

# SUSTENTABILIDADE DA PRODUÇÃO VOLUMÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS COM O AUXÍLIO DO MODELO DE CRESCIMENTO CAFOGROM

Denis Alder; José Natalino Macedo Silva

## INTRODUÇÃO

Modelos de crescimento são ferramentas que podem ajudar de muitas maneiras pesquisadores e especialistas em manejo. Por exemplo, podem prever a produção futura da floresta e, com isso, ajudar a investigar a resposta do povoamento a diferentes opções silviculturais (Vanclay, 1994; Alder, 1995); engenheiros florestais podem querer saber qual o efeito a longo prazo na floresta e nas futuras colheitas, de uma decisão silvicultural, tal como a mudança do diâmetro de abate na exploração. Esses modelos permitem examinar os resultados prováveis, tanto da utilização de um determinado diâmetro de corte, como de diâmetros alternativos, ajudando a decidir qual o mais conveniente.

O desenvolvimento de modelos de crescimento para florestas tropicais requer séries de medições de crescimento em parcelas permanentes, daí a importância dessas parcelas para a pesquisa. No Brasil, a pesquisa com a aplicação e o desenvolvimento de modelos de crescimento para florestas tropicais é recente, mas tem conseguido avanços significativos, (Higuchi, 1987; Silva, 1989; Biot et al. 1997; Alder, 1995; Alder, 1998a; Alder & Silva, 2000).

A Embrapa Amazônia Oriental, com a cooperação técnica do governo britânico, vem trabalhando desde 1994 no desenvolvimento e aperfeiçoamento de um modelo de crescimento e produção para florestas de terra firme da Amazônia brasileira, chamado Cafogrom-CPATU *Amazon Forest Growth Model*, ou modelo do CPATU para o crescimento da floresta amazônica. Este modelo já está em sua terceira versão. Este trabalho trata de uma aplicação

prática do modelo em um estudo de caso na Floresta Nacional do Tapajós, onde se examina a sustentabilidade da produção volumétrica em resposta à aplicação de algumas alternativas de manejo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição sucinta do modelo de crescimento Cafogrom

O Cafogrom é um modelo matemático para simular o crescimento de florestas tropicais naturais. Baseia-se em funções empíricas para projetar o desenvolvimento de grupamentos de árvores (*"cohorts"*) de vários tamanhos, organizados em grupos de espécies e considera os processos de crescimento em diâmetro, recrutamento e mortalidade. Estes grupos são também diferenciados em árvores sãs e danificadas, além de árvores do dossel superior e do sub-bosque.

O modelo foi desenvolvido a partir de dados de 136 parcelas permanentes estabelecidas na Floresta Nacional do Tapajós e no Jari, em área da Empresa Jarcel Celulose S.A. Foram utilizadas 52 mil árvores de 486 espécies, totalizando 217 mil registros. A descrição completa do modelo e de seu desenvolvimento é apresentada em Alder & Silva (2000).

Os estão localizados nas regiões do Tapajós (2° 45' S; 55° 00' W) e Jari (0° 55' S; 52° 20' W). As parcelas situadas na Flona do Tapajós são de 0,25 hectare em área (50 m x 50 m) e as árvores são medidas até o diâmetro mínimo de 5 cm. No Jari, a área das parcelas é de 1 ha (100 m x 100 m) e o diâmetro mínimo de medição é de 20 cm, mas uma subamostragem é feita para medir diâmetros até 5 cm em subparcelas de 0,01 hectare.

O Cafogrom trabalha em conexão com o programa CIMIR - Cálculo de Incremento, Mortalidade e Recrutamento - que lê os dados de parcelas permanentes gerados pelo programa Inventário Florestal Contínuo - SFC e efetua os cálculos desses parâmetros que são usados para o ajuste das funções de crescimento.

## Breve histórico das áreas experimentais

As áreas experimentais foram submetidas a vários tratamentos (Silva et al. 1996). O experimento situado no Km 67 da Rodovia Santarém-Cuiabá (doravante referido apenas como Km 67), compreende uma área de 64 hectares. A exploração florestal ocorreu em 1979 e removeu cerca de  $75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . As parcelas permanentes foram estabelecidas em 1981 e remedidas periodicamente desde então. Nenhum tratamento silvicultural pós-exploratório foi realizado.

