UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

BIBLIOTECA DO INPA

Avaliação do crescimento da rebrota da copa de árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de plantio

MÁRCIA CASTRO DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS DO CONVÊNIO INPA/UFAM, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS (CFT).

MANAUS – AM
2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

BIBLIOTECA DO INPA

Avaliação do crescimento da rebrota da copa de árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de plantio

MÁRCIA CASTRO DO SANTOS

ORIENTADOR: DR. PAULO DE TARSO BARBOSA SAMPAIO

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA TROPICAL E RECURSOS NATURAIS DO CONVÊNIO INPA/UFAM, COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS (CFT).

MANAUS – AM
2003

T
634.928
S237a
ex 2

Santos, Márcia Castro dos Santos

Avaliação do crescimento da rebrota da copa de árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de plantio / Márcia Castro dos Santos – Manaus: INPA/UFAM, 2003.

p.:il.

Dissertação de Mestrado.

1. Pau-rosa 2. Biomassa 3. Rebrota 4. Copa 5. Fotografias hemisféricas

CDD 19.ed. 634.928

Sinopse:

Foi determinada a biomassa da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), avaliando-se a primeira e segunda rebrota da copa, relacionando a biomassa da copa com os parâmetros da radiação obtidos por meio de fotografias hemisféricas.

Palavras-chave: pau-rosa, *Aniba rosaeodora* Ducke, biomassa, copa, fotografias hemisféricas.

A Deus, pela força de espírito nos momentos difíceis da vida,

Aos meus pais, Isaura e Osmar (*in memoriam*)

Aos meus padrinhos Raimundo e Niza e minhas irmãs

Nilza e Valdelice, pelos ensinamentos

Ao meu marido Johnny,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em especial à CPST por proporcionar oportunidades desde a graduação até a realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de mestrado.

A JICA por meio do Projeto Jacaranda, pelos equipamentos e em especial aos trabalhadores da Estação Experimental de Silvicultura Tropical-EEST José Edmilson da Costa Souza e Alberto Fialho Neves , pela ajuda na coleta do material vegetal.

Ao técnico do Laboratório de Sementes Lúcio Batalha.

Ao Dr. Paulo de Tarso Barbosa Sampaio, pela orientação e acompanhamento iniciado na graduação até o curso de mestrado.

Ao Dr. Antenor Pereira Barbosa e Dr. Gil Vieira pela atenção, colaboração e sugestões.

Ao Dr. Wilson R. Spironello e a Dra. Suely pela atenção e profissionalismo.

Aos colegas de curso Fábio, Marcelo, Michele, Neila, Denize, Liliane, Marilane, Marciléia, Érica e em especial a minha amiga Cláudia Blair pela preciosa amizade.

A Valdecira, Alcione e a todos os funcionários da CPST que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ao Johnny pelo companheirismo, incentivo, compreensão, dedicação e ajuda indispensáveis na realização deste trabalho.

A todos os professores do Curso de Ciências de Florestas Tropicais pelo precioso tempo que nos dedicaram.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS
ÍNDICE DE FIGURAS i
ÍNDICE DE TABELAS ii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS iii
RESUMO iv
ABSTRACT v
1. INTRODUÇÃO 1
2. OBJETIVOS 4
2.1 OBJETIVO GERAL 4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
3. REVISÃO DE LITERATURA 5
3.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE 5
3.2 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA 6
3.3 REGENERAÇÃO NATURAL 6
3.4 HISTÓRICO DOS USOS 7
3.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO ÓLEO E VALOR ECONÔMICO DA ESPÉCIE 7
3.6 BIOMASSA 8
3.7 REBROTA DE ÁRVORES 11
3.7.1 CRESCIMENTO DAS BROTAÇÕES 13
3.8 A RADIAÇÃO COMO FATOR ECOLÓGICO 14
3.9 MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO 16
4. MATERIAL E MÉTODOS 17
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EXPERIMENTO 17
4.2 CARACTERÍSTICAS DA PARCELA EXPERIMENTAL 19
4.3 SELEÇÃO DE MATRIZES PARA PODA DA COPA 20
4.3.1 CARACTERÍSTICAS DE SÍTIO DAS ÁRVORES SELECIONADAS 21
4.4 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA (REBROTA DA COPA) 22
4.4.1 MÉTODO DIRETO (MÉTODO DESTRUTIVO) 22
4.4.2 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE REBROTA DA COPA DAS ÁRVORES EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE PODAS 22

4.5 MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO NO PLANTIO 23
4.6 PARÂMETROS AVALIADOS 26
4.7 TRATAMENTOS 26
4.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS 27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 28
5.1 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E CAPACIDADE DE REBROTA DA COPA 28
5.2 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA (REBROTA DA COPA) 34
5.3 AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO NA BIOMASSA (REBROTA DA COPA) 36
5.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO - RADIAÇÃO X BIOMASSA (REBROTA DA COPA) 39
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 43
ANEXO 53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reserva Florestal Adolpho Ducke. Manaus, Amazonas, Brasil.....18

Figura 2. Arranjo espacial das árvores selecionadas de pau-rosa, parcela experimental 050D, Reserva Ducke..... 20

Figura 3. Fotografia hemisférica com uso do programa WINPHOT, parcela experimental 050D do plantio de pau-rosa localizado na Reserva Ducke, Manaus, AM.....24

Figura 4. Equipamento para obtenção de fotografia hemisférica. A- lente olho-de-peixe (fish eye); B- câmera fotográfica (NIKON FM3); C- tripé.....25

Figura 5. DAP e número de brotações/fuste das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) podadas pela segunda vez, em sistema de plantio. Manaus, AM, 2002.....30

Figura 6. DAP e número de brotações/fuste das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) podadas pela terceira vez, em sistema de plantio. Manaus, AM, 2002.....30

Figura 7. Relação entre DAP e número de brotações/fuste das árvores de pau-rosa da segunda poda. R^2: coeficiente de determinação ajustado *(P=0,0032)*; r: coeficiente de correlação de Pearson *(P=0,0032)*.....32

Figura 8. Relação entre DAP e número de brotações/fuste das árvores de pau-rosa da terceira poda. R^2: coeficiente de determinação ajustado *(P=0,0010)*; r: coeficiente de correlação de Pearson *(P=0,0385)* 32

Figura 9. Radiação *PAR* direta, difusa, total e biomassa da copa para árvores de pau-rosa podadas pela segunda vez.....38

Figura 10. Radiação *PAR* direta, difusa, total e biomassa da copa para árvores de pau-rosa podadas pela terceira vez.....38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Características da parcela experimental de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) na Reserva Ducke, Manaus, AM.....19

Tabela 2. Análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey para altura total (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), número de brotos/fuste, comprimento (COMP) e diâmetro dos brotos (DIA) das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de plantio sombreado, na Reserva Ducke em Manaus, AM, junho de 2002 28

Tabela 3. Análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey para biomassa verde da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em sistema de plantio sombreado na Reserva Ducke em Manaus, junho de 2002 34

Tabela 4. Análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey para parâmetros da radiação: % abertura do dossel, *PAR* direta, *PAR* difusa, *PAR* total, fator direto de sítio (DSF), fator indireto de sítio (ISF) e fator total de sítio (TSF) 37

Tabela 5. Análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey para parâmetros razão vermelho-vermelho extremo (R/FR) e índice de área foliar (LAI).....39

Tabela 6. Resultado da análise de regressão entre radiação x biomassa da copa, para a segunda e terceira podas 41

Tabela 7. Resultado da análise de regressão entre razão vermelho-vermelho extremo x biomassa da copa e índice de área foliar x biomassa da copa, para a segunda e terceira podas 41

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ALT	Altura total
COM	Comprimento dos brotos
DAP	Diâmetro à altura do peito (1,30 m)
DIA	Diâmetro dos brotos
DSF	Fator direto de sítio
ISF	Fator indireto de sítio
LAI	Índice de área foliar
PAR	Radiação fotossintéticamente ativa (400-700 nm)
PPFD	Densidade de fluxo de fótons fotossintéticos
R/FR	Razão vermelho-vermelho extremo
TSF	Fator total de sítio

RESUMO

O estudo foi conduzido em um plantio de pau-rosa (36 anos de idade), localizado na Reserva Florestal Ducke, Manaus-AM, Brasil, latitude 03º00' 00 "e 03º08'00" S e longitude 59º52'40 "e 59º58'00" W. Foi determinada a biomassa da rebrota da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke, Lauraceae) podadas duas vezes (ano 2000 e 2002) e das árvores podadas três vezes (ano 1987, 2000 e 20002). Foram avaliados o DAP, altura total, número de brotos/fuste, comprimento e diâmetro dos brotos e biomassa verde da copa. Analisou-se a relação existente entre os parâmetros da radiação, obtidos por fotografias hemisféricas, com a biomassa da copa das árvores. Foi verificada relação entre a radiação *PAR* direta (R^2=0,80; *P=0,0010*), *PAR* difusa (R^2=0,69; *P=0,0028*) e *PAR* total (R^2=0,79; *P=0,0012*) com a biomassa da copa. A razão vermelho/vermelho-extremo apresentou baixa relação com biomassa da copa. Para o índice de área foliar a relação foi alta somente para biomassa das árvores podadas pela terceira vez (R^2=0,89; *P=0,4334*). Os resultados revelam boa capacidade após sucessivas podas, fato que possibilita o manejo da biomassa das árvores através de podas.

ABSTRACT

This study was carried out in a 36 years-old rosewood plantation located at Adolph Ducke Forest Reserve, Manaus, Amazonas, Brazil, latitude 03º00' 00 "e 03º08'00" S e longitude 59º52'40 "e 59º58'00" W. Biomass of canopy sprouting was determined in trees of *Aniba rosaeodora* Ducke (Lauraceae) submitted to branch pruning (twice 2000 and 2002) and others three times (1987, 2000, 2002). The following parameters were evaluated: DBH, total height, number of sprouting/bole, length and diameter of sprouting and fresh canopy biomass. It was analyzed the relationship between light environment parameters, got by using hemispherical photographs, and tree canopy biomass. This fact allow the management of this plantation through pruning. It was also observed the tree biomass canopy relationship between direct *PAR* (R^2=0,80; *P=0,0010*), difuse *PAR* (R^2=0,69; *P=0,0028*) and total *PAR* (R^2=0,79; *P=0,0012*) with tree canopy biomass. Leaf area index showed high relationship with biomass only for trees submitted to pruning three time (R^2=0,89; *P=0,4334*). The results showed high sprouting capacity in tree canopy after successive pruning.

1. INTRODUÇÃO

As explorações florestais na Amazônia iniciaram-se há mais de três séculos segundo o modelo extrativista, com a colheita seletiva de produtos naturais como a borracha, a castanha, óleos essenciais e a madeira, dentre outros (Marques *et al.*, 1999). Em função disso, houve grande interesse por espécies de alto valor econômico, fato que expôs estas espécies à intensa exploração seletiva. A conservação e utilização do potencial econômico destas espécies fazem-se necessárias, pois há casos de erosão genética.

O pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) é uma árvore de grande porte, pertencente a família Lauraceae. O valor comercial desta espécie é determinado principalmente, pelas propriedades químicas do óleo essencial, obtido pela destilação das folhas, galhos, madeira e raízes. Um dos principais componentes do óleo é o linalol, produto com mercado internacional, usado na indústria de perfumaria como fixador (Clay *et al.*, 2000). O alto preço pago pelo óleo dessa espécie estimulou a intensa exploração seletiva, ocasionando o rápido desaparecimento da espécie das áreas de fácil acesso. Este fato foi parcialmente responsável pela redução do volume de óleo exportado nas últimas décadas, embora o desenvolvimento de fixadores sintéticos também tenha contribuído para essa redução (Clay *et al.*, 2000).

O IBAMA, por meio da Portaria nº 01 de 13/05/98, tenta disciplinar a exploração seletiva desta espécie na Amazônia Central, exigindo dos produtores a reposição equivalente à matéria prima extraída e estimulando o uso de técnicas que possibilitem a rebrota de árvores adultas, como o corte de troncos acima de 50 cm do solo ou a poda da copa das árvores.

A opção pela poda da copa das árvores de pau-rosa dos plantios da Reserva Ducke, leva em consideração a capacidade de rebrota de árvores adultas (Sampaio, 1987) e a produtividade do óleo a partir de galhos (2,2%), folhas (1,6%) e tronco (1,2%) (Gottlieb, 1964). Trabalhos mais recentes também confirmam estes resultados e ressaltam que o rendimento do óleo sofre significativas variações ao longo dos meses do ano (Oashi *et al.*, 1997; Chaar, 2000).

O manejo de florestas por meio do corte raso e regeneração por brotação das cepas vem sendo praticado há muitos séculos em diversas partes do mundo, para várias espécies florestais (Reis & Reis, 1997). A condução de povoamentos florestais pela brotação está baseada na capacidade de rebrota das plantas após o corte (Graça *et al.*, 1990). A grande vantagem desse método está na capacidade de crescimento inicial e baixo custo de implantação. A alta produtividade inicial é resultante, principalmente, da presença de um sistema radicular já estabelecido, que facilita a absorção de água e nutrientes existentes no solo, além da presença de gemas adventícias e lignotúberos nas bases das árvores (Reis & Reis, 1997). Estudos da rebrota de árvores do pau-rosa poderão ser uma alternativa viável, pois, a partir de galhos e folhas, pode-se obter maior produtividade de óleo em relação ao tronco.

