



MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - PPGCA

ANTONIO KLEDSON LEAL SILVA

DINÂMICA DE SERAPILHEIRA E PRODUÇÃO DE RAÍZES
FINAS EM PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium parahyba*
var. amazonicum) E FLORESTA SUCESSIONAL EM AURORA
DO PARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL

BELÉM-PA
2009

ANTONIO KLEDSON LEAL SILVA

DINÂMICA DE SERAPILHEIRA E PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS EM PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium parahyba var. amazonicum*) E FLORESTA SUCESSIONAL EM AURORA DO PARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA-Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ecossistema e Uso da terra.

Orientador: Professor Dr. Steel Silva Vasconcelos.

BELÉM-PA
2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação(CIP)
Biblioteca Geól. Rdº Montenegro G. de Montalvão

Silva, Antonio Kledson Leal

S586d Dinâmica de serapilheira e produção de raízes finas em plantios de Paricá (*Schizolobium Parahyba* Var. *Amazonicum*) e floresta sucessional em Aurora do Pará, Amazônia Oriental. / Antonio Kledson Leal Silva. – 2009

101 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará/EMBRAPA/Museu Emílio Goeldi, Belém, 2009.

Orientador, Steel Silva Vasconcelos.

1. Serapilheira. 2. Raízes finas. 3. Áreas degradadas. 4. Floresta sucessional. 5. Paricá. 6. Amazônia. I. Universidade Federal do Pará. II. Vasconcelos, Steel Silva, Orient. III. Título.

CDD 20º ed.: 583.763

ANTONIO KLEDSON LEAL SILVA

DINÂMICA DE SERAPILHEIRA E PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS EM PLANTIOS DE PARICÁ (*Schizolobium parahyba var. amazonicum*) E FLORESTA SUCESSIONAL EM AURORA DO PARÁ, AMAZÔNIA ORIENTAL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA-Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.
Orientador: Dr. Steel Silva Vasconcelos.

Data de Aprovação: 29 / 06 / 2009

Banca Examinadora:

_____ Orientador

Steel Silva Vasconcelos.
EMBRAPA - Amazônia Oriental

Francisco de Assis Oliveira
Universidade Federal Rural da Amazônia

José Henrique Cattanio
Universidade Federal do Pará

Leonardo Deane de Abreu Sá
INPE / MPEG

Dedico este trabalho a minha família: meu pai Antonio, minha mãe Terezinha, meus irmãos Katiucia e Klebson e aos meus sobrinhos Victor e Henrique. Vocês são minha base real de sustentação pessoal e razão infinita de viver.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais esta vitória, por mais este presente, por mais esta oportunidade. Tenho tudo o que preciso para vencer as barreiras e me melhorar como pessoa e como profissional. Graças a Deus!

À minha mãe e meu pai, por me amarem, acreditarem, investirem, auxiliarem e serem sempre as principais razões da minha peleja. Aos meus irmãos pelo sublime apoio. O pensamento positivo de vocês com relação a minha caminhada foi, é e sempre será minha fonte de força. Grato!

Paulinha, grato pelo seu amor, sua fé, seu ombro amigo, você é especial!

Ao meu orientador Dr. Steel Silva Vasconcelos. Quero que desse trabalho surja uma boa amizade, enriquecida pelo respeito e pela confiança, pois essa é a melhor forma que posso retribuir a sua paciência, compreensão e dedicação.

À Universidade Federal do Pará através do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, pela oportunidade de continuar meus estudos e minha formação profissional.

À CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado durante a realização do estudo.

Ao corpo docente do PPGCA. Eu realmente quis fazer parte desse grupo no início, então os senhores me mostraram o caminho e agora sou grato por fazer parte desse grupo de Cientistas Ambientais.

Aos colegas de classe: nós estudamos juntos, ensinamos uns aos outros e estamos vencendo.

À Dr. Iracema Cordeiro, pelo auxílio importante na implementação do projeto dentro da Fazenda Tramontina, assim como sua disponibilidade em nos auxiliar em qualquer momento.

À empresa Tramontina S.A pela área cedida para a realização do estudo e por toda logística fundamental aos nossos trabalhos de campo.

Ao seu Guilherme, responsável pelos trabalhos na Fazenda Tramontina, onde o projeto de campo foi realizado, a quem sou realmente grato pela disponibilidade em me auxiliar nas questões logísticas, assim como ao Vony e a dona Maria.

À Embrapa Amazônia Oriental, que através do laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas e de todos os funcionários, que forneceu a este trabalho o suporte necessário ao levantamento e interpretação de informações.

Um agradecimento especial aos estagiários Carolina Shizue (raízes finas) e Thiago Sozinho (serapilheira), que trabalharam diretamente nesse projeto e a Aline (laboratorista) pelo auxílio. Também a Rosana Braga, Sofia Corrêa, Khaty Elane Oliveira e ao Tássio Valente pelo auxílio importante nos momentos em que o trabalho parecia não ter fim.

A minha amiga Joelma Dias. Só tenho a lhe agradecer pelo apoio, amizade, companheirismo e por todas as palavras positivas em todos os momentos. Que você seja feliz!

Aquelas pessoas que contribuíram significativamente no levantamento de dados deste projeto: Edinaldo (Tipitamba), Jorge Fernando Freitas (Mestrando de Ciências Ambientais), MSc. Cleo Marcelo Souza (Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas).

Aos professores Dr. José Henrique Cattanio, pelo auxílio inicial na minha caminhada no mestrado, ao Dr. Leonardo Sá, por sempre está disposto em auxiliar todos nós alunos do Mestrado em Ciências Ambientais. Agradeço aos senhores também, que juntamente com Dr. Francisco de Assis, fizeram parte da banca examinadora do presente trabalho. Saúde aos senhores!

Aos meus familiares, amigos que muitas vezes me acolheram. Não posso citar só uma parte, mas posso agradecer imensamente as pessoas que fazem parte da minha vida e que acreditam na minha caminhada.

Grato !

(...) a Natureza serve e atende ao homem porque lhe é superior. O caminho da plena realização de nossas potencialidades começa por reconhecer a Natureza como ela é: Sagrada.

Carta de princípios da Associação Novo Encanto de Desenvolvimento Ecológico

RESUMO

A implantação de sistemas silviculturais e agroflorestais com o paricá (*Schizolobium parahyba var. amazonicum*) expandiu no estado do Pará, Brasil, geralmente como alternativa para revegetação de áreas degradadas (pastos abandonados). Entretanto faltam estudos básicos sobre a ciclagem de matéria orgânica para compreender o potencial do paricá em recuperar áreas degradadas. Instalou-se um experimento na fazenda da empresa Tramontina, Aurora do Pará, para avaliar processos ligados à ciclagem da matéria orgânica, como a dinâmica da serapilheira, estoque de serapilheira e produção de raízes finas, durante 12 meses (outubro de 2007 a setembro de 2008), em tratamentos com plantios de paricá com cinco anos de idade, nos seguintes arranjos: paricá solteiro (PS), consórcio paricá + feijó (*Cordia goeldiana*) (PF), sistema agroflorestal com paricá, feijó e curauá (*Ananas comosus var. erectifolius*) (PFC). Esses tratamentos com paricá foram comparados com uma área de referência (ecossistema de floresta sucessional de 25 anos) (SUC). Os tratamentos de paricá apresentaram produção anual de serapilheira inferior a SUC ($8,79 \pm 0,08 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), não havendo diferença significativa entre os tratamentos PS ($6,05 \pm 0,15 \text{ Mg ha}^{-1}$), PF ($6,08 \pm 0,13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e PFC ($6,63 \pm 0,13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). A produção mensal de serapilheira foi significativamente maior no período seco do que no chuvoso. O maior estoque de serapilheira foi identificado nos tratamentos PS ($7,7 \pm 1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) e PF ($7,4 \pm 0,1 \text{ Mg ha}^{-1}$), enquanto que SUC apresentou estoque de $5,9 \pm 1,3 \text{ Mg ha}^{-1}$. Esses resultados estão relacionados ao menor coeficiente de decomposição encontrado nos tratamentos com paricá. A produção de raízes finas total (vivas + mortas) foi significativamente maior nos tratamentos PS ($380,3 \pm 20,6 \text{ g m}^{-2}$), PF ($343,0 \pm 18,4 \text{ g m}^{-2}$) e PFC ($265,5 \pm 9,9 \text{ g m}^{-2}$) do que em SUC ($107,2 \pm 2,7 \text{ g m}^{-2}$). A variação da produção de raízes finas no período de estudo está associada com a variação mensal da precipitação pluviométrica; a produção de raízes finas diminuiu durante o período de maior precipitação e aumentou com a chegada do período seco. Os tratamentos com paricá mostraram boa capacidade em disponibilizar material orgânico acima e abaixo do solo. Mais especificamente, o paricá apresentou boa produção e estoque de

serapilheira sobre o solo, os quais são atributos desejáveis em sistemas de recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: Serapilheira. Raízes finas. Áreas degradadas. Floresta sucessional. Paricá. Amazônia.

ABSTRACT

The establishment of silviculturals and agroforestry systems with the paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) expanded in the state of Pará, Brazil, usually as an alternative to reforestation of degraded areas (abandoned pasture). However, lacking basic studies on the cycling of organic matter to understand the potential of paricá to recover degraded areas. Set up an experiment on the farm Tramontina, Aurora do Pará, to evaluate the process connected with cycling of organic matter, how the litter production (litterfall), litter stock, production of fine root during 12 months (October 2007 and September 2008), in treatments with plantations of paricá with five years, in the following arrangement: paricá single (PS), consortium paricá + freijó (*Cordia goeldiana*) (PF), Agroforestry systems with paricá, freijó and curauá (*Ananas comusus* var. *erectifolius*) (PFC). This treatment with paricá was compared with an area of reference (successional forest ecosystem with 25 years of age) (SUC). The treatments of paricá presented annual litter production under SUC ($8,79 \pm 0,08 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), no significant difference between treatments PS ($6,05 \pm 0,15 \text{ Mg ha}^{-1}$), PF ($6,08 \pm 0,13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) and PFC ($6,63 \pm 0,13 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). The monthly production of litter was significantly major in dry season than wet season. The largest stock of litter has been identified in treatments with paricá PS ($7,7 \pm 1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$) and PF ($7,4 \pm 0,1 \text{ Mg ha}^{-1}$), while the SUC presented a stock of $5,9 \pm 1,3 \text{ Mg ha}^{-1}$. This result is related to the lower rate of decomposition found in treatments with paricá. The production of total fine roots (live + dead) was significantly major in the treatments PS ($380,3 \pm 20,6 \text{ g m}^{-2}$), PF ($343,0 \pm 18,4 \text{ g m}^{-2}$) and PFC ($265,5 \pm 9,9 \text{ g m}^{-2}$) than SUC ($107,2 \pm 2,7 \text{ g m}^{-2}$), the variation of fine roots production in the period of study is associated with a seasonality of pluviometric precipitation; the fine roots production decreases during the period of increased precipitation and increases with the arrival of the dry period. Treatments with paricá showed good ability to provide organic material above and below the ground. More specifically, the paricá presented high production and storage of litter on soil, which are desirable attributes in systems for recovery of degraded areas.

Key-words: Litter. Fine roots. Degraded areas. Successional Forest. Paricá. Amazon.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 -	Mapa de localização geográfica da Fazenda Tramontina no município de Aurora do Pará, Pará.....	32
FIGURA 02 -	Pluviômetro instalado na Fazenda Tramontina no município de Aurora do Pará-Pará.....	32
FIGURA 03 -	Precipitação pluviométrica mensal na Fazenda Tramontina no município Aurora do Pará, Pará.....	33
FIGURA 04 -	Tratamentos de plantios de A - paricá solteiro (PS), B - consórcio de paricá com feijó (PF), C - agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no D - ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	34
FIGURA 05 -	A - Coletor de material formador de serapilheira com área interna de 1 m ² ; B - Coletor de serapilheira com área interna de 0,25 m ²	40
FIGURA 06 -	Precipitação mensal e produção de serapilheira nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	57
FIGURA 07 -	Precipitação mensal e produção de serapilheira total nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), agrofloresta de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	58
FIGURA 08 -	Precipitação mensal e produção das frações de serapilheira das espécies de paricá e feijó nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF) e agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	61

FIGURA 09 -	Estoque anual de serapilheira total, não-lenhoso, lenhoso e ráquis de paricá nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	63
FIGURA 10 -	Estoque sazonal de serapilheira nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	67
FIGURA 11 -	Precipitação e produção sazonal de raízes finas a 10 cm de profundidade nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	76
FIGURA 12 -	Relação da produção de raízes finas (intervalo fevereiro-março de 2008) com resultados obtidos entre janeiro e março de 2008 de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrogênio total (N-Total) (DIAS, 2008) nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	79
FIGURA 13 -	Fotografias do sub-bosque das ruas entre os tratamentos do presente estudo: A - 23/10/2007 – período seco; B - 31/03/2008 – período chuvoso.....	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 -	Características temporais e espaciais dos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	34
TABELA 02 -	Caracterização química e granulométrica do solo dos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	35
TABELA 03 -	Concentração média de nutrientes e relação carbono:nitrogênio (C:N) em adubos orgânicos comercializados no mercado brasileiro.....	36
TABELA 04 -	Diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT), densidade e biomassa de indivíduos arbóreos nas parcelas experimentais avaliadas nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	37
TABELA 05 -	Número de árvores, DAP médio, abundância, área basal e dominância das espécies mensurados com diâmetro à altura do peito (DAP) \geq 5 cm no ecossistema de floresta sucessional.....	38
TABELA 06 -	Frações analisadas nas amostras de produção de serapilheira e estoque de serapilheira.....	40
TABELA 07 -	Densidade das amostras de solo das armadilhas de raízes finas.....	43
TABELA 08 -	Produção anual de frações de serapilheira nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	47

TABELA 09 -	Porcentagem da produção média anual das frações de serapilheira nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	47
TABELA 10 -	Produção anual de serapilheira, estoque da serapilheira sobre o solo, e taxa de decomposição da serapilheira (k) em diferentes ecossistemas de floresta primária e sucessional na Amazônia e regiões tropicais.....	50
TABELA 11 -	Produção anual de serapilheira, estoque de serapilheira sobre o solo, e taxa de decomposição de serapilheira (k) em diferentes plantios florestais (monoculturas e consórcios) e agroflorestais na Amazônia e regiões tropicais.....	52
TABELA 12 -	Amplitude da produção de serapilheira nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	59
TABELA 13 -	Estoque anual de frações de serapilheira nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará...	62
TABELA 14 -	Coeficiente de decomposição (k) nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará...	64
TABELA 15 -	Produção total de raízes finas (g m^{-2}) a 10 cm de profundidade nos 8 meses de coleta (fevereiro a setembro de 2008) nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos	

	de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	69
TABELA 16 -	Produção anual de raízes finas em ecossistemas de floresta primária e sucessional.....	70
TABELA 17 -	Produção anual de raízes finas em plantios florestais (monoculturas e consórcios) e agroflorestais na Amazônia e regiões tropicais.....	72
TABELA 18 -	Produção bimensal de raízes finas total (vivas + mortas) e vivas a 10 cm de profundidade nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	75
TABELA 19 -	Produção bimensal de raízes finas mortas a 10 cm de profundidade nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	75
TABELA 20 -	Soma do aporte de material orgânico pela queda da serapilheira com o crescimento de raízes finas e relação entre a produção anual de folhas com a produção de raízes finas nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará.....	82

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	21
2.1	OBJETIVO GERAL.....	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3	HIPÓTESES	22
4	ELEMENTOS TEÓRICOS	23
4.1	ECOSSISTEMA DE FLORESTA SUCESSIONAL.....	23
4.2	MATÉRIA ORGÂNICA.....	24
4.2.1	Serapilheira e raízes finas	25
4.3	DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	27
4.3.1	Paricá	27
4.3.2	Freijó	29
4.3.3	Curauá	30
5	ÁREA DE ESTUDO	31
6	MATERIAIS E MÉTODOS	39
6.1	PRODUÇÃO E ESTOQUE DE SERAPILHEIRA	39
6.2	DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA	42
6.3	PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS	42
6.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	44
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
7.1	PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA	46
7.1.1	Produção anual	46
7.1.2	Produção mensal	56
7.1.2.1	Produção mensal das frações serapilheira nos tratamentos com paricá.....	60
7.2	ESTOQUE E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA.....	62
7.2.1	Estoque anual	62
7.2.2	Estoque sazonal	66
7.3	PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS.....	68

7.3.1	Produção total.....	68
7.3.2	Produção sazonal.....	74
7.4	APORTE TOTAL DE MATÉRIA ORGÂNICA E RELAÇÃO DA SERAPILHEIRA FOLIAR COM RAÍZES FINAS.....	82
7.5	PESQUISAS FUTURAS.....	83
8	CONCLUSÕES.....	84
	REFERÊNCIAS.....	85
	ANEXOS.....	94
	ANEXO A - ARRANJO EXPERIMENTAL DOS TRATAMENTOS DE PLANTIO DE PARICÁ SOLTEIRO (PS), PARICÁ COM FREIJÓ E CURAUÁ (PF) E PARICÁ COM FREIJÓ E CURAUÁ (PFC).....	95
	ANEXO B - ARRANJO EXPERIMENTAL DO TRATAMENTO ECOSSISTEMA DE FLORESTA SUCESSIONAL (SUC).....	96
	ANEXO C - DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES FLORESTAIS E DO CURAUÁ POR PARCELA NOS TRATAMENTOS DE PLANTIO DE PARICÁ SOLTEIRO (PS), PARICÁ COM FREIJÓ E CURAUÁ (PF) E PARICÁ COM FREIJÓ E CURAUÁ (PFC).....	97
	ANEXO D - FASES DA METODOLOGIA DE ESTUDO DA PRODUÇÃO E ESTOQUE DE SERAPILHEIRA. A) COLETOR DE MATERIAL FORMADOR DE SERAPILHEIRA; B) COLETA DE SERAPILHEIRA; C) TRIAGEM DE SERAPILHEIRA DOS ECOSSISTEMAS COM PARICÁ; D) FOLÍOLOS DE PARICÁ TRIADOS; E) TRIAGEM DE SERAPILHEIRA DA CAPOEIRA; F) PESAGEM DA SERAPILHEIRA APÓS 72 H NA ESTUFA ENTRE 60-70 °C.....	98
	ANEXO E - FASES DA METODOLOGIA DE ESTUDO DA PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS. A) MATERIAL UTILIZADO NA CONFECÇÃO DAS ARMADILHAS; B) SOLO SENDO PENEIRADO; C) IMPLANTAÇÃO DE ARMADILHA NO CAMPO; D) ARMADILHA IMPLANTADA; E) ARMADILHA COLHIDA APÓS DOIS MESES; F) RAÍZES FINAS PRONTAS PARA TRIAGEM.	99
	ANEXO F - PARTES QUE COMPÕEM AS ÁRVORES DO PARICÁ E DO FREIJÓ E DA ESPÉCIE AGRÍCOLA CURAUÁ.....	100

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira vem sofrendo uma série de impactos ambientais negativos como desmatamentos e queimadas, cuja conseqüência é a degradação de recursos naturais, incluindo solo, água e biodiversidade (NEPSTAD; MOREIRA ; ALENCAR, 1999). A implantação de pastagens e cultivos de subsistência, além do atual cenário de investimentos na produção de grãos para exportação, são os principais agentes do desmatamento (ALENCAR et al., 2004). No Pará, o cenário de degradação de recursos naturais é mais grave devido ao longo e intenso histórico de uso da terra. Com a prática do desmatamento e queimadas, a estrutura de ecossistemas como solo e vegetação são alterados, comprometendo a ciclagem de matéria orgânica, processo fundamental para a manutenção dos ecossistemas amazônicos e, conseqüentemente, da integridade dos ciclos biogeoquímicos (HOUGHTON et al., 2000).

A floresta amazônica está localizada, em sua grande parte, sobre solos de baixa fertilidade e, dessa forma, os processos de ciclagem de nutrientes são fundamentais para a manutenção da sua biomassa vegetal. Logo é importante conhecer melhor a ciclagem em ecossistemas de floresta primária e sucessional, bem como avaliar os impactos causados pelos atuais modelos de manejo da terra nos fluxos de nutrientes para o solo.

A produção de raízes finas e de material formador de serapilheira (*litterfall*) são os principais fluxos que compõem a ciclagem de matéria orgânica e nutrientes (VITOUSEK; SANFORD, 1986; NADELHOFFER; RAICH, 1992), sendo também os principais componentes da produção primária líquida acima e abaixo do solo (CUEVAS, BROWN, LUGO, 1991; CLARK et al., 2001a; CLARK et al., 2001b). Entretanto, alguns sistemas de uso da terra adotados na região amazônica têm modificado os padrões naturais de produção de serapilheira e raízes finas, conduzindo, dessa forma, estes sistemas a um estado de degradação dos solos.

O processo de recuperação de áreas degradadas pode se basear na reconstrução de aspectos estruturais e funcionais em níveis próximos aos

encontrados em ecossistemas naturais. Entretanto, nem sempre é possível alcançar um alto índice de eficiência na recuperação de uma área, tal que a estrutura e o funcionamento de um ecossistema degradado retornem ao seu estado original (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003). Portanto, a busca por técnicas que auxiliem na recuperação das propriedades físicas, químicas e biológicas de solos degradados tem sido foco de diversas pesquisas, as quais aplicam esforços no desenvolvimento de sistemas de uso da terra que possibilitem sua auto-regulação biogeoquímica e, conseqüentemente, a manutenção da qualidade e saúde do solo. Diante da necessidade de se continuar produzindo matérias primas que venham suprir as diferentes necessidades dos seres humanos, é importante se buscar técnicas de uso da terra cada vez mais eficientes não apenas economicamente, mas ambientalmente.