O experimento situado no Km 114 da mesma rodovia (doravante referido apenas como Km 114) totaliza 144 hectares. A exploração florestal foi realizada em 1982, removendo  $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . As parcelas permanentes foram estabelecidas em 1981, sendo remedidas periodicamente. Em 1994 aplicaram-se tratamentos de desbastes na floresta, mas o efeito desses tratamentos ainda não se fazia sentir, já que a última medição incorporada no desenvolvimento do modelo data de 1995.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Avaliação do modelo

#### Simulação do experimento do Km 67

O desenvolvimento do povoamento do experimento silvicultural instalado no Tapajós- Km 67, usando dados reais, foi comparado com o desenvolvimento simulado pelo Cafogrom, no período de 1981 a 1997. A comparação dos estoques dos povoamentos real e simulado é mostrada na Figura 1. Em ambos os casos, as linhas inferiores mostram as espécies comerciais e as superiores todas as espécies com  $\text{DAP} \geq 25 \text{ cm}$ .

O desempenho do modelo foi razoavelmente bom. No caso da linha superior, que mostra todas as espécies, o modelo subestimou, de um modo geral, o desenvolvimento do número de árvores com  $\text{DAP} \geq 25 \text{ cm}$ . No caso das espécies comerciais, no entanto, o modelo foi muito preciso.

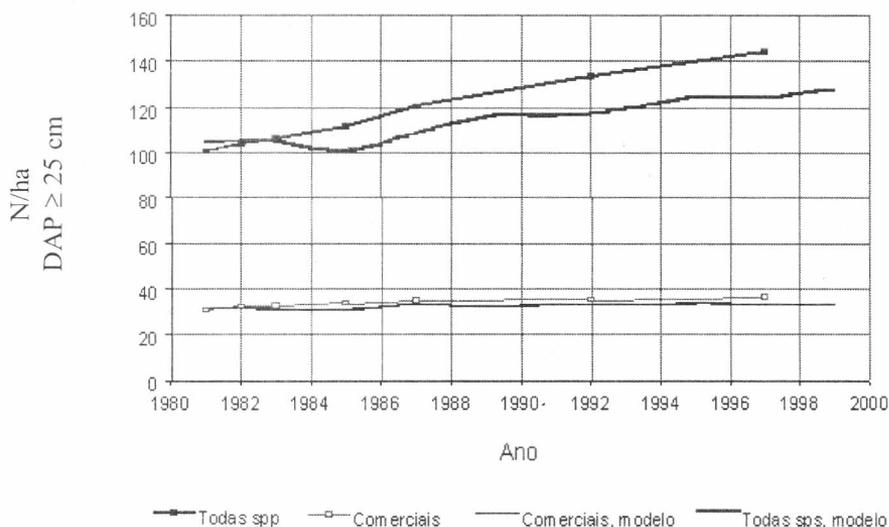


Figura 1. Estoques real e simulado, Km 67.

Na Figura 2 são mostrados os volumes das árvores com DAP  $\geq 45$ cm, para espécies comerciais, e todas as espécies no experimento do Km 67. É interessante notar que, enquanto o modelo subestima os números totais de árvores (Figura 1), ele superestima os volumes. Isso sugere uma ligeira tendenciosidade na distribuição dos diâmetros, com poucas árvores crescendo na classe 25cm. Aquelas que já fazem parte dessa classe têm um incremento demasiadamente alto ou mortalidade muito baixa. No caso do volume comercial, tal como para o número de árvores, o modelo mostrou-se muito preciso.

O ganho no volume comercial acima de 45cm de DAP foi de  $12\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$  ao longo de 16 anos, ou um incremento médio anual de  $0,75 \text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , que é bem típico em florestas tropicais.

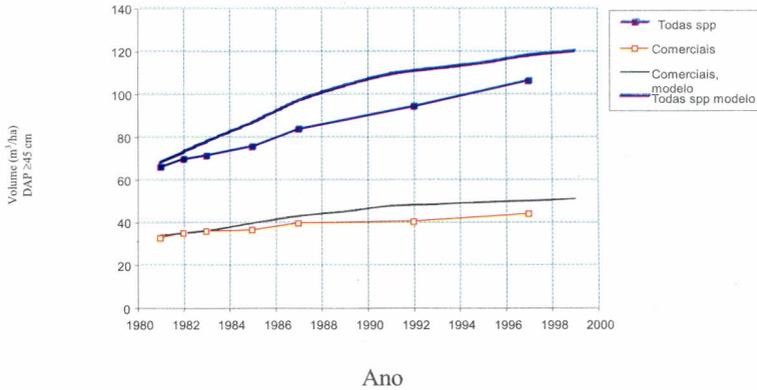


Figura 2. Comparação dos povoamentos real e simulado do Km 67 – volume.

