

## Impactos da exploração madeireira e do fogo em florestas de transição da Amazônia Legal

### Impacts of logging on fire on Transitional Tropical Forest in the southeastern Brazilian Amazon

André Luiz Silva Monteiro  
Carlos Moreira de Souza Jr.  
Paulo Gonçalves Barreto  
Frank Leone de Sousa Pantoja  
Jeffrey John Gerwing

---

**RESUMO:** A exploração de madeira e os incêndios têm causado severos danos a florestas na Amazônia. Faltavam estudos sobre os impactos da exploração e do fogo em florestas de transição entre a floresta ombrófila densa e florestas de cerrado. Neste estudo, foram quantificados os impactos de várias intensidades de exploração madeireira e fogo na estrutura e composição de florestas de transição - em termos de densidade de árvores e de cipós, cobertura do dossel e perturbação do solo e da biomassa acima do solo - na região de Cláudia, Mato Grosso. O estudo foi conduzido em 12 propriedades, através de inventários de campo (transectos de 10 m x 500 m). A composição e estrutura das florestas variaram em função da intensidade da exploração e do fogo e do tempo decorrido após tais eventos. Em relação à floresta nativa, a biomassa viva acima do solo foi 15% menor na floresta explorada e queimada (cuja intensidade de extração foi de  $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) e 49% menor na floresta intensamente explorada e queimada (extração de  $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). A densidade de árvores com  $\text{DAP} \geq 10 \text{ cm}$  em cada classe de floresta degradada foi menor que na floresta nativa. Por outro lado, indivíduos pioneiros desta categoria de diâmetro alcançaram densidade máxima na floresta intensamente explorada e queimada ( $37 \text{ caules ha}^{-1}$ ), comparado à floresta nativa ( $12 \text{ caules ha}^{-1}$ ). A densidade total de cipós foi substancialmente maior em função da degradação da floresta:  $6.115 \text{ caules ha}^{-1}$  na floresta intensamente explorada e queimada contra  $2.685 \text{ caules ha}^{-1}$  na floresta nativa. Observou-se uma redução de 69% da cobertura do dossel e um aumento de 39% de resíduos na floresta explorada e intensamente queimada. Finalmente, o estoque de madeira de espécies comerciais nas florestas perturbadas foi significativamente menor do que na floresta intacta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomassa, Exploração madeireira, Fogo, Degradação, Floresta tropical de transição, Cipó

**ABSTRACT:** Logging and wildfires have caused severe damage to Amazonian forests. However, there is a lack of studies that quantify the impacts of logging and fire on the transitional forests that lie between closed-canopy humid tropical forest and tropical dry savannah. In this study the impacts of varying intensities of logging and fire on the structure and composition of forests, in terms of tree and liana density, canopy cover, and aboveground live biomass, were quantified in the region of Cláudia, Mato Grosso, Brazil. The study was conducted on 12 properties using field inventories consisting of a 10 x 500 m transect on each property. Forest composition and structure varied according to the intensity of logging and fire, and the amount of time that had passed since the disturbance events. Compared to native forest, aboveground live biomass was 15% less in forest that had been logged and burned ( $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  removed during logging) and 49% less in forest that had been intensively logged ( $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  removed) and burned. The density of trees  $\geq 10 \text{ cm}$  in diameter in all classes of degraded forest was less than that of native forest. In contrast, the density of trees  $\geq 10 \text{ cm}$  diameter of pioneer species reached its highest value ( $37 \text{ stems ha}^{-1}$  compared to only 12 stems  $\text{ha}^{-1}$  in native forest) in forest that had been intensively logged and burned. The

total density of lianas increased significantly with increasing forest degradation passing from 2685 stems ha<sup>-1</sup> in native forest to 6115 stems ha<sup>-1</sup> in intensively logged and burned forest. When compared to native forest there was also a 69% decrease in total canopy cover and a 39% increase in the amount of downed woody debris in intensively logged and burned forest. Finally, stocks of commercially valuable timber species were significantly reduced in degraded forests.

**KEYWORDS:** Biomass, Logging, Fire, Forest degradation, Tropical transition forest, Lianas, Vines

## INTRODUÇÃO

A exploração de madeira e os incêndios vêm causando severos danos à composição e estrutura de florestas na Amazônia (Veríssimo et al., 1992; Johns et al., 1996; Holdsworth e Uhl, 1997; Cochrane e Schulze, 1999; Cochrane et al., 1999; Gerwing, 2002).

Geralmente, a exploração de madeira inicia o processo de degradação e uma única área pode ser submetida a vários eventos de extração. Os madeireiros inicialmente exploram as árvores maiores e de mais valor. Depois, eles retornam duas ou três vezes para explorar outras árvores menores das espécies mais valiosas. Em regiões de exploração intensiva, como em Paragominas no nordeste do Pará, trinta árvores com DAP  $\geq$  10 cm foram danificadas para cada árvore extraída, provocando uma perda de 40% a 47% do dossel e uma abertura de 663 m<sup>2</sup> por árvore extraída (Uhl et al., 1991; Veríssimo et al., 1992).

As florestas exploradas são mais suscetíveis a incêndios por causa do acúmulo de resíduos vegetais e da maior incidência de radiação solar nas clareiras (Holdsworth e Uhl, 1997). Os incêndios em florestas exploradas podem ocorrer em várias intensidades e etapas e destruir ou danificar de 10% a 80% da biomassa remanescente (Veríssimo et al., 1992; Nepstad et al., 1999). Um incêndio rasteiro inicial pode ampliar os danos da exploração, matando mais árvores e abrindo o dossel da floresta. Assim, a floresta fica ainda mais suscetível a novos incêndios mais intensivos (Cochrane e Schulze, 1999).

