



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE FLORESTAS TROPICAIS

**AVALIAÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO DE REBROTAS DE GALHOS
E FOLHAS DE PAU-ROSA (*Aniba rosaeodora* DUCKE) EM
PLANTIOS COMERCIAIS SUBMETIDOS À PODA E ADUBAÇÃO**

PATRICIA SAYURI TAKEDA

Manaus, Amazonas
Outubro, 2008

PATRICIA SAYURI TAKEDA

**AVALIAÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO DE REBROTAS DE GALHOS
E FOLHAS DE PAU-ROSA (*Aniba rosaeodora* DUCKE) EM
PLANTIOS COMERCIAIS SUBMETIDOS À PODA E ADUBAÇÃO**

ORIENTADOR: Dr. PAULO DE TARSO BARBOSA SAMPAIO

Co-orientador: **Dr. Adrian Martin Pohlit**

Fonte financiadora: **CNPq/Prospecção, caracterização e produtividade de óleos de diferentes espécies na Amazônia Central.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências de Florestas Tropicais, do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências de Florestas Tropicais área de concentração em Silvicultura Tropical.

Manaus, Amazonas
Outubro, 2008

T136

Takeda, Patricia Sayuri

Avaliação de biomassa e óleo de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em plantios comerciais submetidos à poda e adubação/ Patricia Sayuri Takeda .--- Manaus: [s.n.], 2008.
XIV, 72 f. : il. color.

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2008

Orientador : Paulo de Tarso Barbosa Sampaio

Co-orientador : Adrian Martin Pohlit

Área de concentração : Silvicultura Tropical

1. Pau-rosa. 2. Óleo essencial. 3. Manejo. 4. Silvicultura de plantios.
I. Título.

CDD 19. ed. 583.931

Sinopse:

Estudou-se a produção de biomassa e a produtividade e qualidade do óleo proveniente de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em plantios comerciais localizados no município de Maués, no Estado do Amazonas, Brasil.

Palavras-chave:

Silvicultura de plantios, poda, biomassa da rebrota, óleo essencial, linalol.

Dedico
Aos meus amados pais Ernesto e Teruko,
e as minhas queridas irmãs Alexandra e
Priscila.

Agradecimentos

À Deus por tudo o que está acontecendo em minha vida e por todos que fazem parte dela.

Aos meus pais, Ernesto e Teruko Takeda, por todo o sacrifício, esforço, dedicação e apoio, para me proporcionar sempre o melhor, e às minhas irmãs Alexandra e Priscila, pela paciência e amizade.

A minha família de coração Wilson (dindinho), Odinéia (dindinha), Ana, Carol e Cris, por fazerem parte da minha vida.

Ao INPA, à UFAM, a secretaria da Coordenação de Pesquisas em Silvicultura Tropical - CPST e à coordenação e professores do curso de Ciências de Florestas Tropicais - CFT pela oportunidade complementar meus estudos, especialmente ao Dr. José Francisco e a Ana Clycia.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos concedida, e à FAPEAM, pela apoio financeiro fundamental para o projeto.

Ao Dr. Paulo de Tarso Barbosa Sampaio pela orientação, paciência e por proporcionar todo o apoio necessário para o desenvolvimento do projeto, tentando, sempre que possível, diminuir as dificuldades e imprevistos encontrados durante a realização da pesquisa.

Ao Dr. Adrian Martin Pohlit pela co-orientação.

Aos Sr. Zanoni Magaldi e Carlos Magaldi, pela disponibilização da área para a realização do estudo em Maués, e por toda estrutura e apoio em campo. Assim como à todos os trabalhadores que ajudaram firme e forte nas atividades de campo, sendo fundamentais para a realização das coletas.

Ao Dr. Manuel de Jesus, Werley Takeda, Reynaldo e Elaine pelos momentos de descontração e ajuda em Maués.

À Dra. Suely Costa, pela paciência e grande ajuda nas análises e interpretação dos dados.

Ao Dr. Luiz Augusto G. de Souza, pela contribuição na metodologia do projeto; à Eva Atroch pelo auxílio durante parte das atividades laboratoriais; ao Ribamar, Embrapa – Maués, pelo auxílio em campo; e à Luzinete e aos motoristas Jesus e João Coelho, pela ajuda sempre que necessário.

Ao Laboratório de Sementes – CPST, em especial ao Lúcio, pela disponibilização de espaço e materiais.

Ao Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP), pela ajuda nas análises químicas, em especial à Morgana, Andreza, Kleber e Jonas.

Ao Laboratório de Princípios Ativos da Amazônia (LAPAAM) – CPPN, pelo apoio na condução das atividades de extração de óleo.

Ao Laboratório de Pesquisas e Ensaio de Combustíveis (LAPEC), da UFAM, pelas análises realizadas.

Ao Laboratório de Química Analítica, do Centro de Biotecnologia da Amazônia – CBA, pela grande ajuda na realização das análises cromatográficas, principalmente pela urgência e eficiência.

À M.Sc. Vânia Varela por me receber em sua casa e pela ajuda no início do mestrado.

A minha turma de Mestrado, que se tornou tão especial em tão pouco tempo e que deixará saudades. Em especial aos que diretamente estiveram presentes nos momentos que mais precisei, e principalmente pela amizade: Heloíse, Fabiana, Geângelo, Murilo, Sheron e Everton.

Aos amigos por proporcionarem momentos agradáveis em Manaus: Joaquim dos Santos, Marta Rocha, Lena, Charles, Vilma, Érica, Cleyton, Romeu e Alex.

Aos amigos de casa: Paulinho, Geise, Luciana, Tatiana e Priscila. Apesar do pouco tempo que moramos juntos, foi o suficiente para construir uma grande amizade.

A “turma” pela amizade e pelos bons momentos: André W. Santos, Danival Freitas e José Renato Cavallazzi., em especial, a Viviany M. Freitas e a Daniela Dias, amigas de longas conversas.

Às amigas da minha querida Belém do Pará, que apesar da distância sempre estiveram presentes, em especial a Maria Félix-da-Silva, Karina Muto, Kamila Muto, Raquel Ohashi, Ely Simone Gurgel, Roberta Lavareda e Susiele Tavares.

À minha Ninna.

À todos que direta ou indiretamente me ajudaram na conquista desse título.

MUITO OBRIGADA.

*“Quando a gente acha que tem
todas as respostas, vem a vida e muda
todas as perguntas...”*

*Luis Fernando
Veríssimo*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XI
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	4
3.1. Biologia e manejo do pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) em condições de plantio	4
3.1.1. <i>Botânica e ecologia da espécie</i>	4
3.1.2. <i>Importância econômica, extrativismo e comercialização do óleo de pau-rosa</i>	5
3.1.3. <i>Manejo de plantios de pau-rosa</i>	8
3.1.3.1. <i>Produção de biomassa</i>	8
3.1.3.2. <i>Uso da poda no manejo de plantio de pau-rosa</i>	9
3.2. Outros fatores que influenciam no manejo dos plantios.....	10
3.2.1. <i>Idade e espaçamento</i>	11
3.2.2. <i>Nutrição de plantas</i>	13
3.2.3. <i>Adubação</i>	15
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Caracterização da área de estudo	18
4.2 Caracterização dos plantios de pau-rosa	18
4.3. Implantação dos experimentos	20
4.3.1. <i>Delineamento experimental</i>	20
4.3.1.1. <i>Experimento 1</i>	21
4.3.1.2. <i>Experimento 2</i>	22
4.4. Descrição das técnicas utilizadas nos tratamento	23
4.4.1. <i>Poda da copa das árvores</i>	23
4.4.2. <i>Adubação das árvores</i>	26

4.5. Parâmetros avaliados	27
4.5.1. Variáveis dendrométricas	27
4.5.2. Biomassa dos galhos e folhas de <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke	27
4.5.3. Análise química dos nutrientes dos galhos e folhas	28
4.5.4. Biomassa da rebrota de galhos e folhas de <i>Aniba rosaeodora</i> Ducke	28
4.5.5. Rendimento do óleo essencial de <i>A. rosaeodora</i>	29
4.5.6. Quantificação do linalol do óleo essencial	30
4.6. Análise estatística dos dados	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1. Avaliação inicial das árvores de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) em plantios comerciais de 3 e 5 anos de idade	32
5.1.1. Características dendrométricas e produção de biomassa de galhos e folhas de plantios de pau-rosa aos 3 e 5 anos de idade	32
5.1.4. Teores de nutrientes da biomassa de galhos e folhas das árvores nos plantios de 3 e 5 anos de idade	35
5.2. Avaliação da influência da poda e adubação na produção de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) no plantio de 3 anos de idade, após 12 meses.....	37
5.2.1. Produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa	37
5.2.2. Avaliação do comprimento e diâmetro da rebrota e do número de rebrotas por planta de pau-rosa.....	40
5.3. Avaliação da influência da poda e adubação na produção de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) no plantio de 5 anos de idade, após 12 meses.....	42
5.3.1. Produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa	42
5.3.2. Avaliação do comprimento e diâmetro da rebrota e do número de rebrotas por planta de pau-rosa.....	45
5.4. Avaliação da influência da poda e adubação no rendimento e quantidade de linalol do óleo das rebrotas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) nos plantios de 3 e 5 anos de idade, após 12 meses.....	47
5.4.1. Rendimento do óleo das rebrotas de galhos e folhas do plantio de 3 anos de idade.....	47
5.4.2. Rendimento do óleo das rebrotas de galhos e folhas do plantio de 5 anos de idade.....	49
5.4.3. Quantidade de linalol no óleo das rebrotas de galhos e folhas dos plantios de 3 e 5 anos de idade	51
6. CONCLUSÃO	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
APÊNDICE	66

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Plantio de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) com 3 anos de idade, localizado no município de Maués, no estado do Amazonas.....19
- Figura 2. Plantio de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) com 5 anos de idade, localizado no município de Maués, no estado do Amazonas.....20
- Figura 3. Esquema do delineamento do plantio de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) de 3 anos de idade.....21
- Figura 4. Esquema do delineamento do plantio de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) de 5 anos de idade.....22
- Figura 5. Árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) com copas podadas a 50 %: (A) Desenho esquemático da poda a 50 %; (B) Árvore podada do plantio de 3 anos de idade; e (C) Árvore podada do plantio de 5 anos de idade.24
- Figura 6. Árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) com copas podadas a 100 %: (A) Desenho esquemático da poda a 100 %; (B) Árvore podada do plantio de 3 anos de idade; e (C) Árvore podada do plantio de 5 anos de idade.25
- Figura 7. Rebrotas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) após a poda e adubação.29
- Figura 8. Quantidade média, por planta, de biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 3 anos de idade, após 12 meses.38
- Figura 9. Quantidade média, por planta, de biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 5 anos de idade, após 12 meses.44
- Figura 10. Curva analítica obtida pelo método do padrão externo para a determinação das concentrações do linalol no óleo essencial extraído de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) dos plantios de 3 e 5 anos de idade.....52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade de adubo aplicada nos experimentos dos plantios econômicos de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>), de 3 e 5 anos de idade, localizados em Maués-AM, sob diferentes espaçamentos.	26
Tabela 2. Comparação de médias pelo teste de Tukey entre as intensidades de poda, as variáveis dendrométricas e a biomassa da copa das árvores de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>), em plantios de 3 e 5 anos de idade.	33
Tabela 3. Matriz correlação entre as variáveis dendrométricas e a biomassa da copa e da rebrota da copa das árvores de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>), no plantio de 3 anos de idade.	34
Tabela 4. Matriz correlação entre as variáveis dendrométricas e as biomassas da copa e da rebrota da copa das árvores de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>), no plantio de 5 anos de idade.	35
Tabela 5. Médias dos teores de nutrientes na biomassa de galhos e folhas da copa das árvores de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>), em plantios de 3 e 5 anos de idade.	36
Tabela 6. Análise de variância (ANOVA) para a biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses após a poda e adubação.	38
Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) para o número, comprimento e diâmetro das rebrotas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses, após poda e adubação.	40
Tabela 8. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, do número de rebrotas por planta (NR), comprimento (CR) e diâmetro da rebrota (DR) de árvores do plantio de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) de 3 anos de idade, após 12 meses.	41
Tabela 9. Análise de variância (ANOVA) para a biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) do plantio de 5 anos de idade, aos 12 meses após a poda e adubação.	43
Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) para o número, comprimento e diâmetro das rebrotas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) do plantio de 5 anos de idade, aos 12 meses, após poda e adubação.	45
Tabela 11. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, do número de rebrotas por planta (NR), comprimento (CR) e diâmetro da rebrota (DR) de árvores do plantio de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) de 5 anos de idade, após 12 meses.	46
Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) do rendimento de óleo dos galhos e folhas de rebrotas de pau-rosa (<i>A. rosaeodora</i>) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses, após poda e adubação.	48

Tabela 13. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, do rendimento de óleo de galhos e folhas das rebrotas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses.	48
Tabela 14. Análise de variância (ANOVA) do rendimento de óleo dos galhos e folhas de rebrotas de pau-rosa (<i>A. rosaeodora</i>) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses, após poda e adubação.	50
Tabela 15. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, do volume e do rendimento de óleo de galhos e folhas das rebrotas de pau-rosa (<i>A. rosaeodora</i>) do plantio de 5 anos de idade, aos 12 meses.....	51
Tabela 16. Valores médios do teor de linalol no óleo essencial das rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (<i>Aniba rosaeodora</i>), nos plantios de 3 e 5 anos de idade.	52

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a produção de biomassa e a produtividade do óleo de galhos e folhas de árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) em plantios comerciais com idades de 3 e 5 anos, submetidos à poda e adubação, localizados no município de Maués, estado do Amazonas, Brasil. O plantio de 3 anos possui 1.240 árvores com espaçamento de 1,5 m x 2,0 m, e o plantio de 5 anos possui 335 árvores e espaçamento de 3 m x 4 m. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 2 x 2 (intensidade de poda e adubação), composto por 4 tratamentos. Foram utilizados dez repetições para cada tratamento, por plantio. As copas foram podadas e quantificadas a biomassa dos galhos e folhas, através do método direto. Para a adubação foram utilizados os adubos: calcário dolomítico, uréia (45 % N), superfosfato triplo (40 % P₂O₅), cloreto de potássio (60 % K₂O). A avaliação da rebrota da copa foi obtida pelo número, comprimento e diâmetro das rebrotas. Após 12 meses da primeira poda, as árvores foram novamente podadas e determinada a biomassa da rebrota produzida e qualificado e quantificado o óleo de galhos e folhas. Para a avaliação da produtividade do óleo essencial foram selecionadas três amostras aleatórias de cada tratamento. A extração do óleo foi feita por hidrodestilação, utilizando o aparelho de Clevenger. A qualidade do óleo foi determinada através de cromatografia gasosa acoplada à espectroscopia de massas (CG-EM), assim como a quantificação do linalol, determinado por cromatografia gasosa com detector de ionização de chamas (CG-DIC). A maior produção de biomassa total da copa de árvores de pau-rosa foi obtida no plantio de 5 anos de idade, com 24 ton/ha, enquanto que no plantio de 3 anos produziu uma quantidade inferior, com cerca de 5 ton/ha. O mesmo foi observado na produção de biomassa das rebrotas de galhos e folhas. O plantio de 3 anos produziu maior quantidade de biomassa das rebrotas (16 ton/ha), em apenas 12 meses da aplicação da poda, enquanto o plantio de 5 anos produziu quantidade inferior (13 ton/ha). Os tratamentos com poda a 100 % tiveram melhores respostas na produção de biomassa das rebrotas de galhos e folhas, em ambos os plantios.

A adubação não foi um fator determinante na produção de biomassa das rebrotas da copa, no intervalo de tempo de 12 meses. O rendimento de óleo, no plantio de 3 anos, foi maior no tratamento com poda a 100% e adubação, tanto de galhos quanto de folhas, com 2,43 % e 4,28 %, respectivamente, enquanto que no plantio de 5 anos, o maior rendimento de óleo dos galhos foi obtido no tratamento com poda a 50 % e adubação. O teor de linalol encontrado nos óleos de galhos foi superior ao dos óleos das folhas, com 64 % de linalol nos galhos e 50 % nas folhas do plantio de 3 anos, e 65 % de linalol nos galhos e 38 % nas folhas do plantio de 5 anos. O conteúdo de óleo essencial e de linalol nas folhas e galhos finos, mostrou que é mais rentável a extração de óleo destas partes vegetais do que os obtidos da madeira. Além de evitar a extinção da espécie, proporciona maior produção, principalmente se for adotado o sistema de podas periódicas.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the production of biomass and productivity of oil branches and leaves of rosewood (*Aniba rosaeodora*) trees in commercial plantations with ages of 3 and 5 years, subject to pruning and fertilization, located in Maués, states of Amazonas, Brazil. The planting of 3 years has 1,240 trees with spacing of 1.5 m x 2.0 m and the planting of 5 years has 335 trees with spacing of 3 m x 4 m. A completely randomized design was used for the experiment, with factorial of 2 x 2 (intensity of pruning and fertilization), composed of 4 treatments, with ten replicates were used for each treatment, for plantation. The crowns were pruned and quantified the biomass of branches and leaves, through the direct method. For fertilization were used dolomitic limestone, urea (45 % N), triple superphosphate (40 % P₂O₅), potassium chloride (60 % K₂O). The evaluation of sprout of the crown was made by resulting in the number, length and diameter of sprouts. After 12 months, the trees were pruned again; determining the amount of biomass produced the sprout and quantified and qualified the oil of branches and leaves. To the evaluation of the productivity of essential oil were selected three random samples of each treatment. The extraction of oil was made by hidrodistillation, using apparatus for Clevenger. The quality of the oil was determined by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS), and the quantification of linalool, determined by gas chromatography with flame ionization detector (GC-FID). The highest total biomass production of the crowns of trees, rosewood (*Aniba rosaeodora*) was obtained from the planting of 5 years old, with 24 ton/ha, whereas in the planting of 3 years produced a smaller quantity, with about 5 ton/ha. The same result couldn't be observed in biomass production of sprout of branches and leaves. The planting of 3 years produced the largest quantity of biomass of sprout (16 ton/ha) in only 12 months of implementation of pruning, while the planting of 5 years produced smaller quantity (13 ton/ha). The treatments with pruning to 100 % of which had better answer with respect to the production of biomass of sprout of branches and leaves, in both plantations. The fertilizer was not a determining factor in the production of biomass of sprout of the crown, in plantations of 3 and 5 years, in the time interval of 12 months. The production of oil in the planting of 3 years was higher in treatment with a 100 % pruning and fertilization, as both branches of leaves, with 2.43 % and 4.28 % respectively, while the planting of 5 years the higher production of branches oil was obtained in treatment with a 50 % pruning and fertilization. The content of linalool found in oils of branches was higher than that of oils from the leaves, with 65 % of linalool in branches and 50 % in the leaves, in the planting of 3 years, and 65 % of linalool in branches and 38 % in the leaves of planting of 5 years. The content of essential oil and linalool in the branches and leaves showed that it is more profitable to extract oil from these parts of the plant that made of wood. In addition to prevent the extinction of species, provides increased production, especially if it is adopted the system of periodic pruning.

1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica apresenta grande número de espécies vegetais capazes de melhorar as condições socioeconômicas dos moradores desta região. Entre estas espécies encontra-se o pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) cujo óleo destilado tanto da madeira quanto dos galhos e folhas possuem grande demanda na indústria de perfumaria fina.

A exploração desta espécie durante décadas seguiu o modelo extrativista, com o corte seletivo de todas as árvores de áreas próximas das usinas de destilação, ocasionando o quase desaparecimento das populações naturais no estado do Pará e em grande parte do estado do Amazonas. Devido a isso, a atual política do governo do Amazonas é racionalizar a exploração dos recursos remanescentes, tendo em 2006 elaborado, a Instrução Normativa SDS 002/2006, com novas regras que fazem parte das diretrizes do Programa Zona Franca Verde, na qual estabelece procedimentos e exigências que disciplinam a exploração do pau-rosa, o seu manejo florestal sustentável, o plantio, bem como os parâmetros técnicos de reposição da matéria-prima utilizada para obtenção do óleo essencial pelas usinas de destilação, além de estimular o uso de técnicas que possibilitem a rebrota de árvores adultas, como o corte de galhos e folhas das árvores de pau-rosa.