A utilização de plantios puros de espécies florestais, consórcios florestais e, principalmente, sistemas agroflorestais, são bastante difundidos para a recuperação de áreas degradadas (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003). A utilização desses sistemas não garante que os processos biogeoquímicos serão recuperados ao nível de um ecossistema de floresta primária ou sucessional avançada, mas podem gerar um microclima mais adequado à atividade biológica, assim como manter taxas adequadas de aporte de matéria orgânica e nutrientes. Segundo Primack e Rodrigues (2001), os sistemas agroflorestais podem recuperar algumas funções ecológicas a níveis próximos daqueles observados em ecossistemas florestais maduros, provavelmente devido à diversidade de espécies geralmente presentes nas agroflorestas. A complexa variedade de espécies florestais, geralmente encontrada em florestas primárias tropicais com biomassa de diferentes composições químicas, contribui para o estabelecimento de uma rica fauna macro, meso e microbiana no solo, resultando no enriquecimento da superfície do solo em nutrientes.

Os agroecossistemas, quando bem planejados, podem reunir espécies agrícolas perenes e temporárias, plantas com potencial madeireiro e leguminosas voltadas à produção de carvão e compensado, que possibilitem ao agricultor uma variedade de produtos a serem comercializados durante o ano e uma utilização mais

sustentável do solo. Dentre as leguminosas arbóreas, o paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) tem sido plantado em larga escala devido ao seu uso na indústria de compensados. O paricá é uma árvore de grande porte da família Leguminosae (subfamília Caesalpinacea), de ocorrência em ecossistemas de florestas primárias e sucessionais de terra firme e de várzea alta da Amazônia brasileira (DUCKE, 1949). Esta espécie apresenta rápido crescimento em plantios florestais e agroflorestais na Amazônia (MARQUES et al., 2004), razão pela qual esta espécie vem sendo utilizada na recuperação de áreas degradadas (GAZEL FILHO, 2007). A relativa simplicidade da silvicultura de paricá também tem favorecido o seu uso para reflorestamento em escala comercial, assim como plantio em sistemas agroflorestais.

Apesar da rápida expansão de plantios de paricá nos últimos anos no Pará, existem poucas informações sobre a ciclagem de matéria orgânica nesses sistemas florestais. Essas informações são necessárias para o entendimento dos mecanismos pelos quais os plantios de paricá podem influenciar na recuperação de áreas degradadas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a ciclagem de matéria orgânica em plantios com paricá e floresta sucessional.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar a produção anual de serapilheira em plantios com paricá e floresta sucessional;
- Quantificar o estoque de serapilheira em plantios com paricá e floresta sucessional;
- Quantificar a taxa de decomposição de serapilheira em plantios com paricá e floresta sucessional;
- Quantificar a produção de raízes finas em plantios com paricá e floresta sucessional;
- Avaliar a variação mensal da produção e estoque de serapilheira em plantios com paricá e floresta sucessional.

3 HIPÓTESE

Os tratamentos com paricá apresentarão menor ciclagem de matéria orgânica, ou seja, menor produção de serapilheira, estoque de serapilheira, produção de raízes finas, e taxas de decomposição em comparação com a floresta sucessional.

4 ELEMENTOS TEÓRICOS

4.1 ECOSSISTEMA DE FLORESTA SUCESSIONAL

As áreas abandonadas oriundas dos desmatamentos e queimadas na região amazônica dão origem a ecossistemas de florestas sucessionais, conhecidos como florestas secundárias e capoeiras, através de processos naturais de regeneração da vegetação após perda das florestas. Na Amazônia brasileira, mais de 59 milhões de hectares de florestas primárias foram desmatados (INPE, 2001) e aumentando na mesma proporção a área de florestas sucessionais por regeneração natural (PEREIRA; VIEIRA, 2001). Por exemplo, depois de um século de exploração de uma área de floresta tropical densa na microrregião bragantina, localizada no norte do estado do Pará, foi detectado em 1991 que restaram apenas 15% da vegetação natural e as florestas sucessionais ocupavam 52% da área (ALENCAR, 1996).

O banco de sementes do solo é o principal responsável pelo processo de regeneração natural em áreas degradadas (VIEIRA; PROCTOR, 2007). Após o abandono das áreas degradadas pelos sistemas de manejo baseado no corte e queima da vegetação, bem como do desflorestamento, a partir do banco de sementes começa a se desenvolver uma vegetação secundária. No sistema tradicional de produção amazônico, a capoeira representa o tempo de pousio, o qual é fundamental na recuperação da fertilidade do solo e no controle de pragas, doenças e ervas daninhas que infestam as áreas cultivadas (PEREIRA; VIEIRA, 2001).

De acordo com Nepstad¹ et al. (2001 apud PEREIRA E VIEIRA, 2001), Os ecossistemas de floresta sucessional são importantes ambientalmente, pois contribuem diretamente na estocagem de carbono atmosférico, recuperação da biodiversidade, no restabelecimento da ciclagem de nutrientes, bem como na redução da inflamabilidade da paisagem. Estes ecossistemas de floresta sucessional beneficiam diretamente a recuperação dos ciclos biogeoquímicos através da deposição de matéria orgânica acima e abaixo do solo, a deposição de serapilheira e produção de raízes finas, além de favorecerem a manutenção da umidade do solo, o que possibilita a existência de altas taxas de decomposição da matéria orgânica estocada no solo e disponibilização de nutrientes para as plantas.

4.2 MATÉRIA ORGÂNICA

Como os solos amazônicos são quimicamente pobres (HERRERA et al., 1978), a elevada biomassa florestal é mantida através de eficiente ciclagem biogeoquímica, incluindo mecanismos de reciclagem e conservação de nutrientes necessários à demanda nutricional da vegetação (HERRERA et al., 1978; SILVA et al., 2007). Elevadas taxas de deposição de matéria orgânica na superfície do solo contribuem para a manutenção de condições de temperatura e umidade favoráveis à atividade microbiana relacionada à decomposição em ecossistemas florestais (DAVIDSON et al., 2000; COLLOZI-FILHO et al., 2001; PEÑA et al., 2005; DAVIDSON; JANSSENS, 2006; DIAS, 2006). A deposição e a decomposição de matéria orgânica são processos fundamentais para disponibilização de nutrientes em florestas tropicais e, portanto, críticos para manutenção de processos funcionais que ocorrem no solo

¹ NEPSTAD, D. C.; MOUTINHO, P. R. S.; MARKEWITZ D. The recovery of biomass, nutrients stocks, and deep soil functions in secondary forests. In: MCCLAIN, M.; VICTORIA, R.; RICHEY, J. (Eds) **Biogeochemistry of the Amazon**. London: Oxford University Press, 2001. 416 pp.

(TAPIA-CORAL et al., 2005), que são reconhecidamente a base de sustentação de florestas tropicais.

Conhecimentos sobre a ciclagem de nutrientes em ecossistemas de floresta primária, bem como em ecossistemas de floresta sucessional, servem de base para avaliar os impactos que outros sistemas de uso da terra e técnicas de manejo do solo (por exemplo, plantios florestais, pastagens e agroecossistemas) podem causar ao funcionamento dos ecossistemas. Vários estudos têm abordado particularmente a ciclagem de matéria orgânica em ecossistemas tropicais devido a sua importante implicação no balanço de carbono, nitrogênio e outros macro e micronutrientes que influenciam diretamente na produtividade de ecossistemas terrestres (TANNER, 1981; SUNDARAPADIAN; SWAMY, 1996; MCGRATH et al., 2001; SMITH et al., 2002; BALIEIRO et al., 2004a; VASCONCELOS et al., 2008).

4.2.1 Serapilheira e raízes finas

A análise da ciclagem de matéria orgânica através da mensuração da produção primária líquida acima e abaixo do solo, bem como dos estoques de serapilheira e raízes finas no solo, contribui para uma melhor compreensão de aspectos funcionais de um determinado ecossistema, como o aporte de material orgânico acima e abaixo do solo. Estas análises são fundamentais para a compreensão dos ciclos biogeoquímicos, uma vez que os fluxos de carbono e nutrientes, dentro de um ecossistema, estão diretamente ligados a sua produtividade primária líquida e à decomposição do material orgânico (CUEVAS; BROWN; LUGO, 1991).

Segundo Vitousek e Sanford (1986), a produção de serapilheira é o processo responsável pela maior transferência de nutrientes da biomassa vegetal para o solo, pois a deposição desse material e a sua conseqüente decomposição disponibilizam

nutrientes às plantas, tornando o fluxo de serapilheira para o solo responsável por significativo impacto nos ciclos biogeoquímicos globais, regionais e locais (SILVER; MIYA, 2001). O acúmulo, a decomposição e a mineralização da serapilheira são processos que influenciam diretamente a composição e a produtividade das plantas em ecossistemas terrestres (CHRISTENSEN, 2001). Com isso, o conhecimento da dinâmica de deposição de serapilheira é importante para o manejo de plantios florestais (CUEVAS; LUGO, 1998), uma vez que a manutenção da serapilheira sobre o solo tem implicações ecológicas positivas no manejo de áreas degradadas como manutenção da umidade do solo, proteção contra erosão, redução da oscilação da temperatura do solo e reserva de nutrientes (BALIEIRO et al., 2004a).

Pouco se conhece ainda sobre a dinâmica da produtividade e da ciclagem de nutrientes pelas raízes, o que está ligado principalmente à dificuldade de se estudar esse compartimento em ecossistemas florestais (JORDAN; ESCALANTE, 1980; VITOUSEK E SANFORD, 1986). Quando comparada com os componentes da ciclagem biogeoquímica acima do solo, é pouco conhecimento a respeito da dinâmica de raízes (JACKSON et al., 1997; METCALFE et al., 2008). Para suprir essa necessidade um aumento no número de estudos têm focado no papel das raízes na alocação e ciclagem de carbono, mas a maioria têm sido direcionada a regiões temperadas e poucos estudos têm se voltado a regiões tropicais (METCALFE et al., 2008).

O estudo do efeito do desmatamento no balanço de carbono e no ciclo hidrológico tem negligenciado a influência das raízes como um compartimento relevante no sistema solo-planta-atmosfera (NEPSTAD et al., 1994). Segundo Silver et al. (2005), a produção e a decomposição de raízes são fatores importantes na ciclagem do carbono fotossintetizado pelas plantas. Na floresta amazônica, as raízes finas representam cerca de 60% do total de carbono encontrado nos primeiros 10 cm de profundidade do solo (SILVER et al., 2000) e cerca de 30% do carbono depositado pelas raízes até 6 m de profundidade (TRUMBORE et al., 2006).

De acordo com Cuevas, Brown e Lugo (1991), a alocação de matéria orgânica abaixo do solo é tão importante quanto a ciclagem de nutrientes e a disponibilidade de matéria orgânica acima do solo. Entretanto, apesar da sua importância na

ciclagem de nutrientes, absorção de nutrientes e na biogeoquímica global, as raízes são pouco representadas em modelos globais (JACKSON et al., 1997). Os altos índices de crescimento de raízes finas nas camadas superficiais do solo de ecossistemas florestais, as quais concentram grande quantidade de matéria orgânica, representam um mecanismo estratégico de captura de nutrientes em solos de baixa fertilidade. (VOGT et al., 1996; LACLAU et al., 2004) e de água em situações de baixa disponibilidade hídrica (BLAIR; PERFECTO 2001). Segundo Cotrufo (2006), a relação entre raízes e estoque de serapilheira ou o teor de material orgânico no solo é evidente, representada por uma série de processos de retroalimentação (*feedbacks*) originários da interação entre os processos de decomposição da serapilheira e a influência das raízes nesse processo, bem como da influência da presença do material orgânico do solo sobre a produtividade das raízes.

4.3 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

4.3.1 Paricá

O paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* [huber ex Ducke]), também conhecido como paricá grande, bandarara, faveira-branca, pinho-cuiabano, guapuruvu-da-amazônia, é uma árvore de grande porte da família Leguminosae (DUCKE, 1949), mas não apresenta fixação biológica de nitrogênio (SIVIERO et al., 2008). É uma espécie de rápido crescimento (GALEÃO et al., 2005; ARCO-VERDE; SCHWENGBER, 2003), muito utilizada na indústria de lâminas e compensados (MARQUES; YARED; SIVIERO, 2006).

A árvore pode alcançar entre 15 a 40 m de altura e 50 a 100 cm DAP. Possui ramificação com copa ampla. O tronco é cilíndrico e reto, a casca quando jovem é esverdeada e delgada, tornando-se mais tarde acinzentada, espessa, dura e rugosa. A folha possui disposição alternada; é composta e bipinada, os folíolos são opostos e se fecham quando perturbados (CORDEIRO, 2007) (Anexo F). As panículas terminais medem até 30 cm de comprimento e contêm flores pequenas. O fruto é legume deiscente, obovado-oblongo, achatado, coriáceo, com coloração bege a marrom quando maduro, 10-16 cm de comprimento, 4-6 cm de largura e contém uma semente envolta pelo meso-endocarpo alado (CORDEIRO, 2007). A semente é elíptica-ovada, lateralmente achatada, com ápice agudo, base arredondada, medindo 2 cm de comprimento e 1,3 cm de largura; o tegumento liso, duro e brilhante possui coloração castanha com estrias finas; o hilo é punctiforme; a rafe é linear; o endosperma é abundante (CORDEIRO, 2007) (Anexo F). O início dos eventos reprodutivos ocorre entre 8 e 10 anos. No Pará, a floração ocorre entre junho e julho e a frutificação entre setembro e outubro. A frutificação é anual e a dispersão é anemocórica.

Foram identificados os primeiros registros de plantio de paricá em 1955 no Horto do Museu Paraense Emílio Goeldi (HUBER², 1988 apud MARQUES; YARED; SIVIERO, 2006). Segundo Marques, Yared e Siviero (2006), a partir da década de 70 o estudo do plantio do paricá se desenvolveu no estado do Pará através do Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (Prodepef), vinculado ao Instituto Brasileiro Florestal (IBDF), em um convênio de cooperação entre o programa de desenvolvimento das nações unidas (PNUD)/FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. A partir de 1978 a pesquisa com paricá passou a ser responsabilidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Os resultados positivos dos experimentos com paricá levaram a intensificação dos trabalhos com esta espécie por outras instituições governamentais como a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater) e a Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Nas décadas de 80 e 90, ocorre a participação no Pará das

² HUBER, J. **Arboretum Amazonicum** : iconographia dos mais importantes vegetais espontaneos e cultivados da região amazônica. 5 década. Belém : Museu Paraense Emílio Goeldi, 1988. 50p.

empresas privadas como a Vale e a Empresa Tramontina Belém S/A com atividades de exploração comercial do paricá. Atualmente, estima-se que a área plantada com paricá no estado do Pará seja de 50000 hectares principalmente em Dom Eliseu e Paragominas (MARQUES; YARED; DIVIERO, 2006).

4.3.2 Freijó

O freijó (*Cordia goeldiana* Huber), também conhecido como freijó-branco, freijó-preto, freijó-rajado, freijó-verdadeiro, cordia-preta, é uma planta da família das Boraginaceas, de rápido crescimento (BRIENZA JUNIOR, 1982), cuja ocorrência é mais freqüente nos estados do Pará, Acre, Rondônia e Mato Grosso. Sua madeira é de grande valor comercial (FRAZÃO et al., 1999), bastante utilizada na indústria moveleira. O crescimento do freijó está associado às condições da estação chuvosa, enquanto que a queda das folhas, a floração e a frutificação estão relacionadas com a estação seca (BRIENZA JUNIOR, 1982).

O freijó é uma árvore de tronco reto cilíndrico, com altura comercial de 7 a 26 m e diâmetro variando de 45 a 61 cm. Em áreas de ótimo crescimento pode atingir até 90 cm de diâmetro e 40 m de altura, as raízes são secundárias e superficiais, a casca é rugosa até o primeiro e o segundo anos, tornando-se em seguida fissurada longitudinalmente e de coloração cinza ou marrom (KANASHIRO, 1982). As folhas possuem um pecíolo de 1,5 a 5 cm de comprimento, as folhas são ligeiramente onduladas e possuem 8-14 cm de comprimento e 3,5 – 6,5 cm de largura (Anexo F). Apresenta Inflorescências terminais congestas, flores de corola branca vistosas, cálices cilíndricos esverdeados e ferrugíneos; possuem também estames do mesmo número de pétalas. Ovário súpero, sub-globoso, séssil, sincarpo bicarpelar com quatro lóculos devido ao desenvolvimento de um falso septo, cada lóculo contendo um óvulo. Fruto drupa sub-globosa medindo de 3-5 mm de diâmetro por 5,5-7,5 mm

de comprimento com cálice e corola persistente de coloração castanho-escura (KANASHIRO, 1982).

4.3.3 Curauá

O curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius*), também conhecido como curauá-da-Amazônia, abacaxi ornamental, abacaxi selvagem, pertence à família Bromeliaceae. Tem sido explorado para produção de fibras, a partir de suas folhas, para atender às indústrias têxtil e automobilística, dentre outras (CORDEIRO, 2007). A planta não possui espinhos, o que facilita o manejo e o corte. O curauá cresce em solo arenoso e pouco fértil e atinge entre um metro e meio de altura a partir do segundo ano; a colheita pode ser feita a cada seis meses. Cada planta produz entre 20 e 24 folhas, proporcionando aproximadamente dois quilos de fibra. O curauá também possui propriedades farmacológicas como cicatrizantes e anestésicas. O composto viscoso que sobra do processo de desfibramento, a mucilagem, permite a fabricação de papel. O soro do curauá resultante do processamento das folhas contém uma toxina que pode ser utilizada para a produção anestésico e pode servir também como adubo orgânico.

Segundo Ledo³ (1967 apud CORDEIRO, 2007) existem dois tipos de curauá: roxo e branco, sendo que a diferença está na coloração das folhas e no desenvolvimento. Possui um sistema radicular fasciculado, superficial e adaptável a diferentes tipos de solos. Suas folhas são eretas e coriáceas, medem cerca de 5 cm de largura e 5 mm de espessura e aproximadamente 1,5 m de comprimento. Fornece fibra de excelente qualidade e entre a bainha das folhas ou diretamente dos

³ LEDO, I. A. de M. **O cultivo do curauá no lago grande de Franca**. Belém: Banco da Amazônia S/A – BASA, 1967. 23p.

rizomas brotam rebentos (CORDEIRO, 2007). As flores são hermafroditas, trimeras, zigomorfas, com sépalas coriáceas e pétalas vivamente coloridas. Androceu com 6 estames. Ovário súpero ou ínfero trilocular e multiovulado. Inflorescências com brácteas coloridas. O fruto se forma a partir do talo axial engrossado com as sépalas que se desenvolvem na haste, formando frutos de forma ovóide (Anexo F).

5 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em talhões de plantios florestais no campo experimental pertencente à empresa Tramontina Belém S. A. (Fazenda Tramontina), localizada no município de Aurora do Pará (2°10' S, 47°34' W), nordeste paraense (Figura 1), cujo solo predominante é o latossolo amarelo de textura areno-argilosa (CORDEIRO, 2007). Antes da instalação dos plantios florestais em 2002, a área explorada economicamente era coberta por pastagem (*Brachiaria humidicola*) abandonada e degradada. A maior parte da área estava ocupada com sistemas florestais consorciados contendo paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) e freijó (*Cordia goeldiana*).

Conforme dados obtidos na Fazenda Tramontina, através da coleta diária da chuva por um pluviômetro próximo da área de estudo cerca de 2 Km (Figura 2), a precipitação total foi 2200 mm, a temperatura média anual foi 26 °C e a umidade relativa média foi 74% em 2007. No período deste experimento, de outubro de 2007 a setembro de 2008, a precipitação total foi 2658 mm (Figura 3). A precipitação total de dezembro de 2007 a maio de 2008 equivaleu a 82% da precipitação anual, caracterizando, portanto, o período chuvoso no contexto deste estudo. A precipitação total do período seco correspondeu a 18% da precipitação total. Neste período ocorreram 5 meses com precipitação inferior a 100 mm, limite que

caracteriza período de seca em estudos correlatos na Amazônia (SOMBROEK, 2001; VASCONCELOS et al., 2008).

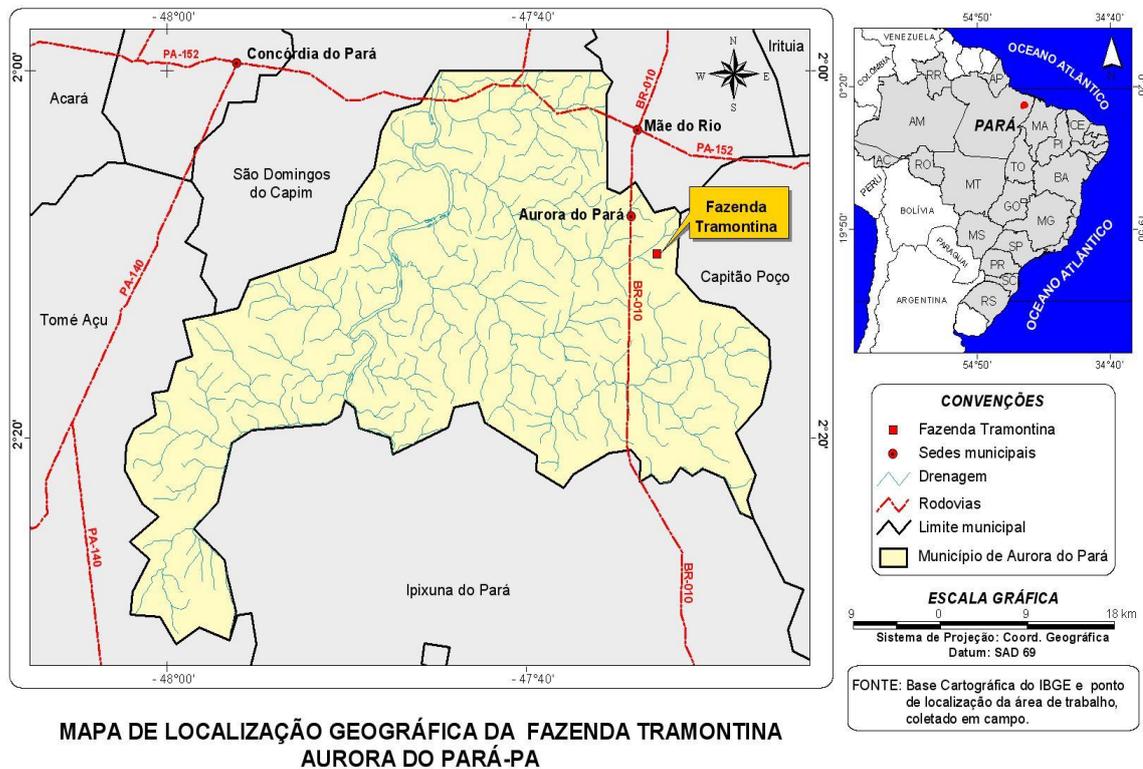


Figura 1: Mapa de localização geográfica da Fazenda Tramontina no município de Aurora do Pará, Pará. Fonte: Base cartográfica do IBGE, 2008.



