

Efeito da exploração florestal de impacto reduzido sobre a regeneração natural em uma floresta densa de terra firme no município de Paragominas na Amazônia brasileira

Effects of the reduced impact logging on natural regeneration in a terra firme dense forest in the municipality of Paragominas in Brazilian Amazonia

Eliana Harumi Hirai¹, Cláudio José Reis de Carvalho², José Natalino Macedo Silva³, João Olegário Pereira de Carvalho⁴ e Waldenei Travassos de Queiroz⁵

Resumo

O estudo foi motivado pela escassez de informações sobre a sustentabilidade ecológica da exploração de florestas naturais, em áreas diretamente afetadas pela exploração. O objetivo foi verificar se há diferença florística entre a floresta não-explorada e áreas diretamente afetadas pela exploração, e entre anos pós-exploração, e averiguar a capacidade de recuperação natural da floresta, quanto à estrutura e composição florística anteriores à exploração. Avaliou-se a regeneração natural em três áreas exploradas em diferentes ocasiões (2000, 2003 e 2006), no período de sete anos, na Fazenda Rio Capim, no município de Paragominas, Pará. Os dados foram coletados em clareiras, ramais de arraste primário e secundário, pátio de estocagem e floresta remanescente da exploração, considerando indivíduos entre 2,5 e 10,0 cm de diâmetro. Calculou-se a abundância, índice de diversidade, equitabilidade, similaridade florística. No período de até sete anos após a exploração florestal de impacto reduzido, ocorreram marcantes alterações na composição florística e na abundância de indivíduos com DAP de 2,5-10,0 cm, principalmente nos ramais principais e pátios. Na floresta remanescente, a dinâmica, tanto de espécies quanto de indivíduos, ocorreu mais com espécies tolerantes à sombra, porém nas clareiras, ramais e pátios predominaram as espécies pioneiras. Nos pátios e nos ramais de arraste, o desenvolvimento das plantas foi muito baixo, não permitindo alta abundância de indivíduos com DAP maior que 2,5 cm. A regeneração natural nas áreas abertas pela exploração florestal, embora tenha sofrido influência da floresta remanescente, conta com poucas espécies de alto valor comercial. Portanto, sugere-se que devam ser aplicados tratamentos silviculturais pós-exploratórios para beneficiar mudas de regeneração natural (DAP \leq 2,5 cm) pré-existentes e sejam realizados enriquecimentos em clareiras para garantir estoque suficiente de espécies comerciais para futuras colheitas.

Palavras-chave: abundância de espécies arbóreas, diversidade de espécies, similaridade florística.

Abstract

The motivation for this study was the scarcity of information on ecological sustainability of natural forests in areas affected by logging. The objective was to find out if there is any difference in regeneration between the unlogged area and the logged area; regeneration among years after logging; and to evaluate the capacity of the natural regeneration on recovery of the floristic composition and structure of the logged forest. Natural regeneration was evaluated in three areas in different occasions (2000, 2003 and 2006) over a seven-year period at Rio Capim forest management unit, in the municipality of Paragominas, Pará state. Data were collected in gaps, primary and secondary skid trails, and log decks and in the remaining forest, considering individuals from 2.5 cm to 10.0 cm diameter. Richness, abundance, diversity, evenness and floristic similarity were evaluated. Changes occurred in the floristic composition and abundance of individuals in DBH 2.5-10.0 cm, in the seven-year study period, mainly in the primary skid trails and log decks. In the remaining forest, dynamics of species and individuals was higher for shade-tolerant species, but in gaps, skid trails and log decks pioneer species were dominant. In the log decks and skid trails the

¹Mestre em Ciências Ambientais, Engenheira Ambiental, Caixa Postal 086, CEP: 68.740.970, Castanhal, PA. E-mail: haru.ambiental@gmail.com

²Doutor em Ecofisiologia Vegetal, Pesquisador Embrapa Amazônia Oriental, Travessa Enéas Pinheiro s/n Marco Caixa Postal: 48 - CEP: 66095-100 - Belém, PA. E-mail: chgeral@cpatu.embrapa.br

³Ph.D em Ciências Florestais, Engenheiro Florestal, Rua Bolívia 18, Vila Permanente - CEP: 68.455-642, Tucuruí - PA. E-mail: silvanatalino734@gmail.com

⁴Ph.D em Silvicultura Tropical, pesquisador e professor da UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Presidente Tancredo Neves 2501 Montese - CEP 66077-530 - Belém, PA. E-mail: olegario.carvalho@gmail.com

⁵Doutor em Estatística e Experimentação Agronômica, Professor da UFRA - Universidade Federal Rural da Amazônia., Av. Presidente Tancredo Neves 2501 Montese - CEP 66077-530 - Belém, PA. E-mail: waldenei.queiroz@ufra.edu.br

abundance of individuals with DBH greater than 2.5 cm was very low. Natural regeneration in areas opened by logging showed only a few timber species with commercial value being influenced by the remaining forest. Therefore, one can suggest that seedlings (DBH < 2.5 cm) of natural regeneration of commercial species must be assisted by post-harvesting silviculture; and seedlings produced in nurseries must be planted in gaps to guarantee a reasonable stock of commercial timber species for future harvests.

Keywords: abundance of tree species, species diversity, floristic similarity.

INTRODUÇÃO

Paragominas é uma fronteira madeireira estabelecida no final dos anos 1970, com a indústria madeireira, e desde a década de 1990 enfrenta uma grande crise pela falta de matéria-prima, causada pela exaustão das florestas naturais da região (SCHNEIDER *et al.*, 2000), devido principalmente a explorações florestais sem planejamento, que ocorreram na região até o final dos anos 1990. Nessa década as práticas de manejo florestal começaram a ser melhor planejadas e a exploração de impacto reduzido passou a ser adotada por algumas empresas na Amazônia brasileira (BOLTZ *et al.*, 2003; SABOGAL *et al.*, 2000).

A exploração de impacto reduzido permite que a floresta se recupere até a próxima colheita, uma vez que são deixadas árvores em pé e é realizado planejamento para redução dos danos à toda a vegetação, inclusive à regeneração natural. Após a exploração são aplicados os tratamentos silviculturais, práticas de manejo que estimulam o crescimento tanto da vegetação adulta quanto da regeneração natural (BOLTZ *et al.*, 2003; SABOGAL *et al.*, 2000).

