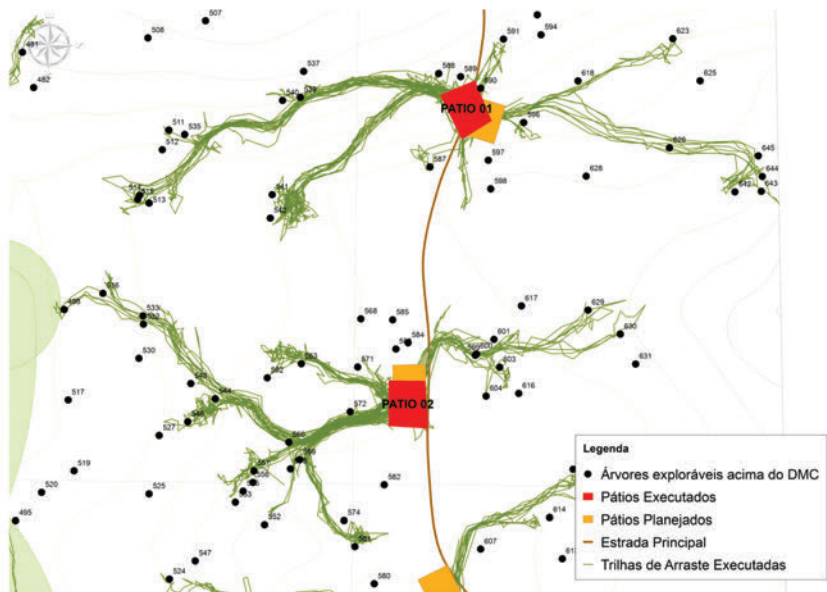
**Fig. 7.** a) Menu principal do GPSMAP 76 CSx; b) configuração de marcação de trajetetos; c) ícone “Definições” na tela de trajetetos; d) configuração das linhas de tracks; e) ícone “Config. Carta Dados” em “Trajectos”; e, f) registro de tracks para a carta dados.

Para acessar estes arquivos ativa-se o “Menu”>>“Interface”>>“Armazenamento USB”. Este procedimento trava a tela do GPS e este funcionará como um pen-drive, no qual será possível acessar os arquivos armazenados pelo Explorer do sistema Windons XP.

As informações de execução da exploração florestal podem ser trabalhadas no softwareTrackMaker e, posteriormente, transferidas para o ArcGIS, da mesma forma que se transferem os dados de coordenadas das árvores no inventário 100%. Com isso será possível ter um acompanhamento rigoroso das principais operações de campo da exploração florestal.

No controle da produção e no monitoramento ambiental serão possíveis acessar as seguintes informações:

- Localização do pátio executado na unidade de produção. Esta informação é obtida do GPS do skidder ou trator de esteira, para isso, deve-se criar e editar um shapefile (polígono) no ArcGIS sobre o local onde se observa intensa movimentação de manobras.
- Localização das trilhas de arraste por dia trabalhado. Esta informação é obtida do GPS do skidder e, pode ser processada diretamente no softwareTrackMaker. Este dado de mapeamento da trilha executada permite ao coordenador de campo saber se as trilhas estão sendo desenvolvidas adequadamente; se ficaram árvores previstas para exploração sem arrastar; e, monitorar integralmente o trajeto e o rendimento da máquina.
- No monitoramento ambiental, o processamento conjunto do arquivo presente no GPS do skidder, referente às trilhas de arraste executadas e do shapefile das árvores do inventário, permitirá ao órgão ambiental de licenciamento ter um bom indicador se houve árvores exploradas indevidamente; qual foi o impacto ambiental da atividade de arraste; se o arraste respeitou as APPs; quantos dias de trabalho foram necessários para explorar a UPA, entre outros (Fig. 8).



**Fig. 8.** Resultado do processamento de dados das trilhas executadas e das árvores a serem exploradas no plano de manejo, Fazenda São Paulo, Porto Acre, Acre, Brasil, 2007.

