

**EFEITO DA EXPLORAÇÃO DE MADEIRA E TRATAMENTOS
SILVICULTURAIS SOBRE A ESTRUTURA HORIZONTAL DE UMA
ÁREA DE 136 HA NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS,
BELTERRA-PARÁ.**

LIA CUNHA DE OLIVEIRA¹

HILTON THADEU ZARATE DO COUTO²

JOSÉ NATALINO MACEDO SILVA³

JOÃO OLEGÁRIO PEREIRA DE CARVALHO⁴

¹ Professora Adjunto – Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Perimental s/nº, CEP: 66.095-100 Belém-Pará-Brasil, email: lcolivei@gmail.com.

² Professor – Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, email: htzcouto@esalq.usp.br.

³ Pesquisador – EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental. Av. Perimental s/nº, CEP: 66.095-100 Belém-Pará-Brasil, email: natalino@embrapa.cpatu.br

⁴ Pesquisador – EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental. Av. Perimental s/nº, CEP: 66.095-100 Belém-Pará-Brasil, email: olegario@embrapa.cpatu.br

ABSTRACT – (Effect of logging and silvicultural treatments on the horizontal structure of an area of 136 ha in the Tapajos National Forest, Belterra – PA). The effect of four intensities of basal area reduction, represented by logging and refinement, on the structure of tree layer, over a period of 22 years, was analysed. The experiment is located in the Tapajós National Forest, municipality of Belterra, Pará, at km 114 of the Santarém-Cuiabá Highway. The following treatments were tested: T0: control, represented by unlogged forest; T1: Felling of commercial trees with DBH \geq 45 cm, with no posterior intervention; T2: Felling of commercial trees DBH \geq 55 cm + thinning of non-commercial species to reduce the original basal area by 20%; T3: Felling of commercial trees DBH \geq 55 cm + thinning of non-commercial species to reduce the original basal area by 40%; T4: Felling of commercial trees DBH \geq 55 cm + thinning of non-commercial species to reduce the original basal area by 60%. In each treatment 12 0,25ha permanent parcels (PP) were randomly installed, in which all trees with diameter \geq 5,0 cm were measured. Logging was carried out in 1982 and the thinning treatments in 1994. Measurements of PP were carried in 1981, 1983, 1987, 1989, 1995 and 2003. The results showed that, five years after logging, the number of trees was higher than that found before the intervention in all treatments even when considering only the commercial species. Basal area and volume, however showed slow recovery, occurring most effectively in the first diameter classes (5-45 cm). In Dbh classes above 45 cm, which were most affected by timber harvesting, the basal area, 21 years after logging, was still on average 30% below the original value. Treatment T3 was considered the most effective one, because it favored several commercial species, which increased their participation in the stand in terms of abundance and basal area. This treatment also showed the highest recovery rate for the commercial basal area (approximately 90%).

Key Words: natural regeneration, forest dynamics, tropical forest, Amazonia.

RESUMO - É avaliado o efeito de quatro intensidades de redução da área basal, representadas pela exploração e desbastes sistemáticos, durante um período de 22 anos, sobre a estrutura do estrato arbóreo de uma área localizada na Floresta Nacional do Tapajós, município de Belterra, Pará, a altura do km 114 da Rodovia Santarém-Cuiabá. Foram testados os seguintes tratamentos: T0: controle, representado pela floresta não explorada; T1: Abate de árvores comerciais com DAP \geq 45 cm, sem nenhuma intervenção posterior; T2: Abate de árvores comerciais com DAP \geq 55 cm + desbaste de espécies não comerciais para reduzir a

área basal em 20% da original; T3: Abate de árvores comerciais com DAP ≥ 55 cm + desbaste de espécies não comerciais para reduzir a área basal em 30% da original; T4: Abate de árvores comerciais com DAP ≥ 55 cm + desbaste de espécies não comerciais para reduzir a área basal em 50% da original. Em cada tratamento foram instaladas, ao acaso, 12 parcelas permanentes (PP) de 0,25ha, onde foram medidas todas as árvores com diâmetro $\geq 5,0$ cm. A exploração de madeira foi realizada em 1982 e os desbastes em 1994. As medições das PP foram realizadas em 1981, 1983, 1987, 1989, 1995 e 2003. Os resultados mostraram que, cinco anos após a exploração, em todos os tratamentos o número de árvores foi superior ao encontrado antes da intervenção, mesmo considerando somente as espécies de valor comercial. Porém, a recuperação da área basal e do volume foi mais lenta, ocorrendo de forma mais efetiva nas primeiras classes de diâmetro (5-45 cm). Nas classes acima de 45 cm, que foram as mais afetadas pela extração de madeira, a área basal, 21 anos após a exploração, ainda estava, em média, 30% abaixo do valor original. O tratamento T3 foi considerado o mais adequado porque favoreceu várias espécies de valor comercial madeireiro aumentando a sua abundância e área basal, além de mostrar a maior taxa de recuperação da área basal comercial (aproximadamente 90%).

Palavras Chaves: regeneração natural, dinâmica florestal, floresta tropical, Amazônia.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre a caracterização da estrutura das florestas tropicais são fundamentais, porque permitem um melhor entendimento de seu funcionamento, contribuindo assim para a melhoria do seu manejo. A busca desse entendimento é essencial, principalmente quando se visa a sustentabilidade da produção das florestas, ou seja, o fluxo contínuo de produtos e serviços florestais, minimizando os efeitos indesejáveis sobre o ambiente (Jardim & Silva, 2003).

Segundo Leal Filho (2000), um dos grandes obstáculos operacionais para o sucesso do manejo florestal é a regeneração lenta e imprevisível das espécies de valor comercial após a exploração. Kammesheidt *et al* (2001), complementaram, afirmando que a maioria das espécies de alto valor comercial regenera insuficientemente em áreas exploradas.

Em estudo realizado na região de Moju (PA) verificou-se que a estrutura da floresta se modifica expressivamente após a exploração florestal seletiva, devido a dois fatores principais: a redução dos valores dos parâmetros estruturais das espécies comerciais (abundância, dominância e posição sociológica) e o ingresso de indivíduos de espécies

heliófilas, cuja regeneração natural é estimulada pela abertura das clareiras da exploração (Jardim & Silva, 2003).

Carvalho (2001) comenta que a recuperação da estrutura da floresta após a colheita de madeira é lenta, principalmente quando a área é submetida à exploração de alta intensidade. Todavia, De Graaf (1986) sugere que, para induzir a regeneração e o crescimento de espécies comerciais valiosas após a exploração, deve-se aplicar tratamentos silviculturais periódicos que reduzam a competição por luz e nutrientes com as espécies mais abundantes e sem valor comercial.

Diversas técnicas de tratamentos silviculturais baseadas em refinamentos (desbaste de todas as espécies não comerciais com diâmetro superior a um determinado patamar e que estejam competindo com uma árvore potencial, reservada para uma segunda colheita) têm sido aplicadas, em diferentes intensidades, em florestas tropicais em nível internacional (De Graaf, 1986; Hutchinson, 1987; Negreros-Castillo & Mize, 1993; Quiros & Finegan, 1994; Howard *et al.*, 1996; Kuusipalo *et al.*, 1996; Delgado *et al.*, 1997; Kuusipalo *et al.*, 1997; Finegan *et al.*, 1999; Pariona *et al.*, 2001; Zanetti, 2002; Kammesheidt *et al.*, 2003; Dekker & De Graaf, 2003). No Brasil, existem experimentos na região de Linhares, ES (Jesus, 2001); na Estação Experimental de Silvicultura do INPA, em Manaus (Vieira & Hosokawa, 1989; Jardim *et al.*, 1990; Higuchi *et al.*, 1997); na região de Marabá, PA (Garcia, 1990) e na região de Belterra, PA (Carvalho, 1981; Oliveira, 1995; Sandel & Carvalho, 2000;).