A documentação dos impactos da exploração e dos incêndios florestais tem sido importante para avaliar o potencial de regeneração das florestas exploradas e o seu manejo, os impactos

sobre a biodiversidade e sobre as funções ecológicas, como o estoque de carbono (Gerwing, 2002, Barreto et al, 1998). Entretanto, esses estudos têm sido concentrados em florestas de várzea e de terra firme no leste da Amazônia. Faltam estudos desta natureza em florestas de transição entre florestas ombrófilas densas e o cerrado, onde são extraídos cerca de 7,3 milhões de metros cúbicos de madeira em tora por ano que representaram 25% do total explorado na Amazônia em 2001 (Lentini et al., 2003). As florestas de transição cobrem cerca de 129 mil km<sup>2</sup> (IBGE, 1997) ou o equivalente a 4% do total de florestas remanescente na região em 2001 - 3,23 milhões de km<sup>2</sup> de acordo com INPE (2002). Os objetivos deste estudo foram caracterizar e quantificar os impactos da exploração madeireira e do fogo em florestas de transição - em termos de densidade de árvores, densidade de cipós, cobertura do dossel e perturbação do solo e da biomassa acima do solo. Desta forma, o estudo contribuirá para um entendimento mais amplo e completo dos impactos da exploração e dos incêndios nas florestas da Amazônia.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado nas proximidades da cidade de Cláudia, Mato Grosso, no sudoeste da Amazônia Legal (11°30'S, 54°52'W). (Figura 1). A região, que recebe uma precipitação média anual de 2.000 mm de chuvas, é coberta por florestas de transição (ombrófila/estacional), em latossolos vermelho-amarelos distróficos com textura argilosa, sobre relevo plano a levemente ondulado (Radambrasil, 1981). O município de Cláudia

hospeda 35 madeireiras que consomem, em média, 730.000 m<sup>3</sup> de madeira em tora anualmente (Lentini et al., 2003), representando 10% da madeira produzida em florestas de transição.

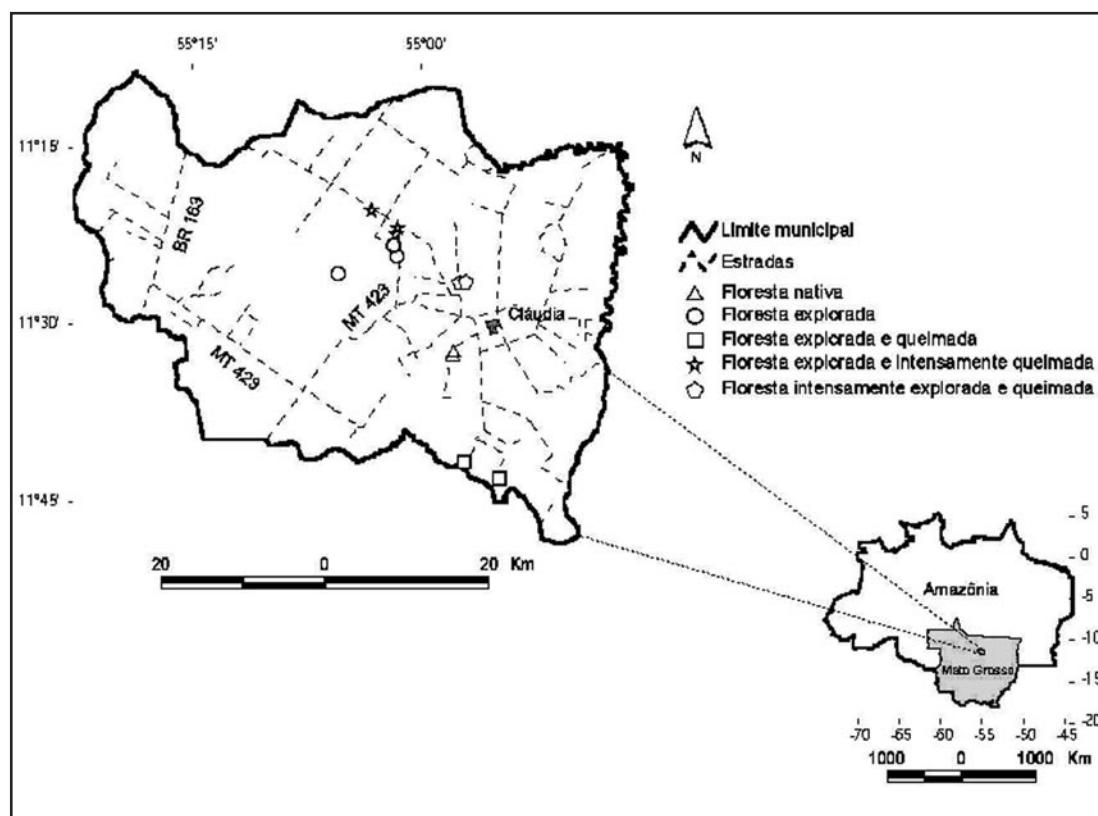
### Caracterização da degradação florestal

O estudo foi conduzido em 12 transectos distribuídos em áreas classificadas de acordo com as histórias de exploração e de ocorrência de fogo: floresta nativa (n=2), floresta explorada (n=3), floresta explorada e queimada (n=2), floresta explorada e intensamente queimada (n=3), e floresta intensamente (mais de uma vez) explorada e queimada (n=2). O histórico de perturbações é resumido na Tabela 1.