A quantificação da biomassa é um instrumento útil na avaliação de ecossistemas, devido a sua aplicação na avaliação da produtividade (Russo, 1983), ciclagem de nutrientes, absorção e armazenamento de energia solar, informações de grande importância para o manejo de espécies florestais em sistemas de plantios ou em florestas naturais.

A indústria de óleos aromáticos está novamente em expansão no Estado do Amazonas. Entretanto, os produtores necessitam de técnicas de manejo que

possibilitem aliar a utilização do potencial econômico e a conservação *in situ* das populações ou em sistemas de plantios.

Com a quantificação da biomassa da copa de árvores de pau-rosa aos 36 anos de idade nos plantios da Reserva Ducke, será possível fazer inferências da produtividade do óleo em plantios sob sistema de poda.

Os dados gerados neste estudo poderão contribuir para o manejo de plantios desta espécie em sistema de poda da copa das árvores. Dada a importância da espécie, por meio deste estudo pode-se obter conhecimentos necessários que poderão auxiliar nos programas de conservação e manejo do pau-rosa.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a capacidade de rebrota da copa de árvores adultas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) sob sistema de poda em plantio sombreado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar se a capacidade da rebrota da copa das árvores de pau-rosa diminui com o número de podas realizadas;
- Avaliar o crescimento da rebrota da copa das árvores no período de 24 meses, e se este período foi suficiente para a recomposição da biomassa da copa;
- Avaliar se a produção de biomassa da rebrota da copa está associada com a: Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos (DFFF: em inglês *PPDF*), Abertura do dossel (%), Fator Direto e Indireto de Sítio (FDS, FIS: em inglês DSF, ISF), Fator Total de Sítio (FTS: em inglês TSF), Razão vermelho-vermelho extremo (V/Ve: em inglês R/FR) e Índice de área foliar (IAF: em inglês LAI).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DESCRIÇÃO DA ESPÉCIE

Nome científico: *Aniba rosaeodora* Ducke

Nomes comuns: Pau-rosa, Pau rosa Itaúba, Rosewood, Bois de rose

Família: Lauraceae

Na floresta úmida de terra-firme da Reserva Ducke, a espécie pode ser encontrada numa densidade de 3-4 árvores com DAP (diâmetro à altura do peito) igual ou superior a 20 cm em cada 25 hectares, em solos do tipo Latossolo Amarelo e Vermelho de textura média na fase argilosa e arenosa (Loureiro & Silva, 1968).

A copa tem diâmetro máximo de 14,30 m e mínimo de 3,0 m (Loureiro & Silva, 1968). As folhas são semicoriáceas, lisas com as margens planas ou fracamente recurvadas e ápice bastante acuminado; inflorescência em panículas multiflorais. As flores são ferrugíneas pequenas, apresentando pedicelo pouco evidente, filetes curtos, anteras com lojas muito miúdas (Loureiro & Silva, 1968).

O fruto é do tipo drupa com cúpula bastante espessa, apresentando forma cônica, de cor verde, medindo entre 2 a 3 cm de comprimento por mais ou menos 1,5 cm de diâmetro (Ducke, 1938; Alencar & Fernandes, 1978; Loureiro *et al.*, 1979). Cada fruto contém uma única semente e 160 a 200 sementes pesam 1 kg. A floração ocorre entre outubro e fevereiro e a frutificação entre novembro a março, na Reserva Ducke (Alencar & Fernandes, 1978). Araújo (1970), constatou que a espécie é perenifólia, fazendo mudança foliar anualmente entre julho e dezembro, período de menor precipitação.

Tradicionalmente, o pau-rosa propaga-se por sementes, no entanto, a produção de sementes é muito prejudicada por predadores, que atacam os frutos antes da maturação. Além disso, o limitado número de sementes produzidas por árvore, o ataque por larvas de curculionídeos que destroem os cotilédones, e por serem recalcitrantes, as sementes são difíceis de serem armazenadas perdendo a viabilidade poucos dias após a dispersão (Alencar & Fernandes, 1978). Estes fatores somados fazem com que a produção de sementes e, conseqüentemente a produção de mudas também seja reduzida.

3.2 Distribuição Geográfica

O pau-rosa é amplamente distribuído nas matas pluviais do interior da Guiana Francesa, Suriname e nas partes amazônicas do Peru e Colômbia, Equador e Venezuela (Kubitzki, 1982; Lorenzi, 1992). No Brasil, além de sua ocorrência no Amapá, na fronteira com a Guiana Francesa, tem seu habitat no médio Amazonas e alto rio Amazonas, com maior concentração desde o Rio Curuá-Una até a fronteira com o Peru, na parte meridional, e do Rio Trombetas até a fronteira da Colômbia (Terezo, 1972; Ohashi *et al.*, 1995).

3.3 Regeneração natural

O pau-rosa é uma espécie heliófila, sua regeneração natural se faz presente quando existem clareiras na floresta, participando do dossel dominante, principalmente nos locais onde há uma mortalidade acentuada das árvores vizinhas, quer derrubadas pelo vento, ou atacadas de doença, ou mesmo por senilidade (SUDAM, 1972). Por meio da avaliação de ocorrência e distribuição da regeneração

do pau-rosa, observou-se que em uma área de 35 ha, na Floresta Nacional do Tapajós, a espécie apresenta tendência a se agrupar (Carvalho, 1983).

3.4 HISTÓRICO DOS USOS

Presume-se que a primeira utilização do pau-rosa tenha sido na marcenaria e carpintaria em exportações para a Europa. A notícia mais remota consta da viagem de Aublet entre 1762-1764, que a registrou como *Licaria guianensis.* A sua importância econômica iniciou-se com a extração do óleo essencial obtido com a destilação de madeira, feita por Samarim em 1875 na França. Morin, em 1881, separou do álcool o óleo essencial o qual deu o nome de "linalol". A primeira exportação para a Europa data de 1883 com árvores provenientes da Guiana Francesa. No Brasil, o primeiro registro foi feito por Huber em 1909 com *Aniba parviflora* Mez. A exploração em escala comercial teve início após um levantamento feito pelo francês Mallet e João de Souza, por volta de 1924, nas matas de Juriti Velho (SUDAM, 1972).

3.5 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO ÓLEO E VALOR ECONÔMICO DA ESPÉCIE

O processo de produção do óleo do pau-rosa consiste no abate de árvores na floresta que são cortadas em pequenos cavacos e triturados para a destilação em usinas móveis próximas à área explorada ou transportadas via fluvial até usinas fixas. Na destilação da madeira, folhas e raízes, extraí-se uma essência cujo componente principal é o linalol, largamente usado na indústria de perfumes como fixador (Gottlieb, 1957; Loureiro *et al.*, 1979, Rosa *et al.*, 1993). A quantidade do óleo depende do tempo transcorrido entre a derrubada da árvore e o início da destilação,

bem como da procedência genética da árvore (SUDAM, 1972). As folhas e galhos finos produzem uma maior quantidade de óleo essencial (2,4%) do que a madeira (1,1%). A idade das folhas afeta a qualidade do óleo: quanto mais velhas, maior a proporção de terpenos e óxidos de linalol; quanto mais jovens, maior a proporção de linalol (Araújo *et al.*, 1971). De acordo com Pinto & Ramalho (1970), uma tonelada de madeira produz apenas 9 kg de óleo, sendo necessárias 20 toneladas de cavacos para produzir um barril com capacidade de 180 kg.

A madeira é pesada, classificada como fácil de ser trabalhada, empregada na marcenaria, carpintaria e pelos índios na confecção de canoas (Loureiro, 1976). Sua utilização para serrados é rara, em virtude da sua principal importância econômica ser a produção de essência aromática (Costa *et al.*, 1995). O óleo essencial de pau-rosa apresenta ainda substâncias de uso medicinal, como potencial para fins farmacêuticos (Gottlieb & Mors, 1958).

3.6 Biomassa

Durante a fase inicial do desenvolvimento de uma floresta, uma grande parte de carboidratos é canalizada para a produção de biomassa da copa. Posteriormente, quando as copas começam a competir entre si, a produção relativa do tronco aumenta e das folhas e ramos diminui, gradativamente (Cromer *et al.*, 1975; Andrae, 1982; Larcher, 1984; Fabião, 1986; Reis & Barros, 1990; Otto, 1994).

Em florestas naturais e cultivadas na região tropical, a maior proporção de nutrientes do ecossistema encontra-se na biomassa (Attiwill & Leeper, 1987). A biomassa é definida como a quantidade, expressa em massa, do material vegetal em uma floresta. Em geral os componentes da biomassa estimados são: a biomassa

acima do solo, composta de árvores e arbustos; biomassa morta acima do solo, composta por serrapilheira e troncos caídos; e a biomassa abaixo do solo, viva e morta, composta pelas raízes. A biomassa total é a soma de todos os componentes (Araújo *et al.,* 1996).

A determinação da biomassa florestal tem como objetivo acompanhar a produtividade do sistema, conhecer o comportamento e crescimento das espécies mais exploradas e servir como base para o planejamento e ordenamento do setor florestal (Silva *et al.*, 1997).

O aumento de biomassa dos vegetais depende do potencial genético de cada material para fixar carbono e absorver água e nutrientes bem como, de fatores como doenças, pragas e competição com outras plantas. Como isso, altas produtividades podem ser obtidas com o uso de material genético superior e com a otimização do uso dos fatores ambientais, especialmente água e nutrientes, por meio de práticas de manejo aplicadas ao povoamento (Barros *et al.*, 1986; Patiño-Valera, 1986; Silva, 1990). Dentre essas práticas destaca-se a escolha adequada do espaçamento para o estabelecimento do povoamento, de modo a maximizar o uso dos recursos ambientais, especialmente água e nutrientes.

As estimativas de biomassa florestal são informações imprescindíveis nas questões ligadas, entre outras, às áreas de manejo florestal e de clima.

No manejo florestal, a biomassa está relacionada com os estoques de macro e micronutrientes da vegetação, que são obtidos pelo produto da massa pelas concentrações de cada mineral.

No caso do clima, a biomassa é usada para estimar os estoques de carbono, que, por sua vez, são utilizados para estimar a quantidades de CO_2 que é liberada à atmosfera durante um processo de queimadas (Higuchi *et al.*, 1998). Quanto às

questões climáticas, há grande interesse em quantificar a biomassa que é convertida, principalmente em dióxido de carbono, pelas diferentes formas de uso do solo amazônico (Fearnside *et al.*, 1993, Brown *et al.*, 1995; Higuchi & Carvalho Jr., 1994; Skole *et al.*, 1994; Shoroeder & Winjum, 1995; Fearnside, 1996).

A literatura dispõe de vários trabalhos relacionados às estimativas de biomassa dos diversos tipos de florestas da Amazônia, estes estudos utilizam métodos diretos e indiretos, apresentando vantagens e desvantagens (Higuchi *et al.*, 1998).

O método direto é um método destrutivo que consiste na derrubada e pesagem de todas as árvores que ocorrem em parcelas fixas, fornecendo estimativas, que segundo alguns autores, não são confiáveis porque se baseiam em poucas parcelas, pequenas e tendenciosamente escolhidas (Brown *et al.*, 1989). Em geral escolhe-se uma área homogênea e com vários indivíduos representativamente grandes, resultando em dados superestimados. Considera-se também a dificuldade, ou mesmo a impossibilidade na execução deste método em determinadas regiões (Araújo *et al.*, 1996).

O método indireto (método estimativo) é a aplicação de modelos matemáticos que utilizam fórmulas. As estimativas têm sido produzidas a partir de dados de inventários florestais que foram executados com a finalidade de planejar a exploração e manejo florestal, sendo o volume da madeira, a principal variável (Higuchi *et al.*, 1998). No entanto, os dados fornecidos pela aplicação deste método também podem ser inseguros. Isso porque as árvores geralmente apresentam vazio ao longo dos seus fustes e, em casos de árvores grandes, o erro no cálculo da biomassa pode ser aumentado (Araújo *et al.*, 1996).

Por outro lado é praticamente impossível determinar a biomassa de cada árvore pelo método direto, ao executar um inventário florestal, sem contar com a alta diversidade florística da Amazônica, que dificulta ainda mais esta determinação. Por esta razão, os recursos da análise de regressão, para o desenvolvimento de modelos para estimar a biomassa de árvores em pé, devem ser empregados para superar este problema (Higuchi *et al.*, 1998).

Os modelos mais utilizados para estimar a biomassa das diversas partes das árvores são os alométricos, ou seja, os logarítmicos (Canadell *et al.*, 1988), cujas variáveis independentes freqüentemente utilizadas são o DAP e a altura total das árvores (Campos & Valente, 1993). Porém, pesquisadores como Satoo e Madgwich (1982), citados por Ferreira (1984), afirmaram que essas duas variáveis não são suficientes para estimar a biomassa da copa das árvores (galhos + folhas), sugerindo a inclusão de outras características mensuráveis, como o comprimento da copa e o diâmetro do tronco, na inserção do primeiro galho (DIG) em conjunto com o DAP e a altura total das árvores. Apesar da variável DIG ser de difícil medição, ela está altamente correlacionada com a resistência mecânica requerida para suportar o peso da copa das árvores (Attiwill, 1966).

3.7 REBROTA DE ÁRVORES

Os métodos de exploração dão pouca importância aos prováveis danos que possam causar a algumas espécies florestais de difícil propagação, comprometendo o povoamento logo após o primeiro corte. Aliado a isso, está a carência de estudos básicos relacionados a rebrota de árvores e o possível aproveitamento deste material.