Apesar deste grande número de trabalhos, ainda há carência de conhecimentos sobre os efeitos em longo prazo das operações de manejo em florestas tropicais. Devido a problemas de ordem técnica, operacional ou financeira, somente um número reduzido de parcelas tem sido mantido e acompanhado por tempo suficiente para medir o impacto das operações de exploração sobre a vegetação remanescente.

Como contribuição deste trabalho ao conhecimento dos efeitos das atividades de manejo sobre a estrutura das florestas tropicais, são apresentados os resultados de uma análise sobre as mudanças ocorridas no número de árvores (NA), área basal (AB) e volume (V) da floresta, provocadas pela exploração de madeira e tratamentos silviculturais, ao longo de 22 anos, em uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, localizada no Município de Belterra-Pará.

MATERIAL E MÉTODOS

Características gerais da área

O experimento está localizado na Floresta Nacional do Tapajós, município de Belterra, Pará, a altura do km 114 da Rodovia Santarém-Cuiabá entre as coordenadas 2° 40' – 4° 10' de Latitude Sul e 54° 45' - 55° 30' de Longitude Oeste (Figura 1).

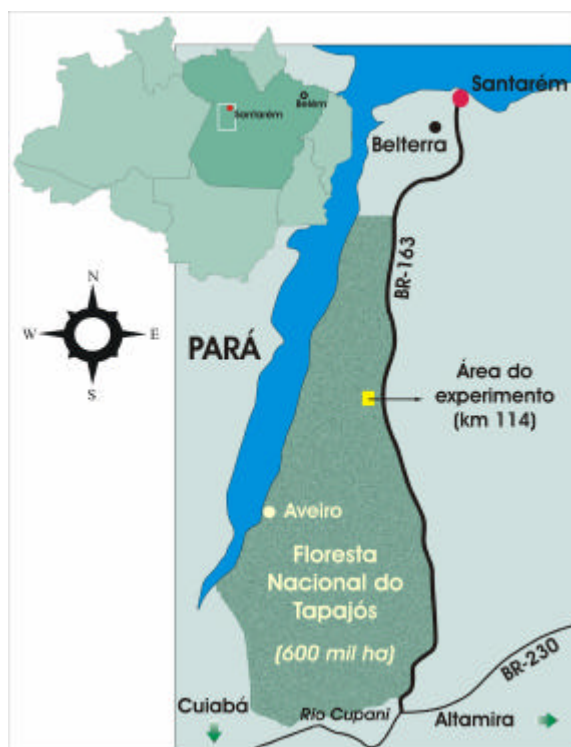


Figura 1 – Localização da Floresta Nacional do Tapajós, área de pesquisa do projeto.

A altitude está em torno de 175 m acima do nível do mar e o relevo é plano a levemente ondulado. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo Ami, tropical com uma estação seca de 2 a 3 meses no ano e precipitação anual acima de 2000mm. A média anual de temperatura é em torno de 25°C, com médias mínimas de 18,4°C e máximas de 32,6°C. A umidade relativa é de aproximadamente 86%. O solo predominante é o latossolo amarelo moderado com textura pesada (Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1986).

A área de estudo é uma floresta de terra firme, classificada como Floresta Ombrófila Densa (Veloso *et al.*, 1991).

Histórico da área estudada

O experimento foi iniciado em 1981 pela equipe de manejo florestal da Embrapa Amazônia Oriental. Do total de 180 ha da área experimental, 144 ha foram explorados em 1982 e 36 ha foram deixados como testemunha.

Na exploração comercial de madeira foram extraídas árvores de 23 espécies, escolhidas com base na abundância e volume presentes na área, e por serem comercializadas no mercado regional de Santarém.

Os tratamentos silviculturais foram iniciados em 1993 e concluídos em 1994 (12 anos após a exploração). Foram eliminadas árvores, preferencialmente de espécies consideradas não comerciais, tanto do ponto de vista madeireiro como não madeireiro, para reduzir a área basal do povoamento e, com isso, propiciar a maior penetração de luz, favorecendo o desenvolvimento e estabelecimento das espécies comerciais.

O experimento é constituído de cinco tratamentos, sendo um testemunha. Em cada tratamento foram instaladas, ao acaso, 12 parcelas permanentes de 0,25ha. O controle do experimento foi realizado em 36ha de floresta primária não explorada, onde foram instaladas 12 parcelas de 0,25ha. No total o experimento possuía 60 parcelas permanentes de 0,25ha. Porém, um incêndio acidental ocorrido em 1997 atingiu severamente 19 das 60 parcelas permanentes instaladas e o número de parcelas por tratamento foi reduzido para 41 (Figura 2).

Foram aplicados os seguintes tratamentos:

- Tratamento T0: Testemunha, área sem intervenção (1,5ha).
- Tratamento T1: Exploração de espécies comerciais madeireiras com $DAP \geq 45$ cm (2,5ha)
- Tratamento T2: Exploração de espécies comerciais madeireiras com $DAP \geq 55$ cm + desbaste de espécies não comerciais, totalizando aproximadamente 20% de redução da área basal original (1,75ha).
- Tratamento T3: Exploração de espécies comerciais madeireiras com $DAP \geq 55$ cm + desbaste de espécies não comerciais, totalizando aproximadamente 30% de redução da área basal original (3,0ha).
- Tratamento T4: Exploração de espécies comerciais madeireiras com $DAP \geq 55$ cm + desbaste de espécies não comerciais, totalizando aproximadamente 50% de redução da área basal original (1,5ha).

As medições das parcelas permanentes foram realizadas um ano antes da exploração

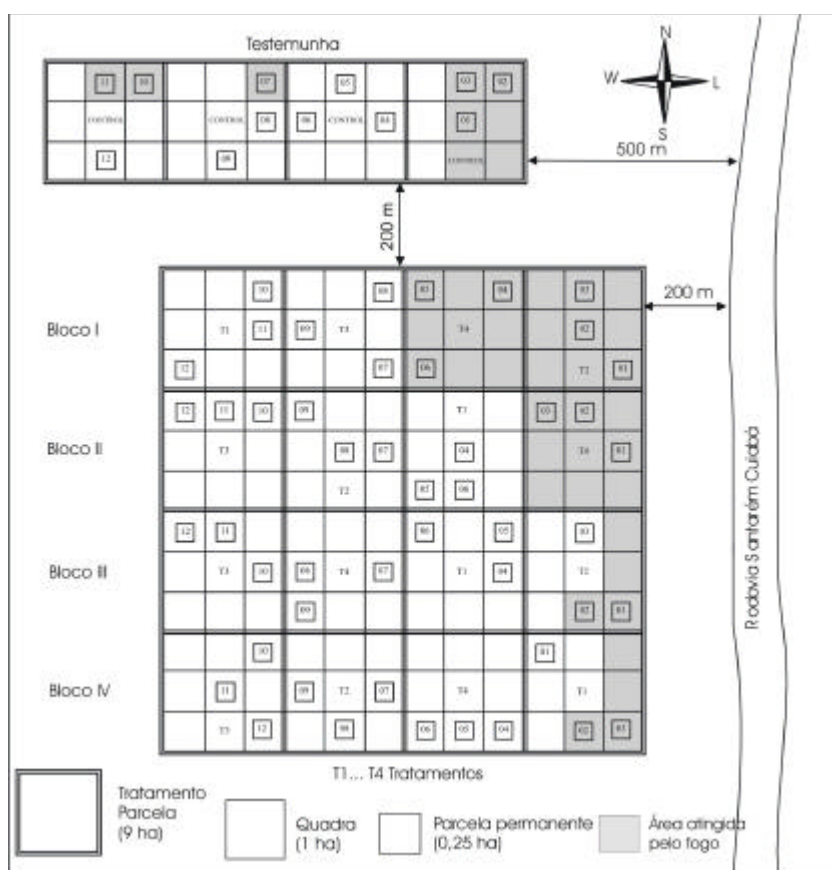


Figura 2 - Croqui da área experimental na Floresta Nacional do Tapajós (km 114 da BR 163).