### Simulação do experimento do Km 114

O experimento do Km114 representa uma série mais curta de medições em comparação com o Km 67, mas permite acompanhar, com o modelo, uma exploração controlada e a comparação de dados simulados com dados reais. O experimento também inclui uma série de parcelas em que não ocorreu exploração, nem tratamento silvicultural, sendo usadas como controle. Esses dados são muito úteis para a verificação da validade do modelo em relação a um povoamento totalmente estocado.

Na Figura 3 comparam-se o crescimento do volume comercial (árvores com  $DAP \geq 45$  cm) do povoamento de controle com o povoamento explorado. Constata-se que, em ambos os casos, o crescimento líquido do volume de madeira foi muito pequeno no período de 1981-1995. Ao observar-se o desenvolvimento projetado pelo modelo, embora não sendo um processo fácil, esse fato é reproduzido (Figura 3). Isso indica que o povoamento foi muito dinâmico, em termos de regeneração e recrutamento, crescimento do diâmetro e mortalidade, porém esses processos estão em equilíbrio.

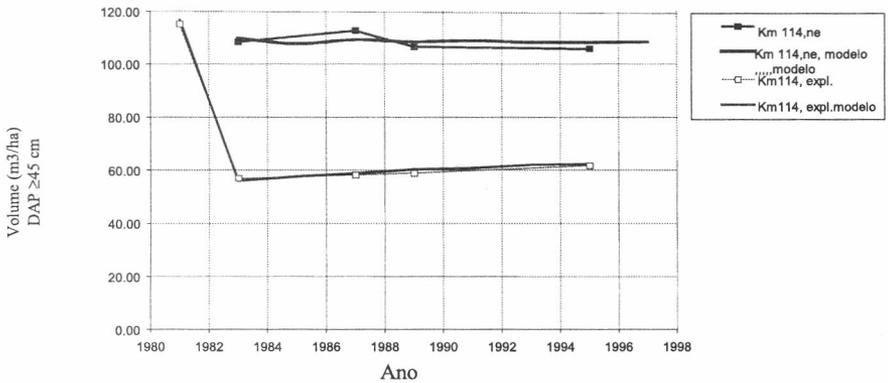


Figura 3. Comparação dos povoamentos real e simulado: - Km 114.

Na Figura 3 deixa-se claro também que a redução do volume ocasionado pela exploração não provoca uma resposta rápida no crescimento das árvores residuais, as quais parecem muito estáticas. De fato há *'cohorts'* de árvores mais novas que se estabelecem após a colheita e que podem vir a atingir o tamanho comercial, mas o modelo indica, pela tendência da curva, que várias décadas poderão ser necessárias. O povoamento residual mostra de fato uma leve resposta, mas isso é quase praticamente cancelado pelo aumento da mortalidade após a colheita.

O gráfico do número de árvores para esses experimentos é interessante, como pode ser visto na Figura 4. O estoque inicial na área explorada foi ligeiramente superior ao controle, de modo que, após a colheita, ambas as áreas têm aproximadamente 40 árvores comerciais com DAP > 25cm por hectare. É interessante observar como o modelo simula bem, tanto o desenvolvimento do povoamento explorado, como o do não-explorado (controle).

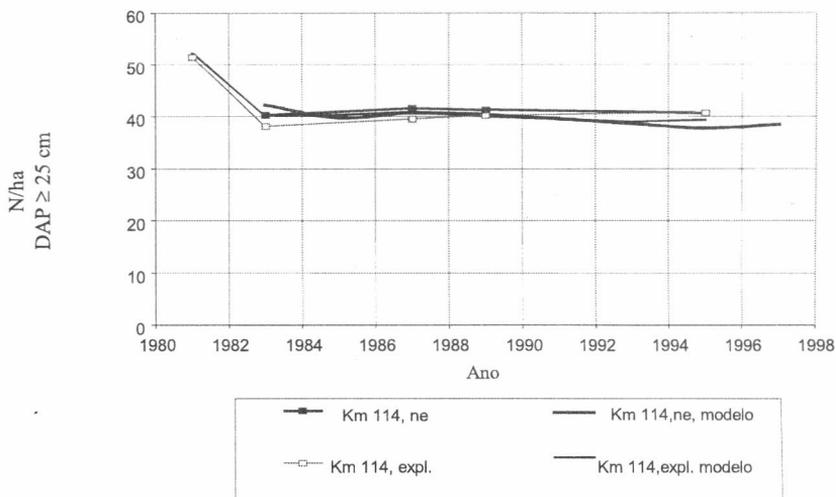


Figura 4. Comparação dos povoamentos real e simulado – Km 114.