Figura 2: Pluviômetro instalado na Fazenda Tramontina no município de Aurora do Pará, Pará.

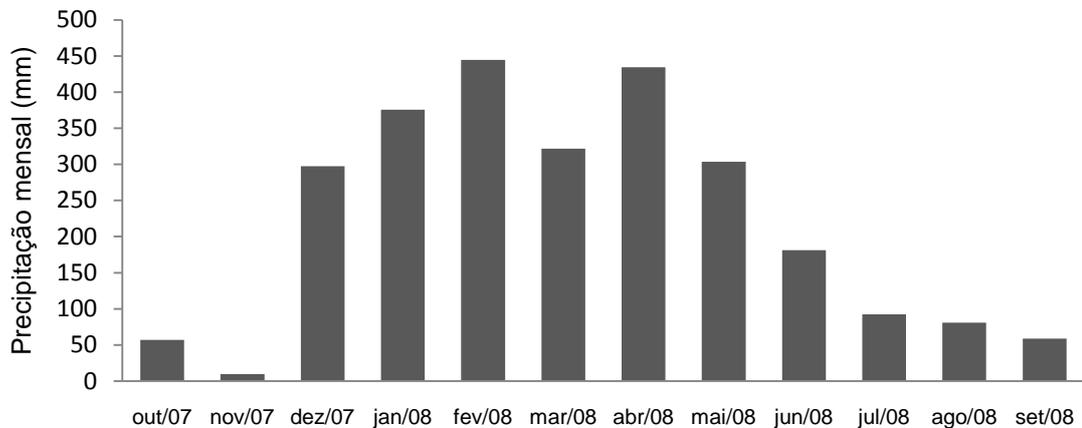


Figura 3: Precipitação pluviométrica mensal na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará.

Em setembro de 2007, foram delimitadas parcelas nos seguintes plantios com paricá: plantio de paricá solteiro ou monoespecífico (PS), consórcio entre paricá e feijó (PF), e sistema agroflorestal com paricá, feijó e curauá (PFC) (Figura 4). Delimitaram-se também, como área de referência, parcelas em um ecossistema de floresta sucessional (SUC), também conhecido como floresta secundária ou capoeira, de aproximadamente 25 anos, enriquecida com mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), a qual se desenvolveu após abandono de áreas agrícolas (Figura 4). Dessa forma, foram estabelecidos quatro tratamentos neste estudo, cujas características espaciais e temporais estão descritas na Tabela 1.

No presente estudo, foram coletadas, setembro de 2008, amostras de terra nas profundidades 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm para a caracterização da área de estudo quanto aos atributos químicos e físicos (Tabela 2). As amostras foram coletadas com trado do tipo sonda. Em cada tratamento foram realizadas 12 perfurações, as quais deram origem a uma amostra composta para cada profundidade estudada. As amostras foram analisadas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental. O solo da área de estudo apresentou níveis baixos de pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e nitrogênio (N) em comparação com níveis adequados definidos para o estado do Pará (CRAVO; VIÉGAS; BRASIL, 2007).

Tabela 1: Características temporais e espaciais dos tratamentos avaliados no presente estudo.

Tratamentos ⁽¹⁾	Ano de plantio		Idade dos Tratamentos (ano)		Espaçamento (m)		Dimensão das Parcelas (m)
	Flo. ⁽²⁾	Agr. ⁽²⁾	Flo.	Agr.	Flo.	Agr.	
PS	2002	-	6	-	4 x 3	-	30 x 28
PF	2002	-	6	-	4 x 3	-	30 x 28
PFC	2002	2007	6	1 ano	4 x 3	0,5 x 0,8	30 x 28
SUC	-	-	30	-	-	-	30 x 30

⁽¹⁾ PS = paricá solteiro, PF = paricá com freijó, PFC = paricá com freijó e curauá e SUC = floresta sucessional;

⁽²⁾ Flo = Espécies florestais e Agr. = Espécie agrícola.

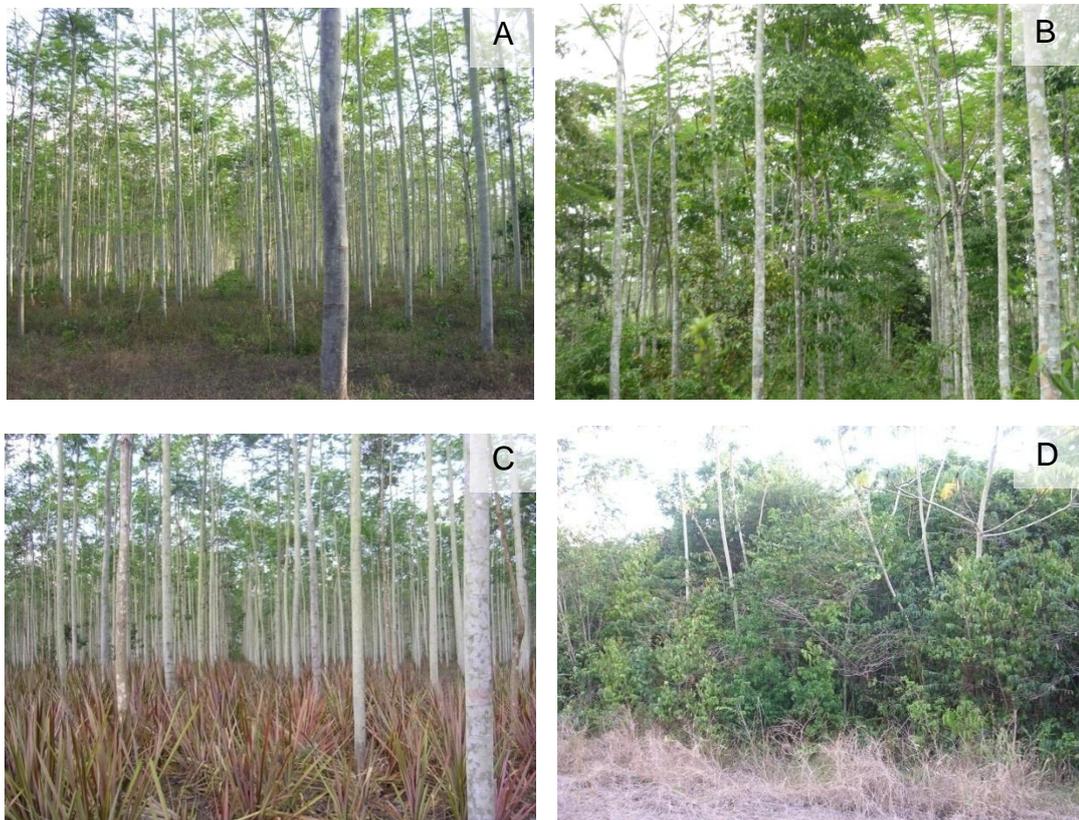


FIGURA 4: Tratamentos avaliados: A - plantio monoespecífico de paricá (PS), B - consórcio de paricá com freijó (PF), C - sistema agroflorestal com paricá, freijó e curauá (PFC) e D - ecossistema de floresta sucessional (SUC). Idade dos tratamentos contendo paricá: 6 anos; idade da floresta sucessional: 25 anos.

Tabela 2: Caracterização química e granulométrica do solo dos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará.

Tratamento	Prof (cm)	pH água	MO g kg ⁻¹	C(*) -----Mg ha ⁻¹ -----	N(*)	P	K	Na	Ca	Ca+Mg	Al	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
PS	0-10	5,2	10,8	19,5	1,1	3	17	8	1	1,5	0,4	573	329	39	60
	10-20	5,1	9,4	13,9	0,8	2	15	8	0,5	0,9	0,7	537	357	26	80
	20-40	5,1	9,8	13,8	0,8	2	15	6	0,5	0,8	0,7	455	379	46	120
	40-60	5,1	7,4	-	-	1	12	6	0,5	0,9	0,7	437	336	68	160
PF	0-10	5,2	15,3	22,2	1,4	3	17	11	1,7	2,3	0,3	551	329	40	80
	10-20	5,1	10,8	16,3	1,1	3	17	8	0,5	0,8	0,8	576	300	44	80
	20-40	5	9,4	14,7	0,9	2	12	6	0,4	0,6	0,9	361	372	67	200
	40-60	5,1	7,4	-	-	2	12	6	0,6	1	0,8	338	351	71	240
PFC	0-10	5,1	14,8	22,2	1,4	4	21	11	1,2	1,8	0,4	500	342	58	100
	10-20	5	13,8	18,8	1,2	3	15	8	0,5	0,8	0,8	500	335	46	120
	20-40	5,1	8,4	15,6	1	2	12	6	0,5	0,8	0,7	457	335	49	160
	40-60	5,1	6,4	-	-	2	12	6	0,4	0,6	0,8	442	290	88	180
SUC	0-10	5	11,3	25,9	1,6	1	19	13	0,7	1,1	0,6	532	280	68	120
	10-20	5	11,6	18,4	1,4	2	25	15	1,1	1,5	0,4	627	247	46	80
	20-40	5	10,8	18,5	1,3	1	17	11	0,5	0,8	0,9	419	265	76	240
	40-60	5	7,4	-	-	1	12	8	0,5	0,7	0,8	377	241	82	300

(*) Para carbono (C) e nitrogênio (N), a profundidade de 20-40 corresponde à 20-30 (DIAS, 2008).

O preparo da área para implantação dos tratamentos silviculturais e agroflorestal foi realizado com roçagem mecânica, seguida de aração. As covas de plantio mediram 20 cm x 20 cm x 20 cm para as espécies florestais e 5 cm x 5 cm x 5 cm para o curauá. No plantio foi realizada adubação orgânica com esterco de curral (500 g cova⁻¹) e cama de galinha (150 g cova⁻¹) para as espécies florestais e curauá, respectivamente. Na Tabela 3, está descrita a concentração de alguns macronutrientes presentes na cama de galinha e esterco de curral em outros estudos. As espécies florestais foram adubadas anualmente entre 2002 e 2004. As parcelas correspondentes ao plantio do paricá solteiro, paricá com freijó e paricá com freijó e curauá receberam duas roçagens mecanizadas por ano, até 2007. As folhas de curauá não foram colhidas durante o estudo.

Tabela 3: Concentração média de nutrientes e relação carbono:nitrogênio (C:N) em adubos orgânicos comercializados no mercado brasileiro.

Adubo	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	C:N	Referência
	----- g kg ⁻¹ -----				
Esterco de curral	12,0	3,1	3,5	16,8	Grassi Filho et al. (2001)
Cama de galinha	27,1	8,0	19,0	14,6	Miranda et al. (1998)

O diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura total (HT) das árvores de paricá e freijó (Tabela 4) foram medidos com fita diamétrica e hipsômetro, respectivamente, em outubro de 2008, exceto no tratamento PF, cujo corte não previsto de árvores em setembro de 2008 impossibilitou as medições. O diâmetro à altura do peito de árvores com DAP \geq 5 cm foi medido no ecossistema de floresta sucessional em novembro de 2007, quando foi realizado o levantamento florístico, resultando na identificação de 172 árvores distribuídas em 26 espécies, sendo as mais predominantes: *Casearia arborea*, *Tapirira guianensis*, *Abarema cochleata* e *Lecythis lurida* (Tabela 5). Com o auxílio de equações alométricas baseadas no diâmetro a altura do peito (DAP), realizou-se o cálculo da biomassa aérea de cada tratamento (Tabela 4).

Tabela 4: Diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (HT), densidade e biomassa de indivíduos arbóreos nas parcelas experimentais avaliadas nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são médias \pm erro padrão (n = 4).

Tratamento	Espécie	DAP (cm)	HT (m)	Densidade (Indivíduos ha ⁻¹)	Biomassa de cada tratamento (Mg ha ⁻¹)
P	<i>Paricá</i>	16,5 \pm 0,5	16,8 \pm 2,4	878	55,3 \pm 3,5 ⁽¹⁾
PFC	<i>Paricá</i>	17,3 \pm 0,2	16,0 \pm 0,6	733	64,3 \pm 2,1 ⁽²⁾
	<i>Freijó</i>	10,4 \pm 0,5	10,0 \pm 0,9	222	
SUC	-	9,4 \pm 0,5	-	3583	56,6 \pm 20,1 ⁽³⁾

⁽¹⁾ Equação alométrica para o paricá: $0,076 \cdot (\text{DAP})^{2,346}$ (VASCONCELOS, comunicação pessoal);

⁽²⁾ Equação alométrica para o freijó: $\text{Exp}(-1,754 + 2,665 \cdot \ln(\text{DAP})) \cdot 0,6$ (HIGUCHI⁴ et al., 1998 apud PINHEIRO, 2008);

⁽³⁾ Equação alométrica para o ecossistema de floresta sucessional: $\ln(\text{DW}) = -1,9968 + 2,4128 \cdot \ln(\text{DBH})$ (NELSON et al., 1999).

⁴ HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; RIBEIRO, R. J.; MINETTE, L.; BIOT, Y. Biomassa da Parte Aérea da Vegetação da Floresta Tropical Úmida de Terra-firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*. v. 28, n. 2, p. 153-166, 1998.

Tabela 5: Número de árvores, diâmetro à altura do peito (DAP), abundância, área basal e dominância das espécies florestais DAP \geq 5 cm no ecossistema de floresta sucessional com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são médias \pm erro padrão.

Nomenclatura	Família	Número de árvores	DAP (cm) (média \pm erro padrão)	Abundância	Área Basal (m ²)	Dominância
<i>Casearia arborea</i>	Flacourtiaceae	22	9,5 \pm 0,8	12,72	0,17	11,33
<i>Tapirira guianensis</i>	Anacardiaceae	19	9,1 \pm 1,4	10,98	0,14	9,11
<i>Abarema cochleata</i>	Fabaceae	16	12,3 \pm 0,9	9,25	0,20	13,23
<i>Lecythis lurida</i>	Lecythidaceae	11	7,6 \pm 0,7	6,36	0,05	3,54
<i>Sapindus saponaria</i>	Sapindaceae	7	12,1 \pm 2,0	4,05	0,09	5,80
<i>Myrsia deflexa</i>	Myrtaceae	5	6,1 \pm 0,4	2,89	0,01	0,96
<i>Vismia guianensis</i>	Clusiaceae	5	10,6 \pm 1,5	2,89	0,05	3,09
<i>Sloamia guianensis</i>	-	4	12,3 \pm 1,4	2,31	0,05	3,20
<i>Connarus perrottetii</i>	Connaraceae	4	8,7 \pm 1,9	2,31	0,03	1,74
<i>Mabea angustifolia</i>	Euphorbiaceae	4	6,4 \pm 0,7	2,31	0,01	0,86
<i>Cordia exaltata</i>	Boraginaceae	3	5,6 \pm 0,3	1,73	0,01	0,49
<i>Lecythis pisonis</i>	Lecythidaceae	3	6,3 \pm 0,3	1,73	0,01	0,61
<i>Eschweilera cariaca</i>	Lecythidaceae	3	8,2 \pm 2,5	1,73	0,02	1,22
<i>Inga alba</i>	Leguminosae	3	7,3 \pm 1,2	1,73	0,01	0,87
<i>Himatanthus sucuuba</i>	Apocynaceae	2	12,2 \pm 5,8	1,16	0,03	1,86
<i>Protium palidu</i>	Burseraceae	2	12,5 \pm 5,0	1,16	0,03	1,83
<i>Rollinia exsucca</i>	Annonaceae	2	9,0 \pm 1,4	1,16	0,01	0,84
<i>Simaba cedron</i>	Simaroubaceae	2	5,8 \pm 0,8	1,16	0,01	0,34
<i>Eugenia flavescens</i>	Myrtaceae	1	7,1	0,58	0,00	0,26
<i>Byrsonima aereuco</i>	-	1	6,3	0,58	0,00	0,20
<i>Eschweilera ovata</i>	Lecythidaceae	1	12,0	0,58	0,01	0,73
<i>Alibertia myrcifolia</i>	Rubiaceae	1	5,5	0,58	0,00	0,15
<i>Banara guianensis</i>	Bixaceae	1	15,1	0,58	0,02	1,16
<i>Virola surinamensis</i>	Myristicaceae	1	6,8	0,58	0,00	0,24
<i>Myrcia bracteata</i>	Myrtaceae	1	5,2	0,58	0,00	0,14
<i>Myrcia fallax</i>	Myrtaceae	1	51,0	0,58	0,20	13,26
Espécies não identificadas	-	48	9,0 \pm 0,4	27,75	0,35	22,71

6 MATERIAL E MÉTODOS

6.1 PRODUÇÃO E ESTOQUE DE SERAPILHEIRA

O cálculo da produção de serapilheira (*litterfall*) foi realizado através da instalação, em cada parcela, de três coletores construídos com arame galvanizado de bitola 12, com área de coleta de 1 m x 1 m, fundo em tela de nylon (malha de 1 x 1 mm) 15 cm acima do solo (Figura 5A). A serapilheira interceptada pelos coletores foi coletada semanalmente de outubro de 2007 a setembro de 2008. Após cada coleta, as amostras foram secadas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C durante 48 horas, no Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas da Embrapa Amazônia Oriental, para a retirada do excesso de umidade. Amostras de um mesmo coletor coletadas durante quatro semanas consecutivas foram reunidas para compor uma única amostra. As amostras dos tratamentos com paricá foram separadas nas seguintes frações: (a) folíolos de paricá, (b) ráquis de paricá, (c) folhas de freijó, (d) material reprodutivo (flores, frutos, sementes) + miscelânea (fragmentos de serapilheira não classificados nas demais frações), (e) lenhoso fino (diâmetro \leq 1 cm) e (f) lenhoso grosso (diâmetro $>$ 1 cm) (Tabela 6). A serapilheira foliar do curauá não foi avaliada neste estudo devido à baixa contribuição na serapilheira. No ecossistema de floresta sucessional, a serapilheira foi separada nas seguintes frações: (a) folhas, (b) material reprodutivo + miscelânea, (c) lenhoso fino (diâmetro \leq 1 cm) e (d) lenhoso grosso (diâmetro $>$ 1 cm) (Tabela 6). Após a separação, as amostras foram secas em estufa de circulação forçada a 60-70 °C por 72 horas, pesadas em balança digital para obtenção da massa seca e moídas para futuras análises químicas. No Anexo F são demonstradas fotografias de algumas partes que compõem a serapilheira de paricá e freijó.



Figura 5: A - coletor de material formador de serapilheira com área interna de 1 m²; B - coletor de serapilheira com área interna de 0,25 m².

Tabela 6: Frações analisadas nas amostras de produção e estoque de serapilheira.

Produção de serapilheira		
Frações	Plantios com paricá	Floresta sucessional
Folhas	nd ⁽¹⁾	x
Folíolos de paricá	x	nd
Ráquis de paricá	x	nd
Freijó	x	nd
Reprodutivo + Miscelânea	x	x
Lenhoso fino	x	x
Lenhoso grosso	x	x
Estoque de serapilheira		
Frações	Plantios com paricá	Floresta sucessional
Não-lenhoso	x	x
Ráquis de paricá	x	nd
Lenhoso	x	x

⁽¹⁾ não determinado

Para estimar o estoque de serapilheira (*litter*), também denominada de liteira por alguns autores (LUIZÃO E LUIZÃO, 1991; TAPIA-CORAL, LUIZÃO E WANDELLI, 1999), foram realizadas duas coletas em 2008, sendo uma no período chuvoso (março) e outra no seco (agosto). Em cada período, cinco amostras foram coletadas aleatoriamente por parcela, totalizando 20 amostras por tratamento, com o auxílio de uma moldura metálica com área interna de 50 cm x 50 cm para delimitar a área de coleta de cada amostra (Figura 5B). Em laboratório, partículas de solo foram removidas manualmente das amostras, as quais foram posteriormente separadas em três frações: (1) folíolos de paricá, folhas de freijó, folhas do sub-bosque, flores, frutos, miscelânea e lenhoso fino (diâmetro ≤ 1 cm), (2) ráquis de paricá e (3) lenhoso grosso (diâmetro > 1 cm) para os tratamentos com paricá (Tabela 6), sendo a soma de (1) e (2) a serapilheira não-lenhosa. Na floresta sucessional, o estoque de serapilheira foi fracionado em: (1) folhas, flores, frutos, miscelânea e lenhoso fino (diâmetro ≤ 1 cm), correspondente à serapilheira não-lenhosa e (2) lenhoso grosso (diâmetro > 1 cm) (Tabela 6).

Os resultados de produção de serapilheira lenhosa não serão analisados nesse estudo devido a (a) influência reduzida dessa fração da serapilheira na ciclagem de nutrientes em curto prazo, (b) alta variabilidade espacial, o que requer amostragem mais intensa do que aquela utilizada neste estudo e (c) baixa representatividade ($>1\%$) da fração lenhosa na serapilheira total anual.

Como houve duas capinas na área onde foram instaladas as parcelas do tratamento PFC em janeiro e julho de 2008, ambas poucas semanas antes das coletas de serapilheira, não há dados de estoque de serapilheira para esse tratamento.