(1981) e após a exploração, nos anos de 1983, 1987, 1989, 1995 e 2003. Na área testemunha (tratamento T0) foram realizadas cinco medições: 1983, 1987, 1989, 1995 e 2003.

A metodologia utilizada na medição das parcelas foi baseada em Silva & Lopes (1984). Todas as árvores com DAP $\geq 5,0$ cm foram numeradas, etiquetadas e tiveram seus diâmetros medidos em um ponto fixo denominado ponto de medição – PDM, estabelecido sempre que possível a 1,30m do solo (DAP). A maioria das espécies foi identificada no campo pelos parobotânicos da Embrapa Amazônia Oriental. Foi coletado material botânico das espécies de difícil identificação no campo, para posterior comparação no Herbário IAN.

As mudanças na estrutura horizontal da floresta, em relação às diferentes intervenções ao longo dos anos, foram determinadas em termos de número de árvores ($NA\ ha^{-1}$), área basal ($m^2\ ha^{-1}$) e volume ($m^3\ ha^{-1}$).

Para a comparação entre os tratamentos, foi utilizada a análise de variância para blocos casualizados e o teste Tukey de comparação de médias, sempre que as pressuposições básicas de normalidade e homoscedasticidade foram obedecidas. A análise dos dados foi realizada

com auxílio do programa estatístico “SAS (Statistical Analysis System)”. Quando não foi possível obedecer às pressuposições da análise, procedeu-se a transformação dos dados. As médias de número de árvores de espécies comerciais para os anos 5 (1987), 7 (1989) e 21 (2003) após a exploração foram submetidas a transformações logarítmicas para a obtenção da normalidade dos valores.

RESULTADOS

Número de árvores (NA)

Pode-se observar na Tabela 1 que, apesar das parcelas dos tratamentos estarem aleatorizadas dentro de uma mesma área de floresta, havia certa heterogeneidade em relação ao número de árvores, antes da exploração de madeira. O tratamento com maior densidade (T4) apresentou cerca de 40 árvores ha^{-1} a mais do que a área menos densa (T3), embora esta diferença não tenha sido estatisticamente significativa.

Considerando a população total e somente as espécies de valor comercial madeireiro, o número de árvores (NA ha^{-1}) foi reduzido entre o primeiro e o segundo ano de medição, em todos os tratamentos, exceto no testemunha, em consequência da extração de madeira realizada na área. Para o número total de árvores, essa redução foi maior no tratamento T4 (16%), seguido do tratamento T1, T3 e T2, com reduções de 14,7%; 12,6% e 9,3%, respectivamente. Para as espécies comerciais, o tratamento que sofreu a maior redução foi o T3 (18%), seguido pelo T4, T1 e T2 com diminuição de 15,8%; 15,2% e 12,9% (Figura 3).

O motivo principal da diminuição no NA ha^{-1} foi a colheita de madeira, realizada na área em 1982, que extraiu em média 11 árvores ha^{-1} . Além disso, os danos causados pela exploração e o fenômeno climático El Niño ocorrido no período 1982-1983 (que provocou estiagem prolongada na região do Tapajós e provavelmente aumentou as taxas de mortalidade) contribuíram para essa redução. As classes mais elevadas em diâmetro foram as mais afetadas pela redução no número de árvores em relação à abundância inicial. As classes acima de 75 cm passaram de 10,0 para 4,8 árvores ha^{-1} (52% de redução) no tratamento T1 e de 5,2 para 2,3 árvores ha^{-1} (redução de 56%) no tratamento T2. Nos tratamentos T3 e T4 a classe de diâmetro mais afetada pela exploração foi a de 55 cm a 65 cm que passou de 9,3 para 5,7 árvores ha^{-1} (redução de 38,7%) no T3 e de 10,0 para 0,4 árvore ha^{-1} , apresentando redução de 96% no T4.

Cinco anos após a exploração, todos os tratamentos apresentaram aumento no número de árvores total e comercial por hectare, superando os valores encontrados na floresta antes da intervenção (Figura 3).

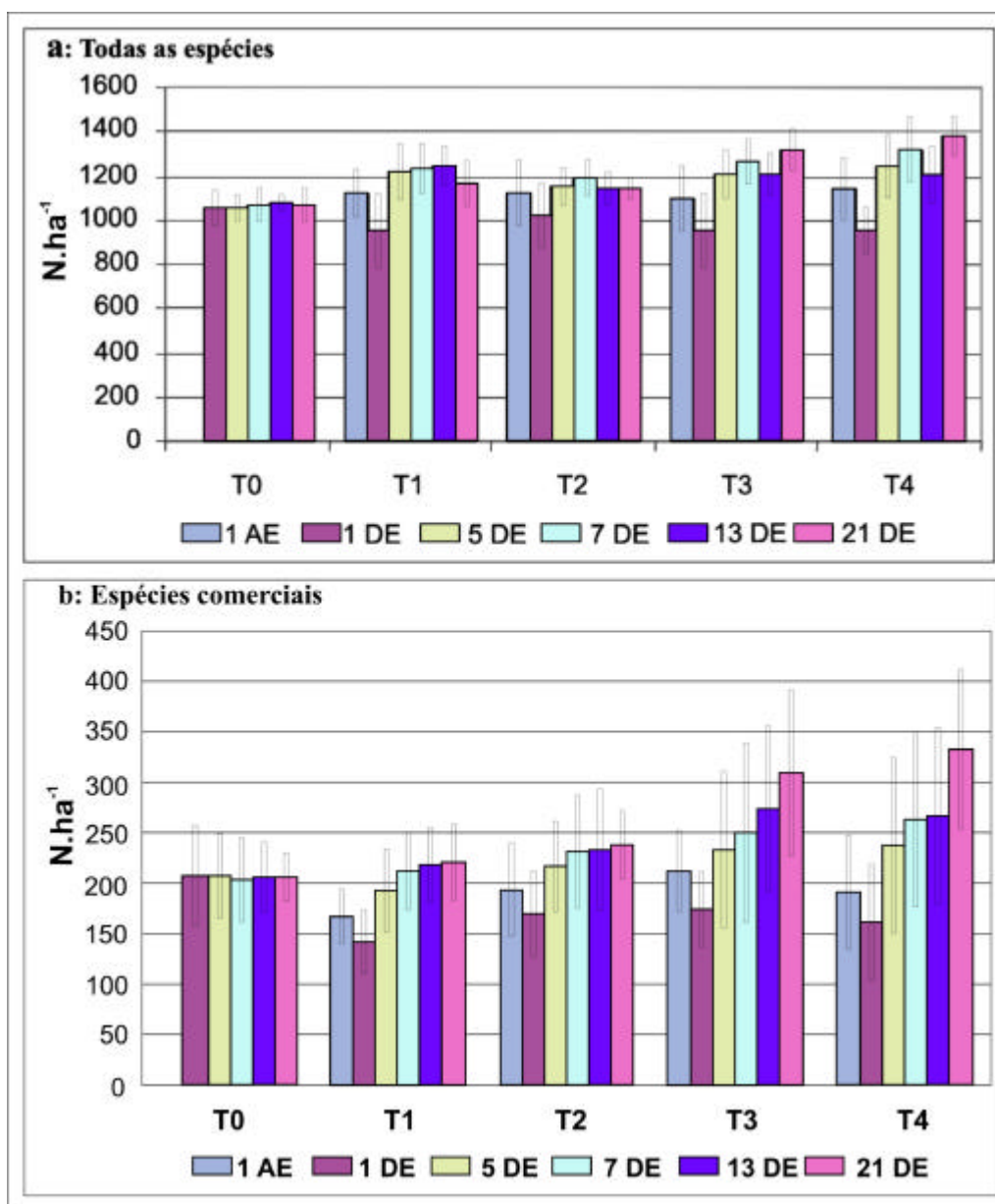


Figura 3 - Número de indivíduos/ha para todas as espécies (a) e para as espécies comerciais (b) em cada tratamento e a cada ano de medição em uma amostra de 10,25ha na Floresta Nacional dos Tapajós, considerando todas as árvores com DAP $\geq 5,0$ cm. As barras representam o desvio padrão. AE: número de anos antes da exploração, DE: número de anos após a exploração.