## Implicações para o manejo florestal

Esta seção discute as implicações para o manejo florestal quando se aplica o modelo calibrado, conforme visto nas seções anteriores, em algumas situações comuns, incluindo a sustentabilidade dos ciclos de corte, o efeito do desbaste no crescimento e o corte anual permitido.

Tem sido proposto um ciclo de corte de 30 anos para as florestas de terra firme da Amazônia brasileira (Silva, 1989). O exame desse cenário para a Floresta do Tapajós, Km 67, é mostrado na Figura 5. As barras representam o volume extraído (colheita) e a linha contínua superior (vermelha) mostra o volume comercial acima de 45cm, em  $m^3 ha^{-1}$  em relação ao eixo esquerdo. A linha interrompida superior e a linha azul, inferior, mostram o número de árvores com DAP  $\geq 25$  cm, lidos no eixo direito. Neste, e em todos os gráficos seguintes, as espécies comerciais são designadas como **A** e **B**, as espécies potenciais como **C** e as espécies não comerciais como **D** e **E**. **Prod** significa o volume produzido ao final do ciclo de corte.

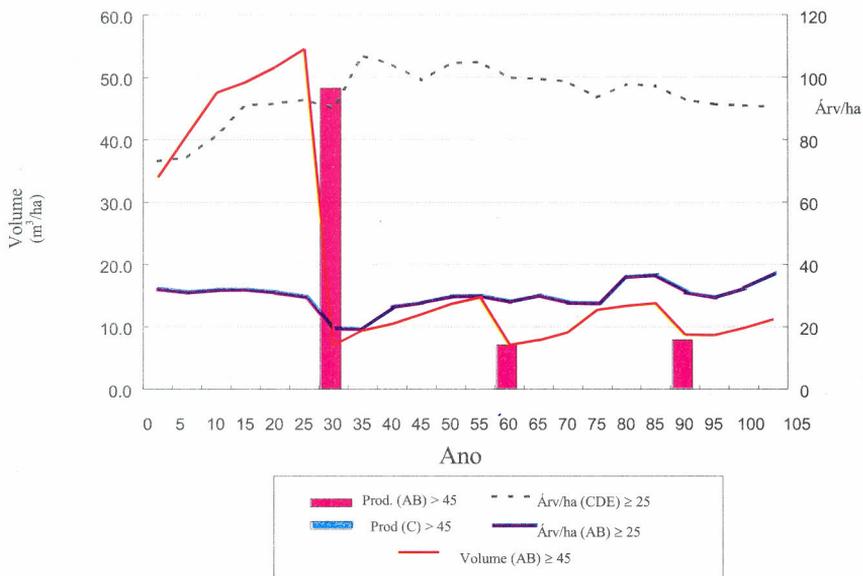


Figura 5. Km 67, ciclo de corte de 30 anos, limitado a 6 m<sup>2</sup>/ha.

Este cenário assume que todas as árvores comerciais com DAP > 45cm, com exceção das defeituosas, serão exploradas. Isso resultará na retirada de 48 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> no primeiro ciclo e, respectivamente, 7 e 8 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> no segundo e terceiro ciclos. É necessário observar que esse povoamento sofreu corte imediatamente antes do período simulado, tendo sido colhido um volume de 75 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. O primeiro ciclo, portanto, representa um IMA de cerca de 1,6 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. No segundo e terceiro ciclos, o IMA diminuiu sensivelmente para menos de 0,25 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. Essa redução é resultado direto da diminuição do estoque de árvores comerciais, sem reposição suficiente pela regeneração. A maior parte da regeneração após uma exploração de alta intensidade é constituída por espécies pioneiras tais como *Cecropia*, *Inga* e *Miconia*. Neste estudo de caso, os dados originais mostraram que da regeneração de espécies pioneiras, apenas 8% foram de uma espécie comercial, *Jacaranda copaia*.