- A alocação correta das estradas, conforme planejamento florestal, pode ser monitorada tanto pelo coordenador de campo, como pelo órgão ambiental, de forma automática, bastando apenas descarregar as informações do GPS do trator de esteira.
- Nas informações contidas no GPS (skidder e trator de esteira), também pode ser extraída importante base de dados para a composição dos custos de abertura de estradas e trilhas, auxiliando na gestão do manejo.
- A extensão das trilhas, o tempo de percurso, a diferença entre cotas altimétricas e a velocidade de trabalho do trator florestal nas trilhas de arraste podem ser acessados pelo TrackMaker no ícone "Abrir Planilha de Dados". O conjunto dessas informações permitirá a obtenção do tempo de ciclo de arraste em diversas situações de relevo e carga de trabalho. Para isso, as informações de monitoramento do arraste devem ser processadas em planilhas eletrônicas, juntamente com os dados de romaneio e com o planejamento florestal advindo do mapa de exploração.



## Coeficientes Técnicos do Primeiro Plano de Manejo Planejado e Executado pelo Modeflora

Os resultados apresentados na Tabela 5 são preliminares, por se tratar do primeiro plano de manejo trabalhado na forma digital pelo Modeflora. Com aperfeiçoamento das técnicas de campo e das estratégias de planejamento florestal pelo Modeflora, espera-se que estes coeficientes sejam melhorados e novas técnicas de planejamento sejam desenvolvidas.

**Tabela 5.** Coeficientes técnicos preliminares do primeiro plano de manejo planejado usando as técnicas do Modeflora, Fazenda São Paulo, Porto Acre, Brasil, 2007.

Descrição dos coeficientes técnicos	Coeficientes Modeflora	Coeficientes (FAO, 1997)
<b>Áreas do PMFS</b>		
Área total da unidade de produção (hectare)	137,2	
Área não explorada (hectare)	14,2	
Área monitorada (hectare)	123,0	
<b>Corte de árvores</b> (de acordo com as normas de segurança e técnicas de impacto reduzido)		
Em terreno plano (nº máximo de árvores cortadas)	28,0	
Em terreno acidentado (nº máximo de árvores cortadas)	20,0	
Estimativa do percentual da área impactada por clareiras	10,79%	10,80%
<b>Pátios de estocagem</b>		
Número de pátios planejados	10	
Número de pátios executados conforme planejamento digital	9	
Pátio (m <sup>2</sup> )/hectare	48,65	
Perímetro médio dos pátios (m)	111,7	
Área média do pátio (m <sup>2</sup> )	598,4	
Extensão média das laterais do pátio (m)	24,2	
Percentual da área impactada com pátios	0,49%	
<b>Estradas</b>		
Extensão de estradas (m)	2490	
Densidade de estradas (m/hectare)	20,24	
Percentual da área impactada com estradas	0,81%	
<b>Trilhas de arraste</b>		
Total percorrido pelo skidder na operação de arraste (m)	159769	
Total percorrido pelo skidder em manobras de pátio (m)	29296	
Percentual de trilhas executadas conforme planejamento digital	72,14%	
Distância média do arraste (m)	119,7	
Percentual da área impactada com trilhas de arraste	2,76%	4,20%
<b>Percentual total da área impactada</b>	<b>14,85%</b>	<b>22,20%</b>
<b>Estudo de tempo</b>		
Tempo médio de trabalho da operação de arraste por dia (horas)	8h37	
Volume arrastado por hora (m <sup>3</sup> /hora)	35	
Tempo médio de engate da tora para arraste	3min49s	
Tempo médio de desengate da tora arrastada	2min12s	
Tempo médio de ciclo de arraste (tempo/tora)	10min49s	

## 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.

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

FAO. **Environmentally sound forest harvesting. Testing the applicability of the FAO Model Code in the Amazon in Brazil.** Rome, 1997. vol. 8. 78 p.

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

OLIVEIRA, M. V. N. d'; BRAZ, E. M.; THAINES, F. Estudo de caso do projeto de manejo florestal sustentado da ST Manejo de Florestas LTDA na Amazônia Ocidental. 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.





