



Densidade ótima de estradas para a exploração em Plano de Manejo Florestal

Evaldo Muñoz Braz¹; Renato Olivir Basso²; Rafaella De Angeli Curto³; Patricia Povia de Mattos⁴; Jairo Ponce Silva⁵

¹Doutor em Engenharia Florestal, pesquisador na Embrapa Florestas, Colombo, PR; ²Engenheiro florestal, gerente proprietário da Elabore Projetos e Consultoria Florestal, Sinop, MT; ³Doutora em Engenharia Florestal, docente na Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Sinop, MT, rafaellacurto@yahoo.com.br; ⁴Doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora na Embrapa Florestas, Colombo, PR; ⁵Técnico florestal da Palmasola S/A, Brasnorte, MT

Resumo: Objetivou-se com o presente trabalho determinar a densidade ótima de estradas para a extração da madeira com um trator *skidder* em um Plano de Manejo Florestal de 500 ha, localizado na microrregião de Sinop, MT. Realizou-se o cálculo da separação ótima entre estradas, permitindo obter distâncias ideais de arraste para o *skidder*, com menores custos de utilização e de construção de estradas. Recomenda-se a densidade de estradas de 26 m.ha⁻¹, largura de 4 m e estaleiros de 20 m x 20 m, cuja abertura da área corresponde a 1,35%, obedecendo ao limite fixado pela legislação, que é de 2%.

Palavras-chave: *Skidder*; Tempo; Separação ótima.

Introdução e objetivos

O manejo de florestas naturais requer técnicas de planejamento adequadas para a redução de custos e de danos ao remanescente florestal. Em algumas atividades da exploração florestal incidem os custos principais do manejo. Assim, conhecer métodos apropriados para reduzir os custos torna-se fundamental e constitui-se em uma das principais necessidades nas atividades de manejo de florestas naturais.

Na exploração das florestas naturais da Amazônia, os principais custos incidem na construção de estradas e no arraste das toras até os pátios de estocagem (estaleiros), sendo estas duas atividades dependentes. O carregamento também é uma atividade dispendiosa e dependente da otimização dos pátios, de modo que sua melhoria depende de um layout operacional adequado (CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, 1989; BECKER, 1994).

Um importante fator a ser levado em consideração, por estar diretamente ligado a produção e seu custo por hora, é o tempo gasto nas operações (BRAZ; OLIVEIRA, 2001), denominado “tempo de ciclo” que reflete a eficiência do “plano de operação” preparado para o equipamento.

O “plano de operação” dos equipamentos florestais, devido ao seu alto custo diário, tem tanta importância como as “linhas de montagem” das indústrias. No entanto, o arraste mecanizado, mesmo sendo uma das operações mais onerosas do manejo florestal, tem tido seu planejamento negligenciado em muitos casos

(BRAZ; OLIVEIRA, 1995). Assim, nesta operação, o tempo de ciclo de um trator de arraste, como o *skidder*, é fundamental para a análise da redução de custos (BRAZ, 2010).

Em atividades iniciais de planejamento, pode-se ter uma ideia geral do “tempo de ciclo”, utilizando-se tempos médios encontrados em outros trabalhos realizados em florestas tropicais ou mesmo com equações regionais na busca de tempo de ciclos ideais. Entretanto, cada local e trator de arraste utilizado, condições de terreno e carga, irão exercer influência na estrutura de “tempo de ciclo” (CONWAY, 1976). Além disso, implementos adicionais ao *skidder*, como garra do tipo *grapple*, influenciam na redução deste ciclo, se bem utilizados. No entanto, o principal fator que influencia o tempo de ciclo é o planejamento das redes de estradas e sua combinação com a rede de arraste.

A abertura excessiva de estradas e o planejamento inadequado da rede significam um maior impacto no talhão, diminuindo as perspectivas de sustentabilidade do manejo aplicado (HENDRISON, 1989) e aumentando os custos totais da extração da madeira. Já em situações onde existe uma rede pouco densa, pode ocorrer dano em excesso, causado por arraste desnecessário e consequente aumento de custo.