Coletaram-se as informações sobre idade da primeira exploração e do primeiro fogo, frequência de exploração e de incêndios e volume explorado através de entrevistas com os proprietários

das áreas. As informações obtidas com os proprietários das áreas sobre o ano de ocorrência da primeira exploração e dos incêndios foram conferidas em imagens do satélite Landsat adquiridas no período de 1987 a 2001 (Souza Jr. e Roberts, 2002).

Para avaliar a composição e estrutura das florestas aplicou-se a metodologia desenvolvida por Gerwing (2002) no leste do Pará. Nos transectos de 10 m x 500 m amostraram-se todos os indivíduos com DAP ≥ 10 cm (diâmetro a 1,3 m acima do solo). Classificaram-se estes indivíduos quanto à presença e carga de cipós nas suas copas. Os danos na copa e no fuste das árvores foram registrados e classificados em baixos, médios e altos. Amostraram-se também todos os indivíduos caídos e mortos encontrados ao longo da linha central do transecto.



**Figura 1**  
Localização das áreas de estudo  
(Location of study sites)

O transecto foi dividido em 10 sub-parcelas de 100 m<sup>2</sup> localizadas em intervalos de 50 m ao longo da linha central de cada transecto. Nestas sub-parcelas mediu-se o diâmetro e identificaram-se todas as arvoretas com DAP entre 5 cm e 10 cm e varetas com DAP < 5 cm, as quais foram classificadas em espécies pioneiras (gêneros *Cecropia*, *Solanum*, *Vismia* e *Trema*), espécies com valor comercial e espécies sem valor comercial. Registraram-se os cipós em cinco classes de diâmetros (< 1 cm, 1 cm-2 cm, 2 cm-5 cm, 5 cm-10 cm e > 10 cm DAP). Em cada sub-parcela avaliou-se o estado da cobertura do solo, registrando a porcentagem de solo intacto, coberto com resíduos e perturbado (exposto, escarificado e compactado). Para estimar a cobertura do dossel da floresta utilizou-se um densiômetro esférico, através do qual foram feitas quatro leituras em intervalos de 90°, em cada um dos dez pontos espaçados 50 m ao longo do eixo central de cada transecto.

### Cálculo da biomassa viva acima do solo

Estimou-se a biomassa das árvores em cada

transecto, somando-se o peso da matéria seca de diferentes componentes da floresta, utilizando equações alométricas disponíveis na literatura (Tabela 2). Para estimar a biomassa de varetas e cipós multiplicou-se o número de caules em cada classe de diâmetro pela biomassa correspondente à média aritmética do diâmetro de cada classe. Utilizou-se equação de regressão proposta por Nelson et al. (1999) para determinar a massa das árvores do gênero *Cecropia* dada sua peculiaridade alométrica.

Os resíduos lenhosos com DAP ≥ 10 cm foram estimados, usando o método do intersecto plano (Wagner, 1968). Com o auxílio de uma suta, mediu-se o diâmetro de cada resíduo que cruzou o eixo de 500 m de cada parcela. De acordo com a metodologia de Gerwing e Farias (2000), os resíduos foram classificados como: intactos (casca e galhos quase intactos), intermediários (casca e alburno apodrecidos, porém o fuste ainda podendo suportar seu próprio peso) e podres (sem casca, estrutura da madeira precária e fuste incapaz de suportar seu próprio peso). O volume

**Tabela 1**

História da exploração e fogo para 10 áreas de floresta na região de Cláudia, Mato Grosso (Logging and fire histories for 10 forest areas in the region of Cláudia, Mato Grosso)

Classe de distúrbio	História da exploração <sup>a</sup>			História do fogo <sup>a</sup>	
	Idade da 1 <sup>a</sup> exploração (anos)	Volume total extraído (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Nº de vezes explorada	Nº de vezes queimada	Período desde a queimada mais recente (anos)
<b>Explorada<sup>b</sup></b>					
Propriedade 1	2	10	1		
Propriedade 2	5	10	1		
Propriedade 6	2	10	1		
<b>Explorada<sup>b</sup> e queimada</b>					
Propriedade 7	4	10	1	1	4
Propriedade 8	8	10	1	1	8
<b>Explorada<sup>b</sup> e intensamente queimada</b>					
Propriedade 3	2	10	1	2	1
Propriedade 4	2	10	1	2	1
Propriedade 5	4	10	1	2	1
<b>Intensamente explorada<sup>cd</sup> e queimada</b>					
Propriedade 9	11	25	2	2	3
Propriedade 10	14	25	2	2	3

<sup>a</sup> Dados obtidos com os madeireiros e conferidas em imagens de satélite Landsat

<sup>b</sup> Tipo mecanizada (tratores de esteira)

<sup>c</sup> Tipo tradicional (uso de catraca)

<sup>d</sup> Período desde a última exploração = 10 anos

dos resíduos lenhosos grossos foi convertido em massa, multiplicando esse volume pela densidade da madeira. Considerou-se a densidade média de 0,3 t m<sup>-3</sup> para o fuste intacto do gênero *Cecropia* e de 0,7 t m<sup>-3</sup> para o fuste intacto de todas as outras espécies (Fearnside, 1997). Para as classes intermediária e podre foi adotada a densidade de 88% a 60% do fuste intacto, de acordo com as

diferenças relativas entre as classes de decomposição na floresta tropical úmida em transição para seca (Delaney et al., 1998).

Para testar diferenças entre as variáveis das florestas estudadas utilizou-se a análise de variância de um fator (Anova), seguida pelo teste de comparação múltipla de Duncan, com taxa de erro de 0,05%.

