

MODELO DE PRODUÇÃO PARA FLORESTA NATIVA COMO BASE PARA MANEJO SUSTENTADO

José Roberto Soares Scolforo¹
Frederico Aparecido Pulz²
José Márcio de Mello¹
Ary Teixeira de Oliveira Filho¹

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo estudar o crescimento e a produção em diâmetro e área basal, das espécies de uma floresta semidecídua montana; avaliar os aspectos da sua dinâmica; definir a idade dos indivíduos a nível de classe diamétrica e gerar um modelo de produção para prognóstico de sua estrutura. Para melhor interpretar como as plantas se desenvolvem em comunidade foram estabelecidos 6 grupos. A floresta toda; as espécies de valor comercial; as espécies clímax tolerantes à sombra; as espécies climax exigentes de luz; as espécies frutíferas e as espécies pioneiras. Para obter a idade das plantas assim como o modelo de produção utilizou-se o incremento periódico em diâmetro, dentre outras informações. Obteve-se que espécies como a *Xylopia brasiliensis* cresce a uma taxa média anual de 0,68 cm. A taxa de mortalidade das plantas com mais de 5 cm de diâmetro e a de recrutamento (Ingrowth) são respectivamente de 1% e 5,5 % ao ano. A idade estimada da floresta está em torno dos 170 anos. Do ponto de vista de prognósticos pôde-se detectar que em 20 anos 13 novas árvores passarão a ter no mínimo 50 cm de diâmetro. Verificou-se ainda que a floresta em questão está em franca evolução, além de apresentar no médio prazo potencial para ser explorada comercialmente.

Palavras-chaves: modelo produção, idade da floresta, floresta nativa.

¹ Professor do Dep. Ciências Florestais/UFLA - C.P. 37 - 37200-000 Lavras, MG.

² Mestrando em Engenharia Florestal - DCF/UFLA - C.P. 37 - 37200-000 Lavras, MG.

A PRODUCTION MODEL FOR NATIVE FOREST TO SUPPORT SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT

SUMMARY

The objectives of this paper were: to study growth and yield in diameter and basal area from species of a semideciduous montane forest to evaluate its dynamics; to define individual age at diameter class level; and to generate a production model for prognosis of structure. Six plant groups were established to help interpretation of community development: the whole forest, species of commercial value, shade-tolerant climax species, shade-intolerant climax species, fruit bearing species and pioneer species. The periodic increment of diameter was used to estimate plant age and to obtain the production model. It was observed that *Xylopia brasiliensis* grows an annual mean rate of 0,68 cm. Mortality of plants with more than 5,0 cm in diameter and the ingrowth were 1% and 5,5% per year, respectively. Forest age is around 170 years. According to the model, it is expected that in the next 20 years 13 new trees will display a diameter of 50 cm. In addition, it was concluded that the forest presents a clear evolution with a commercial exploration potential for the future.

Key words: production model, forest age, native forest.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com grande vocação florestal, apresentando em torno de 6,8 milhões de hectares de florestas plantadas e 385 milhões de florestas nativas. Nas florestas plantadas a base cadastral em conjunto com o inventário florestal contínuo, permite um eficiente acompanhamento do crescimento e da produção, os quais possibilitam definir claramente a rotação física e também a rotação econômica, amparando tais definições em modelos de classificação de sítio e modelos de prognose da produção.

Nas florestas nativas, além de toda a complexidade de sua composição, com um grande número de espécies com as mais diferentes características silviculturais, ecológicas e tecnológicas, poucas são as informações de como as plantas crescem, seja em áreas intactas, seja em áreas exploradas ou ainda em áreas sujeitas a regime de manejo. Um dos importantes pontos a serem abordados para estas florestas é a definição do ciclo de corte, e também o conhecimento de como o número de árvores por classe de diâmetro evolue ao longo do tempo. Naturalmente que muitos outros pontos são extremamente relevantes para que as florestas naturais possam ser utilizadas em bases sustentada como por exemplo: suscetibilidade das espécies florestais a exploração; a economicidade do manejo sustentado; uma maior eficiência no processo de beneficiamento e aproveitamento da madeira, a racionalização das técnicas de exploração e transporte, dentre outras.

Por outro lado, as experiências com manejo de florestas nativas no Brasil são ainda em número reduzido. Pode-se citar, dentre outros, os trabalhos realizados por Cruz (1981), Jesus et al (1982, 1984, 1984, 1992), Jesus e Menandro (1984, 1984), Higuchi e Vieira (1990) Souza (1989), Lamprecht (1990), Silva (1989, 1990, 1991, 1993); Veríssimo et al. (1992), Barreto et al (1993), Uhl et al (1990), Almeida e Uhl (1993), Uhl et al (1992), Yared e Souza (1993), Souza et al (1993), Vale et al (1994), Scolforo et al (1994), Tabai (1994), Volpato (1994) e Scolforo (1995). Nestas experiências tem predominado os estudos da regeneração da floresta residual após intervenção; dos diferentes níveis de intervenção; dos danos causados à população residual no momento da exploração e transporte, dentre outros. No tocante aos modelos de prognose e em que pese a impossibilidade de efetuar classificação através do método de índice de sítio e da dificuldade de se ter controle da idade nestas populações é possível desenvolver ou aplicar a teoria de projeção de tabelas do povoamento às florestas nativas. Pode-se citar, dentre outros, os trabalhos de Adams e Ek (1974), Linch e Moser Jr. (1986), Moser (1972), Turnbull (1963) e Bolton e Meldahl (1989). No Brasil, a experiência em prognose da produção estão restritas a trabalhos desenvolvidos por Silva (1989), através do Standpro, desenvolvido por Kofod em 1982 e atualizado por Korsgaard em 1988. Este modelo baseou-se no tempo de passagem e no quociente de “De Liocurt” e foi utilizado para realizar projeções na Floresta Nacional do Tapajós, com o objetivo de simular os efeitos de tratamentos silviculturais nos parâmetros do povoamento (crescimento, mortalidade, ingressos e movimento das árvores). Este autor recomenda que o ciclo de corte deve ser de 25 a 30 anos após a 1ª colheita para a floresta em questão. Outros trabalhos foram desenvolvidos por Azevedo (1993), Freitas e Higuchi (1993) e Higuchi (1987) todos eles fazendo uso da cadeia de Markov. Neste procedimento estuda-se os fenômenos, a partir de um estado inicial, os quais passam por uma sequência de estados, sendo que a transição entre os estados ocorre segundo uma probabilidade.