**Anexos**



**Anexo I. Datum e área geográfica correspondente.**

Área geográfica	Datum	Área geográfica	Datum
Afganistão	Herat North	Costa Rica	North American 1927
África do Sul	Cape	Cuba	North American 1927
Alaska	North American 1927, 1983	Cyprus	European 1950
Alberta	North American 1927, 1983	Diego Garcia	ISTS 073, Astro 1969
Alemanha (before 1990)	European 1950	Dinamarca	European 1950
América Central	North American 1927, 1983	Djibouti	Aybella Lighthouse
Antigua	Antigua Island Astro 1943, North American 1927	Eastern United States	North American 1927, 1983
Árabia Saudita	Ain El Abd 1970, European 1950, Nahrwan	Egito	European 1950, Old Egyptian
Argentina	Campo Inchauspe, South American 1969	El Salvador	North American 1927, 1983
Ascension Island	Ascension Island 1958	Emirados Árabes	Nahrwan
Austrália	Australian Geodetic 1966, 1984	Equador	Provisional South American 1956, South American 1969
Austria	European 1950, 1979	Eritrea	Massawa
Bahamas	Cape Canaveral, North American 1927	Escócia	European 1950, Ordnance Survey of Great Britain 1936
Bahrain	Ain el ABD 1970	Espanha	European 1950, 1979
Bangladesh	Indian	Estados Unidos	North American 1927, 1983
Barbados	North American 1927	Etiópia	Adindan
Barbuda	North American 1927	Europa Ocidental	European 1950
Bélgica	European 1950	Filipinas	Luzon
Belize	North American 1927	Finlândia	European 1950, 1979
Bolívia	Provisional South American 1956, South American 1969	Flórida	Cape Canaveral North American 1927, 1983
Botswana	ARC 1950	França	European 1950
Brasil	Corrego Alegre, South American 1969	Gabão	M'poraloko
Brunei	Timbalai 1948	Ghana	Leigon
Burkina Faso	Adindan, Point 58	Gibraltar	European 1950
Burundi	ARC 1950	Grande Canyon	North American 1950
Camarões	Adindan, Minna	Grécia	European 1950
Canadá	North American 1927, 1983	Groelândia (Hayes Península)	North American 1927

Continua...

**Anexo I. Continuação.**

Área geográfica	Datum	Área geográfica	Datum
Canal Zone	North American 1927	Guam	Guam 1963
Caribe	North American 1927	Guatemala	North American 1927, 1983
Chile	Provisional South American 1956, South American 1969, PS Chile 1963	Guiana	Provisional South American 1956, South American 1969
Cingapura	Kertau 1948, South Asia	Guinea	Dabola
Colômbia	Bogota Observatory, South American 1969	Guinea-Bissau	Bissau
Columbia	North American 1927, 1983	Hawai	Old Hawaiian, North American 1983
Congo	Point Noire 1948	Holanda	European 1950, 1979
CONUS	North American 1927, 1983	Honduras	North American 1927, 1983
Coréia	Tokyo	Hong Kong	Hong Kong 1963
Ilhas Caroline	Kusaie Astro 1951	Ilhas do Sul da Geórgia	ISTS Astro 1968
Ilha Caimão	L.C. 5 Astro 1961	Ilhas Fiji	Indian
Ilha Chatham	Chatham Island Astro 1971	Ilhas Marcus	Astronomic Station 1952
Ilha Cocos	Anna 1 Astro 1965	Ilhas Marshall	Wake Eniwetok 1960
Ilha Corvo (Açores)	Observatorio Meteorologico 1939	Ilhas Mascarene	Reunion
Ilha da Madeira	Porto Santo 1936	Ilhas Phoenix	Canton Astro 1966
Ilha das Flores (Açores)	Observatorio Meteorologico 1939	Ilhas Santa Maria (Açores)	Sao Braz
Ilha do Man	Ordnance Survey of Great Britain	Ilhas Shetland	European 1950, Ordnance Survey of Great Britain 1936
Ilha Easter	Easter Island 1969	Ilhas Turcas e Caicos	North American 1927
Ilha Eftate	Bellevue (IGN)	Ilhas Turcas e Caicos	North American 1927
Ilha Erromango	Bellevue (IGN)	Ilhas Virgens	Puerto Rico
Ilha Espirito Santo	Santo (DOS) 1965	India	Indian
Ilha Faial(Açores)	Graciosa Base SW 1948	Inglaterra	European 1950, Ordnance Survey of Great Britain
Ilha Galapagos	South American 1969	Irã	European 1950
Ilha Gizo	DOS 1968	Iraque	European 1950
Ilha Graciosa	Graciosa Base SW	Ireland	European 1950, Ireland 1965
Ilha Guadalcanal	Gux 1 Astro	Irlanda do Norte	Ireland 1965
Ilha Johnston	Johnston Island 1961	Islândia	Hyorsej 1955

Continua...