6.2 DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA

A taxa decomposição de serapilheira foi estimada com a equação proposta por Olson (1963):

$$k = L / X$$

onde:

k = coeficiente de decomposição

L = produção anual de serapilheira ($\text{g m}^{-2} \text{ano}^{-1}$)

X = estoque de serapilheira (g m^{-2})

6.3 PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS

A produção de raízes finas (diâmetro ≤ 2 mm) foi estimada através da avaliação do crescimento radicular em sacos telados (*ingrowth cores*) (CUEVAS e MEDINA, 1988; VALVERDE-BARRANTES et al. 2007), também chamados de armadilhas. Sacos cilíndricos com 10 cm de altura e 5,5 cm de diâmetro foram construídos manualmente com tela de poliestireno (malha de 2 mm x 3 mm). Os sacos foram preenchidos com terra coletada, nos primeiros 10 cm do perfil do solo,

em área próxima às parcelas experimentais. Antes do preenchimento dos sacos, a terra foi passada por peneiras com malhas de 4 e 2 mm, nesta seqüência, para a retirada manual das raízes. O preenchimento dos sacos foi feito de tal forma que a densidade do solo se aproximasse daquela do solo intacto. Para se encontrar uma estimativa da densidade do solo dentro das armadilhas, os solos de nove armadilhas foram retirados, levados para o laboratório, colocados em estufa a 105 °C por 24 horas e pesados para a obtenção da massa de solo colocada dentro das armadilhas. Com a massa seca do solo e o volume das armadilhas, foi calculada a densidade do solo armazenado nas armadilhas (Tabela 7). A densidade média (n=9) do solo resultante nos sacos de crescimento analisados foi $0,76 \pm 0,01 \text{ g cm}^{-3}$, 54,3% inferior à densidade do solo (0-10 cm) determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA 1997) no primeiro semestre de 2008, nas mesmas parcelas experimentais deste estudo ($1,4 (\pm 0,01)$, $1,5 (\pm 0,00)$, $1,4 (\pm 0,07)$ e $1,4 (\pm 0,05)$ para os tratamentos PS, PF, PFC e SUC, respectivamente, segundo Dias, 2008).

Tabela 7: Densidade das amostras de solo das armadilhas de raízes finas.

Amostras	Densidade (g cm⁻³)
1	0,76
2	0,76
3	0,74
4	0,76
5	0,75
6	0,73
7	0,75
8	0,78
9	0,79
Média	0,76

Foram instalados aleatoriamente cinco sacos em cada parcela na profundidade correspondente à altura das armadilhas (10 cm), resultando em 20 sacos por tratamento. Após 2 meses, os sacos foram coletados e em seguida colocado novos sacos com solo sem raízes. Esse procedimento de instalação e coleta foi repetido cinco vezes, de janeiro a setembro de 2008.

Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos e refrigeradas (aproximadamente +4 °C) até o processamento em laboratório, que consistiu inicialmente na separação manual das raízes e do solo. Para a separação, as amostras foram lavadas com água corrente em duas peneiras com malhas de 2 e 1 mm, o que permitiu recuperar aproximadamente 100% das raízes finas, visto que uma quantidade desprezível de raízes passavam pela peneira de 1 mm. Em seguida, com o auxílio de pinças, as raízes finas foram separadas em vivas (biomassa) e mortas (necromassa) com base na aparência, textura, cor e elasticidade (VALVERDE-BARRANTES et al., 2007). Raízes vivas e mortas foram secas em estufa a 65 °C e pesadas em balança analítica ($\pm 0,0001$ g) para obtenção da massa seca.

6.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O programa SAS versão 9.0 foi usado para a análise estatística dos dados. O procedimento PROC MIXED foi usado para testar efeitos de tratamento, data e interação tratamento x data sobre as variáveis produção de serapilheira, estoque de serapilheira e produção de raízes finas, empregando-se uma análise de medidas repetidas (LITTELL et al. 1998). Quando necessário, os dados foram transformados (logaritmo neperiano) para atender aos requisitos de normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias. Tabelas e figuras apresentam médias e erro padrão dos dados não-transformados. O procedimento CONTRAST foi usado para testar se

a produção de serapilheira foi afetada significativamente pelas estações seca e chuvosa. O procedimento PROC ANOVA foi usado para testar o efeito de tratamentos sobre os valores de k. Foi usado o teste de Tukey a 5% para a comparação múltipla de médias.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA

7.1.1 Produção anual

A produção anual de serapilheira total diferiu significativamente entre os tratamentos ($P < 0,05$). A floresta sucessional (SUC) apresentou produção anual de serapilheira total significativamente maior do que os tratamentos de paricá solteiro (PS) e paricá com freijó (PF) (Tabela 8), mas não ocorreu diferença estatística entre o ecossistema SUC e o tratamento de paricá com freijó e curauá (PFC). Os tratamentos PS, PF e PFC não apresentaram diferenças estatísticas significativas de produção anual de serapilheira total entre si (Tabela 8). Apesar de Cordeiro (2007) ter identificado aumento significativo de DAP, altura total e incremento médio anual nos plantios de paricá consorciados com curauá, um indicador da viabilidade da implantação desta espécie, não se observou efeito estimulatório sobre a produção de serapilheira, o que poderia resultar do aumento da disponibilidade de nutrientes associada com a adubação extra do plantio de curauá.

Em todos os tratamentos com paricá (PS, PF e PFC), as folhas de paricá apresentaram grande influência na produção de serapilheira (Tabela 9), mas não houve diferença estatística significativa ($P = 0,385$) entre todos os tratamentos estudados (Tabela 8). O tratamento PS apresentou 92,6% de sua serapilheira total composta por folhas (Tabela 9).

Tabela 8: Produção anual de frações de serapilheira nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são médias \pm erro padrão (n = 12).

Fração	Produção de serapilheira (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)			
	PS	PF	PFC	SUC
Folhas	5,63 \pm 0,01 ^a	4,96 \pm 0,01 ^a	5,70 \pm 0,01 ^a	6,11 \pm 0,08 ^a
Folíolo	4,61 \pm 0,12 ^{ab}	4,18 \pm 0,09 ^b	4,84 \pm 0,10 ^a	-
Ráquis	1,00 \pm 0,03 ^a	0,78 \pm 0,03 ^a	0,90 \pm 0,02 ^a	-
Freijó	-	0,58 \pm 0,02 ^a	0,38 \pm 0,01 ^a	-
Reprodutivo+ Miscelânea	0,27 \pm 0,01 ^b	0,43 \pm 0,01 ^b	0,44 \pm 0,01 ^{ab}	1,55 \pm 0,02 ^a
Lenhoso fino	0,04 \pm 0,00 ^c	0,11 \pm 0,00 ^b	0,06 \pm 0,00 ^{bc}	0,98 \pm 0,01 ^a
Não-Lenhoso	6,00 \pm 0,15 ^b	6,08 \pm 0,13 ^b	6,63 \pm 0,13 ^{ab}	8,64 \pm 0,08 ^a
Lenhoso grosso	0,06 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,15 \pm 0,01
Total	6,05 \pm 0,15 ^b	6,08 \pm 0,13 ^b	6,63 \pm 0,13 ^{ab}	8,79 \pm 0,08 ^a

Letras diferentes representam diferença estatística significativa entre tratamentos, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 9: Porcentagem da produção média anual das frações de serapilheira nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará.

Porcentagem (%)	PS	PF	PFC	SUC
Folhas	92,6	81,6	86,7	69,5
Folíolo	76,2	68,8	73,0	-
Ráquis	16,4	12,8	13,7	-
Freijó	-	9,5	5,7	-
Reprodutivo+ Miscelânea	4,5	7,0	6,7	17,7
Lenhoso fino	0,7	1,9	0,9	11,1
Não-Lenhoso	99,0	100,0	100,0	98,3
Lenhoso grosso	1,0	0,0	0,0	1,7

A produção de serapilheira não-lenhosa representou de 98,3% (SUC) a 100% (PF e PFC) da serapilheira anual total (Tabela 9). A produção de serapilheira não-lenhosa no tratamento SUC ($8,64 \pm 0,08 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi significativamente maior ($P < 0,05$) do que nos tratamentos PS ($6,00 \pm 0,15$) e PF ($6,08 \pm 0,13$) (Tabela 8). No entanto, é importante observar que os tratamentos com paricá apresentaram valores expressivos de produção de material não-lenhoso (Tabela 8), a ponto de não ter ocorrido diferença estatística entre o tratamento agroflorestal (PFC) e o ecossistema SUC. Os resultados de produção de serapilheira não-lenhosa, fração com maior velocidade de ciclagem (decomposição), desempenham um papel importante com relação à ciclagem de matéria orgânica nos tratamentos com paricá, sendo que este fluxo biogeoquímico pode estar fornecendo um serviço ambiental positivo na recuperação do solo das áreas em estudo.

Com relação às frações reprodutivo + miscelânea, o ecossistema SUC apresentou uma produtividade significativamente maior apenas nos aos tratamentos PS e PF. Quanto à produção de material lenhoso fino, o ecossistema SUC apresentou valores significativamente maiores do que os tratamentos com paricá (Tabela 8).

A fração folíolos representou de 68,8% a 76,2% da produção anual de serapilheira total nos tratamentos PS, PF e PFC (Tabela 9), ocorrendo diferença estatística significativa entre os tratamentos com paricá ($P < 0,05$). Apesar da produção anual de folíolos entre PS e PFC não diferirem estatisticamente entre si, o tratamento PFC apresentou o maior valor ($4,84 \pm 0,10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) (Tabela 8). A seqüência da fração mais representativa para a menos representativa nos tratamentos PF e PFC é a seguinte: folíolos >> ráquis > freijó > reprodutivo + miscelânea >> lenhoso fino > lenhoso grosso; para o ecossistema PS é a seguinte: folíolos >> ráquis > reprodutivo + miscelânea >> lenhoso fino > lenhoso grosso; para SUC a seqüência é folhas >> reprodutivo + miscelânea > lenhoso fino > lenhoso grosso.

A produção anual total (soma das frações lenhosa e não-lenhosa) de serapilheira no ecossistema de floresta sucessional (SUC) ($8,79 \pm 0,08 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) (Tabela 8) está dentro da faixa de variação ($4,9$ a $9,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) da produção

de serapilheira em ecossistemas de floresta sucessionais tropicais e próximo ao de ecossistemas de floresta primária (Tabela 10). De acordo com os resultados de produção de serapilheira total de outros estudos sobre plantios florestais (Tabela 11), é possível observar grandes variações ($3,1$ a $14,3 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) na Amazônia e em outras regiões tropicais, tanto em monocultura como em consórcios. Essas variações devem se relacionar com diferenças nas composições de espécies dos sistemas, idades e características de solo e clima. No entanto, os resultados encontrados nos tratamentos PS, PF e PFC ($6,05$ a $6,63 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) são bem expressivos quando comparados a outros plantios na Amazônia e em outras regiões tropicais (Tabela 11), chegando a valores próximos de manejos mais complexos, como no caso de uma policultura de 5 anos de idade em Manaus (*Vismia* spp, *Carapa guianensis*, *Schizolobium amazonicum*, *Swietenia macrophylla* e *Hevea brasiliensis*), cuja produção foi $6,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (MARTIUS et al., 2004).

A variação da produção anual de serapilheira foliar nos tratamentos com paricá ($4,96 \pm 0,01$ a $5,70 \pm 0,01 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) está dentro da faixa de produção encontrada em outros plantios florestais na Amazônia brasileira, os quais variam de $4,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em monocultivo de *Eucalyptus urophylla* (BARLOW et al., 2007), a $8,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em monocultivo de *Pinus caribaea* (Smith, Gholz e Oliveira, 1998). O ecossistema SUC apresentou uma produção de folhas ($6,11 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) semelhante a encontradas por Barlow et al (2007) em uma floresta sucessional (14-19 anos) no estado do Pará ($6,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

A produção de serapilheira não-lenhosa no ecossistema SUC ($8,64 \pm 0,08 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) foi superior ao resultado encontrado por Vasconcelos et al. (2008) em uma floresta sucessional no município de Castanhal ($7,4 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e inferior ao resultado encontrado por Smith, Gholz e Oliveira (1998) em uma floresta primária na Reserva Florestal de Curuá-una no Pará ($9,7 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Tabela 10: Produção anual de serapilheira, estoque de serapilheira sobre o solo e taxa de decomposição (k) de serapilheira em diferentes ecossistemas de floresta primária e sucessional na Amazônia e outras regiões tropicais.

Ecossistema	Localização	Precipitação anual (mm)	Solo	Produção (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Estoque de serapilheira (Mg ha ⁻¹)	Coefficiente de decomposição (ano ⁻¹)	Referência
<i>Floresta sucessional</i>							
Floresta sucessional tropical (25 anos)	Aurora do Pará, Pará, Brasil	2658	Latossolo Amarelo	8,8	5,9	1,5	Presente estudo
Floresta sucessional tropical (14-19 anos)	Fazenda Jarí, Pará, Brasil	2340	-	8,4	-	-	Barlow et al. (2007)
Floresta sucessional tropical (8 anos)	Manaus, Amazonas, Brasil	2575	Latossolo Amarelo	7,2	22,8	0,3	Martius et al. (2004)
Floresta sucessional tropical (12 anos)	Castanhal, Pará, Brasil	2740	Latossolo Amarelo	7,4*	5,5*	1,3*	Vasconcelos et al. (2008)
Floresta sucessional tropical (9 anos)	Manaus, Amazonas, Brasil	2167	Latossolo Amarelo	-	5,3	-	Tapia-Coral et al. (2005)
Floresta sucessional tropical (11 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3810	Argilossolo	8,2	5,0	1,6	Cuevas, Brown e Lugo (1991)
Floresta sucessional tropical (3-8 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3920	Argilossolo	4,9	5,2	0,9	Lugo (1992)
Floresta sucessional tropical (15-30 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	2330	Argilossolo	7,2	5,0	1,4	Lugo (1992)
Floresta sucessional tropical (15-30 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3920	Argilossolo	6,8	5,4	1,3	Lugo (1992)
Floresta sucessional tropical (> 50 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3920	Argilossolo	9,7	7,4	1,3	Lugo (1992)

(*) Somente material não-lenhoso.

Tabela 10: Continuação.

Ecosistema	Localização	Precipitação anual (mm)	Solo	Produção (Mg ha⁻¹ ano⁻¹)	Estoque de serapilheira (Mg ha⁻¹)	Coefficiente de decomposição (ano⁻¹)	Referência
<i>Floresta madura</i>							
Floresta tropical primária	Fazenda Jarí, Pará, Brasil	2340	-	10,6	-	-	Barlow et al. (2007)
Floresta tropical primária	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	9,7*	7,2	1,3	Smith, Gholz e Oliveira (1998)
Floresta tropical primária	Manaus, Amazonas, Brasil	2575	Latossolo Amarelo	9,5	12,7	0,7	Martius et al. (2004)
Floresta tropical primária	Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil	2300	Argissolo vermelho-Amarelo	-	5,4	-	Macedo et al. (2008)
Floresta tropical primária	Floresta nacional do Tapajós, Pará, Brasil	2000	Argissolo e Latossolo	-	6,9	-	Silver et al. (2000)
Floresta tropical de várzea	Ilha do Combu, Pará, Brasil	2800	-	13,8	-	-	Cattanio et al. (2004)
Floresta tropical primária	San Carlos de Rio Negro, Venezuela	3565	Latossolo	10,2	-	-	Cuevas e Medina (1986)

(*) Somente material não-lenhoso.

Tabela 11: Produção anual de serapilheira, estoque de serapilheira sobre o solo e taxa de decomposição de serapilheira (k) em diferentes plantios florestais (monoculturas e consórcios) e agroflorestais na Amazônia e outras regiões tropicais.

Ecossistema	Localização	Precipitação anual (mm)	Solo	Produção (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Estoque de serapilheira (Mg ha ⁻¹)	Coefficiente de decomposição (ano ⁻¹)	Referência
Paricá solteiro (6 anos)	Aurora do Pará, Pará, Brasil	2658	Latossolo Amarelo	6,0	7,7	0,8	Presente estudo
Paricá com freijó (6 anos)	Aurora do Pará, Pará, Brasil	2658	Latossolo Amarelo	6,1	7,4	0,8	Presente estudo
Paricá com freijó e curauá (6 anos)	Aurora do Pará, Pará, Brasil	2658	Latossolo Amarelo	6,6	-	-	Presente estudo
<i>Eucalyptus urophylla</i> (4-5 anos)	Fazenda Jarí, Pará, Brasil	2340	-	6,0	-	-	Barlow et al. (2007)
<i>Pinus caribaea</i> (36 anos)	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	10,3*	11,0	1,0*	Smith, Gholz e Oliveira (1998)
<i>Carapa guianensis</i> (36 anos)	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	8,8*	10,2	0,9*	Smith, Gholz e Oliveira (1998)
<i>Leguminosae</i> ⁽¹⁾ (36 anos)	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	10,1*	8,0	1,3*	Smith, Gholz e Oliveira (1998)
<i>Euxylophora paraensis</i> (23 anos)	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	8,0*	7,7	1,0*	Smith, Gholz e Oliveira (1998)
Policultura (5 anos) ⁽²⁾	Manaus, Amazonas, Brasil	2575	Latossolo Amarelo	6,8	15,4	0,4	Martius et al. (2004)

(1) *Parkia multijuga*, *Dinizia excelsa* e *Dalbergia nigra*.

(2) *Vismia* spp, *Carapa guianensis*, *Schizolobium amazonicum*, *Swietenia macrophylla* e *Hevea brasiliensis*.

(*) Somente material não-lenhoso.

Tabela 11: Continuação.

Ecossistema	Localização	Precipitação anual (mm)	Solo	Produção (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Estoque de serapilheira (Mg ha ⁻¹)	Coefficiente de decomposição (ano ⁻¹)	Referência
Agrosilvocultural (árvores frutíferas) (5 anos)	Manaus, Amazonas, Brasil	2167	Latossolo Amarelo	-	3,0	-	Tapia-Coral et al. (2005)
Agrosilvocultural (medeira e frutíferas) (5 anos)	Manaus, Amazonas, Brasil	2167	Latossolo Amarelo	-	4,2	-	Tapia-Coral et al. (2005)
Agrosilvopastoril (5 anos)	Manaus, Amazonas, Brasil	2167	Latossolo Amarelo	-	3,4	-	Tapia-Coral et al. (2005)
Agrosilvopastoril (5 anos)	Manaus, Amazonas, Brasil	2167	Latossolo Amarelo	-	4,1	-	Tapia-Coral et al. (2005)
Leguminosas (13 anos)	Angra dos Reis, Rio	2300	Argissolo vermelho-Amarelo	-	6,4	-	Macedo et al. (2008)
SAF's (9 anos)	Viçosa, Rio de Janeiro, Brasil	1221	-	10,2	8,7	1,17	Arato, Martins e Ferrari (2003)
<i>Pseudosamanea guachapele</i> (7 anos)	Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil	1250	Planossolo	12,7	-	-	Balieiro et al. (2004b)
<i>Eucalyptus grandis</i> (7 anos)	Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil	1250	Planossolo	11,8	16,6	0,7	Balieiro et al. (2004b)
<i>Pseudosamanea guachapele</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> (7 anos)	Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil	1250	Planossolo	12,4	13,8	0,9	Balieiro et al. (2004b)

Tabela 11: Continuação.

Ecossistema	Localização	Precipitação anual (mm)	Solo	Produção (Mg ha⁻¹ ano⁻¹)	Estoque de serapilheira (Mg ha⁻¹)	Coefficiente de decomposição (ano⁻¹)	Referência
<i>Pinus caribea</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	14,3	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Hibiscus elatus</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	13,7	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Eucalyptus saligna</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	13,2	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Pinus elliottii</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	11,4	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Eucalyptus patentinervis</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	11,1	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Khaya nyasica</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	10,8	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Swietenia macrophylla</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	9,8	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Terminalia ivorensis</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	9,2	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Hernandia sonora</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	9,0	-	-	Cuevas e Lugo (1998)

Tabela 11: Continuação.

Ecossistema	Localização	Precipitação anual (mm)	Solo	Produção (Mg ha⁻¹ ano⁻¹)	Estoque de serapilheira (Mg ha⁻¹)	Coefficiente de decomposição (ano⁻¹)	Referência
<i>Anthocephalus chinensis</i> (23-26 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3807	-	8,1	-	-	Cuevas e Lugo (1998)
<i>Pinus caribea</i> (11 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3810	-	12,1	10,5	1,5	Cuevas, Brown e Lugo (1991)
<i>Pinus caribea</i> (4 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3920	Argissolo	3,1	6,1	0,5	Lugo (1992)
<i>Pinus caribea</i> (18,5 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3920	Argissolo	12,9	15,2	0,8	Lugo (1992)
<i>Swietenia macrophylla</i> (17 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	2330	Argissolo	10,0	11,4	0,9	Lugo (1992)
<i>Swietenia macrophylla</i> x <i>S. mahagoni</i> (49 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3920	Argissolo	10,7	8,3	1,3	Lugo (1992)

7.1.2 Produção mensal

A produção mensal de serapilheira foliar, não-lenhosa, reprodutivo + miscelânea e total foi afetada significativamente ($P < 0,001$) por tratamento, data de coleta e interação tratamento x data de coleta.

Em todos os tratamentos estudados, a produção mensal de serapilheira foi significativamente maior durante o período seco do que no chuvoso para o material não-lenhoso ($P < 0,001$) e total (não-lenhoso + lenhoso) ($P < 0,001$) (Figuras 6 e 7). Variações na produção de serapilheira associadas com a variação mensal da precipitação pluviométrica também foram identificadas em outros trabalhos realizados em florestas na Amazônia e outras regiões tropicais (CUEVAS E MEDINA, 1986; SMITH; GHOLZ; OLIVEIRA, 1998; VASCONCELOS et al., 2004; BARLOW et al., 2007).