O estudo foi motivado pela escassez de informações sobre a sustentabilidade ecológica da exploração de florestas nativas, principalmente, em áreas diretamente afetadas pela exploração. Estudos vêm sendo desenvolvidos na Amazônia Oriental desde o início dos anos 1980, sobre o efeito da exploração e a recuperação da floresta, porém a maioria desses estudos trata apenas da vegetação adulta (CARVALHO, 2001; FRANCEZ *et al.*, 2009; FRANCEZ *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2001), poucos tratam da regeneração natural (LOPES *et al.*, 2001).

A exploração florestal pode diminuir o potencial de estabelecimento e crescimento da regeneração natural em algumas florestas tropicais, através de alterações em propriedades do solo, como por exemplo, a densidade do solo (FREDERICKSEN; PARIONA, 2002). Alguns desses estudos têm mostrado que a regeneração de espécies comerciais melhorou com o distúrbio no solo (DICKINSON *et al.*, 2000; FREDERICKSEN; MOSTACEDO, 2000; FREDERICKSEN; PARIONA, 2002).

No presente estudo, avaliou-se a comunidade arbórea em regeneração e em diferentes situações e diferentes momentos após a exploração florestal, em comparação com a floresta não explorada, e pretende-se responder às seguintes perguntas: Há diferença florística entre a floresta não-explorada e áreas diretamente afetadas pela exploração? Há diferença florística entre as áreas diretamente afetadas pela exploração e entre os anos pós-exploração? Há a possibilidade de a floresta recuperar naturalmente a estrutura e a composição anteriores à exploração?

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em áreas onde houve a colheita de madeira, utilizando-se as técnicas de exploração florestal de impacto reduzido (EIR) na Fazenda Rio Capim, no município de Paragominas, PA, entre as coordenadas geográficas 03° 30' e 03° 45' de latitude Sul e 48° 30' e 48° 45' de longitude Oeste.

A pesquisa foi realizada em três áreas diferenciadas pelo período de exploração (sete anos, quatro anos, e um ano após a exploração). Foi sorteada uma UT (Unidade de Trabalho) de aproximadamente 100 ha, representativa de cada período.

A exploração de impacto reduzido, nas áreas de estudo, seguiu diretrizes técnicas, de acordo com Sabogal *et al.* (2000). Em cada UT foi selecionada uma área de aproximadamente 250 m x 500 m (área de influência de um pátio de estocagem). As UTs exploradas em 2006 possuem o número de pátios de estocagem reduzido em relação às UTs exploradas em 2000 e 2003. No entanto, a dimensão da área de influência do pátio de estocagem foi igual em todas as áreas de estudo.

Nas três UTs foram consideradas cinco situações e/ou tratamentos, definidos como: a) Trilhas de arraste primárias: passagens principais do trator florestal (skidder) servindo de rotas para transporte e arraste das toras da área de derruba para o pátio construído ao longo da estrada secundária (KANTOLA; HARSTELA, 1994); b) Trilhas de arraste secundárias: são linhas de conexão entre a floresta e o pátio de estocagem ou entre a floresta e a trilha de arraste principal, sendo abandonadas logo após as operações de exploração (KANTOLA;

HARSTELA, 1994); c) Clareiras: áreas de terreno sob uma abertura no dossel que se estende até a base das copas das árvores circundantes, considerando-se a área da clareira no nível do solo (RUNKLE, 1982); d) Pátios de estocagem: áreas de estoque temporário das toras; e) Parcelas-Controle (Floresta Remanescente): são partes da floresta sem nenhum efeito visível das operações de corte, a não ser o eventual aumento de luz vinda da clareira mais próxima (MELLO-IVO *et al.*, 1997).

Considerou-se distância de 4 m como largura máxima das trilhas de arraste primárias e secundárias, de acordo com Elias *et al.* (2001) e Oliveira (2000). As áreas situadas a uma distância mínima de 15 m da área impactada pela exploração florestal foram consideradas "floresta remanescente".

Em cada uma das situações foram amostrados indivíduos jovens de espécies arbóreas com $2,5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10,0 \text{ cm}$.

A classificação foi baseada nas diretrizes para medição de parcelas permanentes propostas por Silva *et al.* (2005). Pequenas adaptações foram realizadas nas trilhas de arraste primárias e secundárias (parcela de 25 m x 4 m, área de medição de indivíduos com $5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$; parcela de 6,25 m x 4 m, área de medição de indivíduos com $2,5 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 5 \text{ cm}$).

As parcelas para registro dos indivíduos foram assim distribuídas: três parcelas em trilhas de arraste primárias, três parcelas em trilhas de arraste secundárias, nove parcelas em clareiras, duas parcelas no pátio de estocagem e cinco parcelas em floresta remanescente, para cada UT estudada. A determinação botânica das espécies amostradas foi feita em campo por um parobotânico.

Quanto ao comportamento ecológico, as espécies foram classificadas em dois grupos principais, de acordo com Swaine e Whitmore (1988): 1) espécies tolerantes à sombra ou climáticas: espécies que toleram sombra nas etapas iniciais de seu desenvolvimento, mas que requerem ou apresentam alguns sinais de beneficiar-se com a existência de aberturas no dossel; e 2) espécies pioneiras ou heliófilas: são espécies cuja regeneração não é encontrada sob o dossel, aparecendo somente depois da abertura de clareiras. A classificação das espécies segundo os grupos ecológicos baseou-se na experiência de campo dos parobotânicos da Embrapa Amazônia Oriental. A identificação das espécies comerciais fundamentou-se em Oliveira (2005) e Pará (2010).

A abundância foi considerada como sendo o número de indivíduos de cada espécie por hectare. A diversidade foi obtida pelo índice de

Shannon, de acordo com Legendre e Legendre (1983) e Magurran (1988), utilizando o logaritmo na base natural (KREBS, 1989). A equitabilidade (J') foi calculada utilizando a equação de Pielou, seguindo as recomendações de Legendre e Legendre (1983). A similaridade florística foi calculada utilizando o coeficiente de Bray-Curtis (BRAY; CURTIS, 1957). A análise de agrupamento das espécies foi realizada seguindo as recomendações de Orłóci (1978), utilizando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade.

Dentro de cada idade foram realizadas comparações estatísticas do número de indivíduos em cada tratamento por meio de ANOVA simples, através do programa estatístico SAS 9.1.

