

CUSTOS E BENEFÍCIOS DO MANEJO FLORESTAL PARA PRODUÇÃO DE MADEIRA NA AMAZÔNIA ORIENTAL



Paulo Barreto
Paulo Amaral
Edson Vidal
Christopher Uhl

**CUSTOS E BENEFÍCIOS DO
MANEJO FLORESTAL PARA
PRODUÇÃO DE MADEIRA NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Paulo Barreto, Paulo Amaral, Edson Vidal & Christopher Uhl.
1998.

Custos e Benefícios do Manejo Florestal para Produção
de Madeira na Amazônia Oriental/Paulo Barreto, Paulo
Amaral, Edson Vidal & Christopher Uhl. *Série Amazônia N°*
10 - Belém: Imazon, 1998.

46 p.; il

1. Manejo florestal. 2. Economia. 3. Exploração madeireira.
4. Amazônia

Série Amazônia 10

**CUSTOS E BENEFÍCIOS DO
MANEJO FLORESTAL PARA
PRODUÇÃO DE MADEIRA NA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Paulo Barreto
Paulo Amaral
Edson Vidal
Christopher Uhl**

Belém, 1998

Série Amazônia 10

Diretoria Executiva:

Paulo Barreto - Diretor
Edson Vidal - Vice-Diretor

Conselho Diretor:

Adriana Ramos
André Guimarães
Anthony Anderson - Presidente
Jorge Yared
Rita Mesquita

Conselho Consultivo:

Alfredo Homma
Antônio Carlos Hummel
Carlos da Rocha Vicente
Johan Zweede
Maria José Gontijo
Peter May
Raimundo Deusdará Filho
Robert Buschbacher
Robert Schneider
Virgílio Viana

TEXTO:

Paulo Barreto

Eng° Florestal, M.Sc. - AMAZON

Paulo Amaral

Eng° Agrônomo - AMAZON

Edson Vidal

Mestre em Ciências Florestais - AMAZON

Christopher Uhl

Biólogo, PhD - AMAZON e Universidade Estadual da Pensilvânia, EUA

Edição e Revisão de Texto:

Tatiana Corrêa

Editoração Eletrônica:

Janio Oliveira

Apoio Editorial:

Fundação Ford

Imazon

Caixa Postal 5101, Belém (PA). CEP: 66.613-397

Fone/Fax: (091) 235-4214/0122/0414/0864

Correio Eletrônico: imazon@imazon.org.br

site: www.imazon.org.br

Sumário

| | |
|---|----|
| RESUMO | 7 |
| INTRODUÇÃO | 8 |
| INFORMAÇÕES PRELIMINARES..... | 10 |
| Área de estudo | 10 |
| Os métodos de exploração com e sem manejo | 10 |
| METODOLOGIA..... | 13 |
| Produtividade e custos do planejamento da exploração | 13 |
| Produtividade e custos da exploração de madeira | 14 |
| Os desperdícios de madeira | 15 |
| A rentabilidade da exploração de madeira com e sem manejo | 15 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |
| A intensidade da exploração com e sem manejo | 17 |
| Custos do planejamento da exploração | 17 |
| Os desperdícios de madeira na exploração com e sem manejo | 21 |
| Produtividade e custos da exploração de madeira com e sem manejo | 22 |
| Impactos do manejo na economia da exploração madeireira..... | 26 |
| Uma visão de longo prazo | 32 |
| Obstáculos à adoção do manejo | 34 |
| O papel de uma política florestal na adoção do manejo em | |
| escala regional | 36 |
| CONCLUSÃO | 40 |
| AGRADECIMENTOS | 42 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 43 |
| APÊNDICE | 45 |

RESUMO

A exploração de madeira está crescendo na região amazônica de forma desorganizada, resultando em danos desnecessários à floresta. Neste estudo, inicialmente avaliamos a viabilidade técnica, a eficiência e a rentabilidade do manejo florestal no leste da Amazônia comparando a exploração de madeira com e sem manejo em duas áreas adjacentes. Em seguida, para avaliar o desempenho econômico do manejo no longo prazo, estimamos, através de simulações, o valor presente da receita líquida (VLP) da exploração da primeira e segunda colheita seletiva de madeira, em ciclos de 20 e 30 anos, com e sem manejo.

Estimamos o custo do planejamento da exploração em US\$ 72/ha, ou cerca de US\$ 1,75 a 2,15/m³, considerando a exploração típica de aproximadamente 35 a 40 m³/ha na região. Mais de 90% destes custos eram referentes ao mapeamento das árvores, corte de cipós e planejamento das operações de derrubada e arraste das toras. Entretanto, o aumento de US\$ 3,64/m³ no lucro da exploração manejada foi duas vezes maior do que os custos do planejamento da exploração. Esse aumento derivou de uma maior produtividade do trabalho e da redução de desperdícios de madeira. Além disso, a exploração manejada ocasiona benefícios a longo prazo, uma vez que também reduz os danos às árvores não extraídas. Assim, a combinação de um bom estoque de madeira remanescente com tratamentos silviculturais após a exploração deverá resultar em um maior acúmulo de madeira nas áreas manejadas. Estimamos que, com manejo, o volume disponível para uma segunda colheita seletiva de madeira seria 68% maior do que na exploração não manejada. Em um ciclo de corte de 30 anos, o VLP de duas colheitas de madeira com manejo seria entre 38 a 45% maior do que sem manejo, para taxas de desconto entre 20 e 6% ao ano, respectivamente.

Embora o manejo seja economicamente viável, ainda existem barreiras para a sua aplicação em ampla escala na região amazônica. Por exemplo, a difusão incipiente das técnicas de manejo aos usuários da floresta; a maior rentabilidade da agropecuária no curto prazo em comparação com o manejo; e a falta de controle eficiente da exploração de madeira sem manejo, tornando-a lucrativa no curto prazo. Além disso, o investimento em terras florestais é arriscado, dadas freqüentes disputas pela posse da terra. Para superar essas barreiras em escala regional será necessário, portanto, uma política florestal incluindo planejamento da ocupação de terras públicas da região, controle eficiente da exploração madeireira, incentivos econômicos ao manejo e extensão florestal.

INTRODUÇÃO

A tentativa de introduzir técnicas de manejo nas práticas de exploração madeireira na Amazônia tem sido feita através da legislação por mais de 30 anos. O código florestal brasileiro de 1965 (artigo 15) definiu que as florestas primárias da Amazônia só poderiam ser utilizadas através de planos técnicos de manejo. Embora este artigo tenha sido regulamentado somente 29 anos depois, dispositivos administrativos foram criados ao longo desse período para especificar as técnicas de manejo. Por exemplo, em 1975, através da Portaria DC-10, o diâmetro mínimo de corte das árvores foi definido em 45 cm. Em 1989, a Ordem de Serviço 001-89/Ibama/DIREN (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis) definiu um extensivo protocolo de plano de manejo, incluindo especificação de técnicas de extração para diminuir danos à floresta remanescente, estimativas do volume a ser explorado, tratamentos silviculturais e métodos de monitoramento do desenvolvimento da floresta após a exploração. O ciclo de corte mínimo foi fixado em 30 anos.

Apesar da exigência legal, as técnicas de manejo praticamente não são usadas na Amazônia (Uhl *et al.*, 1991; Veríssimo *et al.*, 1996; Oliveira *et al.*, 1995, Barros e Uhl, 1996 e Embrapa, 1996). O impacto da exploração desordenada, típica da região, é significativo mesmo explorando apenas três a oito árvores por hectare. A exploração reduz a cobertura vegetal em cerca de 50%, e resulta na morte desnecessária de centenas de árvores de tamanho intermediário (Uhl e Vieira, 1989; Veríssimo *et al.*, 1996; Johns *et al.*, 1996). A extensiva abertura da copa da floresta torna o seu interior mais seco, aumentando os riscos da expansão de incêndios oriundos das terras agrícolas vizinhas (Uhl e Kauffman, 1990; Holdsworth e Uhl, 1997).

Apenas a regulamentação não tem sido suficiente para estimular a adoção das técnicas de manejo. Falta, em parte, o conhecimento dessas técnicas e dos impactos econômicos do manejo (De Graaf, 1986; Pearl *et al.*, 1991). Na ausência de avaliações econômicas, empresários madeireiros temem que o manejo aumente os custos da exploração a ponto de inviabilizar seus negócios. Esse tipo de raciocínio pode também ter levado alguns administradores públicos a temerem uma redução da atividade econômica em virtude da exigência legal do manejo florestal. Portanto, são necessárias análises econômicas detalhadas dos custos e benefícios desse manejo para avançar o debate sobre como usar as florestas regionais.

Este estudo preenche essa lacuna de informação, apresentando uma comparação do desempenho econômico da exploração de madeira com e sem manejo na Amazônia Oriental. Primeiro, avaliamos a rentabilidade do manejo no curto prazo comparando os custos e benefícios da primeira colheita de madeira nestes dois tipos de exploração. Em seguida, comparamos o valor presente da receita líquida (VLP) da exploração de duas colheitas de madeira com e sem manejo, considerando intervalos de corte de 20 e 30 anos entre o primeiro e segundo corte. Finalmente, discutimos sobre os obstáculos que estão impedindo a implementação do manejo em escala regional, bem como sobre as políticas que poderiam ser usadas para superá-los.

INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Área de estudo

O estudo foi conduzido no município de Paragominas, PA (3° S e 47,5° O), um dos mais importantes pólos madeireiros da Amazônia. A floresta regional tem biomassa acima do solo de 300 t/ha (Uhl *et al.*, 1988) com grande variação da estrutura horizontal, contendo mosaicos de áreas com árvores grandes (35 a 50 metros de altura) intercalados por grupos de árvores mais jovens com altura variando de poucos metros a 25 metros e clareiras naturais freqüentemente com altura inferior a 3 metros. O relevo geralmente é suave, ondulado e coberto por latossolos. A pluviosidade anual é de cerca de 1.700 mm, havendo um período mais seco entre junho e meados de dezembro, época em que a exploração de madeira geralmente é feita.

A comparação entre os dois tipos de exploração (com e sem manejo) ocorreu em uma área localizada 20 km a sudeste da sede do município. A exploração não manejada ocorreu em 75 hectares adjacentes a 105 hectares explorados com manejo. A área de estudo foi selecionada de maneira que o terreno fosse relativamente homogêneo. Para isso, foram feitos rápidos levantamentos da estrutura da floresta e de relevo. Após a escolha da área, conduzimos inventários mais detalhados. Encontramos 81 árvores por hectare de espécies com valor comercial com DAP (diâmetro à altura do peito) entre 15 e 45 cm. Também havia 13 árvores de valor comercial e 4 sem valor comercial com DAP > 45 cm. O relevo plano e o grau de distúrbio natural foram semelhantes em ambos sítios, havendo clareiras naturais em 8% da área.

Os métodos de exploração com e sem manejo

A exploração sem manejo, conduzida pelo proprietário da área, ocorreu da forma típica da região. Inicialmente, o motosserrista procura e derruba as árvores de espécies requeridas pela indústria. Todas as árvores são derrubadas na direção de queda natural, pois não há preocupação com o direcionamento de queda para evitar danos às árvores jovens ao redor ou para facilitar o arraste das toras. Em seguida, o tratorista abre cerca de 200 metros de estrada para arrastar as toras até os pátios de estocagem no interior da floresta. Este processo ocorre para todas as árvores a serem extraídas. Além disso, os operários da exploração sem manejo não possuem treinamento formal sobre o uso dos equipamentos, apesar de trabalharem a vários anos no setor.

A exploração com manejo, por outro lado, teve como objetivo: *i.* reduzir os danos à floresta; *ii.* reduzir os desperdícios de madeira; e *iii.* aumentar a eficiência das operações de extração. Na exploração manejada, a área designada para a extração (105 hectares) foi demarcada, e as árvores de valor comercial com diâmetro DAP ≥ 25 cm foram identificadas, medidas e mapeadas. Com base nesses dados, elaborou-se um mapa preliminar da exploração, contendo: a localização de estradas, pátios de estocagem e ramais de arraste e a distribuição das árvores, incluindo a direção de queda desejável, árvores matrizes e árvores para o segundo corte. Além disso, os cipós foram cortados 18 meses antes da exploração para reduzir danos durante a derrubada.

Em seguida, o mapa foi utilizado para orientar a demarcação na floresta. Por exemplo, para demarcar a localização das estradas, pátios e ramais de arraste, pequenas trilhas foram abertas e marcadas com fitas coloridas amarradas em varetas distantes 15 metros uma da outra. A direção desejável de queda das árvores foi indicada por uma vareta com fita colorida, posta 3 a 4 metros do tronco na direção desejável de queda. Os planejadores também identificaram e sinalizaram, ao longo do caminho de arraste, os obstáculos que poderiam ser eliminados pelo motosserrista. Por exemplo, grandes troncos caídos naturalmente deveriam ser traçados para facilitar a desobstrução do caminho de arraste. E, em caso de erro na direção de queda, os ramais de arraste precisariam ser redefinidos pelos planejadores.