Deste modo, busca-se a separação ótima teórica entre estradas da rede, que permitirá obter distâncias de arraste ideais para determinado equipamento de extração, reduzindo os custos de utilização e de construção das estradas. O equilíbrio entre o custo de arraste e o custo da estrada com um custo total mínimo



dará o espaçamento ideal ou ótimo entre as estradas (SILVERSIDES; SUNDBERG, 1989).

Assim, a otimização dessa rede, em função das distâncias ideais de arraste, deve ser considerada nos planos de manejo de florestas tropicais. O planejamento das estradas da rede, sejam secundárias ou picadas de arraste, deve buscar uma combinação entre distância ótima, densidade, forma fundamental da rede, classes de estradas, disposição dos estaleiros, tal que os custos de arraste, transporte sobre estradas e sua construção propriamente ditas sejam minimizados (BRAZ, 1997).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a densidade ótima de estradas para a extração da madeira em um Plano de Manejo Florestal localizado na microrregião de Sinop, MT.

Material e métodos

O presente trabalho foi realizado em um Plano de Manejo Florestal aprovado pelo órgão regulamentador, estando, portanto, sob normas de manejo florestal sustentado em uma área com floresta Amazônica na microrregião de Sinop, MT.

A área manejada, com 500 ha de relevo plana e bastante homogêneo, propiciou estradas secundárias paralelas com necessidade de pouca correção. A distância entre estradas utilizada no Plano de Manejo foi de 400 m, o que proporcionou uma distância média de arraste de 100 m. O planejamento de estradas e sistemas de arraste foram projetados conforme ilustrado na Figura 1.

Para subsidiar o cálculo da densidade ideal de estradas foi necessária a obtenção de índices de produtividade. Assim, aferiu-se o tempo gasto para a produção de 1.000 m de estrada secundária com um trator de esteiras, tendo sido considerados 3 km de amostragem. Foi também avaliado o tempo dispendido para abertura de 11 pátios (estaleiros), sua limpeza e preparo final, de modo amostral. Para avaliar o arraste das toras, foram

amostrados 134 ciclos completos do trator *skidder* (152 hp; 113 kw; tração 4x4; com rodas; articulado; tração das toras realizada com cabo principal e estropos; dimensões 2,9 m x 2,66 m x 5,5 m) para identificação de seu “tempo de ciclo médio”.

Para avaliação do tempo de ciclo do trator *skidder* considerou-se o tempo total, consistindo na somatória dos elementos parciais:

- Viagem de ida pela trilha: busca das árvores abatidas (uso de mapa de localização das árvores).
- Posicionamento do trator para engate da tora (manobra).
- Engate da tora.
- Viagem de volta pela mesma trilha.
- Desengate da tora.

Os custos necessários para os cálculos de otimização das estradas e demais informações foram compostos segundo informações da empresa responsável pelo Plano de Manejo, sendo ajustados de acordo com metodologia de custo máquina/hora (CATERPILLAR, 1987) quando necessário. Assim, foram identificados os custos para construção das estradas, estaleiros e ciclo de arraste, cuja composição foi avaliada com base no consumo de combustíveis, lubrificantes, salário do operador do trator/*skidder* e equipe auxiliar, o custo da máquina utilizada/hora, e principalmente a produtividade por hora.

O cálculo da Separação Ótima entre Estradas secundárias (SOE) permitiu obter distâncias ideais de arraste para o equipamento de extração, neste caso, o trator de arraste *skidder*, com os menores custos de sua utilização e também menores custos de construção das estradas (BRAZ, 1997). Assim o equilíbrio entre o custo de arraste e o custo da estrada com um custo total mínimo ou em torno deste, é que pôde fornecer o espaçamento ideal ou ótimo entre as estradas secundárias.