As épocas mais adequadas para o corte seriam quando existe um suprimento adequado de água no solo (The Wattle Research Institute, 1972). A concentração da exploração em uma determinada época do ano seria um importante fator a ser considerado em um planejamento anual de corte, onde se pode cortar as espécies de baixo potencial de rebrota, nas épocas favoráveis do ano.

Em estudos desenvolvidos com árvores adultas de pau-rosa, verificou-se que após a poda da copa ocorreu grande número de rebrota [1]. Cepas de árvores de (1,30 m do solo) apresentaram em média 7 brotos/cepas, notando-se, ainda, que após 30 dias, os brotos começaram a emergir das touças (Sampaio, 1987). Diante destes dados, torna-se evidente a necessidade de maiores estudos e técnicas de manejo que proporcionem um volume de biomassa que atendam as necessidades do mercado consumidor.

O manejo da rebrota de espécies arbóreas, como o pau-rosa, é de grande importância econômica, uma vez que galhos e folhas apresentam maior produtividade de óleo do que a madeira do fuste (Gottlieb, 1964). Além disso, o manejo da rebrota possibilitaria a redução de custos de implantação de um novo povoamento, garantia de produção e melhor aproveitamento do material vegetativo (propagação assexuada).

[1] Informação pessoal prestada pelo Dr. Paulo de Tarso B. Sampaio (Pesquisador INPA).

3.7.1 CRESCIMENTO DAS BROTAÇÕES

As brotações geralmente desenvolvem-se muito mais rapidamente em árvores que sofreram poda. Fisiologicamente, isso está relacionado com a elevada proporção de biomassa de raízes que proporciona uma maior absorção de água e nutrientes, assim como a quantidade de hidratos de carbono fornecida pela cepa. Dentre as várias explicações para essa vantagem no crescimento inicial dos brotos, está o armazenamento de reservas (orgânicas e inorgânicas) nos lignotúberos ou no sistema radicular que é considerado a principal razão deste rápido crescimento dos brotos (Reis & Reis, 1997).

A capacidade e a rapidez de crescimento da brotação são dois fatores importantes para a manutenção da produtividade em rotações futuras. A capacidade de brotação exprime a possibilidade de regeneração do povoamento, enquanto que a rapidez de crescimento exerce influência na sobrevivência e nos tratos culturais a serem aplicados, além de contribuir para a homogeneidade das rotações seguintes (Guimarães *et al.*, 1983).

Apesar de se ter a possibilidade de obtenção da mesma produtividade ao final de cada rotação, quando a floresta é manejada por brotação, a idade de corte pode ser atingida mais cedo em razão da vantagem inicial de crescimento, desde que mantidas as condições ambientais necessárias para o crescimento das brotações (Reis & Reis, 1997). A época de corte deve coincidir com o período de plena atividade vegetativa das árvores (Higa & Sturion, 1991).

3.8 A RADIAÇÃO COMO FATOR ECOLÓGICO

A radiação solar é um importante fator que influencia o crescimento do vegetal, visto que está diretamente relacionada às taxas fotossintéticas e à arquitetura da planta. A intensidade, qualidade, duração e periodicidade da luz influenciam tanto quantitativamente como qualitativamente no desenvolvimento do vegetal (Tanaka, 1998; Vieira, 1996).

Dentro da radiação solar total, as plantas utilizam em seu metabolismo os comprimentos de onda entre 400-700 nm, radiação fotossintéticamente ativa (RFA, em inglês *PAR*). A radiação *PAR* equivale cerca de 20% da radiação solar total recebida (Daubenmire, 1974). Aparelhos desenvolvidos para fins fisiológicos mensuram esta radiação na forma de Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos (*PPDF*) (Pearcy *et al.,* 1989). A Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos (*PPDF)* é literalmente a Densidade de Fluxo de Fótons incidentes da Radiação Fotossintéticamente Ativa (*PAR*) em determinado tempo em uma determinada superfície ($\mu molm^{-2}s^{-1}$ ou $molm^{-2}dia^{-1}$).

A utilização desta radiação depende da amplitude dos comprimentos de onda que são assimilados pelos vegetais e que varia de acordo com as espécies. Esta amplitude é um importante fator na classificação das espécies quanto ao seu grupo ecológico, classificado como espécies exigentes à luz (heliófilas) e tolerantes à sombra (umbrófilas). No entanto, essa classificação não influencia diretamente e sim o gradiente de exigências lumínicas que variam durante todo o ciclo de vida das espécies. Essa variação pode ser influenciada pela posição na estrutura vertical da floresta, estágio sucessional e estação do ano (Brown, 1993). Existe também uma certa complexidade no que se refere à obtenção de medidas desta radiação, pois há

uma enorme variação que depende do sol, latitude, topografia, movimento das folhas, água, etc. (Brown, 1993).

Os comprimentos de ondas do vermelho vermelho-extremo (700-800 nm) influenciam na germinação, arquitetura e morfogênese da planta (expansão e tropismo das folhas e caules) (Leopoldo & Kriedemann, 1975; Fitter & Hay, 1983). A razão entre o vermelho vermelho-extremo é que determina respostas biológicas específicas em diferentes habitats (Smith, 1982).

A dinâmica do índice de área foliar (LAI) de uma cobertura vegetal é resultante das respostas ecofisiológicas das plantas às condições químicas, físicas e biológicas do solo; às condições do microclima (temperatura, umidade e radiação); as condições bióticas como herbivoria, competição e às interdependências desses fatores nos diferentes estágios sucessionais da vegetação (Wandelli & Filho, 1999).

O índice de área foliar tem forte relação direta com a produtividade primária e com a biomassa da vegetação. A importância desse índice nos intercâmbios de massa e energia no sistema solo-planta-atmosfera e as grandes dificuldades inerentes à determinação da biomassa vegetal, favorecem e justificam o desenvolvimento de métodos para a estimativa do LAI (Wandelli & Filho, 1999).

A penetração da radiação em uma cobertura vegetal depende das características dos elementos vegetais (tamanho, textura, espessura e orientação das folhas e dos galhos) e da estrutura da vegetação (altura das árvores, continuidade do dossel, densidade de indivíduos e densidade foliar expressa pelo LAI) (Wandelli & Filho, 1999).

3.9 MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO

A utilização de fotografias hemisféricas é um dos métodos indiretos para estimar a radiação. Neste método, o equipamento fotográfico apresenta em sua estrutura lentes "olho-de-peixe" (Fish eye), que forma uma imagem que abrange um ângulo de 180° dentro da floresta. Possibilitando estimar indiretamente a radiação recebida no local. Posteriormente, com o uso do programa de computação *WINPHOT* versão 4.0 TER STEEGE (1994) calcula-se a quantidade de radiação direta ou difusa recebida no referido sítio. A medida estima a radiação potencial recebida no ponto, não havendo variações significativas devido à estação do ano em localizações próximas à linha do Equador (Pearcy *et al.*, 1989).

O programa *WINPHOT* calcula também o valor do Fator Direto e Indireto de Sítio (DSF e ISF), dentro da abertura do dossel. Esses fatores são frações de radiação direta e indireta que são interceptadas em um certo ponto no sub-bosque em relação ao valor de radiação recebida acima do dossel. O Fator Direto de Sítio indica a importância da radiação solar direta calculada pela trajetória solar. Em oposição, o Fator Indireto de Sítio significa o grau de transmissão e reflexão da radiação incidente, ou seja, os componentes da radiação difusa (indireta) recebida (Brown, 1993).

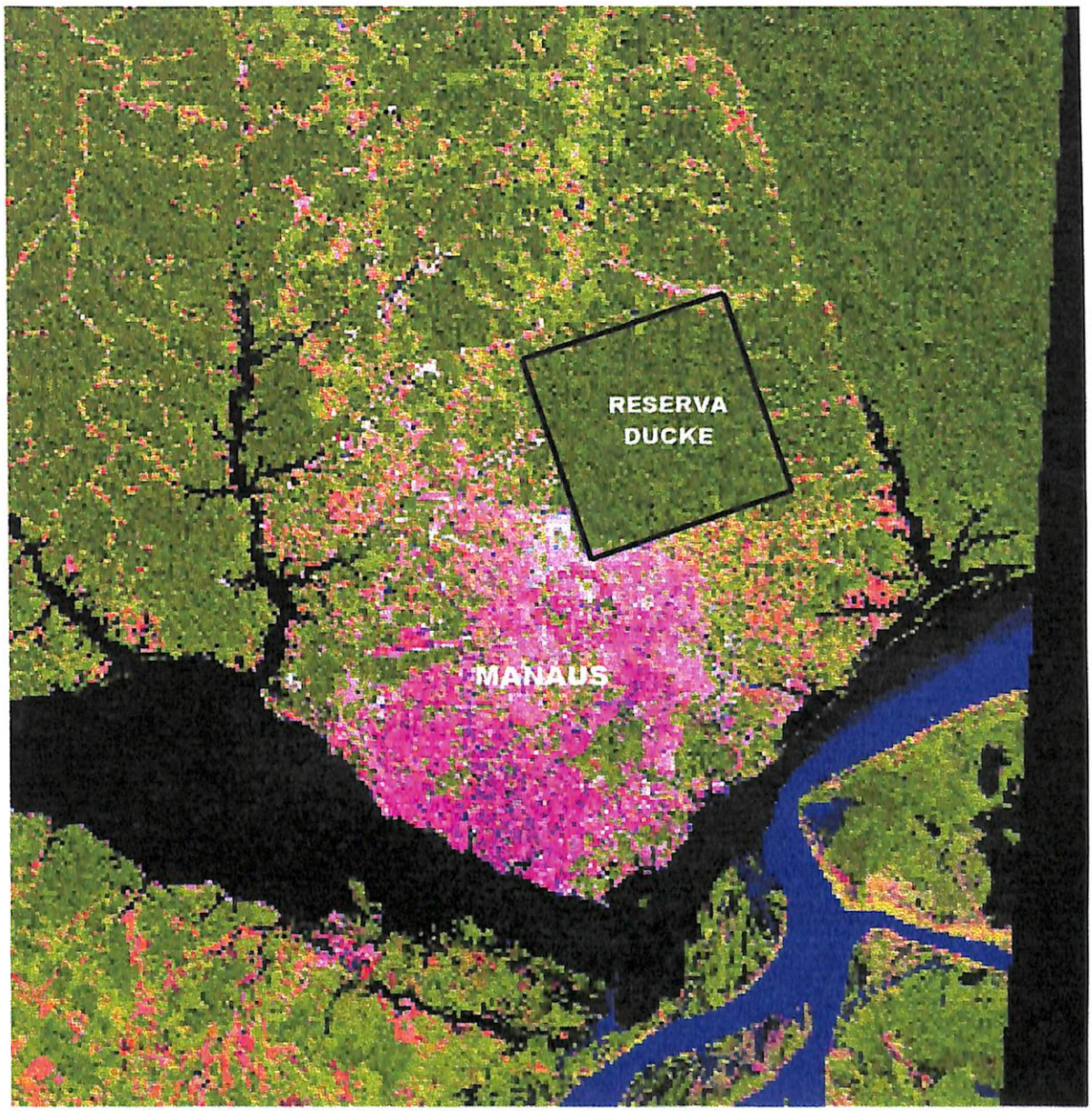

Figura 1. Reserva Florestal Adolpho Ducke. Manaus, Amazonas, Brasil.

4.2 CARACTERÍSTICAS DA PARCELA EXPERIMENTAL

O estudo foi conduzido na parcela experimental denominada 050D do plantio de pau-rosa, localizado na Reserva Florestal Adolpho Ducke.

DESCRIÇÃO DA PARCELA EXPERIMENTAL 050D

Em janeiro de 1968, a floresta primária foi submetida a uma limpeza de sub-bosque, com o corte de árvores indesejáveis que não apresentavam valor comercial, como cipós e palmeiras. As mudas de pau-rosa foram plantadas em março de 1968, no espaçamento de 10 m x 5 m, numa área de 10.000 m^2 (Tabela 1).

As mudas foram selecionadas no viveiro da Reserva Florestal Ducke, sendo aquelas que apresentavam sistema radicular muito desenvolvido, podadas. Não foi feita nenhuma adubação química. Após o plantio, foram feitas limpezas das linhas uma vez por ano e, em 1976, foi realizada a eliminação de árvores e arbustos que estavam competindo com o pau-rosa, principalmente espécies invasoras de crescimento rápido (Alencar & Fernandes, 1978).

Atualmente, a altura média da vegetação no plantio é de 30 m. O sub-bosque apresenta baixa densidade foliar, principalmente em razão das limpezas realizadas periodicamente, em função de outros estudos desenvolvidos na área do plantio.

Tabela 1. Características da parcela experimental de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) na Reserva Ducke, Manaus, AM.

Parcela	Data do plantio	Área do ensaio (m^2)	Tipo de ensaio	Tipo de solo	Textura do solo	Topografia
050D	Março 1968	10.000	Sob sombra de floresta primária	Argiloso	Muito pesada	Plana

Fonte: Alencar & Fernandes 1978.

4.3 SELEÇÃO DE MATRIZES PARA PODA DA COPA

No ano de 1987, foram selecionadas aleatoriamente 10 árvores na parcela 050D, cujas copas foram podadas (Barbosa, 1998). Em abril de 2000, estas árvores foram novamente podadas para avaliação da biomassa da rebrota. Como testemunha, foram selecionadas aleatoriamente 10 árvores (parcela 050D) que não tinham sido podadas anteriormente (Figura 2).