As novas informações, tais como mudanças na direção de queda das árvores, localização dos ramais de arraste, ordem de derrubada, e a necessidade de traçamento das toras foram anotadas no mapa final de exploração. Esse mapa orientou, mais tarde, as equipes de corte das árvores e arraste das toras.

Para abrir estradas e para o arraste das toras na exploração com manejo, utilizou-se um trator de esteiras D5E (105 HP; 2,3 metros de largura e 3,8 metros de comprimento) equipado com guincho (Hyster W5B) e torre. Para as mesmas tarefas, a equipe da exploração sem manejo usou um trator de esteira Caterpillar D5B (105 HP; 2,3 metros de largura e 3,6 metros de comprimento) sem guincho e sem torre. Comparamos, ainda, o arraste com e sem manejo utilizando nos dois casos um trator florestal de rodas (*skidder*) Caterpillar 518 C, equipado com guincho, torre e garra [154 HP, com pneus 28L X 26, 12 PR (LS_2)].

Os operadores das máquinas (motosserras e tratores) da exploração manejada já haviam sido treinados sobre o uso de seus equipamentos, no entanto todos os operários foram treinados sobre os princípios e a aplicação da exploração manejada explorando 25 hectares antes do início da coleta de dados.

METODOLOGIA

Produtividade e custos do planejamento da exploração

Segundo a legislação que regula o manejo florestal, os projetos de manejo devem ser elaborados e assistidos por engenheiros florestais. Para estimar o custo dessa assistência, dois consultores foram entrevistados sobre os custos de uma consultoria.

A produtividade e os custos do trabalho de planejamento foram medidos durante o planejamento da exploração de um talhão de 105 hectares. Uma equipe de cinco pessoas inicialmente abriu trilhas de 1 a 1,5 metro de largura no perímetro do talhão para demarcá-lo. Um balizador orientou o trabalho com uma bússola instalada em um tripé; um assistente, usando varetas coletadas na floresta, posicionou balizas a cada 25 metros nas trilhas; e três ajudantes abriram as trilhas usando foices. A produtividade deste trabalho (metros de trilha abertos/hora efetiva de trabalho) foi estimada medindo o tempo gasto para abrir trilhas em 21 intervalos de 50 metros.

Para facilitar o censo das árvores comerciais, uma equipe de três pessoas abriu trilhas de orientação na floresta distantes 50 metros uma da outra. As trilhas mediam cerca de 50 a 70 cm de largura, sendo sinalizadas a cada 25 metros por balizas com fitas coloridas. A produtividade deste trabalho (metros de trilha abertos/hora efetiva de trabalho) foi estimada com medidas do tempo gasto para abrir trilhas em 30 intervalos de 20 metros.

O censo, feito por uma equipe de quatro pessoas, consistiu em identificar, mapear e classificar a qualidade das árvores de valor comercial com DAP \geq 25 cm. Uma pessoa identificou as espécies das árvores, mediu o DAP e classificou a qualidade do tronco e da copa. Dois ajudantes auxiliaram na procura e mapeamento das árvores, deslocando-se nas margens das faixas. A localização das árvores foi definida em um sistema de coordenadas X e Y (determinadas visualmente, considerando a distância entre as árvores e as trilhas, com margem de erro médio de 1,5 metro). A quarta pessoa, por sua vez, anotou os dados fornecidos e auxiliou na classificação das árvores. Para estimar a produtividade do censo, mediram-se o tempo e o número de árvores medidas em 137 parcelas de 50 X 100 metros.

O mapa da exploração, que mostra a localização das árvores a serem extraídas, estradas, pátios e ramais de arraste, orientou a demarcação no

campo. Nesta etapa, foram abertas trilhas sinalizadas por fitas coloridas para orientar os motosserristas e tratoristas. A produtividade deste trabalho (área preparada por dia), conduzido por uma equipe de três pessoas, foi medida em 60 hectares. Os custos do planejamento foram estimados considerando a produtividade, mão-de-obra e equipamentos e materiais usados em cada etapa do trabalho.

Produtividade e custos da exploração de madeira

A produtividade da derrubada (m^3 derrubado/hora) nos dois tipos de exploração foi estimada através da cronometragem do trabalho das equipes e da medição do volume das árvores derrubadas. Isso foi feito durante três dias de trabalho na exploração manejada e nove dias na exploração não manejada.

Na exploração sem manejo, uma equipe composta por um motosserrista e um ajudante derrubava as árvores, destopava o tronco e, quando julgava necessário, dividia-o em toras menores. Na exploração manejada, avaliamos o trabalho de duas equipes que realizavam as mesmas atividades porém com divisões de tarefas diferentes. A primeira era composta por três pessoas, sendo dois motosserristas e um ajudante. Neste caso, um dos motosserristas e o ajudante derrubavam as árvores, enquanto o outro separava o tronco da copa, dividia-o em toras menores quando necessário, e cortava possíveis obstáculos ao seu arraste. A outra equipe era composta apenas por um motosserrista e um ajudante que dividiam entre si essas mesmas tarefas.

A produtividade da abertura de estradas e pátios foi estimada medindo a abertura de 800 metros de estrada e sete pátios (sem manejo) e de 2.400 metros de estrada e seis pátios (com manejo). Esses dados, combinados com estimativas do volume total explorado em cada área e o total de pátios e estradas, permitiram determinar a produtividade do trabalho (minuto de operação da máquina/ m^3 extraído).

Para estimar a produtividade do arraste de toras até os pátios (m^3 puxado/hora máquina) com e sem manejo, foram medidos o volume puxado em cada viagem de arraste e o tempo da viagem. Nas operações de arraste com trator *skidder*, esses dados foram coletados em cinco dias, no caso da exploração sem manejo, e em seis dias na exploração manejada. Nas operações de arraste com trator de esteiras, os dados foram coletados em seis e cinco dias nas explorações sem e com manejo, respectivamente.

Os desperdícios de madeira

A eficiência da exploração com e sem manejo também foi avaliada através da medição dos desperdícios de madeira nos dois casos. Na exploração não manejada, os desperdícios ocorridos durante a derrubada das árvores foram identificados e medidos logo após a derrubada de 854 árvores por sete equipes (duas equipes empregadas pela companhia conduzindo a exploração em nosso sítio de estudo e cinco equipes em outras três áreas na região de Paragominas). Também mediram-se os desperdícios na derrubada de 164 árvores com manejo. As perdas de madeira nos dois casos foram classificadas como: *i.* por rachadura no tronco, tornando a madeira inaproveitável para a indústria; *ii.* por erro na altura do corte de abate - a perda foi caracterizada como o volume de madeira deixado acima da altura ideal (20 cm do solo); e *iii.* por erro no corte que separa o tronco da copa (desponte) - a perda foi caracterizada pela porção de madeira aproveitável deixada junto à copa. Estimamos o volume perdido através de medidas do comprimento e do diâmetro das partes do tronco perdidas.

Na exploração não manejada também ocorreram desperdícios de madeira na etapa de arraste das toras do local de queda até os pátios de estocagem, pois parte das árvores derrubadas não era encontrada pelos trabalhadores. Para medir esse desperdício, conduzimos um censo das árvores derrubadas aproveitáveis (por exemplo, sem ocos) deixadas em três áreas recém exploradas, em um total de 9,5 km de transectos (20 metros de largura). Para estimar a perda por área levantada, apenas a porção de cada árvore contida no transecto foi medida.

A rentabilidade da exploração de madeira com e sem manejo

O desempenho econômico da produção de madeira com e sem manejo foi avaliado no curto e médio prazos. No curto prazo, analisamos os custos e benefícios do manejo da primeira colheita de madeira do ponto de vista do extrator que retira e vende a madeira para a indústria.

Para avaliar os efeitos do manejo no médio prazo, analisamos o valor líquido presente de duas colheitas seletivas de madeira com e sem manejo. Estimamos a receita bruta dos dois cortes multiplicando o volume explorável e o preço recente da madeira em tora na indústria. A estimativa do volume

explorável no segundo corte foi obtida por simulações de Barreto *et al.*, 1993. Os custos do manejo incluíram o planejamento da exploração no primeiro e segundo corte, os custos de tratamentos silviculturais para aumentar o crescimento das árvores, e os custos de monitoramento do desenvolvimento da floresta. Para ambas situações (com e sem manejo) foram considerados os custos do capital investido na terra, o imposto territorial rural, e os custos da exploração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A intensidade da exploração com e sem manejo

Na exploração manejada, o volume de madeira explorado foi 30% maior do que na exploração sem manejo (38,6 m³/ha *versus* 29,7 m³/ha) (Tabela 1). O aumento no volume extraído na exploração manejada estava associado à menor perda de madeira durante a derrubada e extração das árvores (ver seção sobre desperdícios de madeira, página 15).

Tabela 1. Características da exploração de madeira com e sem manejo em uma área no município de Paragominas-PA, Amazônia Oriental.

| Características da exploração | Com manejo | Sem manejo |
|---|-------------------|------------------|
| Volume médio extraído (m ³ /ha) | 38,60 | 29,7 |
| Número de árvores extraídas por ha | 4,50 | 5,6 |
| Área basal das árvores extraídas (m ² /ha) | 2,20 | 2,3 |
| Volume médio (m ³) das árvores extraídas (s.d;n) | 8,16 (6,22; 138) | 5,3 (3,83; 279) |
| Diâmetro médio (cm) da base do tronco das árvores extraídas (s.d;n) | 79,00 (23,9; 138) | 71,8 (17,8; 279) |

Na exploração manejada, em média, foram extraídas árvores maiores: 8,16 m³ *versus* 5,30 m³ na área não manejada. Isto porque houve redução das perdas de madeira durante a derrubada e também por causa do maior limite para o diâmetro mínimo de corte para algumas espécies. Por exemplo, para maximizar a proporção de madeira mais valiosa (âmago) em cada tora, o diâmetro mínimo de corte do jatobá (*Hymenaea* sp) foi definido em 70 cm ao invés de 55 cm como na exploração tradicional não manejada.

Custos do planejamento da exploração

O planejamento da exploração requer inicialmente a consultoria de um técnico florestal. O trabalho geralmente é dividido em duas partes: *i.* elaboração do projeto; e *ii.* supervisão da execução do projeto. A elaboração consiste em coletar e analisar dados, submetendo os resultados por escrito ao Ibama para avaliação. Os honorários para elaboração do projeto dependem do tamanho da área trabalhada, sendo que o valor por hectare diminui à

medida que o tamanho da área aumenta. Por exemplo, para áreas até 1.000 hectares o valor era US\$ 3,0/ha, enquanto para áreas de 7.000 a 10.000/ha cobrava-se US\$ 0,9/ha. Para efeito deste estudo, consideramos que o projeto seria elaborado para uma área de 7.500 hectares, potencialmente suficientes para abastecer de forma sustentada uma serraria típica em Paragominas (250 hectares explorados por ano X ciclos de corte de 30 anos). Desta maneira, o custo de elaboração do projeto seria de US\$ 0,9/ha.

A implantação do plano anual de exploração teve início com a demarcação do talhão, levantamento dos recursos madeireiros e corte dos cipós. O custo de abertura de trilhas para a demarcação do perímetro do talhão foi estimado em US\$ 1,67/ha (Tabela 2), e o custo de abertura de trilhas dentro do talhão para orientar o censo das árvores em US\$ 8,8/ha (Tabela 2). Em média, 18,4 árvores/ha de valor comercial foram identificadas e mapeadas (10 árvores com DAP entre 25 a 50 cm e 8,4 com DAP \geq 50 cm). O custo do censo dessas árvores foi estimado em US\$ 9,45/ha, enquanto o custo do corte de cipós em US\$ 17,5/ha (Tabela 2).