Estudos comprovaram vantagens em plantios submetidos à poda da copa das árvores, com os estabelecimentos rápidos, vigorosos e em grande número das brotações de galhos e folhas por árvore em relação às brotações de cepas e mudas, devido à presença do sistema radicular já formado das árvores podadas e das gemas adventícias e lignotúberos nas bases das árvores (Reis & Reis, 1997).

A produção de brotações vigorosas é de grande interesse para o produtor, pois a biomassa aérea está diretamente relacionada à produtividade de óleo (Sampaio *et al.*, 2000), levando em consideração que galhos e folhas de pau-rosa apresentam maior produtividade de óleo quando comparado com a quantidade produzida pela madeira desta espécie (Ohashi *et al.*, 1997).

O manejo dos plantios através da poda da copa das árvores como fonte renovável de biomassa, poderá tornar-se uma alternativa sustentável de exploração, com baixo custo de implantação, possibilitando investimentos em outras atividades como a adubação do solo dos plantios para maximizar a produtividade de biomassa de galhos e folhas em menor espaço de tempo.

Os dados gerados neste estudo poderão contribuir para o manejo de plantios desta espécie através do uso de folhas e galhos e pela definição da influência da percentagem de corte da copa e da adubação na produção de biomassa da rebrota das árvores e óleo essencial de folhas e galhos em plantios de diferentes idades e espaçamentos.

Estes resultados serão de grande valor pelo avanço no conhecimento científico que auxiliarão nos programas de plantio, conservação e manejo do pau-rosa, contribuindo desta maneira para a elaboração de políticas e para o uso sustentável da espécie.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a produção de biomassa e a produtividade e qualidade do óleo proveniente de rebrotas de galhos e folhas de árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) em plantios comerciais com idades de 3 e 5 anos, submetidos à poda e adubação.

2.2. Objetivos específicos

- Quantificar a biomassa de galhos e folhas de árvores de pau-rosa em plantios com 3 e 5 anos de idade;
- Determinar a biomassa da rebrota de galhos e folhas, após 12 meses da poda da copa, em plantios de 3 e 5 anos;
- Avaliar a influência das intensidades de poda na produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas;
- Avaliar a influência da adubação na capacidade de rebrota de galhos e folhas em plantios de 3 e 5 anos;
- Avaliar o rendimento e o teor de linalol do óleo essencial das rebrotas de galhos e folhas nos plantios de 3 e 5 anos de idade.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Biologia e manejo do pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) em condições de plantio

3.1.1. Botânica e ecologia da espécie

A espécie *Aniba rosaeodora* Ducke, pertence à família Lauraceae, conhecida popularmente como pau-rosa, pau-rosa-mulatinho, pau-rosa-itaúba e pau-rosa-imbaúba (Brasil), cara-cara, “rosewood” (Guiana), “bois-de-rose”, “bois-de-rose-femelle” (Guiana Francesa). É uma árvore de grande porte, podendo atingir 30 m de altura e 2 m de diâmetro. O tronco é retilíneo e ramificado no ápice, formando uma copa pequena. Possui casca pardo-amarelada ou pardo-avermelhada, que se desprende em grandes placas. As folhas são coriáceas ou rígido-cartáceas, simples, alternas, obovadas, elípticas ou obovado-lanceoladas, com 6-25 cm de comprimento e 2,5-10 cm de largura. As flores são amarelo-ferruginosas, hermafroditas e diminutas; o sistema de reprodução é de fecundação cruzada, garantida pela ocorrência de dicogamia sincronizada. O fruto é uma baga glabra, de coloração violáceo-escura quando maduro, elipsóide ou subglobosa, com 2-3 cm de comprimento e 1,5-2 cm de diâmetro; está inserido em uma cúpula espessa de 1 cm de comprimento e provida de lenticelas lenhosas; contém 1 semente ovóide, com 2,6 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro. Os frutos são muito apreciados por pássaros, os quais atuam como predadores, principalmente pássaros da família dos Psitacídeos, atacando os frutos imaturos, e, possivelmente, dispersores da semente (Alencar & Fernandes, 1978; Kubitzki & Renner, 1982; Ohashi & Rosa, 2004).

A fenologia reprodutiva é irregular, apresentando variações conforme a localização geográfica. A floração ocorre de outubro a fevereiro, época de elevada precipitação, começando a decrescer de fevereiro a abril. No período de julho a dezembro, aumenta o número de árvores com poucas ou novas folhas. A frutificação entre janeiro e agosto, embora existam ocorrências durante todo o ano. A espécie é perenifólia, com mudança das folhas ocorrendo durante a frutificação. Este comportamento anual deve ser levado em consideração para a aplicação dos tratamentos silviculturais e manejo da regeneração natural (Magalhães & Alencar, 1979; Ohashi & Rosa, 2004).

O pau-rosa ocorre no Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Venezuela, Peru, Colômbia e Equador. No Brasil, está distribuída na Amazônia, ocorrendo desde o Amapá e estende-se pelos estados do Pará e do Amazonas. É uma espécie da floresta de terra firme e da campinarana, preferindo as cabeceiras dos igarapés em suas partes mais altas, tanto em latossolos amarelos e vermelhos quanto em solos arenosos (Ohashi & Rosa, 2004).

3.1.2. Importância econômica, extrativismo e comercialização do óleo de pau-rosa

Os óleos essenciais são definidos pela International Standard Organization (ISO) como produtos obtidos de partes das plantas, pela destilação por arraste com vapor d'água, sendo geralmente, líquidos de aparência oleosa à temperatura ambiente; devido à volatilidade, são também denominados de óleos voláteis; ou apenas de essências, devido ao aroma agradável e intenso (Vitti & Brito, 2003).

O pau-rosa é uma das espécies produtoras de óleo essencial, apresentando aroma agradável, do qual é extraído o linalol, que é muito utilizado como fixador de perfumes. A obtenção do óleo é feita a partir da destilação a vapor de qualquer parte da planta, sendo principalmente extraída da madeira, que por muito tempo foi explorada da floresta primária levando a quase extinção da espécie (Ohashi *et al.*, 1997).

O extrativismo tradicional do pau-rosa começa com o abate das árvores, de junho a dezembro, que são desdobradas em cavacos de 0,75 m a 1,5 m de comprimento. O tronco é reduzido a lascas de madeira de 2 a 3 cm de largura e 3 a 5 mm de espessura com uma trituradora. A destilação é feita em alambiques com capacidade variável de 900 a 1.000 litros, 200 a 500 Kg de serragem, circulando o vapor por uma serpentina instalada no fundo do alambique, em seguida passa por um condensador para ser resfriado, liquefazendo-se e sendo decantado em depósito, devido à densidade do óleo ser menor que a da água há a separação, e posteriormente é recolhido. Uma tonelada de madeira produz apenas 9 Kg de óleo, sendo necessárias cerca de 20 toneladas de madeira para produzir a quantidade de um tambor de 180 Kg, como é transportado (Terezo, 1972; Ohashi *et al.*, 1997).

O óleo extraído do pau-rosa apresenta diferenças no aroma, rendimento e propriedades físico-químicas no óleo produzido das diferentes partes da planta. Essas alterações, observadas em outras pesquisas, podem indicar uma possível variação na qualidade do óleo, onde as alterações nas propriedades físico-químicas podem estar relacionadas à função

fixadora de perfume, que indica a sua qualidade (Raoul, 1985; Ribeiro *et al.*, 1999; Ohashi & Rosa, 2004).

Através de estudos feitos por Leite *et al.* (2001) verificaram-se diferenças na quantidade de óleo produzida nos diferentes componentes vegetais, onde o rendimento do óleo obtido de folhas e galhos jovens (2,4 %), produzindo maior quantidade do que o obtido com a madeira (1,1 %). Outros estudos mostram que a produção de óleo a partir de folhas jovens de pau-rosa foi de 1,72 % com cerca de 57 % de linalol, sendo que em áreas onde o plantio foi realizado sob sombra, obteve maior percentual de linalol (60,1 %) contido no óleo das folhas grandes (Freitas *et al.*, 2005).

O rendimento na produção de óleo pode ser influenciado por diferentes fatores como: a estação de coleta do material, da idade da árvore, do local de ocorrência do material genético (procedência), além do tempo transcorrido da derrubada da árvore até o início da extração. Em termos de estação de coleta, foi encontrado que, para o pau-rosa (*A. rosaeodora*) ocorrente na Amazônia Central, a coleta de folhas no período de menor precipitação teve rendimento de 2,3 %, enquanto que no período chuvoso o rendimento foi de 2,1 % (Lima *et al.*, 2007). A explicação para o menor rendimento de óleo na estação chuvosa é devido à relativa rapidez na circulação da água pelas células oleíferas e pelo linalol ser mais solúvel em água em comparação aos óxidos e terpenos (Araújo *et al.*, 1971). Esses resultados confirmam os estudos realizados por Ohashi *et al.* (1997) e Chaar (2000) sobre a produtividade de óleo a partir de galhos, folhas e tronco, ressaltando que o rendimento de óleo sofre significativas variações ao longo dos meses do ano.

A época de coleta do material vegetal influencia outras espécies como a copaíba, que segundo estudo feito por Oliveira *et al.* (2006) indicaram que nos meses de menor precipitação pluviométrica (setembro a novembro) ocorreu as maiores produções de óleo-resina para as espécies *Copaifera reticulata* e *Copaifera duckei*, no município de Mojú, no estado do Pará.

A espécie *Eucalyptus citriodora* Hook. apresenta variações no rendimento de óleo essencial e de citronelal de acordo com a época de coleta, obtendo-se maior rendimento de óleo de folhas coletadas nos meses mais secos do ano, considerando que nesse período a concentração é maior em função do menor teor de umidade nas folhas, proporcionando melhor qualidade da essência (Andrade & Gomes, 2000; Vitti & Brito, 2003). Porém, esses resultados diferem do encontrado por Castro *et al.* (2008), que obteve maior rendimento de óleo, da mesma espécie de eucalipto, no período chuvoso (fevereiro). Essa variação ocorreu provavelmente devido ao local de cultivo, que interfere no desenvolvimento fisiológico da

planta e da produção de óleo, como o encontrado por Chalchat *et al.* (2001) citado por Castro *et al.* (2008), analisando os óleos essenciais obtidos de folhas de *E. camaldulensis* Dehnh., encontraram diferenças nos rendimentos de óleo em plantas cultivadas na Tailândia (1,0 % a 2,6 %), no Marrocos (0,8 % a 1,3 %) e em Israel, com rendimento médio de 0,5 % de óleo em plantas.

De acordo com Araújo *et al.* (1971), a idade da folha pode afetar a qualidade do óleo, onde folhas mais velhas apresentam maior proporção de terpenos e óxidos de linalol, enquanto que as jovens são mais ricas em linalol. O óleo essencial de pau-rosa de alta qualidade apresenta cerca de 90 % do componente principal que é o linalol. O óleo produzido no Brasil tem boa aceitação no mercado internacional, pelo seu elevado teor de linalol (80 % em plantas adultas e cerca de 90 % em plantas jovens), muito embora o seu odor o coloque em segundo plano em relação ao óleo obtido na Guiana Francesa, que além de possuir maior teor de linalol (97 %), devido à predominância do linalol levógiro, mais aceito na indústria de perfumaria (Morais *et al.*, 1972; Raoul, 1985).

A exportação do óleo essencial do pau-rosa em sua maioria tem sido para os Estados Unidos, Japão, França, Inglaterra e Argentina, girando em torno de 85 % da produção, porém tem ocorrido uma redução ao longo dos anos. De acordo com Sampaio *et al.* (2000), em 1995, o estado do Amazonas exportou 41 toneladas de óleo a um preço de US\$ 29,31/Kg. No ano de 2000, somente 4 toneladas de óleo foram exportadas. O principal fator responsável pela redução da produção e exportação está sendo a substituição do óleo natural de pau-rosa por correspondentes sintéticos satisfatórios e seus baixos preços em relação ao produto natural, e a inexistência de uma política florestal para o setor também contribuíram para o declínio da exportação do óleo nas últimas décadas (Sampaio *et al.*, 2000; May & Barata, 2004).

O sucesso na produção do óleo essencial de pau-rosa e a redução dos problemas econômicos baseados nas espécies poderão ser obtidos através do desenvolvimento de técnicas de manejo adequado da espécie, assim como melhoria na nutrição da planta, do melhoramento genético e também pelo avanço nos métodos de extração.

3.1.3. Manejo de plantios de pau-rosa

3.1.3.1. Produção de biomassa

O pau-rosa é considerado por Vieira (1970) citado por Alencar & Fernandes (1978) uma espécie heliófila, necessitando de luz solar para maior incremento em diâmetro e altura. Porém, na fase inicial de desenvolvimento, as mudas de pau-rosa necessitam de sombreamento para sobrevivência como pode ser visto em estudos feitos por Araújo *et al.* (2005) com plântulas em clareiras abertas em capoeiras, demonstraram que houve maior sobrevivência de mudas de pau-rosa nas clareiras com maior taxa de sombreamento, enquanto que o maior crescimento em altura e diâmetro foi observado nas mudas que receberam maior incidência luminosa e em clareiras com maior abertura.

Segundo May & Barata (2004), o crescimento inicial do pau-rosa (até os dois anos de idade) a pleno sol é muito pobre, apresentando plantas amareladas e raquíticas, enquanto que quando plantadas sob sombra em galerias dentro de uma floresta secundária apresentam bom desenvolvimento após quatro anos. Em contrapartida, após seis anos ocorre o inverso, com plantas recebendo radiação solar direta chegando ter 6 a 7 m de altura e folhagem substancial. O mesmo foi observado por Sampaio *et al.* (2007), onde a radiação solar direta em plantas de pau-rosa, proporcionou maior produção de biomassa da copa após sucessivas podas está altamente relacionada com a maior disponibilidade de luz. Este comportamento evidencia o pau-rosa como uma espécie com características clímax (May & Barata, 2004).

Estudos revelam, em termos médios, que a distribuição da biomassa de uma árvore de pau-rosa é de 86,2 % para o tronco, 6,17 % para galhos e 7,63 % para folhas (Sampaio *et al.*, 2000; Sampaio *et al.*, 2005). Apesar da maior proporção de biomassa ser do tronco, existem projetos de pesquisa investigando a possibilidade de manejo sustentável da espécie através de nova metodologia de exploração em substituição ao método predatório tradicional de corte raso, com o uso de outras partes da árvore para produção de óleo, como galhos e folhas obtidos pela poda das copas das árvores, considerando uma alternativa para o manejo da espécie (Sampaio *et al.*, 2005).

3.1.3.2. *Uso da poda no manejo de plantio de pau-rosa*

A poda ou a desrama é a eliminação de ramos de uma planta para que ela adquira uma forma e produção compatível com a finalidade desejada, podendo acompanhar a árvore desde a sua origem até o seu envelhecimento (Simão, 1998).

Segundo Sampaio *et al.* (2005), árvores de pau-rosa plantadas sob floresta primária apresentaram diferenças de comportamento quanto à sobrevivência e produção de biomassa da rebrota quando submetidas à poda da copa e corte do tronco a um metro de altura. A poda da copa proporcionou maior produção de biomassa da rebrota quando comparada às árvores não podadas e às brotações de cepas. Outro parâmetro importante foi a não mortalidade das árvores submetidas à poda, em contraposição o corte do tronco a um metro do solo, ocorreu elevada mortalidade das rebrotas.

O sucesso do manejo dos plantios de pau-rosa utilizando a técnica de poda da copa das árvores, visando a produção de óleo, leva em consideração a capacidade de rebrota de árvores adultas, o crescimento desses novos brotos, além da produtividade de óleo a partir de galhos e folhas (Sampaio *et al.*, 2000). Estudos feitos por Sampaio *et al.* (2007), mostram que árvores de pau-rosa submetidas a sucessivas podas não interferiram na capacidade de rebrota, obtendo um elevado número de brotos por fuste.

A eficiência da poda da copa na produção de biomassa da rebrota é evidenciado por estudos feito por Leite *et al.* (2001), no qual o pau-rosa apresenta poder de rebrota satisfatório, sendo necessário podar árvores de 1 ou 2 anos de idade, o que ocasiona a quebra da dormência das gemas, fazendo com que se ramifique, produzindo muitos ramos secundários e rebrotas de até três novos troncos dependendo da altura da poda. O aumento da produtividade das rebrotas e melhoria no vigor dos brotos, com o uso da poda, pode ser atribuído a maior reserva de carboidratos nas raízes e troncos que não foram cortados (Reis & Reis, 1997).

Estudos feitos por Chaar (2000) indicam que as podas periódicas geram revigoração da planta, aumento da produção de massa vegetal e volume das folhas e galhos, além de tornar esses componentes vegetais mais espessos, contribuindo com isto para a obtenção de maior volume de óleo extraído.

O vigor dos brotos é bastante afetado pela competição dos fatores ambientais e espaço, onde em plantios com espaçamentos mais densos ocorre maior competição por água, luz e nutrientes, ocasionando uma redução na quantidade de reservas disponíveis para brotação. Em

espaçamentos maiores esta competição tende a diminuir, aumentando o crescimento em diâmetro das árvores e resultando na melhoria do vigor das brotações (Reis & Reis, 1997).

3.2. Outros fatores que influenciam no manejo dos plantios

Os plantios florestais são considerados como a forma mais apropriada de uso do solo, por reduzirem os impactos causados pelo desmatamento e por outras culturas intensivas, entretanto precisam estar em harmonia com as prioridades ecológicas e sociais da região (Poggiani *et al.*, 1998). Indicadores da FAO comprovam a importância da atividade: entre 2000 e 2005, as plantações repuseram 22 % da devastação florestal e supriram 35 % da demanda mundial de madeira (Piva, 2006).

No Brasil, tem-se verificado nos últimos anos, uma grande preocupação com a preservação das florestas naturais, bem como com a recuperação de áreas degradadas e recomposição de matas ciliares destruídas ou perturbadas. Grandes esforços têm sido feitos por órgãos de pesquisas, organizações não-governamentais e empresas ligadas ao setor ambiental, com objetivo de desenvolver técnicas de implantação e manejo sustentável de florestas e plantios de espécies nativas de cada região (Botelho *et al.*, 1996).

Na Amazônia brasileira, áreas com plantios florestais ainda são muito reduzidas e incipientes, e em sua maioria a existência é desconhecida, principalmente quando se refere aos plantios em propriedades privadas. Entretanto, existem muitos projetos de pesquisa com plantios experimentais que visam à reabilitação de áreas degradadas, através de programas de reflorestamento, que tem como objetivo o estudo do comportamento ecológico, fisiológico, fenológico, entre outros, de espécies nativas e/ou exóticas (Green, 2004).

O manejo dos plantios com espécies florestais de alto valor econômico possibilitam a produtividade econômica, diminui a pressão de exploração das populações naturais e, acima de tudo, contribui para conservação das populações naturais remanescentes, beneficiando o meio ambiente absorvendo o dióxido de carbono da atmosfera, reduzindo o aquecimento global decorrente da alta concentração desse gás na atmosfera (Higuchi *et al.*, 1998; Sampaio *et al.*, 2005). Segundo Thibau (2000), a análise química das plantas, em diversos estudos, mostra que a biomassa ou a matéria vegetal desidratada compõe-se de 44 % de carbono, que é incorporado ou fixado durante a fotossíntese. Florestas jovens em crescimento, ou em regeneração, possuem um índice de área foliar muito superior aos tecidos lenhosos ocasionando alta produtividade primária e elevada fixação de carbono.