**Tabela 2**

Equações de regressão usadas para determinar os pesos da matéria seca (kg) de vários componentes florestais baseados em seus diâmetros (cm)

(Regression equations used to determine the dry weight (Kg) of various forest components based on their diameters (cm))

Grupo de espécies	Equação de regressão	Fonte
<b>Espécies de árvores mais maduras da floresta</b>		
> 10 cm DAP	DW= 0.6*4.06*DAP <sup>1.76</sup>	Higuchi e Carvalho (1994) citado em Araújo et. al. (1999)
< 10 cm DAP	log(DW)=-0.85+2.57*log(DAP)	J. Gerwing (dado não publicado)
<b>Espécies de árvores pioneiras</b>		
<i>Cecropia</i> sp.	ln(DW)=-2.512+2.426*ln(DAP)	Nelson et. al. (1999)
Outras sp.	ln(DW)=-1.997+2.413*ln(DAP)	Nelson et. al. (1999)
Cipós	log(DW)=0.07+2.17*log(DAP)	Gerwing e Farias (2000)

## RESULTADOS

### Perturbação do solo e cobertura do dossel

A área ocupada por vegetação intacta foi menor com o aumento da intensidade de exploração e ocorrência de fogo (Tabela 3). O percentual de floresta intacto foi significativamente menor em duas classes de floresta explorada e queimada (com proporção de vegetação intacta de 55% e 59%) em relação à floresta nativa (96%). Entretanto, a floresta intensamente explorada e queimada teve uma cobertura vegetal de 86%, ficando próxima da floresta nativa (96%). Essa diferença pequena pode ter sido devida à regeneração florestal na área explorada dado que a exploração ocorreu entre 11 e 14 anos antes do estudo e a queimada ocorreu três anos antes.

A exploração de madeira e o fogo também causaram um aumento na abertura do dossel em relação à floresta nativa. A floresta explorada e intensamente queimada foi a que apresentou menor cobertura (69%), sendo significativamente menor do que as outras florestas.

A quantidade de resíduos no solo também foi

maior em todas as classes de floresta perturbada, atingindo o valor máximo de 39% na floresta explorada e intensamente queimada, cuja diferença em relação à floresta nativa foi significativa (Tabela 3). A porcentagem de solo perturbado foi significativamente maior na floresta explorada e queimada (24%), sendo significativamente diferente de todas as outras classes.

### Mudanças na composição de espécies e na abundância de indivíduos

O número total de árvores com DAP ≥ 10 cm foi menor nas florestas perturbadas do que nas florestas nativas. Por exemplo, foi cerca de 4% menor nas florestas exploradas e nas florestas intensamente exploradas e queimadas; e 47% menor na floresta explorada e intensamente queimada. Esta última foi significativamente menor do que todas as outras classes de floresta. Em comparação à floresta nativa (12 caules ha<sup>-1</sup>), a densidade de árvores pioneiras com DAP ≥ 10 cm foi significativamente maior na floresta intensamente explorada e queimada (37 caules ha<sup>-1</sup>). Entretanto, foi menor na floresta explorada e intensamente queimada (5 caules ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 3**

Comparação da estrutura e composição entre as áreas de floresta nativa, explorada e queimada na região de Cláudia, Mato Grosso

(Comparison of forest structure and composition among intact, logged, and burned forests in the region of Cláudia, Mato Grosso)

	Nativa (n=2)	Explorada (n=3)	Explorada e queimada (n=2)	Explorada e intensamente queimada (n=3)	Intensamente explorada e queimada (n=2)
<b>Cobertura do solo (área total (%))</b>					
Vegetação intacta	96 (5)a	81 (12)ab	59 (3)b	55 (27)b	86 (2)ab
Resíduos da exploração	3 (5)b	13 (14)ab	17 (8)ab	39 (28)a	5 (2)ab
Solo perturbado	0b	6 (2)b	24 (11)a	5 (7)b	8 (0)b
Cobertura do dossel (%)	93 (0)a	87 (5)a	92 (0)a	69 (5)b	88 (4)a
<b>Árvores ≥ 10 cm DAP (No. ha<sup>-1</sup>)</b>					
Indivíduos mais maduros da floresta	410 (40)a	385 (35)a	349 (32)a	218 (78)b	367 (49)a
Indivíduos pioneiros	12 (0)bc	19 (5)b	18 (6)b	5 (3)c	37 (1)a
Total de árvores	422 (40)a	404 (31)a	367 (27)a	223 (81)b	404 (51)a
<b>Varetas &lt; 5 cm DAP (No. ha<sup>-1</sup>)</b>					
Indivíduos mais maduros da floresta	2570 (325)ab	2800 (329)a	2710 (1287)ab	853 (154)c	1620 (354)bc
Indivíduos pioneiros	0b	253 (364)b	935 (361)ab	1910 (962)a	1000 (594)ab
Total de varetas	2570 (325)a	3053 (618)a	3645 (926)a	2763 (971)a	2620 (947)a
<b>Arvoretas 5-10 cm DAP (No. ha<sup>-1</sup>)</b>					
Indivíduos mais maduros da floresta	365 (120)a	310 (95)a	415 (7)a	77 (35)b	270 (14)a
Indivíduos pioneiros	5 (7)a	7 (11)a	225 (290)a	20 (35)a	170 (99)a
Total de arvoretas	370 (127)ab	317 (107)bc	640 (283)a	97 (15)c	440 (85)ab
<b>Cipós suspensos (No. ha<sup>-1</sup>)</b>					
< 1 cm DAP	1460 (156)a	1880 (468)a	2060 (198)a	3947 (2368)a	3750 (1301)a
1-2 cm DAP	705 (7)bc	613 (186)bc	960 (28)b	453 (186)c	1555 (530)a
> 2-5 cm DAP	380 (57)ab	383 (122)ab	660 (198)a	163 (47)b	720 (481)a
> 5 cm DAP	140 (28)ab	133 (66)ab	180 (127)a	20 (10)b	90 (0)a
Total de cipós	2685 (64)b	3010 (529)b	3860 (495)ab	4583 (2477)ab	6115 (1351)a
<b>Biomassa acima do solo (t ha<sup>-1</sup>)</b>					
Árvores vivas ≥ 10 cm DAP	289 (36)a	226 (9)ab	223 (57)ab	151 (46)b	190 (20)b
Árvores vivas < 10 cm DAP	15 (2)b	15 (2)b	22 (2)a	8 (2)c	15 (1)b
Cipós suspensos vivos	22 (4)a	22 (7)ab	32 (15)a	7 (1)b	26 (6)a
Total vivo	326 (38)a	262 (14)ab	277 (44)ab	166 (45)c	232 (15)b
Liteira lenhosa ≥ 10 cm diâmetro	34 (3)a	65 (30)a	37 (3)a	64 (15)a	48 (30)a