## Anexo I. Continuação.

Área geográfica	Datum	Área geográfica	Datum
Ilha Kalimantan (Indonésia)	Gunung Segara	Israel	European 1950
Ilha Kerguelan	Kerguelen Island 1949	Itália	European 1950
Ilha Leeward	Fort Thomas 1955, Antigua Island Astro 1943, Montserrat Island Astro 1958	Iwo Jima	Astro Beacon "E"
Ilha Mahe	Mahe 1971	Jamaica	North American 1927
Ilha Masirah Island	Nahrwan	Japão	Tokyo
Ilha Midway	Midway Astro 1961	Jordânia	European 1950
Ilha Mindanao	Luzon	Kauai	Old Hawaiian, North American 1983
Ilha Pico	Graciosa Base SW	Kuwait	European 1950
Ilha Pitcairn	Pitcairn Astro 1967	Leste do Canadá	North American 1927, 1983
Ilha Porto Santo	Porto Santo 1936	Líbano	European 1950
Ilha Salvage	Selvagem Grade 1938	Libéria	Liberia 1964
Ilha San Salvador	North American 1927	Luxemburgo	European 1950
Ilha Santa Helena	Astro Dos 71/4	Madagascar	Tananarive Observatory
Ilha São Miguel	Sno Braz	Malásia	Timbalai 1948
Ilha Sumatra (Indonésia)	Djakarta (Botavia)	Malawi	Arc 1950
Ilha Terceira (Açores)	Graciosa Base SW	Malaysia	Kertau 1948
Ilha Tern	Astro/Tern Island (Frig) 1961	Maldivas	Gan
Ilhas Canary	Pico de Las Nieves	Mali	Adindan
Malta	European 1950	Sarawak e Sabah	Timbalai 1948
Manitoba	North American 1927, 1983	Sardegna	European 1950, Rome 1940
Marrocos	Merchich	Saskatchewan	North American 1927, 1983
Maui	Old Hawaiian, North American 1983	Senegal	Adindan
México	North American 1927, 1983	Sicília	European 1950
Micronésia	Kusaie 1951	Síria	European 1950, 1979
Micronésia	Kusaie 1951	Somália	Afgooye
Montserrat	Montserrat Island Astro 1958	Sri Lanka	Kandawala
Namíbia	Schwarzeck	St. Kitts	Fort Thomas 1955
Nepal	Indian	Sudão	Adindan
Nevis	Fort Thomas 1955	Suécia	European 1950, 1979
Nicarágua	North American 1927	Suíça	European 1950, 1979
Niger	Point 58	Sul do Chile	Provisional South Chilean 1963



**Anexo I. Continuação.**

Área geográfica	Datum	Área geográfica	Datum
Nigéria	Minna	Sul Groelândia	Qornoq
Noruega	European 1950, 1979	Suriname	Zanderij
Nova Brunswick	North American 1927, 1983	Swaziland	Arc 1950
Nova Escócia	North American 1927, 1983	Tailândia	Indian
Nova Foundland	North American 1927, 1983	Taiwan	Hu-Tzu-Shan
Nova Zelândia	Geodetic Datum 1949	Tanzânia	Arc 1960
Oahu	Old Hawaiian, North American 1983	Tasmania	Australian Geodetic 1966, 1984
Okinawa	Tokyo	Territórios Noroestes	North American 1927, 1983
Oman	Oman	Trinidade e Tobago	Naparima, BWI; South American 1969
Ontário	North American 1927, 1983	Tristan da Cunha	Tristan Astro
Paraguay	Chua Astro, South American 1969	Tunísia	Carthage
Peru	Provisional South American 1956, South American 1969	Uruguai	Yacare
Porto Rico	Puerto Rico	Venezuela	Provisional South American 1956, South American 1969
Portugal	European 1950	Vietná	Indian
Qatar	Qatar National	Wake Atoll	Wake Island Astro 1952
Quebec	North American 1927, 1983	Wales	Ordnance Survey of Great Britain 1936
Quênia	Arc 1960	Yukon	North American 1927, 1983
República Dominicana	North American 1927, 1983	Zaire	Arc 1950
São Jorge (Açores)	Graciosa Base SW	Zimbabué	Arc 1950

**Arquivo vetorial:** arquivo gráfico cujas informações estão armazenadas sob a forma de vetores, com coordenadas bi ou tridimensionais, formando pontos, linhas ou polígonos.

**Atributo:** elementos de dados que caracterizam e descrevem uma entidade, normalmente armazenados em forma tabular por meio de caracteres alfanuméricos.

**CAD - Computer Aided Design / Cadd - Computer Aided Design and Drafting:** conjunto de software e hardware para automação do processo de construção de desenhos geométricos e projetos de engenharia. É utilizado como ferramenta para a captura, edição e produção de mapas.