Com os incentivos e exigências dos órgãos públicos ambientais, os plantios florestais estão sendo estabelecidos em grandes extensões de áreas improdutivas, abandonadas pela agricultura migratória, pastagens, desmatamento e outros usos da terra.

Estudos sobre a condução silvicultural de espécies nativas da Amazônia ainda são escassas, onde empresas envolvidas com empreendimentos de reflorestamento e proprietários de florestas plantadas têm arcado com os custos da falta de informações técnicas para práticas de plantio, poda, desbastes e manejo do solo entre outros fatores (Figueiredo, 2001).

Os plantios florestais apresentam vários fatores que afetam os seus manejos, entre eles podem ser citadas as idades do plantio, espaçamento, adubação, nutrição de plantas, entre outros.

3.2.1. Idade e espaçamento

A idade de corte e o espaçamento são intimamente relacionados, ou seja, os plantios em espaçamentos menores, normalmente, exigem desbastes ou ciclos mais curtos de cortes, pois a competição entre plantas ocorre mais precocemente, antecipando a estagnação do crescimento (Poggiani *et al.*, 1998).

A floresta plantada em espaçamento reduzido exige desbaste ou corte em idade muito jovem (três a quatro anos), pois há uma estagnação do crescimento, provocando grande exportação de nutriente, o que não é interessante quando se pensa em sustentabilidade do solo (Paiva *et al.*, 2001).

Para a escolha do espaçamento do plantio nos planejamentos florestais, é fundamental o conhecimento da espécie, e não apenas o uso final do produto, pois envolve outros fatores de ordem ecológica e silvicultural de suma importância. O espaçamento tem uma série de implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico. Diferenças significativas na taxa de sobrevivência, nas taxas de crescimento das plantas, na qualidade da madeira e idade de corte têm sido detectadas, bem como nas práticas de exploração e manejo florestal e, conseqüentemente, nos custos de produção (Castro *et al.*, 1998).

A diferenciação entre espaçamentos pode variar de acordo com a espécie, ou seja, espécies diferentes podem apresentar comportamentos diferentes dentro de um mesmo plantio. Considerando-se a diversidade de comportamento das espécies florestais e as diferentes qualidades de madeira exigidas para cada uso, considera-se que o espaçamento

ideal para celulose não seja o mesmo indicado para produção de lenha, carvão ou madeira para serraria (Poggiani *et al.*, 1998).

É bastante conhecido de que plantios mais densos produzem maior volume total de madeira que aqueles menos densos. Por outro lado, os espaçamentos maiores produzem um número mais elevado de árvores com maior volume individual (Balloni & Simões, 1980).

Segundo Castro *et al.* (1998) avaliando diferentes tipos de espaçamentos em plantios de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel) verificou que a biomassa obteve maior produção nos espaçamentos menores, devido o maior número de árvores por unidade de área. Com relação aos outros parâmetros como altura, DAP e sobrevivência não sofreram influência dos espaçamentos, sugerindo que aos sete anos de idade ainda não ocorre a concorrência por luz e/ou nutrientes do solo.

O mesmo foi observado por Higa & Sturion (2000), estudando a capacidade de brotação de *Eucalyptus viminalis* Labill., aos quatro anos de idade, submetido ao sistema de talhadia, em seis diferentes espaçamentos que não afetaram na capacidade de brotação das touças, altura e número de brotos, influenciando apenas os diâmetros das cepas, com diâmetros maiores em espaçamentos maiores. No entanto, observou que a sobrevivência das plantas e a porcentagem de brotação das cepas foram inferiores no espaçamento de 1 m².

Segundo Rondon (2002), trabalhando com sete espaçamentos para *Schizolobium amazonicum*, aos 5 anos de idade, no norte de Mato Grosso, concluiu que nos espaçamentos mais amplos (4 x 3m e 4 x 4 m) as plantas apresentaram altura e diâmetro médias superiores, ocorrendo o inverso com os espaçamentos menores, e obtendo maior produção de biomassa total nos espaçamentos maiores (4 x 4 m e 4 x 2 m).

De acordo com estudos feitos por Rondon (2006) com a espécie *Tectona grandis* L.F., aos 76 meses de idade, testando sete tipos de espaçamentos, as maiores circunferências à altura do peito (CAP) foram obtidas nos maiores espaçamentos, não verificando influencia do espaçamento no crescimento em altura das plantas. Enquanto que o menor espaçamentos testado (3 x 2 m) possibilitou maior produção de biomassa total.

A influência de diferentes espaçamentos sobre a produção de biomassa varia com a espécie, a idade das plantas e a qualidade de sítio. Em espaçamentos mais densos, a maior competição entre plantas resulta na estabilização do acúmulo de biomassa em menor idade que aquela observada em espaçamentos mais amplos (Bernardo, 1995).

Levando em consideração os resultados de altura e biomassa, verifica-se a necessidade de estudos de árvores em idade mais avançada, de maneira que se possa inferir sobre a época

em que ocorrerá o equilíbrio na produção de biomassa nos diferentes espaçamentos para as condições de sítio (Rondon, 2006).

3.2.2. *Nutrição de plantas*

A nutrição de plantas envolve a absorção dos materiais brutos do ambiente, necessários para os processos bioquímicos essenciais, a distribuição desses materiais dentro da planta e sua utilização no metabolismo e no crescimento, exigindo uma demanda nutricional relativamente simples, que sob condições ambientais favoráveis, a maioria dos vegetais clorofilados utiliza energia luminosa para transformar CO₂ e H₂O em compostos orgânicos usados como fonte de energia (Raven *et al.*, 2001).

O carbono, o oxigênio e o hidrogênio são considerados como macronutrientes orgânicos, adquiridos a partir do CO₂ atmosférico e da água presente no solo, e incorporados às plantas pelo processo de fotossíntese. Como consequência da fotossíntese, esses três nutrientes constituem praticamente todas as moléculas orgânicas dos vegetais e são responsáveis pelo maior peso da planta ou da matéria seca (cerca de 94-97% do peso seco de uma planta). Os demais nutrientes (6-3 % restantes) fazem parte dos minerais presentes no solo (Peres, 2002).

A separação entre macro e micronutrientes baseia-se apenas na concentração em que o elemento aparece na matéria seca, a qual vai ser refletida nas quantidades exigidas, contidas, ou fornecidas (pelo solo, adubo ou por ambos) no processo de formação, não tendo correlação com uma maior ou menor essencialidade, considerando todos os elementos igualmente essenciais, porém, em quantidades diferentes (Malavolta *et al.*, 1997; Peres, 2002). As concentrações dos macronutrientes e micronutrientes são diferentes e distribuídos ao longo da planta, aumentando da base para o ápice da árvore, mas assemelham-se os teores com aos encontrados nas folhas, tecidos de maior atividade do metabolismo energético da planta, onde se localizam as maiores concentrações de nutrientes (Ferraz *et al.*, 1997).

As folhas apresentam elevada concentração de nutrientes, podendo ser considerada como grande potencial na ciclagem de nutrientes, apesar do pequeno percentual de biomassa total das árvores, encontrando a seguinte ordem da quantidade total dos nutrientes: N > Ca > K > Mg > P (Gonçalves, 1995; Ferraz *et al.*, 1997; Schumacher & Caldeira, 2001). Esses teores das folhas podem ser influenciados pela altura de onde foram coletadas as amostras,

devido a influência da arquitetura da copa e da capacidade fotossintética das folhas; a idade das folhas, onde a concentração pode ser influenciada pela mobilidade do elemento químico na planta e o período sazonal, pois em períodos chuvosos há maior circulação de água dentro da planta, fazendo com que ocorra maior diluição dos nutrientes, diminuindo a concentração dos mesmos (Magalhães & Blum, 1999).

Quando se considera o estoque de nutrientes nos diferentes compartimentos da planta no geral o teor dos nutrientes sofre variações de acordo com o estado de desenvolvimento da planta (Ferraz *et al.*, 1997; Moraes Neto, 2003), onde os troncos apresentam maiores estoques de nutrientes, entre 46-57 % dos nutrientes da árvore quando comparado com estoques das folhas, porém quanto menores as plantas, mais nutrientes são alocados nas folhas devido a maior atividade fotossintética e crescimento das árvores, demonstrando que a planta adota diferentes estratégias de alocação de nutrientes durante as fases de crescimento (Ferraz *et al.*, 1997).

Os conteúdos dos nutrientes na planta refletem o estado nutricional da mesma, bem como a fertilidade do solo. Por isso, é importante conhecer os intervalos de teores de cada nutriente no tecido que indicam deficiência, suficiência ou toxicidade (Gonçalves, 1995). No caso de macronutrientes, a quantidade adequada corresponde a uma sobra de nutriente absorvido, o qual pode se acumular no vacúolo sem provocar resposta no crescimento. Para os micronutrientes, essa sobra pode provocar toxidez nos tecidos e reduzir o crescimento da planta. E considera-se deficiência de um nutriente no tecido aquela concentração em que abaixo dela a planta está crescendo menos do que seu potencial e acima dela o incremento deixa de ser exponencial (Peres, 2002).

Essa deficiência de nutrientes afeta diretamente o incremento da árvore, produzindo menor biomassa foliar, e com essa diminuição na biomassa há uma redução na produtividade e qualidade de óleos essenciais, como foi verificado por Mafeis *et al.* (2000), onde a omissão de alguns elementos nutricionais, como potássio e boro, em *Eucalyptus citriodora* Hook, fez com que o teor de citronelal no óleo não atingisse valores superiores a 70 %.

Esses motivos demonstram a necessidade de estudos sobre a nutrição das plantas, pois através deles poderá ser corrigido problemas no plantio, através do emprego de adubação para manter a produtividade, tornando-o produtivo em longo prazo.

3.2.3. Adubação

O desenvolvimento das plantas depende de vários fatores externos e internos, entre eles está a qualidade do sítio, que apresenta influência na fase inicial de crescimento das plantas com maiores crescimentos nesta fase para os parâmetros: altura total, diâmetro do caule ao nível do solo e à área da copa, diminuindo esta influência com o aumento da idade, variando para cada espécie (Botelho *et al.*, 1996; Souza *et al.*, 2001). Entretanto, não se pode considerar que os sítios influenciam apenas na fase inicial do plantio, visto que à medida que as árvores se desenvolvem, alguns fatores, como a profundidade do solo, a compactação e a disponibilidade de água e nutrientes, podem tornar-se limitantes ao crescimento, reduzindo o desenvolvimento da planta (Kageyama *et al.*, 1992, citado por Botelho *et al.*, 1996; Castro, 1995; Botelho *et al.*, 1996).

Sistemas de manejo adequado do solo, através das práticas agrícolas como a adubação, aumenta a disponibilidade de nutrientes corrigindo deficiências existentes no solo ou na planta, sendo importante para o crescimento das árvores e para a sustentabilidade do ecossistema florestal ao longo dos ciclos de corte, pois repõe parte dos nutrientes exportados com a colheita (Castro, 1995; Silva, 2005).

A necessidade de adubação decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para um adequado crescimento. As características e quantidade de adubos a aplicar dependerão de fatores como a necessidade nutricional da espécie florestal, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica (Gonçalves, 1995).

Nas adubações de espécies florestais, freqüentemente, são utilizados os elementos N, P, K, e com menor freqüência o B e Zn. Para a correção do solo, quando necessária, aplica-se Ca e Mg, processo chamado de calagem. Em plantações florestais é comum o uso de adubo simples, formado por apenas um composto químico. Além dos adubos simples, existem os adubos formados a partir da mistura de dois ou mais fertilizantes, os quais, representados por formulações, são denominados de adubos mistos (Bellote & Silva, 2003). A formulação do fertilizante varia de região para região e de acordo com a cultura que será aplicada. De maneira geral, na atividade florestal, o fósforo é colocado em maior quantidade que os outros elementos, por ser normalmente aquele presente em menor concentração no solo e ter influência significativa sobre a produção (Gonçalves, 1995; Bellote & Silva, 2003).

Com relação à deficiência dos macronutrientes, os sintomas visuais e as maiores respostas à adubação têm sido observados no campo, com mais freqüência, na seguinte

ordem: $P > N > K > Ca > Mg$, e para os micronutrientes, $B > Zn$. (Gonçalves, 1995). Por isso, recomendações de adubações minerais de plantios utilizadas referem-se sempre aos elementos N, P e K, Enquanto que para a adubação com micronutrientes, notadamente B, Cu e Zn, é ainda bastante indefinida em relação a sua aplicação e a resposta da espécie para esses nutrientes (Bellote & Ferreira, 1993).

A adubação além de proporcionar o aumento no incremento das árvores influencia na produtividade de rebrotas, na quantidade de óleos, látex e outros exsudatos produzidos pelas plantas, devido o equilíbrio nutricional disponibilizado para as mesmas (Murbach *et al.*, 1999; Maffei *et al.*, 2000; Roque *et al.*, 2004). Como na seringueira, a adubação fosfatada aumenta a produção de borracha seca até certo nível de dose de potássio (aproximadamente 160 Kg/ha de K_2O), após esse nível ocorre o decréscimo acentuado da produtividade (Murbach *et al.*, 1999). A calagem afeta a produtividade de borracha seca, por neutralizar a acidez do solo e disponibilizar mais Ca, diminuindo a concentração de Zn das folhas, com teores de Ca foliar próximo a 7,8 g/Kg, associados à máxima produção de borracha seca (Roque *et al.*, 2004).

Os resultados dos primeiros estudos sobre a adubação de povoamentos para rebrota de cepas foram para espécies de eucalipto, relatados por Balloni & Silva (1978, citado por Barros *et al.*, 1997) e Rezende *et al.* (1980, citado por Barros *et al.*, 1997), para definir a melhor época e o melhor modo de aplicação do fertilizante, encontrando respostas bem variáveis, havendo casos em que não foram observados ganhos, devido à pobreza do solo. Outros estudos mostram que a produção de biomassa e acúmulo de nutrientes, em povoamentos conduzidos por brotação, é bem distinta entre os compartimentos da planta, onde a copa da árvore é a parte que melhor responde à adubação, aumentando a produção de biomassa; e são altamente relacionados à idade, reforçando a necessidade de estratégias de adubação levando em consideração o conhecimento do potencial produtivo do sítio, da taxa de crescimento do plantio, da eficiência de utilização de nutrientes e da disponibilidade de nutrientes no solo (Barros *et al.*, 1997; Farias *et al.*, 1997).

Uma das únicas desvantagens encontradas em relação à adubação são os custos para o produtor, pois existe a necessidade da compra dos insumos e da contratação de mão-de-obra para a sua aplicação, o que corresponde, aproximadamente, a 35 % do valor total da implantação (adubação completa), sendo esse custo apenas inicial, durante a implantação do plantio florestal (Silva, 2005).

Por esses motivos pode-se afirmar que a adubação é um tratamento importante, principalmente para florestas de rápido crescimento que tendem a ter melhor resposta à

adubação e ciclos mais curtos, ou seja, maior capacidade de absorver e de exportar nutriente (Silva, 2005).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área de estudo

Os plantios estudados localizam-se no município de Maués, estado do Amazonas, Brasil, entre as coordenadas geográficas de 03°32'44'' latitude Sul e 57°41'30'' de longitude Oeste. Distância de 267 Km em linha reta e 356 Km por via fluvial de Manaus (City Brazil, 2007).

O clima característico da região é do tipo Am da Amazônia e subtipo AN de transição, quente e úmido (Köppen). As chuvas são regulares e abundantes no município, ocorrendo com mais frequência no período de janeiro a julho, com baixas precipitações de agosto a dezembro, época de verão na região, com média pluviométrica anual de 2.000 mm (City Brazil, 2007).

O solo da região é muito diversificado, apresentando solos profundos, de bem a excessivamente drenados, bastante porosos, tendo pequena relação textural e pouca diferenciação entre os horizontes. De modo geral, as classes de solos constituem-se de latossolo amarelo, vermelho-amarelo e vermelho com afloramento (City Brazil, 2007).

4.2 Caracterização dos plantios de pau-rosa

A propriedade pertence atualmente ao Sr. Zanoni Magaldi e localiza-se na área urbana do município de Maués, no estado do Amazonas. Adquirida por seu pai em 1940, ocasião em que na área prevalecia a vegetação de floresta primária. Em 1950, a floresta foi derrubada para iniciar os plantios de guaraná; na década de 70, os plantios foram utilizados também como pastos; e somente na década de 90 iniciaram-se os plantios de pau-rosa.

As sementes utilizadas nestes plantios foram compradas de pequenos agricultores residentes em áreas próximas a cidade de Maués, coletadas de diferentes matrizes de populações naturais. Após a coleta, as sementes de todas as matrizes foram misturadas e o lote vendido para o proprietário da área. Após o beneficiamento, as sementes foram postas para germinar em sementeiras e, posteriormente, as mudas foram repicadas para sacos de polietileno de 1 Kg contendo como substrato mistura de argila e terra da floresta, na proporção 1:1. As mudas permaneceram no viveiro durante 270 dias.

A propriedade apresenta seis plantios de pau-rosa, com idades diferentes (1, 3, 5, 7, 11 e 15 anos), um plantio experimental de guaraná da Embrapa de Maués e uma usina de destilação. Os plantios avaliados neste estudo (3 e 5 anos) foram os únicos a serem adubados com esterco bovino no momento do plantio.

O plantio de 3 anos foi instalado em 2003, em área aberta, porém no primeiro ano as mudas ficaram sob canteiros cobertos com palhas evitando a luz solar direta. Após 12 meses, os canteiros foram retirados e as mudas expostas a 100 % de radiação solar. A área de aproximadamente, 0,37 ha possui 1.280 árvores, distribuídas em 20 linhas, com 64 plantas/linha, plantadas no espaçamento de 1,5 m x 2,0 m (Figura 1).



Figura 1. Plantio de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) com 3 anos de idade, localizado no município de Maués, no estado do Amazonas.

O plantio de 5 anos de idade foi instalado em 2001, em área aberta, nas mesmas condições do plantio de 3 anos, com plena exposição à radiação solar. Possui, aproximadamente 0,36 ha, com 336 árvores, distribuídas em 16 linhas de plantio, com cerca de 21 plantas/linha, em espaçamento de 3 m x 4 m (Figura 2).

Os plantios estão localizados um ao lado do outro, separados pela estrada de acesso que apresenta cerca de 5 m de largura, apresentando terreno plano em toda extensão.



Figura 2. Plantio de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) com 5 anos de idade, localizado no município de Maués, no estado do Amazonas.

4.3. Implantação dos experimentos

4.3.1. Delineamento experimental

Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com esquema fatorial de 2 x 2 (duas intensidade de poda e adubação), composto por 4 tratamentos:

- T1** – Poda de 50 % da copa + sem adubação (testemunha)
- T2** – Poda de 50 % da copa + com adubação
- T3** – Poda de 100 % da copa + sem adubação (testemunha)
- T4** – Poda de 100 % da copa + com adubação

Foram realizados dois experimentos em plantios com idades e espaçamentos diferentes, e foram utilizados dez repetições para cada tratamento, totalizando 40 indivíduos amostrados por experimento.

4.3.1.1. Experimento 1

O experimento 1 foi realizado no plantio de 3 anos de idade, com espaçamento de 2 m entre linhas e 1,5 m entre plantas. A área de cada parcela foi de 192 m² (2 m x 96 m) (Figura 3).

Para minimizar a influência da adubação nas árvores que não receberam a adubação foi mantida a distância de uma planta entre cada indivíduo selecionado, e foram deixadas como bordadura as três primeiras e três últimas linhas e colunas do plantio.