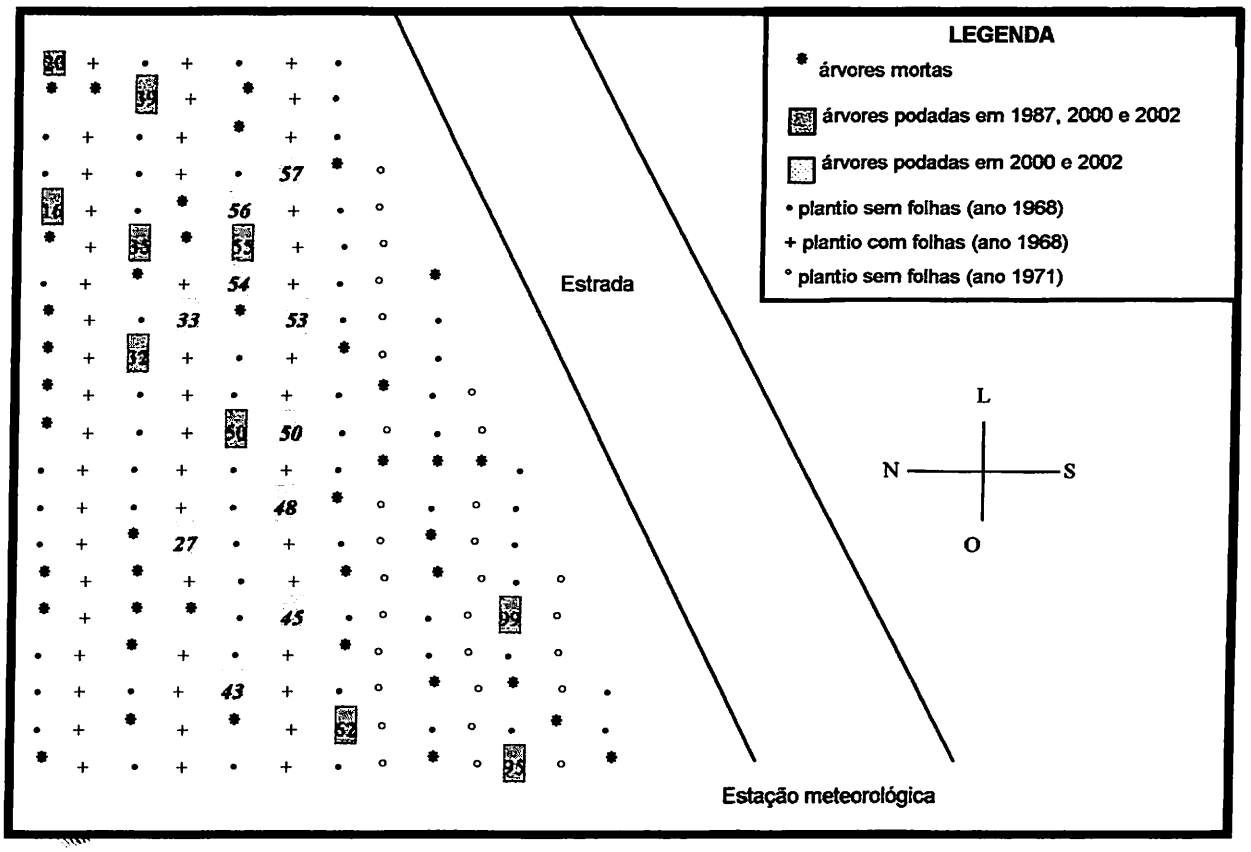

Figura 2. Arranjo espacial das árvores selecionadas de pau-rosa, parcela experimental 050D, Reserva Ducke.

4.3.1 CARACTERÍSTICAS DE SÍTIO DAS ÁRVORES SELECIONADAS

Foi realizada a identificação das árvores no plantio, colocando-se uma plaqueta com a numeração de cada árvore, a distribuição espacial desses indivíduos no plantio (Figura 2) e a determinação das árvores dominadas e dominantes.

- **ÁRVORES PODADAS EM 1987**

P3-16 – árvore de pau-rosa sob sombra de floresta primária (dominada);
P2-20 – árvore de pau-rosa sob sombra de floresta primária (dominada);
P2-32 – árvore de pau-rosa sombreada (dominada);
P3-35 – árvore de pau-rosa a plena abertura (dominante);
P2-39 – árvore de pau-rosa a plena abertura (dominante);
P2-50 – árvore de pau-rosa sob sombra de floresta primária (dominada);
P3-55 – árvore de pau-rosa a plena abertura (dominante);
P3-62 – árvore de pau-rosa parcialmente sombreada (dominada);
P3-95 – árvore de pau-rosa a plena abertura (dominante);
P2-99 – árvore de pau-rosa tombada sobre o solo em virtude da queda de galhos de outra árvore.

- **ÁRVORES PODADAS EM 2000**

27 – árvore de pau-rosa parcialmente sombreada (codominante);
33 – árvore de pau-rosa a plena abertura (dominante);
43 – árvore de pau-rosa sombreada (dominada);
45 – árvore de pau-rosa parcialmente sombreada;
48 – árvore de pau-rosa parcialmente sombreada;
50 – árvore de pau-rosa sombreada (dominada);
53 – árvore de pau-rosa parcialmente sombreada (dominada);
54 – árvore de pau-rosa parcialmente sombreada;
56 – árvore de pau-rosa parcialmente sombreada;
57 – árvore de pau-rosa (dominada).

4.4 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA (REBROTA DA COPA)

4.4.1 MÉTODO DIRETO (MÉTODO DESTRUTIVO)

Em 2002 as 10 árvores selecionadas em 1987 e 2000 foram novamente podadas, visando quantificar a biomassa da copa referente a segunda e primeira rebrota, respectivamente.

Para o procedimento da poda da copa das árvores, foi realizado o corte de todos os galhos (100% intensidade de poda) de cada árvore, pesando-se e obtendo-se a biomassa total da copa, com auxílio de uma balança com capacidade até 300 kg. No total foi pesada a biomassa da copa de 20 árvores no ano de 2000.

4.4.2 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE REBROTA DA COPA DAS ÁRVORES EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE PODAS

A avaliação da capacidade de rebrota da copa das árvores foi realizada considerando o número de podas realizadas no mesmo indivíduo em cada tratamento, ou seja, se diminuiu ou aumentou a biomassa da rebrota da copa de acordo com o número de podas, após 2 anos. Em função disso, foram considerados os seguintes fatores: (1) árvores podadas três vezes (ano de 1987, 2000 e 2002) e (2) árvores podadas duas vezes (ano 2000 e 2002).

Foram realizadas avaliações relativas à altura total das árvores com auxílio de hipsômetro e diâmetro à altura do peito (DAP) com fita diamétrica. A coleta desses dados e os de fotografias hemisféricas foram feitos antes da poda da copa das árvores.

4.5 MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO NO PLANTIO

A avaliação dos componentes atribuídos à radiação foi feita por meio de fotografias hemisféricas (hemiphots), visando avaliar o relacionamento da radiação com a biomassa da rebrota das árvores em cada tratamento. As fotografias devem ser feitas com céu uniforme, ou seja, totalmente aberto (sem nuvens) ou encoberto (Clark, 1961; Tanaka, 1998) (Figura 3).

A máquina fotográfica foi acoplada a um tripé nivelado e posicionado a 1 m de altura do solo e distante 1 m da árvore matriz (Figura 4) (Whitmore *et al.*, 1993). O eixo vertical da câmera foi orientado para o norte magnético com auxílio de uma bússola como recomendação para o cálculo de *PPDF* no programa. As fotografias foram feitas no final da tarde no intervalo das 16:00 às 18:00 horas, com céu encoberto. A máquina fotográfica utilizada foi uma *NIKON FM-3*, com uso de lente Fish eye Nikor. O filme foi *FUJIFILM NEOPAN SS BLACK & WHITE PRINTS, ASA 400*. As fotografias foram realizadas abaixo de cada árvore de pau-rosa, em decorrência da impossibilidade de retirar as fotos na copa de cada árvore. Foram tomadas três fotografias sob cada indivíduo (no mesmo ponto). Posteriormente, os negativos foram digitalizados no scanner modelo *SPRIN SCAN 35 PLUS,* com escala da imagem 256 gray scale na definição de qualidade. As fotografias foram interpretadas pelo programa *WINPHOT VERSION 4.0* (Ter Steege, 1994), calculando a quantidade e proporção da área de radiação.

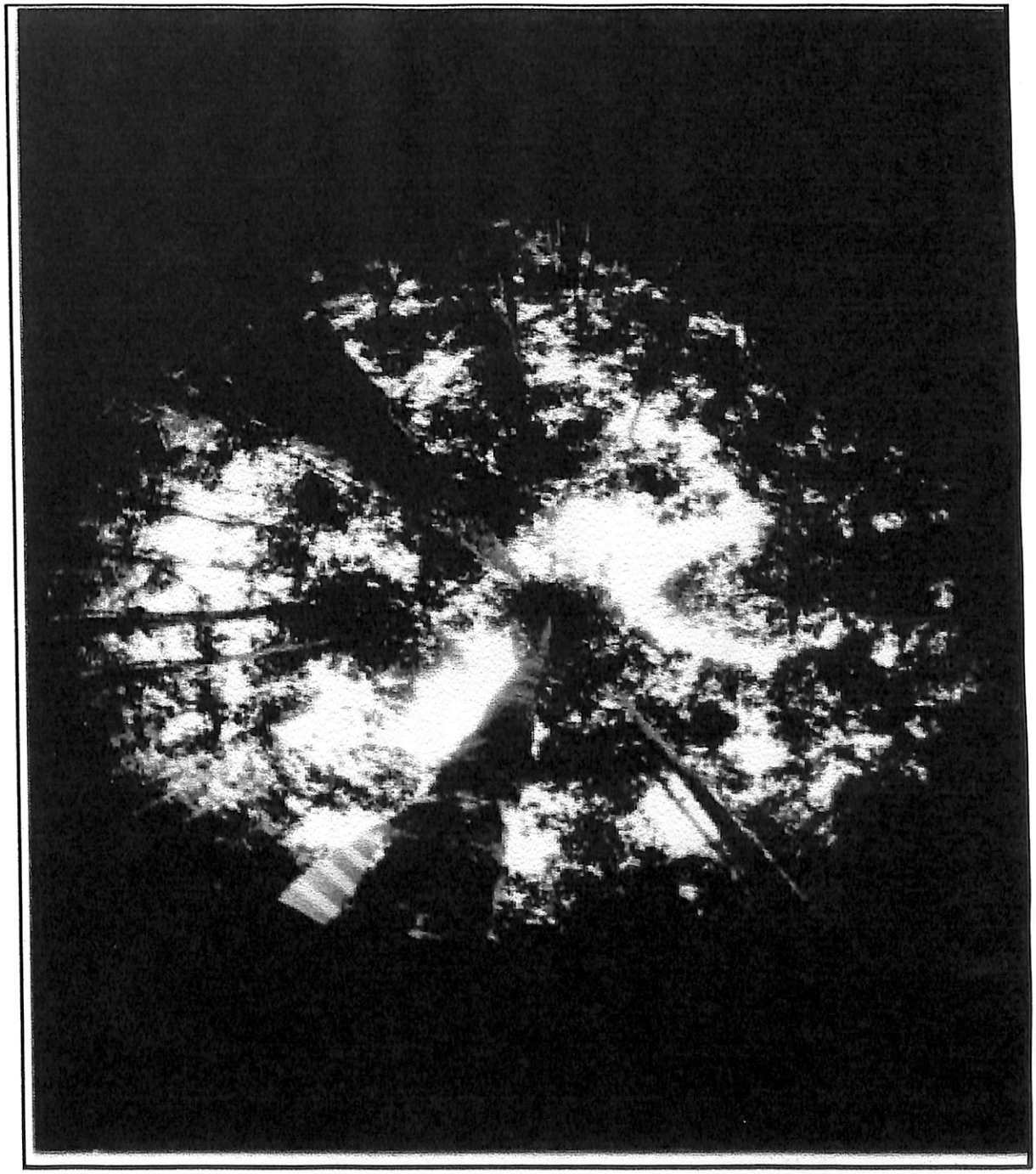

Figura 3. Fotografia hemisférica com uso do programa WINPHOT, parcela experimental 050D do plantio de pau-rosa localizado na Reserva Ducke, Manaus, AM.

Figura 4. Equipamento para obtenção de fotografia hemisférica. A- lente olho-de-peixe (fish eye); B- câmera fotográfica (NIKON FM3); C- tripé.

4.6 PARÂMETROS AVALIADOS

Os parâmetros avaliados para cada tratamento foram:

— Altura total (m)

— DAP (cm)

— Biomassa total da copa (kg) – peso da matéria verde de galhos e folhas

— Número de brotações/fuste

— Comprimento dos brotos (m)

— Diâmetro dos brotos (cm)

— Radiação Fotossintéticamente ativa (*PAR*) pela medição da Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos (*PPFD*)

— Abertura do dossel (%) e parâmetros atribuídos: Radiação Fotossintéticamente Ativa (*PAR* direta e difusa); Fator Direto de Sítio (DSF) valor atribuído a *PAR* direta; Fator Indireto de Sítio (ISF) valor atribuído a PAR difusa; Fator Total de Sítio (TSF); Razão vermelho/vermelho extremo (R/FR) e Índice de área foliar (LAI).