Observa-se que a abertura do dossel causada pela extração de madeira, realizada em 1982, favoreceu o ingresso de novas árvores no povoamento e conseqüentemente o aumento do número e da área basal. Todavia, esse efeito positivo diminuiu ao longo dos anos, de acordo com o gradual fechamento do dossel, que reduziu a disponibilidade de luz e desacelerou o crescimento e a entrada de novos indivíduos nas primeiras classes de DAP. No período de 1983 a 1987 (1 a 5 anos após a exploração) as taxas de aumento no NA ha^{-1} foram 27,4% no T1, 13,3% no T2, 25,3% no T3 e 29,7% no T4 (3,3% a 7,4% ao ano). No período seguinte (1987-1989), as taxas diminuíram para 0,7% no T1, 3% no T2, 5,3% no T3 e 5,7% no T4 (0,3% a 2,8% ao ano).

Na medição de 1995, realizada 13 anos após a exploração e um ano após a aplicação do tratamento silvicultural, ocorreu redução no número total de árvores ha^{-1} nas áreas onde essa intervenção foi aplicada (T2, T3 e T4). Na área do T4, onde o desbaste foi aplicado com maior intensidade, ocorreu uma diminuição de 8,3% em relação ao NA ha^{-1} encontrado na medição imediatamente anterior. Para T2 e T3 essa redução foi de 4,0% e 4,3%, respectivamente (Figura 3).

No último levantamento, realizado em 2003, 21 anos após a exploração e 9 anos após os desbastes, houve um novo aumento em número de indivíduos ha^{-1} em relação à medição anterior (1995). Na área do T2, de intensidade mais leve (20% de redução da área basal), esse aumento foi pequeno, apenas 3 indivíduos ha^{-1} (0,30%). Na área do T3 (30% de redução da AB) e do T4 (50% de redução da AB), o aumento no NA ha^{-1} foi de 104 (8,6%) e 175 (14,6%), respectivamente. Na área do T1, onde não foi realizada intervenção após a exploração de madeira, ocorreu diminuição de 5,8% no NA, neste último período (Figura 3). Essa redução se deve principalmente à grande mortalidade de algumas espécies pioneiras, que necessitam de luz direta para crescer e se desenvolver e foram prejudicadas pelo fechamento das clareiras abertas pela exploração e juntas foram responsáveis pela diminuição de 48 indivíduos ha^{-1} , somente nestes últimos 8 anos (tempo entre as duas últimas medições).

Analisando todo o período de acompanhamento, observa-se que a exploração, aliada à redução da área basal, favoreceu a recuperação do NA ha^{-1} em todos os tratamentos onde foram aplicadas, principalmente no T3 e no T4 (T3: exploração DAP ≥ 55 cm + redução da área basal em 30% da original e T4: exploração DAP ≥ 55 cm + redução da área basal em 50% da original), que ultrapassaram o NA original em 20% e 21%, respectivamente, 21 anos após a exploração. Considerando somente as espécies de valor comercial, esses valores sobem para 47,4% e 72,3% (Figura 3).

A área do tratamento T0, onde não houve intervenções, permaneceu com os valores do número de árvores total e comercial praticamente constantes durante todo o período de acompanhamento (Figura 3).

Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos onde houve intervenções, para o número de árvores total ha^{-1} e o número de árvores comercial ha^{-1} , antes da exploração e durante as medições intermediárias. Diferenças significativas para essas duas variáveis só foram observadas no último levantamento, realizado em 2003, vinte e um anos após a exploração, quando as médias do T3 e do T4 foram iguais entre si e, estatisticamente, superiores aos demais tratamentos (Anexo 1).

Área basal (AB)

Entre os anos de 1981 e 1983 houve redução da área basal em todos os tratamentos, exceto no testemunha. Para o total de espécies, essa redução foi maior no T4 (27,5%), seguida pelo T1, T3 e T2, com reduções de 24,0%, 20,1% e 19,4%, respectivamente. Para as espécies comerciais, o tratamento que sofreu a maior redução também foi o T4 (42,5%), seguido do T1 (36,6%), T2 (35,4%) e T3 (30,7%), (Figura 4). A principal causa dessa diminuição foi a colheita de madeira, realizada em 1982, que extraiu em média $4,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Outras causas menores foram os danos ocasionados pela exploração e o El Niño, ocorrido no período de 1982-1983 que provocou seca prolongada na região do Tapajós.

Nos levantamentos seguintes, realizados 5 e 7 anos após a exploração, a AB total e comercial cresceu progressivamente em todos os tratamentos. Esse aumento foi estimulado pela maior entrada de luz na floresta, resultado da abertura do dossel devido à exploração, que acelerou o crescimento das árvores remanescentes e a entrada de novos indivíduos na comunidade (Figura 4).

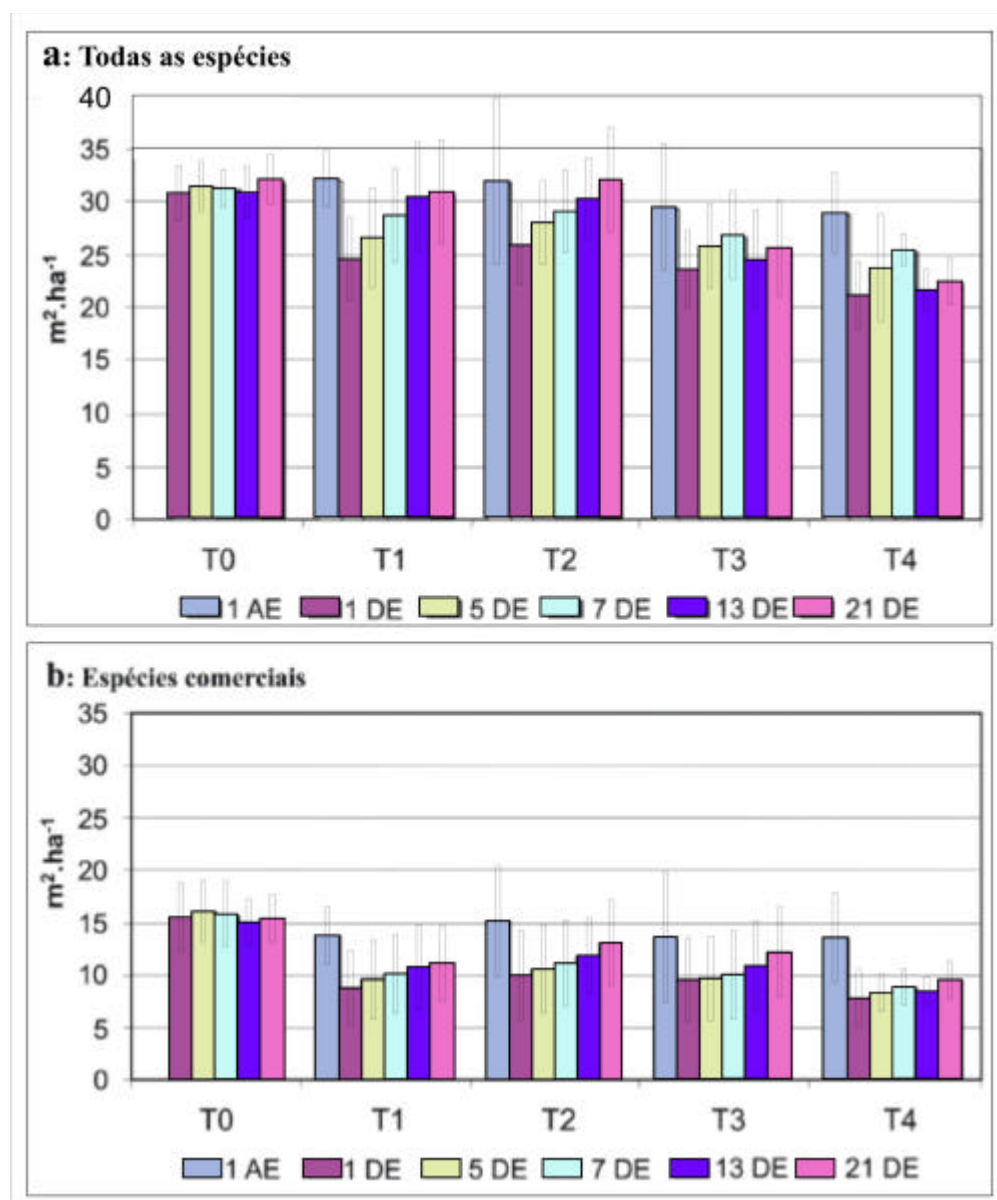


Figura 4 - Área basal de todas as espécies (a) e das espécies comerciais (b) em cada tratamento e a cada ano de medição em uma amostra de 10,25ha na Floresta Nacional dos Tapajós, considerando todas as árvores com DAP $\geq 5,0$ cm. As barras representam o desvio padrão AE: número de anos antes da exploração DE: número de anos após a exploração.