O maior pico de produção de serapilheira total, não-lenhosa e folhas ocorreu em agosto (período seco) em todos os tratamentos (Figura 6 e 7), mas ocorreu diferença estatística significativa apenas entre os tratamentos PS e SUC ($P = 0,02$) na fração folhas (Figura 6). No entanto, o período seco foi o único em que os tratamentos com paricá apresentaram valores mais elevados em relação à floresta sucessional. A elevada produtividade de serapilheira nos tratamentos com paricá, com o início do período seco (julho e agosto), pode estar associada a características fenológicas e microclimáticas nesses plantios.

Levando-se também em consideração a grande influência das folhas de paricá na produção de serapilheira anual (Tabela 9), variando de 81,6% a 92,6% da serapilheira total), a diferença na produção de serapilheira anual entre os tratamentos é coerente com a densidade de indivíduos de paricá de cada tratamento (Tabela 4, Anexo A).

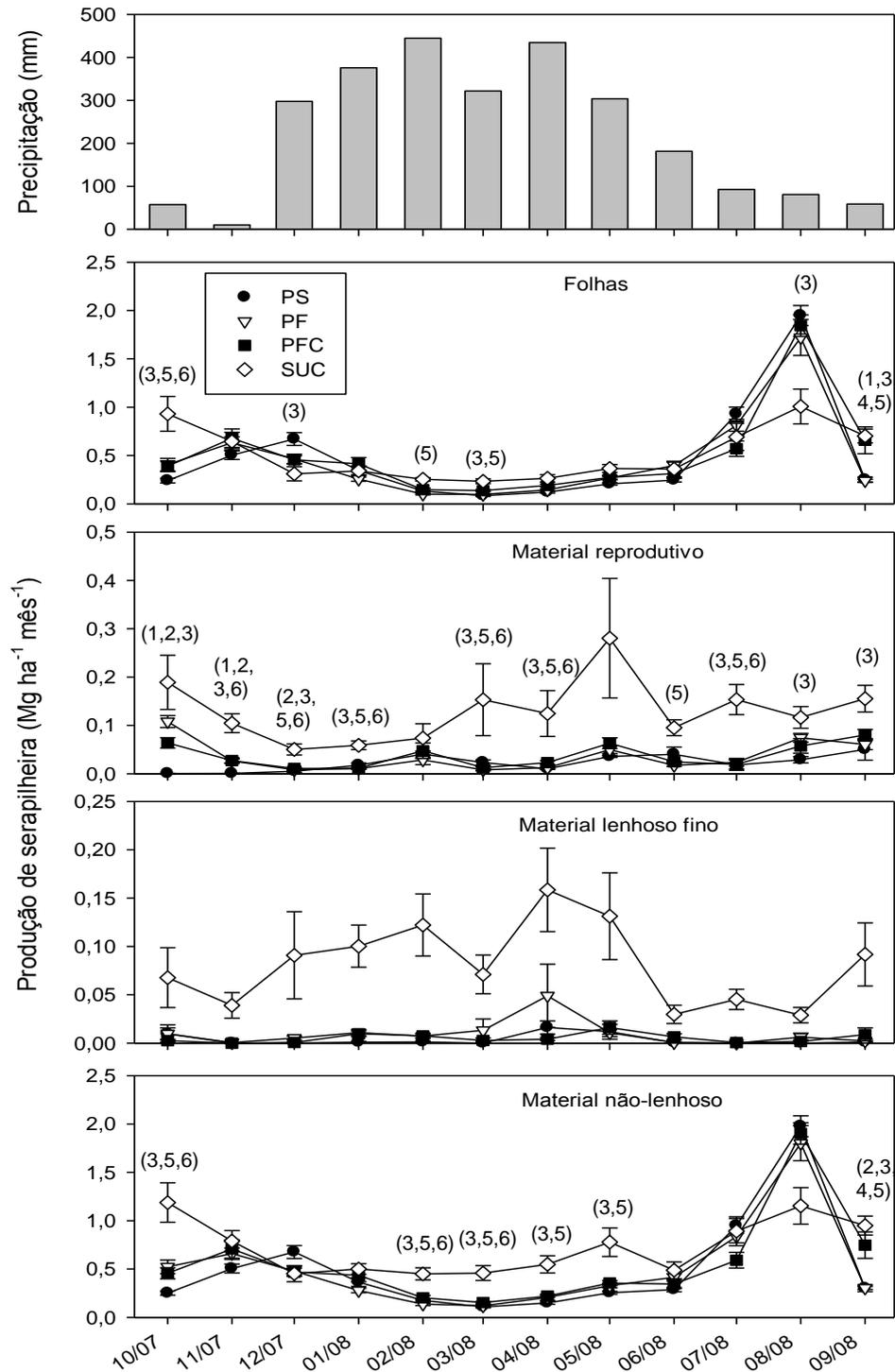


Figura 6: Precipitação mensal e produção de serapilheira nos tratamentos de plantios de paricá (com seis anos de idade) solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Os números entre parênteses indicam diferença significativa (Tukey a 5%) entre PS e PF (1), PS e PFC (2), PS e SUC (3), PF e PFC (4), PF e SUC (5) e PFC e SUC (6). Dados de serapilheira são média \pm erro padrão ($n = 12$).

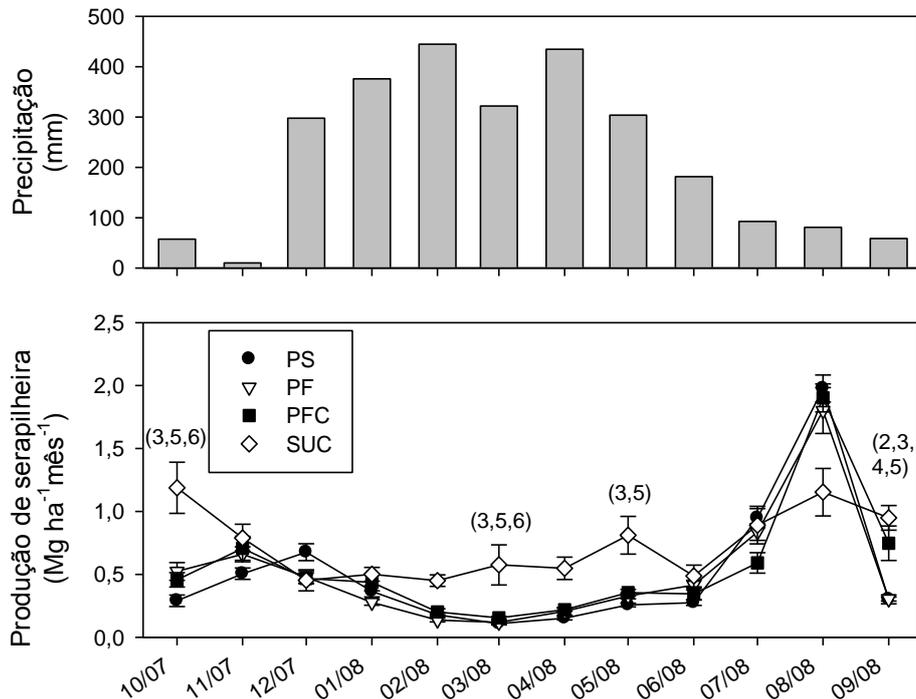


Figura 7: Precipitação mensal e produção de serapilheira total nos tratamentos de plantios de paricá (com seis anos de idade) solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Os números entre parênteses indicam diferença significativa (Tukey a 5%) entre PS e PF (1), PS e PFC (2), PS e SUC (3), PF e PFC (4), PF e SUC (5) e PFC e SUC (6). Dados de serapilheira são média \pm erro padrão ($n = 12$).

As frações reprodutivo + miscelânea, lenhoso fino e lenhoso grosso não apresentaram o mesmo padrão de variação mensal das frações total, não-lenhoso, folhas e folíolos. A fração reprodutivo + miscelânea apresentou vários picos de produção durante o ano em todos os tratamentos estudados (Figura 6). O ecossistema SUC apresentou maior produção de material lenhoso fino durante todo o ano (Figura 6).

A variabilidade intranual da produção total de serapilheira em cada tratamento, expressa pela amplitude da produção, conforme a equação: $[(\text{Máx}-\text{Mín})/\text{Máx}] \cdot 100$ (Máx = produção mensal máxima; Mín = produção mensal mínima), foi maior nos tratamentos de paricá do que na floresta sucessional (Tabela 12). A amplitude da

produção média mensal das frações folhas, não-lenhoso e total variou de 91,9% a 95,5% nos tratamentos com paricá e de 62,1% a 76,8% no ecossistema de floresta sucessional (Tabela 12). A menor variabilidade intra-anual de produção de serapilheira na floresta sucessional sugere melhor equilíbrio desse ecossistema, ou seja, maior estabilidade da ciclagem de matéria orgânica durante o ano com relação a PS, PF e PFC. A menor perda da cobertura vegetal pela floresta secundária pode estar associada à menor sensibilidade desse ecossistema à redução na disponibilidade de água no período seco. Em contrapartida, nos tratamentos com paricá ocorre perda de uma grande quantidade de folhas durante o período seco, provavelmente como estratégia para tolerar o estresse hídrico pela redução da área da evapotranspiração (BORCHERT; RIVERA; HAGNAUER, 2002).

Tabela 12: Amplitude da produção de serapilheira nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará.

Frações	Amplitude anual (%)			
	PS	PF	PFC	SUC
Folhas	95,59	95,04	92,54	76,76
Não-lenhoso	94,52	93,38	91,95	62,12
Total	94,52	93,38	91,91	62,12

Apesar de não haver estudos publicados sobre a produção de serapilheira em plantios de paricá para comparar com os resultados deste estudo, outras espécies florestais, como *Eucalyptus grandis* (BALIEIRO et al., 2004b), *Eucalyptus urophylla* (BARLOW et al., 2007) e *Pinus caribaea* (LUGO, 1992; CUEVAS; BROWN; LUGO, 1991), também apresentaram comportamento mensal associado com a variação intranual da precipitação pluviométrica, porém seus picos de produção não foram necessariamente associados ao período seco em alguns estudos. Isso sugere que, além das características climáticas, características fenológicas e ecofisiológicas, (BORCHERT; RIVERA; HAGNAUER, 2002) podem influenciar na variação mensal da produção de serapilheira.

7.1.2.1 Produção mensal das frações serapilheira nos tratamentos com paricá

A produção das frações folíolos, folhas de freijó e ráquis de paricá foi afetada significativamente ($P < 0,05$) por tratamento, data de coleta e interação tratamento x data de coleta.

Em todos os tratamentos com paricá, as frações folíolos e ráquis apresentaram um comportamento inversamente proporcional à precipitação (Figura 8). Os maiores valores de produção de folíolos ocorreram nos períodos menos chuvosos, quando os maiores picos foram identificados nos meses de novembro de 2007 e agosto de 2008, enquanto que ocorreu um declínio com o início do período chuvoso em dezembro de 2007 (Figura 8). Com o início da redução das chuvas em junho de 2008, a produção de folíolos aumentou novamente de forma progressiva, alcançando em agosto o maior valor nos tratamentos PS ($1,6 \pm 0,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$), PF ($1,2 \pm 0,2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) e PFC ($1,5 \pm 0,1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) (Figura 8). Os menores valores de produção de folíolos ocorreram em fevereiro e março (Figura 8).

De acordo com a Figura 8, em agosto as frações ráquis e folhas de freijó apresentaram as maiores taxas de produção. A queda de serapilheira de folhas de freijó foi mais elevada em agosto, tanto no PF ($0,2 \pm 0,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) como no PFC ($0,1 \pm 0,04 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$), com reduzidas taxas de produção durante o período chuvoso (dezembro de 2007 a maio de 2008).

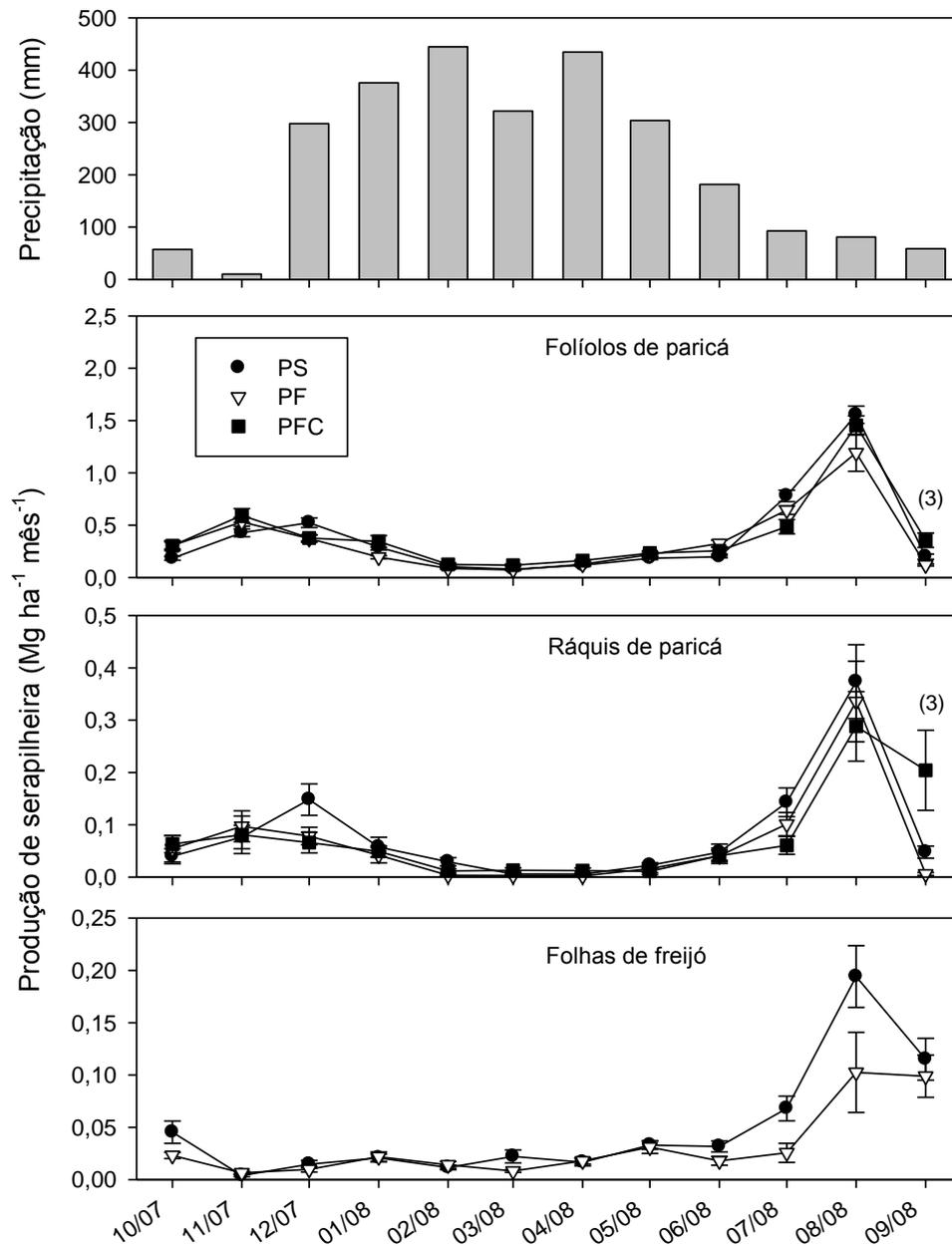


Figura 8: Precipitação mensal e produção das frações de serapilheira das espécies de paricá e freijó nos tratamentos de plantios de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF) e agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) com seis anos de idade, na Fazenda Tramontina em Aurora do Pará, Pará. Os números indicam diferença significativa (Tukey a 5%) entre PS e PF (1), PS e PFC (2) e PF e PFC (3). Dados de serapilheira são média \pm erro padrão ($n = 12$).

7.2 ESTOQUE E DECOMPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA

6.2.1 Estoque anual

O estoque anual de serapilheira não-lenhosa e total diferiu significativamente entre tratamentos ($P < 0,001$). O estoque de serapilheira foi significativamente menor no ecossistema de floresta sucessional (SUC) do que nos tratamentos de paricá solteiro (PS) e paricá com freijó (PF), mas não houve diferença significativa entre os tratamentos com paricá (Tabela 13). Esses resultados demonstram uma alta capacidade dos tratamentos com paricá em disponibilizar matéria orgânica para o solo com relação ao ecossistema SUC, o qual é um ecossistema mais complexo, isso é, com maior diversidade de espécies.

Tabela 13: Estoque anual de frações de serapilheira nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são médias \pm erro padrão ($n = 20$).

Fração	Estoque de serapilheira (Mg ha^{-1})		
	P	PF	SUC
Não-lenhoso ¹	$7,5 \pm 1,1^a$	$7,2 \pm 0,0^a$	$4,5 \pm 1,0^b$
Ráquis	$2,3 \pm 0,1^a$	$1,8 \pm 0,1^b$	-
Lenhoso Grosso	$0,2 \pm 0,0$	$0,2 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,3$
Total ²	$7,7 \pm 1,0^a$	$7,4 \pm 0,1^a$	$5,9 \pm 1,3^b$

⁽¹⁾ Não-lenhoso inclui o valor de ráquis;

⁽²⁾ Total é igual a não-lenhoso + lenhoso grosso.

O material não-lenhoso foi a fração mais representativa (90,4%) do estoque total de serapilheira nos tratamentos PS, PF e SUC (Figura 8). Entre os tratamentos

com paricá, ocorreu diferença estatística significativa entre tratamentos com relação à fração ráquis de paricá, a qual foi maior no tratamento PS ($2,3 \pm 0,1 \text{ Mg ha}^{-1}$), representando 29,9% da serapilheira total estocada, comparativamente ao tratamento PF ($1,8 \pm 0,1 \text{ Mg ha}^{-1}$), que representou 23,4% do total. O material lenhoso foi o menos representativo nos tratamentos estudados, com valores de 2,7% no PS, 2,9% no PF e 23,5% no SUC.

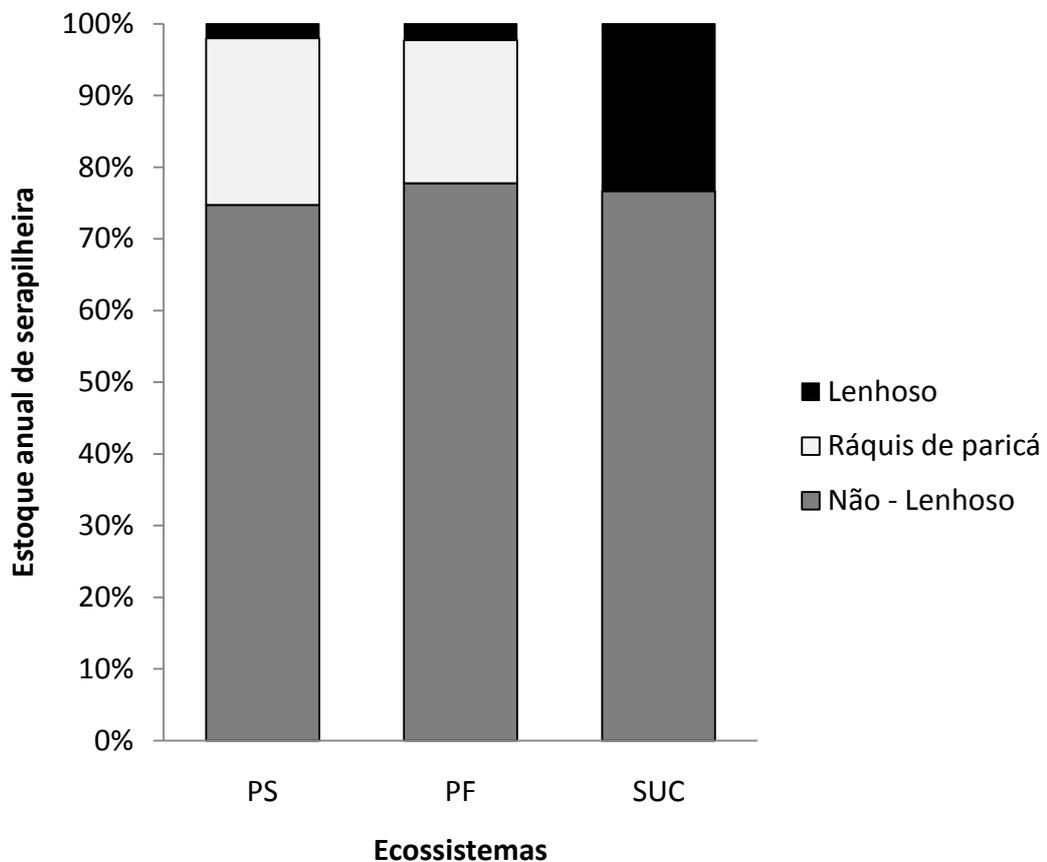


Figura 9: Estoque anual de serapilheira total, não-lenhosa, lenhosa e ráquis de paricá nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijão (PF) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará.

O ecossistema SUC apresentou taxas de decomposição de material não-lenhoso ($1,90 \pm 0,10$) e total ($1,47 \pm 0,06$) significativamente ($P < 0,001$) mais altas do que nos tratamentos PS e PF (Tabela 14). A maior produção de serapilheira

anual e menor estoque médio de serapilheira sobre o solo em SUC mostram que a ciclagem de matéria orgânica foi mais alta nesse ecossistema do que nos plantios florestais, como sugerem os resultados da taxa de decomposição (Tabela 14). Em comparação com SUC, os tratamentos PS e PF apresentaram menor produção de serapilheira total e não-lenhosa, maior estoque de serapilheira total e não-lenhosa e menor taxa de decomposição para estas frações.

Tabela 14: Coeficiente de decomposição (k) nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são médias \pm erro padrão (n = 4).