Conforme descrito por Braz e Oliveira (1997), o cálculo da SOE pode ser estimado da seguinte forma:

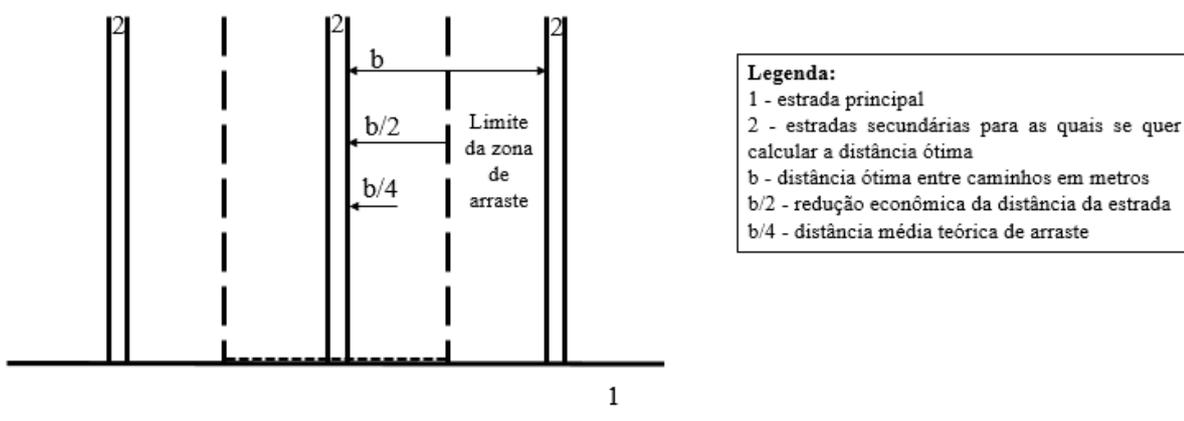


Figura 1. Separação ótima entre estradas e relação com distâncias de arraste.



- Estipulam-se várias Distâncias Médias de Arraste (DMA) em que o trator possivelmente trabalhará (nas condições do terreno). No presente trabalho utilizou-se 95 m, 100 m, 150 m, 200 m e 250 m. A partir daí, calcula-se o custo de arraste neste trecho.
- Mediante a equação simplificada $10.000/4 \cdot DMA$, é obtida a correspondente Densidade Ótima de Estradas (DOE, $m \cdot ha^{-1}$) para a distância de arraste. Em que, quanto maior a DMA, sua correspondente DOE fica menor.
- Identifica-se os custos de extração em relação a distância de arraste e o correspondente custo de construção de estradas de acordo com sua metragem por hectare.
- Somam-se os custos correspondentes (DMA + DOE).
- Haverá algum ponto intermediário entre as distâncias avaliadas, onde o somatório será o menor de todos. Este será o ponto ótimo/intervalo ótimo. Fora deste intervalo pode-se estar construindo estrada a mais ou a menos, e arrastando a menos ou a mais, resultando em custos maiores. Como a DMA teórica é igual a $SOE/4$, a distância entre estradas escolhida será igual ao DMA escolhido, multiplicado por 4.

Resultados e discussão

O tempo gasto para a produção de 1.000 m de estrada secundária, com utilização de um trator de esteiras, foi de 9 horas e 8 minutos, com desvio padrão de 0,62 horas.

O tempo médio gasto para a abertura de pátios (estaleiros), com dimensões de 20 m x 20 m, utilizando o mesmo trator, foi de 52 minutos, com desvio padrão de 4,7 minutos. Os estaleiros foram planejados para comportar 180 a 200 m^3 em toras. Como o volume da área de influência do estaleiro pode atingir 377 m^3 , pode ser necessário usá-lo em duas etapas. Isto reduz o dano à floresta, evitando-se a abertura de estaleiros maiores ou em maior número. As informações de inventário 100% devem ajudar a definir com maior precisão a localização dos estaleiros, pois baixa densidade de árvores pode influenciar sua posição, além de ser necessário considerar a localização do pátio em lugar seco e plano.