Imediatamente após os desbastes, na medição de 1995, ocorreu nova redução na área basal considerando todas as espécies, porém apenas para os tratamentos T3 e T4, nos quais o desbaste foi realizado nas intensidades de 30% e 50%. No T2 (20% de redução da área basal)

não ocorreu diminuição. A área basal continuou a crescer, assim como no T1, onde não foi realizado o desbaste (Figura 4).

No último levantamento, realizado em 2003, nove anos após os desbastes, todos os tratamentos apresentaram aumento nos valores de área basal, com destaque para a área basal das espécies comerciais nos tratamentos T3 e T4 que tiveram elevações percentuais de 14,0% e 14,1%, respectivamente, em relação à medição anterior (Figura 4).

Não foram encontradas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos onde houve intervenção (T1, T2, T3 e T4) para a variável área basal de espécies comerciais, durante todo o período estudado. Para a área basal, considerando todas as espécies, só foram detectadas diferenças significativas nos dois últimos períodos (13 e 21 anos após a exploração), que correspondem a um e nove anos após a aplicação dos desbastes, quando as médias dos tratamentos T3 e T4 foram iguais entre si e estatisticamente mais baixas do que as demais (Anexo 2). Essa diferença pode ser explicada porque os tratamentos T3 e T4 foram os que sofreram as maiores reduções na área basal, com a aplicação dos tratamentos silviculturais, 30% e 50%, respectivamente, e essa redução não atingiu as espécies de valor comercial.

A área testemunha, tratamento T0, permaneceu com os valores de área basal total praticamente constantes, em torno de $30\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$, durante todo o período estudado. Nas espécies comerciais houve redução de 1,9% em relação ao valor obtido na primeira medição (Figura 4).

Analisando todo o período de acompanhamento, observa-se que a recuperação da área basal total, entre os tratamentos em que houve intervenção, foi maior para o T2, que recuperou 99,7% do valor obtido no levantamento antes da extração de madeira. Para os tratamentos T1, T3 e T4 esses valores foram 96%, 88% e 77%, respectivamente. Em relação à recuperação da área basal das espécies de valor comercial, o tratamento que apresentou melhores resultados foi o T3 (89,5%), seguido do T2, T1 e T4 com 85,2%, 81,2% e 70,1%, respectivamente (Figura 4).

Volume (V)

Como era de se esperar, o comportamento do volume, ao longo do período de acompanhamento, seguiu a mesma tendência da área basal. Entre o primeiro e o segundo ano de medição ocorreram reduções devidas, principalmente, à extração de madeira ocorrida em 1982. O tratamento que sofreu a maior redução no V total, em termos percentuais, foi o T4

com 35%, seguido do T1 com 29%, T2 com 25,6% e T3 com 22,8%. Em relação ao V comercial os valores foram T4 com 49%, T2 com 41,2%, T1 com 40,2% e T3 com 34% (Figura 5).

Nos dois levantamentos seguintes à exploração (1987 e 1989) houve aumento progressivo do volume total e comercial em todos os tratamentos. Em 1995, um ano após a aplicação do tratamento silvicultural, ocorreu redução do volume na área do T3 (9%) e T4 (15,6%), onde o desbaste foi realizado nas intensidades de 30% e 50%, respectivamente. No tratamento T2, cuja intensidade do desbaste foi 20%, e no T1, onde o mesmo não foi realizado, o volume total e comercial continuou a crescer (Figura 5).

No final dos 22 anos de acompanhamento, o volume total do tratamento T2 representou 98,4% do original, seguido do T1 com 88,9%, T3 com 75,4% e T4 com 59%. Para as espécies comerciais madeireiras o tratamento que melhor recuperou o volume original foi o T3 com 80,4%, seguido do T2 com 79,8%, T1 com 75,2% e T4 com 55,8% (Figura 5).

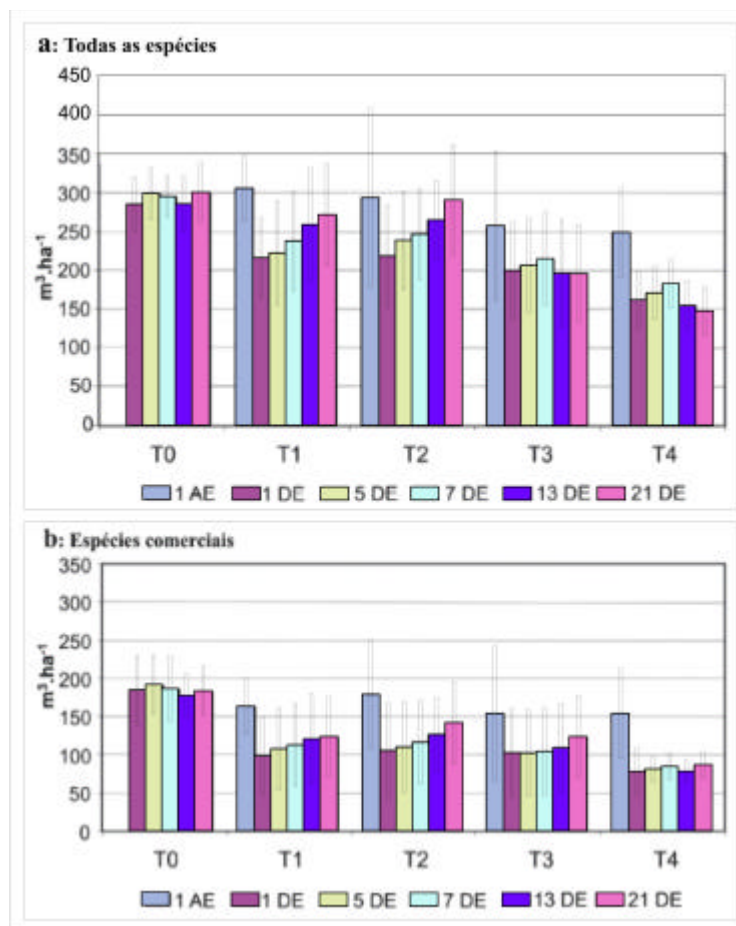


Figura 5 - Volume para todas as espécies (a) e para as espécies comerciais (b) em cada tratamento e a cada ano de medição, em uma amostra de 10,25ha na Floresta Nacional dos Tapajós, considerando árvores com DAP \geq 20,0 cm. As barras representam o desvio padrão. AE: número de anos antes da exploração DE: número de anos após a exploração

DISCUSSÃO

Os parâmetros estruturais da floresta (número de árvores, área basal e volume) foram grandemente afetados pelas duas intervenções realizadas na área (exploração de madeira e desbastes), como pode ser observado quando se compara as áreas tratadas com a área testemunha.