<sup>1</sup>Médias apresentadas com desvio padrão (DP) entre parênteses. As letras diferentes indicam diferenças entre classes de floresta com  $P < 0,05$  utilizando o teste de Duncan

Em relação à floresta nativa, a densidade total de varetas com DAP < 5 cm foi levemente maior na floresta intensamente explorada e queimada (2%), na floresta explorada e intensamente queimada (7%), e na floresta explorada (19%); e foi bem maior na floresta explorada e queimada (42%). (Tabela 3). Entretanto, não foram encontradas diferenças estatísticas entre nenhuma das classes.

A densidade de indivíduos com DAP < 5 cm de espécies dos estágios mais maduros da floresta foi consideravelmente menor nas duas áreas que sofreram pelo menos uma das perturbações mais intensivas (exploração ou incêndio) – ambas com menos de 1.700 indivíduos ha<sup>-1</sup>; enquanto, nas outras classes a densidade foi acima de 2.500 indivíduos ha<sup>-1</sup>.

O número de indivíduos de espécies pioneiras (DAP < 5 cm) foi maior nas florestas perturbadas do que na floresta nativa, onde nenhum indivíduo foi encontrado (Tabela 3). A densidade variou de 253 indivíduos ha<sup>-1</sup> na floresta explorada a 1.910 indivíduos ha<sup>-1</sup> na floresta explorada e intensamente queimada, cuja densidade foi significativamente maior do que na floresta nativa.

A densidade total de arvoretas com DAP entre 5 cm e 10 cm foi bastante heterogênea entre as áreas nativas e perturbadas (Tabela 3). Essa heterogeneidade pareceu relacionada à intensidade e à idade das perturbações. A floresta submetida à exploração e intenso incêndio recente (um ano antes do estudo) teve a menor densidade de indivíduos nesta classe, 97 ha<sup>-1</sup>) e foi significativamente diferente das outras classes de floresta (com exceção das florestas exploradas). As outras duas classes que sofreram perturbações mais antigas (florestas exploradas e queimadas e florestas exploradas e intensamente queimadas) tiveram as maiores densidades de arvoretas (respectivamente 640 ha<sup>-1</sup> e 440 ha<sup>-1</sup>), enquanto a densidade na floresta nativa e floresta explorada não diferiram substancialmente (respectivamente, 370 ha<sup>-1</sup> e 317 ha<sup>-1</sup>). A grande variação entre as classes de perturbação foi observada entre espécies pioneiras e não-pioneiras. A densidade de indivíduos de espécies não-pioneiras nas florestas exploradas e intensamente queimadas foram significativamente menores do que todas as outras classes.

A densidade de cipós foi maior nas florestas mais perturbadas do que na floresta nativa (2.685 caules ha<sup>-1</sup>), variando de 3.860 caules ha<sup>-1</sup> (floresta explorada e queimada) a 6.115 caules ha<sup>-1</sup> na floresta intensamente explorada e queimada. A maior densidade (6.115 caules ha<sup>-1</sup>) foi significativamente diferente da floresta nativa. As diferenças em relação à floresta nativa ocorreram principalmente na classe de tamanho com DAP ≤ 1 cm.

### **Biomassa acima do solo**

As florestas perturbadas tiveram uma biomassa viva acima do solo menor do que na floresta nativa, cuja biomassa foi estimada em 326 t

ha<sup>-1</sup>. Em relação à floresta nativa, a biomassa foi 15% menor na floresta explorada e queimada, 20% menor na floresta explorada, e significativamente menores na floresta intensamente explorada e queimada (29%) e na floresta explorada e intensamente queimada (49%). (Tabela 3).

A biomassa das árvores mortas caídas no chão nas áreas perturbadas foi maior do que na floresta nativa, embora não tenha sido observada diferença estatística entre as classes de perturbação. Em relação à floresta nativa, encontraram-se as maiores diferenças na floresta intensamente explorada e queimada (41% maior), na floresta explorada e intensamente queimada (88% maior) e na floresta explorada (91% maior). (Tabela 3).

### **Estoque remanescente de indivíduos com valor madeireiro nas florestas perturbadas**

Avaliou-se o potencial das florestas para produção de madeira futura, considerando a situação das árvores de valor comercial (danos nas copas e presença de cipós). As florestas perturbadas tinham um estoque de espécies de madeira de valor comercial significativamente menor do que a floresta nativa (Tabela 4). Nas florestas perturbadas, o menor estoque foi na floresta explorada e queimada (19 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e o maior foi na floresta apenas explorada (38 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), enquanto na floresta nativa foi de 59 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

O menor estoque de madeira nas florestas perturbadas foi resultado da extração das árvores comerciais e também da grande quantidade de árvores danificadas e de árvores que hospedavam cipós em suas copas (Tabela 4). Por exemplo, os indivíduos com DAP ≥ 10 cm com danos na copa e/ou no fuste nas florestas exploradas e queimadas corresponderam entre 44% e 58% do total de indivíduos das espécies exploradas na região de Cláudia. Na floresta explorada esse valor foi de apenas 6% e na floresta nativa foi zero. A proporção de indivíduos danificados na floresta explorada e queimada foi significativamente maior do que na floresta nativa.