4.7 TRATAMENTOS

Visando avaliar a biomassa da rebrota da copa das árvores do pau-rosa, foram considerados dois tipos de tratamentos:

T_1 – árvores podadas três vezes (1987,2000 e 2002), avaliando a segunda rebrota da copa.

T_2 – árvores podadas duas vezes (2000 e 2002), avaliando a primeira rebrota da copa.

4.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento. Para efeito da análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade. O parâmetro percentagem de abertura do dossel, para efeito da análise de variância, foi transformado em arc. sen. $\sqrt{x/100}$.

Os parâmetros radiação fotossintéticamente ativa (*PAR* direta e difusa), fator direto de sítio (DSF), fator indireto de sítio (DSF), fator total de sítio (TSF), razão vermelho-vermelho extremo (R/FR) e índice de área foliar (LAI), além da análise de variância foram avaliados por análise de regressão e correlação simples para verificar a existência de relação com a biomassa total da copa. O número de brotos/fuste e DAP (diâmetro à altura do peito) também foram avaliados por regressão e correlação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E CAPACIDADE DE REBROTA DA COPA

As árvores de pau-rosa plantadas sob sombra de floresta primária da Reserva Ducke em Manaus apresentaram grande variação em diâmetro e altura total. Verificou-se que árvores da bordadura, expostas à maior luminosidade, apresentaram maior diâmetro, altura e biomassa da copa. Na avaliação deste plantio em 1976, Alencar & Fernandes (1978), já alertaram que o elevado número de árvores de outras espécies que sombreavam o pau-rosa deveria ser reduzido progressivamente para oferecer maior índice de luz.

Observa-se pela Tabela 2, que não existem variações significativas do número de brotos/fuste entre as árvores podadas pela terceira e segunda vez. Entretanto, há uma tendência das árvores que desenvolveram maior número de brotos/fuste apresentarem maiores médias de DAP'S (Figura 5).

Tabela 2. Análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey para altura total (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), número de brotos/fuste, comprimento (COMP) e diâmetro dos brotos (DIA) das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de plantio sombreado, na Reserva Ducke em Manaus, AM, junho de 2002.

Tratamento	ALT (m)	DAP (cm)	nº brotos/fuste	COMP (m)	DIA (cm)
T_1 (terceira poda)	19,98 A	16,35 A	26,8 A	1,24 A	1,53 A
T_2 (segunda poda)	18,36 A	14,32 A	20,0 A	1,46 A	1,63 A
F	$0,69^{ns}$	$0,58^{ns}$	$0,32^{ns}$	$0,40^{ns}$	$0,10^{ns}$
X	15,15	13,60	23,35	1,35	15,73
s	5,36	5,69	27,31	0,79	6,92
R	1,69	1,80	8,63	0,25	2,18

ns – não significativo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade; X = média geral dos tratamentos; s =desvio padrão; R = erro padrão da média.

Considerando árvores individuais, observa-se grande variação do número de brotos/fuste (Anexo 1 e 2). As árvores de número P3-55 e 33 com os maiores DAP's (23 e 22,10 cm) apresentaram 119 e 60 brotos/fuste respectivamente (Figura 5 e 6). Já as árvores número P2-32 e P3-16 com os menores DAP'S (5,5 e 5,6cm) apresentaram 2 e 5 brotos/fuste, respectivamente (Figura 6). Se observarmos a distribuição espacial destes indivíduos dentro das parcelas (Figura 2), é visível que árvores com maiores DAP'S apresentaram maior número de brotos/fuste, são árvores dominantes.

Esta tendência das árvores com maiores diâmetros apresentarem maior número de brotos/fuste após sucessivas podas pode ser observada nas Figuras 5 e 6. Observa-se que o número de brotos das árvores podadas pela segunda vez aumentou proporcionalmente com o aumento do DAP. Enquanto que nas árvores podadas pela terceira vez, verifica-se certa irregularidade (Figura 6). É visível que as árvores com maiores DAP'S estão à plena abertura, revelando que a luz favorece o incremento da biomassa aérea desta espécie. É importante ressaltar que todas as árvores podadas apresentaram boa capacidade de rebrota, fato que viabiliza o manejo dos plantios através da poda da copa das árvores visando a produção do óleo a partir de folhas e galhos.

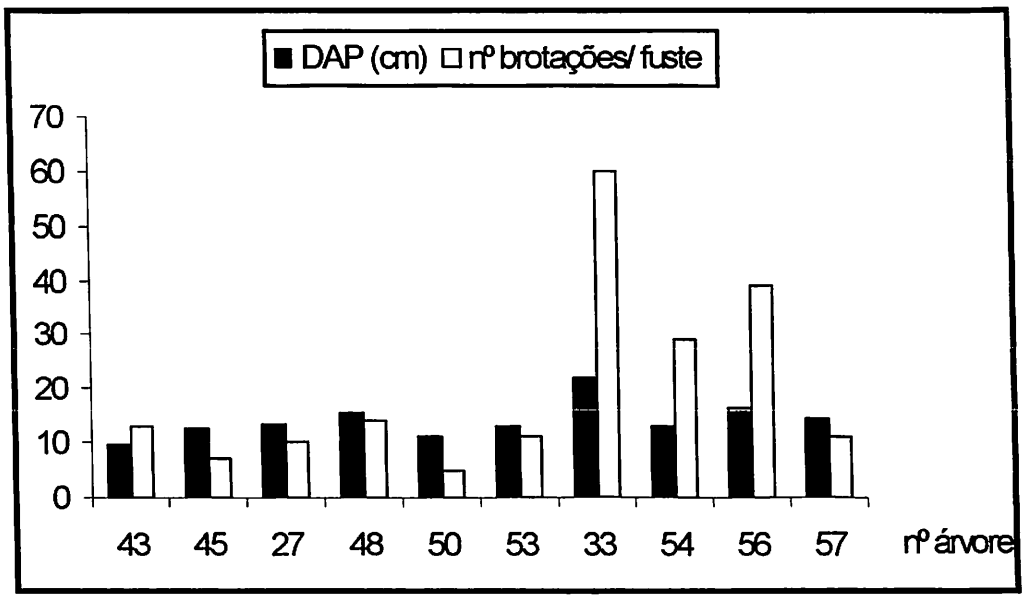

Figura 5. DAP e nº de brotações/fuste das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), podadas pela segunda vez, em sistema de plantio. Manaus, AM, 2002.

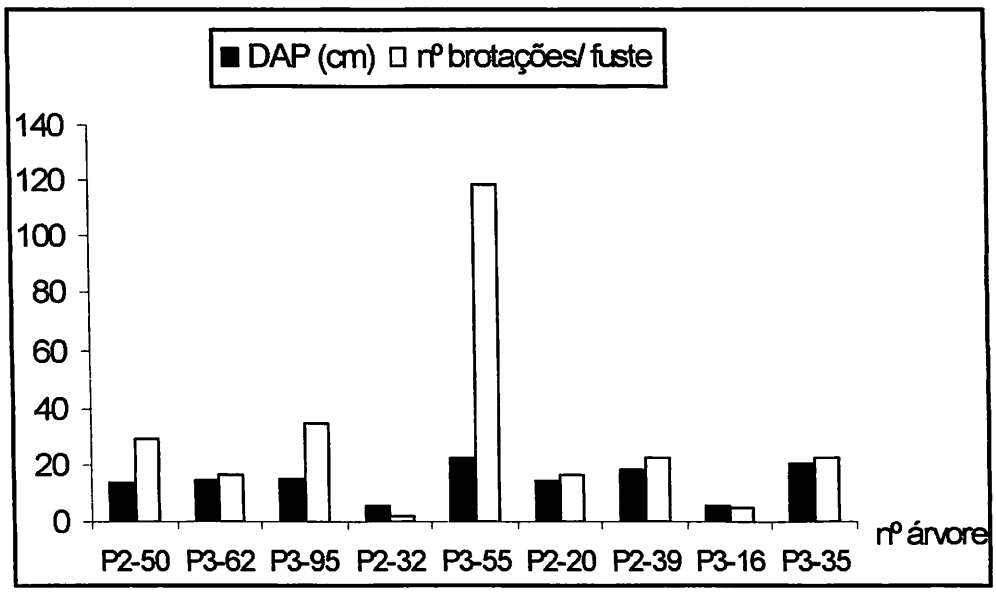

Figura 6. DAP e nº de brotações/fuste das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), podadas pela terceira vez, em sistema de plantio. Manaus, AM, 2002.

Tratos silviculturais, como espaçamento, que possibilitem maior luminosidade (Silva, 1990; Useche, 2003), adubação (Rosa, 1997), época do corte (Chaar, 2000) e limpezas periódicas, certamente contribuiriam para aumentar a produtividade da biomassa aérea das árvores de pau-rosa em sistema de plantios.

Um dos objetivos deste estudo, foi avaliar a capacidade de rebrota das árvores podadas, e inferir qual o intervalo de tempo necessário entre as sucessivas podas das copas, para que a recomposição da biomassa de galhos e folhas seja economicamente viável para a extração de óleo. Fatores genéticos, idade, número de podas, diâmetro das árvores, luz, época do corte e o suprimento de água no solo exercem grande influência na capacidade de brotação de espécies florestais (Pereira & Brand, 1981; Silva, 1983; Souza *et al.,* 1991). O manejo de plantios de pau-rosa visando o aumento da biomassa da rebrota das copas das árvores podadas deverá disponibilizar condições ambientais onde tais fatores atendam as exigências ecológicas e nutricionais desta espécie.

Estudos indicam que as mudas de pau-rosa, em condições controladas de viveiro, apresentam maior sobrevivência e crescimento sob sombreamento de 50%, em relação às mudas expostas a 100% de luminosidade (Rosa *et al.*, 1997). Já em condições de campo, mudas plantadas em clareiras artificiais de maior área (900 m^2), apresentam maior crescimento e sobrevivência em relação às mudas plantadas em clareiras menores (Useche, 2003).

Estas informações têm grande importância prática para o produtor de óleo de pau-rosa, que inicialmente, deverá optar por plantios sombreados, com eliminação gradativa da vegetação indesejada.

Analisando as Figura 7 e 8, nota-se que houve relação positiva entre DAP e o número de brotação/fuste para os dois tratamentos analisados. Nas árvores podadas pela terceira vez existe uma correlação mediana (r=0,69; *P=0,0385*) entre o DAP x número de brotos/fuste. Já nas árvores podadas pela segunda vez esse correlação é maior (r=0,82; *P=0,0032*). Independente do tratamento observa-se que podas sucessivas estimulam as brotações em árvores de pau-rosa. Em geral, as árvores com maiores DAP'S apresentaram maior número de brotos/fuste.

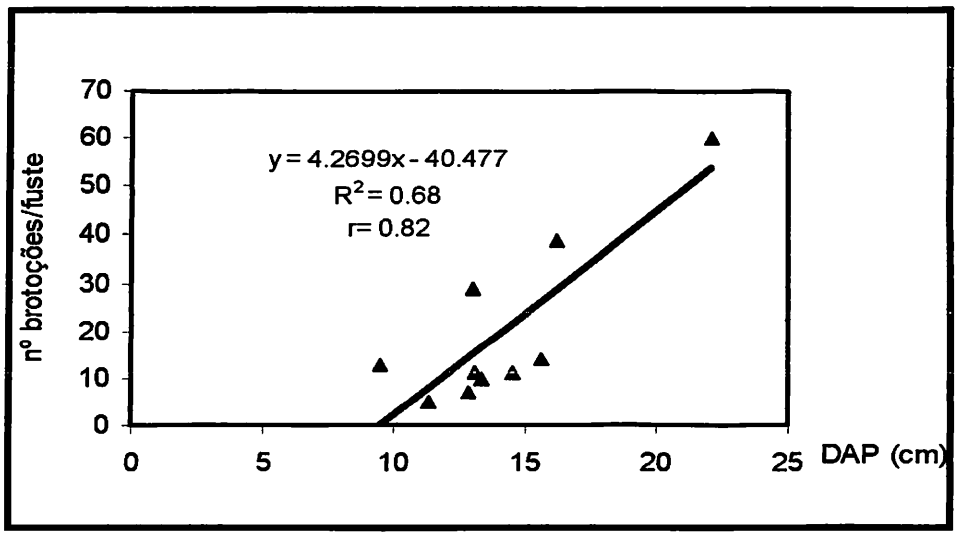

Figura 7. Relação entre DAP e número de brotações/fuste das árvores da segunda poda. R^2: coeficiente de determinação ajustado (*P=0,0032*); r: coeficiente de correlação de Pearson (*P=0,0032*).

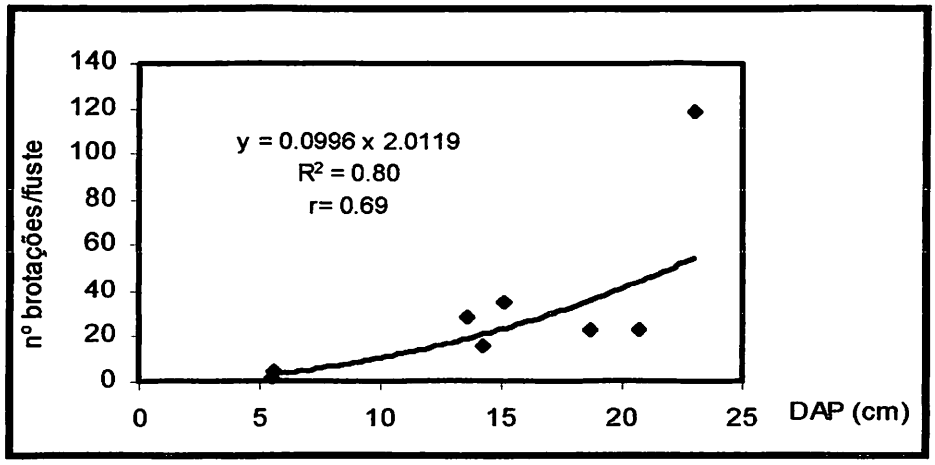

Figura 8. Relação entre DAP e número de brotações/fuste das árvores da terceira poda. R^2: coeficiente de determinação ajustado (*P=00010*); r: coeficiente de correlação de Pearson (*P=0,0385*).