A redução no número de árvores e área basal, causada pela colheita de madeira, ocorreu tanto nas espécies que foram extraídas como naquelas que, mesmo não estando na relação de espécies a serem exploradas, perderam árvores em consequência dos danos ocasionados pelas atividades de derruba e arraste de árvores colhidas.

Alterações na estrutura das florestas estão diretamente relacionadas com a intensidade das intervenções e com os métodos utilizados. A exploração convencional de madeira, por

exemplo, altera acentuadamente a estrutura vertical e horizontal da floresta residual. Kammesheidt (1994), citado por Kammesheidt *et al* (2001), em florestas naturais da Venezuela, encontrou, em média 3 árvores ha⁻¹, com DAP maior que 70 cm, durante o período de 5 a 19 anos após a exploração, enquanto que na área sem intervenção haviam 58 árvores ha⁻¹ dentro desse limite de diâmetro. Em relação à estrutura vertical, foram encontradas 12, 23 e 38 árvores ha⁻¹ com altura maior que 25m em áreas exploradas a 5, 8 e 19 anos, respectivamente, enquanto que na área testemunha havia 80 árvores ha⁻¹ pertencentes a esse estrato.

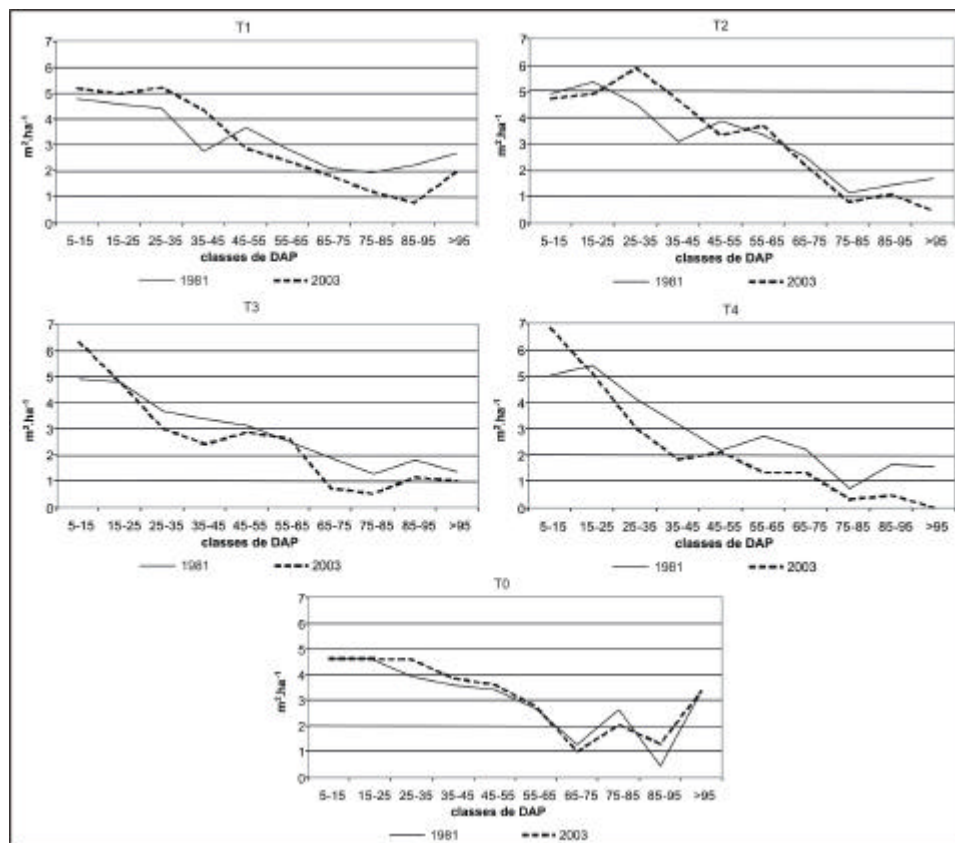
Neste experimento, a recuperação da floresta após a exploração ocorreu rapidamente em de número de indivíduos. Cinco anos após a colheita de madeira, todos os tratamentos apresentaram número de árvores superior ao encontrado antes da intervenção, inclusive considerando somente as espécies de valor comercial. Porém, em área basal e conseqüentemente em volume, a recuperação foi mais lenta. No último levantamento, realizado 21 anos após a exploração, a recuperação da área basal entre os tratamentos variou de 77% a 99%, considerando todas as espécies, e de 74% a 95%, considerando somente as espécies de valor comercial.

Resultados semelhantes foram encontrados por Finegan & Camacho (1999) em uma floresta tropical na Costa Rica, sete anos após a aplicação de três regimes silviculturais pós-exploração: “explorar e deixar” (exploração de madeira sem intervenção subsequente), “refinamento” (anelamento de todas as espécies não comerciais com DAP \geq 40 cm que estivessem competindo com uma árvore potencial, reservada para uma segunda colheita) e “Shelterwood” (corte de todas as árvores não comerciais com DAP \geq 10 cm, cujas copas não faziam parte do dossel superior). Tanto a densidade quanto a área basal tiveram aumentos acentuados nos anos que se seguiram à aplicação dos tratamentos, porém no refinamento, onde ocorreram as maiores alterações na estrutura da floresta (redução de 20% do número de árvores e 26% da área basal) a recuperação tem se mostrado mais lenta.

Comparando-se o primeiro levantamento (antes das intervenções) com o último (21 anos após a exploração) observou-se que a distribuição da dominância entre as classes diamétricas foi alterada. A recuperação da área basal ocorreu de forma mais efetiva nas primeiras classes de diâmetro (5-45 cm). Esse fato era esperado, uma vez que árvores dessas classes não foram colhidas, embora a densidade tenha sido reduzida como conseqüência dos danos da exploração e, 12 anos depois, devido aos tratamentos silviculturais (Figura 6). Entre as espécies de valor comercial, todos os tratamentos apresentaram área basal superior à

existente antes da exploração, considerando a somatória dos valores acumulados nas classes até 45 cm de DAP. Nas classes acima de 45 cm de diâmetro, todavia, 21 anos não foram suficientes para repor a área basal reduzida pela extração de madeira. A maior taxa de recuperação foi obtida no tratamento T2, 82,4%, seguida do T3 com 70,6%, T1 com 70% e T4 com 45,7%.

O efeito das intervenções seguiu um mesmo padrão em todos os tratamentos. A abertura do dossel causada pela exploração favoreceu o aumento da abundância e dominância de espécies pioneiras, colonizadoras de áreas abertas, tais como *Cecropia sciadophylla*, *Bixa arborea*, *Cecropia leucoma*, *Sloanea froesii* e *Aegiphilla* sp. Porém, a partir dos 13 anos após a exploração, o número dessas espécies começou a reduzir devido ao fechamento do dossel, que ocasionou o aumento da competição por luz, e em função do tempo de vida relativamente curto, característico desse grupo ecológico. Os desbastes, aplicados para redução da área basal das espécies indesejáveis nos tratamentos T2, T3 e T4, promoveram nova abertura no dossel, 12 anos após a exploração. A intensidade dos tratamentos T2 (20% de redução da AB) e T3 (30% de redução da AB) favoreceram várias espécies de valor comercial tais como *Jacaranda copaia*, *Laetia procera*, *Cordia bicolor*, *Cordia alliodora*, *Sclerolobium chrysophyllum*, *Schyzolobium amazonicum*, *Virola melinonii*, *Tachigalia myrmecophyla*, *Licaria canella*, *Sterculia pilosa* e *Couratari oblongifolia*, que aumentaram bastante sua participação em número de árvores e área basal no povoamento. O tratamento T4, de redução mais intensa da área basal (50%), além de favorecer as espécies comerciais citadas acima, também provocou grandes aumentos na densidade de espécies pioneiras sem valor comercial conhecido tais como *Bixa arborea* e *Inga* sp.