Este trabalho teve por objetivos estudar o crescimento e a produção em diâmetro e área basal, das espécies de uma floresta semidecídua montana; avaliar aspectos da sua dinâmica; definir a idade de grupos ecológicos e elaborar um modelo de produção para prognose da estrutura da floresta.

MATERIAL E MÉTODOS

- Caracterização da área

Foi utilizado como base para o estudo um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, conforme classificação definida por Oliveira Filho, Scolforo e Melo (1994), na região sul de Minas Gerais (21°13'40``S, 44°57'50``W, 925m de altitude), cuja área total é de 5,8ha. O clima é do tipo Cwb de Koppen (mesotérmico com verões amenos e estiagem de inverno). A precipitação e a temperatura média anual são 1493,2mm e 19,3°C, respectivamente, com 66% da precipitação ocorrendo no período de novembro a fevereiro (Vilela e Ramalho, 1979).

- Fonte de dados

Foram distribuídos na área em questão, 126 parcelas nas quais no primeiro inventário em 1987, efetuou-se medição da circunferência a altura do peito (CAP) de todas as árvores com $CAP \geq 15,7$ cm. No segundo inventário realizado em 1992 foram medidas além da CAP de cada árvore, a altura do fuste comercial, e também qualificado o fuste (1 = fustes retilíneos; 2 = fustes ligeiramente tortuosos; 3 = defeituosos ou mortos) e o estado fitossanitário das árvores (1 = árvore sadia; 2 árvores doentes ou atacadas por inseto; 3 = árvores mortas/ocas) detectando-se 146 espécies distribuídas em 52 famílias.

- Quantificação do incremento periódico, da mortalidade e do recrutamento na floresta

Para um estudo mais detalhado da dinâmica da floresta, foi obtido para cada espécie, por classe de tamanho, o incremento periódico do diâmetro, o incremento periódico da área basal e o número de árvores que gerou tal informação, utilizando para tal o software “SISNAT” (Sistema para Florestas Naturais).

Como (ingresso ou recrutamento), considerou-se todas as plantas que no 2º inventário entraram no processo de medição. Também a quantificação da mortalidade foi obtida após a realização do 2º inventário.

Para obter a estimativa do número de árvores mortas foram ajustados uma série de modelos matemáticos disponíveis em literatura conforme apresentado na Tabela 1.

Para obter a estimativa do recrutamento foram ajustadas uma série de modelos matemáticos disponíveis na literatura. Partindo do conhecimento prévio do comportamento desta variável em floresta nativa, pode-se ajustar uma série de outros modelos cujo melhor desempenho pode ser verificado no modelo (4), mostrado juntamente com os demais na Tabela 2.

- Definição da idade da floresta

Para obtenção da idade da floresta foi utilizado o incremento periódico em diâmetro dentro de cada classe respectiva. Ajustou-se então modelos matemáticos para descrever o comportamento do incremento periódico em diâmetro (IP) em função do valor central das classes de diâmetro (Di). A construção do modelo mais adequado foi feita a partir do método “Stepwise”.

Definido o modelo, pode-se obter o incremento periódico anual correspondente ao limite inferior da menor classe. Assim, dividindo este valor pelo incremento periódico anual obteve-se a idade das plantas correspondentes ao limite inferior da menor classe. Nesse caso considerou-se conforme sugerido por Caballero e Malleux Orjeda (1976), que o crescimento das plantas dominadas é semelhante. A definição da próxima idade é obtida adicionando-se

ao limite inferior do diâmetro o incremento periódico anual. Este novo valor de diâmetro é considerado como variável independente no modelo e utilizado para obtenção do novo incremento periódico anual. A razão do novo diâmetro pelo novo incremento define uma nova idade. Assim, continuamente vai-se obtendo novo valor de diâmetro o qual possibilita obter novo incremento periódico. Da razão destes valores obtém-se uma nova idade.

Já o tempo de passagem pode ser definido como o tempo médio em que todas as árvores de uma classe diamétrica passam para a seguinte. Pode-se desta maneira definir quanto tempo uma espécie, ou um grupo de espécies demora para atingir uma determinada dimensão, ou seja, pode-se definir o ciclo do corte de uma floresta natural, tema dos mais relevantes para definição e implementação de planos de manejo.

Para melhor interpretar como as plantas se desenvolvem na floresta em questão, estabeleceu-se 6 diferentes grupos:

1. A floresta toda
2. As espécies clímax tolerantes à sombra
3. As espécies com valor comercial
4. As espécies clímax exigentes de luz
5. As espécies frutíferas
6. As espécies pioneiras

- Modelagem em floresta natural

De forma complementar ao item anterior foi aplicada a teoria de projeção das tabelas do povoamento a florestas nativas. O uso destas baseia-se em dois pontos: um primeiro é a necessidade de existir dados de incrementos em diâmetro e um segundo de como eles podem ser aplicados. Deve-se considerar que mudanças na estrutura da floresta colocam em xeque as informações de incremento passado existentes para o povoamento em questão. Neste caso projeções por períodos longos, não são recomendáveis.

O uso de projeção das tabelas do povoamento devem estar condicionados a algumas perguntas. Será que árvores que a 20 anos atrás tinham 30 cm de dap e cresciam a uma taxa de 0,8cm/ano, continuam mantendo esta taxa? Se não mantém qual a nova taxa de crescimento e a partir de que momento esta sofre alterações. Outras dúvidas podem existir. Por exemplo, se hoje existem árvores com 30 cm, crescendo a uma taxa de 0,6 cm/ano, isto quer dizer que daqui 10 ou 15 anos quando a floresta pode ter outra estrutura, devido a causas naturais ou intervenções provocadas pelo homem, que árvores com 30 cm continuarão a crescer à taxa de 0,6 cm/ano?