O grande número de indivíduos danificados nas florestas perturbadas também foi observado

entre as espécies que são exploradas em outras regiões, variando de 30% na floresta explorada até 46% na floresta explorada e intensamente queimada, cuja proporção de indivíduos danificados foi significativamente maior do que na floresta nativa.

A infestação de cipós foi muito heterogênea entre as classes. Primeiro, a proporção de árvores com cipós na floresta nativa foi alta – 21% das árvores de espécies exploradas na região de Cláudia e 46% das árvores de espécies exploradas em outras regiões. As florestas perturbadas

apresentaram níveis de infestação de cipós tanto abaixo quanto acima das florestas nativas nas duas classes de mercado (exploradas em Cláudia e em outras regiões). Entre as espécies exploradas em Cláudia, a infestação de cipós atingiu entre 12% e 66% dos indivíduos nas florestas perturbadas, enquanto que entre as espécies exploradas em outras regiões, atingiu entre 14% e 63% dos indivíduos. Em ambos os grupos de espécies, a infestação foi maior na floresta explorada e queimada (66% e 63%).

**Tabela 4**

Comparação da abundância e condição das árvores atualmente aceitas nas serrarias locais entre as áreas de floresta nativa, explorada e queimada na região de Cláudia, Mato Grosso (Comparison of the abundance and condition of trees currently accepted in regional timber mills among intact, logged, and burned forests in the region of Cláudia, Mato Grosso)

Explorados em Cláudia	Nativa (n=2)	Explorada (n=3)	Explorada e queimada (n=2)	Explorada e intensamente queimada (n=3)	Intensamente explorada e queimada (n=2)
<b>Densidade de indivíduos (No. ha<sup>-1</sup>)</b>					
< 10 cm DAP	10 (3)a	13 (4)a	17 (8)a	29 (22)a	20 (4)a
10- < 30 cm DAP	3 (0)ab	4 (1)a	4 (1)a	1 (0)b	2 (2)ab
≥ 30 cm DAP	2 (1)a	1 (1)a	1 (0)a	1 (0)a	1 (2)a
Total	17 (1)a	18 (2)a	22 (6)a	31 (21)a	24 (4)a
Indivíduos ≥ 10 cm DAP danificados (% do total)	0b	6 (10)ab	58 (12)a	44 (51)ab	50 (0)ab
Indivíduos ≥ 10 cm DAP cobertos por cipós (% do total)	21 (6)a	47 (12)a	66 (23)a	33 (58)a	12 (18)a
<sup>2</sup> Estoque de madeira 10 - < 30 cm DAP (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	1 (0)a	1 (0)a	1 (0)a	0a	1 (1)a
<sup>2</sup> Estoque de madeira ≥ 30 cm DAP (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	16 (18)a	4 (5)a	4 (4)a	1 (1)a	4 (5)a
Total	17 (18)a	5 (5)ab	5 (3)ab	2 (1)b	5 (4)ab
<b>Explorados em outras regiões</b>					
<b>Densidade de indivíduos (No. ha<sup>-1</sup>)</b>					
< 10 cm DAP	3 (2)a	1 (1)a	4 (3)a	1 (1)a	1 (1)a
10- < 30 cm DAP	145 (13)ab	126 (7)bc	109 (6)c	68 (28)d	164 (10)a
≥ 30 cm DAP	33 (2)a	28 (5)a	25 (3)a	20 (12)a	21 (14)a
Total	182 (13)ab	154 (4)ab	139 (6)b	89 (39)c	186 (3)a
Indivíduos ≥ 10 cm DAP danificados (% do total)	13 (3)b	30 (11)ab	34 (4)ab	46 (19)a	31 (2)ab
Indivíduos ≥ 10 cm DAP cobertos por cipós (% do total)	46 (12)ab	38 (7)b	63 (0)a	14 (16)c	44 (12)ab
<sup>2</sup> Estoque de madeira 10 - < 30 cm DAP (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	18 (0)a	12 (4)ab	6 (0)b	9 (5)b	12 (2)ab
<sup>2</sup> Estoque de madeira ≥ 30 cm DAP (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	23 (17)a	21 (4)a	7 (1)a	14 (10)a	14 (8)a
Total	42 (17)a	33 (7)ab	13 (1)b	24 (15)ab	26 (11)ab
<sup>3</sup> Densidade total de indivíduos	199 (12)ab	172 (1)bc	162 (13)c	120 (27)d	210 (1)a
<sup>3</sup> Estoque total de madeira (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	59 (1)a	38 (3)b	19 (5)b	25 (16)b	31 (6)b

<sup>1</sup>Médias apresentadas com desvio padrão (DP) entre parênteses. As letras diferentes indicam diferenças entre classes de floresta com  $P < 0,05$  utilizando o teste de Duncan

<sup>2</sup>Total sem danos e cipós

<sup>3</sup>Indivíduos explorados em Cláudia + indivíduos explorados em outras regiões