Tabela 2. Custos do manejo da exploração de madeira em floresta nativa de Paragominas, PA, na Amazônia Oriental.

| Época do desembolso | Atividade | US\$ por ha | |
|------------------------------|--|---|---|
| | | Valor na época do desembolso ^a | Valor na época da exploração ^b |
| 18 meses antes da exploração | Consultoria para elaboração do plano de manejo | 0,90 | 1,00 |
| | Demarcar talhão ^c | 1,67 | 1,81 |
| | Abrir trilhas de orientação do mapeamento das árvores ^d | 8,80 | 9,53 |
| | Mapeamento das árvores ^e | 9,45 | 10,24 |
| | Corte de cipós ^f | 17,50 | 19,00 |
| 12 meses antes da exploração | Taxa de vistoria ^g | 1,60 | 1,73 |
| 6 meses antes da exploração | Consultoria para análise dos dados e orientação da exploração | 13,44 | 14,00 |
| Durante a exploração | Orientação da estrada, pátios e ramais de arraste | 14,90 | 14,90 |
| Total | | 68,26 | 72,20 |

- a. Custo expresso como o valor na época do desembolso. Este valor foi a base de cálculo para estimativa do valor presente dos custos na época da exploração (ver nota b). Os valores referem-se ao dólar americano no câmbio oficial. O custo de mão-de-obra incluiu salário, alimentação e administração. O salário mínimo (US\$ 112,0 ao mês), que foi a base do cálculo de salários, somado aos encargos sociais e benefícios fica em torno de US\$ 162,3/mês, ou US\$ 7,4/dia (US\$ 162,3/22 dias de trabalho por mês). O custo diário de alimentação de uma pessoa foi estimado em US\$ 2,0, incluindo gastos com alimento, gás e salário para cozinheira. Assumimos que os custos administrativos seriam iguais a 10% dos custos de salários e alimentação em cada atividade.
- b. Apresenta o valor presente dos custos na época da exploração considerando taxa de juros de 8% ao ano e o número de meses entre a atividade e a exploração.
- c. Para uma serraria que precisa demarcar 250 hectares de floresta por ano, seriam abertos 6.330 metros de trilhas (perímetro aproximado de 250 hectares em uma área quadrada), ou seja 25 m/ha (6.330 m /250 ha). A equipe de cinco pessoas abriu, em média, 168 m/hora (sd=81.4; n=21). O custo da equipe seria US\$ 11,2 por hora (8,52 de salário, 1,66 de alimentação e 1,02 de administração). Portanto, o custo total seria US\$ 1,67/ha [(US\$ 11,2 /168 m) X 25 m/ha].
- d. Em 105 hectares foram abertos 18.200 metros de trilhas, ou seja, 173 metros de trilha por hectare. A equipe de trabalho era composta por um balizador (3 salários) que orientava a abertura das trilhas com uma bússola de mão, e dois ajudantes (1 salário cada) que abriam as trilhas com facão e instalavam as varas do balizamento. Esta equipe abriu, em média, 170 metros de trilhas por hora (sd=35; n=30). O custo desta equipe seria US\$ 7,74 por hora (US\$ 6,0 para salários + US\$ 1,0 para alimentação + US\$ 0,7 para administração). Portanto, o custo total de mão-de-obra seria de US\$ 7,9/ha [(US\$ 7,74 /170 m) X 173 m]. O custo de depreciação e materiais gastos na abertura destas trilhas somaram US\$ 0,9/ha (depreciação de bússola e tripé - US\$ 0,3/ha; fitas métricas - US\$ 0,4/ha; facões - US\$ 0,11/ha; consumo de fitas coloridas - US\$ 0,006/ha). Desta forma, o custo total foi US\$ 8,8/ha.
- e. A localização e identificação das árvores de valor comercial com DAP > 25 cm foram feitas por um anotador (3 salários), um identificador das árvores (3 salários), que identificava, media e ajudava a classificá-las, e dois ajudantes (1,5 salário cada) que auxiliavam na procura e mapeamento das árvores. O custo dessa equipe seria US\$ 81,2/ dia (US\$ 65,8 para salários, US\$ 8,0 para alimentação e US\$ 7,4 para administração) ou US\$ 0,225 por minuto (US\$ 81,2/6 horas efetivas de trabalho). A equação $y=14,4 + x 0,9 + 0,014 x^2$ ($r^2 = 0,7$) foi obtida para expressar o tempo efetivo de trabalho do censo (y =minuto trabalho) em função do número de árvores medidas e mapeadas por hectare (x). Dado que em média foram medidas 18,5 árvores por hectare, foram gastos 35,7 min/ha. Portanto, o custos de mão-de-obra por hectare seriam US\$ 8,05/ha (US\$ 0,225 min X 35,7 min/ha). Os custos de materiais para marcação das árvores (pregos e placas de numeração) foram US\$ 1,4, totalizando portanto US\$ 9,45/ha.
- f. Um homem gastou em média 10,3 horas para cortar os cipós de 1 hectare de floresta. O custo deste trabalhador seria US\$ 1,7 por hora (US\$ 1,2 salário + US\$ 0,33 alimentação + US\$ 0,15 administração), totalizando cerca de US\$ 17,5/ha (10,3 X US\$ 1,7).
- g. O Ibama cobra taxas referentes à fiscalização do projeto como vistoria prévia, ao custo de US\$ 0,6/ha, e vistoria de implantação ao custo de US\$ 1,0/ha, totalizando US\$ 1,6/ha.
- h. Para orientar a abertura de 2.400 metros de estrada, que serviram 100 hectares, uma equipe de três pessoas gastou três dias, o que equivaleu a 33,3 ha/dia equipe (100 ha/3 dias equipe). A mesma equipe orientou a derrubada e demarcação dos ramais de arraste e pátios em 3,6 hectares por dia. O líder da equipe de planejamento ganharia três salários, enquanto dois ajudantes ganhariam um salário cada. O custo dessa equipe seria de US\$ 47,1/dia (US\$ 36,8 de salários; US\$ 6,0 de alimentação e US\$ 4,28 para administração). Disso resultaria que os custos de mão-de-obra por hectare seriam US\$ 14,4, sendo US\$ 1,4/ ha (US\$ 47,1/ dia equipe/33,3 ha/dia) referente à orientação da abertura de estradas e US\$ 13/ha (US\$ 47,1/dia /3,6 ha/dia) referente à orientação e demarcação dos ramais de arraste e pátios. Para a demarcação dos ramais e pátios foram gastos cerca de 31 metros de fita plástica colorida/ha (foram demarcados, em média, 154 metros de ramais de arraste por hectare). O custo dos 31 metros de fita seria US\$ 0,47 que, somados aos custos de mão-de-obra, totalizariam US\$ 14,9 /ha.

O Ibama deve inspecionar as atividades pré-exploratórias. Para isso, o extrator paga a esse órgão uma taxa de vistoria de cerca de US\$ 1,6/ha (Tabela 2). Uma vez que o plano de manejo é aprovado pelo Ibama, o consultor florestal deve orientar a execução das atividades previstas no projeto. Ou seja, preparar o plano de corte e orientar os trabalhos de extração e tratamentos silviculturais a cada ano. Por esse trabalho, os consultores entrevistados estariam dispostos a receber US\$ 3.000 por ano para projetos que exploram cerca de 250 ha/ano, ou seja US\$ 12,0/ha (US\$ 3.000/250 ha). Outros custos associados ao desenvolvimento do plano operacional, como assistente, infra-estrutura e miscelânea foram estimados em cerca de US\$ 1,44/ha. Assim, o custo total da consultoria na fase de execução do projeto somaria aproximadamente US\$ 13,44/ha.

Os dados coletados no censo foram usados para elaborar um mapa de exploração. A transferência das informações desse mapa para o campo e a orientação da exploração custaram US\$ 14,9/ha (Tabela 2).

Para considerar o custo de oportunidade do capital usado no planejamento, os gastos antes da exploração foram transformados em valor presente na época da exploração usando o número de meses entre o desembolso e a época da exploração e taxa de juros de 8% ao ano. Assim, o custo total do planejamento da exploração somaria cerca de US\$ 72,2/ha, distribuídos da seguinte maneira: demarcação da área e mapeamento das árvores (30%), corte de cipós (26,3%), consultoria (20,8%), orientação da exploração no campo (20,6%) e vistoria do Ibama (2,4%). Considerando que foram explorados 38,6 m³/ha, o custo do planejamento por metro cúbico seria US\$ 1,87.

O custo do planejamento por metro cúbico de madeira explorado varia em função da riqueza de madeira na floresta. Os custos tenderão a ser maiores para florestas com baixo volume de madeira, uma vez que alguns custos são fixos e outros até aumentam com a menor densidade de madeira. Por exemplo, o custo do corte de cipós é maior em áreas onde a densidade de árvores exploráveis é menor. Pois, nessas áreas, a densidade de cipós tende a aumentar (Barreto et al., manuscrito). Estimamos que os custos do planejamento de uma área com 20 m³ de madeira explorável por hectare seria US\$ 75,0/ha. Neste caso, foram considerados: i. aumento de 20% nos custos para demarcar o talhão, abrir trilhas de orientação e fazer o corte de cipós; ii. custos fixos de consultoria e fiscalização; e iii. medição de apenas 10 árvores com DAP \geq 25 cm por hectare, ao invés de 18,4 árvores como no caso anterior. Assim, o custo do planejamento por metro cúbico seria de US\$ 3,75 (US\$ 75/ha/20 m³/ha), cerca de duas vezes o custo encontrado no sítio de estudo em Paragominas.

Os desperdícios de madeira na exploração com e sem manejo

O planejamento da derrubada e arraste ajudou a reduzir os desperdícios de madeira observados na exploração não manejada, na qual 2,18 m³/ha (6,8% do volume derrubado) foram perdidos durante a derrubada. As causas dessas perdas foram: *i.* rachaduras na tora, cerca de 57% do volume perdido; *ii.* erros no desponte, 33%; e *iii.* erros na altura do corte, cerca de 10%. Na exploração manejada, a perda de madeira foi de apenas 0,4 m³/ha (cerca de 1% do volume derrubado) (Tabela 3), tendo como causa as rachaduras na tora.

Tabela 3. Desperdício de madeira na exploração com e sem manejo em Paragominas-PA, Amazônia Oriental.

| Tipo de desperdício | Sem manejo | | Com manejo | |
|--|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| | m ³ /ha | % do volume derrubado | m ³ /ha | % do volume derrubado |
| Derrubada | | | | |
| - erro na altura do corte de derrubada | 0,22 | 0,70 | 0,00 | 0,00 |
| - rachadura do tronco | 1,23 | 3,86 | 0,40 | 1,00 |
| - erro no desponte da tora | 0,73 | 2,28 | 0,00 | 0,00 |
| Arraste | | | | |
| - toras não encontradas pela equipe de arraste | 6,65 | 19,64 | 0,00 | 0,00 |
| Total | 8,83 | 26,48 | 0,40 | 1,00 |

Os tratoristas que procuravam e arrastavam as toras na exploração não manejada, algumas vezes, não encontravam aquelas que estavam cobertas pela copa de outras árvores caídas, bem como as que estavam distantes da maioria das outras árvores derrubadas. Em três áreas sem manejo, o volume de madeira deixado na floresta pelas equipes de arraste foi, em média, de 6,65 m³/ha (sd=3,48). Essa perda equivaleu a 19,64% do volume médio derrubado nas três áreas levantadas (33,9 m³/ha; sd=6,33). Isso não ocorreu na exploração com manejo em virtude da orientação através dos ramais de arraste e dos mapas de exploração. Assim, enquanto os desperdícios de madeira durante a derrubada e arraste na exploração sem manejo somaram 8,83 m³/ha ou 26,4% do volume derrubado, na exploração manejada representaram apenas 1% do volume, ou seja uma diferença de 25,4%. Portanto, para cada 1 m³ extraído na operação com manejo, somente 0,75 m³ seria explorado na operação não manejada.

Produtividade e custos da exploração de madeira com e sem manejo

Derrubada. A derrubada na exploração com manejo feita por duas pessoas (motosserrista e ajudante) foi 18% menos produtiva do que na exploração sem manejo com equipe similar (7,9 e 9,5 m³/hora/homem, respectivamente; Tabela 4). A produtividade desta equipe na exploração com manejo foi menor, em parte, por causa do aumento de 40% no tempo dedicado ao traçamento das toras derrubadas. No entanto, a produtividade da derrubada com manejo feita por três pessoas (10,9 m³/ hora/homem; Tabela 4) foi superior a das equipes com duas pessoas (40% superior a da equipe com manejo e 15% superior a da equipe sem manejo). A equipe de três pessoas com manejo derrubou 34 árvores por dia, enquanto as equipes de duas pessoas com e sem manejo derrubaram 15 e 22 árvores por dia, respectivamente. O aumento da produtividade da equipe de três pessoas ocorreu porque um dos motosserristas era responsável exclusivamente pela derrubada e o outro por finalizar o trabalho (por exemplo, traçar as árvores), mantendo apenas um ajudante.

O custo da derrubada foi similar para as equipes com duas pessoas (US\$ 0,31/m³ com manejo e US\$ 0,30/m³ sem manejo), enquanto o custo da derrubada feita por três pessoas na exploração manejada foi inferior: US\$ 0,25/m³ (Tabela 4).