Dentre os métodos disponíveis na literatura utilizou-se o do incremento diamétrico médio reconhecendo dispersão dentro da classe de diâmetro. Este método pode ser utilizado mesmo quando a distribuição dos diâmetros não é conhecida na classe de diâmetro,

assumindo-se que esta é uniforme. Dentro desta suposição a proporção de árvores que avançaram no lado direito da classe pode ser definida como a razão de movimento.

$$m = \frac{IP}{\Delta D} \cdot 100$$

em que:

m = razão de movimento;

IP = incremento periódico do DAP;

ΔD = intervalo da classe de diâmetro.

Assim, considerando um incremento de 2,3cm e um intervalo de classe com amplitude de 2 cm, então a razão de movimento é 115% $[(2,3/2,0) \cdot 100 = 115\%]$. Neste caso os dois dígitos à direita expressam o percentual de árvores que avançam uma classe de diâmetro em relação ao terceiro dígito a partir da direita. No exemplo 15% das árvores movem-se duas classes de diâmetro e as 85% restantes movem-se uma classe de diâmetro, com nenhuma árvore permanecendo na classe original. Se o incremento for 0,8cm e a amplitude da classe 2cm, a razão de movimentação é 40%. Assim, 40% das árvores ou espécies movem-se 1 classe de diâmetro e 60% permanecem na classe de diâmetro original.

Após implementada a movimentação por classe de diâmetro desconta-se as árvores mortas utilizando-se equação que estima esta variável. Deve-se também agregar as árvores existentes em cada classe de diâmetro, o número de árvores que ingressaram no processo de medição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- Mortalidade

Dentre os modelos ajustados pode-se observar através da análise do coeficiente de determinação (R^2), do erro padrão da estimativa (S_{yx}) e da distribuição dos resíduos, que o modelo 4 foi o mais eficiente para estimar a mortalidade das árvores.

Observou-se que o maior número de árvores mortas está concentrado na menor classe de diâmetro, conforme apresentado na Figura 1. Pode-se verificar nesta figura que o comportamento do número de árvores mortas em relação as classes de diâmetro segue o padrão da função exponencial negativa o que é confirmado ao verificar a equação.

$$M_i = 1046,95835 e^{-0,35393 D_i}$$

$$R^2 = 99,2\%$$

$$S_{yx} = \pm 3,089 \text{ arv/ha}$$

$$S_{yx} = 25,01\%$$

No entanto, embora morram mais árvores suprimidas na floresta, pode-se observar na Figura 2 que uma maior proporção de árvores mortas é encontrada nas maiores classes de diâmetro, já que a distribuição decrescente típica das florestas nativas deixa claro um menor número de árvores nestas classes. Assim, qualquer mortalidade que ocorra nestas, assume um alto valor percentual. Em termos médios para a floresta obteve-se que o percentual de árvores mortas é de 1% o que está em conformidade com valores obtidos por De Graaf (1986), Jonkers (1988) e Silva (1989).

- Recrutamento

Da mesma forma que para a mortalidade o modelo 4 foi o que apresentou melhor desempenho na estimativa do recrutamento, conforme ilustrado a seguir.

$$I_i = 32.887,3423 e^{-0,6716D_i}$$

$$R^2 = 99,99$$

$$S_{yx} = \pm 0,31 \text{ arv/ha}$$

$$S_{yx} = 3,48\%$$

Como ilustrado na Figura 3, o ingresso das árvores no processo de medição é quase que total na primeira classe de medição. Este valor anual correspondeu a 5,5% do total de árvores, após 5 anos de monitoramento. Este resultado é semelhante ao encontrado por Silva (1993) na Floresta Nacional de Tapajós cuja taxa de ingresso anual foi de 5,4% após 7 anos de monitoramento da Floresta. Quando comparado ao número de árvores mortas no período de 5 anos (59 árvores/ha) pode-se constatar que o recrutamento (155 árvores/ha) supera esta em 2,5 vezes, o que caracteriza o processo de desenvolvimento da floresta.

Com relação aos grupos de espécies considerados neste trabalho, verificou-se que as espécies frutíferas foram as que apresentaram maior ingresso no processo de medição, (116,4 indivíduos ao ano); seguidas das clímax exigentes a luz (71,6 indivíduos ao ano); das clímax tolerantes a sombra (56,1 indivíduos ao ano); das espécies com potencial madeireiro (27,7 indivíduos ao ano); e das pioneiras (6,9 indivíduos ao ano).*

- Definição do ciclo de corte

Utilizando-se os valores de incremento periódico obtidos para a mata toda, para as espécies comerciais, para as espécies clímax exigentes de luz, para as espécies clímax tolerantes à sombra, para as espécies frutíferas e para as espécies pioneiras, pode-se através do método “Stpewise” construir modelos que expressam o comportamento do incremento periódico em relação as classes de diâmetro, conforme apresentado na tabela 3.

* A soma destes valores difere do número de recrutamento (155/ha/ano) já que uma mesma espécie pode compor um ou mais grupos (frutíferas, ..., pioneiras).

Na Figura 4 são apresentadas, respectivamente, as curvas de incremento periódico estimados, em relação aos valores reais, por grupo de espécies, conforme equações apresentadas na Tabela 3.

Conforme pode-se constatar na Figura 4 (a), o incremento periódico é menor nas menores classes de diâmetro, aumentando com o aumento destas, e por fim apresenta a desaceleração nas maiores classes de diâmetro. Em média, pode-se verificar que o incremento periódico anual (IPA) nas classes menores que 27,5 cm de diâmetro (valor central da classe) é de 0,324 cm. Nas classes de 32,5 a 47,5 este valor é de 0,57 cm. Já nas classes de 52,5 a 67,5 cm este valor é de 0,624 cm e nas classes maiores que 67,5 cm este crescimento é de 0,498 cm.