Fração	Coeficiente de decomposição (k)		
	PS	PF	SUC
Não-lenhosa	0,79 \pm 0,02 ^b	0,85 \pm 0,05 ^b	1,90 \pm 0,10 ^a
Total	0,78 \pm 0,03 ^b	0,81 \pm 0,05 ^b	1,47 \pm 0,06 ^a

Obs.: Letras diferentes representam diferença estatística significativa entre tratamentos ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Smith et al. (1998) relataram valores mais altos de estoque de serapilheira (8 Mg ha⁻¹) em um sistema com leguminosas arbóreas (*Parkia multijuga*, *Dinizia excelsa* e *Dalbergia nigra*) de 36 anos de idade, em comparação com uma floresta primária (7,2 Mg ha⁻¹). Outros trabalhos realizados na Amazônia e em outros ecossistemas tropicais também apresentaram maior estoque de serapilheira em plantios florestais do que em florestas primária e sucessional (Tabelas 10 e 11).

Tapia-Coral et al. (2005) identificaram que o estoque de serapilheira em ecossistema de floresta sucessional foi maior do que em uma agrofloresta na Amazônia central, Manaus, atribuindo este resultado à alta produção de serapilheira e à baixa decomposição da camada de serapilheira da floresta sucessional quando comparada com os sistemas agroflorestais. Martius et al. (2004), estudando ecossistemas de floresta primária, sucessional e plantios mistos de espécies florestais contendo *Vismia* spp, *Carapa guianensis*, *Schizolobium amazonicum*,

Swietenia macrophylla e *Hevea brasiliensis*, também na Amazônia Central, observaram que o ecossistema de floresta primária apresentou o menor valor de estoque de serapilheira (12 Mg ha^{-1}), seguido dos plantios florestais ($15,6 \text{ Mg ha}^{-1}$) e da floresta sucessional ($24,7 \text{ Mg ha}^{-1}$). O menor estoque de serapilheira na floresta primária foi atribuído a altas taxas de decomposição nesses ecossistemas (MARTIUS et al., 2004).

Lugo (1992) encontrou taxas de decomposição menores em plantios de *Pinus caribea* de 18,5 anos (0,8), quando comparadas com uma capoeira de 15-30 anos (1,3), e de *Swietenia macrophylla* x *S. mahagoni* (1,3), quando comparadas com uma capoeira de mais de 50 anos (1,5), sendo que estes plantios apresentaram maior produção e maior estoque de serapilheira no período em que esses dados foram coletados.

O fato dos plantios puros e consórcios apresentarem um maior estoque de serapilheira do que os ecossistemas florestais (Tabelas 10 e 11) pode estar relacionado a dois fatores: menor decomposição ou maior produção de serapilheira nos plantios. Fatores como clima, solo, composição das espécies e idade dos plantios, bem como a taxa de decomposição da serapilheira de cada espécie, controlam o estoque de serapilheira (LUGO, 1992; MARTIUS et al., 2004). Ecossistemas florestais, além de apresentarem geralmente uma diversidade maior de espécies, com propriedades químicas variadas de serapilheira, são capazes de proporcionar condições de temperatura e umidade do solo favoráveis à proliferação e à atividade de microorganismos, favorecendo o processo de decomposição da matéria orgânica.

7.2.2 Estoque sazonal

O estoque de serapilheira não-lenhosa e total (não-lenhosa + lenhosa) foi afetado significativamente ($P < 0,001$) por tratamento e época de coleta. Houve interação estatística significativa entre tratamento e época de coleta no estoque de serapilheira não-lenhosa ($P = 0,002$) e total ($P = 0,008$). A fração ráquis de paricá foi afetada significativamente por tratamento ($P < 0,05$). Identificou-se diferença no estoque de serapilheira entre os períodos de coleta, assim como em outros estudos desenvolvidos em áreas tropicais (LUGO, 1992; TAPIA-CORAL et al., 2005; MACEDO et al., 2008). Nos tratamentos PS e SUC, o estoque de serapilheira total foi estatisticamente maior no período chuvoso (março) do que no período seco (agosto) (Figura 10A). Esse resultado pode ser explicado pelo processo de decomposição da serapilheira de março até agosto, quando começou o período seco e, conseqüentemente, aumentou a produção de serapilheira. Desta forma, é provável que o período com o maior estoque de serapilheira tenha ocorrido entre os meses de outubro de 2007 e janeiro de 2008. No tratamento PF não houve diferença significativa no estoque de serapilheira total e não-lenhosa entre as coletas nos períodos seco e chuvoso (Figura 10A e 10B), o que pode ser explicado pela maior produção de serapilheira entre os meses de abril e junho de 2008 com relação ao sistema PS (Figura 6 e 7).

O efeito dos tratamentos e períodos de coleta sobre o estoque de serapilheira não-lenhosa foi similar àquele observado na serapilheira total devido ao baixo estoque de material lenhoso. A massa seca de ráquis foi significativamente maior em OS do que em PF nos dois períodos de coleta (Figura 10C).

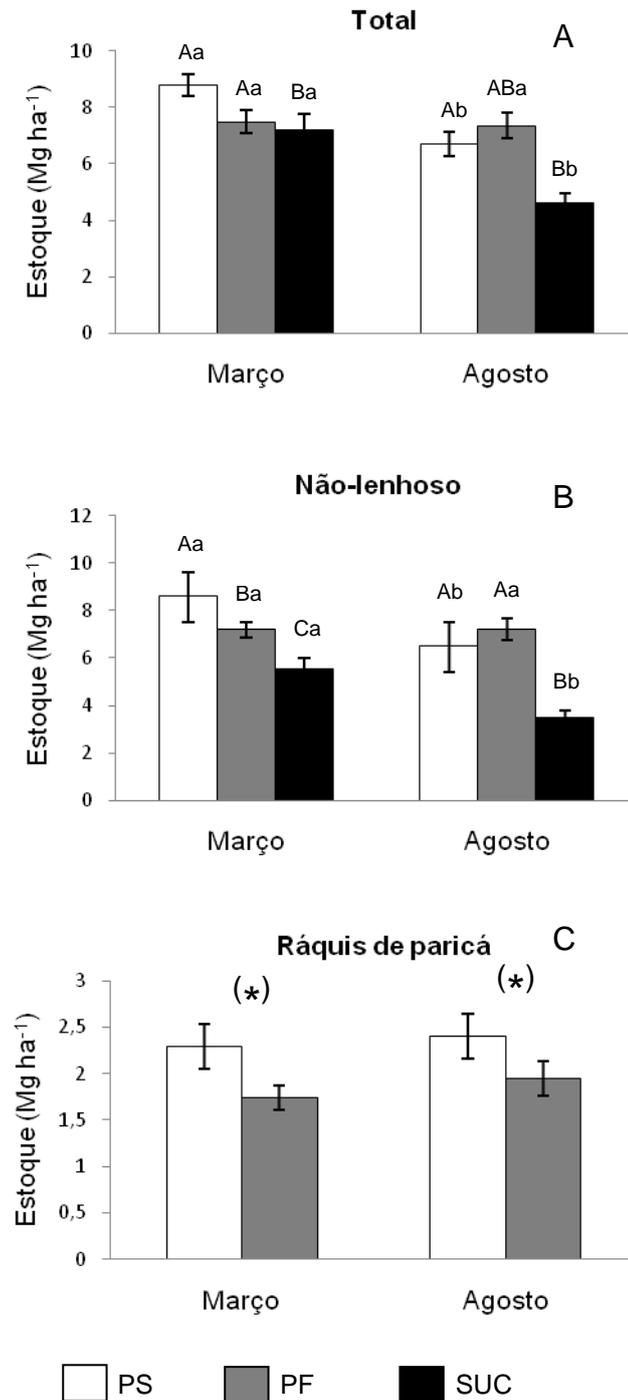


Figura 10: Estoque sazonal de serapilheira nos tratamentos de plantios de paricá (com seis anos de idade) solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. A - Estoque sazonal de serapilheira total (Não-lenhoso + Lenhoso); B - Estoque sazonal de serapilheira não-lenhosa; C - Estoque sazonal de serapilheira lenhosa; D - Estoque da fração ráquis de paricá na serapilheira nos tratamentos com paricá. Letras maiúsculas representam diferença estatística significativa entre os tratamentos em um determinado período e as letras minúsculas representam diferença estatística significativa entre os períodos de coleta em um determinado tratamento. (*) representa diferença estatística significativa entre tratamentos em um determinado período.

7.3 PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS

7.3.1 Produção total

Durante os oito meses de avaliação do crescimento de raízes finas (fevereiro a setembro de 2008), foi detectada variação significativa ($P < 0,001$) entre os tratamentos com relação à produção de raízes vivas, mortas e total (vivas + mortas). Não houve diferença estatística entre os tratamentos com paricá com relação à produção de raízes vivas e total, mas a produção foi significativamente maior nos tratamentos com paricá do que no ecossistema SUC (Tabela 15). A elevada massa de raízes vivas observada nos tratamentos com paricá pode favorecer a absorção de água e nutrientes do solo em taxas compatíveis com as altas taxas de crescimento dessa espécie. Nos tratamentos com paricá, a produção de raízes vivas apresentou uma variação de 98,1 a 99,4% do total mensurado, enquanto que o SUC apresentou 96,6% de raízes vivas. A maior porção de raízes mortas foi encontrada em SUC ($3,7 \pm 0,4 \text{ g m}^{-2}$ - 3,4% do total) e a menor em PS ($2,3 \pm 0,2 \text{ g m}^{-2}$ - 0,6% do total) (Tabela 15).

Os resultados do presente trabalho diferem daqueles relatados na literatura (Tabelas 16 e 17), em que florestas primárias e sucessionais geralmente apresentam maior produção de raízes finas do que florestas plantadas. Em plantios de *Pinus caribaea* e em uma floresta sucessional na Floresta Experimental de Luquillo (Porto Rico), a produção de raízes vivas foi significativamente superior na floresta sucessional (CUEVAS; BROWN; LUGO, 1991). Com relação à produção de raízes mortas, os resultados do presente estudo diferem daqueles encontrados por Cuevas, Brown e Lugo (1991), em que as raízes mortas representaram 60% da produção total de raízes finas em um ecossistema de floresta sucessional e apresentaram menor produção no plantio com *Pinus caribaea*.

Tabela 15: Produção total de raízes finas a 10 cm de profundidade de fevereiro a setembro de 2008 nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são médias \pm erro padrão (n = 20). As letras representam diferença estatística significativa entre os tratamentos.

Classificação	Produção de raízes finas (g m ⁻²)			
	P	PF	PFC	SUC
Vivas	378,0 \pm 20,5 ^a	337,6 \pm 18,2 ^a	260,5 \pm 9,9 ^a	103,5 \pm 3,0 ^b
Mortas	2,3 \pm 0,2 ^b	5,4 \pm 0,3 ^a	5,1 \pm 0,3 ^a	3,7 \pm 0,4 ^a
Total ^(*)	380,3 \pm 20,6 ^a	343,0 \pm 18,4 ^a	265,5 \pm 9,9 ^a	107,2 \pm 2,7 ^b

^(*) Soma das raízes finas com as raízes mortas

Para efeito de comparação com outras estimativas de produção de raízes finas, os dados obtidos durante os 8 meses de estudo foram extrapolados para 12 meses (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16: Produção anual de raízes finas em ecossistemas de floresta primária e sucessional na Amazônia e outras regiões tropicais.

Ecossistema	Localização	Precipitação Anual (mm)	Solo	Método	Profundidade (cm)	Diâmetro (mm)	Produção (g m⁻²)	Referência
<i>Floresta sucessional</i>								
Floresta sucessional tropical (25 anos)	Aurora do Pará, Pará, Brasil	2658	Latossolo Amarelo	Ingrowth Core	10	≤ 2	162,0	Presente estudo
Floresta sucessional tropical (10 anos)	Castanhal, Pará, Brasil	2694	Latossolo Amarelo	Ingrowth core	10	≤ 2	88,4	Lima (2008)
Floresta sucessional tropical (18 anos)	Castanhal, Pará, Brasil	2694	Latossolo Amarelo	Ingrowth core	10	≤ 2	86,0	Lima (2008)
Floresta sucessional tropical (17 anos)	Paragominas, Pará, Brasil	1875	Latossolo	Soil core	10	≤ 2	85,1	Trumbore et al. (2006)
Floresta sucessional tropical (11 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3810	Argilossolo	Ingrowth core	30	≤ 2	840,0	Cuevas, Brown e Lugo (1991)
<i>Floresta madura</i>								
Floresta tropical primária	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	Soil core	20	≤ 2	304,1	Smith et al. (2002)
Floresta tropical primária	Paragominas, Pará, Brasil	1875	Latossolo	Soil core	10	≤ 2	51,6	Trumbore et al. (2006)
Floresta tropical primária	Floresta nacional do Tapajós, Pará, Brasil	2000	Argilossolo e Latossolo	Soil core	10	≤ 2	180,5	Silver et al. (2005)
Floresta tropical primária	Floresta nacional do Tapajós, Pará, Brasil	2000	Argilossolo	Soil core	10	≤ 2	201,5	Silver et al. (2005)
Floresta úmida decidual	Kodayar, Índia	3146	-	Ingrowth core	25	≤ 2	177,7	Sundarapandian e Swamy (1996)

Tabela 16: Continuação.

Ecosistema	Localização	Precipitação Anual (mm)	Solo	Método	Profundidade (cm)	Diâmetro (mm)	Produção (g m⁻²)	Referência
<i>Floresta madura</i>								
Floresta semi-sempre verde (Alterada)	Kodayar, Índia	3146	-	Ingrowth Core	25	≤ 2	185,9	Sundarapandian e Swamy (1996)
Floresta sempre verde	Kodayar, Índia	3146	-	Ingrowth Core	25	≤ 2	226,4	Sundarapandian e Swamy (1996)
Floresta sempre verde (Alterada)	Kodayar, Índia	3146	-	Ingrowth core	25	≤ 2	187,9	Sundarapandian e Swamy (1996)
Floresta umida decidual (Alterada)	Kodayar, Índia	3146	-	Ingrowth Core	25	≤ 2	262,1	Sundarapandian e Swamy (1996)
Floresta semi-sempre verde	Kodayar, Índia	3146	-	Ingrowth Core	25	≤ 2	210,3	Sundarapandian e Swamy (1996)
Floresta tropical primária	San Carlos – Solano Road, Venezuela	3565	Latossolo	Ingrowth core	10	≤ 2	1117	Cuevas e Medina (1988)
Floresta tropical primária	Venezuela	-	Latossolo	Soil core	10	≤ 2	1540	Vitousek e Sanford (1986)

Tabela 17: Produção anual de raízes finas em plantios florestais (monoculturas e consórcios) e agroflorestais na Amazônia e outras regiões tropicais.

Ecossistema	Localização	Precipitação anual	Solo	Método	Profundidade (cm)	Diâmetro (mm)	Produção (g m ⁻²)	Referência
Paricá solteiro (6 anos)	Aurora do Pará, Pará, Brasil	2658	Latossolo Amarelo	Ingrowth core	10	≤ 2	570,4	Presente estudo
Paricá com freijó (6 anos)	Aurora do Pará, Pará, Brasil	2658	Latossolo Amarelo	Ingrowth core	10	≤ 2	514,9	Presente estudo
Paricá com freijó e curauá (6 anos)	Aurora do Pará, Pará, Brasil	2658	Latossolo Amarelo	Ingrowth core	10	≤ 2	398,3	Presente estudo
Pinus caribaea (36 anos)	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	Soil core	20	≤ 2	115,1	Smith et al. (2002)
Carapa guianensis (36 anos)	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	Soil core	20	≤ 2	235,6	Smith et al., (2002)
Leguminosae ⁽¹⁾ (36 anos)	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	Soil core	20	≤ 2	277,8	Smith et al. (2002)
Euxylophora paraensis (23 anos)	Curuá-una, Pará, Brasil	1900	Latossolo	Soil core	20	≤ 2	132,1	Smith et al. (2002)
Pinus caribaea (11 anos)	Luquillo Experimental Forest, Porto Rico	3810	-	Ingrowth core	30	≤ 2	110,0	Cuevas, Brown e Lugo (1991)
Hyeronima alchorneoides (16 anos)	Estação Biológica La Selva, Costa Rica	3960	Latossolo	Ingrowth core	15	≤ 2	1304,0	Valverde-Barrantes, Raich e Russel (2007)
Pentaclethra macroloba (16 anos)	Estação Biológica La Selva, Costa Rica	3960	Latossolo	Ingrowth core	15	≤ 2	641,0	Valverde-Barrantes, Raich e Russel (2007)

(1) *Parkia multijuga*, *Dinizia excelsa* e *Dalbergia nigra*.

Tabela 17: Continuação

Ecosistema	Localização	Precipitação Anual (mm)	Solo	Método	Profundidade (cm)	Diâmetro (mm)	Produção (g m⁻²)	Referência
Pinus pátula (16 anos)	Estação Biológica La Selva, Costa Rica	3960	Latossolo	Ingrowth core	15	≤ 2	382,0	Valverde-Barrantes, Raich e Russel (2007)
Virola koschnyi (16 anos)	Estação Biológica La Selva, Costa Rica	3960	Latossolo	Ingrowth core	15	≤ 2	614,0	Valverde-Barrantes, Raich e Russel (2007)
Vochysia ferruginea (16 anos)	Estação Biológica La Selva, Costa Rica	3960	Latossolo	Ingrowth core	15	≤ 2	518,0	Valverde-Barrantes, Raich e Russel (2007)
Vochysia guatemalensis (16 anos)	Estação Biológica La Selva, Costa Rica	3960	Latossolo	Ingrowth core	15	≤ 2	1068,0	Valverde-Barrantes, Raich e Russel (2007)

7.3.2 Produção sazonal

A produção sazonal de raízes finas vivas e total (vivas + mortas) foi afetada significativamente ($P < 0,001$) por tratamento, período de crescimento e interação tratamento x período de crescimento (Tabela 18). A produção de raízes mortas foi afetada significativamente somente por tratamento e período ($P < 0,001$). O efeito dos tratamentos e períodos de crescimento sobre a produção de raízes vivas foi similar àquele observado sobre o total de raízes, pois a mortalidade de raízes finas foi baixa no intervalo das coletas do estudo (Figura 11). A variação bimensal da produção de raízes vivas e total foi mais evidente nos plantios com paricá (Figura 11). Em PS, a produção de raízes vivas e total aumentou significativamente no período de agosto a setembro, durante o qual a precipitação total no período foi mais baixa. No entanto, a produção de raízes vivas e total no período de agosto a setembro não variou significativamente com relação ao período anterior (junho – julho) em PF e PFC (Figura 11). Na floresta secundária, não foi observada variação bimensal da produção de raízes finas vivas e total. Em florestas sucessionais de 10 e 18 anos em Castanhal, Pará, a produção de raízes vivas apresentou um comportamento marcante com a variação mensal da precipitação pluviométrica (LIMA, 2008).

PS e PF geralmente apresentaram produção de raízes vivas e total significativamente maior do que PFC e SUC (Tabela 18). No intervalo junho-julho não houve diferença significativa de produção de raízes finas vivas e total entre os tratamentos (Tabela 18). Entre os tratamentos com paricá, o tratamento PFC apresentou os menores valores de raízes vivas e total durante o estudo. A menor produção de raízes vivas e total foi encontrada no ecossistema SUC em todos os períodos de crescimento, não havendo diferença significativa na produção de raízes vivas e total entre os períodos de coleta (Tabela 18).

Tabela 18: Produção bimensal de raízes finas total (vivas + mortas) e vivas a 10 cm de profundidade nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são média \pm erro padrão (n = 20).

Intervalo	Produção bimensal de raízes finas total e vivas (g m ⁻²)			
	PS	PF	PFC	SUC
Raízes finas total				
Fev-Mar	151,4 \pm 15,5 ^{Aa}	137,9 \pm 16,1 ^{Aa}	91,6 \pm 8,8 ^{Ba}	31,9 \pm 6,6 ^{Ca}
Abr-Mai	85,4 \pm 11,2 ^{Ab}	83,3 \pm 12,0 ^{Ab}	72,7 \pm 6,3 ^{Aab}	23,8 \pm 2,7 ^{Ba}
Jun-Jul	52,3 \pm 8,7 ^{Ac}	54,1 \pm 9,8 ^{Ac}	51,3 \pm 6,7 ^{Abc}	30,9 \pm 4,8 ^{Aa}
Ago-Set	91,2 \pm 10,6 ^{Ab}	67,7 \pm 8,5 ^{Ac}	49,9 \pm 7,0 ^{Bc}	20,6 \pm 2,1 ^{Ca}
Raízes finas vivas				
Fev-Mar	150,6 \pm 15,3 ^{Aa}	136,0 \pm 16,1 ^{Aa}	89,9 \pm 8,7 ^{Ba}	31,2 \pm 6,8 ^{Ca}
Abr-Mai	84,8 \pm 11,2 ^{Ab}	82,6 \pm 12,0 ^{Ab}	72,1 \pm 6,3 ^{Aab}	23,4 \pm 2,5 ^{Ba}
Jun-Jul	52,1 \pm 8,7 ^{Ac}	53,2 \pm 9,7 ^{Ac}	50,3 \pm 6,5 ^{Abc}	30,3 \pm 4,8 ^{Aa}
Ago-Set	90,4 \pm 10,6 ^{Ab}	65,9 \pm 8,6 ^{ABbc}	48,2 \pm 6,8 ^{Bc}	18,6 \pm 2,1 ^{Ca}

Obs.: Letras maiúsculas representam a significância entre os tratamentos e as minúsculas entre os períodos.

Tabela 19: Produção bimensal de raízes finas mortas a 10 cm de profundidade nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são média \pm erro padrão (n = 20).