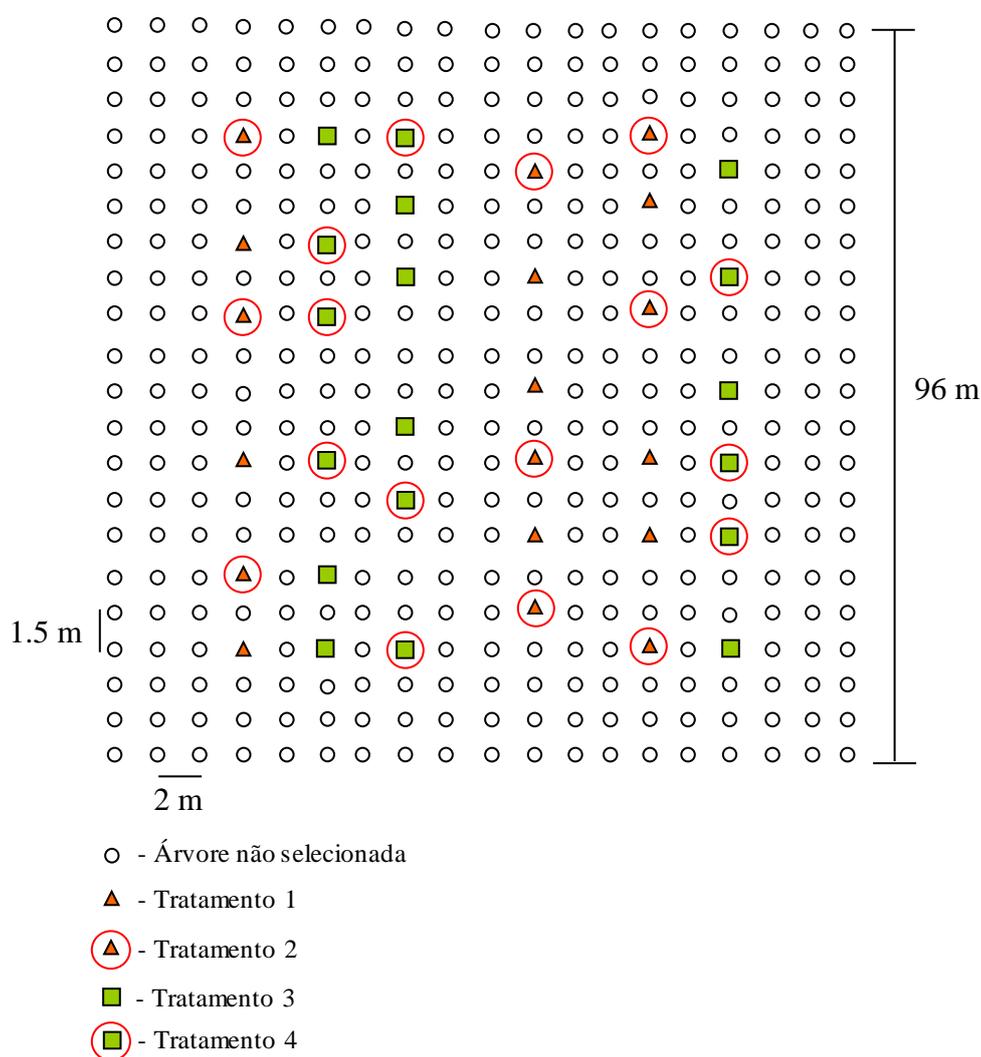


Figura 3. Esquema do delineamento do plantio de pau-rosa (*Aniba roseodora*) de 3 anos de idade.

4.3.1.2. Experimento 2

O experimento 2 foi realizado no plantio de 5 anos de idade, com espaçamento de 3 m entre linhas e 4 m entre plantas. A área de cada parcela foi de 252 m² (3 m x 84 m) (Figura 4).

Foi adotado o mesmo método do experimento 1 para minimizar a influência da adubação nas árvores não selecionadas foram deixadas a primeira e a última linha e coluna do plantio como bordadura.

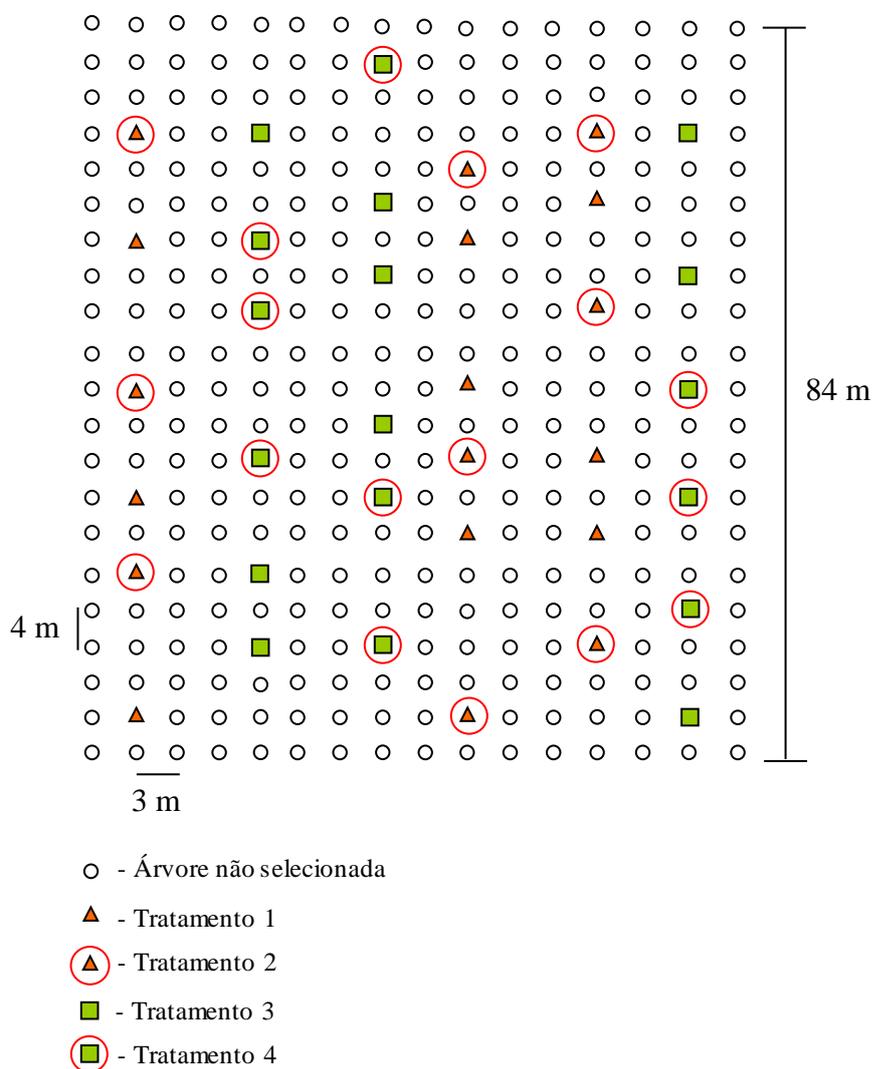


Figura 4. Esquema do delineamento do plantio de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) de 5 anos de idade.

4.4. Descrição das técnicas utilizadas nos tratamentos

4.4.1. Poda da copa das árvores

Para a realização da poda da copa foram selecionadas, aleatoriamente, 40 árvores por plantio, sendo 20 árvores para cada tipo de poda. As copas foram podadas e quantificadas a matéria fresca de galhos e folhas para a determinação da biomassa do plantio. Dois tipos de intensidade de podas foram feitos nas árvores selecionadas dos plantios:

- Poda de 50 % da copa: Foram retiradas as folhas e a maioria dos galhos da parte inferior até a metade da copa, permanecendo alguns galhos, para evitar uma possível morte do indivíduo e acelerar o processo de rebrotamento, e os 50% restantes da parte superior da copa foram mantidos (Figura 5).
- Poda de 100 % da copa: Foram retiradas todas as folhas e a maioria dos galhos da copa da árvore, permanecendo apenas alguns em toda extensão para evitar uma possível morte do indivíduo e acelerar o processo de rebrotamento (Figura 6).

A poda no plantio de 3 anos de idade foi realizada com o auxílio de tesouras de poda, para a obtenção dos galhos e folhas, e sacos de ráfia de 20 Kg para auxiliar na pesagem. No plantio de 5 anos, por conter árvores serem bem maiores em altura e espessura dos ramos, utilizou-se escada, terçados e sacos de ráfia de 20 Kg para pesagem do material verde em campo.



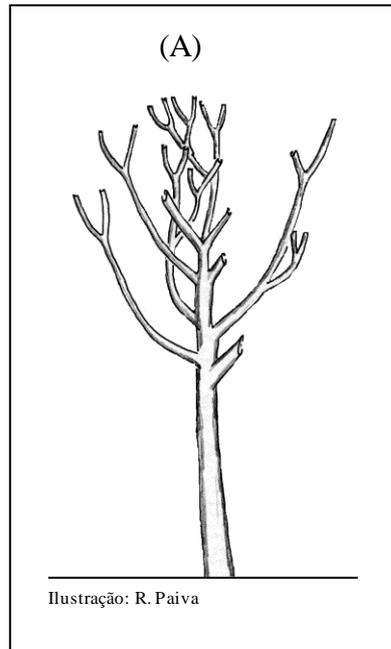
(B)



(C)



Figura 5. Árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) com copas podadas a 50 %: (A) Desenho esquemático da poda a 50 %; (B) Árvore podada do plantio de 3 anos de idade; e (C) Árvore podada do plantio de 5 anos de idade.



(B)



(C)



Figura 6. Árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) com copas podadas a 100 %: (A) Desenho esquemático da poda a 100 %; (B) Árvore podada do plantio de 3 anos de idade; e (C) Árvore podada do plantio de 5 anos de idade.

4.4.2. Adubação das árvores

Foram amostradas 20 árvores de cada experimento que receberam o tratamento com adubação. Como testemunhas, foram selecionadas outras 20 árvores restantes sem adubação.

A quantidade de adubo aplicada por hectare foi baseada em Cravo & Smyth (1991), com algumas modificações para o plantio de pau-rosa. Foram utilizados os seguintes tipos de adubos: calcário dolomítico, uréia (45 % N), superfosfato triplo (40 % P₂O₅), cloreto de potássio (60 % K₂O). Para cada planta, a quantidade de adubo aplicada foi calculada levando em consideração a quantidade de fertilizantes por hectare, a concentração de cada nutriente nos adubos, e os espaçamentos de cada experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de adubo aplicada nos experimentos dos plantios econômicos de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), de 3 e 5 anos de idade, localizados em Maués-AM, sob diferentes espaçamentos.

Adubo	Recomendação¹ (Kg/ha)	Experimento 1 (g/planta)	Experimento 2 (g/planta)
Calcário	10.000	300	1.200
Uréia	100	67	251
Superfosfato Triplo	100	75	300
Cloreto de Potássio	100	50	200

¹ Cravo & Smyth, 1991.

A aplicação dos adubos foi feita manualmente, através de coroamento, feito na projeção da copa, após a retirada (capina) do material vegetal, da liteira e de pequena fração do solo na área, onde foram depositados os adubos e, posteriormente incorporados com o material retirado.

4.5. Parâmetros avaliados

4.5.1. Variáveis dendrométricas

Os indivíduos foram identificados com placas de alumínio contendo o número da árvore. Foi realizada a coleta dos parâmetros dendrométricos no início do experimento, obtendo-se:

- Altura Total (HT): determinada a partir da mensuração da altura da planta do nível do solo até o ponto mais elevado da copa;
- Diâmetro da Copa (DC): determinado a partir da mensuração entre os pontos mais extremos da copa;
- Diâmetro à Altura do Colo (DAC): determinada a partir da mensuração do diâmetro a 5 cm do solo (somente para o plantio de 3 anos de idade);
- Diâmetro à Altura do Peito (DAP): determinada a partir da mensuração a 1,30m do solo (direto), sendo aplicada para o plantio de 5 anos de idade.

4.5.2. Biomassa dos galhos e folhas de *Aniba rosaeodora* Ducke

Para a biomassa dos galhos e folhas foi adotado o método direto, onde a medida em que as árvores eram podadas, os galhos e folhas eram pesados em campo. O peso fresco foi determinado com o auxílio de uma balança com capacidade de até 300 Kg.

Foram separadas amostras de galhos finos, com diâmetro igual ou inferior a 5 cm, e folhas em sacos de papel, levadas para o laboratório e colocadas em estufa a 65 °C para determinação das concentrações de macro e micronutrientes, através do método de análise química utilizado no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

4.5.3. Análise química dos nutrientes dos galhos e folhas

As análises químicas dos nutrientes dessas amostras foram de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1999), e realizada no laboratório LTSP, do INPA.

A determinação dos macronutrientes (Ca, K, S, Mg) e micronutrientes (B, Fe, Zn, Mn), foi feita através da digestão nitroperclórica. Sendo utilizados 500 mg de galhos e 500 mg de folhas secos em estufa a $\square 65$ °C para retirada da umidade, moídos, e colocados diretamente em tubo de digestão para cada amostra. A leitura foi feita com espectrofotômetro de absorção atômica, com chama ar-acetileno (comprimento de onda 725 nm). O P_{disp} foi realizado por solução Mehlich 1 (duplo ácido: HCl 0,05 mol/L + H₂SO₄ 0,0125 mol/L) com leitura realizada no espectrofotômetro UV-VIS-120-01.

Para a determinação N total foi utilizado 10 g de galhos e 10 g de folhas secos e moídos. Utilizou-se o método Kjeldahl, em duas etapas: digestão sulfúrica e destilação seguida de titulação, e determinado por acidimetria. O C total foi determinado através do método volumétrico pelo bicromato de potássio e titulação pelo sulfato ferroso.

4.5.4. Biomassa da rebrota de galhos e folhas de *Aniba rosaeodora* Ducke

Após 12 meses da realização da poda e adubação, determinou-se a biomassa das rebrotas de galhos e folhas, das 40 árvores selecionadas em cada plantio, realizando novamente o mesmo tipo de intensidade de poda que cada árvore recebeu no início do experimento. Foi adotado o método direto, onde à medida que as árvores foram sendo podadas, os galhos e folhas foram colocados em sacos de ráfia de 20 Kg, e obtido o peso verde com o auxílio de uma balança com capacidade de até 300 Kg.

Foram coletadas amostras de galhos finos e folhas das rebrotas para a avaliação da produtividade de óleo essencial.

O monitoramento das rebrotas foi realizado após 6 meses e 12 meses da realização da poda e adubação, quantificando o número de rebrotas e mensurando o comprimento e diâmetro, das quatro maiores rebrotas por árvore (Figura 7), para determinar o tipo de intensidade de poda e adubação que estimulou a maior produção de rebrota por árvore.



Figura 7. Rebrotas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) após a poda e adubação.

A biometria das rebrotas foi feita com o auxílio de uma fita métrica para a mensuração do comprimento, e de um paquímetro digital, para o diâmetro.

4.5.5. *Rendimento do óleo essencial de A. rosaeodora*

Para avaliar a quantidade de óleo produzida pelas rebrotas de galhos e folhas, foram amostradas 20 árvores de cada experimento, coletando-se 1 Kg de folhas e 1 Kg de galhos de cada planta. As amostras coletadas foram armazenadas em sacos de papel ainda em campo, para evitar a exposição do material à luz e a perda dos componentes voláteis. No fim de cada coleta diária os sacos de papel foram abertos em local com sombra para uma pré-secagem, em temperatura ambiente, durante dois dias, e posteriormente, armazenados em sacos de papel, e estes em sacos de plástico, bem fechados.

O material foi transportado via fluvial para Manaus, onde foi colocado, novamente, para secagem à sombra por sete dias, e posteriormente, em estufa a 40 °C até a obtenção do peso seco constante. Após a secagem em estufa, o material foi armazenado em sacos de papel, e estes em sacos plásticos, ficando armazenados em ambiente com ar-condicionado, por 7 dias, até o início da extração do óleo essencial de cada amostra por hidrodestilação. O material passará pelo processo de moagem, em moinho de facas, um dia antes em que será realizada a extração do óleo. A extração de todo material durou cerca de 25 dias.

Para a extração do óleo essencial, as amostras de galhos e folhas passaram pelo processo de moagem, em moinho de facas, no máximo um dia antes de cada extração. Foram pesados 40 g de galhos ou folhas, secas e moídas, de cada indivíduo, sendo feitas em duplicatas, com 20 g cada, e colocadas com 500 mL de água destilada, em balão volumétrico com capacidade para 1000 mL. A extração foi feita através do método de arraste à vapor, com o auxílio do sistema de hidrodestilação de Clevenger, com tempo de extração de três horas, contando após o início da destilação. Posteriormente, foi utilizado Na₂SO₄ anidro para a retirada da água do óleo. Os óleos foram armazenados em frascos de vidro sob refrigeração, para evitar perdas de constituintes voláteis, e então submetidos a análises por cromatografia em fase gasosa.

Estas atividades foram realizadas no Laboratório de Princípios Ativos da Amazônia (LAPAAM), na Coordenação de Pesquisas de Produtos Naturais (CPPN), no INPA.

A partir dos resultados obtidos na extração do óleo essencial dos galhos e folhas, o rendimento médio do óleo, produzido por indivíduo, foi calculado através da fórmula:

$$\text{Rendimento do óleo} = \frac{\text{peso do óleo extraído}}{\text{peso de matéria seca}} \times 100$$

4.5.6. Quantificação do linalol do óleo essencial

Para a quantificação do linalol foram selecionadas três amostras de galhos e três amostras de folhas do tratamento (poda + adubação) que obteve melhor resultado quanto à produção de biomassa da rebrota e o rendimento de óleo das rebrotas de galhos e folhas, em cada plantio. Todas as amostras foram feitas em duplicatas.

As análises quantitativas do linalol das amostras de óleo foram feitas por cromatografia gasosa com detector de ionização de chamas (CG-FID), utilizando cromatógrafo Varian CP3800, equipado com injetor split, injetando 1 µL da amostra diluídas em hexano P.A. A temperatura do injetor foi de 250 °C, operando com temperatura programa iniciando a 80 °C, a uma razão de aquecimento de 8 °C/min até 150 °C, passando a aquecer 30 °C/min até 250 °C por um tempo de 10 minutos. A temperatura do detector foi de 300 °C.

Utilizou-se a coluna capilar com fase estacionária em 100 % dimetilpolisiloxano (15 m x 0,25 mm x 0,25 µm) e gás de arraste hélio.

As curvas analíticas foram construídas com padrões na faixa de 200 µL a 1000 µL/1,5 mL. Os cálculos das concentrações foram feitos pelas equações das retas obtidas nas curvas analíticas pelo método do padrão externo.

As análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisas e Ensaio de Combustíveis (LAPEC), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

4.6. Análise estatística dos dados

As análises da quantificação de biomassa e dos nutrientes na avaliação inicial dos experimentos e o teor de linalol foram baseadas nas médias de produção de biomassa obtido com as podas de 50 % e 100 %, e de teores de nutrientes, assim como, o teor de linalol dos galhos e folhas das rebrotas.

A influência entre os parâmetros avaliados em cada experimento foi determinada através da correlação de Pearson, ao nível de 5 % de probabilidade pelo *t* de Student.

A análise estatística dos dados obtidos, após 12 meses da implantação dos experimentos, como a produção de biomassa da rebrota, o número de rebrotas, o comprimento e diâmetro das rebrotas e o rendimento do óleo, foram feitas através da análise de variância (ANOVA), seguindo o delineamento experimental inteiramente ao acaso. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

O modelo matemático que explica os fatores de variação é apresentado a seguir:

$$Y_{ij} = m + A + B + (A \times B) + e_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = Valor da variável encontrada de qualquer indivíduo no experimento

m = Média geral

A = Efeito do tratamento A (poda)

B = Efeito do tratamento B (adubação)

e_{ij} = Efeito do tratamento erro experimental

As análises foram efetuadas com o auxílio do programa SYSTAT 10 para todas as variáveis analisadas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação inicial das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) em plantios comerciais de 3 e 5 anos de idade

5.1.1. Características dendrométricas e produção de biomassa de galhos e folhas de plantios de pau-rosa aos 3 e 5 anos de idade

Os dados dendrométricos e de produção de biomassa estudada quando submetidos a podas de 50 % e 100 % estão apresentados na tabela 2.