Verificou-se ainda, das 146 espécies estudadas, que a *Xylopia brasiliensis*, *Rollinia sylvatica*, *Sclerolobium rugosum plurijugum*, *Piptadenia gonoacantha*, *Ficus pertusa*, *Zanthoxylum rhoifolium*, *Solanum inaequale*, *Alchornea triplinervea* apresentam crescimento destacado em diâmetro, com taxas anuais médias de 0,68 cm, 0,78 cm, 0,64 cm, 0,92 cm, 0,66 cm, 0,6 cm, 0,64 cm, 1,08 cm, respectivamente.

Com as estimativas de cada uma das funções da Tabela 3, pode-se determinar para cada grupo de espécies a idade correspondente a cada valor de diâmetro, o outgrowth, ou tempo de passagem de uma classe de diâmetro para outra e por conseguinte o ciclo de corte.

Considerando a equação para a mata toda e considerando o menor diâmetro de medição como sendo igual a 5 cm, obteve-se o incremento periódico (IP) o qual ao ser transformado em incremento periódico anual (IPA) foi 0,24 cm/ano. A razão do diâmetro pelo IPA define a idade (21 anos) de uma árvore com diâmetro a altura do peito (DAP) igual a 5 cm. Somando a este diâmetro (5 cm) o IPA (0,24 cm), tem-se um novo diâmetro (5,24 cm). Ao entrar com este valor na equação obtém-se um novo IP (1,215 cm) o qual é transformado em IPA ($1,215/5 = 0,242$ cm/ano). A razão entre o diâmetro (5,240) e o IPA (0,242 cm) define a idade das árvores com DAP igual a 5,242 cm (22 anos). Este procedimento é repetido continuamente conforme ilustrado na Tabela 4.

Analisando a Tabela 4 pode-se verificar que uma planta com 95 anos de idade tem DAP igual a 30,2 cm e ao atingir 50,3 cm vai ter 131 anos, portanto gastou 36 anos para crescer 20,1 cm. Assim, considerando que as árvores acima de 50 cm de DAP podem ser

exploradas seguindo um sistema de manejo, então para que árvores com DAP de 30 cm atinjam os 50 cm de DAP mínimo para exploração elas gastarão 36 anos. O tempo de passagem entre classes diamétricas é apresentado na Figura 5.

Com relação aos demais grupos de espécies, para os quais também obteve-se a idade correspondente a cada valor de DAP, utilizando-se das equações mostradas na Tabela 3, encontrou-se que árvores com DAP em torno de 70 cm, que caracteriza o diâmetro máximo da floresta, tem idade em torno de 144 anos se for do grupo das comerciais; 135 anos do grupo das clímax exigentes de luz; 121 anos do grupo das clímax tolerantes à sombra; 128 anos do grupo das frutíferas e 96 anos do grupo das pioneiras.

- Modelo de Produção

Desenvolveu-se ainda o modelo de prognose da estrutura da floresta em questão. Foi utilizada estrutura original da floresta obtida do inventário realizado em 1992 e então quantificado o percentual de movimentação em função da classe de diâmetro.

A Tabela 5 mostra a prognose da estrutura de uma floresta semidecídua montana num período de 20 anos. Foram considerados 4 períodos de 5 anos para efeito das prognoses nos quais detectou-se a movimentação de árvores por classe de diâmetro, descontou-se as árvores mortas em cada classe de diâmetro e acrescentou-se os recrutamentos também por classe de diâmetro.

Conforme pode-se observar nesta tabela, a estrutura da floresta na menor classe de diâmetro permanece inalterada ao longo dos 20 anos de prognóstico. Nas demais classes de diâmetro há um aumento progressivo do número de árvores, o que demonstra o desenvolvimento da floresta.

Assim, se for desejado implementar o manejo na floresta em questão pode-se observar que no período de 20 anos, houve um acréscimo de 176,4; 169,4; 77; 34,5; 25,3; 18,6; 11,9; 3,7; 3,5; 2,8; 3,0; 2,3; 0,8 e 0,6 árvores, respectivamente nas classes com valor central igual a 12,5; 17,5; 22,5; 27,5; 32,5; 37,5; 42,5; 47,5; 52,5; 57,5; 62,5; 67,5; 72,5; 77,5.

Pode-se constatar na Tabela 5 e na Figura 6 que a mata terá no futuro potencial para estar sujeita a um plano de manejo em bases sustentadas já que o número de árvores/ha nas classes de diâmetro $\geq 52,5$ cm (limite inferior 50 cm) aumentou de 2,8 para 15,8 o que demonstra potencial para aproveitamento futuro desta se as taxas de crescimento em diâmetro se mantiverem como as atuais.

Relacionando os valores prognosticados para Tabela 5, com as idades ou tempo de passagem definidos na Tabela 4, pode-se observar a coerência da prognose. Observe na Tabela 5 que de 35 a 50 cm de diâmetro existem 18,5 árvores, as quais gastarão, no

máximo, 25 anos para atingir a classe de 52,5 de diâmetro. Esta mesma lógica é observada em relação às demais classes de diâmetro. Pode-se desta maneira definir que um ciclo de corte de 20 a 25 anos é apropriado para que haja movimentação de 13 árvores para as classes com diâmetro mínimo de corte de 50 cm. Considerando que na estrutura original 30% dos indivíduos existentes tem potencial para comercialização, então pode-se inferir que 5,0 árvores/ha com valor comercial terão dimensões acima de 50 cm de DAP. Para fins comparativos, UHL et al (1990) cita que em Tailândia no Pará, são removidos em média de 2 a 3 árvores com volume de 18 m³ por hectare. Em Paragominas, uma das mais produtivas áreas do Pará, BARRETO et al (1993) citam que em três áreas experimentais utilizadas por sua equipe são removidas em média 6,8 árvores por hectare com volume médio de 38 m³.