Tabela 4. Produtividade e custos da derrubada de árvores na exploração com e sem manejo em Paragominas-PA, Amazônia Oriental.

| Tipo de Equipe | nº de árvores derrubadas por dia | m ³ derrubado por dia | m ³ /hora/homem | Custo (US\$/m ³) |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 2 pessoas sem manejo | 22,0 | 116,6 | 9,5 | 0,30 |
| 2 pessoas com manejo | 14,8 | 124,6 | 7,8 | 0,31 |
| 3 pessoas com manejo | 33,6 | 261,6 | 10,9 | 0,25 |

a. Considera os custos de mão-de-obra e equipamentos de cada equipe dividido pelas médias de produção diária. Uma equipe de um motosserrista (2 salários) e um ajudante (1 salário) custa US\$ 28,8/dia, sendo US\$ 22,2 de salários (US\$ 7,4 dia X 3); US\$ 4,0 de alimentação (US\$ 2,0 X 2) e US\$ 2,62 de administração [10% X (22,2 + 4)]. Uma equipe de dois motosserristas (2 salários cada) e um ajudante (1 salário) custa US\$ 47,3/dia, sendo US\$ 37,0 de salários (5 X US\$ 7,4), US\$ 6,0 de alimentação e US\$ 4,3 de administração [10% X (37 + 6,0)]. O custo hora de trabalho de uma motosserra STIHL tipo 051 AVE foi estimado em US\$ 2,35, sendo juros de capital (US\$ 0,032), depreciação (US\$ 58), combustível (US\$ 0,76), óleo para lubrificação da corrente (US\$ 0,42) e manutenção (US\$ 0,56). Na exploração tradicional não manejada, a média de uso efetivo (tempo em funcionamento) da máquina foi de cerca de 40% do tempo de trabalho (6,15 horas/ dia), ou seja, 2,43 horas. Desta forma, o custo diário de uso da máquina foi US\$ 5,7 (US\$ 2,35 X 2,43). Assim, o custo total da equipe tradicional foi US\$ 34,5/dia que, dividido pela produção diária (116,6 m³), resultou em US\$ 0,30/m³. Com manejo, uma motosserra foi efetivamente usada durante 4 horas em 8 horas de trabalho/dia em ambas equipes. Assim, a equipe com dois motosserristas teve custo de máquina de US\$ 18,8/dia (2 máquinas X 4 horas X US\$ 2,35), enquanto a equipe com um motosserrista teve metade deste custo com a máquina, US\$ 9,4/dia. O custo da equipe com duas pessoas foi então de US\$ 38,2 dia (US\$ 28,8 com mão-de-obra e US\$ 9,4 com a máquina) que, dividido pela produção de 124,6 m³/dia, resultou em US\$ 0,31/m³. O custo para equipe com três pessoas foi de US\$ 66,1/dia (US\$ 47,3 com mão-de-obra e US\$ 18,8 com as motosserras) que, dividido pela produção de 261,6 m³/dia, resultou em US\$ 0,25/m³.

Abertura de pátios e estradas. O manejo da exploração levou à redução de 37% do tempo de uso da máquina para abrir estradas e pátios (0,42 min./m³ com manejo *versus* 0,67 min./m³ sem manejo; Tabela 5). Isso foi possível por causa da redução da densidade de estradas em 32,6% (0,62 m/m³ com manejo *versus* 0,92 m/m³ sem manejo) e da redução da densidade de pátios em 70% (1,57 m² de pátio por m³ estocado com manejo *versus* 5,15 m²/m³ sem manejo; Tabela 5)

Tabela 5. Produtividade do trabalho de abertura de estradas secundárias e dos pátios para exploração madeireira com e sem manejo em Paragominas-PA, Amazônia Oriental.

| | Sem manejo | Com manejo |
|---|-------------------------|------------|
| Intensidade de exploração (m ³ /ha) | 29,7 | 38,6 |
| Abertura de estradas secundárias: | | |
| Densidade (m/ha) ^a | 27,3 | 22,6 |
| Densidade (m/m ³) ^b | 0,92 | 0,62 |
| Velocidade de abertura (m/min. máq.) | 2,4 (0,94) ^b | 1,9 (0,79) |
| Tempo gasto (min. máq./ha) | 11,4 | 11,6 |
| Tempo gasto (min. máq./m ³) | 0,38 | 0,32 |
| Custo (US\$/m ³) ^c | 0,23 | 0,22 |
| Abertura de pátios: | | |
| Densidade (m ² /ha) ^d | 153,0 | 61,0 |
| Densidade (m ² /m ³) | 5,15 | 1,57 |
| Velocidade de abertura (m ² /min. máq.) ^e | 17,6 (8,6) | 15,1 (2,8) |
| Tempo gasto (min. máq./ha) | 8,69 | 4,04 |
| Tempo gasto (min. máq./m ³) | 0,29 | 0,10 |
| Custo (US\$/m ³) | 0,18 | 0,07 |
| Tempo total (estrada e pátio): | | |
| min. máq./ha | 20,09 | 15,64 |
| min. máq./m ³ | 0,67 | 0,42 |
| Custo (US\$/m ³) | 0,41 | 0,28 |

a. Na área sem manejo foram abertos 2.047 metros de estradas secundárias em 75 hectares. Na área com manejo, por sua vez, foram abertos 2.373 metros em 105 hectares.

b. Os números entre parênteses representam um desvio padrão.

c. Os custos foram calculados multiplicando o tempo de operação da máquina por m³ pelo custo de operação de cada máquina. O custo de operação das máquinas foi baseado nos formulários de custos da Caterpillar considerando as variáveis seguintes. O período de propriedade de cada máquina foi estimado em 6,5 anos com uso estimado de 1.232 horas por ano. Os preços das máquinas foram: trator de esteira com guincho, US\$ 124.451 e trator de esteiras sem guincho, US\$ 104.451. Para ambos tipos de máquinas foram considerados: i. valor residual de reposição igual a 10% do valor da máquina; ii. taxa de seguro igual a 2% do valor da máquina; e iii. imposto de propriedade igual a 1% do valor da máquina. Para estimativa do custo operacional foram considerados consumo de combustível de 9,8 litros de óleo diesel por hora. Os custos de lubrificação, filtros e graxas foram estimados em US\$ 0,35/hora para ambos tipos de máquinas. O custo de reservas para reparo foi estimado em US\$ 4,5/hora para trator de esteira [fator de extensão de vida útil igual a 1 multiplicado pelo fator básico de reparos igual a 4,5; ver Caterpillar (1992) para detalhes]. O custo de mão-de-obra foi estimado considerando os salários, incluso encargos sociais e alimentação. O custo de mão-de-obra para o operador foi estimado em US\$ 3,74/hora, incluindo um operador e um assistente. O custo total de operação do trator de esteiras com guincho foi US\$ 39,84, ou US\$ 0,66/min., e a operação do trator de esteiras sem guincho custou US\$ 36,6/hora, ou US\$ 0,61/min.

d. De acordo com Johns et al. (1996).

e. Foram medidos o tempo de abertura e o tamanho de sete pátios (sem manejo) e seis pátios (com manejo). A estimativa do tempo para o caso sem manejo incluiu o tempo em que a máquina permanecia estacionada e em funcionamento enquanto o tratorista definia a localização do pátio caminhando pela floresta (média= 23 min./pátio; sd= 22). Esse comportamento foi também observado em outras quatro áreas de exploração sem manejo. Na exploração com manejo, esse tempo inexistiu, uma vez que a localização dos pátios foi pré-determinada pela equipe de planejamento.

A densidade de estradas na exploração não manejada foi maior, uma vez que estas eram abertas pouco a pouco, seguindo a concentração das árvores derrubadas. Disso resultaram estradas tortuosas e com ramificações desnecessárias, considerando que o terreno era plano. Por exemplo, ao longo de 1.500 metros de estradas na exploração não manejada foram abertas quatro ramificações com comprimento variando de 50 a 230 metros. Na exploração manejada, ao contrário, as estradas eram paralelas e sem ramificações.

A área dos pátios na operação não manejada freqüentemente era superdimensionada. Isto porque os operadores do trator tinham apenas uma vaga noção do número de árvores que seriam extraídas ao redor de um pátio. Portanto, geralmente abriam pátios maiores do que o necessário, aparentemente para evitar ter que aumentar o seu tamanho após o início do arraste das toras. Na exploração com manejo, o tamanho dos pátios é menor por dois motivos. Primeiro, a quantidade de árvores que será puxada para cada pátio é previamente estimada, permitindo a estimativa do tamanho adequado do pátio. Segundo, os pátios não precisam estocar ao mesmo tempo todas as toras arrastadas. Pois, utiliza-se a técnica de derrubada por etapas, na qual derruba-se primeiro uma porção das árvores, arrastando-a até os pátios. Somente em uma segunda etapa o restante das árvores ao redor do mesmo pátio é derrubado e arrastado. Esta técnica foi desenvolvida para evitar que árvores fossem derrubadas sobre o tronco de outras já caídas ou para evitar situações de risco de acidente durante a derrubada.

Arraste das toras. A operação manejada de arraste das toras com o *skidder* foi significativamente mais produtiva do que a operação sem manejo com a mesma máquina: 33,7 m³/hora foram puxados com manejo *versus* 22,7 m³/hora sem manejo (p= 0.0001; teste t) (Tabela 6). Da mesma maneira, o arraste com trator de esteiras na exploração manejada foi mais produtivo do que na exploração sem manejo, embora a diferença não tenha sido significativa: 28 m³/hora com manejo *versus* 26,6 m³/hora sem manejo (p=0,24; teste t).

A extração mais inovadora (*skidder* com manejo) comparada à extração tradicional (trator de esteiras sem manejo) foi 26,7% mais produtiva (33,7 m³/hora *versus* 26,6 m³/hora) e 4,4% mais barata (US\$ 1,31 por m³ extraído *versus* 1,37/m³; Tabela 6). A diferença de produtividade, nesse caso, derivou do planejamento da exploração e da maior velocidade máxima potencial do *skidder* comparada ao trator de esteiras.

Tabela 6. Produtividade e custo do arraste de toras com e sem manejo de acordo com o tipo de máquina usada. Paragominas-PA, Amazônia Oriental.

| | <i>Skidder</i> | | Trator de esteiras | |
|---|------------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| | Sem manejo | Com manejo | Sem manejo | Com manejo |
| Características do trabalho | | | | |
| Velocid. de deslocam. sem carga (m/mim) | 77,9 (41;49) ^a | 112,9 ^b (78,7;90) | 63,0 (21,3;83) | 60,0 (22,6;126) |
| Velocid. de deslocam. com carga (m/min) | 73,0 (52,5;49) | 98,1 ^b (52,2;90) | 48,5 (25,7;62) | 56,0 ^b (20;126) |
| Distância de deslocam. com carga (m) | 159 (111,9;87) | 133,5 ^b (57,8;97) | 156,5 (112,4;70) | 136,6 (51,9;83) |
| Volume médio puxador por viagem (m ³) | 6,3 (3,4;91) | 5,4 (2,1;99) | 5 (2,6;108) | 4,9 (2,9;104) |
| Produtividade (m ³) puxado/hora | 22,7 (12,5;91) | 33,7 ^b (18,7;102) | 26,6 (16;108) | 28,0 (14,3;104) |
| Custo (US\$/m ³) ^c | 1,95 | 1,31 | 1,37 | 1,41 |

a Os números entre parênteses são desvio padrão e tamanho da amostra (n), respectivamente.

b Indica diferença entre as médias com e sem manejo ($P < 0,05$; teste t).

c O custo operacional do skidder foi estimado em US\$ 44,4/h, ou US\$ 0,74/min. Este custo foi estimado de acordo com o descrito na nota de rodapé c da Tabela 5, considerando o preço de compra de US\$ 150.000. A nota de rodapé da Tabela 5 também apresenta o custo operacional dos tratores de esteiras.

O manejo da exploração contribui de várias formas para o aumento da produtividade do trabalho. Na exploração manejada, o tempo gasto em erros foi cerca de nove vezes menor do que na exploração sem manejo. A principal causa dos erros na exploração não manejada foi a falta de orientação do tratorista quanto à localização e situação das árvores, exemplificada por: *i.* deslocamentos do tratorista até clareiras naturais (originadas da queda natural de árvores velhas) à procura de supostas toras recém derrubadas; *ii.* deslocamentos até toras que não deveriam ser puxadas (por exemplo, toras completamente rachadas); e *iii.* deslocamentos até árvores derrubadas, mas não despontadas (as árvores só podem ser puxadas depois que o motosserrista faz o desponte). Com manejo, esses problemas foram evitados através do uso do mapa de exploração, dos ramais de arraste marcados com fitas coloridas, e da comunicação entre as equipes de derrubada e arraste.

Na exploração manejada, o volume médio de madeira puxado por viagem de arraste foi menor do que na exploração sem manejo (Tabela 6). No entanto, o ganho em rapidez nas viagens superou a redução do volume

puxado em cada viagem, especialmente quando o *skidder* foi usado. O desenho de ramais de arraste com curvas suaves e a divisão dos troncos longos em toras menores (24% do total dos troncos foram divididos) ajudaram a aumentar a velocidade de arraste. Por outro lado, sem manejo, não houve ramais pré-determinados e somente 10% das árvores foram divididas. Neste caso, as toras longas freqüentemente engatavam em árvores de pé, ao longo dos caminhos com curvas acentuadas. O planejamento da estrada também ajudou a reduzir a distância média de arraste, contribuindo para o aumento da produtividade do trabalho.