O aumento na densidade de espécies comerciais devido aos tratamentos silviculturais também foram observados por Zanetti (2002), que analisou o efeito de 4 tratamentos (exploração convencional, exploração+refinamento, apenas refinamento e testemunha) em uma floresta tropical no Paraguai, durante o período de 5 anos após a intervenção e concluiu que todos os tratamentos, exceto a testemunha, provocaram alterações na estrutura da floresta sendo exploração seguida de refinamento a intervenção que provocou a maior redução na área basal e a que mostrou melhores resultados em termos de estímulo à regeneração natural e ingressos de espécies comerciais no povoamento.

Por outro lado, grandes reduções na área basal e conseqüentemente grandes aberturas no dossel podem gerar efeitos negativos. Plumptre (1996) constatou que tratamentos pesados com arboricida aplicados na Reserva Florestal de Budongo, em Uganda, foram correlacionados positivamente com espécies colonizadoras indesejáveis, as mesmas que foram envenenadas como parte dos tratamentos. O mesmo autor afirma ainda que 50 anos de

regeneração não foram suficientes para que a floresta recuperasse a área basal reduzida pela exploração.

Em outro experimento localizado no Km 67, na Floresta Nacional do Tapajós, Silva *et al* (1995) concluíram que 13 anos após a exploração, onde se extraiu $75\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, sem nenhuma intervenção posterior, a floresta apresentou área basal em torno de 76% da área não explorada e que as espécies pioneiras *Bixa arborea*, *Inga* sp. e *Cecropia sciadophylla*, beneficiadas pela abertura do dossel, tornaram-se as mais importantes no povoamento.

Dekker & De Graaf (2003), estudando três níveis de exploração combinados com tratamentos de refinamento: (1) tratamento leve (exploração de $15 \text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), (2) tratamento médio (exploração de $23\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ + anelamento de árvores indesejáveis para redução da área basal para $18\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) e (3) tratamento pesado (exploração de $46\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ + anelamento de árvores indesejáveis para redução da área basal para $14\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) durante 20 anos de acompanhamento, em uma floresta tropical no Suriname, concluíram que o tratamento médio foi o que apresentou a maior densidade de regeneração e que o tratamento pesado foi severo demais e não recomendável porque causou os maiores distúrbios na floresta, além de apresentar a menor recuperação da densidade das espécies com valor comercial madeireiro.

Portanto, verifica-se que tratamentos silviculturais pós exploração são importantes para favorecer a recuperação da floresta, todavia devem ser aplicados com uma intensidade que não provoque grandes distúrbios na estrutura da floresta, nem causem grandes aberturas no dossel, para evitar a colonização da área por espécies pioneiras não comercializáveis.

CONCLUSÕES

O sistema de manejo constituído apenas pela exploração das árvores com DAP = 45 cm e sem tratamentos silviculturais (T1) foi pouco eficiente na reconstituição da floresta original quanto ao número de árvores e área basal, nos 21 anos estudados. A aplicação de tratamentos silviculturais, provavelmente, teria diminuído a competição entre as árvores remanescentes após o fechamento do dossel, facilitando o ingresso de novas árvores na comunidade.

Nos sistemas ou tratamentos constituídos pela exploração de árvores com DAP = 55,0 cm e desbaste aos 12 anos após a colheita de madeira, a reconstituição da floresta original está sendo mais promissora onde foram desbastados cerca de 30% da área basal (T3), principalmente por favorecer a recuperação da área basal e o ingresso de indivíduos de

espécies de valor comercial. Porém, a dinâmica da comunidade estudada é muito alta e semelhante nos quatro sistemas, inclusive sem diferença significativa quanto a área basal das espécies comerciais, sugerindo que o tempo estudado ainda não foi suficiente e que há necessidade de analisar, conjuntamente, os resultados de estudos sobre crescimento, recrutamento, mortalidade e regeneração natural, além de custos operacionais, para se indicar, com precisão, o sistema mais adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, J.O.P. de.1981. Anelagem de árvores indesejáveis em floresta tropical densa na Amazônia. Belém, EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa 22.
- CARVALHO, J.O.P. de. 2001. Estrutura de matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: SILVA, J. N.M.; CARVALHO, J.O.P. de; YARED, J.A.G. (Ed.) A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID. p.277-290.
- DE GRAAF, N.R. de. 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Wageningen: Agricultural University. 250 p.
- DEKKER, M.; De GRAAF, N. R. 2003. Pioneer and climax tree regeneration following selective logging with silviculture in Suriname. *Forest Ecology and Management*, v.172, p.183-190.
- DELGADO, D.; FINEGAN, B.; ZAMORA, N.; MEIR, P.1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: câmbios en la riqueza y composición de la vegetación. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. 55p. (Serie técnica. Informe técnico, 298)
- FINEGAN, B.; CAMACHO, M. 1999. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. *Forest Ecology and Management*, v.121, p.177-189.
- FINEGAN, B.; CAMACHO, M.; ZAMORA, N.1999. Diameter increment patterns among 106 tree species in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest. *Forest Ecology and Management*, v.121, p.159-176.
- FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. 1986. (Curitiba, PR). Relação entre solos e a vegetação natural em área da Floresta Nacional do Tapajós. Curitiba.
- GARCIA, A. 1990. Influência de diferentes níveis de exploração florestal em uma floresta tropical na região de Marabá, PA. Piracicaba, 201p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz". Universidade de São Paulo
- HIGUCHI, N.; SANTOS, J. dos; RIBEIRO, R. J.; FREITAS, J.V. de; VIEIRA, G.; COIC, A.; MINETTE, L. J. 1997. Crescimento e incremento de uma floresta amazônica de terra firme manejada experimentalmente. Manaus: INPA/DFID, p.87-132 (Relatório Final do Projeto Bionte).
- HOWARD, A. F.; RICE, R. E.; GULLISON, R. E. 1996. Retornos financieros e impactos ambientales simulados de cuatro prescripciones silviculturales alternativas aplicadas en el tropico americano: caso de estudio del bosque chimanes, Bolivia: Proyecto BOLFOR, 24p. (Documento Técnico, 33)
- HUTCHINSON, I.D. 1987. Improvement thinning in natural forests: aspects and institutionalization. In: MERGEN, F.; VINCENT, J.R. (Ed.). *Natural management of tropical moist forests, silvicultural and management prospects of sustained utilization*. New Haven: Yale University.

- School of Forestry and Environment Studies, p.113-133.
- JARDIM, F. C. S.; SANTOS, J.; COIC, A. 1990. Efeitos do anelamento de espécies indesejáveis sobre a regeneração natural de espécies comerciais. In: ATELIER SUR L'AMÉNAGEMENT ET LA CONSERVATION DE L'ECOSYSTÈME FOESTIER TROPICAL HUMIDE, Cayenne, 1990. Anais. Cayenne: Actes Cayenne, p.25-32.
- JARDIM, F.C. da S.; SILVA, G.A.P. da. 2003. Análise da variação estrutural da floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura tropical do Instituto Nacional de pesquisa da Amazônia – INPA, Manaus (AM). Revista de Ciências Agrárias, n.39, p.25-54.
- JESUS, R.M de. 2001. Manejo florestal: impactos ecológicos de diferentes níveis de remoção e os impactos em sua sustentabilidade. Campinas. 247p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.
- KAMMESHEIDT, L.; DAGANG, A. A.; SCHWARZWALLER, W.; WEIDELT, H. 2003. Growth patterns of dipterocarps in treated and untreated plots. Forest Ecology and Management, v.174, p.437-445.
- KAMMESHEIDT, L; LEZAMA, A.T.; FRANCO, W.; PLONCZAK, M. 2001. History of logging and silvicultural treatments in the western Venezuelan plain forests and the prospect for sustainable forest management. Forest Ecology and Management, v.148, p.1-20.
- KUUSIPALO, J.; HADENGGANAN, S.; ADJERS, G.; PORKAS, A.; SAGALA, S. 1997. Effect of gap liberation on the performance and growth of dipterocarp trees in a logged-over rainforest. Forest Ecology and Management, v.92, p.209-219.
- KUUSIPALO, J.; JAFARSIDIK, Y.; ADJERS, G.; TUOMELA, K. 1996. Population dynamics of tree seedlings in a mixed dipterocarp rainforest before and after logging and crown liberation. Forest Ecology and Management, v.81, p.85-94.
- LEAL FILHO, N. 2000. Dinâmica inicial de regeneração natural de florestas exploradas na Amazônia brasileira. São Paulo. 157p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- NEGREROS-CASTILLO, P.; MIZE, C. 1993. Effects of partial overstory removal on the natural regeneration of tropical forest in Quintana Roo, México. Forest Ecology and Management, v.58, p.259-272.
- OLIVEIRA, L. C. de. 1995. Dinâmica de crescimento e regeneração natural de uma floresta secundária no Estado do Pará. Belém. 136p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará.
- PARIONA, W.; FREDERICKSEN, T.; LICONA, J. C. 2001 Comparación de tres tratamientos para el mejoramiento de rodales en dos tipos de bosque bolivianos. Bolivia: Proyecto BOLFOR. 16p. (Documento Técnico, 102).
- PLUMPTRE, A. J. 1996. Changes following 60 years of selective timber harvesting in the Budongo