CONCLUSÃO

A taxa média de mortalidade da floresta está em conformidade com a literatura florestal mundial (1,0% ao ano).

Embora morram em termos absolutos mais árvores nas menores classes de diâmetros, já que estão a maior parte das árvores suprimidas, em termos percentuais ou relativos é nas maiores classes de diâmetro que ocorre a maior mortalidade.

A taxa de ingresso das árvores no processo de medição é 5,4% ao ano já que a floresta está em franco desenvolvimento.

A idade da floresta em questão está em torno de 170 anos. Para o grupo das espécies comerciais a idade é de 144 anos, 135 anos para as espécies clímax exigentes de luz; 121 anos do grupo das clímax tolerantes à sombra; 128 anos do grupo das frutíferas e 96 anos do grupo das pioneiras.

A definição de idade para floresta natural é possível, o que possibilita definir ciclo de corte em torno dos 20 anos em função do tamanho mínimo de exploração das árvores (50 cm).

A floresta em questão terá potencial para ser manejada se as taxas de crescimento em diâmetro permanecerem inalterados já que o número de novas árvores com DAP \geq 50 cm esperado para daqui 20 anos será em torno de 13 árvores.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ADAMS, D.M. EK, A.R. Optimizing the management of uneven-aged forest stands. **Canadian J. Forest Res.**, v.4, p.274-287, 1974.

- ALMEIDA, T.; UHL, C. **Desenvolvendo um modelo para planejamento do uso do solo na Amazônia Oriental com uma base de dados quantitativos: caso Paragominas.** IMAZON/EMBRAPA - CPATU. 30 p. 1993.
- ARAÚJO, P.A. **Idade relativa como subsídio à determinação de ciclo de corte no manejo sustentável de povoamentos florestais nativos.** Viçosa, UFV. 1993. 199 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal).
- AZEVEDO, C.P. **Predição da distribuição diamétrica de povoamentos florestais inequianeos pelo emprego da matriz de transição.** Viçosa. UFV, 1993, 118p. (Tese M.S.).
- BARRETO, P.G.B.; UHL, C.; YARED, O. potencial de produção sustentável de madeira em Paragominas, PA; na Amazônia Oriental: considerações ecológicas e econômicas. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, e CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, Curitiba, 1993. **Anais ...** Curitiba, 1993. p. 387-392.
- BOLTON, R.K; MELDAHL, R.S. Predicting growth for mixed pine hardwood stands - approaches, problems, and future. In: FIFTH BIENAL SOUTHERS SILVICULTURAL RESEARCH. Memphis, TN, p. 415-419, 1988.
- CRUZ, E.C. Situação atual da silvicultura e do manejo florestal sustentado em áreas de várzea rivular. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL “O desafio das florestas neotropicais”. Curitiba, 1991. 18 p.
- DAVIDSON, C.B.; HAFLEY, W.L.; FREDERICK, D.J.; MEWGEL, D.L. Prediction of total stand ingrowth in southeastern mixed species bottomland hardwoods. In: BIENNIAL SOUTHERN SILVICULTURAL RESEARCH CONFERENCE,5, New Orleans, Southern Forest Experiment Station, 1989. p. 435-9.
- DE GRAAF, N.R. de. **A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname.** Wageningen: Agricultural University, 1986, 250 p.
- FREITAS, J.V. de, HIGUCHI, N. Projeções da distribuição diamétrica de uma floresta tropical úmida de terra firme pela cadeia de Markov. In: VII CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO E I CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO, Curitiba. Editora Silvicultura em São Paulo, v.2, 545-548, 1993.
- HIGUCHI, N.; VIEIRA, G. Manejo sustentado da floresta tropical úmida de terra-firme na região de Manaus - Um projeto de pesquisa do INPA. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais ...** Campos do Jordão, 1990. p. 34-37.

- HIGUCHI, N.; **Short-term growth of an undisturbed tropical moist forest in the Brazilian Amazon.** Michigan: Michigan State University. 1987. 129p. (Tese D.S.)
- JESUS, R.M.; DIAS,G.B.N.; CARDOSO, E.M.; THIBAU, C.E. Ensaio de Produção Sustentada. In: CONGRESSO FLORESTAL NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, Belo Horizonte, 1982. **Anais ...** Belo Horizonte: Editora, 1982. Silvicultura em São Paulo, v.16, n.1, 456-467. 1982.
- JESUS, R.M.; MENANDRO, M.S.; THIBAU, C.E. Manejo florestal em Buriticupu. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, Belém, 1984.
- JESUS, R.M.; MENANDRO, M.S.; THIBAU, C.E. **Produção sustentada em mata secundária de transição.** Departamento de Florestas Tropicais - FRDSA. 1984.
- JESUS, R.M.; MENANDRO, M.S. **Produção sustentada em floresta amazônica.** Departamento de Florestas Tropicais - FRDSA. 1984.
- JESUS, R.M.; MENANDRO, M.S. **Produção sustentada em floresta primitiva do médio Amazonas.** Departamento de Florestas Tropicais - FRDSA. 1984.
- JESUS, R.M. DE; SOUZA, A.L. DE; GARCIA, A. **Produção sustentável de Floresta Atlântica.** Viçosa, MG: SIF, 1992. 128 p.
- JONKERS, W.B.J. Options for silviculture and management of the mixed dipterocarp forest of Sarawak. FAO report. Working Paper 11. 1988.
- LAMMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas, possibilidades e método de aproveitamento sustentado.** GTZ Eschborn, 1990. 343 p.
- LINCH, T.B.; MOSER JR., J.W. A growth model for mixed species stands. **Forest Science**, v. 32, n.3, p. 697-706, 1986.
- MOSER, J.W. Dynamics of an uneven-aged forest stand. **Forest Science**, v.18, p.184-191, 1972.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.2, p.167-182, dez. 1994.
- SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal: Módulo 6.** Modelos de Crescimento e Produção - Parte 2. Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 243 p.

- SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M.; LIMA, C.S.A. Obtenção de relações quantitativas para estimativa de volume do fuste em floresta estacional semidecídua montana. **Cerne**, Lavras, MG. v.1, p.123-134, 1994.
- SILVA, J.N.M. **The behaviour of the tropical rain forest of the Brazilian Amazon after logging**. Oxford: University of Oxford, 1989, 302 p. (Tese de Doutorado).
- SILVA, J.N.M. Possibilidades de produção sustentada de madeira em floresta densa de terra-firme da Amazônia Brasileira. In: 6º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Anais ...** Campos do Jordão, 1990. p.39-46.
- SILVA, J.N.M. **Silvicultura e manejo de florestas tropicais úmidas da Amazônia Brasileira**. Porto Velho, 1991. (mimeografado).
- SILVA, J.N.M. **Possibilidades para a produção sustentada de madeira em floresta densa de terra firme da Amazônia Brasileira**. Local: EMBRAPA-CPATU, 1993. 36 p. (Boletim de Pesquisa 23).
- SOUZA, A.L. DE. **Análise multivariada para manejo de florestas naturais: alternativas de produção sustentada de madeira para serraria**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989. 255 p. (Tese doutorado em Engenharia Florestal).
- SOUZA, A.L.; ARAÚJO, P.A.; CAMPOS, J.C.C. & NETO, F.P. DE. **Dinâmica de crescimento em diâmetro de uma floresta primária sem interferência: uma análise pelo tempo de passagem entre classes diamétricas**. Revista *Árvore*, Viçosa, MG, v.17, n.2, 129-45, 1993.
- TABAI, F.C.V. **Diversidade e similaridade de espécies arbóreas com síndrome de dispersão zoocórica em dois tipos de vegetação no sul de Minas Gerais**. LAVRAS: ESAL, 1994. 49 p. (monografia).
- TURNBULL, K.V. **Population dynamics in mixed forest stands. A system of mathematical models of mixed stand growth and structure**. Washington, University of Washington, 1963. 186 p. (PhD Theiss).
- UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R. **A evolução da fronteira amazônica: oportunidade para um desenvolvimento sustentável**. Belém. Revista *Pará Desenvolvimento*. Ed. Especial. IDESP. 1992. p. 13-21.
- UHL, C.; VERÍSSIMO, A.; MATTOS, M.M.; BRANDINO, Z.; VIEIRA, I.C.G. **Impactos sociais, econômicos e ecológicos da exploração seletiva de madeira numa região de fronteira da Amazônia Oriental: o caso de Tailândia**. *Forest* 90. p. 276-303. 1990.

- VALE, L.C.C.; SCOLFORO, J.R.S.; MOTTA, R.S.; AYRES, N.P. **Documento básico para desenvolvimento de plano estratégico para promoção do manejo florestal sustentado**. Relatório de consultoria nº 11. Del Rey Serviços de Engenharia Ltda. Belo Horizonte, 1994. 203 p.
- VERÍSSIMO, A.; BARRETO, P.; MATTOS, M.; TARIFA, R.; UHL, C. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an oriental Amazonian frontier: the case of Paragominas. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.55, p. 169-199. 1992.
- VILELA, E.A.; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitação pluviométrica de Lavras, Minas Gerais. **Ciência e Prática** 3: p. 71-79, 1979.
- VOLPATO, M.M.L. Regeneração natural em uma floresta secundária no domínio de Mata Atlântica: uma análise fitossociológica. Viçosa, MG, 123 p. 1994. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Viçosa.
- YARED, J.A.; SOUZA, A.L. **Análise dos impactos ambientais do manejo de florestas tropicais**. Viçosa. UFV. 1993. 38 p. (Documento SIF, nº 9).

TABELA 1. Modelos para expressar o comportamento da mortalidade de plantas em florestas nativas

Autor	Modelo	
Adans e Ek (1974)	$M_t = \beta_o N_t$	(1)
Hamilton (1974)	$M = \frac{1}{1 + \exp(\mathbf{b}_o + \mathbf{b}_1 G + \mathbf{b}_2 D_i)}$	(2)
Moser (1972)	$\frac{dNM}{dt} = \mathbf{b}_o N_t$	(3)
Exponencial negativa (ajuste obtido pelos autores)	$M_i = \beta_o e^{\beta_i D_i}$	(4)

em que:

M_t - número de árvores mortas num período de tempo específico

N_t - número de árvores vivas num período de tempo específico

M - probabilidade de mortalidade de árvores num período de tempo específico

G - área basal/ha

D - diâmetro a 1,30m em cm

β_i - parâmetros a serem estimados

TABELA 2. Modelos para expressar o comportamento do recrutamento de plantas em floresta nativa.

Autor	Modelo
Moser (1972)	$I_t = \beta_o e^{-\beta_1(G_t/N_t)}$ (1)
Adams e Ek (1974)	$I_t = \mathbf{b}_o \left[\frac{g_1 n_1 + g_2 n_2 + \dots + g_k n_k}{n_1 + n_2 + \dots + n_k} \right]^{b_1}$ (2)
Davidson et alii (1989)	$I_t = \mathbf{b}_o N_t^{b_1} \exp(-\mathbf{b}_2 G_t^{b_3} \cdot N_t^{-1})$ (3)
Exponencial negativa (ajuste obtido pelos autores)	$I_{ii} = \beta_o e^{\beta_i D_i}$ (4)

em que:

I_t - recrutamento das plantas num período de tempo específico

G_t - crescimento em área basal num período de tempo específico

N_t - número de árvores sobreviventes num período de tempo específico

g_i - área basal na i ésima classe de diâmetro

n_i - número de árvores na i ésima classe de diâmetro

exp - exponencial

β_i - parâmetros a serem estimados

TABELA 3. Equações que estimam o incremento periódico (1987-1992) por grupo de espécie.