Aos 3 anos de idade, a biomassa de galhos e folhas de pau-rosa cujas copas foram podadas a 50 % apresentou média de 800 g/planta, enquanto que as árvores podadas a 100 %, produziram 1,6 Kg/planta, aos 3 anos de idade. Estima-se que em 1 ha, com espaçamento de 2,0 m x 1,5 m, podando 50 % da copa das árvores, seria possível obter 0,83 ton/ha/ano, e a 100 %, cerca de 1,67 ton/ha/ano.

A média de biomassa de galhos e folhas das árvores, aos 5 anos de idade, podadas a 50% foi de 13,9 Kg/planta, e quando podadas a 100 %, produziram 29,1 Kg/planta. Estimando-se a produção de biomassa, no plantio de 5 anos, verificou-se que é possível obter 2,3 ton/ha/ano, podando as árvores a 50 %, e 4,8 ton/ha/ano, aplicando a poda a 100 %, em plantios a plena abertura com espaçamento de 3 m x 4 m.

Pelos resultados encontrados pode-se verificar que a idade e o espaçamento influenciaram na produção de biomassa da copa das árvores em plantios florestais. O plantio de 5 anos em espaçamento 3 m x 4 m, produziu maior biomassa de galhos e folhas em relação à biomassa da copa das árvores do plantio de 3 anos, com espaçamento de 2 m x 1,5 m, apresentando maiores altura, diâmetro à altura do peito e diâmetro da copa e, conseqüentemente maior produção de biomassa (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram encontrados por Rondon (2002), avaliando o crescimento e produção de biomassa da espécie *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke, aos 5 anos de idade, obtendo maior altura, diâmetro e biomassa aérea das plantas em espaçamentos maiores, ocorrendo o inverso com espaçamentos menores. O mesmo foi observado por Rondon (2006) em povoamentos de *Tectona grandis* L.f., onde o espaçamento de 3 m x 4 m possibilitou maior produção de biomassa.

No entanto, Sampaio *et al.* (2005), estudando a produção de biomassa da copa das árvores de pau-rosa (*A. rosaeodora*), com 37 anos, em espaçamento de 10 m x 5 m, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, estimaram a produção de 12 ton/ha de biomassa de galhos e folhas, quantidade inferior ao obtido neste estudo com plantios mais jovens (3 e 5 anos de idade), podendo ser explicado pelo ambiente de floresta primária, envolvendo disponibilidade de radiação solar e de nutrientes no solo, e por se tratar de indivíduos adultos, tendo crescimento e produção de biomassa mais lenta.

Tabela 2. Comparação de médias pelo teste de Tukey entre as intensidades de poda, as variáveis dendrométricas e a biomassa da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), em plantios de 3 e 5 anos de idade.

Plantio (anos)	Poda	HT (m)	DAC (cm)	DAP (cm)	DC (m)	Biomassa (kg)
3	50 %	2,38a	3,28a	---	1,40a	0,79
	100 %	2,20a	3,46a	---	1,44a	1,64
5	50 %	5,93b	---	8,86a	4,24b	13,95
	100 %	6,15b	---	9,25a	3,46b	29,06

DAC = Diâmetro à altura do colo; DAP = Diâmetro à altura do peito; DC = Diâmetro da copa; HT = Altura total.
Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Analisando as variáveis dendrométricas das árvores selecionadas, através da ANOVA, observou-se que não houve variações significativas, a 5 % de probabilidade, entre altura total, diâmetro à altura do colo/peito e diâmetro da copa, demonstrando que as árvores selecionadas de cada plantio, podem ser consideradas homogêneas para as variáveis analisadas.

Os baixos valores de altura e DAC (Diâmetro à Altura do Colo) do plantio de 3 anos podem ser devido à espécie apresentar crescimento inicial lento, atingindo maiores valores a partir de uma determinada idade, como no caso aos 5 anos, que se verificou um aumento de mais de 50 % em todas as variáveis dendrométricas, além dos diferentes espaçamentos adotados. Segundo Rondon (2006), estudando a biomassa de *Tectona grandis*, aos 76 meses de idade, em diferentes espaçamentos, onde espaçamentos menores promoveram redução significativa de DAP, encontrando maiores valores em espaçamento igual ou superior aos utilizados no plantio de 5 anos (4 m x 3m). O mesmo foi encontrado por Rondon (2002), trabalhando com o *Schizolobium amazonicum*, aos 60 meses de idade, com sete espaçamentos, conclui que o espaçamento 4 m x 3m e 4 m x 4m proporcionaram maiores

crescimentos em altura e diâmetro médios, ocorrendo o inverso com os espaçamentos menores.

As análises feitas por meio da correlação de Pearson entre as variáveis: altura total, diâmetro à altura do colo (DAC), diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro da copa e biomassa da copa, indicaram que existe correlação positiva entre a maioria das variáveis.

No plantio de 3 anos, a biomassa da copa apresentou correlação positiva significativa quando relacionada com o DAC ($r = 0,752$; $p < 0,0001$). Correlações positivas também foram encontradas entre a altura total e DAC ($p = 0,01$), altura total e diâmetro da copa ($p = 0,004$), e diâmetro da copa e DAC ($p = 0,01$), indicando que à medida que aumenta o DAC, aumenta o diâmetro da copa e a altura total da árvore (Tabela 3). Vale ressaltar que não houve correlação entre o diâmetro da copa e a biomassa da copa ($r = 0,401$; $p = 0,103$), indicando que o diâmetro da copa, em plantio de 3 anos de idade, não foi a principal variável que influenciou na quantidade de biomassa produzida na copa das árvores.

Tabela 3. Matriz correlação entre as variáveis dendrométricas e a biomassa da copa e da rebrota da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), no plantio de 3 anos de idade.

	HT	DAC	DC	B
DAP	0,502 (0,010)			
DC	0,531 (0,004)	0,500 (0,010)		
B	0,256 (1,000)	0,752 (0,0001)	0,401 (0,103)	
BR	-0,038 (1,000)	0,316 (0,472)	0,319 (0,449)	0,613 (0,0001)

B = Biomassa da copa; BR = Biomassa da rebrota; DAC = Diâmetro à altura do colo; DC = Diâmetro da copa; HT = Altura total. O valor entre parênteses corresponde à probabilidade.

A biomassa da copa do plantio de 5 anos não apresentou correlação significativa com as variáveis dendrométricas analisadas (Tabela 4). Porém, houve relação positiva significativa entre o diâmetro da copa e o DAP ($r = 0,585$; $p = 0,001$), diferente do observado no plantio de 3 anos. Desse modo, é possível afirmar que à medida que aumenta o DAP, aumenta o diâmetro da copa.

Tabela 4. Matriz correlação entre as variáveis dendrométricas e as biomassas da copa e da rebrota da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), no plantio de 5 anos de idade.

	HT	DAP	DC	B
DAP	0,485 (0,015)			
DC	0,325 (0,407)	0,585 (0,001)		
B	0,169 (1,000)	0,335 (0,344)	0,295 (0,645)	
BR	0,215 (1,000)	0,434 (0,052)	0,525 (0,005)	0,618 (0,0001)

B = Biomassa da copa; BR = Biomassa da rebrota; DAP = Diâmetro à altura do peito; DC = Diâmetro da copa; HT = Altura total. O valor entre parênteses corresponde à probabilidade.

5.1.4. Teores de nutrientes da biomassa de galhos e folhas das árvores nos plantios de 3 e 5 anos de idade

Os resultados dos teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn e Mn, nas diferentes partes da biomassa aérea das árvores de pau-rosa, são apresentados na tabela 5.

De acordo com estes resultados, foi encontrado que as folhas apresentam maiores teores de macronutrientes (C, N, Ca, Mg e K) quando comparados com os galhos, com exceção do P, com a seguinte ordem de quantidade: C > N > Ca > K > Mg > P. Nos galhos foram observados maiores teores de micronutrientes, porém com diferentes ordens conforme a idade do plantio. O plantio de 3 anos apresentou a seguinte ordem: Fe > Mn > Zn, e o plantio de 5 anos: Mn > Fe > Zn.

Os teores de macronutrientes e micronutrientes variam de acordo com a espécie e com a parte da planta analisada. Em estudos realizados com diferentes espécies foi observado que a ordem de distribuição dos teores de macronutrientes é semelhante aos resultados encontrados neste estudo, como exemplos, o *Eucalyptus* (Schumacher & Caldeira, 2001) e outras 37 espécies nativas da Amazônia (Ferraz *et al.*, 1997).

Os teores encontrados nas folhas de pau-rosa enquadram-se na faixa adequada de macronutrientes, e os micronutrientes, no nível baixo, considerados por Malavolta (1992) para a seringueira. Valores semelhantes dos teores de nutrientes foram encontrados por Caldeira *et al.* (2000), trabalhando com *Acacia mearnsii*, com exceção do K, apresentando teores bem menores, mostrando a grande mobilidade deste elemento na planta. Roque *et al.* (2004), avaliando o estado nutricional e a produtividade da seringueira, obteve teor de Ca foliar

semelhante ao encontrado no plantio de 3 anos, aproximadamente 7,8 g/Kg, associando este valor com a máxima produção do produto não-madeireiro, a borracha seca.

Estudos feitos por Caldeira *et al.* (2003) com a espécie *Acacia mearnsii* aos 2,4 anos de idade, mostraram resultados diferentes com relação aos teores de micronutrientes presentes nas folhas. Acredita-se que o acúmulo de nutrientes nas diferentes partes da planta varia de acordo com a espécie, a concentração de nutrientes no solo, a atividade fotossintética, entre outros. Considerando as folhas, por apresentarem maiores teores da maioria dos nutrientes, um importante componente vegetal na ciclagem de nutrientes.

Quando relacionados os nutrientes das folhas com as variáveis dendrométricas (altura total, diâmetro à altura do colo e diâmetro da copa) verifica-se que não houve correlação positiva significativa para os plantios de 3 e 5 anos (Apêndices 1 e 2). O mesmo foi observado com relação aos nutrientes presentes nos galhos das árvores dos plantios de pau-rosa analisados (Apêndices 3 e 4). Diferindo de estudos feitos por Ferraz *et al.* (1997) em floresta primária, onde à medida que a planta cresce em altura e diâmetro, menos nutrientes são alocados nas folhas, em função da atividade fotossintética e crescimento das árvores.

Tabela 5. Médias dos teores de nutrientes na biomassa de galhos e folhas da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), em plantios de 3 e 5 anos de idade.

Plantio (anos)	Parte da planta	Nutrientes								
		C	N	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Mn
		(g/kg)						(mg/kg)		
3	Galhos	400,80	8,33	3,31	0,82	4,80	1,68	79,93	22,75	41,38
	Folhas	457,49	16,93	7,90	2,22	6,32	1,01	40,03	13,75	33,40
5	Galhos	391,02	8,32	4,01	0,81	4,64	1,20	62,88	33,58	72,75
	Folhas	441,85	18,11	6,54	2,59	4,75	0,94	36,98	10,10	43,93

C = Carbono; Ca = Cálcio; Fe = Ferro; K = Potássio; Mg = Magnésio; Mn = Manganês; N = Nitrogênio; P = Fósforo; Zn = Zinco.

É importante ressaltar, que para os nutrientes C e N apenas uma amostra composta de cada tratamento foi analisada.

5.2. Avaliação da influência da poda e adubação na produção de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) no plantio de 3 anos de idade, após 12 meses

5.2.1. Produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa

A análise de variância (ANOVA) indicou diferenças significativas, entre os tratamentos (Tabela 6), ressaltando que a diferença foi influenciada apenas pela intensidade de poda, a 5 % de probabilidade ($p < 0,0001$). Os tratamentos tiveram a seguinte ordem de produção de biomassa da rebrota: tratamento 3 > tratamento 4 > tratamento 2 > tratamento 1. Através da comparação de médias pelo teste de Tukey (Apêndice 5), verificou-se que essas diferenças ocorreram entre os tratamentos 1 e 3, 1 e 4, 2 e 3, 2 e 4, porém o mesmo não ocorreu entre os tratamentos 1 e 2, e 3 e 4.

Estudos feitos por Barros *et al.* (1997) e Farias *et al.* (1997), obtiveram resultados contrários com relação à produção de biomassa de rebrotas e o acúmulo de nutrientes em plantios, mostrando-se bem distinta entre os compartimentos da planta, onde a copa da árvore teve melhor resposta à adubação, aumentando a produção de biomassa. Porém, este ganho na produção de biomassa não foi obtido neste estudo, onde a adubação e a interação dos fatores (intensidade de poda e adubação), não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, a 5% de probabilidade. Indicando que no plantio de 3 anos os teores de nutrientes presentes no solo e na planta, estão suprindo as necessidades nutricionais para a produção de biomassa de rebrota de galhos e folhas, não necessitando de custos adicionais com a adubação para o primeiro ano após a realização da poda.

A eficiência da poda das árvores de pau-rosa observada neste estudo também foi constatada em estudos feitos por Alencar & Fernandes (1978), Leite *et al.* (2001) e Sampaio *et al.* (2005), obtendo maior produção de biomassa através da poda das copas, quando comparadas com a produção de biomassa da rebrota de cepas.

Tabela 6. Análise de variância (ANOVA) para a biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses após a poda e adubação.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Poda	1	128,684	128,684	80,885	0,0001
Adubação	1	1,659	1,659	1,042	0,3140
Poda x Adubação	1	5,818	5,818	3,657	0,0640
Erro	36	57,274	1,591		
Total	39	193,435	137,752		

GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados médios; QM = Quadrado médio; F = Valor de F calculado; P = Probabilidade de F calculado ser maior que o tabelado.

O tratamento 3 (poda a 100 % + sem adubação) obteve maior produção de biomassa da rebrota (**Figura 8**), com média de 5 Kg/planta de rebrotas de galhos e folhas, estimando-se a produção de 16 ton/ha. Seguido do tratamento 4 (poda a 100 % + adubação), que obteve média de 4 Kg/planta de rebrotas, estimando-se a produção de 13 ton/ha.

Os tratamentos 1 (poda a 50 % + sem adubação) e 2 (poda a 50 % + adubação) apresentaram produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas inferior aos tratamentos 3 e 4, com médias de 0,78 Kg/planta e 0,44 Kg/planta, respectivamente. Demonstrando que podar 100 % da copa da árvore proporcionou maior produção de biomassa da rebrota quando comparadas com a produção das árvores podadas a 50 %, no intervalo de 12 meses após a poda e adubação.

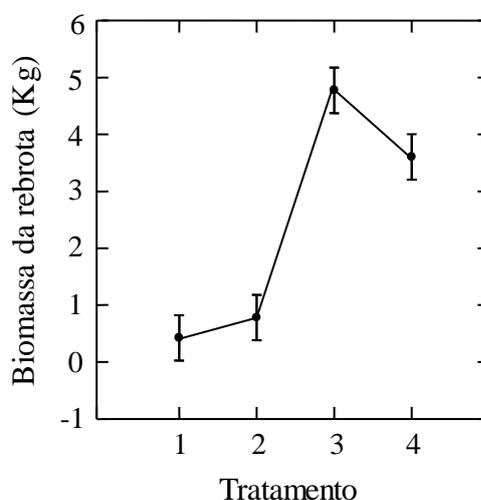


Figura 8. Quantidade média, por planta, de biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 3 anos de idade, após 12 meses.

Quando comparadas à produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas com biomassa obtida da copa das árvores podadas a 100 % no início do experimento, verifica-se que a quantidade de biomassa da rebrota produzida (16 ton/ha) foi maior que a biomassa da copa das árvores (5 ton/ha). Portanto, é possível afirmar que o pau-rosa possui grande capacidade de brotação da copa aos 3 anos de idade, proporcionando maior produção de biomassa de rebrotas, em apenas 12 meses. Esta grande produção de biomassa, em curto período, pode ser explicada pelo fato dos indivíduos jovens estarem em fase de crescimento, além da maior exposição à radiação solar, com a abertura das copas, estimulando o processo fotossintético da planta.

Vale ressaltar a influência do espaçamento adotado neste plantio (1,5 x 2,0 m) na produção de biomassa da rebrota, devido o plantio ser mais adensado, obtendo-se maior quantidade de biomassa por hectare. Porém, Bernardo (1995) cita que em espaçamentos mais densos, aumenta a competição entre as plantas, resultando na estabilização do acúmulo de biomassa em menor idade que aquela observada em espaçamentos mais amplos. Estudos realizados por Higa & Sturion (2000), a fim de avaliar o efeito do espaçamento na capacidade de brotações de *Eucalyptus*, demonstraram que o espaçamento não afetou no crescimento em altura e no número de brotos produzidos em plantios com 4 anos de idade.

A relação positiva da radiação solar direta na produção de biomassa da rebrota da copa de árvores de pau-rosa foi observada por Sampaio *et al.* (2007). Resultados similares foram obtidos por Useche (2003), avaliando o desenvolvimento inicial de plântulas de pau-rosa em clareiras artificiais, onde em ambientes com maior incidência de radiação solar direta obteve maior crescimento das plântulas. Porém, Marques *et al.* (1999), estudando a produção de mudas de pau-rosa em viveiros, concluíram que a espécie necessita de 30 a 50 % de sombreamento para ter um desenvolvimento favorável, apresentando sensibilidade às condições de luz durante o crescimento das plantas jovens, podendo acarretar em baixo desenvolvimento em altura e diâmetro, diminuindo o acúmulo de biomassa.

5.2.2. Avaliação do comprimento e diâmetro da rebrota e do número de rebrotas por planta de pau-rosa

A análise de variância (ANOVA) demonstrou que houve diferença significativa em todas as variáveis analisadas, porém verifica-se que essas diferenças são influenciadas apenas pela intensidade poda aplicada nas copas das árvores, após 12 meses. O mesmo não foi observado para o fator adubação que não apresentou diferença significativa a 5 % de probabilidade entre os indivíduos adubados e não adubados (Tabela 7).

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) para o número, comprimento e diâmetro das rebrotas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses, após poda e adubação.

Variável	Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Número de rebrotas/planta	Poda	1	2822,400	2822,400	24,152	0,0001
	Adubação	1	96,100	96,100	0,822	0,371
	Poda x Adubação	1	44,100	44,100	0,377	0,543
	Erro	36	4207,000	116,861		
Comprimento da rebrota	Poda	1	16892,100	16892,100	17,010	0,0001
	Adubação	1	384,400	384,400	0,387	0,538
	Poda x Adubação	1	1876,900	1876,900	1,890	0,178
	Erro	36	35750,600	993,072		
Diâmetro da rebrota	Poda	1	147,725	147,725	13,253	0,001
	Adubação	1	0,0001	0,0001	0,0001	0,996
	Poda x Adubação	1	1,760	1,760	0,158	0,693
	Erro	36	401,275	11,147		

GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados médios; QM = Quadrado médio; F = Valor de F calculado; P = Probabilidade de F calculado ser maior que o tabelado.

A comparação das médias pelo teste de Tukey, mostrou que os tratamentos com poda a 100 % da copa (tratamento 3 e 4) apresentaram maiores médias de número de rebrotas por

planta, e de comprimento e diâmetro da rebrota, diferindo significativamente das médias observadas nos tratamentos com poda a 50 % (tratamentos 1 e 2).

De acordo com Leite *et al.* (2001) o potencial da poda das árvores de pau-rosa na produção de rebrota é evidente, obtendo resultados satisfatórios, e quando os indivíduos são podados no ramo apical a 1 ou 2 anos de idade do plantio, faz com que se ramifique, produzindo muitos ramos secundários.

O tratamento 3 (poda a 100 % + sem adubação) obteve maiores médias de todos os parâmetros avaliados, com cerca de 33 rebrotas por planta; 106,30 cm de comprimento e 10,82 mm de diâmetro. Seguido do tratamento 4 (poda a 100 % + adubação), com média de 28 rebrotas por planta; 98,80 cm de comprimento e 10,40 mm de diâmetro da rebrota (Tabela 8).