Para a determinação dos índices de diversidade (H'), equitabilidade (J'), similaridade florística, e curvas de rarefação foi utilizado o programa Biodiversity Pro Versão 2.0 (MCALEECE, 1997). Para a estimativa da matriz de distâncias e análise do escalonamento multidimensional não métrico, na representação gráfica dos cinco tratamentos florestais em um espaço de dimensão menor do que o original, levou-se em consideração a similaridade que os elementos têm entre si (MINGOTI, 2005; FÁVERO *et al.*, 2009), e foi utilizado o programa SPSS (Statistical Package for the Social Science) versão 13.0. Uma medida de adequação de ajuste para avaliar o quanto se aproximam as distâncias dos dados de dissimilaridade daquelas originais fornecidas pelos respondentes, denominada Stress, foi proposta por Kruskal (1964) (Equação 1):

$$\text{Stress} = \sqrt{\frac{\sum_i \sum_j (f(\delta_{ij}) - d_{ij})^2}{\sum_i \sum_j d_{ij}^2}} \quad (1)$$

em que:

$f(\delta_{ij})$ = distâncias derivadas dos dados de dissimilaridade (distâncias obtidas a partir da matriz AV).
 d_{ij} = distâncias originais transformadas. Quanto maior o Stress, pior o ajuste, já que o valor mínimo será 0 quando não existirem diferenças entre as distâncias e as dissimilaridades.

Para a representação gráfica das faces de Chernoff (MANLY, 2008), que contempla a conexão entre características das faces e as variáveis, foi utilizado o programa estatístico SAS 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostradas, no total, 79 espécies nas parcelas exploradas, e 57 espécies nas parcelas

testemunha, o que correspondem a 79% e 57%, respectivamente, das espécies amostradas. 19 espécies foram amostradas exclusivamente na floresta de referência e 33 espécies regeneraram-se apenas nas áreas exploradas. Os dados gerais de riqueza, diversidade, número de espécies de valor comercial nos diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 1.

Densidade das espécies

A densidade das espécies *Rinorea guianensis*, *Sagotia racemosa*, *Poecilanthus effusus*, *Inga alba*, e *Rinorea racemosa* diferiu entre os tratamentos estudados ($p < 0,05$), e as diferenças não são atribuídas ao acaso (Tabela 2, Figura 1). No entanto, a densidade das espécies *Palicourea guianensis*, *Vismia guianensis*, *Lecythis idatimon*

e *Jacaranda copaia* não diferiu entre os tratamentos (Tabela 2; Figura 1).

Palicourea guianensis e *Vismia guianensis* foram as espécies mais abundantes (Figura 1; Figura 2A) nos tratamentos atingidos diretamente pela exploração, havendo diferenças entre tratamentos (Tabela 2, Figura 1). A abundância destas espécies foi maior na classe de clareiras, com 48 e 32 indivíduos, respectivamente. Estas espécies não foram encontradas na floresta remanescente e são consideradas pioneiras, cuja regeneração aparece somente após abertura de clareiras. As demais espécies apresentaram maior abundância nas classes clareira e floresta remanescente, não ocorrendo nos tratamentos com maior compactação do solo, como pátio e ramal principal (Figura 1; Figura 2A).

Tabela 1. Dados gerais de riqueza, número de espécies de valor comercial, % de indivíduos de valor comercial e diversidade em diferentes tratamentos em área de exploração de impacto reduzido em Paragominas, Pará. (CL – Clareira; FR – Floresta Remanescente; P – Pátio; RP – Ramal Principal; RS – Ramal Secundário).

Table 1. General data of richness, number of species of commercial value, % of individuals with commercial value and diversity in different treatments in an area of reduced impact logging in Paragominas, Pará. (CL – gap; FR - remaining forest; P - log deck; RP - primary skid trail; RS - secondary skid trail).

Tratamento	Tempo após a exploração (anos)	Nº de Indivíduos	Riqueza	Nº de espécies de valor comercial	% Indivíduos de valor comercial	Diversidade (H')
FR	sete	60	32	9	25.00	1.434
CL	sete	150	47	17	16.66	1.294
RP	sete	12	7	1	8.33	0.778
RS	sete	24	12	4	25.00	0.922
P	sete	29	7	2	10.34	0.596
FR	quatro	47	30	12	29.78	1.414
CL	quatro	102	43	11	28.43	1.463
RP	quatro	26	12	3	15.38	0.99
RS	quatro	15	10	0	0	0.96
P	quatro	0	0	0	0	0
FR	um	40	19	4	10.00	1.158
CL	um	35	21	3	11.43	1.246
RP	um	0	0	0	0	0
RS	um	0	0	0	0	0
P	um	0	0	0	0	0

Tabela 2. Análise de variância entre os tratamentos (clareira, floresta remanescente, pátio, ramal principal e ramal secundário) e espécies mais abundantes (Pg - *Palicourea guianensis*; Vg - *Vismia guianensis*; Rg - *Rinorea guianensis*; Sr - *Sagotia racemosa*; Pe - *Poecilanthus effusus*; Ia - *Inga alba*; Li - *Lecythis idatimon*; Rr - *Rinorea racemosa*; Jc - *Jacaranda copaia*).

Table 2. Analysis of variance between treatments (gap, remaining forest, log deck, primary skid trail, secondary skid trail) and most abundant species (Pg - *Palicourea guianensis*; Vg - *Vismia guianensis*; Rg - *Rinorea guianensis*; Sr - *Sagotia racemosa*; Pe - *Poecilanthus effusus*; Ia - *Inga alba*; Li - *Lecythis idatimon*; Rr - *Rinorea racemosa*; Jc - *Jacaranda copaia*).

Variável Dependente	Fonte de Variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Pg	Tratamentos	4	537.06	134.26	0.84	0.5318 ^b
Vg	Tratamentos	4	219.00	54.90	1.38	0.3080 ^b
Rg	Tratamentos	4	50.26	12.56	6.08	0.0095 ^a
Sr	Tratamentos	4	34.66	8.66	8.12	0.0035 ^a
Pe	Tratamentos	4	30.93	7.73	19.33	0.0001 ^a
Ia	Tratamentos	4	17.73	4.43	6.65	0.0071 ^a
Li	Tratamentos	4	27.06	6.76	4.41	0.0259 ^b
Rr	Tratamentos	4	25.60	6.40	12.00	0.0008 ^a
Jc	Tratamentos	4	43.60	10.90	1.22	0.3618 ^b

Níveis de significância: ^a $P < 0,01$ – altamente significativo; ^b $P > 0,05$ – não significativo.