**Carta:** é a representação no plano, em escala média ou grande, dos aspectos artificiais e naturais de uma área tomada de uma superfície planetária, subdividida em folhas delimitadas por linhas convencionais – paralelos e meridianos – com a finalidade de possibilitar a avaliação de pormenores, com grau de precisão compatível com a escala.

**Datum:** superfície de referência para controle horizontal (X e Y) e vertical (Z) de pontos.

**Datum altimétrico:** destinado ao posicionamento altimétrico de pontos sobre a superfície terrestre. É materializado por um ponto fixo, cuja altitude sobre o nível do mar é conhecida. Usualmente utiliza-se o nível médio dos mares como altitude zero.

**Datum geodésico:** destinado ao posicionamento planimétrico de pontos sobre a superfície terrestre. É definido como: uma origem fisicamente materializada (marca de origem); as coordenadas geográficas do marco de origem; um modelo matemático de simulação da superfície terrestre (elipsóide); a altura geoidal do ponto de partida; e, a orientação do modelo matemático (azimute de partida).

**Diluição de precisão:** DOP (Dilution Of Precision) - também conhecida como GDOP (Geometric DOP), é o fator que determina a precisão obtida devido à geometria dos satélites. Quanto menor a DOP, melhor a precisão.

**DTM (digital terrain model):** em português modelo digital de terreno (MDT). Trata-se de um modelo de representação cartográfica, em meio digital, da superfície terrestre. Esse modelo é elaborado por meio de uma série de pontos de coordenadas tridimensionais que possibilitam a visualização de relevo nos mapas. A inclusão de um modelo digital de terreno pode gerar consideráveis incrementos em mapas, aumentando a precisão e facilitando a visualização dos objetos desejados.

**Feição:** representação de um elemento, natural ou artificial, do terreno.

**Formato .DXF:** Drawing exchange Format, formato de exportação dos arquivos do programa de tratamento vetorial AutoCAD da AutoDesk Inc. Seus dados são do tipo ASCII e é considerado padrão mundial na exportação de dados vetoriais.

**Formato shapefile:** formato dos arquivos provenientes do software ArcView, compreendendo arquivos com feições vetoriais (formatos .shp, .shx, .sbx e sbn) e suas tabelas associadas em formato Dbase (.dbf).

**Fuso UTM:** zona de projeção delimitada por dois meridianos cuja longitude difere de 6 graus e por dois paralelos de latitude 80 graus, Norte e Sul.

**Geóide:** superfície equipotencial do campo gravimétrico da Terra, coincidindo com o nível médio inalterado do mar, e que se estende por todos os continentes, sem interrupção. A direção da força da aceleração da gravidade é perpendicular ao geóide; é a sua superfície de referência para as observações astronômicas e para o nivelamento geodésico.

**GIS – Geographic Information System/Sistema de informação geográfica:** sistema de informação que permite ao usuário coletar, manusear, analisar e exibir dados referenciados espacialmente. Um SIG pode ser visto como a combinação de hardware, software, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar informação geográfica.

**GPS - Global Positioning System:** sistema de posicionamento global. Sistema criado para navegação, utilizando sinais emitidos por satélites artificiais. Suas aplicações incluem navegação e posicionamento no mar, no ar e sobre a superfície terrestre.

**Imagem de radar:** combinação do processo fotográfico e de técnicas de radar. Impulsos elétricos são emitidos em direções predeterminadas, e os raios refletidos, ou devolvidas, são utilizados para fornecer imagens em tubos de raios catódicos. As imagens são, depois, obtidas da informação exposta nos tubos.

**Imagem de satélite:** imagem captada por um sensor a bordo de um satélite artificial, codificada e transmitida para uma estação rastreadora na Terra (imagem raster).

**Informação georreferenciada:** dados alfanuméricos geograficamente referenciados às informações gráficas de um mapa.

**Landsat:** um dos programas americanos de imageamento da superfície terrestre por satélites, iniciado pela Nasa em meados dos anos 70. Também usado para designar um ou mais satélites do programa (Landsat 4 e 5) e os dados de imagens por eles enviados.

**Latitude:** ângulo entre o plano do horizonte e o eixo de rotação da Terra; isto é, de forma simplificada, a distância em graus de um dado ponto da superfície terrestre à linha do Equador. A latitude vai de 0° a 90° tanto para o Norte como para o Sul.