Outro fator importante para o aumento da produtividade do arraste na exploração manejada usando o *skidder* foi a redução das manobras na coleta das toras. O tempo das manobras com *skidder* neste tipo de exploração foi 40% menor do que na exploração não manejada (3,36 min./tora *versus* 5,64 min./tora; $p=0.0009$; teste t). Essa redução foi possível pela redução da freqüência e da complexidade dos obstáculos à coleta das toras. Os obstáculos podem ser exemplificados pela direção da tora desfavorável ao arraste, presença do toco da árvore entre o trator e a tora, e derrubada de árvores umas sobre as outras. A freqüência desses obstáculos na exploração com manejo (18% dos casos; $n=302$) foi cerca de três vezes menor do que na exploração sem manejo (52% dos casos; $n=215$). E, a combinação desses obstáculos na exploração manejada (18%; $n=145$) também foi três vezes menor do que na exploração não manejada (56%; $n=177$).

Impactos do manejo na economia da exploração madeireira

Impactos na primeira colheita. O planejamento da exploração custou US\$ 1,87/m³ (Tabela 2). No entanto, parte dos custos do manejo foi recuperada pelo aumento da produtividade do trabalho. Os custos de derrubada (Tabela 4), abertura de estradas secundárias, abertura de pátios (Tabela 5) e arraste das toras (Tabela 6) somaram US\$ 1,84/m³ com o uso do *skidder* e US\$ 1,93/m³ utilizando o trator de esteiras. Na exploração não manejada, estes custos somaram US\$ 2,08/m³. Portanto, o aumento da produtividade do trabalho permitiu uma recuperação de 13% dos custos do manejo usando o *skidder* $(US\$ 1,84/m^3 - US\$ 2,08/m^3)/(US\$ 1,87/m^3)$ e 8% dos custos usando o trator de esteiras $(US\$ 1,93/m^3 - US\$ 2,08/m^3) / (US\$ 1,87/m^3)$.

O benefício econômico mais significativo do manejo decorreu da redução dos desperdícios de madeira. O desperdício de madeira na exploração não manejada resulta no maior custo da madeira extraída e na perda de oportunidade de lucro. Pois, menos madeira seria retirada, enquanto o preço do direito de exploração por hectare permaneceria o mesmo. Por exemplo, em Paragominas, o valor médio do direito de exploração era US\$ 193,0/ha em 1995 (Stone, 1996). Considerando que o volume explorável com manejo foi 38,6 m³/ha, o valor da madeira em pé seria US\$ 5,0/m³ (US\$ 193/38,6 m³/ha). Dado que sem manejo 25,4% do volume explorável foi perdido, apenas 28,8 m³/ha seriam explorados de uma área contendo 38,6 m³/ha [(38,6-(38,6 X 0,254)]. Seguindo esta lógica, o valor do direito de exploração da madeira na área sem manejo seria, de fato, US\$ 6,7/m³ (193/28,8). Portanto, a economia pela redução de desperdícios de madeira, US\$ 1,7/m³ (US\$ 6,7/m³ - US\$ 5,0/m³), equivaleria a 90% do custo do manejo (US\$ 1,87 m³).

Além de aumentar o custo médio da madeira extraída, o desperdício de madeira resultaria na perda do lucro que seria obtido se a madeira desperdiçada fosse vendida. Lembre-se que para cada 1 m³ extraído com manejo apenas 0,75 m³ seria aproveitado sem manejo. O lucro médio pela venda de 1 m³ de madeira em tora explorado com manejo foi estimado em US\$ 14,32/m³, enquanto o lucro pela venda de 0,75 m³ explorado sem manejo seria de apenas US\$ 10,64 (Tabela 7). O aumento de US\$ 3,68 (US\$14,32 - US\$ 10,64) da receita da colheita na exploração manejada resultaria da economia de US\$ 0,24/m³ pelo aumento da produtividade do trabalho; US\$ 1,7/m³ referente à redução do custo do preço da madeira em pé decorrente da redução de desperdícios de madeira; e US\$ 1,74/m³ em virtude do aproveitamento da oportunidade de lucrar com a venda da madeira que seria perdida sem manejo. O aumento do lucro na exploração manejada tornou a sua colheita 35% mais lucrativa do que a colheita da exploração não manejada.

A colheita com manejo seria mais lucrativa mesmo em áreas com menor volume de madeira explorável. Retornando ao exemplo anterior de uma floresta contendo 20 m³/ha de madeira explorável, estimamos que o custo do manejo da exploração seria de US\$ 3,75/m³. Se o valor do direito de exploração dessa floresta fosse mantido em torno de US\$ 193/ha e os custos de exploração por metro cúbico fossem similares aos observados neste estudo, a diferença entre receita líquida final com manejo e sem manejo seria US\$ 1,96/m³ [US\$ 7,8/m³ (com manejo) - US\$ 5,94 /m³ (sem manejo)]. Neste caso, o lucro na exploração manejada seria 31% maior do que na exploração sem manejo, ao invés de 35%, como no caso anterior.

Tabela 7. Custos, receita e lucro da extração com e sem manejo em Paragominas-PA, Amazônia Oriental.

| | Com manejo US\$/1 m ³ | Sem manejo ^a US\$/0,75 m ³ |
|---|-------------------------------------|---|
| Custos: | | |
| Derrubada da madeira extraída ^b | 0,25 | 0,30 |
| Abertura de estradas secundárias ^c | 0,22 | 0,17 |
| Abertura de pátios ^c | 0,07 | 0,13 |
| Arraste de toras até o pátio ^d | 1,31 | 1,0 |
| Embarque das toras ^e | 2,59 | 1,94 |
| Transporte até serraria ^f | 11,0 | 8,21 |
| Preço da madeira em pé ^g | 5,00 | 5,00 |
| Custos do planejam. exploração ^h | 1,87 | 0,00 |
| Outros custos ⁱ | 4,18 | 3,14 |
| Custos totais | 26,48 | 19,96 |
| Receita bruta ^j | 40,80 | 30,60 |
| Receita líquida | 14,32 | 10,64 |

a Considerando os desperdícios de madeira na derrubada e na exploração sem manejo, apenas 0,75 m³ de madeira seria extraído de cada metro cúbico derrubado (Tabela 3). Para considerar a perda da oportunidade de lucro resultante do desperdício de madeira na floresta, comparam-se custos e receitas de 1 m³ extraído com manejo aos custos e receitas da exploração de 0,75 m³ sem manejo. Nas notas abaixo, a menos que seja notado, o custo sem manejo foi calculado por m³ e depois multiplicado por 0,75.

b O custo da derrubada da madeira sem manejo foi estimado em 0,30/m³ (Tabela 4). Esse custo seria o mesmo para 0,75 m³, dado que 25% da madeira seria perdido (Tabela 3).

c No caso da exploração sem manejo, o custo de abrir estradas foi US\$ 0,23/m³ (Tabela 5). Portanto, o custo por 0,75/m³ seria US\$ 0,17 (0,23 X 0,75). Um cálculo similar foi feito para a abertura de pátios considerando os dados da Tabela 5.

d Com base nos dados da Tabela 6.

e Foram considerados os custos de embarcar as toras em caminhão no pátio da floresta. Os custos incluíram a operação da pá carregadeira de acordo com estimativa de Veríssimo et al., 1996 (Tabela 3).

f O custo do transporte da floresta até a indústria foi baseado em uma distância de 100 km e no custo de transporte de US\$ 0,11/m³/km. O custo de transporte foi obtido com dois madeireiros da região em janeiro de 1995.

g Na região de Paragominas, o valor da madeira em pé pode ser estimado considerando o valor do direito de exploração e o volume explorável em uma dada área. O valor médio do direito de exploração era US\$ 193/ha em 1995 (Stone, 1997). Assumindo que o volume explorável com manejo fosse de 38,6 m³/ha, o valor da madeira na floresta seria de US\$ 5/m³ (US\$ 193/38,6 m³). Na exploração sem manejo, o valor da madeira na floresta seria similar, mas somente 0,75 m³ seria explorado, dada a perda de 25% do volume.

h Foi considerado o custo do manejo (US\$ 72,2; Tabela 2) dividido pelo volume explorado (38,6 m³/ha).

i Além dos custos que foram levantados neste trabalho existem outros custos associados com a administração e manutenção durante uma estação de exploração. Por exemplo, estradas primárias são abertas e mantidas, e um capataz dirige os trabalhos de exploração. Baseado nas estimativas de Veríssimo et al. (1996), estes custos foram calculados em US\$ 4,18/m³. Consideramos que estes custos seriam similares para áreas com manejo e sem manejo.

j A receita com manejo foi o preço médio por metro cúbico de madeira em tora posta no pátio da indústria de acordo com estimativa de Stone (1997). A receita sem manejo foi obtida multiplicando o preço em metro cúbico multiplicado por 0,75 m³.

A variação do valor da madeira em pé, que está relacionada à distância da floresta ao centro de processamento (Stone, 1996), também influenciaria o lucro da exploração com e sem manejo. O direito de exploração de uma floresta localizada a 20 km de Paragominas valia US\$ 310,0/ha em 1995 (Stone, 1997). Considerando as estimativas de custos, o lucro da exploração desta floresta com manejo seria de US\$ 20/m³, ou cerca de 42% maior do que sem manejo (US\$ 14,17/m³). No caso de uma distância de 130 km, onde o direito de exploração valia US\$ 125/ha (Stone, 1997), o lucro da exploração manejada seria US\$ 12,8/m³, ou cerca de 28% maior do que o da exploração sem manejo (US\$ 10,0/m³). Portanto, dadas estas condições, o retorno do investimento no manejo da exploração seria maior em florestas mais próximas aos centros de processamento porque a redução dos custos totais de transporte seria maior do que o aumento no preço do valor da madeira em pé.

É importante notar que o alto desperdício de madeira durante o arraste foi o fator mais importante do menor rendimento na exploração não manejada. Em todas as áreas sem manejo estudadas, parte das árvores derrubadas não foi encontrada pela equipe de arraste. Esse tipo de desperdício é comum em toda a região, variando em quantidade de área para área (variou de 3,4 a 10,3 m³/ha em três áreas estudadas). Embora pareça improvável, é importante avaliar a situação de inexistência deste desperdício em uma operação sem manejo. Neste caso, o desperdício total de madeira seria de apenas de 5,8% do volume derrubado (considerando apenas o desperdício durante a derrubada). Portanto, o lucro da exploração não manejada seria de US\$ 14,4 por metro cúbico extraído, ou seja, similar ao lucro da exploração manejada (US\$ 14,3/m³).

De forma geral, considerando estas combinações hipotéticas de caracterizações da floresta, em ampla variação de situações, os lucros da primeira colheita na exploração com manejo seriam maiores ou pelo menos comparáveis ao lucro da exploração sem manejo.

A avaliação econômica apresentada até aqui considerou a mesma remuneração para os trabalhadores da exploração com e sem manejo. No entanto, o treinamento necessário para executar o manejo aumentaria o custo de oportunidade do trabalhador. Assim, é plausível que trabalhadores mais treinados ganhem mais. Uma nova análise considerou que os trabalhadores treinados receberiam o dobro dos salários dos operários não treinados. Esse aumento de salário elevaria os custos do manejo da exploração de US\$ 72,0/ha para cerca de US\$ 114,0/ha, ou cerca de US\$ 2,95/m³ (considerando exploração de 38,6 m³/ha). Neste caso, o lucro da exploração manejada (US\$ 12,0 m³) seria ainda cerca de 12,8% maior do que o lucro da exploração sem manejo (US\$ 10,64 m³).

Rentabilidade no médio prazo. O valor presente da receita líquida (VLP) da exploração do primeiro e segundo corte de madeira com e sem manejo pode ser usado para avaliar os impactos do manejo no médio prazo. Para estimar a receita líquida do segundo corte seletivo foi necessário primeiro estimar o volume de madeira disponível no futuro. Para isso, Barreto *et al.* (1993) estimaram, através de simulações, o volume de madeira disponível no futuro nas explorações com e sem manejo num dado período. Este volume dependeria do número de árvores remanescentes após a primeira colheita e das taxas de mortalidade e crescimento dessas árvores até o segundo corte.

A estimativa do número de árvores remanescentes foi feita com base em dados de três áreas recém exploradas sem manejo na região de Paragominas. O estoque de árvores potencialmente exploráveis no futuro seria maior se essas áreas tivessem sido exploradas com manejo, dada a redução de danos. Johns *et al.* (1996) encontraram, na mesma área onde este estudo foi conduzido, que o número de árvores danificadas para cada árvore extraída com manejo foi cerca de 30% menor do que sem manejo. Baseado neste mesmo nível de redução de danos observado também em outros estudos na Malásia, Barreto *et al.* (1993) estimaram o acréscimo do estoque de árvores no caso da exploração manejada.