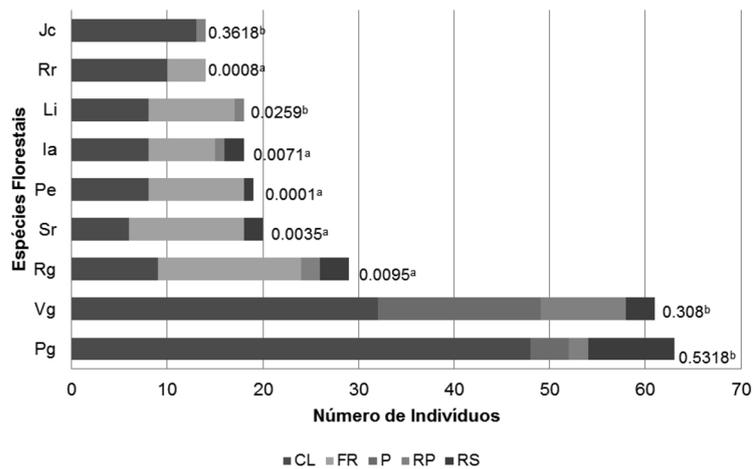


Figura 1. Espécies florestais com maior número de indivíduos (Pg - *Palicourea guianensis*; Vg - *Vismia guianensis*; Rg - *Rinorea guianensis*; Sr - *Sagotia racemosa*; Pe - *Poecilanthe effusa*; Ia - *Inga alba*; Li - *Lecythis idatimon*; Rr - *Rinorea racemosa*; Jc - *Jacaranda copaia*), e número de indivíduos entre os tratamentos estudados (CL - Clareira; FR - Floresta Remanescente; P - Pátio; RP - Ramal Principal; RS - Ramal Secundário). Diferenças estatísticas (a $P < 0,01$ - altamente significativo; b $P > 0,05$ - não significativo).

Figure 1. Most abundant forest species (Pg - *Palicourea guianensis*; Vg - *Vismia guianensis*; Rg - *Rinorea guianensis*; Sr - *Sagotia racemosa*; Pe - *Poecilanthe effusa*, Ia - *Inga alba*, Li - *Lecythis idatimon*; Rr - *Rinorea racemosa*; Jc - *Jacaranda copaia*) and in the treatments (CL - gap, FR - remaining forest, P - log deck, RP - primary skid trail; RS - secondary skid trail). Statistical differences (a $P < 0,01$ - highly significant, b $P > 0,05$ - not significant).

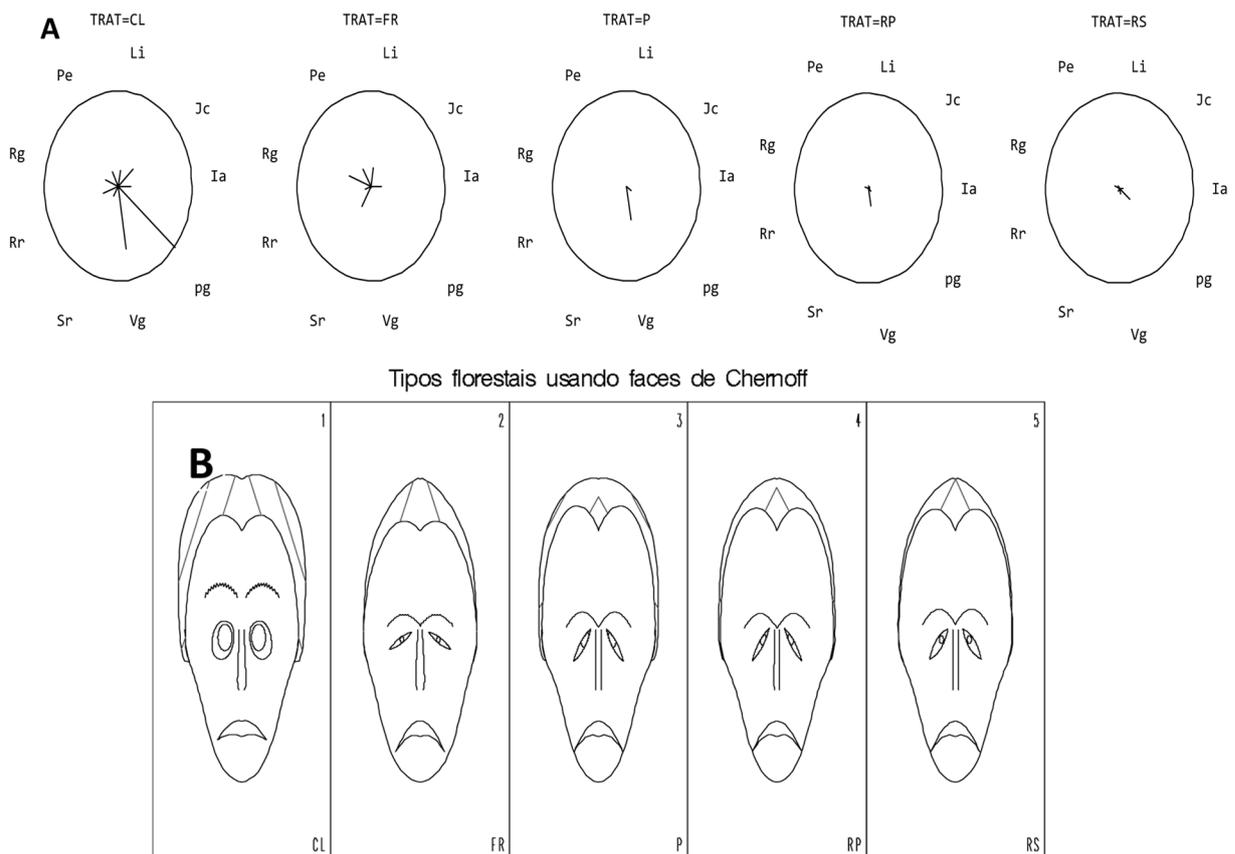


Figura 2. A. Representação gráfica das espécies mais abundantes e tratamentos (CL - clareira; FR - floresta remanescente; P - pátio; RP - ramal principal; RS - ramal secundário). **B.** Representação gráfica utilizando o modelo Face de Chernoff (Pg - tamanho dos olhos e posição vertical da sobrancelha; Vg - tamanho da pupila e linha do cabelo superior; Rg - posição da pupila e linha inferior do cabelo; Sr - inclinação do olho e linha de frente da face; Pe - posição horizontal do olho; Ia - posição vertical do olho e inclinação do sombreamento do cabelo; Li - linha do nariz; Rn - tamanho da boca; Jc - curvatura da boca).

Figure 2. A. Graphical representation of the most abundant species and treatments (C (gap), FR (remaining forest), P (log deck), RP (primary skid trail), RS (secondary skid trail)) **B.** Graphical representation of the model using Chernoff Face (Pg - eye size and vertical position of eyebrow; Vg - pupil size and upper hairline higher; Rg - position of pupil and lower hair line, Sr - eye slant and face line; Pe - horizontal position of the eye and darkness of hair; Ia - vertical position of the eye and hair shading slant; Li - line the nose, Rn - size of mouth; Jc - curvature of mouth).