Intervalo	Produção bimensal de raízes finas mortas (g m ⁻²)				
	PS	PF	PFC	SUC	Média
Fev-Mar	0,8 \pm 0,3	1,9 \pm 0,5	1,7 \pm 0,5	0,7 \pm 0,1	1,2 \pm 0,3 ^b
Abr-Mai	0,6 \pm 0,2	0,8 \pm 0,4	0,7 \pm 0,2	0,4 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1 ^c
Jun-Jul	0,1 \pm 0,0	0,9 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	0,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,2 ^c
Ago-Set	0,8 \pm 0,1	1,9 \pm 0,5	1,7 \pm 0,3	2,0 \pm 0,3	1,6 \pm 0,3 ^a
Média	0,6 \pm 0,2 ^b	1,3 \pm 0,3 ^a	1,3 \pm 0,3 ^a	0,9 \pm 0,4 ^a	-----

Obs.: Letras maiúsculas representam a significância entre os tratamentos e as minúsculas entre os períodos.

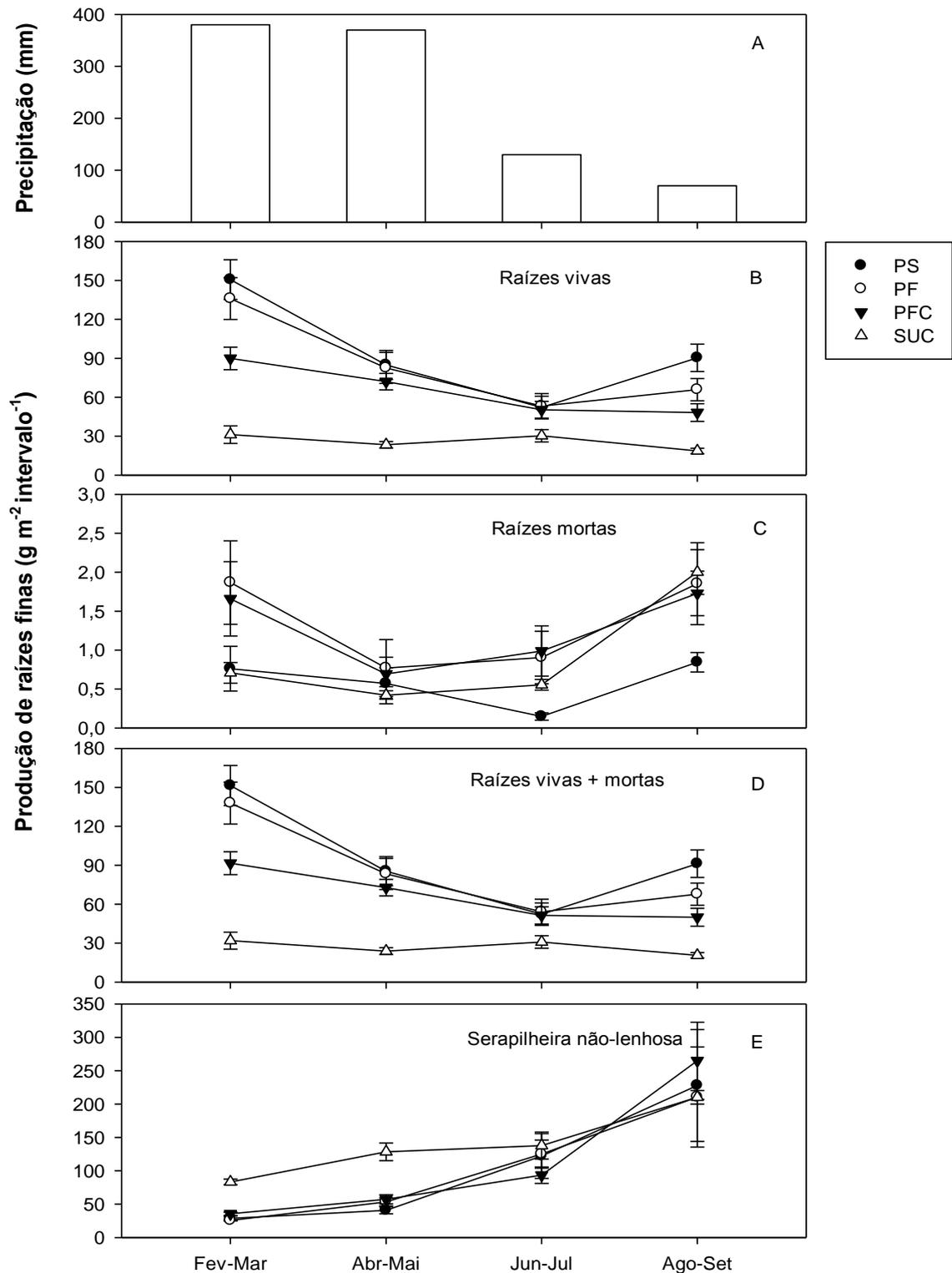


Figura 11: Precipitação e produção sazonal de raízes finas a 10 cm de profundidade nos tratamentos de plantios de paricá (com seis anos de idade) solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Dados são média \pm erro padrão ($n = 20$).

Do primeiro para o terceiro períodos de coleta, a precipitação total diminuiu de 383,2 mm para 137 mm, atingindo, no quarto período, o menor valor (70 mm) (Figura 11). Nos tratamentos com paricá, a produção de raízes vivas e total diminuiu significativamente e de forma progressiva entre o primeiro (fevereiro - março) e o terceiro (junho – julho) períodos de coleta, começando a aumentar a partir do terceiro período até o último período (agosto - setembro) (Figura 11), quando iniciou o período seco com redução marcante da precipitação. Dessa forma, a variabilidade mensal da produção de raízes finas vivas e total no presente estudo se caracterizou por um aumento da produção durante o período seco e redução da produção durante o período chuvoso. De acordo com a Figura 11, pode-se observar também que ocorreu uma elevação significativa na massa de raízes finas mortas no período seco, sugerindo que a mortalidade foi maior nesse período (Tabela 19).

Lima (2008), estudando florestas sucessionais de diferentes idades em Apeú, nordeste paraense, encontrou maior produção de raízes finas no período seco. Em contrapartida, Metcalfe et al. (2008) observaram uma redução da produção de raízes finas na transição entre o período chuvoso e o período seco em uma floresta de terra firme na Floresta Nacional de Caxiuanã, o que não suporta a teoria de que as plantas investem na produção de raízes finas como uma alternativa de intensificar a capacidade de absorção de água. A variação mensal da produção de raízes finas também foi observada em outros ecossistemas tropicais (GREEN et al., 2005; SUNDARAPANDIAN; SWAMY, 1996) e temperados (BAKKER; AUGUSTO; ACHAT, 2006; DAHLMAN; KUCERA, 1965; KÄTTERER et al., 1995).

Segundo Blair e Perfecto (2001), as plantas investem muito na produção de raízes finas, que são mais eficientes em absorver água e nutrientes do solo em relação às raízes grossas. Considerando-se a menor taxa de decomposição nos tratamentos com paricá (Tabela 14), conseqüentemente uma menor disponibilização de nutrientes para os solos desses tratamentos, é provável que a maior produção de raízes finas esteja funcionando como um mecanismo das plantas aumentarem a absorção de nutrientes.

Apesar dos resultados deste estudo demonstrarem que a produção mensal total de raízes finas foi inferior na floresta sucessional (SUC) em comparação com os

plantios (Figura 11), diferentemente de outros trabalhos (CUEVAS; BROWN; LUGO, 1991; SMITH et al., 2002), a maior produção de serapilheira (Figura 11) e a maior taxa de decomposição com relação aos tratamentos com paricá (Tabela 14), caracteriza uma maior disponibilidade e ciclagem de matéria orgânica no solo da floresta sucessional. Alguns estudos têm mostrado correlação negativa entre produção de raízes finas e ciclagem de nitrogênio em ecossistemas de floresta primária e plantios florestais (SILVER et al., 2000; VALVERDE-BARRANTES et al., 2007). Dessa forma, o maior aporte de matéria orgânica (produção de serapilheira) no SUC pode ter aumentado a disponibilidade de nitrogênio e, conseqüentemente, reduzido a produção de raízes finas (Tabela 5).

A concentração de nitrogênio total e amônio do solo tendeu a ser mais alta em SUC do que nos plantios de paricá na mesma área de estudo deste trabalho (Dias, 2008). Comparando-se a produção de raízes finas obtidas na primeira coleta (fevereiro-março de 2008) com a disponibilidade de nitrogênio nesse período (médias das avaliações realizadas entre janeiro a março de 2008), observou-se tendência de diminuição da produção de raízes com o aumento da disponibilidade de N (Figura 12), apesar da regressão estatística ter sido pouco robusta. Neste mesmo período, o tratamento PFC apresentou um resultado de produção de raízes finas vivas e total significativamente menor com relação aos tratamentos PS e PF. Este resultado pode estar associado com o aporte extra de nitrogênio proveniente da adubação com esterco de galinha realizada nos plantios de curauá. Dessa forma, sugere-se que estudos mais detalhados sejam desenvolvidos visando avaliar a relação entre a produção de raízes finas e a disponibilidade de nitrogênio do solo.

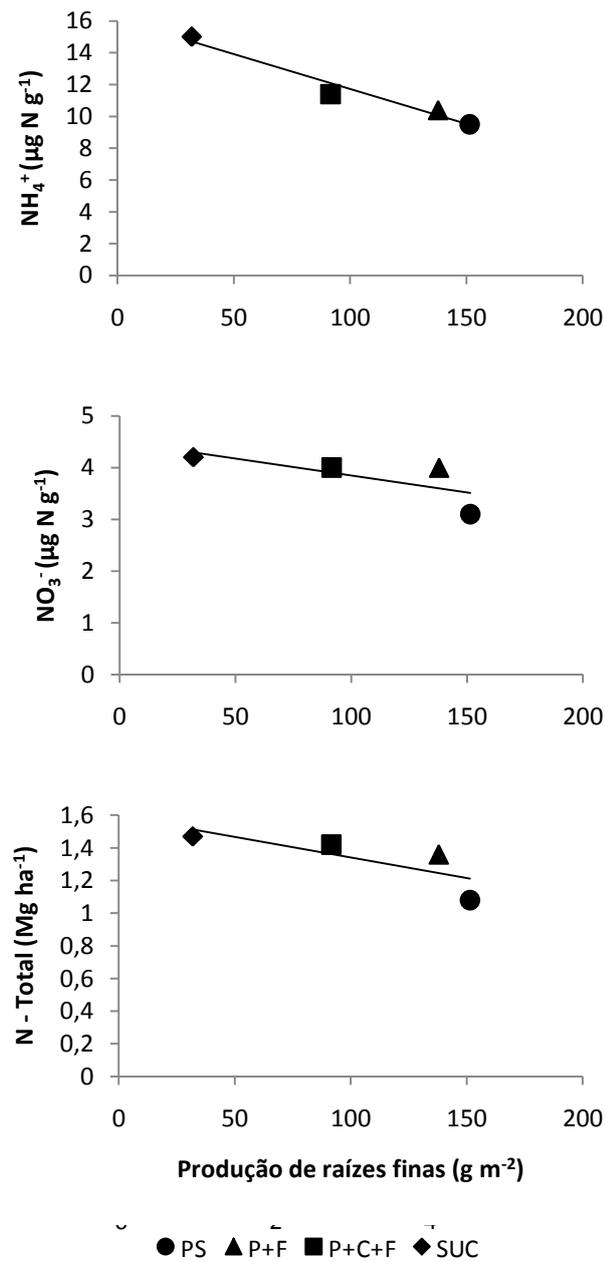


Figura 12: Relação entre a produção de raízes finas (intervalo fevereiro - março de 2008) e concentração de amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e nitrogênio total (N-Total) (intervalo janeiro - março de 2008) nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com feijó (PF), agrofloresta de paricá com feijó e curauá (PFC) e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará. Os dados de nitrogênio do solo foram obtidos no estudo de Dias (2008).

De acordo com um levantamento bibliográfico feito por Hendricks et al. (2006) há duas hipóteses relacionadas à influência da disponibilidade de recursos na alocação de carbono e na produtividade primária líquida (NPP) nos ecossistemas. A primeira hipótese é da alocação diferencial, em que um aumento na NPP total com o aumento da disponibilidade de recursos é acompanhado por um aumento na proporção da NPP alocada para as folhas e material lenhoso e decréscimo na proporção alocada para as raízes. Na segunda hipótese, a NPP total aumenta com o aumento da disponibilidade de recursos, mas a proporção da NPP total alocada para as folhas, material lenhoso e raízes finas permanece relativamente constante. No presente trabalho, é possível que a primeira hipótese seja verdadeira, pois os ecossistemas de floresta sucessional apresentaram maior disponibilidade de recursos devido ao maior aporte e disponibilização de matéria orgânica. Além disso, apresentam maior produção de serapilheira, um dos principais componentes da produtividade primária líquida acima do solo, porém menor produção de raízes com relação aos tratamentos de plantios com paricá.

Cabe ressaltar que a produção de raízes finas relatada neste estudo se refere não somente aos componentes arbóreos plantados, mas também a indivíduos arbóreos presentes no sub-bosque. Em outras palavras, deve estar implícito que a produção de raízes finas corresponde à comunidade de plantas existente em cada tratamento. No entanto, no presente estudo não foi realizado um levantamento das espécies e da biomassa do sub-bosque. Nos tratamentos de plantios florestais, principalmente em PS e PF, foi marcante a presença de sub-bosque dominado por gramíneas (*Brachiaria humidicola*) e outras plantas forrageiras, bem como algumas espécies de porte médio. Dessa forma é provável que o sub-bosque tenha influenciado substancialmente a produção de raízes dos plantios. Segundo a Figura 13B, referente a 31 de março de 2008, período chuvoso, é perceptível que o sub-bosque apresentou uma vegetação mais desenvolvida com relação ao período seco de 2007 (Figura 13A, referente a 23 de outubro de 2007). Com base nessas observações e de acordo com a tendência de redução da produção de raízes finas com o aumento da precipitação observada neste estudo, é muito provável que não tenha ocorrido uma grande influência do sub-bosque na produção mensal de raízes

finas, pois a produção de raízes diminuiu com o período chuvoso, quando o sub-bosque estava mais desenvolvido.



Figura 13 - Fotografias do sub-bosque das ruas entre os tratamentos do presente estudo: A - 23/10/2007 – período seco; B - 31/03/2008 – período chuvoso.

Com relação à produção de raízes finas entre os tratamentos com paricá, é provável que tenha ocorrido alguma influência significativa na produção de raízes finas devido ao manejo das parcelas de PFC. A eliminação do sub-bosque devido a duas capinas realizadas no final de janeiro e de julho, uma semana antes da instalação dos sacos de crescimento nas duas épocas, pode ter contribuído para a menor produção de raízes finas no tratamento PFC em comparação com os tratamentos PS e PF.

7.4 APORTE TOTAL DE MATÉRIA ORGÂNICA E RELAÇÃO SERAPILHEIRA FOLIAR / RAÍZES FINAS

A floresta sucessional apresentou maior produção de serapilheira do que os plantios com paricá. No entanto, os plantios com paricá apresentaram maior produção de raízes finas. Considerando-se a soma da produção de serapilheira e de raízes finas, a diferença entre os tratamentos com relação à produtividade primária líquida passa a ser insignificante (Tabela 20). Esses resultados mostram a importância da avaliação do sistema radicular em estudos de produtividade e ciclagem de matéria orgânica em estudos biogeoquímicos.

Entretanto, apesar dos tratamentos com paricá serem tão produtivos quanto os ecossistemas de floresta sucessional, com relação à soma da produção de serapilheira total + raízes finas, eles investem mais na produção de raízes finas, provavelmente para superarem a baixa qualidade nutricional dos solos da área estudada.

Tabela 20: Soma do aporte de material orgânico pela queda da serapilheira com o crescimento de raízes finas nos tratamentos de plantios (com seis anos de idade) de paricá solteiro (PS), consórcio de paricá com freijó (PF), agrofloresta de paricá com freijó e curauá (PFC) com seis anos de idade e no ecossistema de floresta sucessional (SUC) com 25 anos de idade, na Fazenda Tramontina, em Aurora do Pará, Pará.

Tratamentos	Produção de serapilheira total	Produção de raízes finas	Serapilheira total + raízes finas
	----- Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----		
PS	6,0	3,8	9,8
PF	6,1	3,4	9,5
PFC	6,6	2,7	9,2
SUC	8,6	1,1	9,7

7.5 PESQUISAS FUTURAS

É fundamental ressaltar a importância de se realizarem estudos que venham integrar o maior número de variáveis envolvidas com a ciclagem de matéria orgânica. Como exemplo, citam-se os resultados obtidos por DIAS (2008), os quais podem ser úteis para interpretar os resultados gerados no presente trabalho. Além disso, é importante o aprofundamento em pesquisas mais interdisciplinares, como a relação entre eventos de El Niño e La Niña (ENOS) e a variação interanual da produção de serapilheira e raízes finas, bem como a relação com outros fluxos da produtividade primária líquida (NPP). Entretanto, para isso é necessário um estudo de longa duração.

Análises químicas futuras do material formador de serapilheira, da serapilheira estocada no solo e das raízes finas do presente trabalho serão importantes para entender o papel dos plantios florestais na ciclagem de carbono e nitrogênio.

8 CONCLUSÕES

- A hipótese do presente trabalho foi confirmada apenas com relação à produção de serapilheira e à taxa de decomposição, que foram maiores na floresta sucessional do que nos tratamentos com paricá.
- A produção e o estoque de serapilheira e a produção de raízes finas são sensíveis à variação intranual da precipitação pluviométrica.
- Plantios florestais com 6 anos de idade restabeleceram o processo de aporte de serapilheira em níveis próximos (70%) àquele encontrado na floresta sucessional com 25 anos de idade, sugerindo que os plantios são sistemas importantes para disponibilizar matéria orgânica para o solo, apesar da menor densidade de plantas e diversidade de espécies arbóreas em relação à floresta sucessional.
- Os plantios florestais com paricá apresentaram maior produção de raízes finas em relação à floresta sucessional, sugerindo que os plantios têm boa capacidade de adaptação aos solos degradados da área de estudo.
- O paricá apresentou alta capacidade de fornecer material orgânico para o solo através da queda de material formador de serapilheira e de estocar esse material sobre o solo, que são atributos desejáveis em sistemas de recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. et al. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica**. Belém: IPAM, 2004. 85 p.
- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para a recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 715-721. 2003.
- ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D. R. Avaliação silvicultural de espécies florestais no Estado de Roraima. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 59-63, jul./set. 2003.
- BAKKER, M. R.; AUGUSTO, L.; ACHAT, D. L. Fine root distribution of trees and understory in mature stands of maritime pine (*Pinus pinaster*) on dry and humid sites. **Plant Soil**, v. 286, p. 37–51, jun. 2006.
- BALIEIRO, F. de C. et al. Acúmulo de nutrientes na parte aérea, na serapilheira acumulada sobre o solo e decomposição de filódios de *Acacia mangium* Willd. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 59-65. 2004a.
- BALIEIRO, F. de C. et al. Dinâmica da serapilheira e transferência de nitrogênio ao solo, em plantios de *Pseudosamanea guachapele* e *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 97-601, jun. 2004b.
- BARLOW, J. et al. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 247, p. 91-97. 2007.
- BLAIR, B. C.; PERFECTO I. Nutrient content and substrate effect on fine root density and size distribution in a Nicaraguan rain forest. **Biotropica**, v. 33, n. 4, p. 697–701. 2001.
- BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. **Biotropica**, v. 34, n. 1, p. 27–39. 2002.

BRASIL E. C; CRAVO, M. da S. Interpretação dos resultados de análise de solo. In: CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M; BRASIL E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Belém: Embrapa, 2007. p. 43-48.

BRIENZA JUNIOR, S. **Freijó em sistemas agroflorestais**. Belém: EMBRAPA-Amazônia, 1982, 15 p, Circular técnico.

CATTANIO, J. H. et al. Phenology, litterfall, growth, and root biomass in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 4, p. 703-712, out./dez. 2004.

CLARK, D. A. et al. Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. **Ecological Applications**, v. 11, n. 2, p. 356-370, abr. 2001a.

CLARK, D. A. et al. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field Data. **Ecological Applications**, v. 11, n. 2, p. 371-384, abr. 2001b.

CHRISTENSEN, B. T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **European Journal of Soil Science**, v. 52, p. 345-353, Set. 2001.

COLLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. de S.; BALOTA, E. L. Atividade microbiana em solos cultivados em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 84-91, jan./fev. 2001.

CORDEIRO, I. M. C. **Comportamento de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby e *Ananas comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppens e Leal sob diferentes sistemas de cultivo no município de Aurora do Pará (PA)**. 2007. 115f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

COTRUFO, M. F. Quantity of standing litter: A driving factor of root dynamics. **Plant and Soil**, v. 281, p. 1–3. 2006.

CUEVAS, E.; BROWN, S.; LUGO, A. E. Above- and belowground organic matter storage and production in a tropical pine plantation and a paired broadleaf secondary forest. **Plant and Soil**, v. 135, p. 257-268. 1991.

CUEVAS, E.; LUGO, A. E. Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of ten tropical tree plantation species. **Forest Ecology and Management**, v. 112, p. 263-279. 1998.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within amazonian forest ecosystems I. Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia**, v. 68, p. 466-472. 1986.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within amazonian forests II. Fine root growth, nutrient availability and leaf litter decomposition. **Oecologia**, v. 76, p. 222-235. 1988.

DAHLMAN, R. C.; KUCERA, C. L. Root productivity and turnover in native prairie. **Ecology**, v. 46, p. 84-89, jan. 1965.

DAVIDSON, E. A. et al. Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of Eastern Amazonia. **Biogeochemistry**, v. 48, p. 53-69. 2000.

DAVIDSON, E. A.; JANSSENS, I. A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. **Nature**, v. 440, p. 165-173, mar. 2006.

DIAS, J. D. **Dinâmica do amônio e nitrato em solos consorciados com plantios de paricá (*schizolobium amazonicum*) em aurora do Pará, Pará**. 2008. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, 2008.

DIAS, J. D. **Fluxo de CO₂ proveniente da respiração do solo em áreas de floresta nativa da Amazônia**. 2006. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

DUCKE, A. **Notas sobre a flora neotrópica II: as leguminosas da Amazônia brasileira**. Belém, IAN Boletim Técnico 18, Belém, 1949. 248 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPS, 1997. 212 p.