Para a estimativa do volume disponível no segundo corte, consideramos ainda que o crescimento das árvores aumentaria através de tratamentos silviculturais (corte de cipós e desbaste) na área com manejo. Com base em dados da literatura e da região de Paragominas, Barreto *et al.* (1993) consideraram dois níveis de crescimento diamétrico com tratamentos silviculturais, 0,6 e 0,8 cm/ano, e um nível sem tratamentos, 0,3 cm/ano. Em ambos os casos foi considerado taxa de mortalidade das árvores de 2% ao ano, baseado em estudos em Paragominas e Silva (1989) na região de Santarém no Pará.

No cenário de crescimento rápido (0,8 cm/ano com manejo) e redução de danos, em 20 anos o volume disponível para colheita seria 39 m³/ha. Sem manejo seria apenas 16 m³/ha no mesmo período (Tabela 8). Se os tratamentos silviculturais tivessem menor impacto no crescimento das árvores (incremento diamétrico de 0,6 cm/ano), seriam necessários 30 anos para que o volume disponível, 38,2 m³/ha, fosse similar ao volume explorado no primeiro corte. Sem manejo, o volume seria de apenas 16,8 m³/ha em 30 anos (Tabela 8).

Tabela 8. Estimativa de valores presentes da receita líquida da exploração de madeira com e sem manejo florestal para ciclos de corte de 20 e 30 anos usando quatro taxas de desconto. Paragominas, PA, Amazônia Oriental.

| | Volume explorado (m ³ /ha) | | | Total do valor presente da receita líquida (US\$/ha) da 1 ^a e 2 ^a colheitas de madeira de acordo com taxas de desconto anual ^a | | | |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------|--------|---|-------|-------|-------|
| | 1 ^o corte | 2 ^o corte ^b | total | 6% | 8% | 12% | 20% |
| Ciclo de corte de 20 anos | | | | | | | |
| Exploração manejada e tratam. silviculturais | 38,6 | 39,0 | 77,6 | 615 | 552 | 480 | 430 |
| Exploração sem manejo e sem tratamentos silviculturais ^c | 29,0 | 16,0 | 45,8 | 395 | 367 | 333 | 309 |
| | (36,3) | | (52,3) | (562) | (531) | (495) | (468) |
| Ciclo de corte de 30 anos | | | | | | | |
| Exploração manejada e tratam. silviculturais | 38,6 | 38,2 | 76,8 | 507 | 467 | 433 | 419 |
| Exploração sem manejo e sem tratamentos silviculturais | 29,0 | 16,8 | 45,8 | 351 | 331 | 313 | 321 |
| | (36,3) | | (53,1) | (515) | (492) | (472) | (463) |

a As receitas brutas foram baseadas no volume explorado e no preço médio da madeira posta no pátio da serraria (US\$ 40,8/m³). O custo da exploração foi baseado na estimativa apresentada na Tabela 7. O cronograma das atividades com e sem manejo é apresentado no Apêndice.

b De acordo com estimativas de Barreto et al. (1993).

c Consideramos dois cenários de produção para a primeira colheita. No primeiro caso (29 m³/ha), assumimos que o volume extraído sem planejamento seria somente 75% do volume extraído com manejo em virtude dos desperdícios (Tabela 3). No segundo caso (números em parênteses), assumimos que todas as árvores derrubadas seriam extraídas e, portanto, o volume extraído seria 94,2% do volume extraído na exploração manejada. O restante do volume descontado, 5,8%, refere-se aos desperdícios de madeira durante a derrubada sem manejo.

O volume explorável no segundo corte com manejo, em 20 ou 30 anos, seria cerca de 22 m³/ha maior do que no caso sem manejo. É importante notar que cerca de 85% dessa diferença teria como causa o maior estoque de árvores após o primeiro corte (resultado da redução de danos em 30%), enquanto somente 15% derivariam do aumento do crescimento (resultado de tratamentos silviculturais). Essa análise sugere que as medidas para evitar danos estabelecidas durante o manejo devem aumentar significativamente o volume explorável no futuro.

Considerando todos os custos da extração e do manejo para um ciclo de 20 anos, o VLP de duas colheitas com manejo seria de 39 a 56% maior do que sem manejo, dependendo da taxa de desconto usada. Por exemplo, o VLP com taxa de desconto de 8% com manejo seria de US\$ 552/ha, ou cerca de 50% maior do que sem manejo (US\$ 367/ha; Tabela 8). Na situação de menor crescimento das árvores (ciclo de corte de 30 anos), o VLP com manejo seria de 38% a 44% maior do que sem manejo. O VLP com manejo e taxa de desconto de 8% ao ano seria US\$ 467/ha, ou seja 41% maior do que o VLP sem manejo, US\$ 331/ha (Tabela 8).

Estimamos também os VLPs da exploração não manejada assumindo que todas as árvores derrubadas seriam encontradas durante o arraste no primeiro corte. Neste cenário, somente para o ciclo de corte de 20 anos com taxas de desconto menores que 12% (Tabela 8), o VLP da exploração manejada seria maior do que o da exploração não manejada. Para as colheitas com ciclo de corte de 30 anos, os VLPs da exploração não manejada seriam ligeiramente maiores do que os das colheitas com manejo para todos as taxas de desconto examinadas (Tabela 8).

Em resumo, no curto prazo, o manejo da exploração produziria benefícios financeiros maiores (ou pelo menos comparáveis) do que os seus custos. No médio prazo, o efeito dos benefícios combinados (redução de desperdícios de madeira, maior crescimento das árvores, e redução de danos às árvores remanescentes) resultaria em VLPs geralmente maiores na exploração manejada. Portanto, a análise revela que este tipo de exploração seria frequentemente mais lucrativo do que a exploração sem manejo para aqueles que exploram e vendem a madeira.

Uma visão de longo prazo

Este trabalho, de modo geral, analisa o manejo apenas em horizonte futuro de 20 a 30 anos, tempo considerado necessário para uma segunda colheita seletiva de madeira. Entretanto, Barreto *et al.* (1993) também avaliaram as perspectivas de uma terceira colheita seletiva. Para isso, o estudo considerou as árvores com diâmetro entre 10 e 30 cm em três áreas exploradas. A produção e intervalo entre cortes foi projetada, como mencionado anteriormente, simulando de maneira conservadora taxas de crescimento e mortalidade para um estoque de 59 árvores por hectare com diâmetro entre 10 e 30 cm. Os autores concluíram que com manejo uma terceira colheita de um volume similar aos dois cortes prévios (35 a 40 m³) seria possível em aproximadamente 60 anos (por exemplo, 30 a 40 anos após a segunda colheita).

As perspectivas de colheita de madeira além do terceiro corte dependem do sucesso da regeneração das espécies madeireiras. Veríssimo *et al.* (1996) registraram aproximadamente 4.300 plântulas e varetas (maior do que 15 cm de altura e até 5 cm de diâmetro) de espécies madeireiras por hectare em três áreas, indicando, pelo menos, um potencial para colheitas de madeira além do terceiro corte.

Mesmo que sejam tomadas medidas para explorar de forma cuidadosa e para estimular a regeneração de espécies madeireiras (por exemplo, deixando árvores produtoras de sementes), a exploração tende a ocasionar mudanças na composição e dominância de espécies localmente (em cada área explorada). Portanto, existe uma grande demanda por estudos que examinem como a exploração afeta a reprodução, sobrevivência e crescimento da vegetação e como estes efeitos, por sua vez, poderiam afetar a fauna. Finalmente, será importante agregar informações sobre a idade inicial de reprodução, fenologia de frutificação e dinâmicas de regeneração em modelos de desenvolvimento de povoamentos florestais. Através da modelagem de desenvolvimento dos povoamentos seria possível chegar a previsões satisfatórias sobre ciclos de corte adequados e sobre a composição provável da segunda e terceira colheitas seletivas. Contudo, será difícil, talvez mesmo impossível, predizer de forma confiável, já no primeiro corte, a composição do quarto corte em diante.

Martini *et al.* (1994) elaboraram hipóteses de que certos conjuntos de características ecológicas poderiam predispor determinadas espécies madeireiras ao declínio populacional diante da pressão da exploração. Por exemplo, uma espécie com alto valor madeireiro, com distribuição geográfica limitada, pouca habilidade de dispersão, crescimento lento, alta sensibilidade ao fogo e pequena população juvenil poderia ser mal preparada para sobreviver em áreas submetidas à exploração. Ao contrário, uma espécie de baixo valor comercial (baixa pressão de exploração), com ampla distribuição geográfica, reprodução precoce, boa habilidade de dispersão, crescimento rápido, alta resistência ao fogo e abundante população juvenil poderia aumentar a população em áreas exploradas. No entanto, é necessário ir além destas noções gerais para desenvolver, com base em informações empíricas, sistemas para predição do declínio populacional e erosão genética de espécies madeireiras. Desta forma, seria possível desenvolver sistemas de manejo potencialmente mais eficazes quanto à manutenção das espécies mais sensíveis à exploração.

Obstáculos à adoção do manejo

Embora esta análise mostre que a produção de madeira através de manejo florestal seria lucrativa, o manejo raramente é adotado por madeireiros ou proprietários rurais. Muitos fatores contribuem para a não implementação do manejo, sendo uma das principais a falta de informação. Portanto, os madeireiros precisam conhecer as técnicas de manejo e entender claramente os custos e benefícios de sua implementação.

Além disso, a exploração não manejada, mesmo ineficiente, ainda é lucrativa no curto prazo. Por exemplo, após a primeira exploração em três áreas em Paragominas restavam, em média, 27 m³/ha de árvores com DAP \geq 30 cm de valor comercial (Barreto *et al.*, 1993). Se metade deste volume (13,5 m³/ha) fosse explorado 10 anos após o primeiro corte em cenário de mesmos custos e preços da madeira usados nos cálculos anteriores, o VLP com taxa de desconto de 8% seria cerca de US\$ 452/ha. Esse valor é similar ao VLP da colheita com ciclo de corte de 30 anos com manejo com mesma taxa de desconto (US\$ 467/ha). No entanto, o corte agressivo da floresta sem manejo ocasiona a sua degradação. Frequentemente estas florestas mais abertas por exploração intensiva sofrem incêndios (Uhl and Kauffman, 1990). Com exploração repetida em intervalos curtos e fogos frequentes, as áreas florestais logo perdem as suas características fundamentais.

Sem medidas para estimular o manejo, as perspectivas de adoção de melhores práticas de exploração parecem menores ainda para proprietários de terras florestais que se dedicam à agropecuária. Por exemplo, no município de Paragominas mais de 80% da terra (grande parte floresta), pertence a fazendeiros e agricultores. Estes proprietários rurais, frequentemente, têm vendido os direitos de exploração aos madeireiros e têm tido pouco interesse em produção sustentável de madeira. Pois, esta é geralmente menos rentável do que as outras opções de uso da terra; os ciclos de corte de madeira são bem mais longos do que os ciclos produtivos da agropecuária e o valor da venda do direito de exploração tem sido baixo, pelo menos até recentemente. Por exemplo, o valor do direito de exploração da madeira de um hectare de floresta na região de Paragominas era US\$ 70 em 1990 (Veríssimo *et al.*, 1996). Assumindo crescimento rápido das árvores, o proprietário rural poderia vender o direito de exploração a cada 20 anos. Caso o madeireiro custeasse o manejo, o VLP da venda do direito de exploração de dois cortes de madeira, descontando o imposto rural e o custo do capi-

tal investido na terra, seria de cerca de US\$ 43,4 /ha¹ à taxa de desconto de 6% ao ano. Por outro lado, o VLP da pecuária de engorda em larga escala seria cerca de duas vezes maior (US\$ 92/ha), enquanto o da pecuária semi-intensiva para produção de gado de corte era cerca de oito vezes maior, ou US\$ 362/ha (Mattos e Uhl, 1996; Almeida e Uhl, 1996) no início dos anos 90. Essas diferenças no potencial de rendimento têm levado os agropecuaristas a venderem a madeira apenas como uma fonte de capital para financiar a agropecuária, sem no entanto manejar a floresta.