Jacaranda copaia foi a única espécie encontrada somente em clareiras (Figura 1; Figura 2A), pois trata-se de espécie secundária inicial e de rápido crescimento (PHILLIPS *et al.*, 2002), observado na curvatura da boca (segundo o modelo Face de Chernoff) da classe clareira, diferente dos demais tratamentos (Figura 2B). A abundância de *Rinorea guianensis* e *Poecilanthe effusa* variou entre tratamentos (Tabela 2, Figura 1), sendo maior na floresta remanescente e em clareiras. Ambas são consideradas espécies tolerantes à sombra (Figura 1; Figura 2A), ou seja, nas etapas iniciais de seu desenvolvimento requerem luminosidade ou apresentam alguns sinais de benefício com a abertura do dossel. Esse fato pode ser observado com nitidez na Figura 2B para clareira, onde *Rinorea guianensis* difere dos demais tratamentos, visualmente na posição da pupila e linha inferior do cabelo, e *Poecilanthe effusa*, na posição horizontal dos olhos na representação gráfica do modelo face de Chernoff.

McNabb *et al.* (1997), na Floresta Nacional do Tapajós, 16 anos após exploração seletiva, sugerem que efeitos diretos da exploração, como aumento da densidade do solo, sejam combinados com efeitos indiretos da ecofisiologia de espécies pioneiras, como *Cecropia sp.*, espécie dominante nas trilhas de arraste. Isso foi verificado, também, em espécies amostradas

no presente estudo, aos quatro e seis anos após exploração, como *Palicourea guianensis* e *Vismia guianensis* (Figura 3), ambas pioneiras.

Oliveira *et al.* (2005), com base em estudo realizado na Floresta Nacional do Tapajós, comentam que, em florestas primárias, a abundância da regeneração pré-existente está diretamente relacionada às exigências ecológicas de cada espécie, e que no início da sucessão essas condições são supridas, uma vez que há grande entrada de luz nas clareiras formadas. No entanto, com o passar do tempo, inicia-se o adensamento do dossel e este grau de luminosidade cai drasticamente. Então, espécies que necessitam de grande quantidade de luz em todas as fases da vida, muitas vezes não conseguem crescer ou chegar a uma categoria de tamanho superior, e acabam competindo com espécies tolerantes ou morrendo. Ou seja, muitas espécies pioneiras, consideradas mais abundantes nas UTs com quatro e sete anos após exploração, não vão chegar à fase de arvoretas e árvores adultas no futuro, e são consideradas de vida curta (Figura 3).

Quanto à competitividade das espécies tolerantes e pioneiras, verifica-se que, na classe de varas, aos quatro anos após exploração, as espécies pioneiras são predominantes e mais abundantes e, na classe arvoretas, aos sete anos

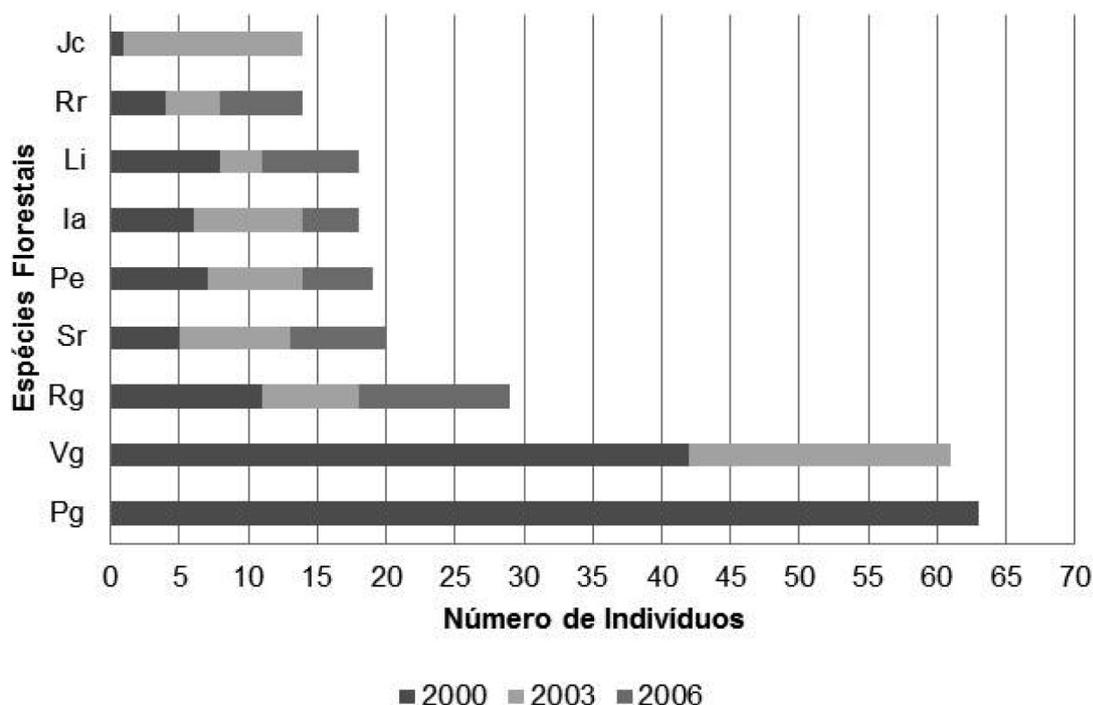


Figura 3. Espécies com maior número de indivíduos e a evolução do número de indivíduos, com o tempo pós-exploração (UTs exploradas em 2000 (sete anos após exploração), 2003 (quatro anos), 2006 (um ano após exploração)).

Figure 3. Species with larger number of individuals and the evolution of the number of individuals over time post-operation (WU (Working Unit) logged in 2000 (seven years after logging), 2003 (four years), 2006 (one year after logging)).

após a exploração, observa-se que existe competição, uma vez que espécies pioneiras e tolerantes à sombra encontram-se entre as mais abundantes. Parrotta *et al.* (2001), na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Oriximiná, Pará, após 11 anos da exploração seletiva, considerando diferentes intensidades de exploração, encontraram *Inga alba*, duas espécies de *Cecropia* e uma espécie de *Vismia* entre as espécies com maior dominância na classe de tamanho de indivíduos com DAP < 10 cm.