Os tratamentos 1 (poda a 50 % + sem adubação) e 2 (poda a 50 % + adubação) tiveram menores médias quando comparados aos tratamentos 3 e 4, variando entre eles com relação aos parâmetros avaliados, onde o tratamento 1 apresentou média de 14 rebrotas por planta; 51,50 cm de comprimento e 6,56 mm de diâmetro. Enquanto que o tratamento 2 produziu média de 13 rebrotas por planta; 71,40 cm de comprimento e 6,97 mm de diâmetro.

Tabela 8. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, do número de rebrotas por planta (NR), comprimento (CR) e diâmetro da rebrota (DR) de árvores do plantio de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) de 3 anos de idade, após 12 meses.

Tratamento	NR	CR (cm)	DR (mm)
1	14a	51,50a	6,56a
2	13a	71,40a	6,97a
3	33b	106,30b	10,82b
4	28b	98,80b	10,40b

CR = Comprimento da rebrota; DR = Diâmetro da rebrota; NR = Número de rebrotas por árvore.
Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey

Análises feitas por meio da correlação de Pearson entre as variáveis: altura total, diâmetro à altura do colo (DAC), diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro da copa, biomassa da copa, biomassa da rebrota, número de rebrota por planta (NR), comprimento (CR) e diâmetro da rebrota (DR), mostraram que não houve correlação significativa entre as

variáveis dendrométricas altura total e diâmetro da copa, e os parâmetros avaliados da rebrota do plantio de 3 anos (Apêndice 7).

Correlações positivas foram observadas entre o DAC e o NR ($r = 0,523$ e $p = 0,049$), assim como entre o NR e a biomassa da rebrota ($r = 0,764$; $p < 0,0001$). Entre os demais parâmetros da rebrota (comprimento e diâmetro), verifica-se que existe correlação positiva significativa entre a biomassa da rebrota e o DR ($r = 0,542$; $p = 0,028$), e o CR e DR ($r = 0,571$; $p = 0,011$). Demonstrando que o DR é influenciado pelo CR, tendo relação direta com a biomassa da rebrota, e conseqüentemente com o NR.

Estudos anteriores confirmam a eficiência da poda da copa das árvores de *A. rosaeodora*, não comprometendo a capacidade de rebrota como verificado em estudos feitos por Sampaio *et al.* (2005) e Sampaio *et al.* (2007).

Além de gerar rebrotas mais vigorosas, as podas periódicas aumentam a produção de biomassa vegetal, e possibilitam assim maior produção de óleo essencial (Chaar, 2000). Porém, o vigor das rebrotas pode ser afetado pela competição por água, luz e nutrientes, conforme a densidade dos plantios, onde plantios com espaçamentos menores resultam em maior competição (Reis & Reis, 1997).

5.3. Avaliação da influência da poda e adubação na produção de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) no plantio de 5 anos de idade, após 12 meses

5.3.1. Produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa

A análise de variância (ANOVA) indicou diferenças significativas, entre os tratamentos (Tabela 9), ressaltando que a diferença foi influenciada apenas pela intensidade de poda, a 5 % de probabilidade ($p < 0,0001$). A adubação e a interação dos fatores (intensidade de poda e adubação), não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, a 5% de probabilidade. Através da comparação de médias pelo teste de Tukey (Apêndice 6), verificou-se que essas diferenças ocorreram entre os tratamentos 1 e 3, 1 e 4, 2 e 3, 2 e 4, porém o mesmo não ocorreu entre os tratamentos 1 e 2, e 3 e 4.

Tabela 9. Análise de variância (ANOVA) para a biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 5 anos de idade, aos 12 meses após a poda e adubação.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Poda	1	1986,408	1986,408	86,598	0,0001
Adubação	1	5,461	5,461	0,238	0,629
Poda x Adubação	1	2,767	2,767	0,121	0,730
Erro	36	825,781	22,938		
Total	39	2820,417	2017,574		

GL = Graus de liberdade; SQ = Soma dos quadrados médios; QM = Quadrado médio; F = Valor de F calculado; P = Probabilidade de F calculado ser maior que o tabelado.

As análises feitas por meio da correlação de Pearson entre as variáveis: altura total, diâmetro à altura do colo (DAC), diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro da copa, biomassa da copa e biomassa da rebrota da copa, indicaram que a biomassa da rebrota da copa das árvores do plantio de 5 anos apresentou correlação positiva significativa apenas quando relacionada com a biomassa da copa ($r = 0,618$; $p < 0,0001$) (Apêndice 8). O diâmetro da copa apresentou relação positiva significativa com a biomassa da rebrota ($r = 0,525$; $p = 0,005$), diferente do observado no plantio de 3 anos. É possível afirmar que, após 12 meses, à medida que aumenta o diâmetro da copa, aumenta a produção de biomassa da rebrota de pau-rosa.

O plantio de 5 anos obteve maior produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas no tratamento 4 (poda a 100 % + adubação), com média de 16 Kg/planta de rebrotas de galhos e folhas (Figura 9), estimando-se a produção de 13 ton/ha. Seguido do tratamento 3 (poda a 100 % + sem adubação), produzindo em média 15 Kg/planta, e produção estimada de 12 ton/ha de rebrotas de galhos e folhas.

Os tratamentos 1 (poda a 50 % + sem adubação) e 2 (poda a 50 % + adubação) apresentaram produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas inferior aos tratamentos 3 e 4, com média de 1,37 Kg/planta e 1,59 Kg/planta, respectivamente. Confirmando a maior produção de biomassa da rebrota de árvores podadas a 100 %, no intervalo de 12 meses, quando comparada com as árvores podadas a 50 %.

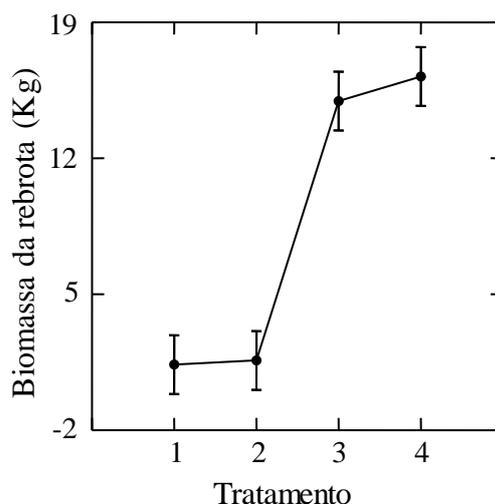


Figura 9. Quantidade média, por planta, de biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 5 anos de idade, após 12 meses.

A produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas (13 ton/ha) foi inferior a biomassa da copa das árvores (24 ton/ha) obtida no início do experimento, demonstrando que a espécie *Aniba rosaeodora* aos 5 anos possui menor capacidade de brotação quando comparado ao plantio de 3 anos, tendo como possíveis fatores o espaçamento (3 x 4 m) e a idade da planta, verificando o acúmulo mais lento de biomassa da parte aérea.

Segundo Rondon (2002), estudando diferentes espaçamentos em plantio de *Schizolobium amazonicum* com 5 anos de idade, obteve menor produção de biomassa com o espaçamento (3 x 4 m). No entanto, Rondon (2006), avaliando plantio de *Tectona grandis*, com 6 anos de idade, verificou maior produção de biomassa aérea seca com o mesmo espaçamento. Desse modo, é possível evidenciar a influência de diferentes espaçamentos sobre a produção de biomassa, variando de acordo com a espécie e idade das plantas (Bernardo, 1995).

Portanto, há necessidade de estudos sobre plantios com diferentes idades, em espaçamentos iguais, de modo que seja possível inferir sobre a época em que ocorre equilíbrio na produção de biomassa da rebrota de cada espécie.

5.3.2. Avaliação do comprimento e diâmetro da rebrota e do número de rebrotas por planta de pau-rosa

A análise de variância (ANOVA) demonstrou que houve diferença significativa em todas as variáveis analisadas, porém verificou-se que essas diferenças são influenciadas apenas pela intensidade poda aplicada nas copas das árvores, após 12 meses (Tabela 10).

Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) para o número, comprimento e diâmetro das rebrotas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 5 anos de idade, aos 12 meses, após poda e adubação.

Variável	Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Número de rebrotas/planta	Poda	1	26936,100	26936,100	40,618	0,0001
	Adubação	1	1742,400	1742,400	2,627	0,114
	Poda * Adubação	1	115,600	115,600	0,174	0,679
	Erro	36	23873,800	663,161		
Comprimento da rebrota	Poda	1	105678,400	105678,400	172,629	0,0001
	Adubação	1	84,100	84,100	0,137	0,713
	Poda * Adubação	1	396,900	396,900	0,648	0,426
	Erro	36	22038,200	612,172		
Diâmetro da rebrota	Poda	1	1751,520	1751,520	239,279	0,0001
	Adubação	1	22,156	22,156	3,027	0,090
	Poda * Adubação	1	6,233	6,233	0,852	0,362
	Erro	36	263,515	7,320		

GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; P = probabilidade de F calculado ser maior que o tabelado.

Estudos feitos por Maffei *et al.* (2000) com adubação de *Eucalyptus*, indicaram aumento no incremento das árvores e influência na produtividade de rebrotas. O mesmo não foi observado neste estudo, pois não apresentou diferença significativa a 5 % de probabilidade entre os indivíduos adubados e não adubados (Tabela 10).

A comparação das médias pelo teste de Tukey, como pode ser visto na tabela 11, mostrou que as árvores que receberam poda a 100 % na copa (tratamento 3 e 4) apresentaram maiores médias de número de rebrotas por planta, e de comprimento e diâmetro da rebrota, diferindo significativamente das médias observadas nas árvores podadas a 50 % (tratamentos 1 e 2).

Tabela 11. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, do número de rebrotas por planta (NR), comprimento (CR) e diâmetro da rebrota (DR) de árvores do plantio de pau-rosa (*Aniba rosaedora*) de 5 anos de idade, após 12 meses.

Tratamento	NR	CR (cm)	DR (mm)
1	37a	66,30a	6,59a
2	54a	57,10a	5,92a
3	93b	162,80b	20,64b
4	102b	149,20b	18,37b

CR = Comprimento da rebrota; DR = Diâmetro da rebrota; NR = Número de rebrotas por árvore. Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O tratamento 4 (poda a 100 % + adubação) apresentou maior média de número de rebrotas por planta, com 102 rebrotas. Enquanto que o tratamento 3 (poda a 100 % + sem adubação) obteve rebrotas mais vigorosas entre os tratamentos, em comprimento e diâmetro, com médias de 162,80 cm e 20,64 mm, respectivamente.

Os tratamentos 1 (poda a 50 % + sem adubação) e 2 (poda a 50 % + adubação) tiveram menores médias quando comparados aos tratamentos 3 e 4, variando entre eles com relação aos parâmetros avaliados. O tratamento 1 apresentou média de 37 rebrotas por planta; 66,30 cm de comprimento e 6,59 mm de diâmetro; e o tratamento 2 produziu média de 54 rebrotas por planta; 57,10 cm de comprimento e 5,92 mm de diâmetro.

O plantio de 5 anos de idade apresentou melhores resultados, com relação aos parâmetros avaliados das rebrotas, que o plantio de 3 anos. Isso se deve as condições ambientais em que se encontra o plantio, com espaçamentos entre plantas maiores (3 m x 4 m), reduzindo a competição dos fatores ambiental (água, luz e nutrientes) e espacial, ocasionando aumento da disponibilidade de reservas para as rebrotas (Reis & Reis, 1997).

Análises feitas através da correlação de Pearson mostraram que houve correlação significativa entre a biomassa da rebrota com todos os parâmetros avaliados da rebrota

(número por planta, comprimento e diâmetro) (Apêndice 8). O mesmo resultado não pôde ser observado em árvores de pau-rosa submetidas ao processo de talhadia, não sendo encontradas correlações entre o diâmetro da cepa e o comprimento e o número de rebrotas por cepa (Ohashi *et al.*, 2004).

Através do exposto é correto afirmar que o manejo dos plantios de pau-rosa através do sistema de poda da copa das árvores oferece grandes vantagens e mostra-se como alternativa de uso e conservação da espécie, contribuindo para diminuir a pressão da exploração de corte raso das populações remanescentes existentes na Amazônia, além de reduzir os custos de implantação dos plantios e de produção do óleo essencial, devido à presença do sistema radicular já formado das árvores podadas, facilitando a absorção de água e nutrientes do solo (Sampaio *et al.*, 2007).

5.4. Avaliação da influência da poda e adubação no rendimento e quantidade de linalol do óleo das rebrotas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) nos plantios de 3 e 5 anos de idade, após 12 meses

5.4.1. Rendimento do óleo das rebrotas de galhos e folhas do plantio de 3 anos de idade

A análise de variância (ANOVA), para o plantio de 3 anos, mostrou que as médias dos rendimentos de óleo produzido pelos galhos entre os tratamentos não diferiram estatisticamente. Com relação às folhas, observaram-se diferenças significativas, a 5 % de probabilidade, influenciadas pelo fator intensidade de poda e pela interação entre os fatores poda e adubação (Tabela 12).

A adubação não foi responsável pelas variações ocorridas, pois não houve diferença significativa das médias de rendimentos dos indivíduos adubados e não adubados. Este resultado está de acordo com os estudos feitos por Carvalho *et al.* (2005), concluindo que os tipos de adubação utilizados no experimento não influenciaram no rendimento do óleo essencial de capim-santo.

Segundo Santos & Innecco (2004), a produção de óleo de erva-cidreira também resultou na ausência de diferenças significativas entre os tratamentos de adubação, e com relação as variáveis estudadas (limoneno e carvona) houve influência negativa de produção de carvona e com a ausência da adubação ocorreu maior produção deste componente.

Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) do rendimento de óleo dos galhos e folhas de rebrotas de pau-rosa (*A. rosaeodora*) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses, após poda e adubação.

Parte da planta	Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Galhos	Poda	1	0,01	0,01	0,068	0,797
	Adubação	1	0,042	0,042	0,299	0,592
	Poda * Adubação	1	0,004	0,004	0,028	0,870
	Erro	16	2,265	0,142		
Folhas	Poda	1	3,579	3,579	28,381	0,0001
	Adubação	1	0,077	0,077	0,610	0,446
	Poda * Adubação	1	2,339	2,339	18,552	0,001
	Erro	16	2,017	0,126		

GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; P = probabilidade de F calculado ser maior que o tabelado.

Comparando as médias pelo teste de Tukey, verificou-se que, no rendimento de óleo das folhas, não houve diferença entre os tratamentos 1 (poda a 50 % + sem adubação) e 3 (poda a 100 % + sem adubação), assim como o tratamento 3 não diferiu do tratamento 4 (poda a 100 % + adubação). O tratamento 2 (poda a 50 % + adubação) diferiu de todos os outros tratamentos com média inferior (Tabela 13).

Tabela 13. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, do rendimento de óleo de galhos e folhas das rebrotas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses.

Tratamento	Volume (mL/Kg)		Rendimento* (%)	
	Galhos	Folhas	Galhos	Folhas
T ₁	28,25	41,85	2,30a	3,56a
T ₂	28,70	32,00	2,36a	2,75b
T ₃	29,60	44,15	2,31a	3,72a
T ₄	29,80	48,55	2,43a	4,28c

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A produção de óleo obtida das folhas foi superior a produzida pelos galhos, com média de 41,64 mL/Kg e 29,09 mL/Kg, respectivamente. O rendimento médio de óleo das folhas foi de 3,58 %, e dos galhos, 2,35 %.

O tratamento 4 (poda a 100 % + adubação) obteve maior produção de óleo tanto de galhos quanto de folhas, com rendimento médio de 2,43 % e 4,28 %, respectivamente. Seguido do tratamento 3 (poda a 100 % + sem adubação) produzindo média de rendimentos de óleo de galhos de 2,31 %, e de folhas, 3,72 %.

O tratamento 2 (poda a 50 % + adubação) foi o que obteve resultados inferiores de todos os tratamentos estudados, produzindo rendimento de óleo dos galhos de 2,36 %, e das folhas, de 2,75 %.

Os maiores valores obtidos de rendimento de óleo neste estudo foram superiores aos encontrados por Leite *et al.* (2001), estudando folhas e galhos jovens, com rendimentos de 2,4 % e 1,1 %, respectivamente. O mesmo pode ser observado, quando comparado a estudos feitos por Ohashi *et al.* (1997), cuja quantidade de óleo obtida, de folhas adultas de pau-rosa, foi de 2,6 %. Esse aumento na produção de óleo pode ter sido influenciado pelo rigoroso processo de secagem das amostras, pois diminui os teores de umidades das amostras de galhos e folhas analisados, obtendo maior quantidade de óleo no final da extração e evitando a possível perda de constituintes químicos voláteis (Vitti & Brito, 1999; Melo *et al.*, 2004).

Verificou-se que entre os tratamentos com poda a 100 %, o tratamento 3 obteve quantidade de óleo menor do que o tratamento 4. Porém, quando relacionados à quantidade de óleo e a biomassa da rebrota produzidos em cada tratamento, é possível afirmar que o tratamento 3 produziria maior quantidade final de óleo, pois estimulou maior produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas (16 ton/ha). Confirmando que a produção de óleo é diretamente proporcional à biomassa aérea (Maffei *et al.*, 2000; Sampaio *et al.*, 2005), não havendo necessidade de investimentos em adubação para este plantio a fim de obter maior volume de óleo de pau-rosa no primeiro ano de extração de óleo.

5.4.2. Rendimento do óleo das rebrotas de galhos e folhas do plantio de 5 anos de idade

Através da análise de variância (ANOVA) observou-se que não houve diferença significativa, a 5 % de probabilidade, entre os tratamentos e rendimento de óleo de galhos e de folhas das rebrotas de pau-rosa. Esta ausência de diferença não permitiu afirmar qual

tratamento foi melhor quando considerado o rendimento de óleo, sendo possível apenas quando relacionado com a biomassa da rebrota produzidas por estes órgãos vegetais (Tabela 14).

Tabela 14. Análise de variância (ANOVA) do rendimento de óleo dos galhos e folhas de rebrotas de pau-rosa (*A. rosaeodora*) do plantio de 3 anos de idade, aos 12 meses, após poda e adubação.

Parte da planta	Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F	P
Galhos	Poda	1	0,972	0,972	4,088	0,060
	Adubação	1	0,071	0,071	0,298	0,593
	Poda * Adubação	1	0,223	0,223	0,936	0,348
	Erro	16	3,806	0,238		
Folhas	Poda	1	0,652	0,652	1,740	0,206
	Adubação	1	0,214	0,214	0,572	0,460
	Poda * Adubação	1	0,418	0,418	1,115	0,307
	Erro	16	5,992	0,374		

GL = graus de liberdade; SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio; F = valor de F calculado; P = probabilidade de F calculado ser maior que o tabelado.

A média de óleo produzida pelas folhas foi maior que a média produzida pelos galhos, com 38,68 mL/Kg e 26,56 mL/Kg, respectivamente. O rendimento de óleo das folhas foi de 3,37 %, e dos galhos, 2,24 % (Tabela 15). Quando comparados com os resultados do volume e rendimento produzidos pelas folhas e galhos do plantio de 3 anos, verificou-se que foram inferiores para ambos os componentes da árvore analisados, porém as condições de plantio são diferentes em idade e espaçamento.

O tratamento 2 (poda a 50 % + adubação) produziu maior volume de óleo extraído de galhos (30,55 mL/Kg), com rendimento de 2,63 %. O volume médio de óleo de folhas do tratamento 2 foi semelhante ao encontrado no tratamento 1 (poda a 50 % + sem adubação), com médias de 41,20 mL/Kg e 40,55 mL/Kg, e rendimentos médios de 3,59 % e 3,51 %, respectivamente.