A falta de interesse dos proprietários rurais pela produção de madeira através de manejo florestal criou uma visão de que a produção sustentável de madeira só seria viável se o industrial madeireiro possuísse toda a área necessária para abastecer sustentavelmente sua indústria. Por exemplo, uma serraria típica da região de Paragominas necessitaria de cerca de 7.500 hectares exploráveis (250 ha ano X ciclo de corte de 30 anos) para o atendimento sustentável da sua demanda. Esse investimento em grandes áreas de terra parece inviável ou indesejável para a maioria dos madeireiros. É certo que industriais madeireiros têm comprado terra, porém não parece que a maioria tem conseguido adquirir área suficiente para atender suas demandas. Além disso, o investimento em áreas grandes não parece desejável diante dos riscos de invasões de terras. Por exemplo, em um levantamento liderado pela Embrapa (1996) encontrou-se que em 25% das áreas pertencentes a companhias madeireiras (n=16) havia ocorrido algum tipo de conflito sobre a posse da terra.

Contudo, em virtude dos aumentos recentes no valor da madeira, a exploração sustentável pode começar a ser competitiva com outros usos da terra, pelo menos para os proprietários dispostos a considerar análises econômicas de longo prazo. O valor do direito de exploração da madeira de um hectare de floresta na região de Paragominas aumentou de US\$ 70/ha para cerca de US\$ 193/ha em 1995. Assumindo que o proprietário vendesse o direito de exploração e o madeireiro custeasse o manejo, o VLP da venda de dois cortes de madeira seria cerca de US\$ 203/ha, para ciclo de corte de 20 anos, e de US\$ 169/ha para ciclo de corte de 30 anos. Estes valores seriam maiores do que o VLP para a pecuária de engorda (US\$ 92/ha), porém, menores do que para a pecuária intensiva em pastos recuperados (US\$ 362/ha). É preciso frisar que estas análises consideram prazos que, provavelmente, estão acima daqueles estabelecidos pelos agropecuaristas nas suas decisões. De fato, o alto preço da madeira sem medidas de estímulo ao manejo pode estimular o aumento da exploração desordenada como Veríssimo *et al.* (1996) demonstraram para o caso da exploração de mogno, a madeira mais valiosa da Amazônia.

O papel de uma política florestal na adoção do manejo em escala regional

Apesar da potencial viabilidade econômica do manejo para produção de madeira, parece pouco provável que o manejo seja amplamente adotado na região enquanto predominarem as condições presentes. Ou seja, pouca divulgação das informações; dificuldades de acesso a áreas de tamanho suficiente para atender sustentavelmente a demanda das indústrias; e menor rentabilidade potencial do manejo comparada a outras alternativas de uso da terra. Portanto, para que o manejo seja adotado será necessário uma política que integre: *i.* planejamento do uso de terras públicas; *ii.* estímulo econômico ao manejo; *iii.* educação; e *iv.* monitoramento do uso dos recursos florestais.

Planejamento do uso de terras públicas. O governo não tem conseguido desenvolver uma visão de uso de terras públicas na Amazônia e uma estratégia para fazer cumprir estas políticas. Por isso, essas terras são freqüentemente ocupadas de acordo apenas com interesses privados, geralmente imediatistas, causando prejuízos aos interesses públicos. Por exemplo, há uma corrida do setor privado para ganhar o controle das florestas públicas. Violência e ilegalidade (por exemplo, falsificação de documentos) são rotina nessa corrida dominada por poucos (Jornal do Brasil Online, 1995). Esse tipo de ocupação pode ganhar proporções cada vez maiores à medida que aumenta a demanda por madeira e que aumentam os investimentos em infra-estrutura na região. Em meados da década de 90, já havia o potencial econômico para explorar madeira de 80% das terras florestais do Pará. Além disso, quase três quartos das terras oficialmente protegidas (29% do Estado) estavam localizados dentro da zona onde era viável explorar madeira (Souza, Jr. et al., 1997). Empresas madeireiras já estavam explorando madeira de muitas destas áreas protegidas (Veríssimo et al., 1996). Um plano de ocupação sensata dessas terras poderia gerar benefícios econômicos como o recolhimento adequado de taxas e impostos; sociais, por exemplo, redução de conflitos por posse da terra; ambientais, tal com a conservação de espécies e do solo; e políticos como a demonstração à comunidade internacional de que o país está genuinamente comprometido a estabelecer o desenvolvimento sustentável na região.

A abundância de terras florestais na Amazônia tem sido um desestímulo para a sua conservação. Pois, o valor das terras diminui (principalmente com o fácil acesso aos seus recursos) e o controle do seu uso torna-se

difícil. Desta maneira, a conservação da floresta requer medidas que tornem os recursos florestais artificialmente escassos. Para isso, é importante controlar onde a exploração de madeira pode ser praticada.

Recentemente, Souza Jr. *et al.* (1997) propuseram uma metodologia para o zoneamento da exploração de madeira no Estado do Pará, mostrando as áreas onde a exploração poderia ser permitida e onde deveria ser proibida. Inicialmente, o estudo mostra que 19% do Estado são terras não florestais (desmatadas ou outros tipos de vegetação natural não florestal). As terras para exploração madeireira com manejo, com base em considerações econômicas e de conservação, abrangeriam aproximadamente 32% do Pará (400.000 km²). Parte destas terras são terras públicas que poderiam ser transformadas em Reservas de Produção. Essa medida teria potencial de gerar riquezas para o Estado, dada a demanda crescente de madeira dos mercados nacional e internacional. Outras fontes de renda poderiam ser exploradas como o ecoturismo e os produtos florestais não madeireiros. Tal medida também teria o papel de dividir entre a sociedade os custos de manter outros bens e serviços que o setor privado geralmente não prioriza, como a conservação da biodiversidade e proteção de bacias hidrográficas.

Vários modelos de administração de florestas públicas de produção têm sido usados em diferentes países. Por exemplo, essas áreas poderiam ser mantidas como terras públicas, cujo direito de exploração seria leiloado. De outra forma, as florestas públicas poderiam ser concedidas para uso privado por longo período de tempo mediante o pagamento de taxas de uso. Nem um destes modelos é livre de problemas e controvérsias típicas da administração de bens públicos (por exemplo, definição de preços e de quem é elegível para participar nos programas). Um fator essencial para o sucesso de qualquer dos modelos seria a transparência administrativa e o envolvimento da sociedade e políticos locais no processo de decisão. Organizações não governamentais existentes na região poderiam ser um dos componentes de sistemas mistos (público/privado) de administração destas áreas.

Souza Jr. *et al.* (1997) sugerem que o restante da área do Estado (49% ou 612.000 km²) seja protegido da exploração de madeira. Essas terras incluem terras florestais já oficialmente proibidas para exploração de madeira (29% do Pará), bem como áreas ainda não protegidas, mas com alta prioridade de conservação, por exemplo, áreas que são especialmente ricas em biodiversidade de acordo com a Conservation International (1991).

Estímulo econômico. O planejamento da exploração requer investimentos nas atividades antes da venda da madeira (Tabela 2). Muitos proprietários rurais não dispõem de capital para tal investimento. O Banco da Amazônia tem fundos para o desenvolvimento rural (por exemplo, o Fundo Constitucional do Norte, FNO). Contudo, estão faltando protocolos para o financiamento de manejo florestal, e os agentes do banco não estão dispostos a estabelecer linhas de financiamento quando a informação é escassa e o risco é alto. Portanto, estudos para definir protocolos sensatos e adequados para o financiamento da silvicultura regional são urgentemente necessários.

Mudanças na legislação que estimulem o aumento do preço da madeira também poderiam incentivar o manejo florestal. Por exemplo, os proprietários florestais, com a segurança de posse da terra, poderiam se interessar pela produção sustentável se recebessem mais pela madeira. No presente, a proibição da exportação de toras provavelmente mantém os preços no mercado interno relativamente baixos. Se a exportação de toras de florestas nativas fosse liberada, os proprietários rurais poderiam vender as toras para o mercado internacional a preços potencialmente mais atrativos. Por exemplo, o valor das madeiras em pé com mercado internacional (somente uma fração das madeiras da região atualmente tem mercado internacional) poderia ser cinco a dez vezes maior do que o valor recente na região de Paragominas (US\$ 5 a 9/m³). Portanto, se a exportação de toras fosse permitida, o manejo poderia ser tão ou mais atrativo do que a agropecuária. Por isso, seria recomendável abolir tal proibição com base em estudos detalhados sobre o efeito dessa medida. Por exemplo, na ausência de programas governamentais confiáveis de monitoramento e controle da exploração florestal (Embrapa, 1996), seria recomendável apenas permitir a exportação de toras de projetos vinculados aos emergentes programas de certificação ambiental para garantir que essa medida beneficie realmente os proprietários rurais que manejam a floresta. Os certificadores verificam se os produtos são produzidos de acordo com normas de proteção ambiental. Os programas de certificação divulgam os produtos certificados para abrir mercados de compradores exigentes quanto ao respeito a processos de produção ecologicamente seguros.

Educação. A simples divulgação das informações sobre manejo florestal pode incentivar a sua adoção, uma vez que esta prática possui potencial de aumento de lucro e reduz significativamente os danos à floresta. Desde o início deste trabalho, observamos um interesse grande por estas informações por parte de vários empresários madeireiros, sendo que alguns já estão adotando o manejo florestal.

É necessário estabelecer programas de extensão com abrangência regional. Diferentes modelos de extensão poderiam ser elaborados de acordo com as necessidades de cada tipo de proprietário. Por exemplo, de acordo com a análise apresentada aqui, os empresários madeireiros não necessitariam de assistência técnica gratuita. Mas precisariam estar convencidos de que investir em manejo é necessário e viável. Um modelo de extensão florestal usado nos Estados Unidos parece adequado para a educação dos proprietários capitalizados da região. Lá, extensionistas estaduais visitam proprietários de terras e conjuntamente definem objetivos gerais do manejo da propriedade, considerando as características da área e objetivos do proprietário. O extensionista fornece aos proprietários uma lista de consultores credenciados. O proprietário então contrata o seu consultor e prossegue com o manejo. Um modelo de extensão mais intensivo poderia ser usado para proprietários rurais descapitalizados. Por exemplo, além de definir objetivos do manejo, extensionistas públicos poderiam ajudar com inventários florestais, elaboração dos planos de exploração e treinamento de pessoal.

Controle e monitoramento. Existe um conjunto de regulamentos que objetiva proteger áreas sensíveis (por exemplo, margens de rios), proteger espécies, e que define parâmetros técnicos do manejo florestal. Contudo, é amplamente reconhecido que os regulamentos do uso da terra na Amazônia são ignorados. Não é claro quanto do mal desempenho do monitoramento pode ser atribuído à falta de recursos. Mas existem evidências de fraudes no processo. Por exemplo, projetos fictícios de manejo são usados para legalização de exploração ilegal de madeira (Oliveira *et al.*, 1995). Portanto, antes de aumentar recursos para este setor, seria importante criar um sistema de monitoramento menos sujeito à fraude. Auditorias independentes e sistemáticas poderiam ser estabelecidas para evitar irregularidades. Por exemplo, anualmente conselhos de auditores poderiam refazer a fiscalização de 5 a 10% das áreas fiscalizadas pelo Ibama. Além de identificar irregularidades, o que permitiria punir agentes fraudulentos, os auditores deveriam sugerir melhorias nos protocolos de monitoramento e nas técnicas de manejo. Membros de organizações governamentais e não governamentais formariam os conselhos de auditoria. As áreas a serem fiscalizadas seriam definidas aleatoriamente em sorteios públicos. Além disso, cidadãos interessados deveriam ter livre acesso à auditoria e fiscalização.

CONCLUSÃO

A exploração manejada de madeira pode ser mais lucrativa do que as operações sem manejo, o modelo típico da região. Estimamos que a rentabilidade da primeira colheita de madeira com manejo seria cerca de 35% maior do que a da exploração sem manejo em virtude da maior produtividade do trabalho e, principalmente, por causa da redução dos desperdícios de madeira. A rentabilidade da exploração manejada ainda seria maior mesmo em cenários cuja rentabilidade da exploração em geral é menor (por exemplo, baixo volume de madeira explorável, áreas distantes dos centros de processamento).

A exploração de madeira com manejo também pode ser mais rentável quando as análises a médio prazo são consideradas. A redução de danos e o uso de tratamentos silviculturais deveriam aumentar o volume de madeira disponível em cortes futuros. Estimamos que o VLP de duas colheitas de madeira com manejo, em ciclo de corte de 30 anos, seria cerca de 38% a 45% maior do que sem manejo, considerando taxas de desconto entre 20 e 6% , respectivamente.

Embora pareça que o manejo florestal para produção de madeira possa ser lucrativo no curto e médio prazos, esta análise não considera os impactos biológicos da exploração de madeira no longo prazo e, portanto, não deve ser interpretada como um endosso à exploração de madeira em toda a região. Obviamente, outros estudos serão necessários para ajustar práticas de manejo a diferentes áreas e ao longo do tempo. Uma ferramenta importante para esses estudos é o monitoramento do desenvolvimento da floresta após a exploração.