FILHO, A. B. G. et al. Produção de biomassa em quatro procedências de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby) no estágio de muda. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 1047-1049, jun. 2007.

FRAZÃO, D. A. C. et al. Concentração de N, P, K nas diversas partes da planta de *cordia goeldiana*, Huber, em função da idade. In: Congresso brasileiro de ciência do solo, 27. 1999, Brasília, DF. **Anais**. Brasília, DF: Embrapa cerrados/UNB, 1999. p.

GALEÃO, R. R. et al. Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber): espécie florestal de uso múltiplo com alto potencial para reflorestamento na Amazônia brasileira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, p. 157-162, jul./dez. 2005.

GRASSI FILHO, H. et al. Efeitos de diferentes substratos no crescimento de mudas de limoeiro “cravo” até o ponto de enxertia. **Laranja**, v. 22, n. 1, p. 157-166. 2001.

GREEN, J.J. et al. Fine root dynamics in a tropical rain forest is influenced by rainfall. **Plant and Soil**, v. 276, p. 23–32. 2005.

HENDRICKS, J. J. et al. Assessing the patterns and controls of fine root dynamics: an empirical test and methodological review. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 40-57. 2006.

HERRERA, R. et al. Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciencia**, v. 3, n. 4, p. 223-232, jul./ago. 1978.

HOUGHTON R. A. et al. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, v. 403, n. 20, p. 301-304. 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite 1999-2000**. 2001. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>.

JACKSON, R. B.; MOONEY, H. A.; SCHULZE, E. -D. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. v. 94, p. 7362–7366, Jul. 1997.

JORDAN, C. F.; ESCALANTE, G. Root productivity in an Amazonian rain forest. **Ecology**, v. 61, n. 1, p. 14-18, Fev. 1980.

KANASHIRO, M. **Informações botânicas sobre (*cordia goeldiana* Huber)**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 4 p. Comunicado técnico, n.36

KÄTTERE, T. et al. Fine-root dynamics, soil moisture and soil carbon content in a *Eucalyptus globulus* plantation under different irrigation and fertilization regimes. **Forest Ecology and Management**, v. 74, p. 1-12. 1995.

LACLAU, J.-P. et al. The function of the superficial root mat in the biogeochemical cycles of nutrients in Congolese eucalyptus plantations. **Annals of Botany**, v. 93, p. 249-261, Jan. 2004.

LIMA, T. T. S. **Produção de raízes finas em uma floresta secundária da Amazônia Oriental**. 2008. 56 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2008.

LITTELL, R.C.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.J. statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**. v. 76, p. 1216-1231. 1998.

LUGO, A. E. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. **Ecological Monographs**, v. 62, n. 1, p. 2-41, mar. 1992.

LUIZÃO, F.J.; SCHUBART, H.O.R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia**, v. 43, n. 3, p. 259-265, 1987.

LUIZÃO, R. C. C.; LUIZÃO, F. J.. **Liteira e biomassa microbiana do solo no ciclo de matéria orgânica e nutrientes em terra firme na Amazônia Central**. In: Val, A. L.; Figliuolo, R.; Feldberg, E. (Eds). Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos e Perspectivas. v. 1. INPA. Manaus, 1991. p. 65-75.

MACEDO, M. O. et al. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, v. 255, p. 1516–1524. 2008.

MARQUES, L. C. T.; YARED, J. A. G.; SIVIERO, M. A. **A Evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no Estado do Pará**. Belém: ENBRAPA-CPATU, 2006. 5 p. Comunicado técnico 158.

MARQUES, T. C. L. L. de S. E M. et al. Crescimento inicial do paricá (*schizolobium amazonicum*) sob omissão de nutrientes e de sódio em solução nutritiva. **Cerne**, v. 10, n. 2, p. 184-195, jun./dez. 2004.

MARTIUS, C. et al. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in Central Amazonia. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v. 68, p. 137–154. 2004.

McGRATH, D. A. et al. Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazônia. **Ecosystems**, v. 4, p. 625–645. 2001.

MELLO, S. L. M.; GONÇALVES, J. L. de M.; OLIVEIRA, L. E. G. de. Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. **Scientia Forestalis**, n. 54, p. 17-28, dez. 1998.

METCALFE, D. B. et al. The effects of water availability on root growth and morphology in an Amazon rainforest. **Plant Soil**, v. 311, p. 189-199, jun. 2008.

MIRANDA, S. C. de. et al. **Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface em bandejas**. Belém, EMBRAPA-Agrobiologia, dez. 1998, 6p, Comunicado técnico.

NADELHOFFER, K. J.; RAICH, J. W. Fine root production estimates and belowground carbon allocation in forest ecosystems. **Ecology**, v. 73, p. 1139-1147, ago. 1992.

NEPSTAD, D. C. et al. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forest and pastures. **Nature**, v. 372, dez. 1994.

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA A.; ALENCAR A. A. **A Floresta em Chamas: origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Brasília: Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, 1999. 202 p.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-331. 1963.

PARROTA, J. A.; FRANCIS, J. K. **Trees of the Tapajós**. A photographic Field Guide. International Institute of Tropical Forestry. USDA, forest Service, Río Piedras, PR, USA. 1995.

PEÑA, M. L. P. Et al. Respiração microbiana como indicador da qualidade do solo em ecossistema florestal. **Curitiba**, v.35, n. 1, p. 117-127. 2005.

PEREIRA, C. A.; VIEIRA, I. C. G. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. **Interciência**, v. 26, n. 8. p. 337-341. Ago. 2001.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES E. **Biologia da Conservação**. Londrina: E. Rodrigues, 2001. 328 p.

SILVA, C. J. da. et al. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 543 – 548. 2007.

SILVER, W. L. et al. Effects of Soil Texture on Belowground Carbon and Nutrient Storage in a Lowland Amazonian Forest Ecosystem. **Ecosystems**, v. 3, p. 193–209. 2000.

SILVER, W. et al. Fine root dynamics and trace gas fluxes in two lowland tropical forest soils. **Global Change Biology**. v. 11, p. 290-306. 2005.

SILVER, W. L.; MIYA, R. K. Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. **Oecologia**, v. 129, p. 407–419. 2001.

SIVIERO, M. A. et al. Interaction among N-fixing bacteria and AM fungi in Amazonian legume tree (*Schizolobium amazonicum*) in field conditions. **Applied Soil Ecology**, v. 39, p.144-152. 2008.

SMITH, K.; GHOLZ, H. L.; OLIVEIRA, F. de A. Litterfall and nitrogen-use efficiency of plantations and primary forest in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 109, p. 209-220. 1998.

SMITH, C. K.; OLIVEIRA, F. de A.; GHOLZ, H. L.; BAIMA, A. Soil carbon stocks after forest conversion to tree plantations in lowland Amazonia, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 164, p. 257–263. 2002.

SOMBROEK, W. Spatial and temporal patterns of Amazon rainfall: consequences for the planning of agricultural occupations and the protection of primary forests. **Ambio**, v. 30, n. 7, nov. 2001.

SUNDARAPADIAN, S.M.; SWAMY, P.S. Fine root biomass distribution and productivity patterns under open and closed canopies of tropical forest ecosystems at Kodayar in Western Ghats, South India. **Forest Ecology and Management**, v. 86, p. 181-192. 1996.

TANNER, E. V. J. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forest. **Journal of Ecology**, v. 69, p. 263-275. 1981.

TAPIA-CORAL, S. C. et al. Carbon and nutrient stocks in the litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 65, p. 33-42. 2005.

TAPIA-CORAL, S. C.; LUIZÃO, F. J.; WANDELLI, E. V. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia central. **Acta Amazonica**, v. 29, n. 3, p. 477-495. 1999.

TRUMBORE, S. et al. Dynamics of fine root carbon in Amazonian tropical ecosystems and the contribution of roots to soil respiration. **Global Change Biology**, v. 12, p. 217-229. 2006.

VALVERDE-BARRANTES, O. J.; RAICH, J. W.; RUSSEL, A. E. Fine-root mass, growth and nitrogen content for six tropical tree species. **Plant and Soil**, v. 290, p. 357-370. 2007.

VASCONCELOS, S. S. et al. Effects of seasonality, litter removal and dry-season irrigation on litterfall quantity and quality in eastern Amazonian forest regrowth, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 24, p. 1-12, 2008.

VASCONCELOS, S. S. et al. Moisture and substrate availability constrain soil trace gas fluxes in an eastern Amazonian regrowth forest. **Global biogeochemical cycles**, v. 18, 10p, 2004.

VERISSÍMO, A. P.; BARRETO, R.; UHL, C. **Mahogany extraction in the Eastern Amazon: a case study – presentation to mahogany workshop**. Washington: tropical forest foundation, 1995.

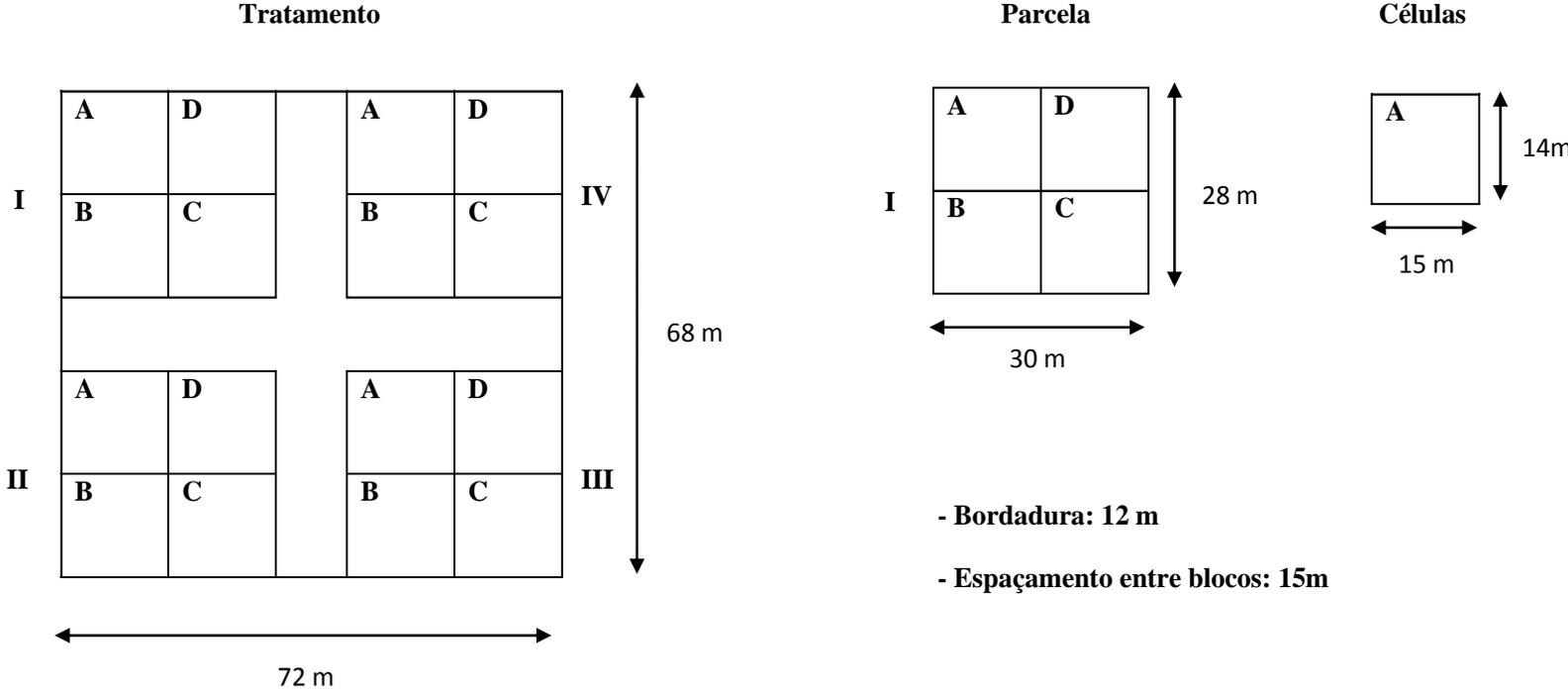
VIEIRA, I. C. G.; PROCTOR, J. Mechanisms of plant regeneration during succession after shifting cultivation in eastern Amazonia. **Plant Ecology**, v. 192, p. 303-315. Jul. 2007.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD JR., R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 17, n. 1, p. 137-167. 1986.

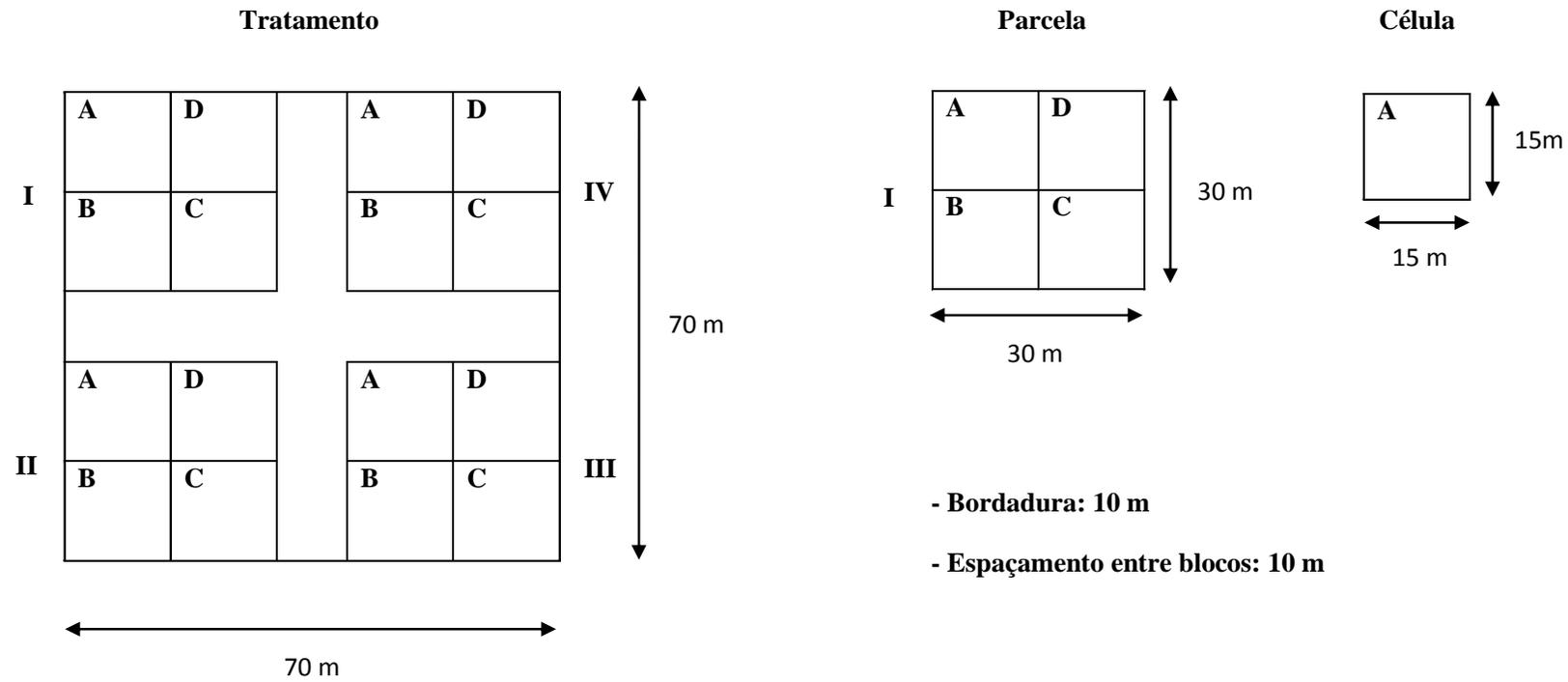
VOGT, K. A. et al. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. **Plant and Soil**, v. 187, p. 159-219. 1996.

ANEXOS

ANEXO A – ARRANJO EXPERIMENTAL DOS TRATAMENTOS DE PLANTIO DE PARICÁ SOLTEIRO (PS), PARICÁ COM FREIJÓ E CURAUÁ (PF) E PARICÁ COM FREIJÓ E CURAUÁ (PFC).

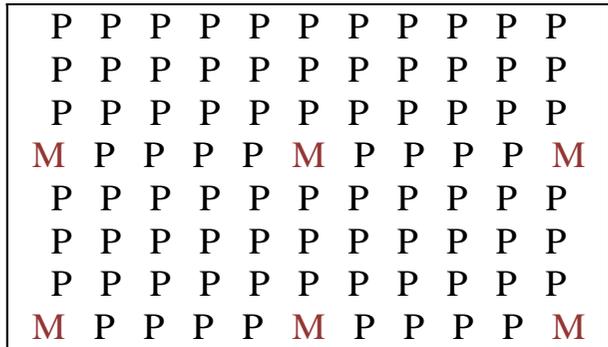


ANEXO B – ARRANJO EXPERIMENTAL DO TRATAMENTO ECOSSISTEMA DE FLORESTA SUCESSIONAL (SUC).

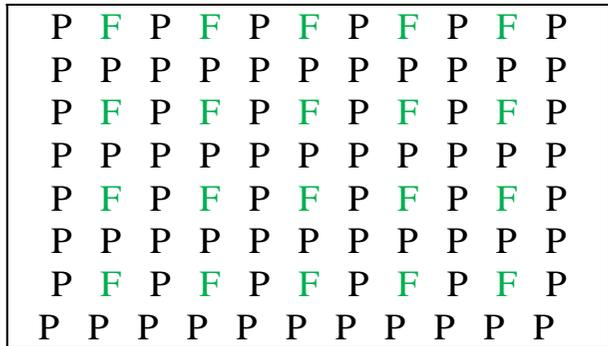


ANEXO C – DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES FLORESTAIS E DO CURAUÁ POR PARCELA NOS TRATAMENTOS DE PLANTIO DE PARICÁ SOLTEIRO (PS), PARICÁ COM FREIJÓ E CURAUÁ (PF) E PARICÁ COM FREIJÓ E CURAUÁ (PFC).

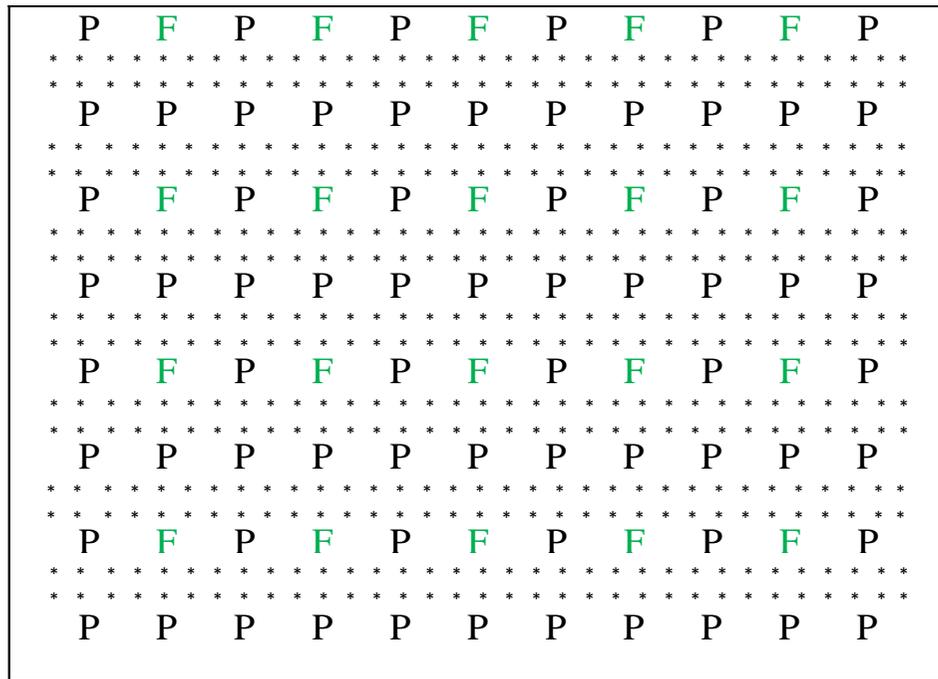
Paricá solteiro { 6 Mogno
79 paricá



Paricá com freijó { 20 freijó
66 paricá



Paricá com freijó e curauá { 20 freijó
~1512 curauás
66 paricá



P - paricá F - freijó
M - mogno * - curauá

ANEXO D – FASES DA METODOLOGIA DE ESTUDO DA PRODUÇÃO E ESTOQUE DE SERAPILHEIRA. A) COLETOR DE MATERIAL FORMADOR DE SERAPILHEIRA; B) COLETA DE SERAPILHEIRA; C) TRIAGEM DE SERAPILHEIRA DOS ECOSISTEMAS COM PARICÁ; D) FOLÍOLOS DE PARICÁ TRIADOS; E) TRIAGEM DE SERAPILHEIRA DA CAPOEIRA; F) PESAGEM DA SERAPILHEIRA APÓS 72 H NA ESTUFA ENTRE 60-70 °C.



ANEXO E – FASES DA METODOLOGIA DE ESTUDO DA PRODUÇÃO DE RAÍZES FINAS. A) MATERIAL UTILIZADO NA CONFEÇÃO DAS ARMADILHAS; B) SOLO SENDO PENEIRADO; C) IMPLANTAÇÃO DE ARMADILHA NO CAMPO; D) ARMADILHA IMPLANTADA; E) ARMADILHA COLHIDA APÓS DOIS MESES; F) RAÍZES FINAS PRONTAS PARA TRIAGEM.



ANEXO F - PARTES QUE COMPÕEM AS ÁRVORES DO PARICÁ E DO FREIJÓ E DA ESPÉCIE AGRÍCOLA CURAUÁ.



Folha composta, fruto e sementes (Fonte: Parrota; Francis (1995))



Superfície interior da folha e flores (Fonte: Parrota; Francis (1995))



Folhas e fruto do curauá (Freitas, 2008)