GRUPO DE ESPÉCIE	EQUAÇÕES	R ² (%)	SYX (Ln/cm)
Mata toda	$\text{Ln (IP)}=0,037847\text{CLD}-0,000298\text{CLD}^2$	93,3	0,263
Espécies comerciais	$\text{Ln (IP)}=0,0304 \text{CLD} -3,676286\text{E}-8\text{CLD}^4$	92,2	0,305
Espécies clímax exigentes de luz	$\text{Ln(IP)}=0,03319\text{CLD}-2,525192\text{E}-6 \text{CLD}^3$	95,2	0,253
Espécies clímax tolerantes à sombra	$\text{Ln(IP)}=0,054064 \text{CLD}-0,000432\text{CLD}^2$	90,0	0,424
Espécies frutíferas	$\text{Ln(IP)}=0,056958\text{CLD}-0,000559\text{CLD}^2$	95,1	0,276
Espécies pioneiras	$\text{Ln(IP)}=0,073848\text{CLD}-0,000679\text{CLD}^2$	96,6	0,249

em que:

Ln = logaritmo na base e

CLD = valor central da classe de diâmetro;

IP = incremento periódico (1987-1992);

R² = coeficiente de determinação;

Syx = erro padrão da estimativa (Ln/cm).

TABELA 4. Idade relativa e tempo de passagem, por classe de diâmetro para a floresta toda.

DAP (cm)	IPA (cm)	CLASSE DE DAP (cm)	IDADE (anos)	TEMPO DE PASSAGEM (anos)
5,00	0,240	7,50	21	20
5,24	0,242			
5,48	0,244			
5,73	0,246			
5,97	0,248			
6,22	0,250			
6,47	0,252			
6,72	0,254			
6,98	0,257			
7,23	0,259			
7,49	0,261			
7,75	0,263			
8,02	0,266			
8,28	0,268			
8,55	0,270			
8,82	0,273			
9,09	0,275			
9,37	0,278			
9,65	0,280			
9,93	0,283			
10,21	0,285	12,50	41	16
10,50	0,288			
10,78	0,291			
11,07	0,293			
11,37	0,296			
11,66	0,299			
11,96	0,301			
12,26	0,304			
12,57	0,307			
13,18	0,313			
13,50	0,316			
13,81	0,319			
14,13	0,322			
14,45	0,325			
14,78	0,328			
15,11	0,331	17,50	57	14
15,44	0,334			
15,77	0,337			
16,11	0,341			
16,45	0,344			
16,79	0,347			
17,14	0,351			
17,49	0,354			
17,84	0,357			
18,20	0,361			
18,56	0,364			
18,93	0,368			
19,29	0,372			
19,67	0,375			
20,04	0,379	22,50	71	13
20,42	0,383			
20,80	0,386			
21,19	0,390			
21,58	0,394			
21,97	0,398			
22,37	0,402			
22,77	0,406			
23,18	0,410			

23,59	0,414		80	
24,00	0,418		81	
24,42	0,422		82	
24,84	0,426		83	
25,27	0,430	27,50	84	11
25,70	0,434		85	
26,13	0,439		86	
26,57	0,443		87	
27,01	0,447		88	
27,46	0,452		89	
27,91	0,456		90	
28,37	0,460		91	
28,83	0,465		92	
29,29	0,469		93	
29,76	0,474		94	
30,24	0,478	32,50	95	10
30,72	0,483		96	
31,20	0,487		97	
31,69	0,492		98	
32,18	0,497		99	
32,67	0,501		100	
33,18	0,506		101	
33,68	0,510		102	
34,19	0,515		103	
34,71	0,520		104	
35,23	0,524	37,50	105	9
35,75	0,529		106	
36,28	0,533		107	
36,81	0,538		108	
37,35	0,543		109	
37,89	0,547		110	
38,44	0,552		111	
38,99	0,556		112	
39,55	0,561		113	
40,11	0,565	42,50	114	9
40,67	0,569		115	
41,24	0,574		116	
41,82	0,578		117	
42,39	0,582		118	
42,98	0,587		119	
43,56	0,591		120	
44,15	0,595		121	
44,75	0,599		122	
45,35	0,603	47,50	123	8
45,95	0,607		124	
46,56	0,611		125	
47,17	0,614		126	
47,78	0,618		127	
48,40	0,621		128	
49,02	0,625		129	
49,65	0,628		130	
50,28	0,631	52,50	131	8
50,91	0,634		132	
51,54	0,637		133	
52,18	0,640		134	
52,82	0,643		135	
53,46	0,645		136	
54,11	0,648		137	
54,76	0,648	57,50	138	7
55,41	0,652		139	
56,06	0,654		140	
56,71	0,656		141	
57,37	0,658		142	
58,03	0,659		143	
58,68	0,661		144	
59,35	0,662		145	
60,01	0,663	62,50	146	8
60,67	0,664		147	

61,33	0,664		148	
62,00	0,665		149	
62,66	0,665		150	
63,33	0,665		151	
63,99	0,665		152	
64,66	0,665		153	
65,32	0,664	67,50	154	8
65,99	0,664		155	
66,65	0,663		156	
67,31	0,662		157	
67,98	0,661		158	
68,64	0,660		159	
69,30	0,659		160	
69,96	0,657		161	
70,61	0,655	72,50	162	7
71,27	0,653		163	
71,92	0,651		164	
72,57	0,649		165	
73,22	0,647		166	
73,87	0,644		167	
74,51	0,642		168	
75,15	0,639		169	

TABELA 5. Prognose da estrutura de um floresta semidecídua montana.