**Levantamento topográfico:** levantamento cujo objetivo principal é a determinação do relevo da superfície terrestre e a localização dos acidentes naturais e artificiais dessa superfície.

**Longitude:** ângulo entre o plano de um meridiano qualquer e o plano do Meridiano de Greenwich, isto é, de forma mais simplificada, a distância em graus de um dado ponto da superfície terrestre ao Meridiano de origem (Greenwich). A Longitude vai de 0° a 180° para o Leste e para o Oeste.

**Mapa:** é a representação no plano, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma figura planetária, delimitada por elementos físicos, político-administrativo, destinado aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos.

**Mapa temático:** mapa relacionado a um determinado tópico, tema ou assunto em estudo. Mapas temáticos ou mapas-síntese enfatizam tópicos, tal como vegetação, geologia ou cadastro de propriedade.

**Mapeamento sistemático nacional:** elaboração e preparação de cartas ou mapas do território nacional, em escalas e fins diversos, segundo normas e padrões pré-estabelecidos por entidades cartográficas. Atualmente está composto pelas cartas do mundo ao milionésimo (escala 1:1.000.000), e cartas nas escalas 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000 (parcial), 1:50.000 (parcial) e 1:25.000 (parcial).

**Mercator, Gerhard Kremer:** matemático e cartógrafo flamengo, autor da projeção que tem o seu nome. É denominado o Pai da Cartografia Moderna.

**Meridiano central do fuso:** longitude de origem de cada fuso da projeção UTM.

**Meridianos:** círculos máximos que cortam a Terra em duas partes idênticas de pólo a pólo. Todas as linhas de meridianos entrecruzam-se nos pólos. Convencionalmente, no Congresso Internacional de Cartografia de Londres em 1985, resolveu-se adotar, como meridiano origem, o que passa sobre o Observatório de Greenwich. Todos os meridianos possuem a mesma extensão - 40.036 km.

**Paralelos:** círculos da superfície da Terra, paralelos ao plano do Equador. Entre o Equador e cada pólo, têm-se 90 paralelos de um grau cada (cada grau é subdividido em 60 minutos e cada minuto, em 60 segundos). Os paralelos diminuem de comprimento à medida que se afastam da origem, linha do Equador ( $0^\circ$ ), até tornarem-se um ponto nos pólos ( $90^\circ$ ).

**Projeção:** maneira pela qual a superfície da Terra é representada em superfícies bidimensionais, procurando-se minimizar a distorção em área, distância e direção.

**Projeção cartográfica:** conjunto de métodos usados na representação da superfície terrestre, segundo o qual cada ponto da Terra corresponde a um ponto da carta e vice-versa.

**Projeção cilíndrica:** projeção que se realiza mediante a projeção dos meridianos e paralelos geográficos num cilindro tangente (ou secante) a uma esfera, e após o desenvolvimento deste cilindro num plano.

**Projeção conforme:** projeção em que a forma de qualquer área da superfície cartográfica não sofre deformação, e em que todos os ângulos em torno de qualquer ponto são corretamente representados.

**Projeção cônica:** resultante da projeção dos meridianos e paralelos geográficos num cone tangente (ou secante) à superfície da esfera, que em decorrência desenvolve o cone num plano. As projeções cônicas podem ser incluídas no tipo cilíndrico, uma vez que o ápice do cone se acha a uma distância infinita da esfera, e, ao projetar-se num plano tangente, quando esta distância é zero. As projeções cônicas podem ser ilustradas mediante a representação de um cone único, tangente à esfera, ou cortando-a ao longo de dois paralelos.

**Projeção cônica conforme de Lambert:** projeção em que todos os meridianos geográficos são representados por linhas retas que se encontram num ponto comum, fora dos limites do mapa, e em que os paralelos geográficos são representados por uma série de arcos de círculos que têm ponto comum como centro. Os meridianos e

os paralelos se cruzam em ângulos retos, e os ângulos na Terra são representados corretamente na projeção. Essa projeção pode ter um paralelo-padrão ao longo do qual a escala permanece exata. Em qualquer ponto do mapa a escala é a mesma em qualquer direção. Modifica-se ao longo dos meridianos, porém é imutável ao longo dos paralelos. Quando houver dois paralelos-padrão, a escala entre eles é pequena; acima deles é muito grande.