A distância entre dois pátios, teoricamente, não deve ser menor que a distância ótima entre estradas. Isso é, evidentemente, uma referência para a alocação dos pátios, uma vez que a concentração de madeira descarta determinados pontos ou incrementa outros. Entretanto, essa orientação auxilia a otimização do arraste e, portanto, a redução dos custos.

O tempo de ciclo avaliado para o arraste das toras, realizado com o trator *skidder*, variou de 2,56 a 9,4

minutos, cuja média foi de 6,9 minutos (desvio padrão de 2,4 minutos). As toras possuíam em média 3,5 m^3 , em que a produção estimada variou de 29 a 35 $m^3 \cdot h^{-1}$. O *skidder* consumiu 140 litros de óleo diesel por oito horas trabalhadas.

O impacto que a distância média de arraste de toras ou a distância mal calculada podem causar no rendimento da operação, está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Distância média de arraste de toras e tempo de ciclo para as condições avaliadas, microrregião de Sinop, MT.

Distância média de arraste (m)	Tempo de ciclo (min)	Produção ($m^3 \cdot ha^{-1}$)
95	6,69	31,36
100	7,75	30,87
150	8,81	26,70
200	8,90	23,53
250	10,93	21,03

O arraste é também dependente da dimensão média das toras do talhão. Isto quer dizer que, até certo ponto, enquanto dentro da capacidade de carga do trator e das condições do terreno, o aumento médio da dimensão das toras acarretará maior produtividade.

O custo dos pátios foi de aproximadamente 30% do obtido para as estradas e 5% do custo do arraste, sendo dependente da distância entre estradas. Assim, conhecer o ponto de equilíbrio entre os custos de estradas e arraste de toras é fundamental para a redução dos custos totais da exploração florestal.

O tempo de ciclo ideal é dependente da “distância ideal de arraste”, já que o tempo necessário para percorrer a distância de arraste (vazio e carregado) influencia entre 45% e 65% no tempo de movimentação da máquina.

A densidade ideal de estradas foi calculada de acordo com os custos de arraste, de estradas e total (Figura 2).

Para a área em estudo, sendo ela plana, foram obtidos 26 $m \cdot ha^{-1}$ de densidade ótima de estradas, resultando em uma distância entre estradas de 385 m. Tal densidade é a que minimiza os custos para as condições de exploração locais. Assim, a distância de 400 m entre estradas e estaleiros, utilizada no plano de manejo avaliado, não é a que minimiza o custo da exploração das operações.

Já Acosta et al. (2011) em uma região considerada acidentada (em torno de 15% de declividade), também no estado de Mato Grosso, verificaram de acordo com o cálculo da densidade ótima de estradas que para reduzir os custos nas condições da área avaliada, deve-se aumentar o espaçamento de estradas.

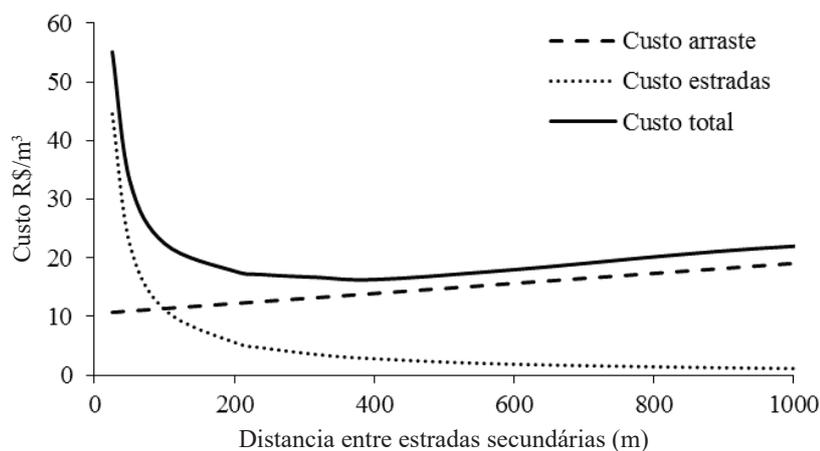


Figura 2. Relação de custos de arraste de toras e de construção de estradas em um Plano de Manejo florestal