A condução de plantios florestais por meio da poda, oferece grandes vantagens em relação à implantação de novos povoamentos, devido a capacidade do crescimento inicial dos brotos após a poda e a eliminação dos custos de preparo da área e plantio, além dos menores níveis de interferência ambiental. O maior crescimento dos brotos em relação às mudas é devido a presença de um sistema radicular já formado das árvores podadas, que facilita a absorção de água e nutrientes existente no solo, além da presença de gemas adventícias e lignotúberos nas bases das árvores (Reis & Reis, 1997).

Árvores podadas pela terceira vez (segunda rebrota) apresentaram maior média do DAP e o maior número de brotos/fuste quando comparadas com as árvores podadas pela segunda vez (primeira rebrota) (Tabela 2). Independente do tratamento a vigorosa brotação, interessa ao extrator de óleo, pois a produtividade de óleo é diretamente proporcional a biomassa de galhos e folhas (Sampaio *et al.*, 2000). Galhos e folhas de pau-rosa apresentam maior produtividade de óleo em relação à madeira desta espécie (Ohashi *et al.*, 1997). Este fato aliado à capacidade de rebrota das árvores podadas, indica a possibilidade do manejo dos plantios através de sucessivas podas, já que o número de podas praticado não diminuiu a capacidade de rebrota das árvores (Tabela 2).

Observa-se que árvores podadas pela terceira vez apresentaram 26,80 brotos/fuste com diâmetro médio de 1,53 cm e comprimento médio 1,24 cm, após 24 meses da poda (Tabela 2). Intervalo de tempo maior entre as podas, aliado a tratos silviculturais como adubação e desbaste dos indivíduos indesejados, certamente aumentaria a biomassa de galhos e folhas deste plantio.

BIBLIOTECA DO INPA

5.2 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA (REBROTA DA COPA)

Um dos objetivos deste estudo foi avaliar se o intervalo de tempo entre as sucessivas podas foi suficiente para que a recomposição da biomassa de galhos de folhas da copa das árvores seja economicamente viável para produção de óleo. Estudos anteriores indicam que o intervalo de 13 anos entre a primeira poda (1987) e a segunda poda (2000) possibilitou a produção média de 60,18 kg de galhos e folhas (Sampaio *et al.*, 2000). Neste estudo, o intervalo de 2 anos entre as podas (2000 e 2002) dos mesmos indivíduos, possibilitou a produção de 15,2 kg de galhos e folhas/árvore (Tabela 3). Nota-se que as árvores podadas pela terceira vez apresentam maior biomassa de galhos e folhas (15,2 kg) em relação à biomassa das árvores podadas pela segunda vez (13,0 kg), indicando que podas sucessivas podem estimular vigorosas brotações nesta espécie (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey para biomassa verde da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), em sistema de plantio sombreado, na Reserva Ducke em Manaus, AM, junho de 2002.

Tratamento	Biomassa verde copa (kg)
T_1 (terceira poda)	15,2 A
T_2 (segunda poda)	13,0 A
F	$0,10^{ns}$
X	14,01
s	15,48
R	4,89

ns – não significativo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade; X = média geral dos tratamentos; s =desvio padrão; R = erro padrão da média.

Existe uma certa variação na biomassa de galhos e folhas entre as árvores deste plantio. Assim, 24 meses após a poda, os indivíduos de número P3-55 e 33 produziram 53 kg e 44 kg de galhos e folhas respectivamente (Anexo 1 e 2), enquanto que os indivíduos P2-32 e 53 produziram, aproximadamente, 1 kg de galhos e folhas no mesmo intervalo de tempo.

Estes resultados confirmam a necessidade do manejo dos plantios visando diminuir a competição por luz, nutrientes e água entre as árvores do plantio de pau-rosa. Além destes fatores, deve-se considerar que as diferenças genéticas entre indivíduos reproduzidos sexualmente, podem ter contribuído na variação da biomassa de galhos e folhas entre as árvores deste plantio. Desbastes seletivos, adubação mineral e seleção das árvores mais produtivas certamente contribuirão para aumentar a produtividade de óleo a partir de galhos e folhas.

Podemos inferir que no intervalo de 24 meses após a poda, pode-se produzir 3.040 kg/ha de galhos e folhas em um plantio com espaçamento 10 x 5 m. Se considerarmos que a produtividade média de óleo de galhos e folhas é de aproximadamente 1,9% de óleo (Gottlieb *et al.*, 1964; Chaar, 2000 e Oashi *et al.*, 1997), estima-se que a produção de óleo deste plantio seria de 60,8 kg de óleo/ha. No mercado de Manaus o litro de óleo de pau-rosa é vendido por U$ 40, o que resultaria em U$ 2.432,00/ha.

Quando se compara a biomassa de galhos e folhas produzida em 24 meses (3.040 kg/ha) com a biomassa de galhos e folhas produzidas no intervalo de 13 anos (12.036 kg/ha) pelas mesmas árvores do plantio (Sampaio, 2000), pode-se concluir que a produtividade de óleo poderia ser aumentada se o intervalo entre podas fosse maior que 24 meses. Com base no incremento de galhos e folhas deste estudo,

pode-se inferir que o intervalo de 5 anos entre podas, seria suficiente para que a recomposição da biomassa de galhos e folhas seja economicamente viável para o produtor de óleo.

É certo que o manejo dos plantios de pau-rosa através do sistema da poda da copa das árvores, mostra-se como uma alternativa de uso e conservação desta espécie. A reposição da espécie exigida por lei aliada ao elevado preço do óleo, vem estimulando os produtores rurais para o plantios *ex situ*. Tais plantios contribuirão para diminuir a pressão da exploração predatória das populações remanescentes existente na Amazônia e diminuirão os custos de produção do óleo essencial.

5.3 AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO NA BIOMASSA (REBROTA DA COPA)

Neste estudo esperava-se uma clara diferença dos parâmetros da radiação para as árvores que sofreram a segunda e terceira poda da copa. Nos resultados obtidos pelos cálculos das fotografias hemisféricas retiradas sob cada árvore de pau-rosa, nota-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos aplicados para todos os parâmetros analisados: radiação *PAR* direta, *PAR* difusa e *PAR* total, % de abertura do dossel, DSF, ISF E TSF (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey para parâmetros da radiação: %abertura do dossel, *PAR* direta, *PAR* difusa, *PAR* total, fator direto de sítio (DSF), fator indireto de sítio (ISF) e fator total de sítio (TSF).

Tratamentos	Abertura dossel (%)	*PAR direta (mol/m²/dia)	*PAR difusa (mol/m²/dia)	*PAR total (mol/m²/dia)	DSF	ISF	TSF
T_1 (terceira poda)	4,92	15,81	2,07	17,88	0,45	0,35	0,39
T_2 (segunda poda)	5,09	17,86	1,94	19,80	0,40	0,33	0,44
F	$0,09^{ns}$	$0,48^{ns}$	$0,25^{ns}$	$0,37^{ns}$	$0,52^{ns}$	$0,22^{ns}$	$0,39^{ns}$
X	5,01	16,84	2,00	18,84	0,43	0,34	0,42
s	1,23	6,64	0,58	7,09	0,17	0,09	0,15
R	0,39	2,10	0,18	2,24	0,05	0,03	0,04

ns – não significativo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade; X = média geral dos tratamentos; s =desvio padrão; R = erro padrão da média. *PAR* = radiação fotossintéticamente ativa; DSF= fator direto de sítio; ISF= fator indireto de sítio; TSF= fator total de sítio.
* abaixo do dossel

Observa-se na Figura 9, que árvores com maior biomassa da copa ocorre também maior radiação *PAR* direta e total, fato pouco notado nas árvores da Figura 10. Já a radiação difusa apresenta-se constante em ambos os tratamentos. Na avaliação de 2002, após 36 anos do plantio do pau-rosa, é visível que as árvores de pau-rosa dominadas, desenvolveram menor biomassa da copa em relação às árvores a plena abertura, evidenciando que a quantidade de luz que chegava à copa contribuiu para o aumento da biomassa aérea das árvores.

A razão vermelho-vermelho extremo e o índice de área foliar também não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 5).

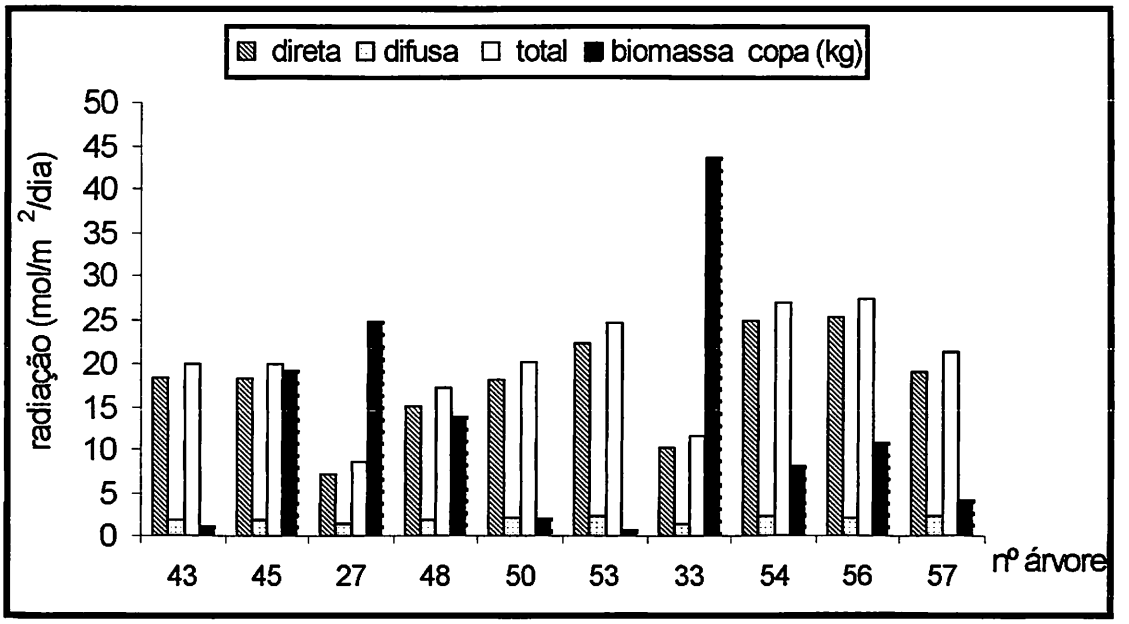

Figura 9. Radiação direta, difusa, total e biomassa da copa para cada árvore de pau-rosa podadas pela segunda vez.

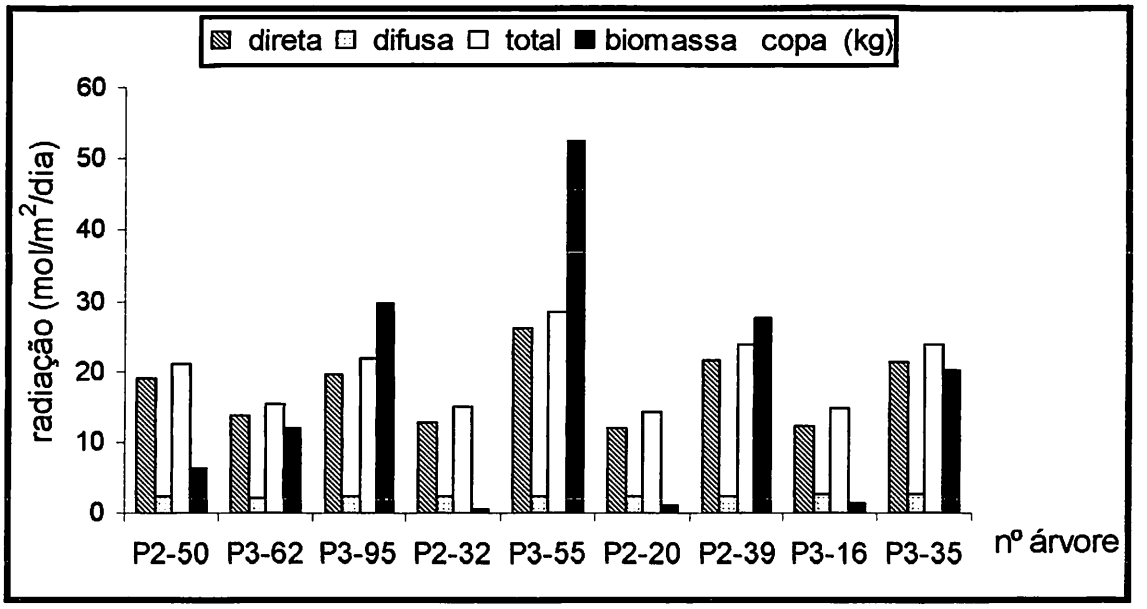

Figura 10. Radiação direta, difusa, total e biomassa da copa para cada árvore de pau-rosa podadas pela terceira vez.

Tabela 5. Análise de variância e comparação de médias pelo teste Tukey para parâmetros razão vermelho-vermelho extremo (R/FR) e índice de área foliar (LAI).

Tratamentos	R/FR	LAI (m^2/m^2)
T_1 (terceira poda)	0,09	1,11
T_2 (segunda poda)	0,10	1,41
F	$0,44^{ns}$	$4,14^{ns}$
X	0,09	1,26
s	0,02	0,32
R	0,007	0,10

ns – não significativo pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade; X = média geral dos tratamentos; s =desvio padrão; R = erro padrão da média.

5.4 ANÁLISE DE REGRESSÃO – RADIAÇÃO X BIOMASSA (REBROTA DA COPA)

Os resultados das análises de regressão mostraram forte relação entre os parâmetros da radiação analisados e a biomassa da copa das árvores de pau-rosa (Tabelas 6 e 7). O radiação *PAR* direta mostrou alta relação (R^2=0,80; *P=0,0010*) tanto para biomassa da copa das árvores da terceira poda, como da segunda poda (R^2=0,50; *P=0,0217*). A correlação entre estes parâmetros também se mostrou alta (r=0,89; *P=0,0010* e r=-0,68; *P=0,0286*), respectivamente. Este resultado indica que, conforme há um aumento da radiação *PAR*, também aumenta a biomassa da copa das árvores. Isso é explicado em virtude da influência da *PAR* direta com a fotossíntese das plantas (Ribeiro *et al.*, 1984)

A radiação *PAR* difusa apresentou alta relação (R^2=0,69; *P=0,0028*) para biomassa da copa das árvores da segunda poda, bem como uma correlação negativa (r=-0,80; *P=0,0049*). Para a radiação *PAR* total, mostrou-se alta relação (R^2=0,52; *P=0,0181* e R^2=0,79; *P=0,0012*) para tanto para árvores podadas pela segunda quanto pela terceira vez, respectivamente.

Os parâmetros DSF (R^2=0,50; *P=0,0219* e R^2=0,81; *P=0,0008*) e TSF (R^2=0,53; *P=0,0169* e R^2=0,81; *P=0,0009*), observou-se forte relação para biomassa das árvores podadas pela segunda e terceira vez, respectivamente. No entanto, para ISF relacionado com a *PAR* difusa , somente para biomassa da segunda poda a relação foi alta (R^2=0,71; *P=0,0019*), bem como a correlação negativa (r=-0,82; *P=0,0035*) para estes parâmetros. O fator direto de sítio (DSF) está relacionado à radiação *PAR* direta e o fator indireto de sítio (ISF) está relacionado à radiação *PAR* difusa, sendo que ambas estão significativamente correlacionadas.

A razão vermelho-vermelho extremo apresentou baixa relação com a biomassa da copa, conforme é verificado na Tabela 7. Esta baixa relação pode ser explicada, pois, a razão vermelho-vermelho extremo está relacionada as respostas biológicas específicas em diferentes habitats, além de inibir ou ativar o fitocromo (Smith, 1982).

O índice de área foliar é uma variável biofísica definida como área foliar integrada do dossel por unidade de superfície projetada no solo. Para este parâmetro verifica-se que há uma alta relação (R^2=0,89; *P=0,4334*) para biomassa da terceira poda. Este resultado está de acordo com a bibliografia, que cita a relação direta do índice de área foliar com a biomassa (Filho *et al.*, 1999). A correlação entre esses parâmetros foi média para biomassa da segunda poda (r=0,67; *P=0,0318*) (Tabela 7).

Tabela 6. Resultado da análise de regressão entre radiação x biomassa da copa, para segunda e terceira poda.

Parâmetros radiação	Biomassa copa (segunda poda)		Biomassa copa (terceira poda)	
	R^2	r	R^2	r
% abertura dossel	0,02 *(0,6908)*	-0,01 *(0,9769)*	0,07 *(0,4865)*	-0,26 *(0,4865)*
PAR direta	0,50 *(0,0217)*	-0,68 *(0,0286)*	0,80 *(0,0010)*	0,89 *(0,0010)*
PAR difusa	0,69 *(0,0028)*	-0,80 *(0,0049)*	0,008 *(0,8187)*	-0,01*(0,9781)*
PAR total	0,52 *(0,0181)*	-0,69 *(0,0246)*	0,79 *(0,0012)*	0,89 *(0,7982)*
DSF	0,50 *(0,0219)*	-0,68 *(0,0281)*	0,81 *(0,0008)*	0,90 *(0,0008)*
ISF	0,71 *(0,0019)*	-0,82 *(0,0035)*	0,01 *(0,7198)*	-0,05 *(0,8814)*
TSF	0,53 *(0,0169)*	-0,70 *(0,0235)*	0,81 *(0,0009)*	0,90 *(0,0009)*

R^2: coeficiente de regressão ajustado. r: coeficiente de correlação de Pearson. O valor entre parênteses é a probabilidade.
PAR: radiação fotossintéticamente ativa; DSF: fator direto de sítio; ISF: fator indireto de sítio; TSF: fator total de sítio.

Tabela 7. Resultado da análise de regressão entre razão vermelho-vermelho extremo x biomassa da copa e índice de área foliar x biomassa da copa, para segunda e terceira poda.

Parâmetros radiação	Biomassa copa (segunda poda)		Biomassa copa (terceira poda)	
	R^2	r	R^2	r
R/FR	0,13 *(0,3046)*	-0,35 *(0,3082)*	0,10 *(0,3955)*	-0,32 *(0,3955)*
LAI	0,45 *(0,0318)*	0,67 *(0,0318)*	0,89 *(0,4334)*	0,25 *(0,5096)*

R^2: coeficiente de regressão ajustado. r: coeficiente de correlação de Pearson. O valor entre parênteses é a probabilidade.
R/FR: razão vermelho-vermelho extremo; LAI: índice de área foliar.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- As árvores de pau-rosa após a poda das copas, apresentaram elevado número de brotos/fuste, revelando a viabilidade do manejo do pau-rosa por meio da poda das copas de árvore adultas.

- As sucessivas podas praticadas no mesmo indivíduo não diminuiu a capacidade de rebrota das árvores podadas.

- Na análise de regressão houve alta relação entre biomassa da copa e a radiação *PAR* direta, PAR difusa (segunda poda), *PAR* total (terceira poda). O fator direto de sítio (DSF) e fator total de sítio (TSF) apresentaram alta relação com a biomassa da copa, tanto para árvores podadas pela segunda vez quanto pela terceira vez. O fator indireto de sítio apresentou relação com a biomassa da copa somente para árvores da segunda poda.

- Deve-se testar intervalos de tempo maiores que 24 meses entre as sucessivas podas visando aumentar a biomassa de galhos e folhas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alencar, J.C.; Fernandes, N.P. Fernandes. 1978. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies, Pau-rosa (*Aniba duckei*, Kostermans). *Acta Amazonica* 8(4):523-541.

Andrae, F.H. 1982. Zweitinventur eines *Eucalyptus saligna* Bestantes in Suedbrasilien. *Centralblatt fuer das Gesamte Forstwesen*, Kostemeuburg, 99(4):193-217.

Araújo, V.C. 1970. Fenologia de essências florestais amazônicas. *I. Boletim INPA* (4)25 p. il.

Araújo, V.C.; Corrêa, G.C.; Maia, J.M.S.; Marx, M.C.; Magalhães, M.T.; Silva, M.L. & Gottlieb, O.R. 1971. Óleos essências da Amazônia contendo linalol. *Acta Amazonica*, 1(3):45-47

Araújo, T.M.; Higuchi, N.; Carvalho, J.A. 1996. Comparação de métodos para determinar biomassa na região amazônica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68 (Supl.1).

Attiwill, P.M.; Leeper, G.W. 1987. *Forest soil and nutrient cycles*. Austrália: Melbourne University. 202 p.

Attiwill, P.M. 1996. A method for estimating crown weight in *Eucalyptus* and some implications of relationships between crown weight and stem diameter. *Ecology*, Alexandria, 47(5):795-804

Barbosa, A.P. 1988. Técnica de extração de folhas e galhos para obtenção de óleo essencial e produção de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). Relatório CODEAMA/SEPLAN. Manaus-AM. 25 p.

Barros, N.F.; Novais, R.F.; Carmo, D.N.; Neves, J.C.L. 1986. Classificação nutricional de sítios florestais – Descrição de uma metodologia. *Revista Árvore*, 10(1):112-120

Brown, S.; Gillespie, A.J.R., Lugo, A. E. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *In: Forest Science*, 35(4):881-902

Brown, N. 1993. The implication of climate and gap microclimate for seedling growth conditions in a Bornean lowland rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 9:153-168

Brown, I.; Martinelli, L.A.; Wayt Thomas, W.; Moreira, M.Z.; Cid Ferreira, C.A.; Victoria, R.A. 1995. Uncertainty in the Biomass of Amazonian Forests: an Example from Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 75:175-189

Campos, J.C.C.; Valente, O.F. 1993. Considerações sobre o inventário de povoamentos florestais, com ênfase na biomassa e na sua transformação em carvão vegetal. Viçosa: *SIF - Boletim Técnico*, 1:19 p.

Canadell, J.; Riba, M., Andrés, P. 1988. Biomassa equations for *Quercus ilex* L. in the Montseny, northeastern Spain. *Forestry*, Rome, 61(2):137-147

Carvalho, J.O.P. 1983. Abundância, freqüência e grau de agregação do Pau rosa (*Aniba duckei* Kostermans) na Floresta Nacional do Tapajós. Belém: EMBRAPA. CPATU, 18 p.

Chaar, J.S. 2000. *Estudos analíticos e modificação química por acetilação do linalol contido no óleo essencial da espécie Aniba duckei* Kostermans. Tese de doutorado da Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Paulo. 200 p.

Clark, F.G. 1961. A hemispherical forest photocanopymeter. *Journal of Forestry*. 59(2):103-105.

Clay, J.W.; Sampaio, P.T.B.; Clement, C.R. 2000. *Biodiversidade amazônica: exemplos e estratégias de utilização*. 1ª ed. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico/INPA. 409 p.

Costa, L.G.S.; Ohashi, S.T.; Daniel, O. 1995. O pau-rosa – *Aniba rosaeodora* Ducke. Ministério da Educação e do Desporto, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, Pará. 15 p.

Cromer, R.N.; Raupach, M.; Clarke, A.R.P.; Cameron, J.N. 1975. *Eucalyptus* plantations in Australia. The potential for intensive production. Appita, Victoria, 29: 165-173

Daubenmire, R.F. 1974. The light factor – Plants and environment. Wiley Internacional edition, p. 211-242.

Ducke, A. 1938. Lauraceaes aromáticas da Amazônia. *Anais da 1ª Reunião Sul-Amer. Bot.* Rio de Janeiro, 3:55-74

Fabião, A.M.D. 1986.*Contribuição para o estudo da dinâmica da biomassa e produtividade primária líquida em eucaliptais*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia. Tese (Doutorado) – Instituto Superior de Agronomia.

Fearnside, P.M.; Filho, N.L.; Fernandes, F.M. 1993. Rainforest Burning and the Global Budget: Biomass, Combustion Efficiency, and Charcoal Formation in the Brazilian Amazon. *J. of Geophysical Research*, 98(D9): 1673-16743

Fearnside, P.M. 1996. Amazonian Deforestation an Global Warming: Carbon Stocks in Vegetation Raplacing Brazil's Amazon Forest. *Forest Ecology and Management*, 80:21-34

Ferreira, M.G.M. 1984. *Analysis of the productivity of Eucalyptus grandis 8plantations in the "cerrado" region in Brasil: A nutrient cycling approach.* Canadá. University of British Columbia. Tese (Ph.D. in Forest Science) – University of British Columbia. 230 p.

Filho, A.O.M.; Wandelli, E.V.W. 1999. Medidas de radiação solar e índice de área foliar em coberturas vegetais. *Acta Amazonica*, 29(1):57-78

Fitther, A.H.; Hay, R.K.M. 1983. *Environmental Physiology of Plants.* Academic Press. New York. 355 p.

Gottlieb, O.R. 1957. Pau-rosa, potencial e riqueza. *Revista de Química Industrial*, Rio de Janeiro, 26(307):195-198

Gottlieb, O.R. & Mors, W.B. 1958. A química do pau-rosa. *Boletim do Instituto de Química Agrícola*, Rio de Janeiro, 53: 20 p.

Gottlieb, O.R.; Fineberg, M.; Guimarães, M.L.; Magalhães, M.T. & Maravalhas, N. 1964. Notes on Brazilian Rosewood. *Perfumery and Essential Oil Record*, 55(4):253-257

Graça, M.E.C. *et al.* 1990. Rebrota de *Eucaliptus dunnii*: a influência da altura, diâmetro e procedência no vigor das brotações. *Boletim de Pesquisa Florestal*, 20(1): 49-57

Guimarães, D.P.; Moura, V.P.G.; Resende, G.C.; Mendes, C.J.; Magalhães, J.R.G.; Assis, T.F. de; Almeida, M.R. de; Resende, M.E.A. de; Silva, F.V. da.

1983. Avaliação silvicultural, dendrométrica e tecnológica de espécies de *Eucalyptus*. Brasília: EMBRAPA-CPAC. *Boletim de Pesquisa*, 20: 73 p.