**Projeção de Mercator:** projeção conforme, do tipo cilíndrica. O equador é representado por uma linha reta em escala verdadeira, e os meridianos geográficos são retas paralelas, perpendiculares à linha representada pelo equador. Os paralelos geográficos são representados por um segundo sistema de retas, perpendiculares às linhas que representam os meridianos, e, portanto, paralelas ao equador. A conformidade é conseguida mediante análise matemática, aumentando-se cada vez mais o espaçamento dos paralelos, a partir do equador, a fim de conformar a escala, que se expande ao longo dos paralelos, resultando em meridianos formados por retas paralelas.

**Projeção ortogonal:** processo de redução de uma figura espacial para o plano. Ocorre por meio da projeção de cada ponto da figura (terreno) perpendicularmente a um plano de referência (planta).

**Quadriculado UTM:** sistema de quadriculado cartográfico, baseado na projeção transversa de Mercator, destinado às cartas da superfície terrestre até as latitudes de 84° N e 80° S.

**Radar:** técnica, ou equipamento, para localizar objetos móveis ou estacionários, medir a velocidade, determinar a forma e a natureza que utiliza a emissão de microondas moduladas e a detecção e análise do pulso refletido pelos objetos.

**Raster – Estrutura de dados:** estrutura de representação de dados espaciais nos quais os elementos são codificados na forma de uma matriz (grid).

**Rede geodésica nacional:** rede de pontos levantados e monumentados sobre a superfície terrestre. A localização destes pontos é estabelecida segundo padrões nacionais de precisão. Os pontos estão ligados entre si e referem-se a um mesmo datum geodésico, formando uma malha de pontos que se estendem por todo o País. O mesmo que rede de triangulação ou rede de poligonação.

**Sistema de coordenadas geocêntricas:** sistema de coordenadas que definem a posição de um ponto em relação ao centro da Terra.

**Sistema de projeção:** correspondência matemática contínua entre os pontos de uma elipsóide de referência e os pontos de um plano (mapa).

**Sistema geodésico:** rede de triangulação ou poligonação referida a um mesmo datum geodésico.

**Sistema geodésico brasileiro:** conjunto de pontos geodésicos implantados no País, determinados e calculados segundo procedimentos operacionais fixos e modelos geodésicos padrão, previstos em lei.

**Sistema geodésico do mundo:** grupo lógico de parâmetros que descrevem o tamanho e a forma da Terra, as posições de uma rede de pontos em relação ao centro de massa da Terra, transformações dos principais datums geodésicos e o principal da Terra (em geral em termos de coeficientes harmônicos).

**Topologia:** relações espaciais existentes entre as entidades: conectividade, contiguidade, proximidade, etc.

**Topografia:** 1) descrição minuciosa de uma localidade; topografia. Arte de representar no papel a configuração duma porção do terreno com todos os acidentes e objetos que se achem a sua superfície; 2) configuração da superfície da Terra, incluindo o relevo, a posição dos cursos de água, as estradas, as cidades, etc. O conjunto das características naturais e físicas da Terra. Um acidente simples, como uma montanha ou um vale é denominado um acidente topográfico.



A topografia é subdividida em: hipsografia (os aspectos do relevo), hidrografia (a água e os detalhes relativos à drenagem), cultura (a obra do homem) e vegetação; 3) a ciência da representação dos aspectos naturais e artificiais de um lugar ou de uma região, especialmente no modo de apresentar as suas posições e altitudes. O termo inclui os campos científicos e técnicos do levantamento, da geodésia, da geofísica, da geografia, das artes gráficas e das atividades afins, até o ponto em que elas são essenciais à realização da cartografia topográfica.

**UTM – Universal Transverse Mercator:** sistema de coordenadas planas que circulam o globo baseado em 60 zonas de tendência, no sentido norte-sul, cada uma com 16 graus de largura de longitude.

**X – Coordenadas:** distâncias leste-oeste, também chamadas abscissas.

**Y – Coordenadas:** distâncias norte-sul, também chamadas ordenadas.

**Zona de projeção:** região do elipsóide de referência normalmente representada por um sistema de projeção, de modo que as alterações de projeção ficam fracas. A superfície pode ser estendida além dos limites normais a fim de assegurar o reconhecimento parcial de outras áreas contíguas.



**Embrapa**

**Acre**

**Embrapa**

**Florestas**

**Novo Acre**  
Governo parceiro, povo empreendedor.

**FUNTAO**  
FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ACRE



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA