

MICHELLINY DE MATOS BENTES GAMA

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM
MACHADINHO D'OESTE, RONDÔNIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

G184a
2003

Gama, Michelliny de Matos Bentes, 1972-
Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais
em Machadinho d'Oeste, Rondônia / Michelliny de Matos
Bentes Gama. – Viçosa : UFV, 2003.
xii, 112f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Márcio Lopes da Silva.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Agrossilvicultura - Machadinho d'Oeste (RO). 2.
Investimentos na agrossilvicultura. 3. Risco (Economia).
4. Solo - Uso. 5. Produtividade florestal. I. Universidade
Federal de Viçosa. II. Título.

CDO adapt. CDD 634.9261

MICHELLINY DE MATOS BENTES GAMA

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM
MACHADINHO D'OESTE, RONDÔNIA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

APROVADA: 21 de novembro de 2003.

Prof. Helio Garcia Leite
(Conselheiro)

Prof. Ricardo Henrique Silva Santos
(Conselheiro)

Prof. Sebastião Renato Valverde

Pesq. Luciano Javier Montoya
Vilcahuamán

Prof. Márcio Lopes da Silva
(Orientador)

*Se está arrimando un día feliz
como hace un barco tras sus meses.
Se está acercando un día de abril,
un día de abril se va a arrimar
a los finales de noviembre...*

Silvio Rodriguez

*A vida é combate que aos fracos abate; aos fortes,
aos bravos só pode exaltar.*

Gonçalves Dias

AGRADECIMENTOS

Ao professor Márcio Lopes da Silva, pela orientação, pela devida atenção, pelas facilidades no decorrer de minha vida acadêmica na UFV e por ter aceitado a proposta deste estudo.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado no segundo ano do curso.

Aos membros do Comitê de Orientação, com atenção ao professor Helio Garcia Leite, pela colaboração no desenvolvimento das idéias aplicadas nesta tese; e ao professor Ricardo Henrique Silva Santos, pelas sugestões e críticas, que, mesmo num curto espaço de tempo, foram fundamentais para o escopo e desenvolvimento deste estudo.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) - Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (Cpaf-RO), pelo fornecimento dos dados utilizados neste estudo.

Ao Chefe Geral da Embrapa Rondônia, Newton de Lucena Costa, pela liberação para a conclusão deste curso de pós-graduação.

A todos os pesquisadores da Embrapa Rondônia que colaboraram com a idealização e o avanço nas investigações do referido experimento agroflorestal; um especial agradecimento à equipe do Campo Experimental da Embrapa em Machadinho d'Oeste, RO.

Aos pesquisadores Luiz Antonio de Oliveira (INPA), Luciano Javier Montoya Vilcahuamán (Embrapa Florestas), João Alfredo de Carvalho Mangabeira (EMBRAPA Monitoramento por Satélite), José Urano de Carvalho (Embrapa-Cpatu), Giorgini Augusto Venturieri (Universidade Federal de Santa Catarina) e Eduardo Somarriba (CATIE), pelo interesse, pelos esclarecimentos, pelas sugestões, pela autorização em reproduzir informações e pela solicitude, sempre que precisei incomodá-los com minhas indagações.

A todos os colegas do curso de pós-graduação da UFV, em especial à Andréa Dias, pelo apoio e compartilhamento das alegrias e dissabores na jornada de uma pós-graduação; e ao Gilciano Nogueira, pelo profissionalismo e pela ajuda inegável no processamento dos dados.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, especialmente a todos, que são essenciais para o andamento de nossa vida acadêmica.

À minha mãe, pelo amor e cuidado, mesmo distante; e ao dileto João Ricardo Gama, por tudo o que vivemos na longa jornada acadêmica e pessoal de nossas vidas.

À estimada colega de trabalho Maria das Graças, pelo apoio “logístico” na minha ausência e pela força nas horas difíceis, valeu *Pap!*

A todos que, de alguma forma, participaram e ajudaram na realização e conclusão deste estudo.

BIOGRAFIA

MICHELLINY DE MATOS BENTES GAMA, filha de Carmen Pinheiro de Matos Bentes e Osvaldo Quaresma dos Santos, nasceu em 2 de fevereiro de 1972, em Belém, Estado do Pará.

Em 1990 ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia-PA, graduando-se em junho de 1996.

Em agosto de 1997 iniciou o curso de Mestrado em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Lavras-MG, defendendo tese em 9 de fevereiro de 2000.

Em fevereiro de 2000 iniciou o curso de Doutorado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa-MG, submetendo-se à defesa de tese em 21 de novembro de 2003.

Em 6 de maio de 2002 foi contratada como Pesquisadora pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (Embrapa - Cpf-RO), para a linha de pesquisa Sistemas Agroflorestais.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
ARTIGO 1	
PRODUÇÃO E CRESCIMENTO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL, MACHADINHO D'OESTE, RO	11
RESUMO	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1. Aspectos gerais.....	14
2.2. Características das espécies.....	16
2.2.1. Banana (<i>Musa</i> spp.).....	16
2.2.2. Pimenta-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.).....	16
2.2.3. Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.).....	16
2.2.4. Castanha-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K.)	17
2.2.5. Freijó (<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken)	17
2.2.6. Pupunha (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth)	18
2.3. Crescimento, produção e produtividade das espécies	18
2.3.1. Variáveis de crescimento	18
2.3.2. Variáveis de produção.....	19
2.4. Análise dos dados.....	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1. Produção e crescimento das espécies.....	21

3.1.1. Banana (<i>Musa</i> spp.).....	21
3.1.2. Pimenta-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.).....	23
3.1.3. Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.).....	24
3.1.3.1. Peso de frutos	24
3.1.3.2. Número de frutos	26
3.1.4. Castanha-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K.)	27
3.1.4.1. Volume.....	27
3.1.4.2. Número de frutos	29
3.1.5. Freijó (<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken)	29
3.1.6. Pupunha (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth)	30
3.1.6.1. Peso de cachos.....	30
3.1.6.2. Número de frutos	32
4. CONCLUSÕES	33
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

ARTIGO 2

PRODUTIVIDADE RELATIVA E EFICIÊNCIA DO USO DA TERRA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL, MACHADINHO D'OESTE, RO

RESUMO	37
ABSTRACT	38
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1. Aspectos gerais.....	40
2.2. Produtividade Relativa - PR.....	40
2.3. Índice de Equivalência da Terra - IET	42
2.4. Análise dos dados.....	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1. Produtividade Relativa – PR	44
3.1.1. Banana (<i>Musa</i> spp.).....	44
3.1.2. Pimenta-do-reino (<i>Piper nigrum</i> L.).....	44
3.1.3. Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i> (Willd. ex Spreng.) K. Schum.).....	45
3.1.4. Castanha-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i> H.B.K.)	47
3.1.5. Freijó (<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken)	48
3.1.6. Pupunha (<i>Bactris gasipaes</i> Kunth)	49
3.2. Índice de Equivalência da Terra - IET	49
4. CONCLUSÕES	52
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

ARTIGO 3

ANÁLISE FINANCEIRA E RISCO DE INVESTIMENTO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL, MACHADINHO D'OESTE, RO

RESUMO	54
ABSTRACT	55

1. INTRODUÇÃO	56
2. MATERIAL E MÉTODOS	57
2.1. Localização e características da área de estudo	57
2.2. Variáveis	58
2.3. Composição dos custos	59
2.3.1. Atividades e coeficientes técnicos	59
2.4. Fluxos de caixa.....	60
2.5. Análise financeira.....	60
2.5.1. Valor Presente Líquido - VPL	60
2.5.2. Valor Presente Líquido para o Horizonte Infinito – VPL*	61
2.5.3. Valor Anual Equivalente - VAE	61
2.5.4. Razão Benefício/Custo - B/C.....	61
2.5.5. Taxa Interna de Retorno - TIR.....	62
2.6. Análise de risco	62
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
3.1. Produção dos sistemas.....	63
3.2. Fluxos de caixa.....	65
3.2.1. Monocultivos	65
3.2.2. Sistemas agroflorestais.....	68
3.3 Custos dos sistemas.....	69
3.3.1 Monocultivos	69
3.3.2. Sistemas agroflorestais.....	71
3.4. Análise financeira.....	73
3.5. Análise de risco de investimento.....	75
4. CONCLUSÕES	78
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
RESUMO E CONCLUSÕES	82
RECOMENDAÇÕES	85
APÊNDICE	86

RESUMO

GAMA, Michelliny de Matos Bentes, D.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2003. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho d'Oeste, Rondônia.** Orientador: Márcio Lopes da Silva. Conselheiros: Helio Garcia Leite e Ricardo Henrique Silva Santos.

Os objetivos deste estudo foram avaliar a produção, a eficiência do uso da terra, o retorno financeiro e o risco de investimento em sistemas agroflorestais (SAFs) tradicionalmente utilizados no Estado de Rondônia. Os dados dos sistemas agroflorestais foram originários de um experimento de 15 anos, pertencente à Embrapa, instalado no Campo Experimental de Machadinho d'Oeste, no nordeste do Estado de Rondônia. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições e a análise seguiu o esquema de parcelas subdivididas, estudando-se nas parcelas oito sistemas de produção e, nas subparcelas, o tempo de produção. As espécies utilizadas foram: banana (*Musa* sp.) - **Ba**, pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) - **Pm**, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.) - **Cp**, castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) - **Ca**, feijó (*Cordia alliodora* ((Ruiz & Pav.) Oken) - **Fr** e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) - **Pu**. Os tratamentos consistiram em sistemas agroflorestais: T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp, T₃ Pu-Ba-Pm-Cp; e monocultivos: T₄ Ca, T₅ Fr, T₆ Pu, T₇ Ba e T₈ Pm. Os dados dos sistemas agroflorestais (SAFs) foram analisados de forma comparativa com os dos monocultivos; a situação observada nos SAFs foi considerada a desejável. A eficiência do uso da terra com sistemas agroflorestais em

relação aos monocultivos foi avaliada por meio da Produtividade Relativa (PR) e do Índice de Equivalência da Terra (IET). A análise financeira dos sistemas agroflorestais foi apoiada nos critérios econômicos de avaliação de projetos florestais. Os dados foram analisados a partir da formação do fluxo de caixa, incluindo os custos e as receitas ao longo do horizonte de planejamento de cada sistema de produção; a situação de maior retorno econômico foi considerada a desejável. O risco de investimento foi realizado mediante simulações feitas no *software @RISK* para o sistema agroflorestal com os melhores resultados financeiros. As principais conclusões foram que as espécies testadas são apropriadas para o plantio em sistemas agroflorestais multiestratos; a densidade populacional apresentou-se como fator de grande influência sobre o desempenho produtivo das espécies agrícolas; a associação de espécies não afetou o crescimento das espécies arbóreas castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e freijó (*Cordia alliodora*), sendo necessário um monitoramento a longo prazo da produção de frutos de castanha-do-brasil para melhores conclusões sobre seu comportamento produtivo; os resultados da PR e do IET mostraram que o SAF T₁ Ca-Ba-Pm-Cp é a melhor alternativa de produção em relação aos SAFs T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₃ Pu-Ba-Pm-Cp; OS SAFs foram, por um período contínuo de 10 anos, a forma de uso da terra mais eficiente que os monocultivos; os custos com tratos culturais e colheita representaram mais de 70% da composição dos custos totais; a participação da mão-de-obra foi superior a 50% nas fases de preparo da área e de manutenção dos sistemas agroflorestais; todos os sistemas de produção foram economicamente viáveis, sendo T₁ Ca-Ba-Pm-Cp o sistema agroflorestal com melhor desempenho financeiro; e, apesar do alto custo de implantação e manutenção, o risco de investimento neste sistema agroflorestal foi comprovadamente menor, com resultados favoráveis ao investimento, de acordo com as simulações de risco e os resultados dos indicadores financeiros aplicados.

ABSTRACT

GAMA, Michelliny de Matos Bentes, D.S., Universidade Federal de Viçosa, November 2003. **Technical and economic analysis of agroforestry systems in Machadinho d'Oeste, Rondônia.** Adviser: Márcio Lopes da Silva. Committe Members: Helio Garcia Leite and Ricardo Henrique Silva Santos.

The objectives of this study were to evaluate the production, the land use efficiency, the financial return and the risk of investment in agroforestry systems (AFS) traditionally used in the State of Rondônia. Data of the agroforestry systems were from a 15-year agroforestry essay, owned by Embrapa, installed in the Experimental Field of Machadinho d'Oeste, in the Northeast of Rondônia State. The experimental design was in randomized blocks with four replications and the analysis followed the split-plot scheme, being the plot made up of eight production systems and five monocrops, and in the subplot the time of production was studied. The species used were: banana (*Musa* sp.) - Ba, black pepper (*Piper nigrum* L.) - Pm, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.) - Cp, Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) - Ca, freijó (*Cordia alliodora* ((Ruiz & Pav.) Oken) - Fr and pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) - Pu. The treatments were the following agroforestry systems: T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp, T₃ Pu-Ba-Pm-Cp; and monocrops: T₄ Ca, T₅ Fr, T₆ Pu, T₇ Ba and T₈ Pm. Agroforestry systems (AFS) data were analyzed in a comparative way with those from monocrops, where the situation observed for the AFS was the desirable one. The land efficiency with agroforestry systems in relation to monocrops was evaluated through the Relative

Productivity (RP) and the Land Equivalent Ratio (LER). The financial analysis of the agroforestry systems were supported by the economic criteria for forest projects evaluation. Data were analyzed from the cash flow formation, including the costs and incomes along the horizon of planning of each production system, where the situation of higher economic return was considered the desirable one. The risk of investment was made through simulations with the software @RISK for the agroforestry system with the main financial results. The main conclusions were that the tested species are appropriated for association in multiestrata agroforestry systems; the stand density presented a factor with great influence on the productive behavior of the agronomic species; the association of species did not affect the growth of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) and freijó (*Cordia alliodora*); being necessary to keep on monitoring the production of Brazil nut fruits for better conclusions on its productive behavior; the results of RP and LER showed that SAF T₁ Ca-Ba-Pm-Cp is the best production alternative, in relation to SAFs T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₃ Pu-Ba-Pm-Cp. It was also concluded that agroforestry systems were, along a continuum 10-year period, a land use system more efficient than monocrops; the management and harvesting costs represented more than 70% of the total costs composition; the labor costs participation was higher than 50% in the site preparation and long-term maintenance phases of the agroforestry systems; all the production systems were considered economically viable, being T₁ Ca-Ba-Pm-Cp the agroforestry system with the best financial results, and, even though the high costs, the investment risk in this agroforestry system was effectively small, according to the risk simulation and the results of the financial criteria applied.

INTRODUÇÃO

A obtenção de soluções para os problemas da agricultura migratória e do desmatamento na zona tropical úmida continua sendo uma missão para os especialistas sobre o tema. As características peculiares do uso da terra nessa zona se resumem na queima da floresta primária para a implantação, principalmente, de sistemas de monocultivos. Esse é um modelo agrícola comprovadamente não-sustentável, sobretudo em solos de baixa fertilidade natural, como os da região amazônica, onde o sistema corte-queima causa o desmatamento, a perda da biodiversidade, o aumento das taxas de emissão de carbono, a lixiviação mais rápida dos nutrientes do solo e mantém a pobreza rural.

Na Amazônia, a principal causa da insustentabilidade na agricultura é o desmatamento, seja pelo avanço da agricultura de corte-queima, seja pelo estabelecimento da pecuária extensiva. Ambas as atividades exigem a destruição de grandes extensões de floresta nativa. Depois de alguns anos, especialmente em áreas de solos pobres e sujeitos à erosão, os terrenos tornam-se pouco produtivos.

O Estado de Rondônia é um dos exemplos de ocupação desordenada da fronteira de colonização no Brasil. Seu desenvolvimento iniciou-se em 1968 com a implantação da BR-364, associado ao estímulo à colonização gerado pelos programas de desenvolvimento regional da década de 1970, trazendo uma ocupação agrícola associada à pecuária e à exploração madeireira, que se consolidaram como atividades econômicas importantes no Estado. Entretanto, devido ao pouco sucesso desses programas, as transformações da paisagem natural e o aumento do fluxo de migrantes,

atraídos também pelo surto da exploração mineral, desencadearam uma série de problemas ambientais e sociais, que se refletem até os dias de hoje.

O tipo de vegetação predominante em Rondônia é a Floresta Ombrófila Aberta, que corresponde a 55% da cobertura total da área de 238.512,80 km² (FERNANDES e GUIMARÃES, 2001). Esse é o ambiente mais afetado pela implantação de cultivos agrícolas e gramíneas para a formação de pastagens, o que tem levado o Estado a apresentar a segunda maior taxa de desmatamento da Amazônia Legal, com uma média anual de 23,9% de perda da cobertura florestal somente entre os anos de 1998 e 2001 (LENTINI et al., 2003).

Com o terceiro maior PIB entre os Estados do Norte, Rondônia se destaca entre os números da agricultura familiar na região. Estima-se a existência de 85.907 propriedades rurais voltadas à atividade; desse total, 84,84% são de até 100 ha, representando áreas potenciais à adoção de tecnologias agrícolas e florestais voltadas à diversificação da produção (GOVERNO..., 2002).

Processos que visem a manutenção da capacidade produtiva do solo, a diminuição do desmatamento, a incorporação de áreas já alteradas ao processo produtivo e o aumento da renda dos agricultores, fixando-os à terra, são elementos-chave para o estabelecimento de sistemas de cultivo contínuos na Amazônia. Entre as opções mais condizentes com essas premissas estão os sistemas agroflorestais (SAFs).

A prática agroflorestal na Amazônia, e nos trópicos, é centenária e envolve uma variedade de combinações de arranjos e plantas, que se mostram correlacionados à função da espécie no sistema, à preferência do agricultor para estabelecer determinada espécie e ao hábito alimentar de cada região. Segundo ALMEIDA et al. (1995), a diversidade dos SAFs amazônicos tem origem na experiência das comunidades indígenas, que sempre utilizaram rotineiramente as espécies da floresta tropical em benefício de sua alimentação, saúde e manufatura de utensílios diversos, ocasionando a domesticação de diversas espécies que são utilizadas até os dias de hoje na formação desses sistemas.

De acordo com YOUNG (2003), o termo “agrofloresta” surgiu a partir das recomendações de pesquisas feitas em 1977 pelo ICRAF, que sugeriam a ampliação do estudo agrícola e florestal em propriedades rurais. A partir de então, conforme VIANA et al. (1997), os SAFs foram “lançados” como a solução para a produção sustentável e reversão dos cenários de perda da biodiversidade nos trópicos. Entretanto, ainda continuam sendo um dos desafios para a pesquisa e para as plataformas de políticas

públicas como uma ferramenta de promoção do desenvolvimento sustentável local e regional.

De maneira geral, os sistemas agroflorestais são caracterizados pelo “uso de árvores mais qualquer outro cultivo, ou pela combinação de árvores com cultivos alimentícios” (VERGARA, 1985). Uma definição clássica é a que descreve os sistemas agroflorestais como sistemas de uso da terra em que se combinam, deliberadamente, de maneira consecutiva ou simultânea, na mesma unidade de aproveitamento da terra, espécies arbóreas perenes com cultivos agrícolas anuais, e/ou animais, para obter permanentemente maior produção (ICRAF, 1983). Esse escopo também foi difundido, com adaptações na terminologia, pela OTS/CATIE (1986) e pela FAO, além de diversos outros autores, entre eles NAIR (1982, 1985, 1987, 1989, 1993), RAINTREE (1987), ALTIERI (1989), McDICKEN e VERGARA (1990), SOMARRIBA (1992), DUBOIS (1994) e VIANA (1997), aliando-se o conceito de desenvolvimento sustentável, que é a base de funcionamento desses sistemas.

Os SAFs são quase sempre manejados sem aplicação de agrotóxicos ou requerem quantidades mínimas dessas substâncias; assim, os efeitos negativos sobre o ambiente são mínimos (GLIESSMAN, 2001). Uma das maiores vantagens teóricas desses sistemas é, precisamente, sua capacidade de manter bons níveis de produção a longo prazo e melhorar a produtividade das espécies, justamente pela associação de árvores e arbustos, que, entre outras funções, adubam, protegem e conservam o solo e os cursos d’água (ABRA, 2003).

Teoricamente, os sistemas agroflorestais são sustentáveis. No entanto, CARRERE (1992) chama a atenção para o fato de que nem todas as formas de SAFs podem vir a atender a esse pressuposto. O simples fato de associar espécies, com ou sem animais, não é garantia de sustentabilidade, visto que as interações entre os componentes lenhosos e não-lenhosos e o meio onde foram implantados tanto podem ser positivas como negativas. A sustentabilidade é, segundo NAIR (1993), considerada como a manutenção da produção através do tempo, sem que ocorra a degradação da base natural da qual esta depende.

No Brasil, as pesquisas com SAFs iniciaram-se no final da década de 1980, voltadas para avaliações biológicas e técnicas das interações entre as espécies componentes desses sistemas. Conforme ALMEIDA et al. (1995), em Rondônia, as iniciativas nesse contexto começaram entre 1971 e 1972, coordenadas pela CEPLAC - Comissão

Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, mediante o programa de colonização PIC Ouro Preto, que deu origem ao município de Outro Preto d'Oeste.

Nessa época, os primeiros SAFs implantados tiveram como base a lavoura de cacau (*Theobroma cacao*) com intercultivos de banana (*Musa* spp.), para sombreamento provisório, entre outros cultivos alimentares, e as espécies florestais: ipê-roxo (*Tabebuia* sp.), mogno (*Swietenia macrophylla*), eritrina (*Erythrina glauca* e *E. poeppigiana*), palheteira (*Clitoria fairchildiana*), ingá (*Inga* spp.) e pinho-cuiabano (*Schizolobium* sp.).

A expansão de pesquisas com SAFs no Estado progrediu em 1974, com experimentos visando testar o desenvolvimento de espécies consorciadas em diferentes espaçamentos e sob diferentes condições de sombreamento. Assim, novas espécies para sombreamento definitivo foram testadas, entre elas: castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), faveira (*Parkia pendula*) e sobrasil (*Colubrina glandulosa*). Já no ano de 1976 novos modelos de SAFs foram implantados no Estado, tendo como base a seringueira (*Hevea brasiliensis*) e o café (*Coffea arabica*) (ALMEIDA et al., 1995).

Como parte da ampliação de suas atividades, a Embrapa-Cpafro (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia) inseriu novos modelos de SAFs no Estado, implementando em Ouro Preto d'Oeste consórcios de seringueira com cacau, seringueira com café, seringueira com pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) e café com feijão-cinza (*Cordia goeldiana*), que já em 1977 visavam indicar alternativas para a diversificação dos sistemas de produção em uso na região.

Uma nova experiência da Embrapa ocorreu em 1987, no Campo Experimental de Machadinho d'Oeste, onde foi instalado um experimento com três alternativas de sistemas agroflorestais multiestratos, formados pelas espécies: banana, pimenta-do-reino, arroz (*Oriza sativa*), feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), feijó (*Cordia alliodora*) e pupunha (*Bactris gasipaes*). O experimento foi fundamentado, segundo LOCATELLI (1987), na problemática da falta de tecnologias agroflorestais voltadas para a diversificação da produção e o aproveitamento sustentável dos solos da região, que vinham sendo alterados drasticamente mediante a substituição contínua das áreas de vegetação nativa por pastagens, além da agricultura migratória.

Desde então, diversas experiências foram implantadas em Rondônia, empregando uma variedade de espécies nativas e exóticas e de arranjos espaciais, sob a

responsabilidade de órgãos estaduais, organizações não-governamentais, entre outros segmentos, com o propósito de desenvolver uma agricultura sustentável e reduzir as áreas ambientalmente alteradas no Estado.

Todo esse esforço tem gerado valiosas contribuições técnico-científicas sobre a tecnologia agroflorestal voltada à diversificação da agricultura amazônica (YARED e VEIGA, 1985; LOCATELLI et al., 1996 e 2001; GOMES e LUNZ, 1997; LUNZ e FRANKE, 1997; RIBEIRO, 1997; TEIXEIRA e Van Der VELD, 1997; SMITH et al., 1998; VIEIRA et al., 1998; PPG-7, 1999; QUISEN et al., 1999; SOUZA et al., 1998 e 1999; SILVA, 2000; SANTOS, 2000; YAMADA e GHOLZ, 2002).

SMITH et al. (1998) afirmam, porém, que, para que os sistemas agroflorestais sejam difundidos como sistemas de produção viáveis, e até mesmo ideais, devem-se concentrar esforços no aprimoramento do conhecimento sobre o planejamento e a otimização da sua implantação, a fim de garantir um retorno econômico desejável; isso passa, necessariamente, pelo estudo de mercados, pela análise do desenvolvimento agroindustrial regional, pelo conhecimento da organização das comunidades envolvidas na atividade, pelas condições de crédito existentes, pelo ambiente regulador e fiscal e pelas questões de posse da terra.

Outro entrave para os baixos níveis de adoção de SAFs na Amazônia refere-se aos poucos estudos sobre a viabilidade econômica desses sistemas (OLIVEIRA e VOSTI, 1997; SÁ et al., 2000; SANTOS et al., 2002; ARCO-VERDE et al., 2003; REYDON et al., 2003); para o caso específico da avaliação da eficiência de uso da terra dos SAFs em relação a um monocultivo, bem como no que se refere à avaliação do risco de investimento em empreendimentos dessa natureza, a carência é ainda maior.

Mesmo com os avanços obtidos com a agrossilvicultura nos trópicos nesses últimos 20 anos, ainda existem muitos desafios a serem vencidos, especialmente na Amazônia, para que finalmente se possa estabelecer uma tecnologia agroflorestal a serviço da agricultura familiar e reverter o quadro do dilema da permanência e da itinerância, que, segundo MANGABEIRA et al. (2002), ainda é a realidade do agricultor que vive e sobrevive na região.

Desse modo, elaborou-se este estudo visando dar continuidade à avaliação da interação em termos produtivos e econômicos das espécies componentes de sistemas agroflorestais multiestratos. O objetivo geral foi indicar sistemas agroflorestais multiestratos apropriados às condições do pequeno agricultor do Estado de Rondônia, com menor risco no emprego de capital.

Os objetivos específicos, aqui desenvolvidos em três capítulos, foram:

- Avaliar o desempenho de espécies florestais e agrícolas plantadas em três diferentes sistemas agroflorestais multiestratos (Artigo 1).
- Avaliar a produtividade relativa das espécies componentes dos sistemas estudados e a eficiência de uso da terra dos diferentes sistemas agroflorestais em relação aos monocultivos (Artigo 2).
- Realizar as análises financeira e de risco de investimento em sistemas agroflorestais multiestratos (Artigo 3).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRA – Aldeia Bio-regional Amazônica. **Agrofloresta**. [on line] Disponível em: <<http://www.abra144.com.br/sustentabilidade/agroflor.htm>>. Acesso em: 19 out. 2003.

ALMEIDA, C. M.V. C.; SOUZA, V. F. S.; LOCATELLI, M.; COSTA, R. S. C.; VIEIRA, A. H.; RODRIGUES, A. N. A.; COSTA, J. N. M.; RAM, A.; SÁ, C. P.; VENZIANO, W.; MELLO Jr., R. S. **Sistemas agroflorestais como alternativa auto-sustentável para o Estado de Rondônia: 1 – Histórico, aspectos agronômicos e perspectivas de mercado**. Porto Velho: PLANAFLORO-PNUD, 1995. 59 p. Il.

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 249 p.

ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENBER, R.; DUARTE, O. R.; XAUD, H. A. M.; LOPES, C. E. V.; MOURÃO JÚNIOR, M. M.; SANTOS, G. L. **Avaliação silvicultural, agronômica e socioeconômica de sistemas agroflorestais em áreas desmatadas de ecossistemas de mata e cerrado em Roraima**. Brasília: PPG-7. 2003, p. 95-99. [on line] Disponível em: <<http://www.agrov.com/vegetais/fru/banana.htm>>. Acesso em 20 out. 2003.

CARRERE, R. **Los sistemas agroforestales: un modelo**. Montevideo: CIEDUR. 1992, 18p. (CIEDUR. Desarrollo forestal y medio ambiente en Uruguay, 19).

DUBOIS, J. C. L. **Diagnóstico e desenho em sistemas agroflorestais**. Campinas: Fund. Florestal do Estado de São Paulo, 1994. ___p.

FERNANDES, L. C.; GUIMARÃES, S. C (Coord.). **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho: SEDAM, 2001, v.2. 74 p.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Universidade UFRGS. 2001. ___p,

GOMES, T. C. A.; LUNZ, A. M. P. Efeito de espécies leguminosas sobre a sustentabilidade de sistemas agroflorestais. Rio Branco: Embrapa Acre, 1997. 4 p. (Pesquisa em Andamento, 110).

GOVERNO DO ESTADO DE RONDÔNIA. **Diagnóstico socioeconômico do Estado de Rondônia/2002 (Relatório final - RF-001/02)**. [on line] Disponível em: <<http://www.rondonia.ro.gov.br/secretarias/seplad/Diag-2002/Diagnostico.htm>>. Acesso em: 01 nov. 2002.

INTERNATIONAL CENTRE FOR RESEARCH IN AGROFORESTRY – ICRAF. Agroforestry systems inventory (AFSI) project coordinator's report for the period September 1982-June. 1983. [on line] Disponível em: <www.worldagroforestrycentre.org/>. Acesso em: 16 jun. 2003.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; SOBRAL, L. **Fatos florestais da Amazônia 2003**. Belém: IMAZON, 2003. 110 p., il.

LOCATELLI, M. Teste de sistemas agroflorestais para o Estado de Rondônia. Porto Velho: EMBRAPA: UEPAE Porto Velho, 1987. 14 p. (Projeto de Pesquisa).

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; SOUSA, V. F.; QUISEN, R. C. Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, em solo de baixa fertilidade. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 17 p. (Embrapa Rondônia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F.; VIEIRA, A. H.; QUISEN, R. C. Teste de sistemas agroflorestais para solos de baixa fertilidade – I. Crescimento e produção de espécies componentes do sistema. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 4., 1996b, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte, MG: Sociedade Brasileira para Valorização do Meio Ambiente, 1996. p. 346-348.

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. Avaliação de um modelo de sistema agroflorestal com pupunha, açaí, café e castanha-do-brasil, no Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 1997. 3 p. (Embrapa Acre. Pesquisa em Andamento, 101).

MANGABEIRA, J. A. C.; ROMEIRO, A. R.; AZEVEDO, E. C.; ZERONI, M. M. Tipificação de sistemas de produção rural: a abordagem da análise de correspondência múltipla em Machadinho d'Oeste-RO. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2002. 29 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Circular Técnica, 8).

McDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. (Eds). Agroforestry: classification and management. New York: John Wiley and Sons. 1990, ___p.

NAIR, P. K. R. Agroforestry: a sustainable land use system for the fragile ecosystems in the tropics. **Malayan Nature Journal**, n. 35, p.109-123, 1982.

NAIR, P. K. R. Agroforestry Systems in the Tropics. Dordrecht: Kluwer Academic, 1989. ___ p.

NAIR, P. K. R. Agroforestry systems inventory. **Agroforestry Systems**, v. 5, p. 301-317, 1987.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1993. 513 p.

NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 3, p. 97-128, 1985.

OLIVEIRA, S. J. M.; VOSTI, S. A. Aspectos econômicos de sistemas agrofloretais em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1997. 28 p. (Embrapa Rondônia. Circular Técnica, 29).

OTS/CATIE - Organización para Estudios Tropicales / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San Jose: OTS/CATIE, 1986. 818 p.

PPG-7 - Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Desenvolvimento de sistemas agrofloretais para a recuperação de áreas degradadas no Estado de Roraima. In: Resultados. PPG-7 - PROGRAMA PILOTO, Brasília: World Bank. 1999, p. 289-308.

QUISEN, R. C.; ROSSI, L. M. B.; VIEIRA, A. H. Utilização de bandarra (*Schizolobium amazonicum*) em sistemas agrofloretais. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1999. 13 p. (Circular Técnica, 42).

RAINTREE, J. B. The state of the art of agroforestry diagnosis and design. **Agroforestry Systems**, v. 5, p. 219-250, 1987.

REYDON, B. P.; MACIEL, R. C. G.; SALDANHA, C. L.; BATISTA, C. E. A. Avaliação econômica de sistemas agrofloretais para recuperação de áreas degradadas. [on line] Disponível em: <<http://www.eco.unicamp.br/projetos/gestaoambiental/artigos/ReydonMacielSaldanhaeBatistaAvaliacaoArboreto.pdf> . Acesso em: 20 maio 2003.

RIBEIRO, G. D. **Avaliação preliminar de sistemas agrofloretais no Projeto Água verde, ALBRÁS, Barcarena, Pará**. 1997. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1997.

SÁ, C. P.; SANTOS, J. C.; LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. Análise financeira e institucional dos três principais sistemas agrofloretais adotados pelos produtores do RECA. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 12 p. (Circular Técnica, 33).

SANTOS, M. J. **Avaliação econômica de quatro modelos agrofloretais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental**. 2000. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

SANTOS, M. J.; RODRIGUEZ, L. C. E.; WANDELLI, E. V. Avaliação econômica de quatro modelos agrofloretais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 48-61, 2002.

SILVA, I. C. Viabilidade agroeconômica do cultivo do cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) com o açazeiro (*Euterpe oleracea* L.) e com a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) em sistema agroflorestral. **Floresta**, v. 31, n. 1 e 2, p. 167-168, 2000.

SMITH, N; DUBOIS, J; CURRENT, D.; LUTZ; CLEMENT. C. **Agroforestry experiences in the Brazilian Amazon: constraints and opportunities**. Brasília: PPG-7, 1998, 84 p.

SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay of agroforestry definition. **Agroforestry Systems**, v. 19, p. 233-240, 1992.

SOUZA, V. F.; LOCATELLI, M.; QUISEN, R.C.; VIEIRA, A. H. Agroforestry systems with emphasis in *Theobroma grandiflorum* cultivated in low fertility soils. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MULTI-STRATA AGROFORESTRY SYSTEMS WITH PERENNIAL CROPS, 1999. CATIE, Costa Rica. p. 27-29.

SOUZA, V. F.; LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; QUISEN, R. C. Sistemas agroflorestais, com ênfase no cupuaçuzeiro em solos de baixa fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, No contexto da qualidade ambiental e competitividade. **Resumos Expandidos...** Embrapa Amazônia Oriental, 1998. p. 117-118.

TEIXEIRA, C. A. D.; Van Der VELD, P. As pequenas brocas do cupuaçu, *Xyleborus* sp. e *Hypocryphalus* sp. (Coleoptera: Scolytidae): danos e indicações de manejo em sistemas agroflorestais em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1997. 13 p. (Circular Técnica, 27).

VERGARA, N. T. Sistemas agroflorestales: una cartilla... Unasylva, v. 37, n.147, 1985. [on line] Disponível em: <[http://www.fao.org/docrep/r1340s/r1340s05.htm#sistemas agroflorestales: una cartilla....](http://www.fao.org/docrep/r1340s/r1340s05.htm#sistemas%20agroflorestales%3A%20una%20cartilla...)>. Acesso em 16 jun. 2003.

VIANA, M. V. MATOS, J. C. S. AMADOR, D. B. Sistemas agroflorestais e desenvolvimento rural sustentável no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1997. p-.

VIEIRA, A. H.; LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F. Crescimento de castanha-do-brasil em dois sistemas de cultivo. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1998. 13 p. (Boletim de Pesquisa, 22).

YAMADA, M.; GHOLZ, H. L. Growth and yield of some indigenous trees in an Amazonian agroforestry system: a rural-history-based analysis. **Agroforestry Systems**, v. 55, p. 17-26. 2002.

YARED, J. A. G.; VEIGA, J. B. Sistemas agroflorestais na colônia agrícola de Tomé-Açu, Pará, Brasil. In: INFORME DEL CURSO-TALLER SOBRE INVESTIGACION AGROFLORESTAL EN LA REGIÓN AMAZONICA. Nairobi: ICRAF, 1985. p.128-164.

YOUNG, A. Agroforestry research, then and now: the evolution of research by the World Agroforestry Centre (formerly ICRAF). [on line] Disponível em: <<http://www.uea.ac.uk/env/landresources/news-agroforestry-research.html>>. Acesso em 12 maio 2003.

ARTIGO 1

PRODUÇÃO E CRESCIMENTO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL, MACHADINHO D'OESTE, RO

RESUMO - A análise da produção de sistemas agroflorestais na Amazônia tem sido feita mediante a avaliação das características agronômicas e silviculturais das espécies componentes, tanto em áreas experimentais como em área de produtores. Os objetivos deste estudo foram avaliar quantitativamente e comparar, por meio de testes estatísticos, a produção, a produtividade agrícola e o crescimento de espécies florestais em sistemas agroflorestais e em monocultivo. Para isso, utilizaram-se dados de um experimento agroflorestal instalado em 1987 no Campo Experimental da Embrapa Rondônia, no município de Machadinho d'Oeste, RO. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições e a análise seguiu o esquema de parcelas subdivididas, estudando-se nas parcelas oito sistemas de produção e, nas subparcelas, o tempo de produção. As espécies utilizadas foram: banana (*Musa spp.*) - Ba, pimenta-do-reino (*Piper nigrum L.*) - Pm, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) K. Schum.*) - Cp, castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa H.B.K.*) - Ca, freijó (*Cordia alliodora ((Ruiz & Pav.) Oken)*) - Fr e pupunha (*Bactris gasipaes Kunth*) - Pu. Os tratamentos consistiram em sistemas agroflorestais: T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp, T₃ Pu-Ba-Pm-Cp; e monocultivos: T₄ Ca, T₅ Fr, T₆ Pu, T₇ Ba e T₈ Pm. Os dados de produção e crescimento de cada espécie foram analisados mediante as técnicas de ANOVA e ajustes de regressões, selecionadas mediante o coeficiente de determinação ajustado, o coeficiente de correlação e a análise gráfica dos resíduos. Com base nos resultados, concluiu-se que as espécies testadas são recomendadas para plantio em sistemas agroflorestais multiestratos, embora dependam da combinação espaçamento e manejo para melhor resultado de seu desempenho produtivo. A associação não afetou o crescimento das espécies arbóreas nos sistemas agroflorestais com castanha-do-brasil (T₁) e freijó (T₂); o rendimento do cupuaçu foi afetado negativamente no sistema agroflorestal com pupunha (T₃); e a produção dos frutos de castanha-do-brasil em sistema agroflorestal e monocultivo ainda deve ser acompanhada para melhor avaliação do desempenho produtivo da espécie.

Palavras-chave: Produção agrícola, crescimento arbóreo, associação de espécies e agricultura tropical.

PRODUCTION AND GROWTH IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE EASTERN AMAZON, MACHADINHO D'OESTE, RO

ABSTRACT - Agroforestry systems production in the Amazon have been carried out through agronomic and silvicultural evaluations of species in both experimental and farmer areas. The objectives of this study were to evaluate quantitatively and compare, through statistical tests, the agronomic production, the productivity and the tree species growth in both agroforestry systems and monocrops. For this, it was used data from an agroforestry essay established in 1987 in the Experimental Field of Embrapa Rondônia, in the County of Machadinho d'Oeste, RO. The experimental design was in randomized blocks with four replications and analysis followed the split-plot scheme, being the plot made up of eight production systems and five monocrops, and, in the subplot the time of production was studied. The species used were: banana (*Musa spp.*) - Ba, black pepper (*Piper nigrum L.*) - Pm, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum (Willd. ex Spreng.) K. Schum.*) - Cp, Brazil nut (*Bertholletia excelsa H.B.K.*) - Ca, freijó wood (*Cordia alliodora ((Ruiz & Pav.) Oken)*) - Fr and pupunha palm (*Bactris gasipaes Kunth*) - Pu. The treatments were the following agroforestry systems: T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp, T₃ Pu-Ba-Pm-Cp, and monocrops: T₄ Ca, T₅ Fr, T₆ Pu, T₇ Ba and T₈ Pm. Production and growth data of each species were analyzed by ANOVA techniques and regressions adjustments, selected through the adjusted determination coefficient, the correlation coefficient and the graphical analyses of the residues. Based on the results the conclusion was that all the tested species could be recommended for planting in multistrata agroforestry systems, although they are dependent of the density and management combination for better productive results; the species association did not affect the tree species growth in the agroforestry system with Brazil nut, T₁, and freijó wood, T₂; cupuaçu had negative effects on its production behavior in the agroforestry system with pupunha palm, T₃; and the production of Brazil nut fruits in agroforestry system and monocrop still should be followed for a better evaluation of the species behavior.

Key words: Agronomic production, tree growth, species intercropping and tropical agriculture.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início dos anos oitenta a Amazônia brasileira vem passando por um processo acelerado de ocupação desordenada, cuja característica principal é o desmatamento. Provocado por atividades econômicas e assentamentos humanos, o desmatamento impacta negativamente a paisagem e as funções dos ecossistemas, comprometendo a qualidade e a disponibilidade de bens e serviços ambientais, com custos irreparáveis e enormes limitações para o bem-estar das populações.

O Estado de Rondônia é o segundo colocado entre os Estados da Amazônia Legal em termos de taxa de desmatamento anual (MMA/SCA, 2002). Os diversos projetos de colonização criados para o desenvolvimento do Estado na década de 1970 trouxeram uma ocupação agrícola associada à pecuária, à exploração madeireira e mineral, que se consolidaram como atividades econômicas importantes para o crescimento do Estado, mas que também colaboraram efetivamente para o cenário de transformações do uso da terra na região.

Os sistemas agroflorestais são práticas de uso da terra nas quais se utilizam componentes lenhosos (árvores, arbustos, palmeiras, bambus, cipós) associados a cultivos agrícolas e, ou, animais numa mesma área, de maneira simultânea ou seqüencial, com o objetivo de gerar múltiplos benefícios ao produtor, decorrentes das interações ecológicas e socioeconômicas resultantes dessas associações.

A utilização desses sistemas na Amazônia como alternativa à agricultura tradicional de corte-queima (*shift-cultivation*) é justificada pela possibilidade de se obter em uma mesma área uma série de bens e serviços ambientais, como madeiras, frutas, grãos, hortaliças, flores, animais, entre outros produtos, gerando renda e trabalho por maior período de tempo. As características estruturais desses sistemas podem garantir a função e o equilíbrio ecológico do ambiente e, dependendo da composição de espécies, colaborar com o aumento da base florestal plantada, tornando-se também uma tecnologia alternativa para o reflorestamento. O aproveitamento da mão-de-obra familiar nas diversas fases de duração desses sistemas também é um fator que corrobora as vantagens desses sistemas em áreas de produção familiar.

A análise da produção em sistemas agroflorestais na Amazônia tem sido feita mediante a avaliação das características agronômicas, silviculturais e de fertilidade das espécies componentes, tanto em áreas experimentais (Stolber-Wernigedore & Flohrschultz, 1982; Somarriba, 1987, 1990, 1994; Locatelli et al., 1996, 2001;

Lunz & Franke, 1997; Ribeiro, 1997; Souza et al., 1998, 1999; Vieira et al., 1998a; PPG-7, 1999; Silva, 2000) como em área de produtores (De Souza et al., 1999; Yamada & Gholz, 2002).

O acompanhamento da produção e da produtividade em sistemas agroflorestais fornece informações importantes sobre a dinâmica das espécies em consórcio e possibilita a avaliação econômica. No entanto, em grande parte dos casos, as avaliações nesses sistemas são realizadas em um curto período de tempo, ou, conforme Nair (1999), são concentradas na fertilidade dos solos ou na nutrição das plantas, ainda que essas ações sejam importantes para a compreensão das interações entre as espécies nesses sistemas.

A falta do monitoramento contínuo de espécies agrícolas e florestais em sistemas agroflorestais ao longo do tempo é um dos problemas que impedem o avanço do conhecimento do desempenho produtivo nesses sistemas diversificados. Isso leva à falta de domínio dos processos e não favorece a difusão dos resultados para os produtores.

Desse modo, o objetivo deste estudo foi analisar quantitativamente a produção e o crescimento de espécies agrícolas e florestais em modelos de sistemas agroflorestais implantados em 1987, em Machadinho d'Oeste, Rondônia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aspectos gerais

Foram utilizados dados provenientes do experimento *Teste de sistemas agroflorestais para a região de Machadinho (RO)*, instalado em fevereiro de 1987 no Campo Experimental da Embrapa Rondônia em Machadinho d'Oeste, RO. O município está localizado a nordeste do Estado (Figura 1A). O local de estudo está situado entre as coordenadas geográficas 62°10' de longitude W e 9°30' de latitude S. A área total do experimento era coberta originalmente por Floresta Equatorial Primária em 5,8 ha; o relevo do local é plano e o solo classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (Locatelli, 1987). As etapas de preparo da área foram realizadas na seguinte seqüência: broca, derrubada, queimada, rebaixamento/encoivramento, seguida por uma nova queimada; as características físicas e químicas do solo da área experimental foram analisadas antes e depois da queima da vegetação (Quadro 1A).

O experimento foi composto de oito tratamentos e quatro blocos, totalizando 32 parcelas, com uma área total de 46.800 m² (Figura 2A). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, e a análise dos dados seguiu o esquema de parcelas subdivididas, avaliando-se nas parcelas oito sistemas de produção e, nas subparcelas, o tempo (Figuras 3A a 8A).

As espécies utilizadas foram: castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) - **Ca**, freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) - **Fr**, pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) - **Pu**, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.) - **Cp**, banana (*Musa* spp.) - **Ba** e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) - **Pm**. Os tratamentos consistiram em três sistemas agroflorestais e cinco monocultivos (Quadro 1). Foram aplicados, para todas as espécies, 100 g de superfosfato simples por cova no momento do plantio.

Quadro 1 - Informações sobre os arranjos e os componentes dos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e dos monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈) instalados em Machadinho d'Oeste, RO

Sistema	Espécie ⁽¹⁾	Área da parcela (m ²)	Espaçamento (m)	Área ocupada por planta (m ²)	Nº de plantas por parcela	Nº de plantas ha ⁻¹
T ₁	Ca	3.600	12 x 12	144	25	69
	Ba		6 x 6	36	72	278
	Pm		6 x 2	12	78	833
	Cp		6 x 6	18 ⁽²⁾	56	556
T ₂	Fr	900	6 x 6	36	25	278
	Ba		6 x 6	36	20	278
	Pm		6 x 6	36	78	278
	Cp		6 x 6	18	16	556
T ₃	Pu	900	6 x 6	36	25	278
	Ba		6 x 6	36	20	278
	Pm		6 x 6	36	78	278
	Cp		6 x 6	18	16	558
T ₄	Ca	3.600	12 x 12	144	25	69
T ₅	Fr	900	6 x 6	36	25	278
T ₆	Pu	900	6 x 6	36	25	278
T ₇	Ba	450	3 x 3	9	50	1.111
T ₈	Pm	450	2,5 x 2,5	6,25	78	1.600

⁽¹⁾ Ca – castanha-do-brasil, Ba – banana, Pm – pimenta-do-reino, Cp – cupuaçu, Fr – freijó e Pu – pupunha.

⁽²⁾ Refere-se ao arranjo em quincôncio dessa espécie nos tratamentos T₁, T₂ e T₃.

2.2. Características das espécies

2.2.1. Banana (*Musa spp.*)

A bananeira é uma fruteira de clima tropical e subtropical que se desenvolve bem em condições de calor e umidade. De acordo com Calzavara (1989), a bananeira pode ser utilizada em diversas modalidades de consórcios, como planta sombreadora de culturas como o cacau (*Theobroma cacao*), sendo, portanto, de caráter temporário; pode ainda ser plantada nas entrelinhas de cultivos de hortaliças, abacaxi (*Anona sp.*), arroz (*Oriza sativa*), milho (*Zea mays*), feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), mandioca (*Manihot sp.*), entre outras culturas. Alves & Costa (1992) informam que em Rondônia, no ano de 1991, a banana era a cultura de maior importância no Estado e chegou a ocupar o oitavo lugar entre as outras culturas agrícolas da época, com uma área de 19.204 ha plantados.

2.2.2. Pimenta-do-reino (*Piper nigrum L.*)

A pimenta-do-reino representa, em média, 30% do volume das transações comerciais, no mundo, referente às especiarias. É uma planta de região tipicamente tropical. No Brasil, é cultivada quase que exclusivamente na Região Norte, e o Estado do Pará constitui o principal centro produtor do País, com 95% da produção nacional (Jacobs et al., 1999). Em Rondônia, Costa & Medeiros (2001) relatam que grande parte da expansão da pipericultura deveu-se ao programa de difusão desenvolvido pela Embrapa Rondônia na década de 1990, que colaborou com ampla distribuição de mudas e estacas em diversos municípios do Estado, implantação de Unidades Demonstrativas e de Observação, além do oferecimento de cursos, palestras e dias-de-campo voltados ao tema. Entretanto, segundo Costa (1989), os esforços não foram suficientes para evitar perdas de produção e produtividade, indicando a necessidade da continuidade de estudos sobre os fatores técnicos e econômicos da cultura no Estado.

2.2.3. Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.)

O cupuaçu é uma fruta nativa da Amazônia, encontrada em estágio silvestre nas partes sul e sudeste da Amazônia Oriental; seu sabor e aroma peculiares tornaram-no uma das frutas de maior preferência na região, o que levou ao desenvolvimento da

industrialização da sua polpa, que passou do consumo exclusivo no mercado regional, chegando a outros centros consumidores brasileiros (Ribeiro, 1991). Com a polpa do cupuaçu são preparados sucos, sorvetes, licores, compotas e doces; da semente se obtém um chocolate de alta qualidade, conhecido como “cupulate”, e uma gordura fina similar à manteiga de cacau (*Theobroma cacao*) (Venturieri et al., 1985; Ribeiro, 1991).

As condições edafoclimáticas de Rondônia são favoráveis ao cultivo do cupuaçuzeiro, cujos plantios na década de 1990 chegaram a ocupar de 1.200 ha (Ribeiro, 1992) a 6.000 ha (Souza et al., 1998). As características do cupuaçuzeiro como planta que se desenvolve naturalmente em ambientes com sombra parcial permitem seu estabelecimento sob a sombra de espécies como mandioca (*Manihot utilissima*), banana (*Musa* spp.), mamão (*Carica papaya*) e, no caso de sombreamento definitivo, com pupunha (*Bactris gasipaes*), coco (*Cocos nucifera*) e castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*).

2.2.4. Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

A castanheira ocorre em toda a região amazônica. Apesar da proibição de corte (IBAMA, 1994) nas últimas décadas, milhares de castanhais foram derrubados, pois, além dos valiosos frutos, também produz madeira moderadamente pesada (densidade de $0,75 \text{ g cm}^{-3}$), macia ao corte, sem brilho e lisa ao tato, sendo também de boa resistência aos ataques de organismos xilófagos; é indicada para a construção civil interna leve, na fabricação de tábuas para assoalhos, paredes, painéis decorativos, forros, compensados, e embalagens (Lorenzi, 1998). Segundo Müller & Calzavara (1989), devido às suas características ecológicas e silviculturais, a castanha-do-brasil é indicada também para uso em programas de reflorestamento, sendo recomendada para plantio em consórcios, a fim de aproveitar áreas já cultivadas com pastagens de capim-quicuío (*Panicum maximum*), cacau (*Theobroma cacao*), pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), guaraná (*Paulinia cupana*), entre outros cultivos regionais.

2.2.5. Freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken)

Trata-se de uma árvore decídua, exigente de luz, de florestas secundárias, que ocorre naturalmente numa faixa que vai da zona central do México ao nordeste da Argentina; ocorre também entre as ilhas do Caribe, sendo encontrada desde o nível do mar até altitudes de 2.000 m. No Brasil, Carpanezzi et al. (1982) encontraram 20 pontos

de ocorrência natural da espécie na Amazônia brasileira, sob a influência de temperaturas de 24 a 27 °C e precipitação anual média de 1.500 a 2.300 mm.

Os experimentos com freijó nos neotrópicos, na África e no Pacífico Sul se iniciaram na década de 1970. Por ser uma espécie de rápido crescimento, passou a ser indicada em plantios e reflorestamentos; além disso, as propriedades e a aparência de sua madeira são comparáveis às de espécies já consagradas no mercado internacional, como o mogno (*Swietenia macrophylla*) e a teca (*Tectona grandis*), apresentando-se, portanto, como uma excelente opção para o produtor rural (Hummel, 2000). Em Rondônia, os estudos de produção de mudas de freijó para uso na recomposição de áreas ambientalmente alteradas e como componente arbóreo de sistemas agroflorestais têm sido relatados em Vieira et al. (1998).

2.2.6. Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)

De acordo com Clement (1986, 1989), a pupunheira foi domesticada por povos indígenas, fazendo parte até hoje dos sistemas agroflorestais tradicionais da Amazônia. Seu hábito de crescimento é ideal para compor o estrato superior de sistemas agroflorestais, ou consórcio com diferentes espécies. Os frutos e o palmito de pupunha são os principais produtos que colaboram para o aumento e a diversificação da alimentação e renda familiar em sistemas de produção diversificados amazônicos.

Em Rondônia já existem áreas cultivadas de pupunha que estão gerando retorno econômico. Como exemplo, pode-se citar o trabalho da Associação dos Produtores Alternativos (APA), localizada no município de Ouro Preto d'Oeste, cujos associados gerenciam 360 hectares de pupunha cultivada, destinados à produção de cerca de 720 mil quilos de palmito, garantindo matéria-prima para a produção de cerca de 2 milhões de potes de palmito. É uma das iniciativas pioneiras que busca o uso adequado e manejo rotativo dessas áreas, com o intuito de fornecer matéria-prima para cerca de 20 anos (APA, 2001, 2002).

2.3. Crescimento, produção e produtividade das espécies

2.3.1. Variáveis de crescimento

O crescimento das espécies arbóreas foi avaliado a partir dos seis meses de estabelecimento dos tratamentos, em todas as plantas, excluindo-se as de bordadura, tomando-se informações de:

- *Altura total (Ht)*: esta variável foi mensurada verticalmente do solo até o meristema apical, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. Conforme o crescimento das espécies, passou-se a utilizar o hipsômetro de Blume-Leiss. Para a castanha-do-brasil esta variável foi obtida de 1990 até o mês de agosto de 2003; para o freijó o período foi de 1988 a 2000; já para o cupuaçu e a pupunha as medições foram de 1988 a 1994.
- *Diâmetro a 1,30 m de altura (dap)*: foi obtido a partir da circunferência do tronco medida a 1,30 m do solo, com o auxílio de uma trena centimetrada. As medições desta variável iniciaram-se a partir do segundo ano do experimento.

2.3.2. Variáveis de produção

A coleta dos dados de produção iniciou-se a partir do segundo ano do experimento nos tratamentos que apresentaram espécies com condições de ser avaliadas (Quadro 2), obtendo-se informações sobre:

- *Número de frutos (NF)*: foram coletados frutos de castanha-do-brasil a partir de 2001 e frutos de cupuaçu a partir de 1996. Os dados foram expressos em n por planta e transformados em medida de produtividade ($n \text{ ha}^{-1}$).
- *Peso do fruto (PF)*: os frutos de cupuaçu foram coletados e pesados de 1990 até 1995, sendo determinados o peso dos frutos por planta e a produtividade (kg ha^{-1}). A partir da safra de 1996 até 2002 passou-se a pesar e a contabilizar os frutos por tratamento. O cupuaçu não foi plantado em monocultivo e iniciou sua produção no terceiro ano do experimento.
- *Peso do cacho (PC)*: os cachos de pupunha foram colhidos e pesados a partir de 1992 até 2002, e os cachos de banana, de 1988 a 1991. Os dados foram expressos em kg por planta e kg ha^{-1} . O número de cachos por touceira por hectare, por safra da pupunha, foi contabilizado a partir de 1998 e também foi expresso em n por planta e transformados em medida de produtividade ($n \text{ ha}^{-1}$).
- *Peso de grãos secos (PGS)*: a pimenta-do-reino teve os grãos secos pesados no período entre 1989 e 1991, sendo os dados expressos em kg por planta e kg ha^{-1} .
- *Volume de madeira (V)*: a castanha-do-brasil teve seu volume total calculado pelo uso do fator de forma, conforme FAO (1981), utilizando-se a expressão: $V_t = [(p/40000)H_t dap]^{0,7}$, em que: V_t = volume total de madeira, em m^3 ; H_t = altura total, em m; e dap = diâmetro a 1,30 do solo, em cm. O monitoramento dos

tratamentos com esta espécie iniciou-se a partir do terceiro ano do experimento. Os dados considerados para essa espécie referem-se ao período de 1990 a 2002, ou seja, 13 anos. O freijó teve seu volume total calculado pela equação citada por Somarriba (1987): $V_t = \exp(-9,62 + 2,697 \ln dap)$, em que: V_t = volume total de madeira, em m^3 ; e dap = diâmetro a 1,30 m do solo, em cm. O monitoramento dos tratamentos com essa espécie iniciou-se a partir do segundo ano do experimento, e os dados analisados neste estudo referem-se ao período entre 1989 e 2002, ou seja, 14 anos.

2.4. Análise dos dados

As análises foram feitas considerando o esquema de parcelas subdivididas, em que os tratamentos da parcela foram os sistemas de produção e o tratamento da subparcela foi o tempo, ou a idade (Banzato & Kronka, 1989). A análise de variância foi seguida do teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% para avaliar a significância, e de ajustes de modelos de regressão. A seleção das equações de melhor desempenho foi feita com base nos coeficientes de determinação ajustados (\bar{R}_{yy}^2) e de correlação (R_{yy}) e na análise gráfica dos resíduos. Os ajustes foram efetuados no programa *Statistica* 6.0.

Quadro 2 - Variáveis e fluxo de produção das espécies componentes do experimento agroflorestal em Machadinho d'Oeste, RO

Espécie ⁽¹⁾	Variável ⁽²⁾	Unidade por área	Ano de medição														
			88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02
Ba	PC	kg ha ⁻¹															
Pm	PGS	kg ha ⁻¹															
Fr	V	m ³ ha ⁻¹															
Cp	PF	kg ha ⁻¹															
	NF	n ha ⁻¹															
Ca	V	m ³ ha ⁻¹															
	NF	n ha ⁻¹															
Pu	PC	kg ha ⁻¹															
	NC	n ha ⁻¹															

⁽¹⁾ Ba – banana, Pm – pimenta-do-reino, Fr – freijó, Cp – cupuaçu, Ca – castanha-do-brasil e Pu – pupunha.

⁽²⁾ PC – peso do cacho, PGS – peso de grãos secos, V – volume de madeira, PF – peso do fruto, NF – número de frutos e NC – número de cachos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção e crescimento das espécies

3.1.1. Banana (*Musa spp.*)

Não houve efeito conjunto sobre o rendimento da banana em peso de cachos por planta (Quadro 2A) nos tratamentos considerados; entretanto, foi observado efeito conjunto do sistema de produção e do tempo sobre a produtividade da espécie (Quadro 3A). Os resultados indicaram que houve diferença significativa do desempenho produtivo da banana nos primeiros anos, com maiores valores observados no monocultivo, T₇. Contudo, no último ano, o rendimento em peso de cachos por hectare foi estatisticamente similar em todos os sistemas agroflorestais – SAFs (Quadro 3).

Quadro 3 - Rendimento da banana (*Musa spp.*), em peso de cachos (kg) por hectare, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e monocultivo (T₇). Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 1991

Sistema	Peso de cachos (kg ha ⁻¹)			
	Ano ₁	Ano ₂	Ano ₃	Ano ₄
	1988	1989	1990	1991
T ₁	3.427,28 b ⁽¹⁾	913,220 b	806,35 b	1.459,36 a
T ₂	2.110,78 b	745,526 b	632,97 b	301,28 a
T ₃	2.536,75 b	694,479 b	792,75 b	539,95 a
T ₇	11.254,77 a	3.667,689 a	2.853,33 a	1.217,66 a

⁽¹⁾ Médias com letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; e T₇: banana.

A produtividade da banana decresceu em todos os tratamentos ao longo dos quatro anos (Figura 1). No entanto, essa queda foi mais evidente no monocultivo que nos SAFs. No primeiro ano, a produtividade em monocultivo foi 4,43 a 5,33 menor que nos SAFs, mesmo com uma densidade populacional maior. Não foi constatada diferença estatística do rendimento da cultura no último ano entre os SAFs e o monocultivo (Quadro 3), mesmo considerando aqueles de menor densidade populacional.

Os resultados indicaram que o desempenho da cultura foi fortemente influenciado pelo sistema. O desenvolvimento das plantas em monocultivo nos primeiros anos

foi mais afetado que aquele nos SAFs, provavelmente devido a variações nas condições climáticas, diminuição da fertilidade do solo ou maior incidência de doenças, entre as quais Ledo et al. (1997) citam como as mais comuns na região a sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), a sigatoka-amarela (*Mycosphaerella musicosa* Leach) e o mal-do-panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* FOC).

Observa-se na Figura 1 a tendência de menor desempenho da cultura da banana no SAF onde a castanha-do-brasil (T₁) substitui o feijó (T₂) ou a pupunha (T₃). Esse efeito também pode ser atribuído às condições fitossanitárias da banana naquele sistema, bem como às perdas de nutrientes no decorrer das safras, tendo em vista, de acordo com Silva et al. (2003), as altas exigências nutricionais da espécie.

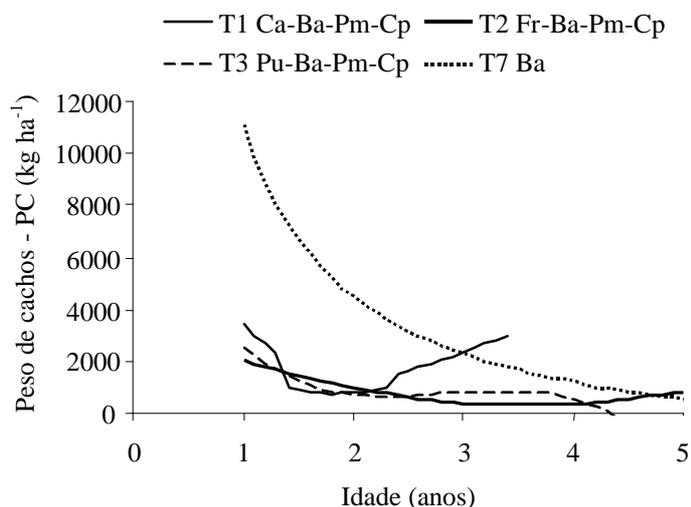


Figura 1 - Desempenho da banana (*Musa* spp.) em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e em monocultivo (T₇). Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 1991.

O tempo não favoreceu o aumento do peso dos cachos de banana (Figura 1). Esse fato pode estar relacionado à importação, imobilização e exportação de nutrientes por ocasião da colheita nos sistemas e, no caso do monocultivo, ao espaçamento mais adensado utilizado. Esses são os principais fatores que, em condições amazônicas, causam variações no peso dos cachos de banana, devendo-se levar em consideração ainda, conforme Calzavara (1989), as variedades utilizadas e os tratos culturais executados no ano.

3.1.2. Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.)

Houve efeito conjunto da interação sistema de produção e tempo sobre a produção e a produtividade da pimenta-do-reino nos sistemas agroflorestais estudados (Quadros 4A e 5A). A produção por planta de pimenta-do-reino foi similar em todos os tratamentos no primeiro ano. Contudo, as plantas apresentaram produções muito distintas nos anos subseqüentes. Aos três anos, a pimenta-do-reino no SAF T₁ produziu mais que os demais tratamentos, inclusive o monocultivo (Quadro 4). Esses resultados indicam que a presença da castanha-do-brasil trouxe benefícios à cultura, ao passo que sua substituição pelo feijó (T₂) ou pupunha (T₃) prejudicou seu desempenho, uma vez que os demais componentes, banana e cupuaçu, estiveram presentes nas mesmas densidades em todos os SAFs.

Quadro 4 - Rendimento da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), em peso de grãos secos (kg) por planta e por hectare, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e em monocultivo (T₈). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 1991

Sistema	Peso de grãos secos por planta (kg)			Peso de grãos secos (kg ha ⁻¹)		
	Ano ₂	Ano ₃	Ano ₄	Ano ₂	Ano ₃	Ano ₄
	1989	1990	1991	1989	1990	1991
T ₁	2,04 a ⁽¹⁾	6,39 a	13,69 a	1695,85 a ⁽¹⁾	5.318,94 ab	1.1403,08 a
T ₂	0,12 a	0,64 ab	0,28 c	34,45 a	178,23 b	77,84 c
T ₃	0,23 a	0,87 b	0,60 c	63,36 a	242,40 b	166,34 c
T ₈	1,66 a	3,53 b	6,70 b	2660,67 a	5.650,22 a	10.721,33 b

⁽¹⁾ Médias com letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: feijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; e T₈: pimenta-do-reino.

Quando se considera o efeito do tamanho da população da pimenta-do-reino nos diferentes modelos agroflorestais testados, observa-se que a maior produção por planta no SAF T₁ resultou de uma população 50% menor que a do monocultivo, com valores iguais de produtividade até o ano 3 (Quadro 4). Nos SAFs T₂ e T₃, a associação com o feijó e a pupunha, respectivamente, afetou negativamente o desempenho da cultura e resultou em menores produtividades.

O melhor desempenho da pimenta-do-reino foi evidente no SAF em que houve associação com a castanha-do-brasil (T₁), em relação aos SAFs T₂ e T₃. A produtividade no SAF T₁ foi muito próxima à do monocultivo (T₈) já no ano 2, apresentando valores superiores no ano 4 (Figura 2).

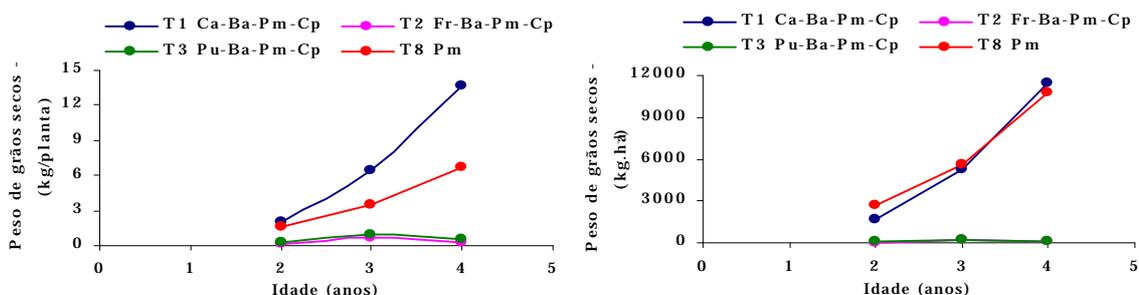


Figura 2 - Desempenho da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e em monocultivo (T₈). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 1991.

3.1.3. Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.)

3.1.3.1. Peso de frutos

Houve efeito conjunto do sistema de produção e do tempo sobre a produção do cupuaçu, em peso de frutos, no período de 13 anos. A frutificação do cupuaçu começou no ano 3 do experimento, ocorrendo conforme Venturieri et al. (1985) e Ribeiro (1991), os quais afirmam que a frutificação da espécie inicia-se a partir de 2,5 a 3 anos do plantio.

Foi observada uma oscilação da produção de frutos de cupuaçu em ciclos que variaram de um a quatro anos de duração, desde o início de sua frutificação. Esse fenômeno pode ser explicado, conforme Venturieri (1993), pela variação que ocorre durante o período de floração da espécie, com cerca de 74% das plantas florescendo simultaneamente nessa fase. Observou-se que a produção por planta foi similar entre os tratamentos do ano 3 ao ano 4, do ano 8 ao ano 9 e do ano 13 ao ano 15 (Quadro 5), porém com produções distintas entre esses intervalos. Locatelli et al. (2001) relatam que as oscilações de produção do cupuaçu em sistemas consorciados podem estar relacionadas à grande suscetibilidade dessa cultura à estiagem no período de floração, levando ao declínio da produção de frutos.

Quadro 5 - Rendimento do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), em peso do fruto (kg) por planta e por hectare, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

Sistema	Peso de frutos - PF (kg por planta)												
	Ano ₃ 1990	Ano ₄ 1991	Ano ₅ 1992	Ano ₆ 1993	Ano ₇ 1994	Ano ₈ 1995	Ano ₉ 1996	Ano ₁₀ 1997	Ano ₁₁ 1998	Ano ₁₂ 1999	Ano ₁₃ 2000	Ano ₁₄ 2001	Ano ₁₅ 2002
T ₁	1,28 a	3,75 a	11,96 a	14,55 a	19,39 a	5,44 a	6,23 a	12,63 a	2,26 a	8,53 a	11,07 a	4,38 a	2,18 a
T ₂	0,52 a	0,59 a	2,56 b	6,91 b	8,20 b	4,21 a	3,29 a	13,27 a	2,92 a	6,56 ab	7,84 a	5,76 a	2,04 a
T ₃	0,87 a	1,81 a	3,22 b	6,78 b	5,70 b	2,00 a	3,09 a	4,82 b	0,61 a	2,30 b	11,06 a	2,81 a	5,36 a
	Peso de frutos - PF (kg ha ⁻¹)												
T ₁	710 a	2.086 a	6.651 a	8.145 a	10.781 a	3.027 a	3.463 a	7024 a	1.254 a	4.741 a	6.434 a	2.437 a	1.213 a
T ₂	287 a	329 a	1.423 b	3.841 b	4.562 b	2.342 a	1.830 a	7.381 a	1.623 a	3.648 ab	4.361 a	3.205 a	1.135 a
T ₃	482 a	1.009 a	1.791 b	3.769 b	3.167 b	1.113 a	1.720 a	2.679 b	340 a	1.280 b	6.151 a	1.562 a	2.981 a

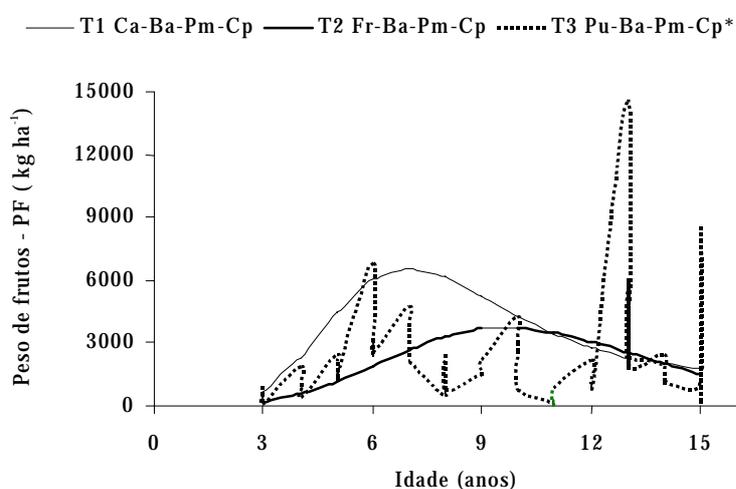
⁽¹⁾ Médias com letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; e T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Observou-se que no ano 5 o desempenho do cupuaçu no SAF T₁ foi melhor que no T₂ e no T₃ (Figura 4), indicando que a associação com a castanha-do-brasil trouxe benefícios à cultura, diferentemente de quando a espécie se apresenta associada ao freijó (T₂), ou à pupunha (T₃), tendo em vista a presença dos componentes banana e pimenta-do-reino em todos os SAFs. O SAF T₁ apresentou densidade populacional 70% maior que a dos SAFs T₂ e T₃ (Quadro 1), o que colaborou para a obtenção desses resultados. A comprovação da maior produção de biomassa e ciclagem de nutrientes, acarretada pelo maior número de plantas, nesse sistema, é apresentada em Locatelli et al. (2001).

Houve efeito conjunto do sistema de produção e do tempo sobre a produção e a produtividade do cupuaçu em peso de frutos (Quadros 6A e 7A). As tendências de produção foram similares em todos os sistemas agroflorestais até o segundo ano, quando então se iniciaram as oscilações. Mesmo com densidades populacionais menores, os SAFs T₂ e T₃ não apresentaram diferença estatística em relação ao SAF T₁, em fases distintas dos sistemas (Quadro 5). Os resultados indicaram que, além da densidade populacional, o desempenho produtivo do cupuaçu foi afetado pela oscilação produtiva, que é característica dessa espécie. Apesar desse comportamento, o acúmulo de biomassa seca analisado por Locatelli et al. (2001) na área de estudo indicou que os SAFs com cupuaçu apresentaram valores médios superiores (T₁: 4.287 kg ha⁻¹, T₂: 2.094 kg ha⁻¹ e T₃: 3.654 kg ha⁻¹) em relação aos monocultivos (T₄: 1.279 kg ha⁻¹, T₅: 1.070 kg ha⁻¹ e T₆: 2.100 kg ha⁻¹).

A produção do SAF T₁ foi maior que a do T₂ logo a partir do ano 3 (Figura 3). Apesar de uma densidade populacional menor, de iniciar a produção mais tardiamente e de apresentar grande oscilação na produção de frutos, a produtividade do SAF T₂ coincide com a do SAF T₁ no final do ano 10, chegando a superá-lo até o ano 14. Não houve uma tendência definida para explicar as variações produtivas no SAF T₃, apesar do comportamento similar da espécie nesse sistema em relação aos demais tratamentos. Esse resultado indica que o desempenho da cultura pode estar sendo fortemente afetado pela pupunha, independentemente da presença dos componentes banana e pimenta-do-reino, que também compuseram os demais SAFs (Figura 3).



* Dados observados.

Figura 3 - Desempenho do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002.

3.1.3.2. Número de frutos

Houve efeito do tempo sobre a produção do cupuaçu em número de frutos (Quadro 8A). O SAF T₁ produziu no ano 9 mais de oito frutos por planta e, considerando o intervalo de avaliação, atingiu valores máximos aos nove e treze anos, respectivamente (Figura 4). Esse resultado pode ser considerado satisfatório para o desempenho da cultura em sistemas consorciados, quando comparado a plantios de cupuaçu a partir de clones na Amazônia, que, segundo Cruz & Alves (2002), chegam a gerar uma produtividade média de 14 frutos por planta, por ano.

O SAF T₂, de menor densidade populacional, superou a produção de frutos do SAF T₁ no ano 10, embora tenha sofrido decréscimos no decorrer do período. O SAF T₃, com densidade populacional igual à do SAF T₂, apresentou as menores produções do ano 9 ao ano 12, embora tenha superado a produção do SAF T₁, o de maior densidade populacional, nos anos 13 e 15.

Houve efeito do sistema sobre a produtividade do cupuaçu em número de frutos, sendo os tratamentos T₁ e T₂ aqueles com resultados similares (Quadro 9A) mesmo com densidades populacionais diferenciadas, sugerindo que no T₃ algum efeito negativo entre as espécies afetou a produtividade da espécie, podendo isso estar relacionado, segundo Locatelli et al. (1996b), às variações climáticas na região. Além disso, Andrade et al. (1998) acrescentam que as condições de competição entre o cupuaçu e a pupunha por potássio e a variabilidade genética do cupuaçu são fatores que afetam diretamente a produção e o rendimento dessa espécie em sistemas agroflorestais.

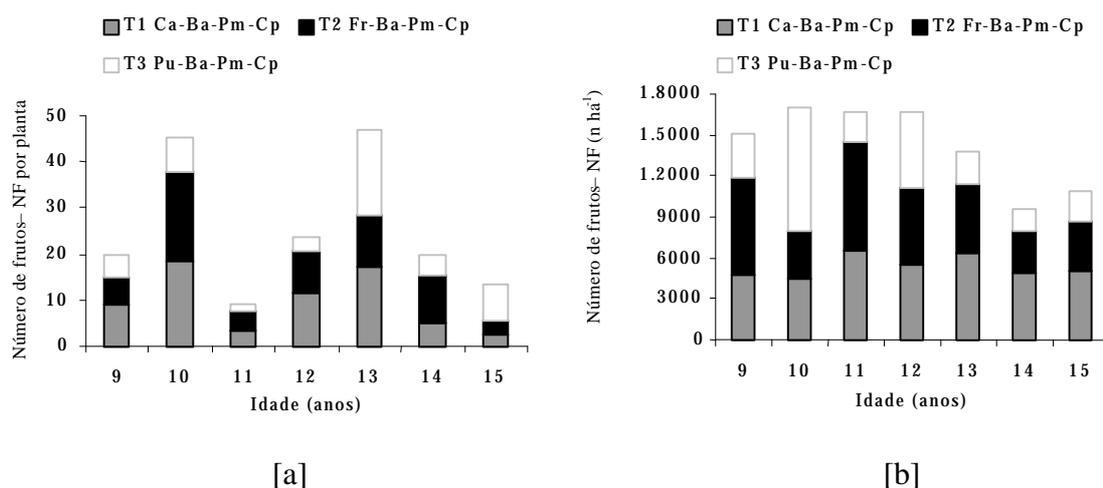


Figura 4 – Rendimento do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), em número de frutos (n) por planta [a] e por hectare [b], em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1996 a 2002.

3.1.4. Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

3.1.4.1. Volume

Houve efeito apenas do tempo sobre a produção volumétrica e o crescimento da castanha-do-brasil (Quadros 10A e 11A). A produção e o crescimento no SAF T₁ foram similares aos do monocultivo, T₄, demonstrando que, com uma densidade

populacional igual, seu crescimento não foi afetado pela associação com outras espécies. O tempo influenciou positivamente o crescimento, sendo esse um comportamento esperado para espécies arbóreas perenes.

O modelo exponencial apresentou as melhores estatísticas para a estimativa do volume total em ambos os tratamentos. De acordo com a estimativa do coeficiente de correlação, pôde-se inferir que a equação selecionada (Figura 5) apresentou ótimo ajuste, confirmando que a variável independente (I) selecionada explica o comportamento da variável dependente (V_t).

Na Figura 5 é representada também a tendência de crescimento da castanha-do-brasil em volume total (V_t) com casca, em função da idade (I).

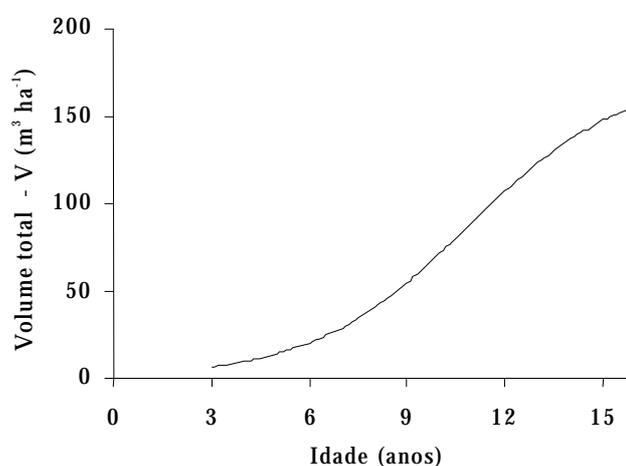


Figura 5 - Curva de crescimento da castanha-do-brasil ($\hat{V}_t = 174,2109 / (1 + 92,9754 \exp(-0,416364(I)))$, $R_{\hat{V}_t} = 0,98$) em sistema agroflorestal (T_1 Ca-Ba-Pm- C_p) e em monocultivo (T_4 Ca). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 2002. \hat{V}_t = volume total, em m^3 .

Observou-se que a tendência da curva de crescimento da espécie tanto em SAF como em monocultivo ainda não atingiu valores assintóticos, mesmo as árvores tendo ultrapassado a fase inicial de crescimento, uma vez que essa estimativa foi realizada a partir dos 15 anos de idade. Nota-se o pequeno volume até os 11 anos de idade, evidenciando que as árvores estudadas tiveram um rápido crescimento em altura, não acompanhado por um crescimento proporcional em diâmetro.

3.1.4.2. Número de frutos

Houve efeito apenas do tempo sobre a produção e a produtividade da castanha-do-brasil em número de frutos (Quadros 12A e 13A). A frutificação da espécie iniciou-se no ano 14 do experimento. A produtividade média de frutos no segundo ano no T₁ foi 48,6% menor que no primeiro ano, enquanto no T₄ esse decréscimo ficou em torno de 71,2%. Em termos comparativos, a produtividade média da castanha-do-brasil no primeiro ano no SAF T₁ foi 41,8% menor em relação à do monocultivo (T₄). Entretanto, no ano 15 as produtividades dos sistemas se equipararam, apesar de a espécie ter apresentado no SAF T₁ uma tendência de aumento da produtividade, com cerca de 3,8% a mais de frutos, em relação ao monocultivo (Figura 6).

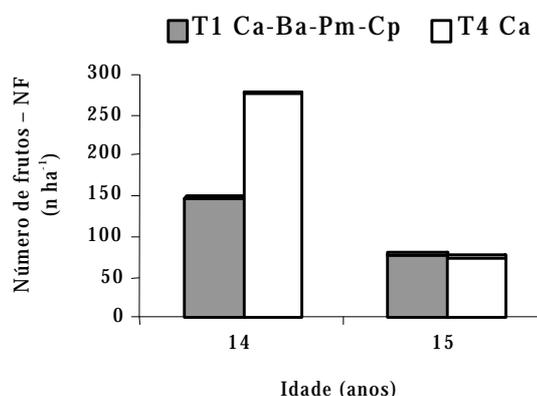


Figura 6 - Rendimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), em número de frutos por hectare, em sistema agroflorestal (T₁) e em monocultivo (T₄). Machadinho d'Oeste, RO – 2001 a 2002.

Os resultados demonstram que a produção da castanha-do-brasil em associação com outras espécies tende a ser viável, considerando a mesma densidade populacional. No entanto, como sua frutificação é recente em ambos os sistemas de produção, torna-se necessário seguir a avaliação para identificar as condições de rendimento da espécie, tanto em sistema agroflorestal como em monocultivo.

3.1.5. Freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken)

Houve efeito apenas do tempo sobre a produção volumétrica e o crescimento do freijó (Quadros 14 A e 15A). A produção e o crescimento no SAF T₂ foram similares aos do monocultivo (T₅), ambos com igual densidade populacional. Esse resultado

demonstra que seu crescimento não é afetado pela associação com a banana e a pimenta-do-reino, ou pelo arranjo espacial dos sistemas. O tempo influencia positivamente o crescimento, assim como ocorreu com a castanha-do-brasil.

O modelo logístico apresentou as melhores estatísticas para a estimativa do volume total em ambos os tratamentos. De acordo com a estimativa do coeficiente de correlação, pôde-se inferir que a equação selecionada (Figura 7) apresentou bom ajuste, confirmando que a variável independente (I) selecionada explica o comportamento da variável dependente (V_t).

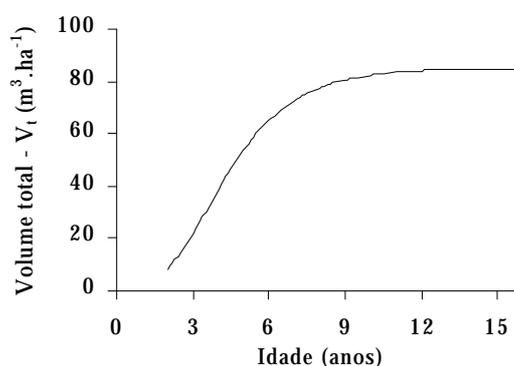


Figura 7 - Curva de crescimento do freijó ($\hat{V}_t = 85,03445 / ((1 + \exp(-3,52571) - 0,539113(I)))^{1/0,004317}$, $R_{\hat{V}_t} = 0,66$) em sistema agroflorestal (T_2 Fr-Ba-Pm-Cp) e em monocultivo (T_5 Fr). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 2002. \hat{V}_t = volume total, em m^3 .

Observou-se que, do mesmo modo que a da castanha-do-brasil, a tendência da curva de crescimento do freijó tanto em SAF como em monocultivo ainda não atingiu valores assintóticos, tendo em vista que essa estimativa foi realizada no mesmo período, aos 15 anos de idade. Nota-se o pequeno volume das árvores da espécie até os quatro anos de idade, quando a partir de então as árvores estudadas passaram a ter um rápido crescimento em altura, não acompanhado por um crescimento proporcional em diâmetro.

3.1.6. Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)

3.1.6.1. Peso de cachos

Houve efeito apenas do tempo sobre a produção e a produtividade da pupunha em peso de cachos (Quadros 16A e 17A). A função quadrática apresentou as melhores

estatísticas para estimar a produção da espécie no SAF T₃ e no monocultivo (T₆) (Figura 8).

A pupunha foi a espécie de produção mais tardia e, portanto, não interferiu no rendimento das culturas agrícolas na fase inicial do SAF T₃. No ano 8, correspondente ao seu terceiro ano de produção, ocorreu o maior pico de produção por planta (Figura 8). Vale destacar que situação inversa foi observada para o cupuaçu em termos produtivos, com os menores valores observados nesse mesmo ano, quando comparado aos obtidos nos SAFs T₁ e T₂ (Quadro 5), demonstrando que a pupunha causa uma influência negativa no desempenho do cupuaçu. Tal comprovação pôde ser observada na análise da liberação anual dos nutrientes pela biomassa da serrapilheira, realizada por Locatelli et al. (2001), nos sistemas agroflorestais (T₃: N = 23,3 kg ha⁻¹, P = 1,2 kg ha⁻¹, K = 2,6 kg ha⁻¹, Ca = 16,6 kg ha⁻¹ e Mg = 4,8 kg ha⁻¹) e em monocultivos da área experimental (T₆: N = 21,8 kg ha⁻¹, P = 1,5 kg ha⁻¹, K = 3,3 kg ha⁻¹, Ca = 13,8 kg ha⁻¹ e Mg = 4,1 kg ha⁻¹).

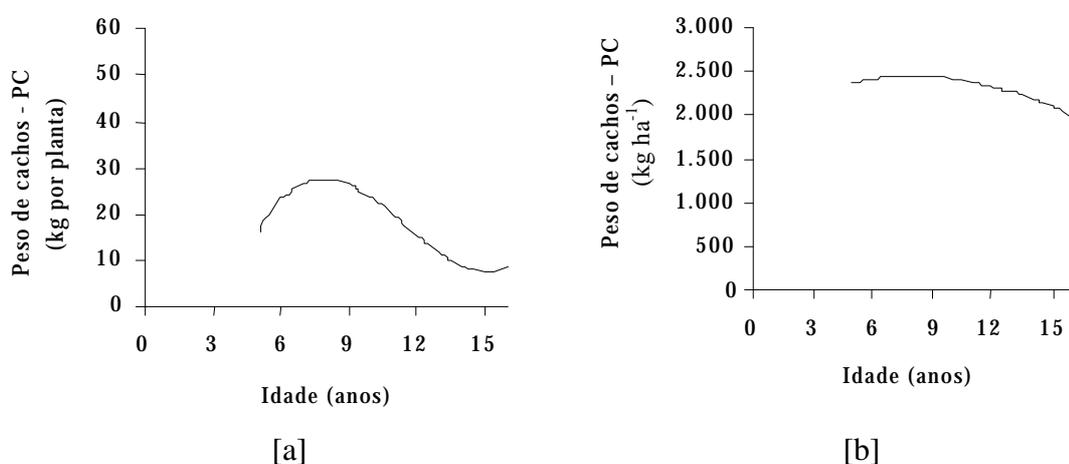


Figura 8 - Desempenho da pupunha (*Bactris gasipaes*), em peso de cachos (kg) por planta [a] e por hectare [b], em sistema agroflorestal (T₃) e em monocultivo (T₆). Machadinho d'Oeste, RO – 1992 a 2002.

Também foram observadas oscilações na produção da pupunha, embora com menor intensidade quando comparada às oscilações do cupuaçu, sendo esse fenômeno registrado também por Locatelli et al. (1996b) desde o início de seu ciclo produtivo.

Ocorreram decréscimos na produtividade da pupunha a partir do ano 8 até o último ano de avaliação (Figura 8). Observa-se que nesse mesmo período a produção do

cupuaçu foi crescente, o que pode ter influenciado o desempenho produtivo da pupunha nessa fase. Uma das hipóteses para explicar a influência da pupunha sobre o desempenho produtivo do cupuaçu, e vice-versa, pode estar relacionada, conforme Locatelli et al. (1996b), aos níveis de importação, imobilização e exportação de nutrientes exigidos pelas duas espécies.

3.1.6.2. Número de frutos

O número de cachos por planta foi mais elevado no SAF T₃ do ano 11 ao ano 12, em relação ao monocultivo (Figura 9). Contudo, as plantas de pupunha do SAF T₃ apresentaram, nos anos subseqüentes, produção muito próxima à do monocultivo (T₆), com valores superiores no ano 13 (Figura 9a). Esses resultados demonstram a vantagem do plantio associado da pupunha com outras espécies, considerando ainda que os tratamentos apresentam a mesma densidade populacional. As mesmas tendências foram observadas para a produtividade da espécie, à exceção dos anos 13 e 14, quando o SAF T₃ supera a produtividade do monocultivo.

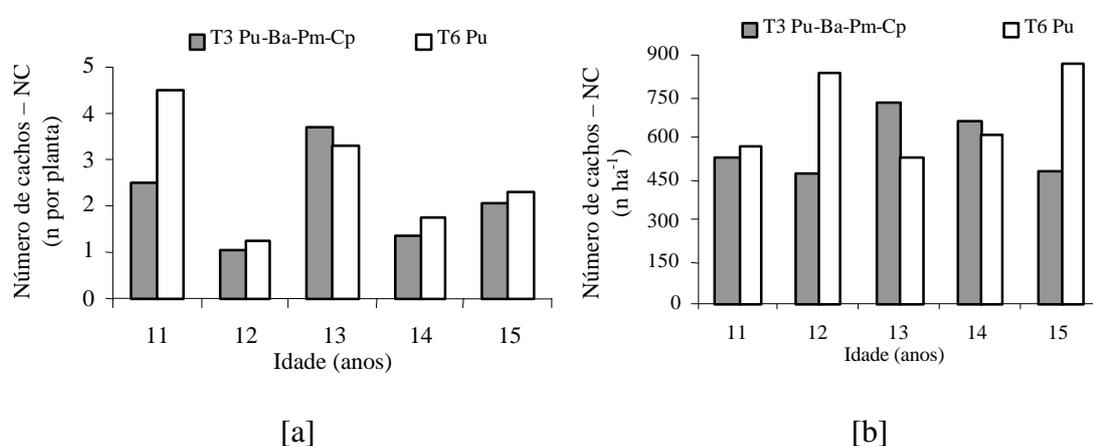


Figura 9 - Rendimento da pupunha (*Bactris gasipaes*), em número de cachos (n) por planta [a] e por hectare [b], em sistema agroflorestal (T₃) e em monocultivo (T₆). Machadinho d'Oeste, RO – 1992 a 2002.

4. CONCLUSÕES

As análises de produção e crescimento dos modelos agroflorestais e monocultivos testados, ao longo de 15 anos, no Campo Experimental da Embrapa Rondônia, permitiram concluir que:

- As espécies testadas são recomendadas para plantio em sistemas agroflorestais multiestratos, nos arranjos e densidade populacionais testados.
- O desempenho produtivo das espécies agrícolas e do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) foi favorecido pela associação no sistema agroflorestal T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, em relação aos demais SAFs.
- O crescimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e do feijó (*Cordia alliodora*) em sistemas agroflorestais foi similar ao observado nos respectivos monocultivos.
- Faz-se necessário avaliar melhor os efeitos negativos observados no sistema agroflorestal que associa a pupunha (T₃ Pu-Ba-Pm-Cp) com as espécies que tiveram seus rendimentos produtivos afetados – no caso, a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) e o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*).
- A produção dos frutos de castanha-do-brasil ainda deve ser acompanhada para identificar as condições de rendimento da espécie, tanto em sistema agroflorestal como em monocultivo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, P. M. P.; COSTA, J. N. M. Controle da broca-da-bananeira (*Cosmopolites sordidus*). Porto Velho: Embrapa-CPAFRO, 1992. 4 p. (Embrapa-CPAFRO. Comunicado Técnico, 101).

ANDRADE, F. G.; SÁ, C. P.; ALMEIDA, N. F. Uma visão prospectiva do cupuaçu nos limites do Acre: Vilas Nova Califórnia e Extrema, RO. Rio Branco: Embrapa Acre, 1998. 18 p. (Circular Técnica, 21).

APA – Associação de Produtores Alternativos. **Produção alternativa sustentável** – sistemas agroflorestais de produção. APA: Ouro Preto d’ Oeste, 2001. ___p.

APA – Associação de Produtores Alternativos. **Relatório de avaliação do Projeto PD/A “Desenvolvimento sustentável para agricultores da Amazônia Ocidental - Fase II”**. Ouro Preto d’Oeste: APA-PD/A, 2002. ___p.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.

- CALZAVARA, B. B. G. Bananeira. Belém: EMBRAPA-UEPAE Belém, 1989. 12 p. (Embrapa-UEPAE Belém. Recomendações Básicas, 8).
- CARPANEZZI, A. A.; KANASHIRO, M.; RODRIGUES, I. A.; BRIENZA, Jr.; MARQUES, L. C. T. Informações sobre *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken na Amazônia brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1982. 19 p. (Documentos, 10).
- CLEMENT, C. R. The pejibaye palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) as an agroforestry component. **Agroforestry systems**, v. 4, n. 3, p. 205-219, 1986.
- CLEMENT, C. R. The potential use of the pejibaye palm in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 7, n. 3, p. 201-212, 1989.
- COSTA, R. S. C. Recomendações técnicas para a implantação de um pimental. Porto Velho: EMBRAPA-CPAFRO, 1989. 10 p. (Comunicado Técnico, 89).
- COSTA, R. S. C.; MEDEIROS, I. M. **Pimenta-do-reino**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 2 p. (Folheto).
- CRUZ, E. D.; ALVES, R. M. **Clones de cupuaçuzeiro tolerantes à vassoura-de-bruxa**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4 p. (Folder).
- DE SOUZA, G. F.; GUIMARÃES, R. R.; SOUSA, N. R.; NUNES, J. S.; LOURENÇO, J. N. P. Multi-strata agroforestry as an alternative for small migrant farmers practicing shifting cultivation in central Amazonian communities in Brazil. In: JIMÉNEZ, F.; BEER (Comp.). **International symposium: multi-strata agroforestry systems with perennial crops**. Turrialba: CATIE. Feb. 22-27, 1999. p. 243-246.
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento** – predicción del rendimiento. Roma: FAO. v. 2, 80 p. 1981 (Estudio FAO: MONTES, 22/2)
- HUMMEL, S. Height, diameter and crown dimensions of *Cordia alliodora* associated with tree density. **Forest Ecology and Management**, v. 127, p. 31-40, 2000.
- JACOBS, L.; FRANZOTE, L. P.; MALUF, W. R. Cultura da pimenta-do-reino. Lavras: DA-UFLA. 1999. 13 p. (Boletim Técnico de Hortaliças, 33).
- LEDO, A.S.; LEDO, F. J. S.; SILVA, S. O. Avaliação de cultivares de banana em Rio Branco-Acre. Embrapa Acre, 1997. 16 p. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa, 15).
- LOCATELLI, M. Teste de sistemas agroflorestais para o Estado de Rondônia. Porto Velho: EMBRAPA: UEPAE Porto Velho, 1987. 14 p. (Embrapa-UEPAE Porto Velho. Projeto de Pesquisa).
- LOCATELLI, M.; SOUSA, V. F.; VIEIRA, A. H.; QUISEN, R. C. Estudo do comportamento produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DO CUPUAÇU E DA PUPUNHA, 1., 1996, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa-CPAA, 1996, p. 160-162. (Embrapa-CPAA. Documento, 6).

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; SOUSA, V. F.; QUISEN, R. C. Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, em solo de baixa fertilidade. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2001. 17 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1).

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum, v. 2, 1998. 352 p.

LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. Avaliação de um modelo de sistema agroflorestal com pupunha, açaí, café e castanha-do-brasil, no Estado do Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 3 p. 1997 (Pesquisa em Andamento, 101).

MÜLLER, C. H.; CALZAVARA, B. B. G. Castanha-do-brasil. Belém: EMBRAPA-CPATU. 1989. 6 p. (Embrapa-CPATU. Recomendações Básicas, 11).

NAIR, P. K. R. Do tropical homegardens elude science, or is it the other way round? In: JIMÉNEZ, F; BEER (Comp.). **International symposium**: multi-strata agroforestry systems with perennial crops. Turrialba: CATIE. Feb. 22-27, 1999. p. 07-101.

PPG-7 - Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Desenvolvimento de sistemas agroflorestais para a recuperação de áreas degradadas no Estado de Roraima. In: Resultados. PPG-7 - PROGRAMA PILOTO, Brasília: World Bank. 1999, p. 289-308.

RIBEIRO, G. D. **Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**: informações básicas. Porto Velho: Embrapa-CPAFRO. 1991. 2 p. (Folheto).

RIBEIRO, G. D. A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia. 1992. Porto Velho: EMBRAPA-CPAFRO. 1992. 32 p. (Documentos, 27).

RIBEIRO, G. D. **Avaliação preliminar de sistemas agroflorestais no Projeto Água verde, ALBRÁS, Barcarena, Pará**. 1997. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1997.

SILVA, S. O.; ALVES, E. J.; CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; JESUS, S. C. **Variabilidade genética e melhoramento da bananeira**. Disponível em <http://www.cpatu.embrapa.br/livrorg/temas.html>. Acesso em 10 jun. 2003.

SILVA, I. C. Viabilidade agroeconômica do cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) com o açaizeiro (*Euterpe oleracea* L.) e com a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) em sistema agroflorestal. **Floresta**, v. 31, n. 1 e 2, p. 167-168, 2000.

SOMARRIBA, E. Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 18, p. 113-126, 1987.

SOMARRIBA, E. Sustainable timber production from uneven-aged shade stands of *Cordia alliodora* in small coffee farms. **Agroforestry systems**, v. 10, p. 253-263, 1990.

SOMARRIBA, E. **Cacao-plátano-laurel**: manejo, producción agrícola y crecimiento maderable. CATIE: Turrialba, Costa Rica, 1994, 64 p. (Serie Técnica Informe Técnico, 233).

SOUZA, V. F.; LOCATELLI, M.; VIEIRA, A.H.; QUISEN, R.C. Sistemas agroflorestais, com ênfase no cupuaçuzeiro em solos de baixa fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, No contexto da qualidade ambiental e competitividade. **Resumos expandidos...** Embrapa Amazônia Oriental, 1998. p. 117-118.

SOUZA, V. F.; LOCATELLI, M.; QUISEN, R. C.; VIEIRA, A. H. **Agroforestry systems with emphasis in *Theobroma grandiflorum* cultivated in low fertility soils.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM MULTI-STRATA AGROFORESTRY SYSTEMS WITH PERENNIAL CROPS, 1999. CATIE, Costa Rica. p. 27-29.

STOLBER-WERNIGEDORE, A.G.; FLOHRSCHULTZ, G. H. H. Levantamento de plantios mistos na colônia agrícola de Tomé-Açu-Pará. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 19 p. (Documentos, 6).

VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu:** a espécie, sua cultura, usos e processamento. Belém: Clube do cupuaçu, 1993. 108 p. il.

VENTURIERI, G. A., ALVES, M. L. B., NOGUEIRA, M. D.
O cultivo do cupuaçuzeiro. **Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura.** Itajaí, SC, v. 1, p.15-17, 1985.

VIEIRA, A. H.; LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F. Crescimento de castanha-do-brasil em dois sistemas de cultivo. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1998a. 13 p. (Boletim de Pesquisa, 22).

VIEIRA, A. H.; RICCI, M. S. F.; RODRIGUES, V. G. S.; ROSSI, L. M. B. Efeito de diferentes substratos para produção de mudas de freijó-louro *Cordia alliodora* Ruiz & Pav.) Oken. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1998b. 12 p. (Boletim de Pesquisa, 25).

YAMADA, M.; GHOLZ, H. L. Growth and yield of some indigenous trees in an Amazonian agroforestry system: a rural-history-based analysis. **Agroforestry Systems**, v. 55, p. 17-26, 2002.

ARTIGO 2

PRODUTIVIDADE RELATIVA E EFICIÊNCIA DO USO DA TERRA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL, MACHADINHO D'OESTE, RO

RESUMO - Os objetivos deste estudo foram avaliar a produtividade relativa e comparar, por meio de testes estatísticos, a eficiência do uso da terra em sistemas agroflorestais em relação ao monocultivo. As avaliações envolveram dados de espécies provenientes de um ensaio agroflorestal instalado pela Embrapa Rondônia no Campo Experimental de Machadinho d'Oeste, RO. As espécies avaliadas foram: banana (*Musa spp.*) - Ba, pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) - Pm, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.) - Cp, castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) - Ca, freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) - Fr e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) - Pu, as quais compuseram oito tratamentos: T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp, T₃ Pu-Ba-Pm-Cp, T₄ Ca, T₅ Fr, T₆ Pu, T₇ Ba e T₈ Pm, implantados em 32 parcelas quadradas de 3.600, 900 e 450 m², de acordo com a densidade populacional. A produtividade relativa (PR) foi obtida por meio da razão da produtividade média das espécies nos sistemas agroflorestais pela produtividade média do respectivo monocultivo. Esta permitiu determinar a eficiência do uso da terra com sistemas agroflorestais mediante o Índice de Equivalência da Terra (IET), que considera conjuntamente todos os valores das produtividades relativas das espécies no período. Os dados de produtividade relativa e do índice de equivalência da terra foram analisados mediante as técnicas de ANOVA e ajustes de regressões, selecionadas mediante o coeficiente de determinação ajustado, o coeficiente de correlação e a análise gráfica dos resíduos. Com base nas análises dos resultados, pôde-se concluir que, entre os sistemas agroflorestais (SAFs), o T₁ Ca-Ba-Pm-Cp foi a melhor alternativa de produção consorciada em relação aos SAFs T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₃ Pu-Ba-Pm-Cp, por oferecer um fluxo contínuo de produtos por um maior período de tempo. Conclui-se ainda que os modelos de SAFs testados foram, por um período contínuo de 10 anos, a forma mais eficiente de uso da terra que os monocultivos.

Palavras-chave: Índice de Equivalência da Terra, produção agrícola, consórcio entre culturas.

RELATIVE PRODUCTIVITY AND LAND USE EFFICIENCY IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE EASTERN AMAZON, MACHADINHO D'OESTE, RO

ABSTRACT - The objectives of this study were to evaluate the relative productivity and compare, through statistical tests, the land use efficiency of agroforestry systems in relation to monocrop. The evaluations involved species data from an agroforestry essay established by Embrapa Rondônia at the Experimental Field of Machadinho d'Oeste, RO. The evaluated species were: banana (*Musa* sp.) - Ba, pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) - Pm, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.) - Cp, castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) - Ca, freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) - Fr and pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) - Pu, which composed eight treatments: T₁ Ca-Ba-Pm-Cp; T₂ Fr-Ba-Pm-Cp; T₃ Pu-Ba-Pm-Cp; T₄ Ca; T₅ Fr; T₆ Pu; T₇ Ba and T₈ Pm in 32 square plots of 3.600 m², 900m² and 450m², according to the plant density. Relative productivity (RP) of species was taken from the agroforestry systems mean productivity by the monocrop mean productivity ratio. This allowed the determination of the land use efficiency with agroforestry systems through the Land Equivalent Ratio (LER), which takes into account all the values of species relative productivities in the period. Relative Productivity and Land Equivalent Ratio data were analyzed by ANOVA techniques and regressions adjustments, selected through the adjusted determination coefficient, the correlation coefficient and the graphical analyses of the residues. Based on the analysis of results, the conclusions were that among the agroforestry systems (AFS) models tested, T₁ Ca-Ba-Pm-Cp was the best alternative of production, in relation to AFS T₂ Fr-Ba-Pm-Cp and T₃ Pu-Ba-Pm-Cp, for providing a continuous flux of products during a long lasting period. It was also concluded that agroforestry systems were, along a continuous 10-year period, the most efficient land use option in relation to monocrops.

Key words: Land Equivalent Ratio, agronomic production, species intercropping.

1. INTRODUÇÃO

Em regiões tropicais e subtropicais, o uso de sistemas de produção onde se associam duas ou mais espécies é uma prática comum, sendo estes plantados de forma

múltipla, seqüencial, intercalada, em uma série de variações de arranjos espaciais, seguindo ou não um planejamento para o seu estabelecimento.

Os sistemas agroflorestais proporcionam uma otimização do uso dos recursos que afetam o crescimento das plantas no espaço e no tempo. Isso se baseia no fato de que um só cultivo não usa eficientemente os recursos que afetam o crescimento das plantas (luz, água, nutrientes). Portanto, uma dada área usada para o cultivo de duas ou mais espécies em associação pode proporcionar maior produção e rendimento do que quando estas são cultivadas separadamente. Sistemas de cultivos puros subutilizam os recursos disponíveis para o crescimento das plantas, proporcionando "espaços vazios". Esses espaços são geralmente ocupados por espécies invasoras, cujo controle representa um custo para o agricultor. As práticas agroflorestais destinam-se a ocupar estes "espaços vazios" com plantas de valor econômico, aumentando assim a produtividade do sistema (Vandermeer, 1989).

As experiências agroflorestais brasileiras, principalmente as amazônicas, sempre relataram a ampla possibilidade de diversificação da produção mediante a associação de uma infinidade de espécies nativas e exóticas, integrando-as ainda com a produção animal na mesma área (Smith et al., 1998). Entretanto, são poucos os estudos que comparam a vantagem da produção de sistemas agroflorestais em relação à de monocultivos, o que justifica qualquer investigação científica envolvendo as avaliações pertinentes ao tema.

As análises da produtividade das espécies componentes de sistemas agroflorestais, o conhecimento da interação entre as espécies e as interpretações quantitativas e biológicas são imprescindíveis para a compreensão desses sistemas de produção (Vandermeer, 1989; Santos, 1998). No entanto, devido à complexidade dos fatores envolvidos, as interpretações não são tão simples assim.

Dentre as metodologias para avaliar a eficiência produtiva de sistemas agroflorestais, a Produtividade Relativa (PR) e a Equivalência da Terra, também conhecida como Índice de Equivalência da Terra (IET), Índice de Produção Equivalente (IEP) ou Razão de Área Equivalente (RAE), são as mais indicadas para a análise de experimentos envolvendo culturas consorciadas (Vandermeer, 1989; Federer, 1993; Couto, 2002).

Pesquisas envolvendo a associação de espécies agrícolas e florestais já foram realizadas com sucesso (Somarriba, 1994; Ceccon, 1999). Contudo, não foi encontrado na literatura nenhum trabalho sobre o uso desse tipo de metodologia para plantações

agroflorestais na Amazônia. A carência de desenvolvimento desse tipo de avaliação é justificada, principalmente, pela falta de dados.

Com base nos motivos apresentados, o objetivo deste estudo foi avaliar a produtividade relativa e a eficiência de uso da terra com espécies florestais e agrícolas plantadas em sistemas agroflorestais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aspectos gerais

Os dados utilizados neste estudo são provenientes de um ensaio agroflorestal instalado pela Embrapa Rondônia no Campo Experimental de Machadinho d'Oeste, RO, localizado entre as coordenadas geográficas 62° 10' de longitude W e 9°30' de latitude S. A área total do experimento era coberta originalmente por Floresta Equatorial Primária em 5,8 ha (Figura 1A); o relevo do local é plano e o solo classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (Locatelli, 1987).

As espécies avaliadas foram: banana (*Musa* sp.) - Ba, pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) - Pm, cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.) - Cp, castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) - Ca, freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken) - Fr e pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) - Pu (Quadro 1), as quais compuseram oito tratamentos: T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp, T₃ Pu-Ba-Pm-Cp, T₄ Ca, T₅ Fr, T₆ Pu, T₇ Ba e T₈ Pm, implantados em 32 parcelas quadradas de 3.600, 900 e 450 m², de acordo com a densidade populacional (Figuras 2A a 8A).

2.2. Produtividade Relativa - PR

A produtividade em todos os sistemas foi obtida mediante o fator de conversão de área, que considerou a área útil por planta de acordo com o espaçamento nos tratamentos, pelo valor da produção da espécie no período. Para isso foram utilizadas as seguintes variáveis:

- *Número de frutos* (NF): foram coletados frutos de castanha-do-brasil a partir de 2001 e frutos de cupuaçu a partir de 1996. Os dados foram expressos em n por planta e transformados em medida de produtividade (n ha⁻¹).

Quadro 1 - Informações sobre os arranjos e os componentes dos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e dos monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈) instalados em Machadinho d'Oeste, RO

Sistema	Espécie ⁽¹⁾	Área da parcela (m ²)	Espaçamento (m)	Área ocupada por planta (m ²)	Nº de plantas por parcela	Nº de plantas ha ⁻¹
T ₁	Ca	3.600	12 x 12	144	25	69
	Ba		6 x 6	36	72	278
	Pm		6 x 2	12	78	833
	Cp		6 x 6	18 ⁽²⁾	56	556
T ₂	Fr	900	6 x 6	36	25	278
	Ba		6 x 6	36	20	278
	Pm		6 x 6	36	78	278
	Cp		6 x 6	18	16	556
T ₃	Pu	900	6 x 6	36	25	278
	Ba		6 x 6	36	20	278
	Pm		6 x 6	36	78	278
	Cp		6 x 6	18	16	558
T ₄	Ca	3.600	12 x 12	144	25	69
T ₅	Fr	900	6 x 6	36	25	278
T ₆	Pu	900	6 x 6	36	25	278
T ₇	Ba	450	3 x 3	9	50	1.111
T ₈	Pm	450	2,5 x 2,5	6,25	78	1.600

⁽¹⁾ Ca – castanha-do-brasil, Ba – banana, Pm – pimenta-do-reino, Cp – cupuaçu, Fr – freijó e Pu – pupunha.

⁽²⁾ Refere-se ao arranjo em quincôncio dessa espécie nos tratamentos T₁, T₂ e T₃.

- *Peso do fruto (PF)*: os frutos de cupuaçu foram coletados e pesados de 1990 até 1995, sendo determinados o peso dos frutos por planta (kg) e a produtividade (kg ha⁻¹). A partir da safra de 1996 até 2002 passou-se a pesar e a contabilizar os frutos por tratamento.
- *Peso do cacho (PC)*: os cachos de pupunha foram colhidos e pesados a partir de 1992 até 2002, e os cachos de banana, de 1988 a 1991. Os dados foram expressos em kg por planta e kg ha⁻¹. O número de cachos por touceira por hectare, por safra da pupunha, foi contabilizado a partir de 1998 e também foi expresso em n por planta e transformado em medida de produtividade (n ha⁻¹).
- *Peso de grãos secos (PGS)*: a pimenta-do-reino teve os grãos secos pesados no período entre 1989 e 1991, sendo os dados expressos em kg por planta e kg ha⁻¹.
- *Volume de madeira (V)*: a castanha-do-brasil teve seu volume total calculado pelo uso do fator de forma (FAO, 1981) : $V_t = [(p/40000)H_t DAP]0,7$, em que: V_t = volume total de madeira, em m³; H_t = altura total, em m; e dap = diâmetro a 1,30 do solo, em cm. A produtividade de madeira desta espécie foi avaliada no período de 1990 a

2002, ou seja, um período de 13 anos. O freijó teve seu volume total calculado pela equação citada por Somarriba (1987): $V_t = \exp(-9,62 + 2,697 \ln dap)$, em que: V_t = volume total de madeira, em m^3 , e dap = diâmetro a 1,30 m do solo, em cm. A produção de madeira do freijó foi avaliada entre 1989 e 2002, ou seja, um período de 14 anos.

- *Altura total (Ht)*: mensurada verticalmente do solo até o meristema apical, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. Conforme o crescimento das espécies, passou-se a utilizar o hipsômetro de Blume-Leiss. Para a castanha-do-brasil esta variável foi obtida de 1990 até o mês de agosto de 2003; para o freijó o período foi de 1988 a 2000.
- *Diâmetro a 1,30 m de altura (dap)*: obtido a partir da circunferência do tronco medida a 1,30 m do solo, com o auxílio de uma trena centimetrada.

A Produtividade Relativa foi obtida pela relação (FEDERER, 1993):

$$PR = \frac{P_{SAF}}{P_{MC}}, \quad (1)$$

em que PR = produtividade relativa; P_{SAF} = produtividade no sistema agroflorestal; P_{MC} = produtividade no monocultivo; e E = espécie.

2.3. Índice de Equivalência da Terra - IET

O Índice de Equivalência da Terra, que se refere ao somatório das produtividades relativas de cada sistema de produção, é uma técnica estatística univariada que agrupa as informações dos diferentes componentes do sistema dentro de um único valor a partir de índices de equivalência. Este índice é obtido pela combinação linear entre os valores observados das produtividades de cada uma das culturas componentes dos sistemas de produção (Vandermeer, 1989; Couto, 2002; Carvalho et al., 2002).

A equivalência da terra de cada tratamento foi obtida pela soma das produtividades relativas das seis espécies em cada ano, da seguinte forma (Federer, 1993):

$$IET = \sum_{E=1}^n PR \quad (2)$$

em que:

$$PR = \frac{P_{SAF_i}}{P_{MC_j}} \quad (3)$$

sendo:

IET = índice de equivalência da terra;

T = tratamento;

E = espécie;

$P_{\substack{n=3 \\ \text{SAF} \\ i=1 \ i}}$ = produtividade no sistema agroflorestal i; e

$P_{\substack{n=5 \\ \text{MC} \\ j=1 \ j}}$ = produtividade no monocultivo j.

ou seja,

$$IET_{T_1} = \frac{P_{SAF} Ca}{P_{MC} Ca} + \frac{P_{SAF} Ba}{P_{MC} Ba} + \frac{P_{SAF} Pm}{P_{MC} Pm} + \frac{P_{SAF} Cp}{P_{MC} Cp^*} \quad (4)$$

$$IET_{T_2} = \frac{P_{SAF} Fr}{P_{MC} Fr} + \frac{P_{SAF} Ba}{P_{MC} Ba} + \frac{P_{SAF} Pm}{P_{MC} Pm} + \frac{P_{SAF} Cp}{P_{MC} Cp^*} \quad (5)$$

$$IET_{T_3} = \frac{P_{SAF} Pu}{P_{MC} Pu} + \frac{P_{SAF} Ba}{P_{MC} Ba} + \frac{P_{SAF} Pm}{P_{MC} Pm} + \frac{P_{SAF} Cp}{P_{MC} Cp^*} \quad (6)$$

Ca: castanha-do-brasil, Fr: freijó, Pu: pupunha, Ba: banana, Pm: pimenta-do-reino e Cp: cupuaçu.

$P_{MC} Cp^*$ - refere-se a um monocultivo hipotético.

O cupuaçu foi a única espécie não cultivada em plantio solteiro. Assim, para efeito de cálculo da produtividade relativa e da eficiência produtiva da espécie ao longo dos anos, considerou-se um sistema solteiro hipotético com a mesma densidade populacional e o mesmo espaçamento dos SAFs testados no experimento.

Para gerar o cálculo da produtividade do plantio solteiro hipotético, seguiu-se a recomendação de Venturieri (1993), multiplicando-se o número médio de frutos por planta pelo peso médio do fruto encontrado na região. Considerou-se o peso médio do fruto encontrado em plantios solteiros na região, conforme Costa & Ledo (1997).

$$P_{MC} Cp = NF_{Cp} \times PF_{Cp} \quad (7)$$

em que $P_{MC} Cp$ = produtividade do cupuaçu em monocultivo, em kg ha^{-1} ; NF_{Cp} = número médio de frutos por planta, obtido a partir de valores médios dos sistemas agroflorestais T_1 , T_2 e T_3 testados neste estudo, em número por planta; e PF_{Cp} = peso médio de 0,91 kg por fruto em monocultivo na região amazônica.

2.4. Análise dos dados

As análises foram feitas considerando o esquema de parcelas subdivididas, em que os tratamentos da parcela foram os sistemas de produção e o tratamento da subparcela foi o tempo (Banzato & Kronka, 1989). A análise de variância foi seguida do teste Tukey, adotando-se o nível de 5% para avaliar a significância, e de ajustes de modelos de regressão. A seleção das equações de melhor desempenho foi feita com base nos coeficientes de determinação ajustados (\bar{R}_{yy}^2) e de correlação (R_{yy}) e na análise gráfica dos resíduos. Os ajustes foram efetuados no programa *Statistica* 6.0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produtividade Relativa - PR

3.1.1. Banana (*Musa spp.*)

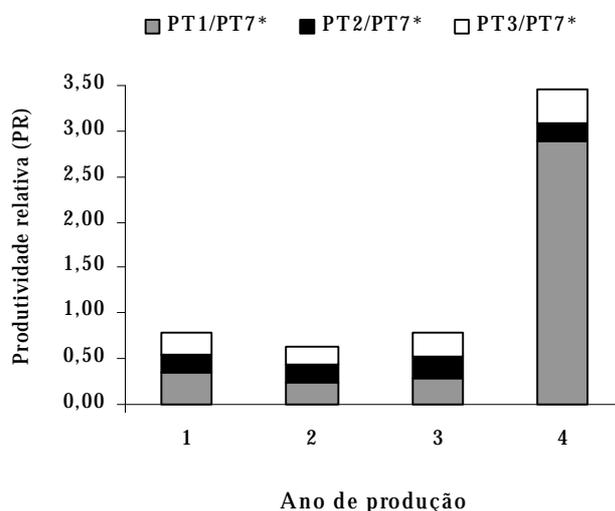
Não houve efeito conjunto da interação sistema de produção e tempo sobre a produtividade relativa (PR) da banana (Quadro 20A). As produtividades da cultura nos sistemas agroflorestais (SAFs) foram menores que no monocultivo (1,0), como esperado, uma vez que a densidade populacional nos SAFs T₂ e T₃ foi apenas 25% daquela do cultivo solteiro.

Observou-se que as produtividades relativas foram proporcionais à redução da população, sugerindo que a associação de espécies nos SAFs não foi prejudicial ao desempenho da banana. Contudo, no último ano de cultivo, a PR no SAF T₁ foi superior à do monocultivo em 19%, mesmo com uma população 25% inferior. Isso indica que nesse sistema houve benefício à cultura no último ano de cultivo. Resultado similar, porém em menor escala, foi observado no SAF T₃ (Figura 1).

3.1.2. Pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.)

Houve efeito apenas do sistema de produção sobre a produtividade relativa (PR) da pimenta-do-reino (Quadro 21A). Embora com uma população de plantas 50% menor, a produtividade relativa da pimenta-do-reino no SAF T₁ foi apenas 3% menor que no monocultivo, indicando que a associação de espécies nesse sistema foi benéfica para a cultura. Já nos SAFs T₂ e T₃, as produtividades relativas foram 1,5 e 2,4% daquela do

monocultivo, apesar de a população desses sistemas ter sido 35% menor, indicando que a associação com o feijó (T₂) ou pupunha (T₃) não favoreceu a produtividade da cultura, independentemente da densidade populacional (Quadro 2).



P = produtividade; *Dados observados.

Figura 1 - Produtividade relativa da banana (*Musa spp.*) em sistemas agroflorestais (T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₃ Pu-Ba-Pm-Cp) com relação ao monocultivo (T₇ Ba). Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 1991.

Quadro 2 - Produtividade relativa (PR) da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) em sistemas agroflorestais (T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₃ Pu-Ba-Pm-Cp) com relação ao monocultivo (T₈ Pm). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 1991

Relação	PR
P _{T1} / P _{T8}	0,97 a ⁽¹⁾
P _{T2} / P _{T8}	0,015 b
P _{T3} / P _{T8}	0,024 b

⁽¹⁾ Médias com letras distintas na coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. P = produtividade.

3.1.3. Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.)

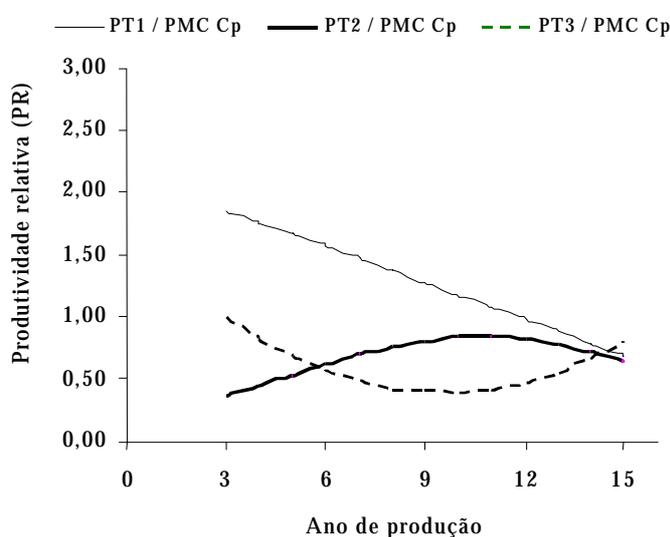
Houve efeito conjunto da interação sistema de produção e tempo sobre a produtividade relativa do cupuaçu no período de 13 anos (Quadro 22A). O Quadro 3 traz as comparações entre os sistemas agroflorestais (SAFs) para cada ano de cultivo.

Apesar de mostrar a mesma densidade populacional, o cupuaçu apresentou melhor produtividade relativa no SAF T₁ até o ano 9, observando-se a partir daí reduções de até 15% no ano 11, embora reduções de até 35% tenham sido observadas do ano 13 ao ano 15 nesse sistema (Figura 2). Apesar dessas reduções, os resultados indicaram que, provavelmente, a associação com a castanha-do-brasil nesse sistema trouxe benefícios à cultura do cupuaçu.

Quadro 3 - Produtividade relativa (PR) do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em sistemas agroflorestais (T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₃ Pu-Ba-Pm-Cp) em relação ao monocultivo (P_{MC Cp}*). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

Relação	PR ha ⁻¹ ano ⁻¹												
	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
P _{T1} /P _{MC Cp}	1,52 a	1,77 a	1,99 a	1,55 a	1,73 a	1,51a	1,05 a	0,97a	0,85 a	1,20 a	0,96 a	0,77 a	0,65 a
P _{T2} /P _{MC Cp}	0,58 b	0,35 b	0,44 b	0,75 b	0,73 b	1,01a	0,57 a	0,94 a	1,05 a	0,90 a	0,63 a	0,92 a	0,74 a
P _{T3} /P _{MC Cp}	0,90 b	0,88 c	0,57 b	0,70 b	0,54 b	0,48b	0,54 a	0,33 b	0,26 b	0,31 b	0,67 a	0,49 a	0,99 a

(¹) Médias com letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. P = produtividade; * P_{MC Cp}: produtividade de um plantio solteiro hipotético.



P = produtividade.

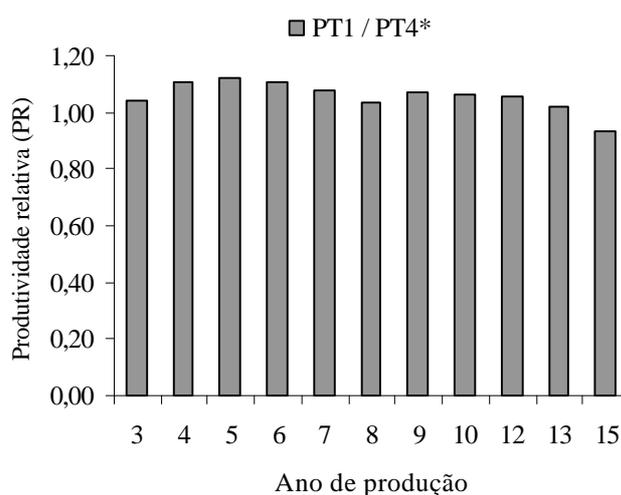
Figura 2 - Produtividade relativa do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) em sistemas agroflorestais (T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₃ Pu-Ba-Pm-Cp) com relação a um monocultivo hipotético (P_{MC Cp}). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002.

Situação inversa ocorreu no SAF T₂, de mesma densidade populacional, cujos níveis de produtividade foram variáveis ao longo dos anos, ocorrendo ganho no peso dos frutos de cupuaçu apenas no ano 8 (Figura 2). As oscilações na produção, embora menores, também foram observadas nesse sistema e indicam que, provavelmente, a associação com o feijó não favoreceu o desempenho produtivo da espécie.

Pôde-se observar, contudo, que foi no SAF T₃ que ocorreram as maiores oscilações da produtividade relativa da espécie (Quadro 3). Embora com a mesma densidade populacional, esse sistema apresentou entre o ano 9 e o ano 12 reduções de produtividade superiores a 60%, ocorrendo nesse intervalo os menores rendimentos da espécie entre os três SAFs (Figura 2). Esses resultados reforçam a influência negativa da pupunha sobre o desempenho produtivo do cupuaçu, conforme observado no Artigo 1.

3.1.4. Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.)

Não houve efeito conjunto da interação sistema de produção e tempo sobre a produtividade relativa da castanha-do-brasil ao longo de 13 anos de avaliação (Quadro 23A). Vale destacar também que, com a mesma densidade populacional no SAF T₁ e no monocultivo, a espécie não teve seu crescimento afetado em associação com banana, pimenta-do-reino e cupuaçu (Figura 3).



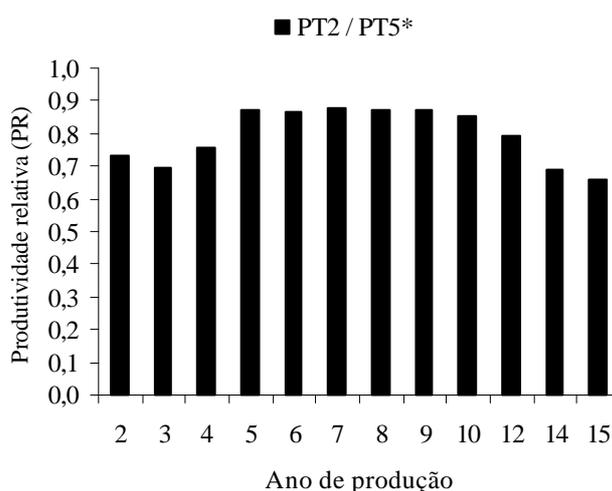
P = produtividade; *Dados observados.

Figura 3 - Produtividade relativa da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistema agroflorestal (T₁ Ca-Ba-Pm-Cp) em relação ao monocultivo (T₄ Ca). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002.

A máxima perda em produtividade da castanha-do-brasil no SAF ficou em torno de 7% no ano 15, demonstrando a viabilidade da produção da espécie em sistemas agroflorestais.

3.1.5. Freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken)

Não houve efeito conjunto da interação sistema de produção e tempo sobre a produtividade relativa do freijó ao longo de 14 anos de avaliação (Quadro 24A). Entretanto, observou-se comportamento similar ao da castanha-do-brasil, uma vez que, com a mesma densidade populacional no SAF T₂ e no monocultivo, o crescimento do freijó também não foi afetado quando este se encontrou associado às culturas agrícolas de ciclo médio e ao cupuaçu (Figura 4).



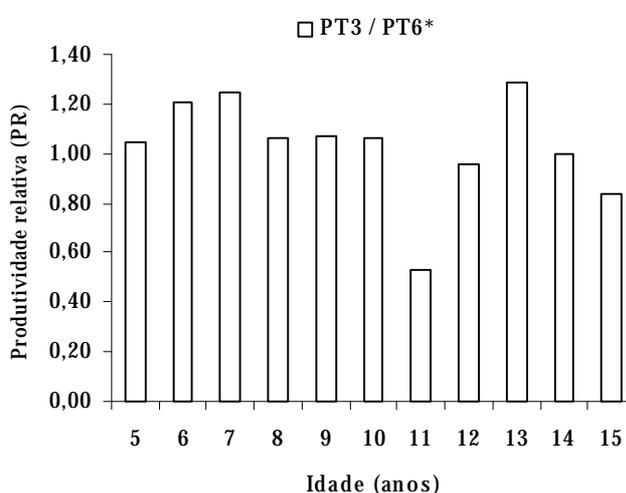
P = produtividade; *Dados observados.

Figura 4 - Produtividade relativa do freijó (*Cordia alliodora*) em sistema agroflorestal (T₂ Fr-Ba-Pm-Cp) em relação ao monocultivo (T₅ Fr). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 2002.

O crescimento em volume dessa espécie em SAF apresentou a mesma tendência observada no plantio solteiro. Contudo, levando em consideração a associação com outras espécies em uma mesma área e uma perda em volume em torno de 25% nos anos 3, 14 e 15, o bom desempenho do freijó nessas condições é um indicador de que a espécie apresenta características ecológicas para ser utilizada na composição de sistemas agroflorestais multiestratos.

3.1.6. Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth)

Não houve efeito conjunto do sistema de produção e tempo sobre a produtividade da pupunha no período de 11 anos (Quadro 25A). No entanto, é válido destacar que a pupunha no SAF T₃, com mesma densidade populacional que a do monocultivo, apresentou produtividade relativa igual ou superior ao monocultivo até o sexto ano de produção. Contudo, a produtividade relativa da pupunha no SAF foi drasticamente afetada no ano 11, com redução de 50% no peso de cachos, afetando o desempenho produtivo global da espécie. Após esse período, o monocultivo se estabelece como o sistema mais vantajoso por mais tempo, apesar de perdas de produtividade no sistema agroflorestal não ultrapassarem os 20% (Figura 5).



P = produtividade; *Dados observados.

Figura 5 - Produtividade relativa da pupunha (*Bactris gasipaes*) em sistema agroflorestal (T₃ Pu-Ba-Pm-Cp) em relação ao monocultivo (T₆ Pu). Machadinho d'Oeste, RO – 1992 a 2002.

3.2. Índice de Equivalência da Terra - IET

Houve efeito conjunto do sistema de produção e do tempo sobre a eficiência de uso da terra dos sistemas agroflorestais testados no período de 15 anos (Quadro 26A). De maneira geral, a análise não revelou diferenças significativas entre os SAFs (Quadro 4). O SAF T₁ foi eficiente por mais tempo, com médias significativamente diferentes das dos demais tratamentos. Os SAFs T₂ e T₃ foram os que apresentaram produtividades similares, ano a ano, à exceção do ano 13.

Quadro 4 - Índice de Equivalência da Terra (IET) de sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) ao longo de 15 anos, em Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 2002

Sistema	Tempo														
	Ano ₁	Ano ₂	Ano ₃	Ano ₄	Ano ₅	Ano ₆	Ano ₇	Ano ₈	Ano ₉	Ano ₁₀	Ano ₁₁	Ano ₁₂	Ano ₁₃	Ano ₁₄	Ano ₁₅
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
T ₁	0,34 a	1,30 a	3,74 a	6,26 a	1,95 a	2,61 a	2,57 a	1,94 a	2,23 a	2,90 a	1,13 a	2,23 a	2,63 a	2,16 a	4,52 a
T ₂	0,21 a	0,95 a	1,48 b	1,70 b	1,63 a	1,34 a	1,71 a	2,01 a	1,29 a	1,54 a	0,81 a	1,63 a	0,75 b	1,55 a	1,45 b
T ₃	0,23 a	0,22 a	1,39 b	1,03 b	1,67 a	1,94 a	1,73 a	1,34 a	2,03 a	1,53 a	0,80 a	1,50 a	1,92 ab	1,41 a	1,38 b

⁽¹⁾ Médias com letras distintas nas colunas diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu, T₂: feijão–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu e T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Os valores do IET superiores a 1,00 demonstraram que a produção dos SAFs foi mais eficiente que a dos monocultivos na maioria dos anos. Os maiores valores de IET em todos os SAFs concentraram-se entre o ano 3 e o ano 10, período em que todas as espécies estavam em franca produção (Quadro 4).

Deve-se levar em conta, porém, que a oscilação da produção do cupuaçu e da pupunha influenciou o valor global do IET, o que necessariamente implica maior atenção ao manejo dessas espécies para que se mantenha ou até mesmo se eleve o valor do IET. Contudo, esses resultados foram superiores aos encontrados por Somarriba (1994) em consórcio de banana e cacau (*Theobroma cacao* L.) estabelecido em condições tropicais, em que os valores de IET variaram de 1,002 a 1,102.

Mesmo com a saída das espécies agrícolas nos primeiros anos dos sistemas, a eficiência de uso da terra por todos os sistemas agroflorestais foi superior àquela dos monocultivos. Esse resultado pôde ser observado por um período contínuo de 10 anos, indicando que, mesmo com a produção de frutos concentrada em apenas duas espécies, – no caso o cupuaçu, do ano 3 ao 15, e a pupunha, do ano 5 ao 15 (Quadro 4) –, ainda assim há maior eficiência de uso da terra pelos sistemas agroflorestais.

Na Figura 6 é apresentado o período contínuo de produção em todos os sistemas agroflorestais, com destaque para o sistema agroflorestal T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, com os maiores índices de produtividade relativa, em relação aos demais SAFs e ao monocultivo (T₄), destinado à produção exclusiva de madeira e frutos de castanha-do-brasil.

Os resultados do IET do SAF T₁ superiores a 1,00 demonstraram que a associação das quatro espécies nesse sistema, cujo componente florestal é a castanha-do-brasil, foi, considerando as safras do terceiro ao décimo quarto anos, mais eficiente que o monocultivo (Quadro 4).

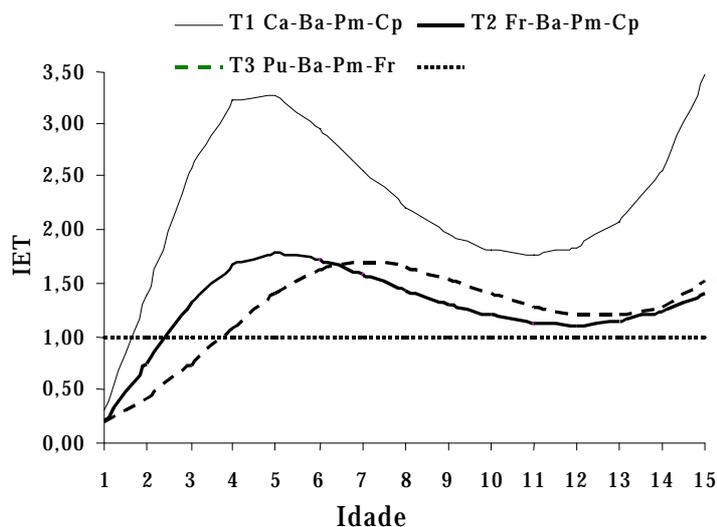


Figura 6 - Eficiência do uso da terra por sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) ao longo de 15 anos. Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 2002.

As produtividades da banana e do cupuaçu colaboraram para esse resultado, com valores de IET superiores a 1,00 desde a fase inicial do sistema. O SAF T₁ apresentou decréscimo do IET do ano 11 ao 13. Uma das razões foi a ausência de medições das variáveis da castanha-do-brasil, que se refletiram nos valores do IET nesse período, mostrando que o índice serve para refletir muito bem o comportamento produtivo das espécies (Figura 6).

O máximo IET do SAF T₁ ocorreu no ano 4, e, embora com decréscimos ao longo dos anos, o fluxo contínuo de produção, o arranjo e as espécies utilizadas indicam que esse sistema se constitui na melhor alternativa entre os demais SAFs, sugerindo a conveniência de aumentar a densidade para 1.736 plantas ha⁻¹, correspondente ao total de plantas das espécies componentes desse sistema.

Os valores do IET superiores a 1,00 demonstraram que a associação das quatro espécies no SAF T₂, cujo componente florestal é o freijó, também foi mais eficiente que o monocultivo, considerando as safras do terceiro ao oitavo anos. Os maiores valores de IET nesse sistema nem sempre coincidiram com a produção simultânea de todas as espécies, que ocorreu entre o ano 4 e o 5. Além dos anos de maior IET, as safras do ano 11 ao 13 também indicaram maior eficiência do SAF T₂ em relação ao monocultivo, mesmo com a associação de apenas duas espécies após a saída das espécies agrícolas (Quadro 4).

Os valores de IET encontrados nesse sistema foram superiores aos encontrados por Somarriba (1994), que verificou valores de IET de 0,466 em consórcios de feijó (*C. alliodora*), no espaçamento de 12 x 12 m, com banana (*Musa* spp.) e cacau (*Theobroma cacao*).

Os decréscimos de produtividade do ano 11 ao 13 também foram decorrentes das falhas de medições das variáveis do feijó, que influenciaram os valores globais do IET desses anos (Figura 6). Contudo, se houvesse a retirada definitiva do feijó nesses anos, o IET poderia sofrer uma redução global de 25%, porém ainda seriam mantidos níveis de produtividade, por causa da produção de frutos do cupuaçu nos referidos anos, demonstrando com isso que o produtor ainda teria uma fonte de renda garantida, tendo em vista a diversificação da produção que um sistema agroflorestal pode oferecer.

Os valores do IET superiores a 1,00 demonstraram que a associação das espécies componentes do SAF T₃, cuja espécie florestal é a palmeira pupunha, foi mais eficiente que o monocultivo, considerando as safras dos anos 6, 9 e 15 (Quadro 4).

As produtividades do cupuaçu colaboraram para os valores de IET superiores a 1,00 a partir do ano 3 até o 15. O menor valor do IET no SAF T₃ ocorreu no ano 11 (Figura 6), decorrente da queda de produtividade das espécies no sistema. Esses resultados indicam a forte competição que ocorre em sistemas que incluem como componentes a pupunha e o cupuaçu simultaneamente.

Valores máximos de IET no SAF T₃ foram observados nos anos 7, 9 e 13; embora com oscilações na produção, nos últimos quatro anos esse sistema foi em média 46% mais eficiente que o monocultivo da pupunha.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados da Produtividade Relativa (PR) das espécies e nos valores globais do Índice de Equivalência da Terra (IET) dos modelos agroflorestais, testados ao longo de 15 anos no Campo Experimental da Embrapa Rondônia, pôde-se concluir que:

- A densidade populacional é um fator que influencia o desempenho produtivo das espécies em sistemas agroflorestais (SAFs).
- O fluxo contínuo da produtividade das espécies no sistema agroflorestal T₁ Ca-Ba-Pm-Cp demonstrou que esta foi a melhor alternativa de produção em relação aos SAFs T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₃ Pu-Ba-Pm-Cp.

- Os valores globais do IET mostraram que os SAFs foram, por um período contínuo de 10 anos, a forma de uso da terra mais eficiente que os monocultivos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 247 p.
- CARVALHO, A. C. A.; COUTO, H. T. Z.; MOCHIUTTI, S. Análise estatística de um sistema agroflorestal através do Índice de Produção Equivalente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus, BA: CEPLAC-CEPEC. 2002. CD-ROM 2-009.
- CECCON, E.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; ANDRADE, M. J. B. Consórcio entre *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. aos três anos de idade com diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Árvore**, v. 23, n. 1, p. 9-14, 1999.
- COSTA, J. G.; LEDO, A. S. Seleção de plantas matrizes de cupuaçuzeiro no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre. 1997. 3 p. (Pesquisa em Andamento, 106).
- COUTO, H. T. Z. Delineamento e análise de experimentos agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002. CEPLAC-UESC: Ilhéus, Ilhéus, BA: CEPLAC-CEPEC. 2002. CD-ROM.
- FAO – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. **Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento** – predicción del rendimiento. Roma: FAO. v. 2, 80 p. 1981 (Estudio FAO: MONTES, 22/2)
- FEDERER, W. T. **Statistical design and analysis of intercropping experiments**. Nova York, Springer-Verlag, 1993, Vol. 1: Two Crops, 300 p.
- LOCATELLI, M. **Teste de sistemas agroflorestais para o Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa: UEPAE Porto Velho, 1987. 14 p. (Projeto de Pesquisa).
- SANTOS, R. H. S. **Interações interespecíficas em consórcio de olerícolas**. 1998. 129 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.
- SMITH, N.; DUBOIS, J.; CURRENT, D.; LUTZ; CLEMENT. C. **Agroforestry experiences in the Brazilian Amazon: constraints and opportunities**. Brasília: PPG-7, 1998. 84 p.
- SOMARRIBA, E. Cacao – plátano – laurel, manejo, producción agrícola e crecimiento maderable: resultados de ensayos del Proyecto Agroforestal CATIE / GTZ en la región de Changuinola, Panamá. Turrialba: CATIE. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ, 1994. 71 p. (Serie Técnica. Informe Técnico, 233).
- SOMARRIBA, E. Dimensions, volumes and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 18, p. 113-126, 1987.
- VANDERMEER, J. H. **The ecology of intercropping**. Great Britain: University Press, Cambridge. 1989. 237 p.
- VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento**. Belém: Clube do cupuaçu, 1993. 108 p. il.

ARTIGO 3

ANÁLISE FINANCEIRA E RISCO DE INVESTIMENTO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL, MACHADINHO D'OESTE, RO

RESUMO - O principal objetivo deste estudo foi realizar a análise financeira dos sistemas agroflorestais implantados no Campo Experimental da Embrapa Rondônia, localizado em Machadinho d'Oeste, RO (Artigos 1 e 2). Também foi objetivo a análise de risco com a finalidade de determinar as condições de competitividade relativa do sistema agroflorestal de melhor resultado, em razão das alterações nas variáveis que determinam os custos de investimento na atividade. A análise financeira consistiu em analisar os resultados obtidos pelos métodos de avaliação de projetos florestais, a partir da constituição dos respectivos fluxos de caixa. A análise do risco foi realizada mediante a técnica de simulação de Monte Carlo pelo *software @RISK*. De acordo com os resultados da análise financeira, pôde-se concluir que todos os sistemas de produção foram economicamente viáveis, sendo o T₁ Ca-Ba-Pm-Cp o sistema agroflorestal com melhor desempenho financeiro, em relação ao T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e ao T₃ Pu-Ba-Pm-Cp, devido às elevadas receitas apresentadas desde o primeiro ano de duração do projeto; foi possível constatar que os custos com tratamentos culturais e colheita representaram mais de 70% da composição dos custos totais; e a participação da mão-de-obra foi superior a 50% nas fases de preparo da área e de manutenção (tratamentos culturais) dos sistemas agroflorestais. A simulação da análise de risco indicou que as variáveis que afetaram o VPL*, de acordo com a ordem de importância (R), foram: taxa de desconto, preço do fruto de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), custo de colheita, preço da madeira de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e custo de tratamentos culturais, sendo o preço do cupuaçu a variável que mais afetou a análise global (RG). A simulação também indicou que, apesar do alto custo de implantação e manutenção, o SAF T₁ apresentou uma probabilidade de 15% de os valores do VPL concentrarem-se em torno de R\$ 35.000 ha⁻¹ ano⁻¹ e um risco mínimo de que venha ocorrer um VPL abaixo de R\$ 27.000 ha⁻¹ ano⁻¹, indicando que o risco de inviabilidade do SAF T₁ Ca-Ba-Pm-Cp pode ser considerado inexistente, comprovado pelo excelente desempenho dos indicadores financeiros utilizados.

Palavras-chave: Análise econômica, fluxo de caixa, rendimento agroflorestal.

FINANCIAL ANALYSIS AND RISK OF INVESTMENT IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THE EASTERN AMAZON – MACHADINHO D'OESTE, RO

ABSTRACT - The main objective of this study was to carry out a financial analysis of the agroforestry systems essay established in the Experimental Field of Embrapa Rondônia, in the County of Machadinho d'Oeste, RO (Articles 1 and 2). Another objective was the risk analysis aiming to determine the relative conditions of relative competitiveness of the agroforestry systems with best result, due to economic alterations in the economic variables which determine the investment costs in the activity. Financial analysis was made through the evaluation of results from the forestry enterprises evaluation methods, considering the respective cash flows. The risk analysis was carried through the Monte Carlo simulation technique and processed by the @RISK software. According to the financial analysis results it was concluded that all the production systems were considered economically viable, and T₁ Ca-Ba-Pm-Cp was the agroforestry system (AFS) with the best financial results, in comparison to T₂ Fr-Ba-Pm-Cp and T₃ Pu-Ba-Pm-Cp, due to the higher incomes provided since the first year of the horizon plan of the project; it was also concluded that the management and harvesting costs represented more than 70% of the total costs composition; the labor costs participation was higher than 50% in the site preparation and long-term maintenance phases of the agroforestry systems. The risk analysis simulation showed that the variables which affected NPV*, according to the ranking of importance (R), were: discount rate, price of cupuaçu fruits (*Theobroma grandiflorum*), harvesting cost, price of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) wood, and long-term maintenance costs; being the price of cupuaçu fruits the variable which affected most the global ranking (GR); simulation also indicated that even though the high establishment and long-term maintenance costs, AFS T₁ Ca-Ba-Pm-Cp showed a 15% probability that NPV value could be concentrated around R\$ 35.000 ha⁻¹ year⁻¹, and a minimum risk of occurring a NPV below R\$ 27.000 ha⁻¹ year⁻¹, indicating that the risk of investment in AFS T₁ Ca-Ba-Pm-Cp could be considered inexistent, based on the excellent results of the financial criteria used.

Key words: Economic analysis, cash flow, agroforestry incomes.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa agroflorestal na Amazônia e em Rondônia é recente, e nos últimos anos, devido à demanda crescente por tecnologias agrícolas alternativas que visem o desenvolvimento socioeconômico regional e substituam a agricultura migratória, estudos específicos sobre a viabilidade econômica de sistemas agroflorestais têm sido cada vez mais necessários.

A atividade agroflorestal reúne em seu processo produtivo uma série de etapas decorrentes das práticas agrícolas e florestais necessárias à condução e ao manejo das espécies que compõem esses sistemas. Por esse motivo, a análise financeira de um cenário agroflorestal se torna complexa, uma vez que envolve a combinação de diversas variáveis técnicas e custos, cujas informações muitas vezes não estão facilmente disponíveis. Não há uma metodologia factível de análise financeira para os sistemas agroflorestais, o que, portanto, justifica as iniciativas de investigação sobre o tema.

Quando se trabalha em condições em que podem ocorrer mudanças, surgem as incertezas. A atividade agroflorestal apresenta tantos riscos e incertezas como as outras atividades agrícolas e florestais mais conhecidas.

Paiva (2001) explica que a incerteza passa a existir quando não se é capaz de prever qual o valor exato que uma ou mais variáveis irão apresentar em determinado momento. De fato, as incertezas sobre o que, quando, quanto e onde plantar, a quantidade de insumos, o manejo do agroecossistema e a colocação dos produtos no mercado são alguns dos fatores que causam dificuldades na previsão do risco em investimentos dessa natureza na Amazônia.

As iniciativas de análises financeiras já realizadas em sistemas agroflorestais na Amazônia (Oliveira & Vosti, 1997; Silva, 2000; Sá et al., 2000; Santos, 2000; Arco-Verde et al., 2003; Reydon et al., 2003) vêm confirmando que as associações de cultivos arbóreos, perenes e anuais envolvendo, principalmente, castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), cacau (*Theobroma cacao*), seringueira (*Hevea brasiliensis*), cupiúba (*Goupia glabra*), ingá (*Inga* spp.), pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), açaí (*Euterpe oleracea*), dendê (*Elaeis guineensis*), mandioca (*Manihot utilissima*), banana (*Musa* spp.), pupunha (*Bactris gasipaes*), milho (*Zea mays* L.), feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), dentre outras, proporcionam uma rápida recuperação do capital investido nos primeiros anos com as culturas agrícolas e a manutenção de

uma receita positiva ao longo da duração do sistema, com a venda de diversos produtos, entre eles frutas e madeira.

Nesse contexto, ainda se faz necessário o acompanhamento da produção agroflorestal, mediante a obtenção dos coeficientes tecnológicos apropriados ao modelo selecionado, do preço e das tendências de mercado, a fim de informar aos produtores os novos rumos da economia agroflorestal e, assim, introduzir, substituir ou modernizar as tecnologias em uso de acordo com as demandas atuais.

Estudos econômicos de sistemas agroflorestais amazônicos têm sido feitos nos últimos anos, porém não se verificou um estudo específico para as condições de Rondônia. Assim, o objetivo geral deste estudo foi realizar a análise financeira dos sistemas agroflorestais e monocultivos implantados pela Embrapa Rondônia. Outros objetivos foram determinar os custos e as receitas totais desses sistemas e realizar a análise de risco de investimento no sistema agroflorestal de melhor desempenho financeiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e características da área de estudo

Foram utilizados dados provenientes do experimento *Teste de sistemas agroflorestais para a região de Machadinho (RO)*, instalado em fevereiro de 1987 na Embrapa Rondônia, Campo Experimental de Machadinho d'Oeste, RO (Figura 1A). O local de estudo está situado entre as coordenadas geográficas 62° 10' de longitude W e 9° 30' de latitude S. A área total do experimento era coberta originalmente por Floresta Equatorial Primária em 5,8 ha; o relevo do local é plano, e o solo, classificado como Latossolo Amarelo textura argilosa (Locatelli, 1987).

O experimento foi composto de oito tratamentos e quatro blocos, totalizando 32 parcelas, com uma área total de 46.800 m². O delineamento experimental foi o de blocos casualizados – a análise seguiu o esquema de parcelas subdivididas, estudando-se nas parcelas oito sistemas de produção e, nas subparcelas, o tempo (Figura 2A).

Os tratamentos consistiram em três sistemas agroflorestais e cinco monocultivos (Quadro 1) e foram compostos pelas espécies: castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.), banana (*Musa* spp.) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) (Figuras 3A a 8A).

Quadro 1 - Informações sobre os sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃)⁽¹⁾ e monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈)⁽²⁾ testados em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002

Sistema	Espécie ⁽³⁾	Área da parcela (m ²)	Espaçamento (m)	Área ocupada por planta (m ²)	Nº de plantas por parcela	Nº de plantas ha ⁻¹
T ₁	Ca	3.600	12 x 12	144	25	69
	Ba		6 x 6	36	72	278
	Pm		6 x 2	12	78	833
	Cp		6 x 6	18 ⁽⁴⁾	56	556
T ₂	Fr	900	6 x 6	36	25	278
	Ba		6 x 6	36	20	278
	Pm		6 x 6	36	78	278
	Cp		6 x 6	18	16	556
T ₃	Pu	900	6 x 6	36	25	278
	Ba		6 x 6	36	20	278
	Pm		6 x 6	36	78	278
	Cp		6 x 6	18	16	558
T ₄	Ca	3.600	12 x 12	144	25	69
T ₅	Fr	900	6 x 6	36	25	278
T ₆	Pu	900	6 x 6	36	25	278
T ₇	Ba	450	3 x 3	9	50	1.111
T ₈	Pm	450	2,5 x 2,5	6,25	78	1.600

⁽¹⁾ T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu, T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu, T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; ⁽²⁾ T₄: castanha-do-brasil, T₅: freijó, T₆: pupunha, T₇: banana e T₈: pimenta-do-reino; ⁽³⁾ Ca: castanha-do-brasil, Ba: banana, Pm: pimenta-do-reino, Cp: cupuaçu, Fr - freijó, e Pu: pupunha. ⁽⁴⁾ Refere-se ao arranjo em quincôncio dessa espécie nos tratamentos T₁, T₂ e T₃.

2.2. Variáveis

As variáveis de produção, convertidas em medidas de produtividade, utilizadas neste estudo foram:

- *Castanha-do-brasil (Ca)*: volume total, em m³, e número de frutos por planta;
- *Freijó (Fr)*: volume total, em m³;
- *Pupunha (Pu)*: peso do cacho, em kg;
- *Cupuaçu (Cp)*: peso do fruto, em kg;
- *Banana (Ba)*: - peso do cacho, em kg; e
- *Pimenta-do-reino (Pm)*: peso dos grãos secos, em kg.

Para a castanha-do-brasil e para o freijó, considerou-se o volume comercial e preço de mercado da madeira com casca, em pé (Oliveira et al., 1999) e um ciclo de corte a partir do ano 15, para a estimativa da receita no período, embora esta não seja a

idade de corte praticada na região. Em se tratando das culturas agrícolas anuais, obedeceu-se a um calendário anual regular de cultivo e considerou-se o preço médio comercializado na região, conforme dados obtidos no IBGE (2001) e na revisão de literatura.

2.3. Composição dos custos

2.3.1. Atividades e coeficientes técnicos

Os custos para a avaliação econômica deste estudo foram os seguintes, considerando-se a mão-de-obra e os insumos necessários à realização de cada atividade:

- *Preparo do solo/implantação do sistema* – constaram aqui as seguintes etapas: broca, derruba, preparação de aceiros, queima, encoivramento, destocamento, balizamento, piqueteamento e preparo de tutores, correspondentes a cada sistema.
- *Aquisição de mudas* – nesta etapa foram considerados os custos de aquisição das espécies utilizadas nos sistemas. Considerou-se ainda um acréscimo de 10% sobre o número total de mudas de cada espécie, a fim de garantir as perdas eventuais. Nesse caso, incluiu-se também o preço do transporte das mudas até o local de estabelecimento.
- *Plantio* – foram consideradas as etapas de abertura de covas, transporte interno de mudas na área experimental, adubação, plantio, aplicação de herbicidas/fungicidas e replantio, de acordo com as especificidades de cada sistema.
- *Tratos culturais/manutenção* – as etapas consideradas nessa fase foram: roçada manual, coroamento, adubação de cobertura, roçada mecânica, manejo de perfilhos, poda de formação de fuste/desbrota, desbaste, desfolha e controle fitossanitário.
- *Colheita* – os custos referiram-se ao transporte na propriedade para a colheita de cachos, frutos, grãos e madeira, de acordo com a produção das espécies.
- *Valor da terra* – considerou-se para cada ano de produção, em cada sistema, um valor de 10% do valor da terra.

A determinação dos custos partiu do desenvolvimento de fórmulas do valor atual de cada custo para os horizontes de planejamento estabelecidos. As informações sobre os coeficientes técnicos e as atividades realizadas em cada sistema foram obtidas no Campo Experimental da Embrapa Rondônia, em Machadinho d'Oeste (Quadro 27A). Informações complementares foram obtidas em pesquisas bibliográficas

(Calzavara, 1989; Carvalho et al., 1999; Venturieri, 1993; Bergo & Lunz, 2000; Sá et al., 2001; Monteiro, 2002; Yamada & Gholz, 2002; Duarte & Poltronieri, 2003; Lentini et al., 2003).

2.4. Fluxos de caixa

Os fluxos de caixa representam as estimativas de receitas e despesas de recursos monetários em um determinado projeto produtivo ao longo do tempo. A subtração das despesas das receitas permite o cálculo do fluxo líquido desejado. Todos os custos e as receitas dos sistemas foram ordenados em um fluxo de caixa, segundo Elevitch & Wilkinson (2000). Em seguida, em cada sistema, foram isolados os fluxos de receitas e custos das culturas, que foram avaliados a partir da aplicação simultânea de métodos de avaliação financeira. Nesse estudo foi usado como referência um único momento no horizonte de tempo, conforme Santos (2000), para o qual todos os valores foram atualizados mediante fórmulas financeiras de acumulação ou desconto de juros.

2.5. Análise financeira

A análise financeira foi realizada com a finalidade de verificar se a renda gerada pelos sistemas agroflorestais (SAFs) e pelos monocultivos remunera ou não o capital investido. A análise financeira de todos os sistemas foi embasada nos métodos de avaliação de projetos vistos a seguir:

2.5.1. Valor Presente Líquido - VPL

A viabilidade econômica de um projeto analisada pelo VPL é indicada pela diferença positiva entre receitas e custos atualizados para uma determinada taxa de desconto (Rezende & Oliveira, 2001; Silva et al., 2002). O critério de adoção deste método é o seguinte: um VPL positivo indica que o projeto é economicamente viável, para uma determinada taxa utilizada. Deve-se aceitar o investimento com VPL positivo e, conseqüentemente, rejeitar aquele com VPL negativo.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \quad (1)$$

em que: R_j = receitas no período j ; C_j = custos no período j ; i = taxa de desconto; j = período de ocorrência de R_j e C_j ; e n = duração do projeto, em anos, ou em número de períodos de tempo.

2.5.2. Valor Presente Líquido para o Horizonte Infinito – VPL*

Considerou-se também o VPL de uma série de infinitos ciclos da cultura (VPL*). Dessa forma, pôde-se comparar, conforme SANTOS et al. (2002), os projetos ou tratamentos com ciclos de durações diferentes.

$$VPL^* = \frac{VPL(1+i)^p}{[(1+i)^p - 1]} = \frac{VLF}{[(1+i)^p - 1]} \quad (2)$$

em que: VPL^* = valor presente líquido da série infinita de cultivos; VPL = valor presente líquido de um ciclo de cultivo que se repete perpetuamente; VLF = valor futuro líquido, no final de um ciclo de cultivo, que se repete perpetuamente; p = período ou ciclo da cultura (rotação); e i = taxa de desconto.

2.5.3. Valor Anual Equivalente - VAE

O Valor Anual Equivalente (VAE) é a parcela periódica e constante necessária ao pagamento de uma quantia igual ao VPL da opção de investimento em análise ao longo de sua vida útil. O projeto será considerado economicamente viável quanto maior for o valor do benefício periódico equivalente (Rezende & Oliveira, 2001; Silva et al., 2002).

$$VAE = \frac{VPL \cdot i}{1 - (1+i)^{-n}} \quad (3)$$

em que: VPL = valor presente líquido; n = duração do ciclo ou rotação, em anos.

2.5.4. Razão Benefício/Custo - B/C

Este método consiste em determinar a relação entre o valor presente dos benefícios e o valor presente dos custos, para uma determinada taxa de juros ou descontos. Um projeto é considerado viável economicamente se $B/C > 1$. Entre dois

ou mais projetos, o mais viável é aquele que apresentar o maior valor de B/C (Rezende & Oliveira, 2001). Quando $B/C = 1$, resulta em $VPL B/C = 0$; nesse caso, a TIR associada a um projeto pode também ser determinada como sendo a taxa que faz com que $B/C = 1$.

$$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n R_j (1+i)^{-j}}{\sum_{j=0}^n C_j (1+i)^{-j}} \quad (4)$$

em que: R_j = receita no final do ano j ; C_j = custo no final do ano j ; e n = duração do projeto, em anos.

2.5.5. Taxa Interna de Retorno - TIR

A TIR é a taxa de desconto que iguala o valor atual das receitas futuras ao valor atual dos custos futuros do projeto, constituindo uma medida relativa que reflete o aumento no valor do investimento ao longo do tempo, com base nos recursos requeridos para produzir o fluxo de receitas (Rezende & Oliveira, 2001; Silva et al., 2002).

$$\sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+TIR)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+TIR)^j} = 0 \quad (5)$$

em que: TIR = taxa interna de retorno; as demais variáveis já foram definidas.

Nesta análise financeira considerou-se a aplicação de taxas reais de desconto de 10% ao ano ($i = 10\%$ a.a.), conforme Oliveira & Vosti (1997) e Sá et al. (2000). No cálculo do custo anual da terra foi considerada essa mesma taxa de desconto. Os custos das atividades e os preços dos produtos foram levantados em outubro de 2003, devido à impossibilidade de obter valores da época. O dólar estava cotado na época em 1 US\$ = R\$ 2,90. Os dados foram analisados tendo como auxílio o *software* Excel 98.

2.6. Análise de risco

Neste estudo adotou-se a técnica de simulação, pelo fato de ela permitir a introdução do risco na análise em questão. A simulação é, segundo Shimizu (1984), citado por Paiva (2001), um processo que possibilita imitar uma realidade por meio de modelos.

Na análise de risco de investimento optou-se por utilizar as informações do sistema agroflorestal (SAF) de melhor desempenho econômico. Os dados foram analisados mediante o *software @RISK*, um programa de computador desenvolvido para realizar simulações e que trabalha de maneira integrada à planilha Excel (PALISADE CORPORATION, 1992). Esse programa permite a aplicação do método de Monte Carlo para simular valores para as variáveis aleatórias RECEITA e CUSTO e, em decorrência dos valores aleatórios gerados, obter valores para a variável LUCRO. O Método de Monte Carlo é uma técnica de pesquisa operacional muito utilizada nas situações em que a incerteza é grande e tem por objetivo representar a incerteza em cada uma das alternativas, ou projetos alternativos.

Assim, na referida análise, foram definidas 10.000 iterações. Para isso, foram consideradas como variáveis de entrada (*inputs*): preço da madeira do componente florestal; preço do principal componente agrícola; taxa de desconto; e os dois principais componentes de custos. Consideraram-se ainda variações entre - 20% a + 20 % nessas variáveis com base na distribuição triangular, conforme Rodriguez (1987). Os indicadores financeiros VPL, TIR, VPL*, VAE e B/C foram tomados como variáveis de saída (*outputs*).

Foram gerados valores mínimos, máximos, médios, desvio-padrão, moda e percentis. Com base nas elasticidades geradas pelo coeficiente de regressão linear múltipla, identificou-se (e classificou-se) como as variáveis de entrada influenciaram os critérios financeiros (*ranking* parcial) e a análise financeira como um todo (*ranking* geral).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção dos sistemas

Observou-se que, entre os monocultivos de ciclo médio, a banana (T₇) apresentou produção decrescente ao longo dos anos de duração do sistema; já a pimenta-do-reino (T₈), cujo início do ciclo produtivo ocorreu no ano 3 da implantação do experimento, mostrou rendimento crescente (Quadro 2).

Considerando os plantios solteiros das espécies de ciclo longo, constatou-se uma produção média crescente das espécies florestais castanha-do-brasil (T₄), freijó (T₅) e palmeira pupunha (T₆), que contribuíram para um fluxo permanente de produtos nos

sistemas, mesmo tendo esta última apresentado oscilações de produção (Quadro 2). A frutificação da castanha-do-brasil iniciou-se a partir do ano 14 do experimento e colaborou com a diversificação da produção, com tendência a ampliar as possibilidades de comercialização de produtos no futuro.

Quadro 2 - Produção média de espécies de ciclo médio e longo em monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈) em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002

Ano	Sistemas					
	T ₇	T ₈	T ₅	T ₄	T ₆	T ₄
	Ba (kg ha ⁻¹)	Pm (kg ha ⁻¹)	Fr (n ha ⁻¹)	Ca - M (m ³ ha ⁻¹)	Pu (kg ha ⁻¹)	Ca - F (m ³ ha ⁻¹)
0	-	-	-	-	-	-
1	1.1254,77					
2	3.667,69		0,15			
3	2.853,33	2.660,67	30,13	1,04		
4	1.217,66	5.650,22	48,11	3,40		
5		10.721,33	57,14	7,68	3.221,09	
6			68,05	19,29	7.395,17	
7			72,80	31,20	10.010,89	
8			78,23	44,78	4.441,44	
9			84,89	57,95	7.789,56	
10			90,02	72,53	5.780,73	
11			-	-	9.150,65	
12			94,53	103,17	1.982,42	
13			-	119,98	5.573,90	
14			96,97	-	1.887,62	251,16
15			100,05	158,43	3.213,68	72,45

Ba: frutos de banana (*Musa* spp.); Pm: peso de grãos secos de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*); Fr: volume total de madeira de freijó (*Cordia alliodora*); Cp: frutos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*); Ca - M e Ca - F: volume total de madeira e frutos de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*); e Pu: frutos de pupunha (*Bactris gasipaes*).

Foi observado também que o comportamento produtivo das espécies nos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) ocorreu de modo similar ao dos monocultivos (Quadro 3), considerando-se as variações na produção influenciadas pela densidade populacional das espécies, associadas aos fatores de competição, e as exigências por macro e micronutrientes demandadas em cada sistema.

Quadro 3 - Produção média de espécies de ciclo médio e longo em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002

Ano	Sistemas												
	T ₁					T ₂				T ₃			
	Ba	Pm	Cp	Ca - M	Ca - F	Ba	Pm	Cp	Fr	Ba	Pm	Cp	Pu
	(kg ha ⁻¹)			(m ³ ha ⁻¹)	(n ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)		(m ³ ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)			
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	3.427,28					1991,73				2.590,64			
2	913,22	1.695,85				745,53	34,90		0,12	694,48	58,84		
3	806,35	5.318,94	710,19	0,97		632,97	178,23	153,13	22,45	792,75	242,40	326,53	
4	1.459,36	11.403,08	2.086,54	3,54		301,28	77,84	329,17	36,74	539,95	166,34	1.009,05	
5			6.650,65	8,03				1.423,27	49,89			1.791,28	3.299,03
6			8.145,15	19,88				3.840,83	60,45			3.768,99	8.407,55
7			10.781,00	31,87				4.561,81	65,41			3.167,29	10.535,48
8			3.026,60	44,25				2.342,50	70,12			1.113,48	5.350,00
9			3.463,09	58,44				1.829,59	76,01			1.720,13	8.034,20
10			7.024,13	73,42				7.380,66	79,85			2.679,04	5.408,77
11			1.254,23	-				1.622,83	-			340,55	4.501,38
12			4.741,44	103,08				3.647,86	79,34			1.280,29	1.627,69
13			6.433,71	117,04				4.361,13	-			6.150,75	6.152,14
14			2.436,79	-	146,28			3.205,17	71,35			1.561,67	1.398,34
15			1.212,62	144,80	75,21			1.134,89	70,77			2.981,05	2.649,34

Ba: - frutos de banana (*Musa* spp); Pm - peso de grãos secos de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*); Fr - volume total de madeira de freijó (*Cordia alliodora*); Cp - frutos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*); Ca - M e Ca - F - volume total de madeira e frutos de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*); e Pu - frutos de pupunha (*Bactris gasipaes*).

3.2. Fluxos de caixa

3.2.1. Monocultivos

Os resultados demonstraram diferentes comportamentos dos fluxos de caixa dos monocultivos ao longo dos anos (Figura 1). O monocultivo de castanha-do-brasil (T₄) apresentou um fluxo de caixa negativo até o ano 13; a partir daí, com o início da frutificação da espécie, iniciou-se a geração de receita nesse sistema, resultando numa renda líquida total de R\$ 14.257,23 ha⁻¹ e uma renda líquida média mensal de R\$ 1.188,10 no ano 15. Da mesma forma, o fluxo de caixa do monocultivo de freijó (T₅) permaneceu negativo até o ano 14, gerando uma renda líquida total inferior ao T₁ e renda líquida média mensal de R\$ 791,25 no ano 15, em decorrência da produção exclusiva de madeira. A longa duração de uma renda líquida negativa nesses sistemas deveu-se ao fato de que ambas as espécies florestais ainda não haviam atingido um limite diamétrico mínimo para corte, impossibilitando a comercialização de madeira e a conseqüente geração de receita (Quadro 4).

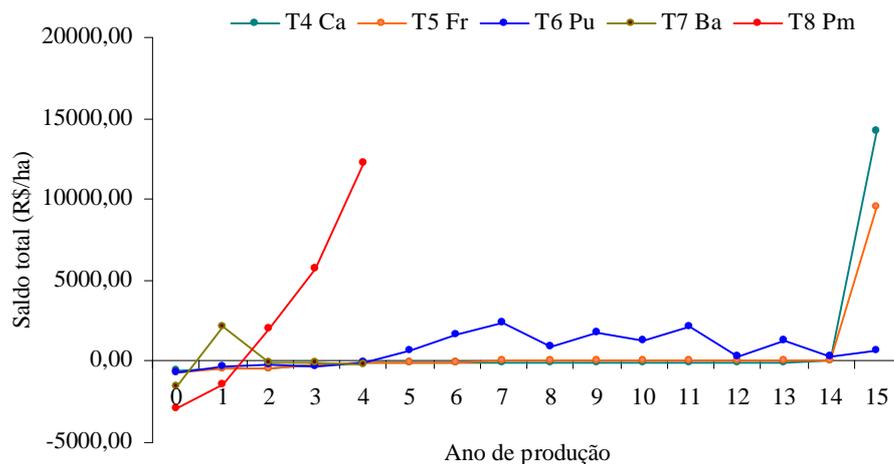


Figura 1 - Fluxo de caixa (saldo total) dos monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈) testados em Machadinho d'Oeste, RO. 1987 a 2002.

Para efeito de simulação e comparação entre os sistemas, considerou-se a venda da madeira em pé da castanha-do-brasil e freijó a partir do ano 15, embora o ciclo de corte dessas espécies, assim como o da maioria das espécies nativas amazônicas, seja bem mais longo – em torno de 30 anos. Apesar de proibida de corte (IBAMA, 1994), a comercialização da madeira de castanha-do-brasil originada de áreas de reflorestamento é permitida na região.

A renda líquida total do monocultivo de pupunha apresentou resultados negativos por menos tempo quando comparada à dos monocultivos T₄ e T₅ (Quadro 4), gerando resultados superiores a esses; todavia, com a queda da produção nos últimos anos, a renda líquida média mensal foi bastante afetada, passando de R\$ 195,64 no ano 7 para R\$ 54,86 no ano 15.

O monocultivo de banana (T₇) foi o único que apresentou fluxo de caixa negativo ao longo da duração do sistema, provavelmente associado às variações de produção da espécie nas densidades testadas (Atigos 1 e 2). A única exceção ocorreu no ano 1, quando esse monocultivo chegou a gerar uma renda líquida total superior a R\$ 2.000,00. Já o monocultivo de pimenta-do-reino (T₈) mostrou resultados crescentes de renda líquida total a partir do ano 2, com uma renda média mensal de R\$ 1.020,30 no último ano (Quadro 4).

Quadro 4 - Fluxos de caixa dos monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈)⁽¹⁾ em Machadinho d'Oeste, RO. CT - custo total, R - receita e S - saldo, em R\$ ha⁻¹ - 1987 a 2002

Ano	T ₄			T ₅			T ₆			T ₇			T ₈		
	CT	R	S	CT	R	S	CT	R	S	CT	R	S	CT	R	S
0	615,24	0,00	-615,24	726,49	0,00	-726,49	676,45	0,00	-676,45	1.512,03	0,00	-1.512,03	2.912,00	0,00	-2.912,00
1	442,00	0,00	-442,00	442,00	0,00	-442,00	364,02	0,00	-364,02	1.221,67	3.376,43	2.154,76	1.484,40	0,00	-1.484,40
2	412,00	0,00	-412,00	412,00	0,00	-412,00	254,85	0,00	-254,85	1.128,01	1.100,31	-27,71	1.130,40	3.192,80	2.062,40
3	232,00	0,00	-232,00	232,00	0,00	-232,00	264,85	0,00	-264,85	918,55	856,00	-62,56	1.050,40	6.780,26	5.729,86
4	32,00	0,00	-32,00	32,00	0,00	-32,00	30,00	0,00	-30,00	610,00	365,30	-244,70	622,00	12.865,60	12.243,60
5	32,00	0,00	-32,00	32,00	0,00	-32,00	155,00	805,27	650,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	32,00	0,00	-32,00	32,00	0,00	-32,00	155,00	1.848,79	1.693,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	32,00	0,00	-32,00	10,00	0,00	-10,00	155,00	2.502,72	2.347,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	32,00	0,00	-32,00	10,00	0,00	-10,00	155,00	1.110,36	955,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	32,00	0,00	-32,00	10,00	0,00	-10,00	155,00	1.947,39	1.792,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	32,00	0,00	-32,00	10,00	0,00	-10,00	155,00	1.445,18	1.290,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	32,00	0,00	-32,00	10,00	0,00	-10,00	155,00	2.287,66	2.132,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	32,00	0,00	-32,00	10,00	0,00	-10,00	145,00	495,60	350,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	32,00	0,00	-32,00	10,00	0,00	-10,00	145,00	1.393,48	1.248,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	32,00	125,58	93,58	10,00	0,00	-10,00	145,00	471,91	326,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	1.622,00	15.879,23*	14.257,23	510,00	10.005,00	9.495,00	145,00	803,42	658,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

⁽¹⁾ T₄: castanha-do-brasil, T₅: feijó, T₆: pupunha, T₇: banana e T₈: pimenta-do-reino. * Receita total da madeira e frutos de castanha-do-brasil.

3.2.2. Sistemas agroflorestais

A análise permitiu verificar que os fluxos de caixa dos sistemas agroflorestais (SAFs) apresentaram uma regularidade de receitas ao longo do período considerado (Figura 2). O sistema agroflorestal T₁ foi o que apresentou resultados positivos desde o ano 1, gerando uma renda líquida total de R\$ 13.045,62 ha⁻¹ no ano 15 e uma renda líquida média mensal de R\$ 1.087,08. Uma renda líquida total inferior foi observada para o SAF T₂, cujo fluxo de caixa permaneceu negativo por maior período de tempo, demonstrando que a combinação das espécies desse sistema não apresentou rendimentos tão satisfatórios quando comparados ao T₁ (Quadro 5).

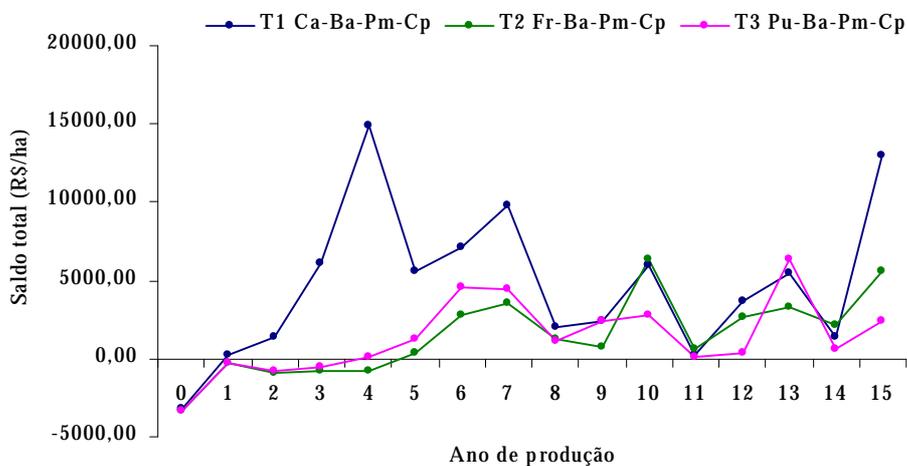


Figura 2 - Fluxo de caixa (saldo total) dos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) testados em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002.

A forte competição observada entre as espécies cupuaçu e pupunha no SAF T₃ (Artigos 1 e 2) influenciou a obtenção da renda ao longo do período avaliado, que gerou uma renda líquida total de R\$ 2.339,99 no ano 15, a menor de todos os SAFs nesse ano. Entretanto, mesmo com os elevados custos de implantação e manutenção, o plantio com essa combinação de espécies apresentou-se como uma alternativa viável de produção, tendo em vista a ocorrência de saldos positivos em 12 anos de duração do projeto. Devem-se, porém, considerar as questões de espaçamento e manejo, entre outras exigências de cada espécie componente desse sistema, a fim de otimizar seu rendimento econômico (Quadro 5).

Quadro 5 - Fluxos de caixa dos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃)^a em Machadinho d'Oeste, RO. CT - custo total, R - receita e S - saldo, em R\$ ha⁻¹ - 1987 a 2002

Ano	Sistema								
	T ₁			T ₂			T ₃		
	CT	R	S	CT	R	S	CT	R	S
0	3.265,10	0,00	-3.265,10	3.359,50	0,00	-3.359,50	3.363,70	0,00	-3.363,70
1	787,80	1.028,18	240,38	904,40	597,52	-306,88	997,00	777,19	-219,81
2	992,00	2.308,99	1.316,99	1.143,40	265,54	-877,86	1.027,00	278,96	-748,04
3	1.297,00	7.334,82	6.037,82	1.333,40	556,90	-776,50	1.333,40	855,24	-478,16
4	1.277,00	16.208,04	14.931,04	1.313,40	512,96	-800,44	1.313,40	1.370,64	57,24
5	1.097,00	6.650,65	5.553,65	1.113,40	1.423,27	309,87	1.303,40	2.616,03	1.312,63
6	1.062,00	8.145,15	7.083,15	1.042,00	3.840,83	2.798,83	1.303,40	5.870,87	4.567,47
7	1.027,00	10.781,00	9.754,00	1.042,00	4.561,81	3.519,81	1.303,40	5.801,16	4.497,76
8	1.027,00	3.026,60	1.999,60	1.042,00	2.342,50	1.300,50	1.303,40	2.450,98	1.147,58
9	1.027,00	3.463,09	2.436,09	1.042,00	1.829,59	787,59	1.303,40	3.728,68	2.425,28
10	1.007,00	7.024,13	6.017,13	1.042,00	7380,66	6.338,66	1.303,40	4.031,23	2.727,83
11	1.007,00	1.254,23	247,23	1.042,00	1.622,83	580,83	1.303,40	1.465,89	162,49
12	1.007,00	4.741,44	3.734,44	1.042,00	3.647,86	2.605,86	1.303,40	1.687,21	383,81
13	1.007,00	6.433,71	5.426,71	1.042,00	4.361,13	3.319,13	1.303,40	7.688,79	6.385,39
14	1.027,00	2.436,79	1.409,79	1.062,00	3.205,17	2.143,17	1.303,40	1.911,25	607,85
15	2.647,00	15.692,62	13.045,62	2.602,00	8.211,89	5.609,89	1.303,40	3.643,39	2.339,99

⁽¹⁾ T₁: castanha-do-brasil-banana-pimenta-do-reino-cupuaçu, T₂: freijó-banana-pimenta-do-reino-cupuaçu, T₃: pupunha-banana-pimenta-do-reino-cupuaçu.

3.3 Custos dos sistemas

3.3.1 Monocultivos

Durante os anos de avaliação dos sistemas, os custos totais (CT) nos monocultivos, referentes a preparo da área, compra de mudas, plantio, tratos culturais e colheita, corresponderam a R\$ 3.559,24 (T₄), R\$ 2.346,16 (T₅), R\$ 3.550,01 (T₆), R\$ 5.390,26 (T₇) e R\$ 8.249,60 (T₈). Entre os componentes florestais, o freijó (T₅) e a pupunha (T₆) foram os que mais demandaram despesas com tratos culturais, enquanto a pimenta-do-reino (T₈) foi a cultura de ciclo médio que apresentou os maiores valores nessa fase (Figura 3). Esse comportamento se deveu ao aumento de mão-de-obra e insumos necessários para a manutenção desses sistemas.

O segundo componente que apresentou maiores valores foi o custo de colheita, nos monocultivos de castanha-do-brasil (T₄) e banana (T₇); esses valores também foram ocasionados pelo aumento de uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra nessa fase (Figura 3).

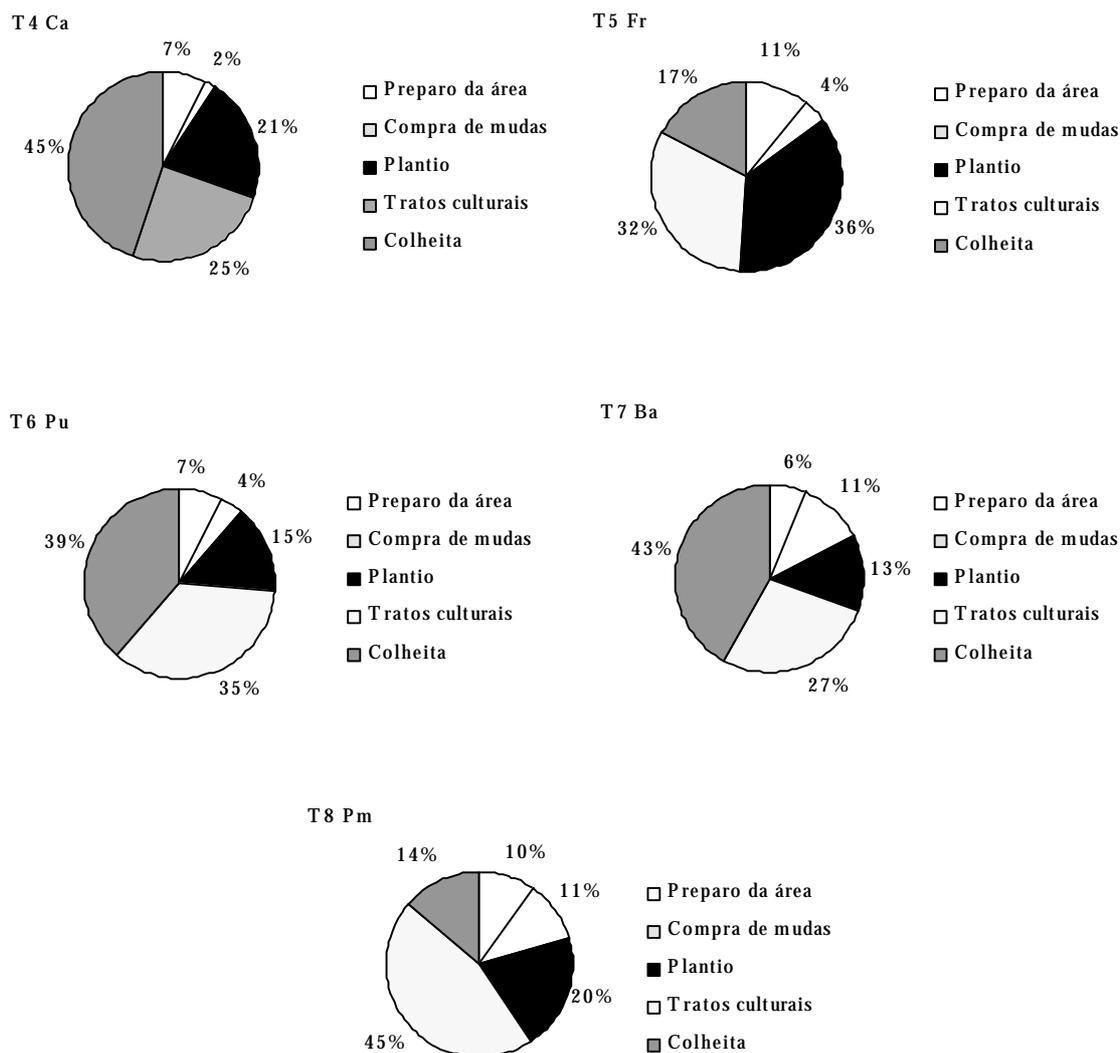


Figura 3 - Participação dos componentes do custo total (CT) nos monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈) testados em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002.

Os resultados demonstraram que a maior participação da mão-de-obra em todos os monocultivos concentrou-se na etapa de preparo da área, à exceção do monocultivo de pimenta-do-reino (T₈), cuja participação da mão-de-obra foi maior na fase de colheita (Figura 4).

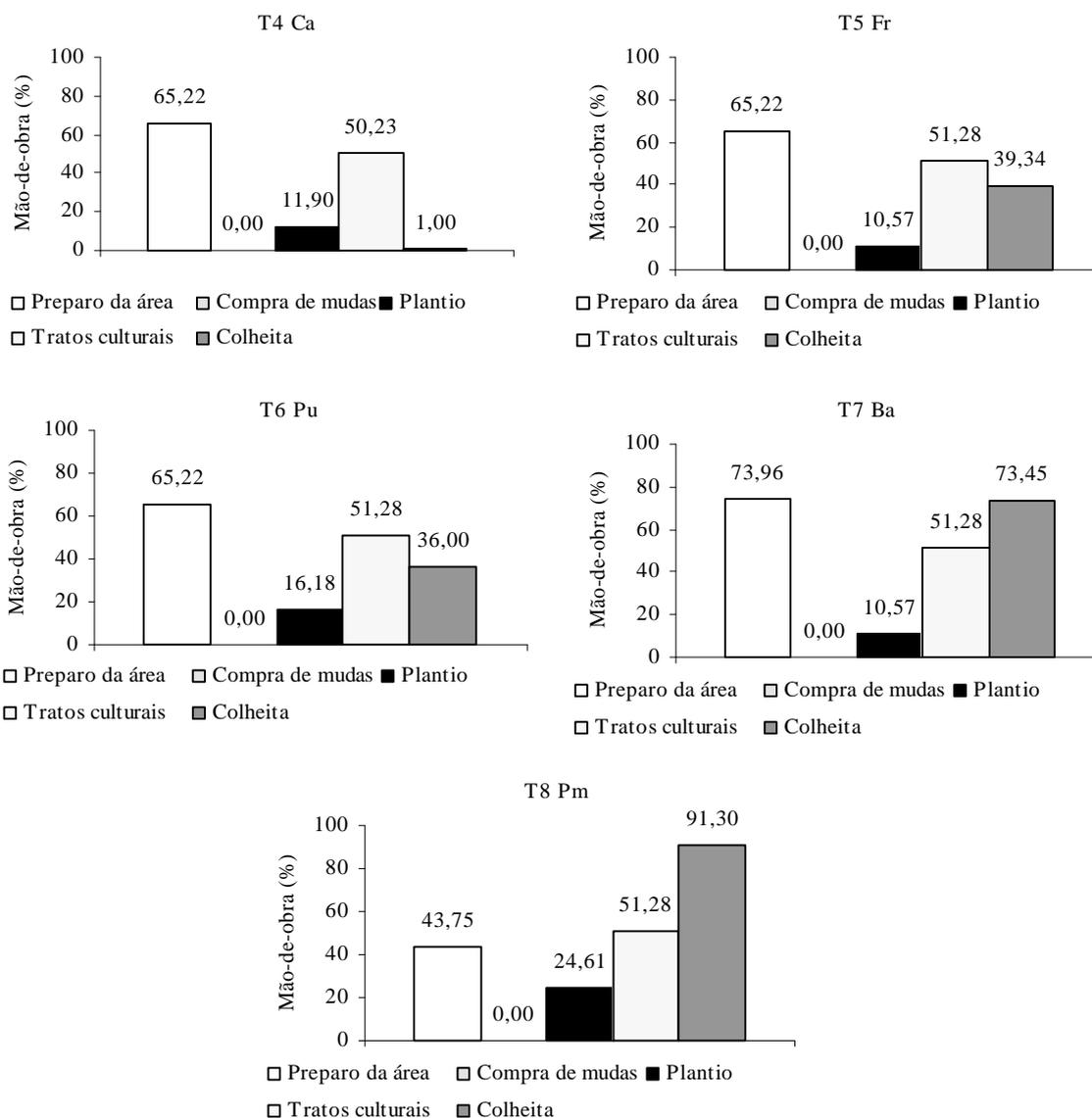


Figura 4 - Participação da mão-de-obra nas diferentes atividades dos monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈) testados em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002.

3.3.2. Sistemas agroflorestais

A participação dos componentes do custo total (CT) – preparo da área, compra de mudas, plantio, tratos culturais e colheita – seguiu a mesma tendência em todos os sistemas agroflorestais (Figura 5). Durante o período de avaliação considerado, os custos totais nesses sistemas corresponderam a R\$ 18.254,90 (T₁), R\$ 19.008,50 (T₂) e R\$ 20.333,80 (T₃). O custo com tratos culturais em todos os sistemas agroflorestais (SAFs) apresentou-se como o mais elevado, correspondendo a mais de 40% dos custos totais nessa fase, seguido pelos custos de colheita, superiores a 30% dos custos totais.

Esse resultado também foi influenciado pelo aumento de uso de máquinas, equipamentos e mão-de-obra nas referidas fases.

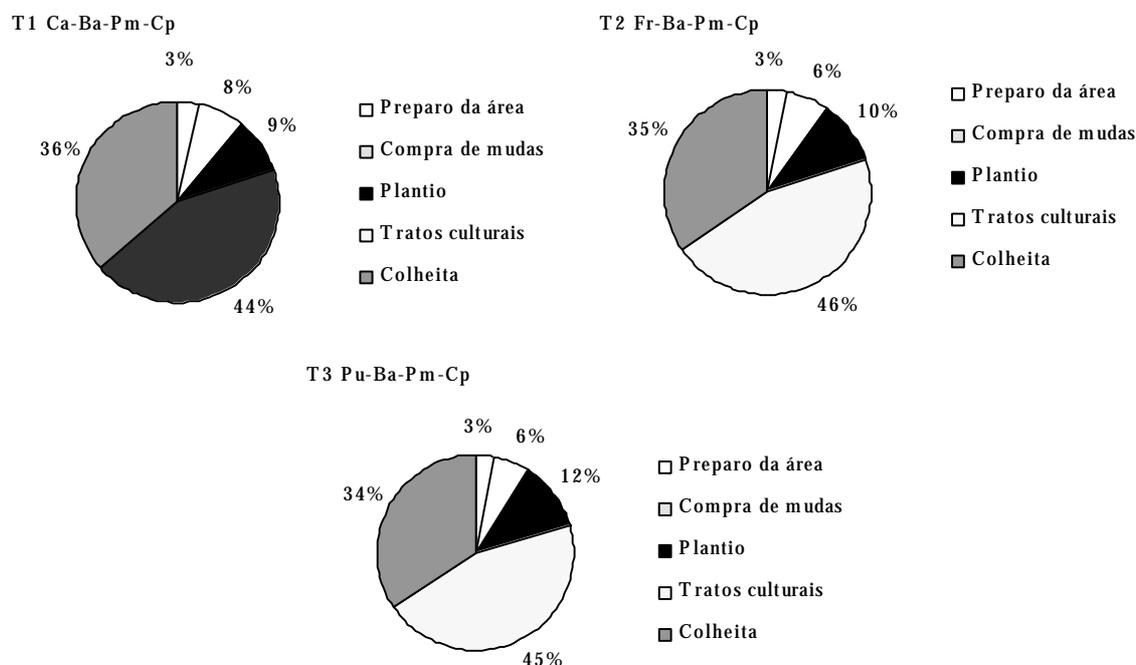


Figura 5 - Participação dos componentes do custo total (CT) nos sistemas agroflorestais (T₁, T₂, e T₃) testados em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002.

Os resultados demonstraram que a participação da mão-de-obra nos três sistemas agroflorestais (SAFs) foi maior no preparo da área, correspondendo a mais de 50% dos custos totais. A segunda maior participação da mão-de-obra em todos os SAFs referiu-se à manutenção (tratos culturais) dos sistemas. Nos SAFs T₁ e T₂, a terceira maior participação da mão-de-obra ocorreu na fase de plantio, enquanto no SAF T₃ essa participação concentrou-se na fase de colheita (Figura 6).

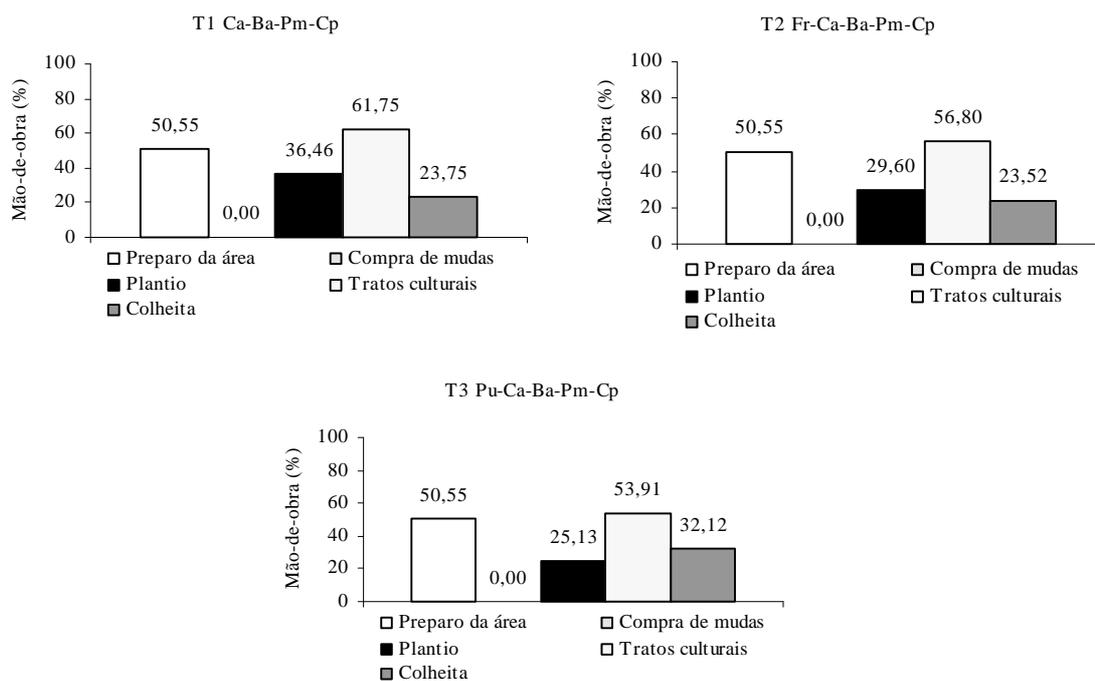


Figura 6 - Participação da mão-de-obra nas diferentes atividades dos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) testados em Machadinho d'Oeste, RO –1987 a 2002.

3.4. Análise financeira

Utilizando uma taxa anual de desconto de 10% a.a. para o período considerado, obteve-se VPL positivo em todos os tratamentos, indicando que os sistemas de produção testados são financeiramente viáveis (Quadro 6). Vale destacar que os sistemas agroflorestais (SAFs), apesar de apresentarem valores de custos superiores aos dos monocultivos, geraram altas receitas por hectare.

Considerando uma situação de mercado em equilíbrio, o T₁ foi o tratamento de melhor desempenho financeiro entre os SAFs, enquanto entre os monocultivos houve destaque para o T₈, em virtude da elevada produtividade das espécies nesses tratamentos. Levando em conta ainda a ordem de desempenho financeiro dos SAFs, o T₃ e o T₂ apresentaram-se com as melhores rentabilidades, respectivamente. Como os tratamentos tiveram diferentes durações, a comparação dos resultados foi feita mediante os métodos VAE e VPL*.

No SAF T₁ obteve-se o VPL* de R\$ 45.865,26 ha⁻¹ ano⁻¹, com um VAE de R\$ 4.586,53 ha⁻¹ ano⁻¹, correspondente a um lucro 20 vezes superior ao obtido com as receitas descontadas no monocultivo T₄, destinado somente à produção de madeira e

frutos de castanha-do-brasil, superando também a receita gerada pela pimenta-do-reino no T₈, o monocultivo de maior rendimento (Quadro 6).

Deve-se considerar, também, o fato de que a castanha-do-brasil tanto no SAF T₁ como no monocultivo T₄ encontra-se apenas no início de sua fase produtiva de frutos, bem como suas árvores ainda não atingiram um limite de crescimento ideal para corte, indicando a necessidade de seguir o acompanhamento dos fluxos de custos e receitas nesses sistemas.