O desempenho econômico do manejo florestal parece promissor, entretanto as técnicas de manejo raramente têm sido usadas na região, devido a vários fatores. Entre eles, o desconhecimento dos benefícios deste tipo de exploração pelos atores do setor florestal; a lucratividade da exploração tradicional (embora ineficiente); o desrespeito à legislação florestal, que poderia induzir o uso sustentável da floresta; e o tamanho da área de floresta para atender sustentavelmente a demanda de uma empresa madeireira; ou seja, a compra de grandes áreas é vista como um investimento de alto risco na região, dadas freqüentes disputas pela posse da terra. Por outro lado, novos colonos em áreas de fronteira estarão pouco dispostos a usar a floresta pensando no longo prazo se lhe faltarem condições de crédito e assistência técnica.

O desenvolvimento de um setor florestal que use de forma inteligente as florestas nativas da região dependerá de uma ampla ação da sociedade e do governo. Essas ações envolvem: *i.* educação sobre manejo florestal e seus benefícios; *ii.* controle e fiscalização eficiente da atividade madeireira; *iii.* planejamento da ocupação de terras públicas de forma justa (por exemplo, respeitando populações tradicionais e indígenas), e que estimule a confiança nos direitos de propriedade e uso da terra; e *iv.* incentivos econômicos diretos (financiamento) e mudanças na legislação que estimulem a valorização dos recursos florestais (por exemplo, liberação condicional da exportação de toras de florestas nativas). Se prevalecerem a apatia e/ou incapacidade social para resolver estes problemas, o desmatamento e a exploração desordenada de madeira vão continuar.

AGRADECIMENTOS

Este estudo teve apoio do Fundo Mundial Para Natureza (WWF), através de fundos da USAID (United States Agency for International Development). Agradecemos a Johan Zweede por repartir seus conhecimentos sobre manejo florestal; a Caterpillar pelo empréstimo dos tratores e a SOTREQ-Belém pela manutenção dessas máquinas; a administração do IMAZON pelo apoio intensivo durante o trabalho de campo; a JARI Celulose pela ajuda na seleção de pessoal treinado e na doação de equipamentos; a Jennifer Johns por compartilhar dados de sua pesquisa; a Jeffrey Gerwing pela ajuda na coleta de dados; a Jared Hardner pela assistência na elaboração dos mapas de exploração; aos assistentes de campo pela dedicação e paciência; a Stihl pela doação de motosserras; a Adalberto Veríssimo por compartilhar idéias no desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, O. e UHL, C. 'Planejamento do uso do solo do município de Paragominas utilizando dados econômicos e ecológicos', in Almeida, O. (Org.), *A Evolução da Fronteira Amazônica: Oportunidades para um Desenvolvimento Sustentável*, Porto Alegre: Edições Caravelas, 1996, pp. 101-133.
- BARRETO, P., UHL, C. e Yared, J. 'O potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas-PA, no leste da Amazônia: considerações ecológicas e econômicas', in: *Anais do VII Congresso Florestal Brasileiro e I Congresso Florestal Pan-americano*, Curitiba, SBS-SBEF, setembro, 1993, pp. 387-392.
- BARROS, A. C. e UHL, C. 'Padrões, problemas e potencial da exploração madeireira ao longo do rio Amazonas e do seu estuário', in Barros, A. C e Veríssimo, A (Eds.), *A Expansão da Atividade Madeireira na Amazônia: Impactos e Perspectivas para o Desenvolvimento do Setor Florestal do Pará*, 1996, pp. 109-142.
- Caterpillar. *Caterpillar Performance Handbook*, 23rd edition, Caterpillar, Peoria, IL, USA, 1992.
- Conservation International. *Biological Priorities for Conservation in Amazonia. Workshop 90*, Conservation International, Washington DC, 1991.
- DE GRAAF, N. R. *A Silvicultural System for Natural Regeneration of Tropical Rain Forest in Suriname*. Wageningen, The Netherlands: Agricultural University, 1986, 247p.
- Embrapa. *Diagnóstico dos Projetos de Manejo Florestal no Estado do Pará - Fase Paragominas. Relatório Preliminar*, Embrapa, Belém, 1996.
- HOLDSWOTH, A. R. e UHL, C. 'Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction', *Ecological Applications*, 7: 713_725, 1997.
- JOHNS, J., BARRETO, P., e UHL, C. 'Logging damage in planned and unplanned logging operations and its implications for sustainable timber production in the eastern Amazon', *Forest Ecology and Management*, 89:59_77, 1996.
- Jornal do Brasil on line. *Grileiros de terra já controlam 12% do Pará*. Rio de Janeiro, 23 de julho de 1995.
- MARTINI, A., ROSA, N. e UHL, C. 'An attempt to predict which Amazonian tree species may be threatened by logging activities', *Environmental Conservation*, 21: 152-162, 1994.
- MATTOS, M. e UHL, C. 'Perspectivas econômicas e ecológicas da pecuária na Amazônia Oriental na década de 90: o caso de Paragominas', in: *A evolução da Fronteira Amazônica: Oportunidades para um Desenvolvimento Sustentável*. Almeida, O. (Org.). Porto Alegre: Edições Caravelas, 1996, pp. 39-62.

- OLIVEIRA, J. N., ALBUQUERQUE, F., S. e RIBEIRO, J.A. Levantamento sobre Exploração Madeireira Através de Planos de Manejo Florestal no Estado de Rondônia no Período de 1987-1991. ECOPORE (Ação Ecológica Vale do Guaporé), Rolim de Moura, RO, 1995, Manuscrito.
- PEARL, M., KIERNAN, M., MACCAFFREY, D., BUSCHBACKER, R. and BATMANIAN, G. Views from the Forest: Natural Forest Management Initiatives in Latin America. World Wildlife Fund, Washington, DC, 1991.
- SILVA, J.N.M. The Behaviour of the Tropical Rain Forest of the Brazilian Amazon After Logging. PhD thesis, University of Oxford, England, 1989.
- SOUZA, Jr. C., VERÍSSIMO, A., STONE, S. e UHL, C. Zoneamento da Atividade Madeireira na Amazônia: Um Estudo de Caso para o Estado do Pará, *Série Amazônia*, nº 8, Imazon, Belém, 1997, 26p.
- STONE, S. Growth of the Timber Industry in the Eastern Amazon: Economic Trends and Implication for Policy. PhD dissertation, Cornell University, Ithaca, 1997, 222 p.
- UHL, C; BUSCHBACHER, B. and SERRÃO, A. 'Abandoned pastures in eastern Amazonia. I Patterns of plant succession', *Journal of Ecology*, 76:663-681, 1988.
- UHL, C. and VIEIRA, I., C. G. 'Ecological impacts of selective logging in the Brazilian Amazon: a case study from the Paragominas region in the state of Para', *Biotropica*, 21:98-106, 1989.
- UHL, C. and KAUFFMAN, J.B. 'Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon', *Ecology*, 71: 437_449, 1990.
- VERÍSSIMO, A., UHL, C., MATTOS, M., BRANDINO., Z. e VIEIRA, I. 'Impactos sociais, econômicos e ecológicos da exploração seletiva de madeiras numa fronteira da Amazônia Oriental: o caso de Tailândia, in Barros, A. C e Veríssimo, A (Eds.), A Expansão da Atividade Madeireira na Amazônia: Impactos e Perpectivas para o Desenvolvimento do Setor Florestal do Pará, Belém, 1996, pp. 142-164.
- VERÍSSIMO, A., BARRETO, P., MATTOS, M., TARIFA, R., e UHL, C. 'Impactos da atividade madeireira e perspectivas para o manejo sustentável numa velha fronteira amazônica: o caso de Paragominas', in Barros, A. C. e Veríssimo, A. (Eds.), A Expansão da Atividade Madeireira na Amazônia: Impactos e Perpectivas para o Desenvolvimento do Setor Florestal do Pará, Belém, 1996, pp. 47-74.
- VERÍSSIMO, A., BARRETO, P., TARIFA, R., e UHL, C. 'A exploração de recurso florestal de alto valor econômico: o caso do mogno, in Barros, A. C. e Veríssimo, A. (Eds.), A Expansão da Atividade Madeireira na Amazônia: Impactos e Perpectivas para o Desenvolvimento do Setor Florestal do Pará, Belém, 1996, pp. 77-108.

APÊNDICE

Cronograma de atividades para duas colheitas de madeira com e sem manejo de acordo com os ciclos de corte

| Atividades | Ano de execução das atividades de acordo com cenários | | |
|--|---|------------|---|
| | Exploração manejada e tratamentos silviculturais | | Exploração sem manejo e sem tratamento silviculturais |
| | 30 anos | 20 anos | 20 ou 30 anos |
| Consultoria para elaboração do plano de manejo | -1,5 | 1,5 | - |
| Demarcar talhão ^b | -1;30 | -1;20 | - |
| Abrir trilhas de orientação do mapeamento das árvores ^b | -1 | -1 | - |
| Mapeamento das árvores ^b | -1 | -1 | - |
| Cortar cipós ^b | -1;10;20 | -1;10 | - |
| Taxa de vistoria ^b | 0;30 | 0;20 | - |
| Analisar dados e elaborar mapa de exploração ^b | -1;30 | -1;20 | - |
| Orientar exploração ^b | 0;30 | 0;20 | - |
| Anelar árvores indesejáveis ^c | 1;10;20 | 1;10 | - |
| Instalar parcelas permanentes ^d | -1 | -1 | - |
| Medir parcelas permanentes ^d | -1;5;10;15;20;25 | -1;5;10;15 | - |
| Pagar imposto rural ^e | -2 até 30 | -2 até 20 | --1 até 20 ou 30 |
| Comprar terra ^f | -2 | -2 | -1 |

- a Cronograma assume o ano zero como o ano da primeira colheita.
- b Os custos são apresentados na Tabela 2.
- c Um identificador de plantas (3 salários) e um ajudante (1 salário) marcam por dia as árvores a serem aneladas em 15 hectares. O custo diário desta equipe é US\$ 36,54 (US\$ 29,26 salário + US\$ 4,0 alimentação e US\$ 3,32 administração). Portanto, o custo para marcar as árvores a serem aneladas seria de US\$ 2,43/ha (US\$ 3/15ha). Um homem anelou por dia as árvores de 1 hectare. O custo diário deste trabalhador seria de US\$ 10,24 (US\$ 7,3 salário + US\$ 2,0 alimentação e US\$ 0,93 administração). Portanto, o custo final do anelamento seria de US\$ 12,7/ha. Para manter o rápido crescimento das árvores seria necessário repetir este tratamento 10 anos após o primeiro anelamento, de acordo com De Graaf (1986).
- d O Ibama determina que seja instalada uma parcela de monitoramento de 1 hectare para cada 200 hectares de floresta manejada antes da exploração e que as árvores destas parcelas sejam remedidas a cada cinco anos. A demarcação consiste em abrir trilhas na borda da parcela e instalar estacas a cada 20 metros nestas trilhas. Com base nos nossos trabalhos de campo, assumimos que para demarcar uma parcela são gastos três dias de trabalho de um demarcador (3 salários) e um ajudante (1 salário). O custo diário desta equipe seria US\$ 36,58/dia, totalizando US\$ 110,0 por parcela (US\$ 36,58 x 3 dias). Para a identificação e marcação das plantas seriam gastos três dias de um identificador das plantas (3 salários) e de um técnico (5 salários). O custo diário desta equipe seria de US\$ 68,76 (US\$ 58,5 salário + US\$ 4,0 alimentação + US\$ 6,25 administração), totalizando cerca de US\$ 206,3 (US\$ 68,76 x 3 dias) para o levantamento da parcela. Portanto, a demarcação e medição das plantas na parcela de monitoramento custaria US\$ 316,3, ou o equivalente a 1,58/ha (US\$ 316,3 /200 ha). Para repetir as medições a cada cinco anos, assumimos que um técnico (5 salários) e um identificador de plantas (3 salários) gastariam o mesmo tempo para a instalação da parcela, ou seja um custo de US\$ 206,3. Isso resultaria em um custo de cerca de US\$ 1,03/ha (US\$ 206,3/200 ha).
- e Com base nas regulamentações do imposto rural analisadas por Almeida e Uhl (1996), o imposto foi estimado em US\$ 0,10/ha, US\$ 0,5/ha, US\$ 1,0/ha e US\$ 1,5/ha, respectivamente, para o ano da exploração, e nos anos 1, 2 e 3 após a exploração. No anos restantes, o imposto seria de US\$ 2,0/ha.
- f O preço da terra de US\$ 80,0/ha (exclui valor da madeira contida na floresta) foi usado para calcular o custo do capital investido na terra ao longo do ciclo de corte.

A Série Amazônia é uma iniciativa do Imazon de divulgação ampla dos seus estudos. Os artigos, publicados em revistas científicas internacionais, abordam de forma multidisciplinar as atividades de uso dos recursos naturais na Amazônia. A Série Amazônia conta com o apoio da Fundação Ford.