CLASSES DE DIÂMETRO	Nº DE ÁRVORES	IP (cm)	RAZÃO DE MOVIMENTAÇÃO	% DE ÁRVORES MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			Nº DE ÁRVORES MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			Nº DE ÁRVORES APÓS A MOVIMENTAÇÃO	Nº DE ÁRVORES MORTAS	Nº DE INGROWTH	POP. RESID. APÓS 5 ANOS
				0	1	2	0	1	2				
5-10	583,7	1,21	24	76	24	-	443,6	140,1	-	443,6	73,6	213,5	583,5
10-15	187,9	1,64	33	67	33	-	125,9	62,0	-	266,0	12,5	7,4	260,9
15-20	96,8	1,51	30	70	30	-	67,8	29,0	-	129,8	2,1	0,3	128,0
20-25	56,7	1,75	35	65	35	-	36,9	19,8	-	65,9	0,4	-	65,5
25-30	37,1	1,96	39	61	39	-	22,6	14,5	-	42,9	0,1	-	42,3
30-35	15,9	2,28	46	54	46	-	8,6	7,3	-	23,1	-	-	23,1
35-40	9,7	2,30	46	54	46	-	5,2	4,5	-	12,5	-	-	12,5
40-45	6,2	2,19	44	56	44	-	3,5	2,7	-	8,0	-	-	8,0
45-50	2,6	4,65	93	7	93	-	0,2	2,4	-	2,9	-	-	2,9
50-55	1,0	5,10	102	-	98	2	-	0,98	0,02	2,4	-	-	2,4
55-60	1,0	4,20	84	16	84	-	0,2	0,8	-	1,18	-	-	1,18
60-65	0,6	3,17	63	37	63	-	0,2	0,4	-	1,02	-	-	1,02
65-70	-	2,84*	57	43	57	-	-	-	-	0,9	-	-	0,9
70-75	0,2	2,50	50	50	50	-	0,1	0,1	-	0,1	-	-	0,1
75-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	0,1

Continuação ...

CLASSES DE DIÂMETRO	Nº DE ARV. MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			NÚMERO DE ARV. APÓS A MOVIMENTAÇÃO	Nº DE ÁRVORES MORTAS	Nº DE INGROWTH	POP. RESIDUAL APÓS 10 ANOS
	0	1	2				
5-10	443,5	140,0	-	443,5	73,6	213,5	583,4
10-15	174,8	86,1	-	314,8	12,5	7,4	309,7
15-20	89,6	38,4	-	175,7	2,1	0,3	173,9
20-25	42,6	22,9	-	81,0	0,4	-	80,6
25-30	25,8	16,5	-	48,7	0,1	-	48,6
30-35	12,5	10,6	-	29,0	-	-	29,0
35-40	6,8	5,7	-	17,4	-	-	17,4
40-45	4,5	3,5	-	10,2	-	-	10,2
45-50	0,2	2,7	-	3,7	-	-	3,7
50-55	-	2,35	0,05	2,7	-	-	2,7
55-60	0,2	0,98	-	2,55	-	-	2,55
60-65	0,4	0,62	-	1,43	-	-	1,43
65-70	0,17	0,23	-	0,79	-	-	0,79
70-75	0,05	0,05	-	0,28	-	-	0,28
75-80	0,1	-	-	0,15	-	-	0,15

Continuação ...

CLASSES DE DIÂMETRO	Nº DE ARV. MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			NÚMERO DE ARV. APÓS A MOVIMENTAÇÃO	Nº DE ÁRVORES MORTAS	Nº DE INGROWTH	POP. RESIDUAL APÓS 15 ANOS
	0	1	2				
	5-10	443,4	140,0				
10-15	207,5	102,2	-	347,5	12,5	7,4	342,4
15-20	121,0	52,2	-	223,2	2,1	0,3	221,4
20-25	52,4	28,2	-	104,6	0,4	-	104,2
25-30	29,6	19,0	-	57,8	0,1	-	57,7
30-35	15,7	13,3	-	34,7	-	-	34,7
35-40	9,4	8,0	-	22,7	-	-	22,7
40-45	5,7	4,5	-	13,7	-	-	13,7
45-50	0,3	3,4	-	4,8	-	-	4,8
50-55	-	2,6	0,1	3,4	-	-	3,4
55-60	0,4	2,15	-	3,0	-	-	3,0
60-65	0,53	0,9	-	2,8	-	-	2,8
65-70	0,34	0,45	-	1,2	-	-	1,2
70-75	0,14	0,14	-	0,6	-	-	0,6
75-80	0,15	-	-	0,3	-	-	0,3

Continuação ...

CLASSES DE DIÂMETRO	Nº DE ARV. MOVIMENTANDO-SE NAS CLASSES DE DIÂMETRO			NÚMERO DE ARV. APÓS A MOVIMENTAÇÃO	Nº DE ÁRVORES MORTAS	Nº DE INGROWTH	POP. RESIDUAL APÓS 20 ANOS
	0	1	2				
	5-10	443,3	140,0				
10-15	229,4	113,0	-	369,4	12,5	7,4	364,3
15-20	155,0	66,4	-	268,0	2,1	0,3	266,2
20-25	67,7	36,5	-	134,1	0,4	-	133,7
25-30	35,2	22,5	-	71,7	0,1	-	71,6
30-35	18,7	16,0	-	41,2	-	-	41,2
35-40	12,3	10,4	-	28,3	-	-	28,3
40-45	7,7	6,0	-	18,1	-	-	18,1
45-50	0,3	4,5	-	6,3	-	-	6,3
50-55	-	3,3	0,1	4,5	-	-	4,5
55-60	0,5	2,5	-	3,8	-	-	3,8
60-65	1,0	1,8	-	3,6	-	-	3,6
65-70	0,5	0,7	-	2,3	-	-	2,3
70-75	0,3	0,3	-	1,0	-	-	1,0
75-80	0,3	-	-	0,6	-	-	0,6

FIGURA 1. Número de árvores mortas/ha/classe de diâmetro.

FIGURA 2. Valor percentual de árvores mortas/classe de diâmetro.

FIGURA 3. Ingresso de árvores no processo de medição.

FIGURA 4. Incremento periódico em diâmetro (1987-1992) por grupo de espécie e classe de diâmetro: a) mata em geral; b) potencial madeireiro; c) climax exigentes à luz; d) climax tolerante à sombra; e) frutíferas; f) pioneiras.

FIGURA 5. Tempo de passagem em anos entre as classes de diâmetro.

FIGURA 6. Evolução da floresta por classe de diâmetro num período de 20 anos.