Higa, R.C.V. & Sturion, J.A. 1991. Avaliação da brotação de trezes espécies de *Eucalyptus* na região de Uberaba-MG. *Boletim de Pesquisa Florestal*, nº 22/23. EMBRAPA-CNPFlorestas. Colombo-PR. 95 p.

Higuchi, N.; Santos, J.; Ribeiro, R.J.; Minette, L.; Biot, Y. 1998. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia brasileira. *Acta Amazonica*, 28(2):153-166

Higuchi, N.; Carvalho, Jr., J.A. 1994. Fitomassa e Conteúdo de Carbono de Espécies Arbóreas da Amazônia. Anais do Seminário: Emissão x Seqüestro de CO_2 – Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil: 127-153

IBAMA. Portaria nº 01 de 13 de maio de 1998.

Kubitzki, K. 1982. Lauraceae (*Aniba*) in Flora Neotropica (Monograph 31). New York Botanic Garden, New York. 84 p.

Larcher, W. 1984. *Oekologie der Pflanzen*. Stuttgart: Eugen Ulme Gmbh & Co, 320p.

Leopoldo, A.C. & Kriedemann, P.E. 1975. The dynamics of growth. Plant Growth and Development. Consulting editors. Fuller, M.S.& Licht, P. University of California, Berkeley. 77-108 p.

Lorenzi, H. 1992. *Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo das plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa, São Paulo, Ed. Plantarum, 370 p.

Loureiro, A.A. & Silva, M.F. 1968. *Catálogo das madeiras da Amazônia*. Ed. SUDAM (Belém-PA) 2v.

Loureiro, A.A. 1976. Estudo anatômico macro e microscópico de 10 espécies do gênero *Aniba* (Lauraceae) da Amazônia. *Acta Amazonica*, Manaus: INPA 6(2):5-85

Loureiro, A.A.; Silva, M.F.; Alencar, J.C. 1979. *Essências madeireiras da Amazônia*. INPA, 2(18), 245 p. Manaus, Amazonas.

Lovejoy, T.E.; Bierregaard Jr., R.O. 1990. Central Amazonian forest and the minimum critical size of ecossistems projects. In: A. H. Gentry (Ed.). *Four Neotropical Rainforests*. Yale University Press, New Haven, p. 60-71.

Marques, A.S.J.; Varela, V.P.; Melo, Z.L.O. 1999. Influência da cobertura e do sombreamento do canteiro na germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*). *Acta Amazonica*, 29(2):303-312

Ohashi, S.T.; Rosa, L.S.; Santana, J.A. 1997. Brazilian rosewood oil: sustainable production and oil managment. *Perfumer & Flavorist*, 22:1-5

Ohashi, S.T.; Rosa, L.S.; Santana, J.A. 1995. Diagnóstico Florestal do Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) no Brasil. Funatura/ITTO.

Otto, H.J. 1994. *Waldokologie*. Stuttgart: Ulme. 391 p.

Patiño-Valera, F. *Variação genética em progênies de Eucalyptus saligna Smith e sua interação com espaçamento.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – ESALQ – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba.192 p.

Pearcy, R.W.; Ehleringer, J.R.; Mooney, H.A. & Rundel, P.W. 1989. Radiation and light measurements. *In*: *Plant Physiological Ecology*. 456 p.

Pereira, A.R.; Brandi, R.M. 1981. Condução da brotação em povoamentos de eucalipto. *Boletim técnico-SIF,* Viçosa, 6:1-14

Pinto, C.B.C.; Ramalho, S. da S. 1970. Pau-rosa. Análise conjuntural. Manaus, BASA. Documentos, nº 10, p.1-9.

Ranzani, G. 1979. Recursos pedológicos da Amazônia. *In*: Estratégias para a política florestal na Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, 9(4):23-35

Reis, M.G.F.; Barros, N.F. 1990. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: Barros, N.F.; Novais, R.F. (Eds.) Relação solo-eucalipto. Viçosa: Folha de Viçosa, p. 256-296.

Reis, G.G. & Reis, M.G.F. 1997. Fisiologia da brotação de eucalipto com ênfase nas suas relações hídricas. *Série Técnica IPEF*. 4ª Reunião Técnica sobre Manejo e Brotações de *Eucalyptus*, 11(30):121 p.

Ribeiro, M.N.G. 1976. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 6(2):229-333

Ribeiro, M.N.G.; Adis, J. 1984. Local rainfall variability – a potencial bias for bioecological studies in the Central Amazon. *Acta Amazonica*, 14(1-2):159-174

Rosa, L.S.; Ohashi, S.T.; Santana, J.A.S.; Oliveira, F.A. 1993. Estágio atual de conhecimento sobre a formação de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). *In: 1º Congresso Florestal Brasileiro. Anais*. Curitiba: SBS-SBEF. 761p.

Rosa, L.S.; Sá, T.D.A.; Ohashi, S.T.; Barros, P.L.C.; Silva, A.J.V. 1997. Crescimento sobrevivência de mudas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) oriundas de três procedências em função de diferentes níveis de sombreamento, em condições de viveiro. *Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará*. FCAP. Belém, 28:37-62

Russo, R.O. 1983. *Mediciones de biomassa em sistema agroflorestales*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 27 p.

Salati, E.; Ribeiro, M.N.G.; Absy, M.L.; Nelson, B.W. 1991. Clima da Amazônia: presente, passado e futuro.In: Val, A.L.; Frigliolio, R.; Feldeberg, E. (Eds). *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas*. Vol.1. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas, p. 21-36.

Sampaio, P.T.B. 1987. *Propagação vegetativa do pau-rosa (Aniba rosaeodora* Ducke*) pelo método da estaquia.* Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, AM. 112 p.

Sampaio, P.T.B.; Leite, A.M.C.; Barbosa, A.P.; Vieira, G.; Spironello, W.; Quisen, R.C. 2000. Biomassa da rebrota de copas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em plantios sob sombra parcial em floresta primária. *Acta Amazonica* (no prelo).

Schroeder, P.E.; Winjum, J.K. 1995. Assessing Brazil's Carbon Budget: II Biotic Fluxes and Net Carbon Balance. *Forest Ecology and Management*, 75:87-99

Silva, A.P. 1983. *Estudos do comportamento da brotação de Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden *a nível de progênies de polinização livre*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Piracicaba: ESALQ. 77 p.

Silva, J.F. 1990. *Variabilidade genética em progênies de Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. *e sua interação com espaçamentos*. Viçosa: UFV. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. 110 p.

Silva, A. S.; Barbosa, A.P.; Azevedo, C.P.; Uroya, K. 1997. III Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. Seção Técnica 1- Biodiversidade e Processos Funcionais de SAF.

Skole, D.L.; Chomentowski, W.H., Salas, W.A.; Nobre, A.D. 1994. Physical and Human Dimensions of Deforestation in Amazônia. *BioScience*, 44(5):314-321.

Smith, H. 1982. Light quality, photoperception and plant strategy. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 33:481-518.

Souza, A.J.; Zens, S.; Gilbertoni, P.E.; Sanchez, O.A. 1991. Observações preliminares de alguns fatores que afetam a brotação do eucalipto. *IPEF – Circular Técnica*, 177: 6p.

SUDAM, 1972. O extrativismo do pau-rosa. Doc. Amaz. (Belém), 3(1/4):5-55.

Tanaka, A. 1998. *Ecofisiologia do estabelecimento de plântulas em plantios de enriquecimento em Novo Aripuanã*. Dissertação de Mestrado. INPA/UA. Manaus-AM, 112p.

Terezo, E.F. 1972. O extrativismo do pau rosa. Belém-PA. SUDAM. Doc. Amazônico, 3(1/4):5-55.

Ter Steege, H. 1994. Hemiphot (Winphot 4.0), programme to analyze vegetation indices, light in and light quality from hemispherical photographs. Tropenbos Documents, 3.

The Wattle Research Institute. 1972. *Handbook on Eucalypt Growing*. Pietermaritzburg South Africa. 173p.

Useche, F.L. 2003. *Estabelecimento e desenvolvimento inicial de plântulas de Aniba rosaeodora* Ducke *em clareiras artificiais*. Dissertação de mestrado. INPA/UFAM (no prelo).

Vieira, G. 1996. *Gap dynamics in managed Amazonian Forest: structural and ecophysiological aspects*. Tese de doutorado, Universidade de Oxford-UK. 162p.

Wandelli, E.V.; Filho, A.O.M. 1999. Medidas de radiação e índice de área foliar em coberturas vegetais. *Acta Amazonica*, 29(1)57-78.

Whitmore, T.C.; Brown, N.D.; Swaine, M.D.; Kennedy, D.; Goodwin-Bailey, C.I.; Gong, W.K. 1993. Use of hemispherical photographs in forest ecology: meansurement of gap size and radiation total in a Bornean tropical forest. *Journal of Tropical Ecology*, 9:131-151.

ANEXO

ANEXO 1: Dados obtidos para altura total (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), número de brotos/fuste, comprimento dos brotos (COMP), diâmetro dos brotos (DIA) e peso verde da copa para árvores da segunda poda.

Árvore	ALT (m)	DAP (cm)	nº brotos/fuste	COMP (m)	DIA (cm)	PVC (kg)
43	10,5	9,5	13	0,64	9,79	1,200
45	18,0	12,8	7	2,03	24,37	19,200
27	15,5	13,3	10	2,52	25,84	24,800
48	19,0	15,6	14	2,52	21,41	14,000
50	15,0	11,3	5	1,00	17,86	2,200
53	15,0	13,1	11	0,54	9,55	0,800
33	23,0	22,1	60	2,29	9,55	43,700
54	15,0	13,0	29	1,21	17,93	8,100
56	14,5	16,2	39	1,10	14,06	10,900
57	16,0	14,5	11	0,81	11,98	4,300

ANEXO 2: Dados obtidos para altura total (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP), número de brotos/fuste, comprimento dos brotos (COMP), diâmetro dos brotos (DIA) e peso verde da copa para árvores da terceira poda.

Árvore	ALT (m)	DAP (cm)	nº brotos/fuste	COMP (m)	DIA (cm)	PVC (kg)
P3-95	17,6	15,1	35	2,54	26,17	29,500
P3-62	18,0	14,2	16	2,08	21,72	12,000
P2-50	15,0	13,6	29	0,70	11,22	6,300
P2-32	6,0	5,5	2	0,79	15,18	0,600
P3-55	19,0	23,0	119	1,78	19,26	52,300
P3-35	18,0	20,7	23	1,45	18,66	20,200
P3-16	9,0	5,6	5	0,64	11,00	1,300
P2-39	21,0	18,7	23	1,83	20,17	27,700
P2-20	18,0	14,2	16	0,60	9,04	1,200

ANEXO 3: Quadro da ANOVA para DAP e altura total das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke).

Variável	Causa	GL	SQ	QM	F
DAP (cm)	Tratamento	1	5.8320	5.8320	0.18
	Resíduo	18	583.7480	32.4004	
	Total	19	589.5800		
Altura total(m)	Tratamento	1	19.8005	19.8005	0.69
	Resíduo	18	518.2290	28.7905	
	Total	19	5380295		

ANEXO 4: Quadro da ANOVA para comprimento e diâmetro dos brotos número de brotações/fuste das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke).

Variável	Causa	GL	SQ	QM	F
Comprimento dos brotos (m)	Tratamento	1	0.2531	0.2531	0.40
	Resíduo	18	11.4863	0.6381	
	Total	19	11.7395		
Diâmetro dos brotos (cm)	Tratamento	1	4.9203	4.9203	0.10
	Resíduo	18	862.9368	47.9409	
	Total	19	867.8571		
Número de brotações/fuste	Tratamento	1	238.0500	238.0500	0.32
	Resíduo	18	13426.5000	745.9167	
	Total	19	13664.5500		

ANEXO 5: Quadro da ANOVA para biomassa total da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke).

Variável	Causa	GL	SQ	QM	F
Biomassa total da copa	Tratamento	1	23.9805	23.9805	0.10
	Resíduo	18	4314.8650	239.7147	
	Total	19	4338.8455		

ANEXO 6: Quadro da ANOVA para *PAR* direta, *PAR* difusa e *PAR* total, DSF, ISF e TSF.

Variável	Causa	GL	SQ	QM	F
PAR direta	Tratamento	1	21.0330	21.0330	0.48
	Resíduo	18	795.1715	44.1762	
	Total	19	816.2045		
PAR difusa	Tratamento	1	0.0858	0.0858	0.25
	Resíduo	18	6.2041	0.3447	
	Total	19	6.2899		
PAR total	Tratamento	1	18.3936	18.3936	0.37
	Resíduo	18	906.8025	50.3779	
	Total	19	925.1961		
DSF	Tratamento	1	0.0151	0.0151	0.52
	Resíduo	18	0.5249	0.0292	
	Total	19	0.5401		
ISF	Tratamento	1	0.0022	0.0022	0.22
	Resíduo	18	0.1773	0.0098	
	Total	19	0.1795		
TSF	Tratamento	1	0.0097	0.0097	0.39
	Resíduo	18	0.4455	0.0248	
	Total	19	0.4552		

ANEXO 7: Quadro da ANOVA para razão vermelho-vermelho extremo e índice de área foliar.

Variável	Causa	GL	SQ	QM	F
Razão vermelho-vermelho extremo	Tratamento	1	0.0002	0.0002	0.44
	Resíduo	18	0.0100	0.0006	
	Total	19	0.0103		
Índice de área foliar	Tratamento	1	0.4470	0.4470	4.14
	Resíduo	18	1.9453	0.1081	
	Total	19	2.3923		