Tabela 15. Comparação de médias, pelo teste de Tukey, do volume e do rendimento de óleo de galhos e folhas das rebrotas de pau-rosa (*A. rosaeodora*) do plantio de 5 anos de idade, aos 12 meses.

Tratamento	Volume (mL/kg)		Rendimento* (%)	
	Galhos	Folhas	Galhos	Folhas
T ₁	26,65	41,20	2,30a	3,59a
T ₂	30,55	40,55	2,63a	3,51a
T ₃	24,85	33,90	2,07a	2,94a
T ₄	24,20	38,95	1,98a	3,43a

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O contrário ocorreu nos tratamentos 3 e 4, cujas copas foram podadas a 100 %, e que apresentaram menores rendimentos entre os tratamentos, tanto para o óleo extraído dos galhos (2,07 % e 1,98 %, respectivamente) quanto das folhas (2,94 % e 3,43 %, respectivamente).

Os valores obtidos de rendimento de óleo neste estudo, foram superiores aos encontrados por Freitas *et al.* (2005) e Maia *et al.* (2000), que obtiveram rendimentos de óleo a partir de folhas de pau-rosa de 1,72 % e 1,6 %, respectivamente.

A estação climática, de pouca precipitação, em que foi feita a coleta da biomassa da rebrota de galhos e folhas, pode ser um dos fatores que influenciou no rendimento de óleo de pau-rosa em ambos os plantios. Segundo estudos feitos por Lima *et al.* (2007) com folhas de pau-rosa, na Amazônia Central, no mesmo período tiveram o rendimento de 2,3 %, enquanto que no período chuvoso o rendimento foi de 2,1 %. Resultados superiores aos encontrados por Cunha (2002), estudando a mesma espécie, cujo rendimento variou entre 1,2 % e 1,6 %.

5.4.3. Quantidade de linalol no óleo das rebrotas de galhos e folhas dos plantios de 3 e 5 anos de idade

As amostras do tratamento 3 (poda a 100 % + sem adubação) foram selecionadas para as análises de quantificação do linalol, devido este tratamento ter obtido maior produção de biomassa da rebrota de galhos e folhas no intervalo de 12 meses após a realização da poda e

adubação, com relação aos outros tratamentos, sendo escolhidas as três amostras que tiveram maior rendimento de óleo em cada plantio.

As concentrações de linalol das amostras de óleo essencial extraído das rebrotas de galhos e folhas foram determinadas pela equação da reta gerada na curva analítica (Figura 10), construída pelo método do padrão externo.

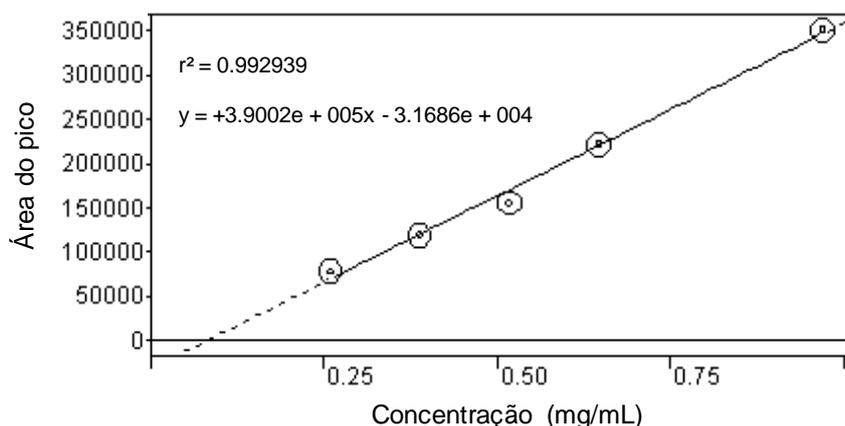


Figura 10. Curva analítica obtida pelo método do padrão externo para a determinação das concentrações do linalol no óleo essencial extraído de rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) dos plantios de 3 e 5 anos de idade.

No plantio de 3 anos de idade, o teor de linalol encontrado no óleo das rebrotas dos galhos foi maior, apresentando cerca de 64 % de linalol, enquanto que nas folhas a média do teor de linalol foi de 50 % (Tabela 16).

Resultados semelhantes foram obtidos no óleo extraído das rebrotas dos galhos do plantio de 5 anos de idade, onde o teor médio foi, aproximadamente, 65 %. Quando comparado com o teor de linalol obtido do óleo das folhas, verificou-se uma diferença de quase 20 % de linalol a menos, com média de 38 % de linalol.

Tabela 16. Valores médios do teor de linalol no óleo essencial das rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), nos plantios de 3 e 5 anos de idade.

	Plantio de 3 anos		Plantio de 5 anos	
	Concentração (mg/mL)	% Linalol	Concentração (mg/mL)	% Linalol
Folhas	0,43	49,78	0,33	38,10
Galhos	0,34	63,83	0,35	65,12

De maneira geral, não se verificou grandes variações no teor de linalol nas diferentes idades analisadas com relação aos teores encontrados nos óleos extraídos das rebrotas de galhos. Entretanto, no óleo das folhas o teor de linalol foi inferior ao dos galhos, principalmente do plantio de 5 anos, onde se observou o menor teor de linalol.

O conteúdo de linalol pode variar de acordo com a variação da estação climática, onde esta redução pode estar associada ao aumento da temperatura. Considerando o período de coleta das amostras de folhas e galhos deste estudo, verificou-se que foi feita no período de menor precipitação (agosto-setembro) no estado do Amazonas, obtendo resultado semelhante ao de Lima *et al.* (2007) encontrando maior teor de linalol no óleo proveniente das folhas de pau-rosa do período chuvoso, com 73,9 % em detrimento do período de menor precipitação (62,6 %).

De acordo com estudos feitos por Freitas *et al.* (2005), o teor de linalol do óleo de folhas jovens foi de 57 %, em plantio a pleno sol, semelhante ao deste estudo, ocorrendo diferença quando o experimento foi realizado sob sombra onde percentual de linalol contido no óleo foi relativamente superior, pois com o aumento da temperatura ocorre maior perda de linalol, por ser um componente muito volátil.

Teores superiores foram encontrados por Chaar (2000), cerca de 78 % de linalol nos galhos finos e 68 % nas folhas, confirmando que os galhos apresentam maior concentração de linalol que as folhas. Enquanto que, em estudos feitos por Ohashi *et al.* (1997) foram observados teores de linalol ainda maiores no óleo extraído de folhas de pau-rosa (73 – 78 %), sendo 10 % a menos que o encontrado no óleo da madeira.

Como pôde ser visto, o teor de linalol variou de acordo com o órgão vegetal da árvore de pau-rosa e a estação climática, onde os galhos apresentam maior percentagem de linalol que as folhas, porém menores quando comparados com a madeira. No entanto, a partir da extração de óleo dos galhos e folhas consegue-se maior volume e rendimento de óleo, e, por conseguinte, mais massa de linalol (Chaar, 2000).

6. CONCLUSÃO

- A maior produção de biomassa total da copa de árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*) foi obtida no plantio de 5 anos de idade, com espaçamento de 3 m x 4 m, quando comparada com a obtida no plantio de 3 anos, com espaçamento de 1,5 m x 2 m.
- O plantio de 3 anos produziu maior quantidade de biomassa das rebrotas, do que a produção obtida com a poda no início do experimento, em apenas 12 meses após aplicação da poda e adubação. O plantio de 5 anos produziu quantidade inferior de biomassa da rebrota com relação à biomassa obtida no início do experimento.
- As plantas cujas copas foram podadas a 100 % tiveram melhor resposta na produção de biomassa das rebrotas de galhos e folhas, em ambos os plantios, quando comparados com as plantas podadas a 50 %.
- A adubação não foi o fator determinante na produção de biomassa das rebrotas de galhos e folhas de pau-rosa (*A. rosaeodora*), nos plantios de 3 e 5 anos de idade, no intervalo de tempo de 12 meses. Não sendo necessários custos adicionais com a adubação dos plantios para obter quantidade de biomassa da rebrota satisfatória neste curto período de tempo.
- A quantidade de óleo produzida foi maior no plantio de 3 anos idade, pois quando relacionada com a quantidade de biomassa produzida, este plantio produziu maior quantidade final de óleo, demonstrando que a produtividade de óleo é diretamente proporcional à biomassa aérea.
- Em ambos os plantios, o rendimento de óleo extraído das rebrotas de folhas foi superior aos do óleo das rebrotas de galhos. No entanto, o óleo das rebrotas de galhos apresentou maior teor de linalol que o óleo das folhas.

- O conteúdo de óleo essencial nas folhas e galhos finos mostrou que é mais rentável a extração de óleo destes órgãos da planta do que os obtidos da madeira. Além de evitar a extinção da espécie, proporciona maior produção, principalmente, se for adotado o sistema de podas periódicas, pois através desta técnica silvicultural a planta produz rebrotas mais vigorosas, em maior volume de biomassa e em menor escala de tempo, trazendo retorno financeiro mais rápido e valorizando mais o produto por ter um processo produtivo menos prejudicial ao meio ambiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, J.C.; Fernandes, N. P. 1978. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies, Pau-rosa (*Aniba duckei* Kosterm.). *Acta Amazonica* 8(4): 523-541.
- Andrade, A.M.; Gomes, S.S. 2000. Influência de alguns fatores não genéticos sobre o teor de óleo essencial em folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. *Floresta e Ambiente* 7(1): 181-189.
- Araújo, V.C.de; Corrêa, G.C.; Maia, J.G.S.; Silva, M.L.da; Gottlieb, O.R.; Marx, M.C.; Magalhães, M.T. 1971. Óleos essenciais da Amazônia contendo linalol. *Acta Amazonica* 1 (3): 45-47.
- Araújo, M.H.T.; Sampaio, P.T.B.; Vieira, G.; Spironello, W.; Useche, F. L.; Bruno, F.M.S. 2005. Sobrevivência e crescimento de plantas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em clareiras artificiais abertas em capoeiras. *In VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas – SINRAD*, Curitiba, PR.
- Balloni, E.A.; Silva, A.P. 1978. Condução de touças de *Eucalyptus*: resultados preliminares. *In: Barros, N.F.; Teixeira, P.C.; Teixeira, J.L. 1997. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. Ser. Téc. IPEF* 30 (11): 79-88.
- Balloni, E.A.; Simões, J.W. 1980. Influência do espaçamento de plantio na produtividade das florestas de *Eucalyptus*. *Ser. Téc. IPEF* 1 (3): 1-16.
- Barbosa, A.P.; Azevedo, I.M.G.; Lopes, R.B.C; Carneiro, N.B.M. 2007. Plantios de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) e a produção de óleo a partir de mudas plantadas. *In: IV Simpósio Brasileiro de Óleos Essenciais*, Fortaleza, Ce, PADETEC.
- Barros, N.F.; Teixeira, P.C.; Teixeira, J.L. 1997. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. *Sér. Téc. IPEF* 30 (11): 79-88.

- Bellote, A.F.J.; Ferreira, C.A. 1993. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no estado de São. *Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, 26/27: 17-28.
- Bellote, A.F.J.; Silva, H.D.da. 2003. *Cultivo do Eucalipto*. Sistema de Produção, 4. Disponível em: < http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/05_03_adubacao_e_calagem.htm>. Acessado em: 08 mai. 2007.
- Bernardo, A.L. 1995. *Crescimento e eficiência nutricional de Eucalyptus spp. sob diferentes espaçamentos na região de cerrado de Minas Gerais*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 102 p.
- Botelho, S.A.; Davide, A.C.; Faria, J.M.R. 1996. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de Minas Gerais. *Revista Cerne* 2(1): 4-13.
- Caldeira, M.V.W.; Schumacher, M.V.; Tedesco, N.; Santos, E.M.dos. 2000. Ciclagem de nutrientes em *Acacia mearnsii* DE WILD. V. *Ciência Rural* 30 (6): 977-982.
- Caldeira, M.V.W.; Rondon Neto, R.M.; Schumacher, M.V. 2003. Conteúdo e exportação de micronutrientes em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Batemans Bay (Austrália). *R. Árvore* 27 (1): 9-14.
- Carvalho, C.M.de; Cosa, C.P.de M.; Sousa, J.dos S.; Silva, R.H.D.da; Oliveira, C.L.; Paixão, F.J.R.da. 2005. Rendimento da produção de óleo essencial de capim-santo submetido a diferentes tipos de adubação. *Revista de Biologia e Ciências da Terra* 5 (2).
- Castro, O.M. 1995. Cultivo mínimo e propriedades físicas do solo. In: *Anais do 1º Seminário sobre Cultivo Mínimo do Solo em Florestas*. Curitiba, Paraná. p.34-42.
- Castro, S.W.V.de; Farias Neto, J.T.de; Cavalcante, E.da S. 1998. Efeito do espaçamento na produtividade de biomassa de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). *Acta Amazonica* 28 (2): 141-146.

- Castro, N.E.A.; Carvalho, G.J.; Cardoso, M.G.; Pimentel, F.A.; Correa, R.M.; Guimarães, L.G.L. 2008. Avaliação de rendimento e dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. colhidas em diferentes épocas do ano em municípios de Minas Gerais. *Rev. Bras. Pl. Med.* 10(1): 70-75.
- Chaar, J.da S. 2000. *Estudos analíticos e modificação química por acetilação do linalol contido no óleo essencial da espécie Aniba duckei* Kosterm. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, São Carlos, São Paulo. 125 p.
- Chalchat, J.C.; Kundakovic, T.; Gorunovic, M.S. 2001. Essential oil the leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehn., Myrtaceae from Jerusalem. In: Castro, N.E.A.; Carvalho, G.J.; Cardoso, M.G.; Pimentel, F.A.; Correa, R.M.; Guimarães, L.G.L. 2008. Avaliação de rendimento e dos constituintes químicos do óleo essencial de folhas de *Eucalyptus citriodora* Hook. colhidas em diferentes épocas do ano em municípios de Minas Gerais. *Rev. Bras. Pl. Med.* 10 (1): 70-75.
- City Brazil. 2007. *Maués*. Disponível em: <<http://www.citybrazil.com.br/am/maues/geral.htm>>. Acessado em: 12 mar. 2007.
- Cravo, M.S.; Smyth, T.J. 1991. Sistemas de cultivo com altos insumos na Amazônia brasileira. In: Smyth, T.J.; Raun, W.R.; Bertsch, F. *Manejo de Suelos tropicales en latinoamerica*. Raleigh: North Carolina State University. p. 144-156.
- Cunha, L.N. 2002. *Influência sazonal no teor de linalol da espécie Aniba duckei* Kosterm. *plantadas em ambiente natural*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ.
- Farias, J.M.R.; Davide, A.C.; Botelho, S.A. 1997. Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. *Revista Cerne* 3 (1): 1-20.

- Ferraz, J.B.S.; Higuchi, N.; Santos, J.dos; Biot, Y.; Marques, F.; Baker, K.; Baker, R.; Hunter, I.; Proctor, J. 1997. *Distribuição de nutrientes nas árvores e exportação de nutrientes pela exploração seletiva de madeira*. Relatório Final - Projeto Bionte. MCT-INPA- DFID. p. 133-149.
- Figueiredo, E.O. 2001. Recomendações para a poda em reflorestamentos de sumaúma. *Instruções Técnicas*, Embrapa-AC, (36): 1-2.
- Freitas, M.S.de; Santos, A.T.C.dos; Barbosa, A.P.; Char, J.da S. 2005. Produção de óleo de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) a partir de mudas plantadas. *In: II Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel*, UFLA, Varginha, Minas Gerais. p. 433-438.
- Gonçalves, J.L.M. 1995. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. *Documentos Florestais* 15: 1-23.
- Green, M. 2004. *Avaliação nutricional e fatores de sítio do solo em plantios de pau-de-balsa (Ochroma pyramidale Cav. ex Lamb.) Urb) e andiroba (Carapa guianensis Aubl.) sobre áreas degradadas na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus. 132p.
- Higa, R.C.V.; Sturion, J.A. 2000. Efeito do espaçamento na capacidade de brotação de *Eucalyptus viminalis*. *Bol. Pesq. Fl.*, Colombo, 40: 77-83.
- Higuchi, N.; Santos, J. dos; 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.
- Kageyama, P.Y.; Freixêdas, V.M.; Geres, W.L.A.; Dias, J.H.P.; Borges, A.S. 1992. Consórcio de espécies nativas de diferentes grupos sucessionais em Teodoro Sampaio, SP. *In: Botelho, S.A.; Davide, A.C.; Faria, J.M.R.* 1996. Desenvolvimento inicial de seis espécies florestais nativas em dois sítios, na região sul de Minas Gerais. *Revista Cerne* 2(1): 4-13.

- Kubitzki, K.; Renner, S. 1982. Lauraceae (*Aniba*). *Flora Neotropica, Monograph 31*. New York Botanic Garden, New York.
- Leite, A.M.C.; Quisen, R.C.; Sampaio, P.T.B. 2001. Pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) Lauraceae): informações sobre o sistema de plantio e o manejo sustentável da espécie. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, *Documentos 13*. 20 p.
- Lima, R.B.S.; Atroch, E.M.A.C.; Gonçalves, J.F.de C.; Pohlit, A.M.; Chaar, J.da S.; Rocha, D.; Nogueira, K.L. 2007. *Variação no rendimento de óleos voláteis em folhas de árvores de pau-rosa em dois períodos distintos de precipitação, na Amazônia Central*. Livro de resumos da 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia, São Paulo.
- Maffeis, A.R.; Silveira, R.L.V.A.; Brito, J.O. 2000. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. *Scientia Florestalis* 57: 87-98.
- Magalhães, L.M.S.; Alencar, J.C. 1979. Fenologia do pau-rosa (*Aniba duckei* Kosterm.), Lauraceae, em floresta primária na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 9(4): 23-35.
- Magalhães, L.M.S.; Blum, W.E.H. 1999. Concentração e distribuição de nutrientes nas folhas de espécies florestais na Amazônia Ocidental. *Floresta e Ambiente* 6(1): 127-137.
- Maia, J.G.S.; Zoghbi, M.das G.B.; Andrade, E.H.de A. 2000. *Plantas aromáticas na Amazônia e seus óleos essenciais*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. p. 55.
- Malavolta, E. 1992. *ABC da análise de solos e folhas: amostragem interpretação e sugestões de adubação*. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 85-98.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, S.A. de. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba: POTAFOS. 319p.

- 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* Ducke). *Acta Amazonica* 29(2): 303-312.
- May, P.H.; Barata, L.E.S. 2004. Rosewood exploitation in the Brazilian Amazon: options for sustainable production. *Economic Botany* 58 (2): 257-265.
- Melo, E.de C.; Radünz, L.L.; Melo, R.C.de A. 2004. Influência do processo de secagem na qualidade de plantas medicinais – Revisão. *Engenharia na Agricultura*, 12 (4): 307-315.
- Morais, A.A.de; Rezende, C.M.A.de M.; Bulow, M.V. von; Mourão, J.C.; Gottlieb, O.R.; Marx, M.C.; Rocha, A.I.; Magalhães, M.T. 1972. Óleos essenciais de espécies do gênero *Aniba*. *Acta Amazonica* 2 (1): 41-44.
- Moraes Neto, S.P.de; Gonçalves, J.L.de M.; Arthur Júnior, J.C.; Ducatti, F.; Aguirre Júnior, J.H. 2003. Fertilização de mudas de espécies arbóreas nativas e exóticas. *Revista Árvore* 27 (2): 129-137.
- Murbach, M.R.; Boaretto, A.E.; Muraoka, T.; Silveira, R.I.; Boaretto, R.M. 1999. Adubação NPK e produção de borracha seca pela seringueira (*Hevea brasiliensis*). *Scientia Agricola* 56(1): 71-76.
- Ohashi, S.T.; Rosa, L. S.; Santana, J. A. 1997. Brazilian rosewood oil: sustainable production and oil quality management. *Perfumer & Flavorist* 22: 1-5.
- Ohashi, S.T.; Rosa, L.dos S. 2004. Pau-rosa – *Aniba rosaeodora* Ducke. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia* (4). 2 p.
- Ohashi, S.T.; Rosa, L.dos S.; Mekdece, F.S. 2004. Influência do diâmetro e da altura de corte das cepas na brotação de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke). *Rev. Ciênc. Agrár.* 41: 137-144.