Diferentes densidades ótimas de estradas foram verificadas em outras situações, como no estado do Amazonas, em uma região de relevo suave a ondulado, com algumas áreas com forte inclinação, sendo recomendado $18,49 \text{ m ha}^{-1}$ (BRAZ, 2010) e no estado do Acre, recomendando-se $20,24 \text{ m ha}^{-1}$ (FIGUEIREDO, 2008).

Evidencia-se assim que, quando se trata da atividade de manejo das florestas tropicais, devido as variadas tipologias e relevos em que pode ocorrer, origina-se uma variedade de performances nas suas atividades, de modo que haverá necessidade de variar as densidades ideais de estradas para cada situação, com base em índices técnicos (BRAZ et al., 2010) para que realmente haja redução de custos nas referidas atividades.

Com a densidade de estradas recomendada (26 m ha^{-1}), cada estaleiro pode servir para estocar as toras originárias de $11,34$ a $14,4$ ha de floresta.

Assim, considerando um talhão de 500 ha, na densidade de estradas de 26 m ha^{-1} , largura de 4 m e estaleiros de $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$, o impacto na área pode ser de $1,35\%$, bem abaixo do fixado pela legislação que é de 2% , segundo a Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso.

Conclusões

A determinação da densidade ótima de estradas para a microrregião estudada, em terreno plano, pode servir como referência durante a exploração em outras áreas, contribuindo para a redução de custos e danos ao povoamento remanescente.

Referências

ACOSTA, F. D.; GARCÍA, M. L.; DE LIMA, M. P. Densidade ótima de estradas e pátios baseada no custo mínimo do sistema de exploração no manejo de florestas nativas no Estado

de Mato Grosso. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 5., 2011, Santa Maria, RS. **Sustentabilidade florestal: [anais]**. Santa Maria, RS: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2011, p. 42-48.

BECKER, G. Optimization of road network and transport systems: a pre-condition for improved organization and design of labour in forestry. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DA MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 8., 1994. Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1994. p. 111-115.

BRAZ, E. M.; BASSO, R. O.; FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Estudo do sistema de exploração florestal relativo ao manejo empresarial, no Estado de Mato Grosso**. Embrapa Florestas, 2010. 6 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico 261).

BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. Arraste em floresta tropical: análise para identificação dos parâmetros ideais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 2., 1995, Salvador, BA. **Anais...** Viçosa, MG, SIF, 1995. p. 222-237.

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

BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Planejamento da extração madeireira dentro de critérios econômicos e ambientais**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2001. 8 p. (Embrapa Acre. Circular técnica, 39).

BRAZ, E. M.; OLIVEIRA, M. V. N. d'. **Planejamento de arraste mecanizado em floresta tropical**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 1997. 6 p. (Embrapa Acre. Instruções técnicas, 5).

BRAZ, E. M. **Subsídios para o planejamento do manejo de florestas tropicais da Amazônia**. 2010. 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

CATERPILLAR Performance handbook. 18 ed. Peoria: Caterpillar, 1987. 768 p.

CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. **Mémento du forestier: techniques rurales en Afrique**. Paris, 1989. 1266 p.



CONWAY, S. **Logging practices**. San Francisco: Miller Freeman, 1976. 416 p.

FIGUEIREDO, E. O. **MODEFLORA**: Modelo Digital de Exploração Florestal. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2008. 2 p. (Embrapa Acre. Impactos).

HENDRISON, J. **Damage-controlled logging in managed tropical rain forest in Suriname**. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1989. 24 p.

SILVERSIDES, C. R.; SUNDBERG, U. **Operational efficiency in forestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1989. 219 p.