Áreas impactadas pela exploração, como estradas, trilhas de arraste, clareiras e pátios de estocagem de toras são importantes para a germinação e estabelecimento da regeneração de espécies, principalmente das pioneiras ou intolerantes à sombra, fato verificado por Frederickson e Mostacedo (2000) na Bolívia, e Lopes *et al.* (2001), no município de Moju, Amazônia brasileira. Isso foi constatado no presente estudo, com a presença de espécies pioneiras como *Palicourea guianensis*, *Vismia guianensis*, e *Jacaranda copaia* (Figura 1; Figura 2A; Figura 3).

De acordo com Oliveira *et al.* (2005), dentre as espécies mais abundantes na Floresta Nacional do Tapajós, *Jacaranda copaia*, encontrada também na área que foi objeto deste estudo, é considerada espécie comercial (Figura 1; Figura 2; Figura 3). As espécies *Lecythis idatimon*, *Rinorea guianensis* e *Sagotia racemosa* são espécies de madeira com potencial para exploração; *Vismia guianensis* é considerada madeira sem valor comercial, enquanto *Palicourea guianensis*, *Pocyclanthe effusa* e *Rinorea racemosa* não têm classificação comercial.

Um fato preocupante é que das 17 espécies cuja madeira foi extraída de área próxima analisada por Francez *et al.* (2009), também na Fazenda Rio Capim, apenas uma (*Jacaranda copaia*) foi registrada em regeneração natural na área do presente estudo. Esta observação conduz à recomendação de que seja feito plantio de enriquecimento de espécies comerciais nas áreas diretamente afetadas pela exploração seletiva, para a reposição de espécies de valor comercial exploradas.

A alta taxa no ingresso de indivíduos e número de espécies no decorrer dos anos após a exploração, indica que a floresta representada pelas UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006, encontra-se em fase de sucessão (Figura 4).

Segundo Oliveira (2000), imediatamente após a exploração, ocorre uma rápida colonização das áreas por espécies pioneiras, de crescimento rápido e ciclo de vida curto, como as do gênero *Vismia*, também encontrado nas áreas deste estudo. Cinco anos após a exploração, espécies pioneiras de ciclo curto, como as do gênero *Solanum*, desaparecem da comunidade. Essa dinâmica na regeneração pode ser explicada pela semelhança entre as UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006 (Figura 3).

Similaridade Florística

A análise de agrupamento para estudar a similaridade florística entre os tratamentos, com base apenas nas nove espécies mais abundantes nas UTs de estudo, mostrou que existe maior similaridade florística entre as áreas mais impactadas pela exploração, ramal principal e pátio, e

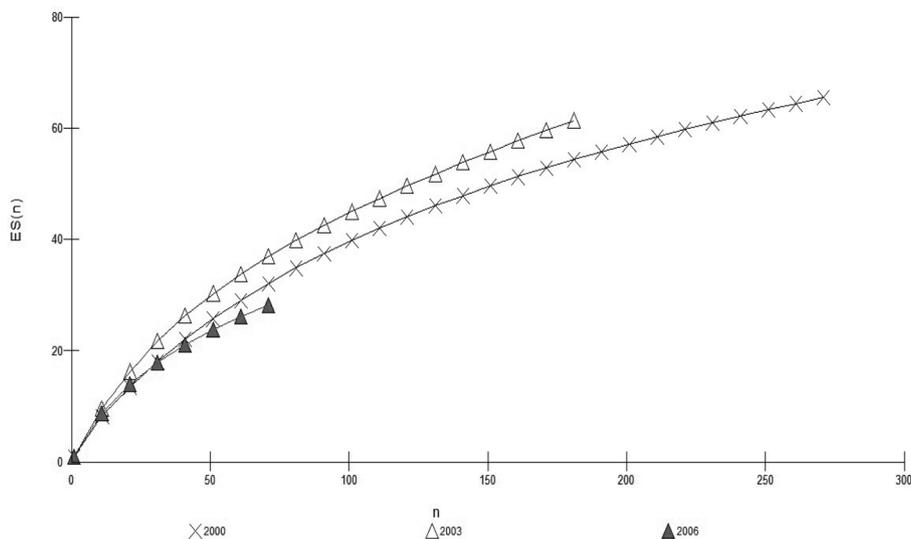


Figura 4. Curvas de rarefação mostrando a variação temporal na riqueza das espécies (ES) e abundância (Eixo x) para as UTs exploradas em 2000, 2003 e 2006.

Figure 4. Rarefaction curves showing the temporal variation in species richness (S) and abundance (x axis) for WU logged in 2000, 2003 and 2006.

a composição florística da clareira e floresta remanescente são semelhantes. A Figura 5 mostra a existência de três grupos distintos. O grupo 1 que pode ser formado pelos tipos de vegetação RS, RP e P, enquanto que grupo 2 pelo tipo FR e grupo 3 por CL.

Bray-Curtis Cluster Analysis (Single Link)

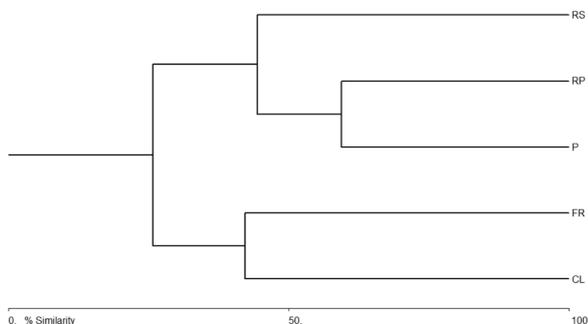


Figura 5. Similaridade florística entre os tratamentos (CL - Clareira; FR - Floresta remanescente; P - Pátio; RP - Ramal Principal; RS - Ramal Secundário).

Figure 5. Floristic similarity between treatments (C - gap; FR - remaining forest, P - log deck; FR - primary skid trail; RS - secondary skid trail).

Os resultados da análise de escalonamento multidimensional mostram que a representação gráfica bidimensional está adequada (Figura 6), visto que o valor do Stress foi de 0,00246, e que seguindo os critérios de Kruskal (1964), é menor do que 0,005, podendo-se afirmar que a qualidade do ajuste para duas dimensões é excelente.

A representação gráfica da análise de escalonamento multidimensional (Figura 6) confirma os resultados obtidos na análise agrupamento (Figura 5), ou seja, confirma a existência dos três grupos.

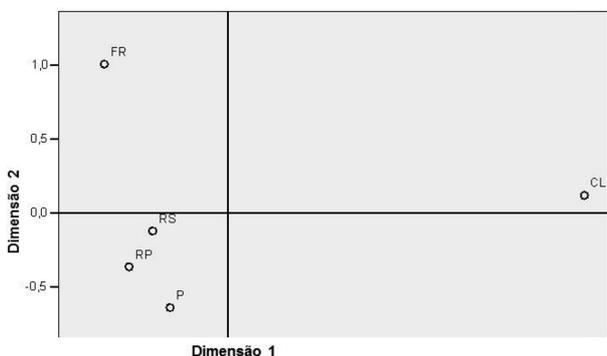


Figura 6. Representação gráfica dos tratamentos (FR - Floresta Remanescente; P - Pátio; RP - Ramal Principal; CL - Clareira; RS - Ramal Secundário) em duas dimensões obtidas de escalonamento multidimensional.