A densidade de indivíduos com DAP  $\geq 30$  cm de espécies atualmente exploradas na região de estudo foi similar entre a floresta nativa (2 caules  $\text{ha}^{-1}$ ) e as florestas perturbadas (1 caule  $\text{ha}^{-1}$ ). A densidade de indivíduos com DAP entre 10 cm- $<30$  cm também foi similar, com exceção da floresta explorada e intensamente queimada, onde somente um indivíduo foi encontrado. A densidade de indivíduos com DAP  $< 10$  cm foi maior, em relação à floresta nativa (10 caules  $\text{ha}^{-1}$ ) em todas as classes de perturbação, atingindo o valor máximo na floresta explorada e intensamente queimada (29 caules  $\text{ha}^{-1}$ ). (Tabela 4)

A espécie com DAP  $\geq 10$  cm mais encontrada foi *Protium decandrum*, espécie não explorada na região por causa do seu baixo valor comercial, representando 11% dos indivíduos na floresta explorada, 13% na floresta explorada e intensamente queimada, 14% na floresta explorada e queimada e na floresta intensamente explorada e queimada, e 27% na floresta nativa.

Nas florestas perturbadas a densidade de indivíduos remanescentes com DAP  $\geq 30$  cm de espécies exploradas em outras regiões foi menor do que na floresta nativa (33 caules  $\text{ha}^{-1}$ ), atingindo o valor mínimo na floresta explorada e intensamente queimada (20 caules  $\text{ha}^{-1}$ ). Em relação à floresta nativa (145 caules  $\text{ha}^{-1}$ ), a densidade de indivíduos com DAP entre 10 cm- $<30$  cm foi menor nas florestas perturbadas, atingindo o valor mínimo significativo na floresta explorada e intensamente queimada (68 caules  $\text{ha}^{-1}$ ). A densidade de indivíduos com DAP  $< 10$  cm foi baixa em todas as classes de perturbação. A floresta explorada e queimada foi a que apresentou a maior densidade desses indivíduos (4 caules  $\text{ha}^{-1}$ ). (Tabela 4)

## DISCUSSÃO

A composição e estrutura das florestas perturbadas pela exploração e pelo fogo diferiram acentuadamente daquelas das florestas nativas. Porém, a comparação entre estas florestas é complexa devido à variação da intensidade e à recorrência de exploração e de incêndios, bem como das diferentes idades de cada evento de perturbação. Por isso, a comparação deve consi-

derar nuances de cada indicador de perturbação e da situação da floresta.

As reduções de biomassa viva acima do solo na floresta explorada e queimada (15%) e na floresta explorada e intensamente queimada (49%) foram menores do que as encontradas por Gerwing (2002) para a floresta explorada e levemente queimada (43%) e para a floresta explorada e intensamente queimada (84%). Essas diferenças se devem à alta intensidade média de exploração na área estudada por Gerwing (36  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), contra 10  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  neste estudo.

A maior densidade de cipós ocorreu na classe de diâmetro  $\leq 1$  cm. Este fenômeno também foi observado em outras regiões da Amazônia por Cochrane e Schulze (1999) e Gerwing (2002). Por outro lado, a densidade de cipós com DAP  $> 5$  cm foi drasticamente menor devido ao fogo, fato também observado em regiões de floresta ombrófila densa.

Outra variável de diferenciação da composição e estrutura das florestas de transição foi a menor densidade de espécies dos estágios mais maduros da floresta com DAP  $\geq 10$  cm. A densidade desses indivíduos foi cerca de 6% menor devido à exploração madeireira e 47% menor em decorrência da exploração seguida de fogo (Tabela 3). Reduções em torno de 58% destas espécies já foram documentadas em regiões de florestas ombrófilas densas (Holdsworth e Uhl, 1997) nas áreas que sofreram exploração e queimadas. Foram observadas também maiores densidades de indivíduos pioneiros com DAP  $\geq 10$  cm.

Encontraram-se estoques totais de madeira para uma exploração futura (DAP  $\geq 30$  cm) drasticamente menores com o aumento da intensidade de perturbação. Uma forma de aumentar o potencial de exploração futura nas florestas já exploradas seria cortar os cipós que infestam um grande número das árvores de espécies comerciais. Estudos em outras regiões têm mostrado que as árvores liberadas da infestação podem aumentar o crescimento (Grogan et al., 2002). Para obter melhores resultados, o corte de cipós deve ser realizado nas árvores com melhores troncos e copas com boa forma.

Entretanto, para estabelecer o uso sustentável das florestas da região será necessário utilizar técnicas de manejo desde antes da exploração para evitar danos e reduzir o risco de incêndio. O manejo envolve o corte de cipós, planejamento de abertura de estradas, pátios de estocagem e trilhas de arraste, derrubada direcional da árvore e arraste das toras (Barreto et al, 1998).

Finalmente, os dados levantados neste estudo podem ser integrados a imagens de satélite para estimar o impacto regional da exploração de madeira e da ocorrência de fogo nas florestas. Desta forma, seria possível aumentar a eficiência de programas de monitoramento dos impactos ambientais dessas atividades.

## CONCLUSÕES

- ✓ Os impactos mais significativos na estrutura e composição das florestas de transição foram encontrados na floresta explorada e intensamente queimada;
- ✓ Os distúrbios causados na floresta diminuem a capacidade de produção de madeira na região devido à drástica redução de espécies de valor comercial;
- ✓ Espécies pioneiras de árvores e cipós tendem a dominar a regeneração, aumentando a concorrência com outras espécies;
- ✓ A redução da cobertura do dossel e o aumento de resíduos tornam as florestas perturbadas ainda mais vulneráveis a futuras queimadas;
- ✓ O ciclo de exploração e queimada repetidas torna as florestas de transição mais degradadas em termos de redução de biomassa, diversidade de espécies e estrutura da floresta.