Ao se assumir que o corte pode ser estendido a espécies não-comerciais atualmente, mas que normalmente atingem grandes dimensões (espécies chamadas potenciais ou potencialmente comerciais), obtêm-se os resultados mostrados na Figura 6.

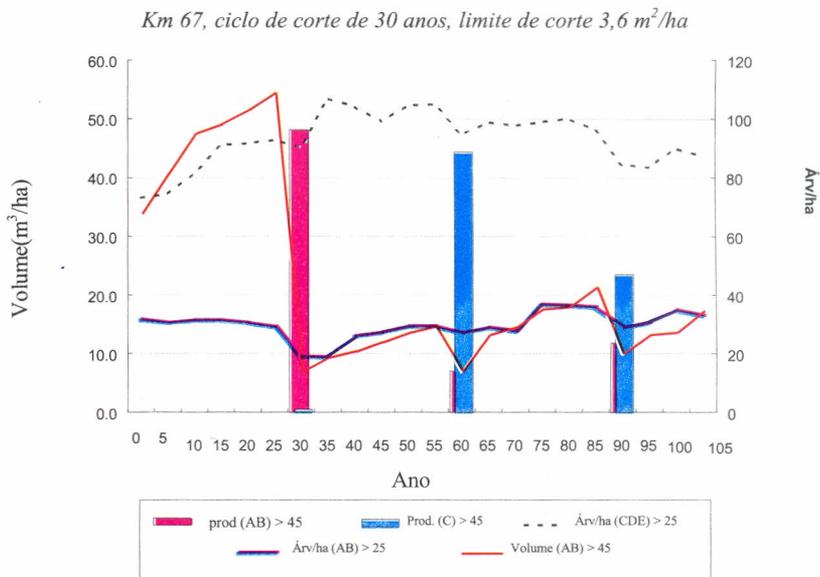


Figura 6. Um cenário com a exploração de espécies potenciais no segundo e terceiro ciclos.

Aqui, o primeiro corte é realizado da mesma maneira anterior. O segundo é constituído, predominantemente, de espécies que atualmente não possuem valor comercial, e a produção total é similar a do primeiro ciclo (51 m³/ha). Entretanto, no terceiro ciclo, a produtividade é novamente reduzida por perda de estoque.

As implicações são claras. Em uma floresta como a do Tapajós, assumindo-se um ciclo de corte de 30 anos e utilizando-se como único critério para a colheita o corte não controlado de árvores com DAP  $\geq 45$ cm, isso não seria sustentável. Observa-se uma clara tendência de diminuição da produção, mesmo considerando o ingresso das espécies potenciais nas colheitas futuras (Figura 6).

O crescimento volumétrico líquido de espécies comerciais com DAP  $\geq 45$ cm foi estimado pelo modelo como sendo  $0,66 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , ao longo de 30 anos. Limitando a colheita a esse nível, seria possível ter uma produção sustentável.

O resultado desse cenário é mostrado na Figura 7. Produtividades de  $27-28 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , em ciclos de 30 anos, seriam sustentáveis durante 200 anos. A lista de espécies a explorar após o segundo ciclo de corte deverá incluir aproximadamente 66% das espécies não-comerciais atuais. Os cortes deveriam retirar quatro a seis árvores por hectare, sujeitos a um limite máximo de  $2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ .

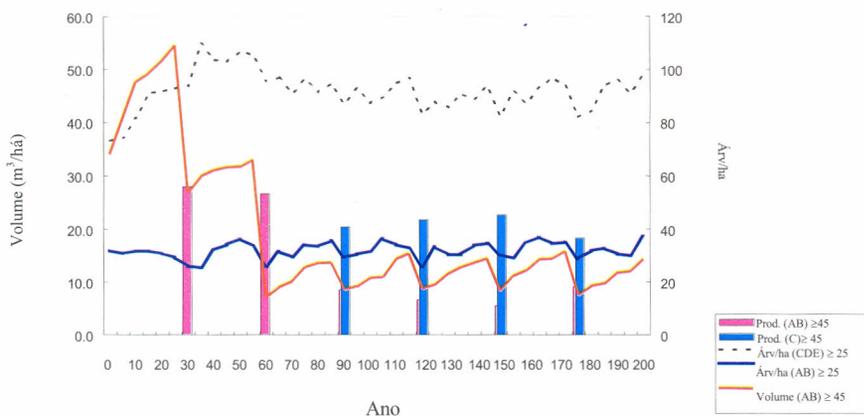


Figura 7. Tapajós, Km 67, ciclo de corte de 30 anos, limitado a  $2 \text{ m}^2/\text{ha}$ .