- Oliveira, E.C.P.; Lameira, O.A.; Zoghbi, M.G.B. 2006. Identificação da época de coleta do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Mojú, PA. *Rev. Bras. Pl. Med.* 8 (3): 14-23.
- Paiva, H.N.; Jacovine, L.A.G.; Rebeiro, G.T. 2001. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais. *In: Rondon, E.V. 2006. Estudo de biomassa de *Tectona grandis* L.f. sob diferentes espaçamentos no Estado de Mato Grosso. R. *Árvore* 30 (3): 337-341.*
- Peres, L.E.P. 2002. *Nutrição mineral de plantas*. Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal (Material didático), Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul. 30 p.
- Piva, H.L. 2006. Plantio florestal: oportunidade para um futuro sustentável. *Informativo da Associação Brasileira de Celulose e Papel*, 13 (609). 1p.
- Poggiani, F.; Stape, J.L.; Gonçalves, J.L.de M. 1998. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. *Sér. Téc. IPEF* 12 (31): 33-44.
- Raoul, W. 1985. *Contribuição para o estudo do óleo essencial de pau-rosa do Brasil*. Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro. 33 p.
- Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. 2001. *Biologia vegetal*. 6ª edição. 906 p.
- Reis, G.G.; Reis, M.G.F. 1997. Fisiologia da brotação de eucalipto, com ênfase nas suas relações hídricas. *Sér. Téc. IPEF* 11(30): 9-22.
- Rezende, G.C.; Suiter Filho, W. & Mendes, C.J. 1980. Regeneração dos maciços florestais da Cia. Agrícola e Florestal Santa Bárbara. *In: Barros, N. F.; Teixeira, P. C.; Teixeira, J. L. 1997. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. Sér. Téc. IPEF* 30 (11): 79-88.
- Ribeiro, J.E.L.S.; Hopkins, M.J.G.; Vincentini, A.; Sothers, C.A.; Costa, M.A.S.; Brito, J.M.; Souza, M.A.D.; Martins, L.H.; Lohmann, L.G.; Assunção, P.A.C.L.; Pereira, E.C.; Silva, C.F.; Mesquita, M.R.; Procópio, L.C. 1999. *Flora da reserva Ducke: guia de*

identificação de plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central.
Manaus, INPA. 816p.

Roque, C.G.; Prado, R.de M.; Natale, W.; Beutler, A.N.; Centurion, J.F. 2004. Estado nutricional e produtividade da seringueira em solo com calcário aplicado superficialmente. *Pesq. Agropec. Bras.* 39(5): 485-490.

Rondon, E.V. 2002. Produção de biomassa e crescimento de árvores de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke sob diferentes espaçamentos na região de mata. *R. Árvore* 26 (5): 573-576.

Rondon, E.V. 2006. Estudo de biomassa de *Tectona grandis* L.f. sob diferentes espaçamentos no Estado de Mato Grosso. *R. Árvore* 30 (3): 337-341.

Sampaio, P.T.B.; Vieira, G.; Gomes, L.A.; Leite, A.; Quisen, R. 2000. *Regeneração natural como propágulos para produção de mudas de pau-rosa (Aniba rosaeodora Ducke) em viveiro.* Livro de resumo do 6º Congresso e Exposição Internacional sobre Florestas (FOREST 2000). Porto Seguro, Bahia, p. 177-180.

Sampaio, P.T.B.; Ferraz, I.D.K.; Camargo, J.L.C. 2003. Pau-rosa - *Aniba rosaeodora* Ducke – Lauraceae. *Manual de sementes da Amazônia* (3). 7 p.

Sampaio, P.T.B.; Barbosa, A.P.; Vieira, G.; Spironello, W.R.; Bruno, F.M.S. 2005. Biomassa da rebrota de copas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em plantios sob sombra parcial em floresta primária. *Acta Amazonica* 35 (4): 491-494.

Sampaio, P.T.B.; Santos, M.C.dos; Vieira, G.; Spironello, W.; Useche, F.L.; Bruno, F.M.S. 2007. Avaliação rebrota da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de podas sucessivas. *Acta Amazonica* 37 (1): 55-60.

Santos, M.R.A.; Innecco, R. 2004. Adubação orgânica e altura de corte da erva-cidreira brasileira. *Hortic. bras.* 22 (2): 182-185.

- Schumacher, M.V.; Caldeira, M.V.W. 2001. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subsp. *Maidenii*. *Ciência Florestal* 1 (11): 45-53.
- SDS – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 2006. Notícias: Semana do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.sds.am.gov.br/noticia.php?xcod=2255>>. Acessado em: 21 mar. 2007.
- Silva, P.H.M.da. 2005. A importância da adubação no plantio florestal. Disponível em: <http://www.ipef.br/silvicultura/importancia_adubacao.asp>. Acessado em: 19 out. 2006.
- Simão, S. 1998. *Tratado de fruticultura*. Piracicaba: FEALQ. São Paulo. 760 p.
- Souza, P.A.de; Venturin, N.; Macedo, R.L.G.de; Alvarenga, M.I.N.; Silva, V.F.da. 2001. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de áreas degradadas pela extração de areia. *Revista Cerne* 7(2): 43-52.
- Terezo, E. 1972. O extrativismo do pau-rosa (*Aniba duckei* Kosterm. – *A. rosaeodora* Ducke): aspectos silviculturais e econômicos. SUDAM, Belém, Pará. *Documentos da Amazônia* 3 (1/4): 5-55.
- Thibau, C.E. 2000. *Produção sustentada em florestas: Conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações*. Ed. do autor, Belo Horizonte. 509 p.
- Useche, F.L. 2003. *Estabelecimento e desenvolvimento inicial de plântulas de Aniba rosaeodora Ducke em clareiras artificiais*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal Rural da Amazônia, Manaus. 66 p.
- Vieira, A.N. 1970. Aspectos silviculturais do pau-rosa (*Aniba duckei* Kosterm.) I – Estudos preliminares sobre o incremento volumétrico. In: Alencar, J. C.; Fernandes, N. P. 1978. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies, Pau-rosa (*Aniba duckei* Kosterm.). *Acta Amazonica* 8(4): 523-541.

Vitti, A.M.S.; Brito, J.O. 1999. Produção de óleo essencial de eucalipto. *IPEF Notícias* 23 (146):11. ESALQ/USP. São Paulo, Piracicaba.

Vitti, A.M.S.; Brito, J.O. 2003. Óleo essencial de eucalipto. *Documentos Florestais* 17: 1-26, ESALQ/USP. São Paulo, Piracicaba.

APÊNDICE

Apêndice 1. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, biomassa da copa, biomassa da rebrota e os nutrientes das folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), no plantio de 3 anos de idade.

	HT	DAC	DC	B	BR	Ca	Mg	P	K	Fe	Zn
DAC	0,502 (0,063)										
DC	0,531 (0,028)	0,500 (0,067)									
B	0,256 (1,000)	0,752 (0,000)	0,401 (0,677)								
BR	-0,038 (1,000)	0,316 (1,000)	0,319 (1,000)	0,613 (0,002)							
Ca	0,000 (1,000)	-0,225 (1,000)	-0,083 (1,000)	0,234 (1,000)	-0,285 (1,000)						
Mg	0,075 (1,000)	-0,024 (1,000)	-0,121 (1,000)	0,096 (1,000)	-0,155 (1,000)	0,801 (0,0001)					
P	-0,255 (1,000)	-0,289 (1,000)	-0,162 (1,000)	0,241 (1,000)	-0,193 (1,000)	-0,115 (1,000)	-0,320 (1,000)				
K	0,213 (1,000)	0,210 (1,000)	0,207 (1,000)	0,135 (1,000)	-0,088 (1,000)	0,540 (0,021)	0,461 (0,183)	-0,118 (1,000)			
Fe	-0,175 (1,000)	-0,103 (1,000)	-0,021 (1,000)	0,112 (1,000)	0,187 (1,000)	-0,360 (1,000)	-0,439 (0,305)	0,282 (1,000)	-0,115 (1,000)		
Zn	0,128 (1,000)	0,035 (1,000)	0,190 (1,000)	0,093 (1,000)	-0,052 (1,000)	0,040 (1,000)	-0,059 (1,000)	0,166 (1,000)	0,016 (1,000)	0,238 (1,000)	
Mn	-0,180 (1,000)	-0,136 (1,000)	0,050 (1,000)	0,093 (1,000)	0,146 (1,000)	0,195 (1,000)	0,225 (1,000)	-0,153 (1,000)	0,011 (1,000)	0,080 (1,000)	0,319 (1,000)

B = Biomassa da copa; BR = Biomassa da rebrota; Ca = Cálcio; DAC = Diâmetro à altura do colo; DC = Diâmetro da copa; Fe = Ferro; HT = Altura total; K = Potássio; Mg = Magnésio; P = Fósforo; Zn = Zinco. O valor entre parênteses corresponde a probabilidade.

Apêndice 2. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, biomassa da copa, biomassa da rebrota e os nutrientes das folhas de pau-rosa (*Aniba rosaedora*), no plantio de 5 anos de idade.

	HT	DAP	DC	B	BR	Ca	Mg	P	K	Fe	Zn
DAP	0,485 (0,099)										
DC	0,325 (1,000)	0,585 (0,005)									
B	0,169 (1,000)	0,335 (1,000)	0,295 (1,000)								
BR	0,215 (1,000)	0,434 (0,340)	0,525 (0,034)	0,618 (0,001)							
Ca	0,236 (1,000)	0,183 (1,000)	0,327 (1,000)	-0,064 (1,000)	-0,158 (1,000)						
Mg	0,335 (1,000)	0,186 (1,000)	0,373 (1,000)	-0,034 (1,000)	-0,064 (1,000)	0,865 (1,000)					
P	-0,246 (1,000)	-0,112 (1,000)	-0,078 (1,000)	-0,031 (1,000)	0,094 (1,000)	-0,268 (1,000)	-0,186 (1,000)				
K	-0,156 (1,000)	0,100 (1,000)	0,102 (1,000)	0,215 (1,000)	0,124 (1,000)	0,264 (1,000)	0,172 (1,000)	0,001 (1,000)			
Fe	-0,186 (1,000)	-0,249 (1,000)	-0,248 (1,000)	-0,112 (1,000)	0,005 (1,000)	-0,104 (1,000)	-0,103 (1,000)	0,123 (1,000)	-0,055 (1,000)		
Zn	-0,086 (1,000)	0,021 (1,000)	-0,064 (1,000)	0,206 (1,000)	0,115 (1,000)	-0,141 (1,000)	-0,001 (1,000)	0,162 (1,000)	0,172 (1,000)	0,161 (1,000)	
Mn	-0,074 (1,000)	-0,066 (1,000)	-0,037 (1,000)	-0,101 (1,000)	-0,107 (1,000)	0,042 (1,000)	0,078 (1,000)	-0,045 (1,000)	-0,214 (1,000)	0,470 (0,146)	0,474 (0,131)

B = Biomassa da copa; BR = Biomassa da rebrota; Ca = Cálcio; DAP = Diâmetro à altura do peito; DC = Diâmetro da copa; Fe = Ferro; HT = Altura total; K = Potássio; Mg = Magnésio; P = Fósforo; Zn = Zinco. O valor entre parênteses corresponde a probabilidade.

Apêndice 3. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, biomassa da copa, biomassa da rebrota e os nutrientes dos galhos de pau-rosa (*Aniba rosaedora*), no plantio de 3 anos de idade.

	HT	DAC	DC	B	BR	Ca	Mg	P	K	Fe	Zn
DAC	0,502 (0,063)										
DC	0,531 (0,028)	0,500 (0,067)									
B	0,256 (1,000)	0,752 (0,000)	0,401 (0,677)								
BR	-0,038 (1,000)	0,316 (1,000)	0,319 (1,000)	0,613 (0,002)							
Ca	0,181 (1,000)	-0,156 (1,000)	0,091 (1,000)	-0,080 (1,000)	-0,205 (1,000)						
Mg	0,142 (1,000)	-0,267 (1,000)	0,007 (1,000)	-0,222 (1,000)	-0,071 (1,000)	0,734 (0,0001)					
P	0,211 (1,000)	-0,064 (1,000)	-0,081 (1,000)	-0,202 (1,000)	-0,323 (1,000)	0,624 (0,001)	0,618 (0,001)				
K	0,25 (1,000)	0,16 (1,000)	0,345 (1,000)	-0,029 (1,000)	-0,007 (1,000)	0,285 (1,000)	0,113 (1,000)	0,166 (1,000)			
Fe	0,12 (1,000)	0,087 (1,000)	-0,008 (1,000)	0,043 (1,000)	-0,075 (1,000)	0,529 (0,029)	0,443 (0,279)	0,546 (0,018)	0,283 (1,000)		
Zn	0,158 (1,000)	-0,14 (1,000)	0,078 (1,000)	-0,010 (1,000)	0,082 (1,000)	0,675 (0,0001)	0,696 (0,0001)	0,498 (0,071)	0,204 (1,000)	0,435 (0,334)	
Mn	-0,018 (1,000)	0,107 (1,000)	0,168 (1,000)	0,328 (1,000)	0,380 (1,000)	0,217 (1,000)	0,379 (1,000)	0,033 (1,000)	0,082 (1,000)	0,392 (0,816)	0,432 (0,352)

B = Biomassa da copa; BR = Biomassa da rebrota; Ca = Cálcio; DAC = Diâmetro à altura do colo; DC = Diâmetro da copa; Fe = Ferro; HT = Altura total; K = Potássio; Mg = Magnésio; P = Fósforo; Zn = Zinco. O valor entre parênteses corresponde a probabilidade.

Apêndice 4. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas, biomassa da copa, biomassa da rebrota e os nutrientes dos galhos de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), no plantio de 5 anos de idade.

	HT	DAP	DC	B	BR	Ca	Mg	P	K	Fe	Zn
DAP	0,485 (0,099)										
DC	0,325 (1,000)	0,585 (0,005)									
B	0,169 (1,000)	0,335 (1,000)	0,295 (1,000)								
BR	0,215 (1,000)	0,434 (0,340)	0,525 (0,034)	0,618 (0,001)							
Ca	0,120 (1,000)	0,227 (1,000)	0,264 (1,000)	-0,289 (1,000)	0,050 (1,000)						
Mg	-0,015 (1,000)	0,205 (1,000)	0,066 (1,000)	0,022 (1,000)	0,248 (1,000)	0,487 (0,096)					
P	-0,103 (1,000)	0,227 (1,000)	-0,047 (1,000)	0,255 (1,000)	0,235 (1,000)	0,010 (1,000)	0,476 (0,125)				
K	0,027 (1,000)	0,252 (1,000)	0,203 (1,000)	0,299 (1,000)	0,369 (1,000)	-0,150 (1,000)	0,047 (1,000)	0,263 (1,000)			
Fe	-0,066 (1,000)	-0,113 (1,000)	-0,172 (1,000)	-0,080 (1,000)	0,063 (1,000)	0,367 (1,000)	0,340 (1,000)	0,007 (1,000)	0,001 (1,000)		
Zn	-0,105 (1,000)	-0,164 (1,000)	-0,092 (1,000)	-0,175 (1,000)	-0,054 (1,000)	0,400 (0,691)	0,388 (0,890)	0,144 (1,000)	-0,178 (1,000)	0,250 (1,000)	
Mn	-0,049 (1,000)	0,008 (1,000)	-0,148 (1,000)	-0,274 (1,000)	-0,103 (1,000)	0,533 (0,026)	0,336 (1,000)	0,181 (1,000)	-0,181 (1,000)	0,198 (1,000)	0,426 (0,408)

B = Biomassa da copa; BR = Biomassa da rebrota; Ca = Cálcio; DAP = Diâmetro à altura do peito; DC = Diâmetro da copa; Fe = Ferro; HT = Altura total; K = Potássio; Mg = Magnésio; P = Fósforo; Zn = Zinco. O valor entre parênteses corresponde a probabilidade.

Apêndice 5. Comparação das médias pelo teste de Tukey entre os tratamentos e a biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), no plantio de 3 anos de idade, com suas respectivas probabilidades entre parênteses.

Tratamento	1	2	3
2	0,355 (0,922)		
3	4,350 (0,0001)	3,994 (0,0001)	
4	3,180 (0,0001)	2,824 (0,0001)	-1,170 (0,181)

Apêndice 6. Comparação das médias pelo teste de Tukey entre os tratamentos e a biomassa da rebrota de galhos e folhas de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), no plantio de 5 anos de idade, com suas respectivas probabilidades entre parênteses.

Tratamento	1	2	3
2	0,213 (1,000)		
3	13,568 (0,0001)	13,355 (0,0001)	
4	14,833 (0,0001)	14,620 (0,0001)	1,265 (0,934)

Apêndice 7. Matriz de correlação entre as variáveis dendrométricas, a biomassa e os parâmetros da rebrota de árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), no plantio de 3 anos de idade.

	HT	DAC	DC	B	BR	NR1	CR1
DAC	0,502 (0,087)						
DC	0,531 (0,038)	0,500 (0,092)					
B	0,256 (1,000)	0,752 (0,0001)	0,401 (0,934)				
BR	-0,038 (1,000)	0,316 (1,000)	0,319 (1,000)	0,613 (0,002)			
NR1	0,017 (1,000)	0,523 (0,049)	0,362 (1,000)	0,642 (0,001)	0,764 (0,0001)		
CR1	-0,089 (1,000)	0,150 (1,000)	-0,075 (1,000)	0,394 (1,000)	0,460 (0,255)	0,415 (0,706)	
DR1	-0,246 (1,000)	0,199 (1,000)	0,067 (1,000)	0,386 (1,000)	0,542 (0,028)	0,507 (0,078)	0,571 (0,011)

B = Biomassa da copa; BR = Biomassa da rebrota; CR1 = Comprimento da rebrota a 1 ano; DAC = Diâmetro à altura do colo; DC = Diâmetro da copa; DR1 = Diâmetro da rebrota a 1 ano; HT = Altura total; NR1 = Número de rebrotas por árvore a 1 ano; T = Tratamento. O valor entre parênteses corresponde a probabilidade.

Apêndice 8. Matriz de correlação entre as variáveis dendrométricas, a biomassa da rebrota e os parâmetros da rebrota de árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), no plantio de 5 anos de idade.

	HT	DAP	DC	B	BR	NR1	CR1
DAP	0,485 (0,082)						
DC	0,325 (1,000)	0,585 (0,004)					
B	0,169 (1,000)	0,335 (1,000)	0,295 (1,000)				
BR	0,215 (1,000)	0,434 (0,283)	0,525 (0,028)	0,618 (0,001)			
NR1	0,003 (1,000)	0,228 (1,000)	0,485 (0,084)	0,499 (0,058)	0,802 (0,0001)		
CR1	0,090 (1,000)	0,232 (1,000)	0,357 (1,000)	0,604 (0,002)	0,872 (0,0001)	0,769 (0,0001)	
DR1	0,104 (1,000)	0,334 (1,000)	0,315 (1,000)	0,631 (0,001)	0,890 (0,0001)	0,729 (0,0001)	0,940 (0,0001)

B = Biomassa da copa; BR = Biomassa da rebrota; CR1 = Comprimento da rebrota a 1 ano; DAC = Diâmetro à altura do colo; DC = Diâmetro da copa; DR1 = Diâmetro da rebrota a 1 ano; HT = Altura total; NR1 = Número de rebrotas por árvore a 1 ano; T = Tratamento. O valor entre parênteses corresponde a probabilidade.