## AUTORES E AGRADECIMENTOS

ANDRÉ LUIZ SILVA MONTEIRO é Engenheiro Florestal, Pesquisador do AMAZON – Caixa Postal 5101 – Belém, PA - 66613-970 – E-mail: andreluiz@amazon.org.br

CARLOS MOREIRA DE SOUZA Jr. é Geólogo, Pesquisador do AMAZON – Caixa Postal 5101 – Belém, PA - 66613-970 – E-mail: souzajr@amazon.org.br

PAULO GONÇALVES BARRETO é Engenheiro Florestal, Pesquisador do AMAZON – Caixa Postal 5101 – Belém, PA - 66613-970 – E-mail: pbarreto@amazon.org.br

FRANK LEONE DE SOUSA PANTOJA é Biólogo, Pesquisador do AMAZON – Caixa Postal 5101 – Belém, PA - 66613-970 – E-mail: frankpantoja@amazon.org.br

JEFFREY JOHN GERWING – é Ecólogo, Pesquisador da Pennsylvania State University, University Park, PA 16802, USA – E-mail: jgerwing@pdx.edu

Os autores agradecem a Edevar Waimer, Waldemiro Rocha e Euzenrauly Silva pelo auxílio no campo; a todos os proprietários de terra por disponibilizarem áreas para este estudo; e a Brigitte Frick pela assistência durante o trabalho de campo. Agradecem também o apoio financeiro do “Programa de Pesquisa Dirigida” (PPG-7/MCT/Finep), da Fundação Ford e Fundação William & Flora Hewlett. Finalmente agradecem a Gláucia Barreto pela revisão do manuscrito.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, T.M.; HIGUCHI, N.; CARVALHO Jr., J.A. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. **Forest ecology and management**, v.117, p.43-52, 1999.
- BARRETO, P.; AMARAL, P.; VIDAL, E.; UHL, C. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazon. **Forest ecology and management**, v.108, p.9-26, 1998.
- COCHRANE, M.A.; ALENCAR, A.; SCHULZE, M.D.; SOUZA, C.M.; NEPSTAD, D.C.; LEFEBVRE, P.; DAVIDSON, E. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forest. **Science**, v.284, p.1832-1853, 1999.
- COCHRANE, M.A.; SCHULZE, M.D. Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: effects on forest structure biomass and species composition. **Biotropica**, v.31, p.2-16, 1999.
- DELANEY, M.; BROWN, S.; LUGO, A.; TORRES-LEZAMA, A.; QUINTERO, N.B. The quantity and turnover of dead wood in permanent forest plots in six life zones of Venezuela. **Biotropica**, v.30, p.2-11, 1998.
- FEARNSIDE, P.M. Wood density for estimating biomass in Brazilian Amazon. **Forest ecology and management**, v.90, p.59-87, 1997.
- GERWING, J.J. Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. **Forest ecology and management**, v.157, n.1, p.131-141, 2002.

- GERWING, J.J.; FARIAS, D.L. Integrating liana abundance and forest stature into an estimate of aboveground biomass for an eastern Amazonian forest. **Journal of tropical ecology**, v.16, p.327-336, 2000.
- GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERISSIMO, A. **Mogno na Amazônia Brasileira: ecologia e perspectiva de manejo**. Belém: Imazon, 2002. 56p.
- HOLDSWORTH, A.R.; UHL, C. Fire in Amazonian selectively logged rain forest and the potential for fire reduction. **Ecological applications**, v.7, p.713-725, 1997.
- IBGE – FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Diagnóstico ambiental da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro: IBGE/DGC/Derna-Degeo-Decar, 1997.
- INPE – INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAS. **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite 2000-2001**. 24p. 2002. Disponível em: [www.inpe.br/informacoes\\_Eventos/amz2000\\_2001/capa.htm](http://www.inpe.br/informacoes_Eventos/amz2000_2001/capa.htm) Acesso em : 11/07/2003
- JOHNS, J.S.; BARRETO, P.; UHL, C. Logging damage during planned and unplanned logging operations in the eastern Amazon. **Forest ecology and management**, v.89, p.59-77, 1996.
- LENTINI, M.; VERISSIMO, A.; SOBRAL, L. **Fatos florestais da Amazônia 2003**. Belém: Imazon, 2003. 108p.
- NELSON, B.W.; MESQUITA, R.; PEREIRA, J.L.G.; SOUZA, S.G.; BATISTA, G.T.; COUTO, L.B. Allometric regression for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. **Forest ecology and management**, v.117, p.149-167, 1999.
- NEPSTAD, D.C.; VERÍSSIMO, J.A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; POTTER, C.; MOUTINHO, P.; MENDOZA, E.; COCHRANE, M.; BROOKS, V. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature**, v.398, p.504-508, 1999.
- RADAMBRASIL. DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO MINERAL. PROJETO RADAMBRASIL, LEVANTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS. **Folha SC.21 Juruena**. Rio de Janeiro, 1981. v.20, p.39-40
- SOUZA Jr., C.; ROBERTS, D. **Multi-temporal analysis of selective logging in Amazonian transitional forests using green vegetation fraction images**. In: LBA SCIENTIFIC CONFERENCE, 2, Manaus, 2002.
- UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; MATTOS, M.M.; BRANDINO, Z.; VIEIRA, J.C.G. Social, economic, and ecological consequences of selective logging in an Amazon frontier: the case of Thailand. **Forest ecology and management**, v.46, p.243-273, 1991.
- VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R.; UHL, C. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old Amazonian frontier: the case of Paragominas. **Forest ecology and management**, v.55, p.169-199, 1992.
- WAGNER, C.E.V. The line intersect method in forest fuel sampling. **Forest science**, v.14, p.20-26, 1968.