É possível melhorar significativamente esse regime de manejo, mediante a aplicação de desbastes ou tratamentos do povoamento? Resultados da simulação de um regime de desbaste em que todas as espécies pioneiras com DAP  $> 20$  cm foram eliminadas, bem como as árvores defeituosas remanescentes após a colheita, revelaram que esse regime não afetou a produtividade. Essa questão, no entanto, merece ser mais estudada, sendo provável que, como nas versões anteriores do Cafogrom, o modelo indique uma resposta limitada ao desbaste, que não se traduz em qualquer aumento substancial na produtividade.

Esses resultados são consistentes com os obtidos em outros países, como Costa Rica, México e Papua Nova Guiné (Alder, 1995, 1997, 1998b, 1999). A produtividade média a longo prazo ligeiramente inferior a  $1\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$  é também consistente com outras estimativas na literatura (por exemplo, Dawkins, 1964).

## CONCLUSÕES

A simulação do desenvolvimento da floresta em ciclos de corte de 30 anos, onde se extrai  $75\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$  na primeira colheita e nos cortes seguintes as espécies comerciais com  $\text{DAP} \geq 45\text{ cm}$ , revela uma situação de insustentabilidade a partir do terceiro ciclo;

Um cenário onde o corte é limitado a quatro a seis árvores por ha, equivalente a uma área basal de  $2\text{ m}^2\text{ ha}^{-1}$  ou um volume de  $27\text{-}28\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ , a produção mostra ser sustentável por um período projetado de 200 anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDER, D. **Growth modelling for mixed tropical forests**. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1995. 231p. (Tropical Forestry Paper, 30).
- ALDER, D. User's guide for SIRENA II: a simulation model for the management of natural forests. Costa Rica. San Carlos: CODEFORSA, 1997. 45p. (Natural Forest Management Technical Collection, 9).
- ALDER, D. **Programa técnico Brasil/Reino Unido, projeto de pesquisa em silvicultura na floresta tropical úmida DFID-CPATU: avaliação e implicações do modelo de crescimento florestal CAFOGROM: Relatório, junho de 1998**. Belém, 1998a. não publicado.
- ALDER, D. PINFORM: a growth model for lowland tropical forests in Papua New Guinea. Lae: Forest Research Institute, 1998b. 49p. (ITTO/PNG Project PD 162/91, Consultancy Report).
- ALDER, D. The ITTO permanent plots in Papua New Guinea: some results of analysis. In: GIDEON, O.; OAVIKA, F. (Ed.). **Proceedings of the ITTO workshop on PSPs and growth models for lowland tropical forest in Papua New Guinea**, November 1998. Lae: Forest Research Institute, 1998. p.19-32.
- ALDER, D.; SILVA, J.N.M. An empirical cohort model for management of terra firme forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management** n. 130, p.273-318. 2000.
- BIOT, Y., BRILHANTE, V.; VELOSO, J, FERRAZ, J.B.S., LEAL, N.; HIGUCHI, N., FERREIRA, S.; DESJARDINS, T. INFORM - o modelo florestal do INPA. In: HIGUCHI, N.; FERRAZ, J.B.S.; ANTONY, L.; LUIZÃO, F.; LUIZÃO, R. **Biomassa e nutrientes florestais - BIONTE: relatório final**. Manaus: Inpa: DFID, 1997. p.273-318.
- DAWKINS, H. C. Productivity of tropical forests and their ultimate value to man. In: TECHNICAL MEETING OF IUCN, 9., 1964. Nairobi, Kenya. **The ecology of man in the tropical environment: proceedings**. Nairobi, 1964.

- HIGUCHI, N. **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon.** Michigan: Michigan State University, 1987. Tese de Doutorado
- SILVA, J.N.M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging.** Oxford: University of Oxford, 1989. 302p. Tese de Doutorado.
- VANCLAY, J.K. **Modelling forest growth and yield:** applications to mixed tropical forests. Wallingford: CAB, 1994. 312p.