Figure 6. Graphical representation of the treatments (FR - remaining forest, P - log deck, RP - primary skid trail, C - gap, RS - secondary skid trail) in two dimensions obtained from multidimensional scaling.

As áreas de floresta natural remanescente são mais semelhantes entre si do que com qualquer das áreas exploradas e a qualquer tempo e apenas a clareira mais antiga a elas se assemelha (Figura 7). As áreas exploradas e clareiras novas formam um segundo grupo com semelhanças florísticas entre os tratamentos.

Bray-Curtis Cluster Analysis (Single Link)

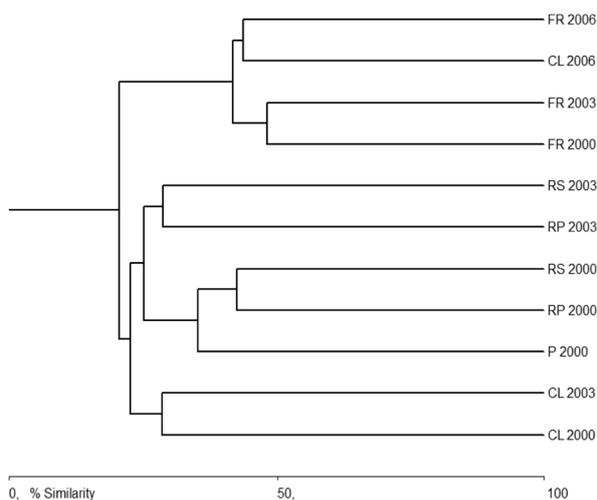


Figura 7. Similaridade Florística entre anos (2000, 2003, 2006) e tratamentos (CL - Clareira; FR - Floresta Remanescente; P - Pátio; RP - Ramal Principal; RS - Ramal Secundário).

Figure 7. Floristic similarity between years (2000, 2003, 2006) and treatments (C - gap; FR - remaining forest, P - log deck; FR - primary skid trail; RS - secondary skid trail).

Há maior similaridade florística entre tratamentos semelhantes e com a mesma idade, como: FR 2000 e FR 2003, RS 2000 e RP 2003, RS 2000 e RP 2000, CL 2000 e CL 2003 (Figura 7).

Dentre as espécies mais abundantes e responsáveis pela elevação dos índices de similaridade, *Lecythis idatimon*, *Poecilanthe effusa*, *Rinorea guianensis*, todas tolerantes à sombra, e *Inga alba*, pioneira (Figura 1; Figura 2A; Figura 3), poderão ser abundantes no futuro, como árvores, uma vez que estão dentre as espécies mais abundantes, encontradas por Francez *et al.* (2007), no mesmo local deste estudo, porém em outro experimento. Esses autores, considerando indivíduos com DAP > 10 cm, constataram que as espécies *Rinorea flavescens*, *Lecythis idatimon*, *Poecilanthe effusa*, *Eschweilera grandiflora*, *Eschweilera pedicelata* e *Inga sp.* eram as mais abundantes antes da exploração. *Lecythis idatimon* e *Rinorea guianensis* também foram registradas por Souza *et al.* (2006), em floresta não explorada na Fazenda Tracajá, considerando árvores com $5,0 \leq \text{DAP} \leq 15,0$ cm.

CONCLUSÕES

No período de até sete anos após a exploração florestal de impacto reduzido, ainda há diferenças marcantes na composição florística e na abundância de árvores jovens entre a floresta não-explorada e áreas diretamente afetadas pela exploração, principalmente nas áreas mais impactadas pelas operações de corte e retirada, que são o ramal principal e o pátio. Na floresta remanescente, ingressam na comunidade espécies e indivíduos tolerantes à sombra, enquanto nas clareiras, ramais e pátios a comunidade é reconstruída por espécies pioneiras e as espécies de valor comercial são pouco frequentes.

A composição florística é modificada nas áreas diretamente afetadas pela exploração e, depois, altera-se no decorrer dos anos pós-exploração. Tendem a desaparecer algumas espécies pioneiras, como *Palicouria guianensis* e *Vismia guianensis* ao longo da sucessão. Nos pátios e nos ramais de arraste, o desenvolvimento das plantas é lento, prejudicando o recrutamento de novas árvores para recompor o dossel. Os processos de regeneração natural nas áreas abertas pela exploração florestal, embora sejam beneficiados pela proximidade da floresta remanescente, têm resultado em uma floresta com poucas espécies de alto valor comercial. Aparentemente, as espécies de valor comercial são aquelas cuja reprodução e estabelecimento encontram maiores limitações decorrentes das modificações ambientais nas áreas exploradas. Plantios de enriquecimento com mudas (indivíduos com DAP menor que 2,5 cm) de espécies de interesse comercial devem ser considerados como prática de silvicultura pós-colheita como medida para assegurar a produção futura dessas espécies. A silvicultura convencional dessas espécies em áreas abertas também deve ser desenvolvida, para garantir o estoque de espécies com madeira de valor comercial para colheitas futuras, garantindo a sustentabilidade da produção florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLTZ, F.; HOLMES, T.P.; CARTER, D.R. Economic and environmental impacts of conventional and reduced-impact logging in Tropical South America: a comparative review. *Forest Policy and Economics*, Reino Unido, v.5, n.1, p.69-81, 2003.
- BRAY, J.R.; CURTIS, J.T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. In: MCINTOSH, R.P. (Ed.) *Phytosociology*. Madison: Benchmark Papers in Ecology, 1957. p.323-325.
- CARVALHO, J.O.P. Estrutura de matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; YARED, J.A.G. *A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do Projeto Embrapa/DFID*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p.275-277.
- DICKINSON, M.B.; WHIGHAM, D.F.; HERMANN, S.M. Tree regeneration in felling and natural treefall disturbances in a semideciduous tropical forest in Mexico. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.134, n.1-3, p.137-151, 2000.
- ELIAS; APPELATE, G.; KARTAWINATA, K.; MACHFUDH; KLASSEN, A. *Reduced impact logging guidelines for Indonesia*. Indonésia: Cifor, 2001. 114p.
- FÁVERO, L.P.; BELFIORE, P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. *Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 646p.
- FRANCEZ, L.M.B.; CARVALHO, J.O.P.; JARDIM, F.C.S. Mudanças ocorridas na composição florística em decorrência da exploração florestal em uma área de floresta de terra firme na região de Paragominas, Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, v.37, n.2, p.219-228, 2007.
- FRANCEZ, L.M.B.; CARVALHO, J.O.P.; JARDIM, F.C.S.; QUANZ, B.; PINHEIRO, K.A.O. Efeito de duas intensidades de colheita de madeira na estrutura de uma floresta natural na região de Paragominas, Pará. *Acta Amazonica*, Manaus, v.39, n.4, p.851-864, 2009.
- FREDERICKSEN, T.S.; MOSTACEDO, B. Regeneration of timber species following selection logging in a Bolivian tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.131, n.1-3, p.47-55, 2000.
- FREDERICKSEN, T.S.; PARIONA, W. Effect of skidder disturbance on commercial tree regeneration in logging gaps in a Bolivian tropical forest. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.171, n.3, p.223-230, 2002.

- KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de tecnologia apropriada as operações florestais em países em desenvolvimento: parte II: transporte de madeiras e construção de estradas**. Helsinki: Direção Nacional de Educação Vocacional do Governo, 1994. 202p. (Programa de Treinamento Florestal, n.19)
- KREBS, C.J. **Ecological methodology**. Vancouver: University of British Columbia, 1989. 645p.
- KRUSKAL, W.H. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, v. 29, n.1, p.1-27, 1964.
- LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. **Numerical ecology**. Netherlands: Elsevier, 1983. 419p.
- LOPES, J.C.; WITHMORE, T.C.; BROWN, N.D.; JENNINGS, S.B. Efeito da exploração florestal nas populações de mudas em uma floresta tropical úmida no município de Moju, Pa. In: SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. de; YARED, J.A.G. **A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do Projeto Embrapa/DFID**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. p.203-226.
- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. London: New Fatter Lane, 1988. 179p.
- MANLY, B.F.J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. Tradução Sara Ianda Carmona, 3ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229p.
- MCALEECE, N. **Biodiversity Professional Beta 2.0**. London: The natural history museum and the Scottish Association for Marine Science, 1997. Disponível em: <<http://ptf.com/biodiversity/biodiversity+pro+software+version+2+download/>>. Acesso em: 10 jul. 2009.
- MCNABB, K.L.; MILLER, M.S.; LOCKABY, B.G.; STOKES, B.J.; CLAWSON, R.G. STANTURE, J.A.; SILVA, J.N.M. Selection harvests in Amazonian rainforests: long-term impacts on soil properties. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.93, n.1-2, p.153-160, 1997.
- MELLO-IVO, V.; FERREIRA, S.; BIOT, Y.; ROSS, S. Nutrientes na solução do solo após o corte seletivo de madeira em floresta tropical úmida de terra firme, ao norte de Manaus, Brasil. In: **Projeto Bionte - Biomassa e nutrientes florestais: Relatório final Relatório Final**. Manaus: Inpa; DFID, 1997. p.171-181.
- MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.
- OLIVEIRA, L.C. **Efeito da exploração da madeira e de diferentes intensidades de desbastes sobre a dinâmica da vegetação de uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós**. 2005. 195p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- OLIVEIRA, L.C.; COUTO, H.T.Z.; SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136 ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.69, p.62-76, 2005.
- OLIVEIRA; M.V.N. Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanized forest exploitation in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.127, n.1-3, p.67-76, 2000.
- ORLÓCI, L. **Multivariate analysis in vegetation research**. Boston: Dr. W. Junk. B. V. Publishers, 1978. 451p.
- PARÁ (Estado). Instrução normativa nº 02, de 08 de julho de 2010. Regulamenta os preços de madeira em tora, resíduos de exploração florestal e garantias a serem cobrados pelo Instituto de Desenvolvimento florestal do Pará – IDEFLOR na celebração de contratos de transição. *Diário Oficial [do] Estado do Pará*, n.31706, Poder Executivo, Belém, Pará, 12 jul. 2010. Seção 2, p. 13.
- PARROTTA, J.A.; FRANCIS, J.K.; KNOWLES, O.H. Harvesting intensity affects forest structure and composition in an upland Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.169, n.3, p. 243-255, 2002.
- PHILLIPS, P.D.; AZEVEDO, C.P.; THOMPSON, I.S.; SILVA, J.N.M. **An ecological model for the management of natural forest in the Tapajós region, Amazonian Brazil**. Edinburgh: The University of Edinburgh, 2002. 33p. (SYMFOR Technical Note Series, n.12).
- RUNKLE, J.R. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology*, New York, v.63, n.5, p.1533-1546, 1982.

- SABOGAL, C.; SILVA, J.N.M.; ZWEED, J.; PEREIRA JÚNIOR, R.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C.A. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de terra firme na Amazônia brasileira.** Belém: Projeto manejo florestal sustentável em escala comercial na Amazônia brasileira, 2000. 24p.
- SCHNEIDER, R.R.; ARIMA, E.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; SOUZA JÚNIOR, C. **Amazônia sustentável: limitantes e oportunidades para o desenvolvimento rural.** Belém: Imazon, 2000. 58p.
- SILVA, J.N.M.; SILVA, S.M.A.; COSTA, D.H.M.; BAIMA, A.M.V; OLIVEIRA, L.C.; CARVALHO, J.O.P.; LOPES, J.C.A. Crescimento, mortalidade e recrutamento em florestas de terra firme da Amazônia Oriental: observações nas regiões do Tapajós e Jari. In: SILVA, J.N.M.; CARVALHO, J.O.P.; YARED, J.A.G. **A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do Projeto Embrapa/DFID.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2011. p.277-291.
- SILVA, J.N.M.; LOPES, J.C.A.; OLIVEIRA, L.C.; SILVA, S.M.A.; CARVALHO, J.O.P.; COSTA, D.H.M; MELO, M.S.; TAVARES, M.J.M. **Diretrizes para instalação e medição de parcelas permanentes em florestas naturais da Amazônia Brasileira.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 68p.
- SOUZA, D.R.; SOUZA, A.L.; LEITE, H.G.; YARED, J.A.G. Análise estrutural em floresta ombrófila densa de terra firme não explorada, Amazônia Oriental. *Revista Árvore*, Viçosa, v.30, n.1, p.75-87, 2006.
- SWAINE, M.; WHITMORE, T. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, Dordrecht, v.75, n.-2, p.81-86, 1988.

Recebido em 12/07/2011

Aceito para publicação em 22/05/2012