- Forest Reserve, Uganda. *Forest Ecology and Management*, v.89, p.101-113.
- QUIROS, D.; FINEGAN, B. 1994. Manejo sustentable de um bosque natural tropical em Costa Rica: definición de um plan operacional y resultados de su aplicación. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. 26p. (Serie técnica. Informe técnico, 225).
- SANDEL, M. P.; CARVALHO, J. O. P. de. 2000. Anelagem de árvores como tratamento silvicultural em florestas naturais da Amazônia Brasileira. *Revista de Ciências Agrárias*, n.33, p.9-32.
- SILVA, J.N.M., LOPES, J. do C.A. 1984. Inventario florestal continuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela EMBRAPA-CPATU na Amazônia brasileira. Belém: EMBRAPA-CPATU. 36p. (Documento, 33).
- SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J. O. P. de; LOPES, J. do C. A.; ALMEIDA, B. F. de; COSTA, D. H. M.; OLIVEIRA, L. C. de; VANCLAY, J. K; SKOVSGAARD, J. P. 1995. Growth and yield of a tropical rain forest of the Brazilian Amazon 13 years after logging. *Forest Ecology and Management* v.71, p.267-274.
- VELOSO H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira a um sistema universal. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.123p.
- VIEIRA, G.; HOSOKAWA, R. T. 1989. Composição florística da vegetação da regeneração natural 1 ano após diferentes níveis de exploração de uma floresta tropical úmida. *Acta Amazônica*, v.19, p.401-413.
- ZANETTI, E.A. Comparison of different silvicultural treatments in subtropical lowland forests in east Paraguai – Case study in Golondrina Forests, 2002. de <<http://www.google.com.br/servicos/teses>>.

Anexos

Anexo 1. Valores do teste de normalidade de Shapiro Wilks e do teste F da análise de variância, obtidos para o número de árvores total e número de árvores de espécies comerciais, em cada tratamento e a cada ano de medição, na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR 163)

Tratamentos	1 ano antes da	Anos após a exploração				
	exploração	1	5	7	13	21
N^o árvores ha⁻¹ (todas as espécies)						
T1	1122,4 ^a	957,2 ^a	1219,2 ^a	1227,6 ^a	1238,8 ^a	1166,4 ^a
T2	1121,1 ^a	1017,1 ^a	1153,1 ^a	1186,9 ^a	1140,0 ^a	1143,4 ^a
T3	1097,0 ^a	958,7 ^a	1201,3 ^a	1264,7 ^a	1209,7 ^a	1314,0 ^b
T4	1138,7 ^a	957,3 ^a	1242,0 ^a	1312,7 ^a	1203,3 ^a	1378,7 ^b
Teste de Normalidade						
W	0,98	0,95	0,94	0,93	0,97	0,97
Pr>W	0,91	0,17	0,05	0,05	0,42	0,60
Análise de variância						
F	0,66	0,25	0,63	1,34	1,27	11,02
Pr>F	0,59	0,86	0,60	0,28	0,30	< 0,0001
N^o árvores ha⁻¹ (espécies com valor comercial)						
T1	168,4 ^a	142,8 ^a	193,2 ^a	212,4 ^a	217,6 ^a	220,0 ^a
T2	194,8 ^a	169,7 ^a	218,2 ^a	233,1 ^a	234,2 ^a	240,0 ^{ab}
T3	213,0 ^a	174,7 ^a	234,0 ^a	251,3 ^a	275,7 ^a	314,0 ^{bc}
T4	193,3 ^a	162,7 ^a	238,7 ^a	263,4 ^a	268,7 ^a	333,3 ^c
Teste de Normalidade						
W	0,94	0,95	0,98	0,96	0,94	0,87
Pr>W	0,06	0,13	0,75	0,23	0,07	0,25
Análise de variância						
F	2,13	1,19	0,80	0,71	1,59	6,32
Pr>F	0,12	0,33	0,51	0,56	0,21	0,0021

As médias de número de árvores comerciais para os anos 5, 7 e 21 após a exploração foram transformadas através do log para obter a normalidade dos valores; Pr>W Valores de probabilidade acima de 0,05, aceita-se a normalidade dos dados; Pr>F Valores de probabilidade acima de 0,05 são considerados não significativos, ou seja, aceita-se a hipótese nula; médias seguidas pela mesma letra na posição vertical não apresentam diferenças estatísticas significativas.

Anexo 2. Valores do teste de normalidade de Shapiro Wilks e do teste F da análise de variância, obtidos para o área basal total e área basal de espécies comerciais, em cada tratamento e a cada ano de medição, na Floresta Nacional do Tapajós (Km 114 da BR 163)

Tratamentos	1 ano antes exploração	Anos após a exploração				
		1	5	7	13	21
Área basal total						
T1	31,95 ^a	24,31 ^a	26,49 ^a	28,49 ^a	30,14 ^a	30,70 ^a
T2	31,87 ^a	25,68 ^a	27,77 ^a	28,95 ^a	29,94 ^{ab}	31,76 ^{ab}
T3	28,87 ^a	23,34 ^a	25,46 ^a	26,66 ^a	24,35 ^{cb}	25,40 ^{cb}
T4	28,81 ^a	20,90 ^a	23,51 ^a	25,12 ^a	21,34 ^c	22,22 ^c
Teste de Normalidade						
W	0,97	0,97	0,97	0,96	0,97	0,94
Pr>W	0,35	0,56	0,47	0,18	0,60	0,06
Análise de variância						
F	0,93	1,99	2,21	1,46	8,31	7,06
Pr>F	0,44	0,14	0,11	0,25	0,001	0,001
Área basal comercial						
T1	13,68 ^a	8,67 ^a	9,60 ^a	10,18 ^a	10,77 ^a	11,11 ^a
T2	15,23 ^a	9,83 ^a	10,54 ^a	11,08 ^a	11,84 ^a	12,96 ^a
T3	13,61 ^a	9,43 ^a	9,69 ^a	10,02 ^a	10,68 ^a	12,17 ^a
T4	13,58 ^a	7,81 ^a	8,30 ^a	8,69 ^a	8,35 ^a	9,53 ^a
Teste de Normalidade						
W	0,94	0,95	0,96	0,97	0,96	0,95
Pr>W	0,05	0,16	0,31	0,34	0,23	0,18
Análise de variância						
F	0,04	0,30	0,27	0,38	1,04	1,07
Pr>F	0,99	0,82	0,85	0,77	0,39	0,38

As médias de área basal comercial, exceto para o primeiro ano (1AE), foram transformadas através do log para obter a normalidade dos valores; Pr>W: Valores de probabilidade acima de 0,05, aceita-se a normalidade dos dados; Pr>F: Valores de probabilidade acima de 0,05 são considerados não significativos, ou seja, aceita-se a hipótese nula; médias seguidas pela mesma letra na posição vertical não apresentam diferenças estatísticas significativas.