Quadro 6 - Análise financeira dos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃)⁽¹⁾ e monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈)⁽²⁾ em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002

Métodos de avaliação	Sistemas agroflorestais			Monocultivos				
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
VPL (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	35.883,65	5.334,85	6.584,64	1.758,20	539,94	4294,95	209,81	10.110,49
TIR (% a.a.)	86	19	24	16	12	33	32	63
VAE (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	4.586,53	681,88	841,63	224,73	69,01	548,97	55,35	3.189,56
VPL* (R\$ ha ⁻¹ ano ⁻¹)	45.865,26	6.818,82	8.416,27	2.247,27	690,13	5489,67	553,49	31.895,63
B/C	4,08	1,44	1,51	1,68	1855,10	3,03	1,05	2,72

⁽¹⁾ T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu, T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu, T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; ⁽²⁾ T₄: castanha-do-brasil, T₅: freijó, T₆: pupunha, T₇: banana e T₈: pimenta-do-reino.

A diversificação das receitas geradas pelo SAF T₁, com saldo positivo já a partir do ano 1 até o último ano, gerou um valor elevado da TIR, indicando a boa rentabilidade anual do capital investido nesse projeto. A B/C de 4,08 mostrou que as receitas descontadas foram quatro vezes superiores em relação aos custos descontados. Isso significa que para cada R\$ 1,00 investido o retorno financeiro desse sistema será de R\$ 4,08 (Quadro 6).

No SAF T₂ obteve-se o VPL* de R\$ 6.818,82 ha⁻¹ ano⁻¹, com um VAE de R\$ 681,88 ha⁻¹ ano⁻¹, o que representou um lucro superior ao obtido com as receitas descontadas no monocultivo T₅, destinado à produção exclusiva de madeira de freijó. A TIR de 19% ao ano também indicou boa rentabilidade anual do capital investido no projeto (Quadro 6). O valor reduzido do lucro em relação ao SAF T₁ é decorrente da

baixa diversificação da produção neste SAF, que apresentou saldo positivo apenas a partir do ano 5 e uma geração de receitas concentrada na comercialização dos frutos de cupuaçu.

Os resultados econômicos do SAF T₂ foram ligeiramente superiores aos encontrados por Oliveira & Vosti (1997), que, ao analisarem os aspectos econômicos de sistemas agroflorestais com as espécies componentes cupuaçu, feijó e pimenta-do-reino, em Ouro Preto d'Oeste, RO, encontraram VPL de R\$ 6.540,00 ha⁻¹.

A B/C de 1,44 indicou que as receitas descontadas foram superiores em uma vez em relação aos custos descontados e que, para cada R\$ 1,00 investido, o retorno financeiro do SAF T₂ será de R\$ 1,44 (Quadro 6).

O VPL* do SAF T₃ de R\$ 8.416,27 ha⁻¹ ano⁻¹, com um VAE de R\$ 841,63 ha⁻¹ ano⁻¹, indicou que as receitas descontadas superaram em uma vez e meia aquelas encontradas no monocultivo de pupunha (T₆), sendo esse resultado um reflexo da competição entre o cupuaçu e a pupunha observada nesse sistema agroflorestal ao longo dos anos (Artigos 1 e 2). Contudo, o valor obtido da TIR de 24% mostrou a boa rentabilidade anual do capital investido no sistema agroflorestal em questão.

O SAF T₃ originou uma receita superior à do SAF T₂, porém o valor reduzido da renda líquida em relação à obtida no SAF T₁ referiu-se à maior oscilação da produção da pupunha quando associada ao cupuaçu. A B/C de 1,51 indicou que as receitas descontadas foram superiores em uma vez em relação aos custos descontados, ou seja, para cada R\$ 1,00 investido, o retorno financeiro nesse sistema será de R\$ 1,51 (Quadro 6). Esse resultado ficou muito próximo ao encontrado por Sá et al. (2000) ao analisarem financeiramente sistemas agroflorestais em Rondônia, cujas espécies componentes (castanha-do-brasil, pupunha e cupuaçu) geraram uma B/C de R\$ 1,52.

3.5. Análise de risco de investimento

Mediante as simulações feitas pelo @RISK, foram os resultados financeiros e suas respectivas probabilidades acumuladas para o sistema agroflorestal (SAF) de melhor desempenho financeiro, no caso o SAF T₁. Os valores médios foram de 85,95% a.a., R\$ 35.958,04 ha⁻¹ ano⁻¹, R\$ 4.585,22 ha⁻¹ ano⁻¹, R\$ 46.199,53 ha⁻¹ e 4,08 para a TIR, VPL, VAE, VPL* e B/C, respectivamente.

Considerando os resultados da simulação gerados para o VPL*, a análise de percentis indicou que 5% dos valores estão abaixo de R\$ 38.502,43 ha⁻¹ ano⁻¹ e 95%

acima de R\$ 55.130,54 ha⁻¹ ano⁻¹. Associando esses valores aos valores mínimos apresentados pelos métodos financeiros utilizados, pode-se afirmar que o SAF T₁ apresenta elevada viabilidade econômica e ausência de risco de investimento, considerando que sejam mantidas todas as condições de estabilidade de mercado ao longo do projeto (Quadro 7). Faz-se necessário, portanto, realizar esse tipo de avaliação em áreas onde possam ser acompanhados os fluxos de entradas e saídas de produtos e serviços do referido modelo agroflorestal, a fim de comprovar esse resultado.

Quadro 7 - Estatísticas das variáveis de saída (indicadores financeiros) e de entrada (custos, preço de produtos e taxa de desconto) do sistema agroflorestal T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002

Estatísticas	Variáveis de saída					Variáveis de entrada				
	VPL	TIR	VAE	VPL*	B/C	C _{TC}	C _C	PF _{Cp}	PM _{Ca}	TD
Mínimo	27.540,02	80,95	3.795,51	33.158,27	3,33	0,80	0,80	0,80	80,12	8,01
Máximo	46.536,04	90,80	5.423,31	65.198,09	5,06	1,20	1,20	1,20	119,85	11,99
Média	35.958,04	85,95	4.585,22	46.199,53	4,08	1,00	1,00	1,00	99,98	10,00
Desvio-padrão	2.990,70	1,56	288,09	5.026,00	0,26	0,08	0,08	0,08	8,17	0,82
Moda	32.670,69	82,61	4.062,94	40.440,50	3,51	0,94	0,93	0,99	90,79	8,80
Percentis										
5%	31.214,12	83,33	4.102,14	38.502,43	3,67	0,86	0,86	0,86	86,23	8,63
10%	32.166,34	83,89	4.197,81	39.958,21	3,75	0,89	0,89	0,89	88,90	8,90
15%	32.814,16	84,27	4.266,39	40.982,33	3,81	0,91	0,91	0,91	90,94	9,09
20%	33.357,20	84,60	4.328,29	41.795,34	3,86	0,93	0,93	0,93	92,57	9,26
25%	33.827,61	84,88	4.381,27	42.490,20	3,90	0,94	0,94	0,94	94,14	9,41
30%	34.263,75	85,14	4.430,61	43.243,66	3,94	0,96	0,96	0,96	95,51	9,55
35%	34.671,33	85,35	4.472,63	43.906,89	3,97	0,97	0,97	0,97	96,69	9,67
40%	35.076,68	85,56	4.511,96	44.569,58	4,01	0,98	0,98	0,98	97,87	9,78
45%	35.456,10	85,76	4.548,57	45.214,74	4,04	0,99	0,99	0,99	98,93	9,89
50%	35.851,89	85,98	4.585,36	45.916,07	4,07	1,00	1,00	1,00	99,94	9,99
55%	36.273,04	86,17	4.621,37	46.535,04	4,11	1,01	1,01	1,01	101,01	10,10
60%	36.661,10	86,39	4.659,98	47.207,99	4,15	1,02	1,02	1,02	102,17	10,21
65%	37.063,63	86,60	4.698,51	47.917,58	4,18	1,03	1,03	1,03	103,30	10,32
70%	37.532,16	86,81	4.746,05	48.652,36	4,22	1,05	1,04	1,04	104,52	10,45
75%	37.965,53	87,06	4.791,09	49.504,63	4,26	1,06	1,06	1,06	105,81	10,58
80%	38.501,50	87,30	4.844,18	50.404,37	4,31	1,07	1,07	1,07	107,31	10,73
85%	39.156,68	87,60	4.897,80	51.519,25	4,36	1,09	1,09	1,09	109,16	10,90
90%	39.872,00	87,96	4.968,90	52.972,78	4,42	1,11	1,11	1,11	110,92	11,10
95%	41.119,43	88,44	5.060,02	55.130,54	4,52	1,14	1,13	1,14	113,60	11,37

VPL: valor presente líquido, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹; TIR: taxa interna de retorno, %; VAE: valor anual equivalente, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹; VPL*: valor presente líquido para o horizonte infinito, R\$.ha⁻¹ ano⁻¹; B/C: benefício/custo; C_{TC}: custos dos tratos culturais, %; C_C: custos de colheita, %; PF_{Cp}: preço do fruto de cupuaçu, %; PM_{Ca}: preço da madeira de castanha-do-brasil, R\$ m⁻³; TD: taxa de desconto, %.

De acordo com a análise, os valores positivos da elasticidade indicaram uma relação direta entre as referidas variáveis, ocorrendo efeito inverso quando elas apresentaram valores negativos. Tomando como exemplo as variações para o VPL* desse sistema agroflorestal, pode-se interpretar que, caso ocorra um aumento de 10% na taxa de desconto, haverá uma diminuição de 8% sobre o seu valor. Por outro lado, um aumento de 10% no preço do fruto de cupuaçu poderá ocasionar um aumento de 5% no VPL* final, caso a opção seja implantar um sistema agroflorestal com a composição de espécies e a densidade populacional apresentadas (Quadro 1). A mesma interpretação é válida para os demais métodos testados.

As variáveis que afetaram o VPL*, na sua ordem de importância (R), foram: taxa de desconto, preço do fruto de cupuaçu, custo de tratos culturais, preço da madeira de castanha-do-brasil e custo de colheita. A mesma interpretação é válida para os demais coeficientes financeiros. Entretanto, a ordem de importância geral (RG) mostra que o preço do cupuaçu foi a variável que mais afetou a análise global (Quadro 8).

Quadro 8 - Análise de sensibilidade com base nas elasticidades das variáveis de entrada (custos, preço e taxa de desconto), de saída (indicadores financeiros) e ordem de influência na análise do sistema agroflorestal T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002

Variável de entrada	VPL	R	TIR	R	VAE	R	VPL*	R	B/C	R	RG
C _{TC}	-0,136	3	-0,577	2	-0,181	2	-0,104	3	-0,550	2	2
C _C	-0,083	5	-0,227	3	-0,110	4	-0,063	5	-0,334	3	4
PF _{Cp}	0,728	1	0,776	1	0,963	1	0,557	2	0,716	1	1
PM _{Ca}	0,095	4	0,001	5	0,126	3	0,073	4	0,093	5	5
TD	-0,653	2	-	-	-0,089	5	-0,809	1	-0,227	4	3

C_{TC}: custos dos tratos culturais, %; C_C: custos de colheita, %; PF_{Cp}: preço do fruto de cupuaçu, %; PM_{Ca}: preço da madeira de castanha-do-brasil, R\$ m⁻³; TD: taxa de desconto, %; VPL: valor presente líquido, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹; TIR: taxa interna de retorno, %; VAE: valor anual equivalente, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹; VPL*: valor presente líquido para o horizonte infinito, R\$ ha⁻¹ ano⁻¹; B/C: benefício/custo; R: ordem de importância; RG: ordem de importância (*ranking*) geral.

O impacto desses resultados sobre o risco de investimento pode ser entendido ao se observar a função densidade de probabilidade simulada do VPL do SAF T₁ (Figura 7).

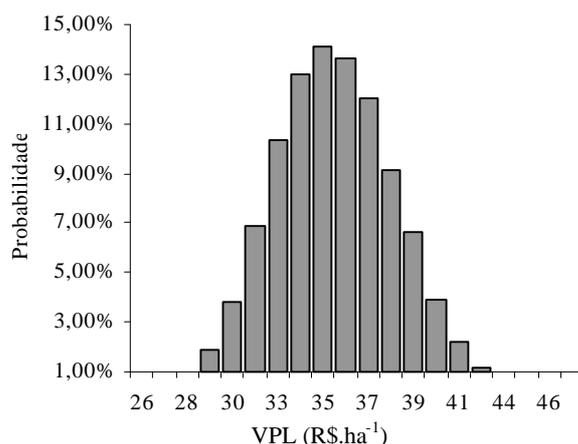


Figura 7 - Probabilidade da distribuição do valor presente líquido - VPL (R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) do sistema agroflorestal T₁: Castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002.

A distribuição apresentou-se simétrica e com uma probabilidade de 15% de os valores mais prováveis do VPL concentrarem-se em torno de R\$ 35.000 ha⁻¹ ano⁻¹. Observou-se ainda que o risco de que venha a ocorrer um VPL abaixo de R\$ 27.000 ha⁻¹ ano⁻¹ é mínimo (Probabilidade 0,00%), ou seja, o risco de inviabilidade do projeto pode ser considerado inexistente.

4. CONCLUSÕES

Com base na análise dos métodos financeiros considerados e nas simulações de risco de investimento dos modelos agroflorestais e monocultivos testados, ao longo de 15 anos, no Campo Experimental da Embrapa Rondônia, as principais conclusões foram:

- Todos os sistemas de produção apresentaram-se economicamente viáveis.
- De modo geral, todos os sistemas agroflorestais (SAFs) apresentaram desempenho financeiro superior ao monocultivo.
- O sistema agroflorestal T₁ Ca-Ba-Pm-Cp foi o de melhor desempenho financeiro em relação ao T₂ Fr-Ba-Pm-Cp e T₁ Pu-Ba-Pm-Cp, apresentando receitas elevadas desde o primeiro ano de duração do projeto.
- Os custos de tratos culturais e colheita representaram mais de 70% da composição dos custos totais, e a participação da mão-de-obra foi superior a 50% nas fases de preparo da área e de manutenção (tratos culturais) dos SAFs.

- As variáveis que afetaram o VPL*, em ordem de importância, foram: taxa de desconto, preço do fruto de cupuaçu, custo de tratamentos culturais, preço da madeira de castanha-do-brasil e custo de colheita; sendo que o preço do cupuaçu foi a variável que mais afetou a análise financeira global.
- O risco de inviabilidade do SAF T₁ pode ser considerado inexistente, comprovado pelo excelente desempenho dos indicadores financeiros utilizados, com uma probabilidade de 15% de ocorrerem valores de VPL em torno de R\$ 35.000 ha⁻¹ ano⁻¹, e um risco mínimo de que venha a ocorrer um VPL abaixo de R\$ 27.000 ha⁻¹ ano⁻¹.
- Faz-se necessário, portanto, realizar esse tipo de avaliação em áreas onde possam ser acompanhados os fluxos de entradas e saídas de produtos e serviços, bem como as variações anuais dos preços dos produtos do referido modelo agroflorestal (SAF T₁), a fim de comprovar os resultados obtidos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENBER, R.; DUARTE, O. R.; XAUD, H. A. M.; LOPES, C. E. V.; MOURÃO JÚNIOR, M. M.; SANTOS, G. L. **Avaliação silvicultural, agrônômica e socioeconômica de sistemas agroflorestais em áreas desmatadas de ecossistemas de mata e cerrado em Roraima**. Brasília: PPG-7. 2003, p. 95-99. [on line] Disponível em: <<http://www.agrov.com/vegetais/fru/banana.htm>>. Acesso em 20 out. 2003.

BERGO, C. L.; LUNZ, A. M. P. Cultivo da pupunha para palmito no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 15 p. (Circular Técnica, 31).

CALZAVARA, B. B. G. **Bananeira**. Belém: EMBRAPA-UEPAE Belém, 1989. 12 p. (Recomendações Básicas, 8).

CARVALHO, J. E. U. ; MÜLLER, C. H.; BENCHIMOL, R. L.; KATO, A. K.; ALVES, R. M. **Copoasu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.): cultivo y utilizacion**. Caracas: Tratado de Cooperación Amazonica, 1999. 151 p.

DUARTE, M. L. R.; POLTRONIERI, M. C. Pimenta-do-reino. [on line] Disponível em: <<http://www.cpatu.embrapa.br/pimenta/pimentadoreino.htm>>. Acesso em: 15 out. 2003.

ELEVITCH, C. R.; WILKINSON, K. M. Economics of farm forestry: financial evaluation for landowners. Honolulu, Hawaii: Permanent Agriculture Resources. 2000. 31 p. (Agroforestry Guide for Pacific Islands, 7).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção agrícola municipal 2001**. [on line] Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/>>. Acesso em: 19 nov. 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Decreto nº 1.282, de 19 de outubro de 1994**. Brasília: IBAMA, 1994. [online] Disponível em: <<http://www.lei.adv.br/1282-94.htm>>. Acesso em 20 maio 2003.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; SOBRAL, L. **Fatos florestais da Amazônia 2003**. Belém: IMAZON, 2003. 110 p., il.

LOCATELLI, M. **Teste de sistemas agroflorestais para o Estado de Rondônia**. Porto Velho: EMBRAPA:UEPAE Porto Velho, 1987. 14 p. (Projeto de Pesquisa).

MONTEIRO, R. P. Agricultura familiar: atualização dos coeficientes técnicos para projetos de financiamento em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2002. 39 p. (Documentos, 58).

OLIVEIRA, A. D.; MARTINS, E. P.; SCOLFORO, J. R.; REZENDE, J. L. P. Análise econômica da exploração, transporte e processamento de madeira de florestas nativas – o caso do município de Jarú, Estado de Rondônia. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 13-25, 1999.

OLIVEIRA, S. J. M.; VOSTI, S. A. Aspectos econômicos de sistemas agroflorestais em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 1997. 28 p. (Circular Técnica, 29).

PAIVA, M. C. S. de P. **Análise financeira do carvão vegetal e do coque na siderurgia mineira, no período de 1995 a 1999**. 2001. 86 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

PALISADE CORPORATION. **Risk analysis and simulation add-in for Microsoft Excell or Lotus 1-2-3**. New York: Palisade Corporation, 1995. 402 p.

REYDON, B. P.; MACIEL, R. C. G.; SALDANHA, C. L.; BATISTA, C. E. A. **Avaliação econômica de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas**. [online] Disponível em: <<http://www.eco.unicamp.br/projetos/gestaoambiental/artigos/ReydonMacielSaldanhaeBatistaAvaliacaoArboreto.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2003.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: UFV, 2001. 389 p.

RODRIGUEZ, L. C. E. **Planejamento agropecuário através de um modelo de programação linear não determinista**. 1987. 83 f. Dissertação (Mestrado em Economia Agrária) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1987.

SÁ, C. P.; SANTOS, J. C.; LUNZ, A. M. P.; FRANKE, I. L. Análise financeira e institucional dos três principais sistemas agroflorestais adotados pelos produtores do RECA. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 12 p. (Circular Técnica, 33).

SÁ, C. P.; SANTOS, J. C.; SANTOS, J. C.; BERGO, C. L.; NASCIMENTO, G. C.; GOMES, F. C. R. Coeficientes técnicos e custo de implantação da pupunha para palmito no Acre. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 2 p. (Comunicado Técnico, 33).

SANTOS, M. J. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental**. 2000. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

SANTOS, M. J.; RODRIGUEZ, L. C. E.; WANDELLI, E. V. Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 48-61, 2002.

SILVA, I. C. Viabilidade agroeconômica do cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) com o açaizeiro (*Euterpe oleracea* L.) e com a pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) em sistema agroflorestal. **Floresta**, v. 31, n. 1 e 2, p. 167-168, 2000.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal**. Viçosa: UFV, 2002. 178 p.

VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu**: a espécie, sua cultura, usos e processamento. Belém: Clube do cupuaçu, 1993. 108 p. il.

YAMADA, M.; GHOLZ, H. L. Growth and yield of some indigenous trees in an Amazonian agroforestry system: a rural-history-based analysis. **Agroforestry Systems**, v. 55, p. 17-26, 2002.

RESUMO E CONCLUSÕES

Os objetivos deste estudo foram analisar e comparar a produção e o crescimento de espécies arbóreas e arbustivas em sistemas agroflorestais e monocultivos, bem como avaliar a eficiência do uso da terra com sistemas agroflorestais em relação ao monocultivo ao longo de 15 anos. Constituíram também objetivos avaliar o retorno financeiro e obter os custos e o risco de investimento para comprovar a viabilidade econômica de sistemas agroflorestais com castanha-do-brasil, feijó e pupunha.

Os dados para o desenvolvimento do estudo foram originários do experimento *Teste de sistemas agroflorestais para a região de Machadinho (RO)*, instalado em fevereiro de 1987 na Embrapa Rondônia, Campo Experimental de Machadinho d'Oeste. O município está localizado a nordeste do Estado. O local de estudo está situado entre as coordenadas geográficas 62°10' de longitude W e 9°30' de latitude S.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, e a análise seguiu o esquema de parcelas subdivididas, avaliando-se nas parcelas oito sistemas de produção e, nas subparcelas, o tempo de produção.

As espécies utilizadas foram: castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), feijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken), pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.), banana (*Musa* spp.) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.). Os tratamentos consistiram de três sistemas agroflorestais (T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, T₂ Fr-Ba-Pm-Cp, T₃ Pu-Ba-Pm-Cp) e cinco monocultivos (T₄ Ca, T₅ Fr, T₆ Pu, T₇ Ba e T₈ Pm), implantados em 32 parcelas quadradas de 3.600, 900 e 450 m², de acordo com a densidade populacional.

A avaliação da produção, da produtividade e do crescimento das espécies foi feita a partir de variáveis de crescimento e produção coletadas ao longo de 15 anos. Todas as variáveis foram convertidas em medidas de produtividade. A avaliação da eficiência produtiva dos sistemas agroflorestais foi obtida mediante a produtividade relativa (PR) das espécies, que é a razão da produtividade média das espécies nos sistemas agroflorestais pela produtividade média do respectivo monocultivo. Ela permitiu determinar a eficiência de uso da terra com sistemas agroflorestais mediante o Índice de Equivalência da Terra (IET), que considera conjuntamente todos os valores das produtividades relativas das espécies no período. Os dados de produção, crescimento e eficiência do uso da terra foram analisados mediante as técnicas de ANOVA e ajustes de regressões, selecionadas conforme o coeficiente de determinação ajustado, o coeficiente de correlação e a análise gráfica dos resíduos.

A avaliação financeira consistiu em analisar os resultados obtidos pelos métodos de avaliação de projetos florestais a partir da constituição dos respectivos fluxos de caixa. A análise do risco foi realizada para o sistema agroflorestal com o melhor desempenho financeiro, mediante a técnica de simulação de Monte Carlo pelo *software @RISK*.

Observou-se que as espécies testadas são recomendadas para plantio em sistemas agroflorestais (SAFs) multiestratos, tendo como fator positivo o favorecimento do desempenho produtivo de culturas agrícolas, como a pimenta-do-reino, e de espécies perenes, como o cupuaçu. O sistema agroflorestal T_1 Ca-Ba-Pm-Cp apresentou-se como a melhor alternativa de produção em relação aos SAFs T_2 Fr-Ba-Pm-Cp e T_3 Pu-Ba-Pm-Cp e aos monocultivos, por oferecer um fluxo contínuo de produtos ao longo dos anos avaliados. De modo geral, todos os SAFs foram a forma de uso da terra mais eficiente que os monocultivos, por um maior período de tempo.

Pôde-se observar também que todos os sistemas de produção foram economicamente viáveis; mais uma vez, o SAF T_1 Ca-Ba-Pm-Cp se destacou como o sistema agroflorestal de melhor desempenho financeiro, em razão de apresentar receitas elevadas desde o primeiro ano de duração do sistema. Os custos de tratos culturais e colheita representaram mais de 70% da composição dos custos totais (CT), e a participação da mão-de-obra foi superior a 50% nas fases de preparo da área e de manutenção (tratos culturais) dos SAFs. No entanto, apesar dos altos custos de implantação e manutenção, o risco de inviabilidade do SAF T_1 pode ser considerado inexistente, comprovado pelos

resultados da simulação de risco de investimento, além do excelente desempenho dos indicadores financeiros utilizados.

As principais conclusões relacionadas à produção, eficiência do uso da terra e análise financeira dos modelos agroflorestais testados foram:

- As espécies castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), freijó (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken), pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.), banana (*Musa* spp.) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) são recomendadas para plantio em sistemas agroflorestais multiestratos na Amazônia Ocidental.
- A densidade populacional se apresentou como um fator que colaborou negativamente para o desempenho das espécies agrícolas.
- A pupunha foi a espécie que mais exerceu efeitos negativos sobre o desempenho produtivo das espécies agrícolas e perenes a ela associada.
- A produção dos frutos de castanha-do-brasil em sistema agroflorestal ainda deve ser acompanhada, para melhor avaliação do desempenho da espécie.
- A associação de espécies não afetou o crescimento das espécies arbóreas castanha-do-brasil e freijó.
- O modelo agroflorestal com melhores rendimentos produtivos e econômicos foi o T₁ Ca-Ba-Pm-Cp, por ter apresentado os melhores resultados de interação entre as espécies e um conseqüente fluxo contínuo de produtos ao longo dos anos.
- O Índice de Equivalência da Terra (IET) é uma medida que reflete o comportamento produtivo global dos sistemas agroflorestais e mostrou que os SAFs foram, por um período contínuo de 10 anos, a forma de uso da terra mais eficiente que os monocultivos.
- Os custos de tratos culturais e colheita representam mais de 70% da composição dos custos totais (CT), e a participação da mão-de-obra foi superior a 50% nas fases de preparo da área e de manutenção (tratos culturais) dos SAFs.
- O investimento em sistemas agroflorestais multiestratos na Amazônia é economicamente viável.

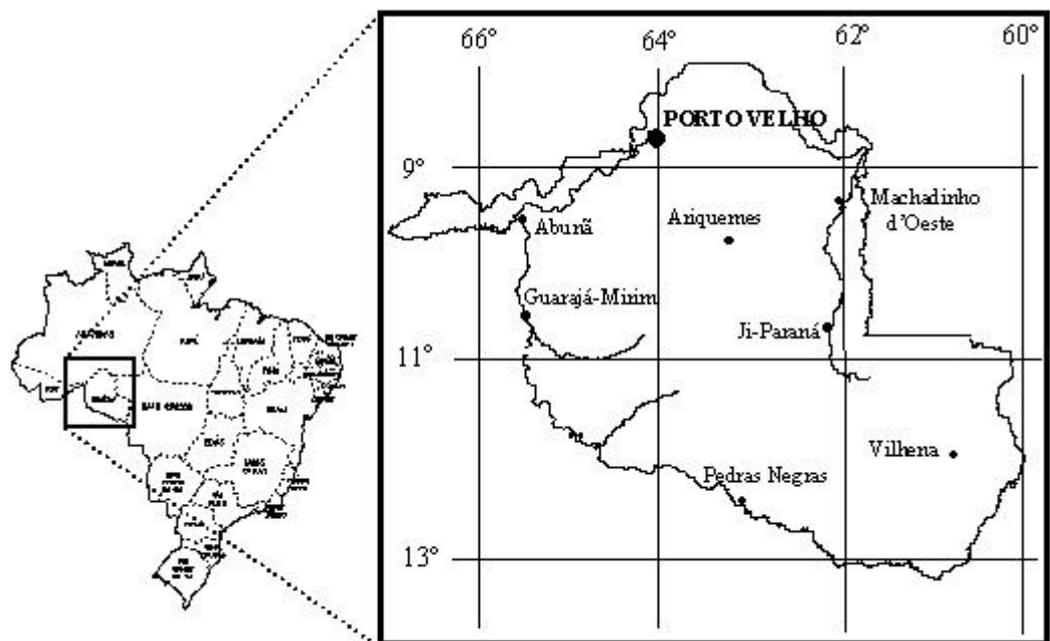
RECOMENDAÇÕES

Para aumentar a eficiência produtiva e econômica dos sistemas agroflorestais propostos neste estudo, recomenda-se:

- Testar para cada espécie novos arranjos e diferentes níveis de densidade populacional em sistemas agroflorestais.
- Investigar as exigências funcionais desses sistemas ao longo dos anos, seguindo as variações climáticas da região.
- Investigar os efeitos das interações entre espécies testadas.
- Desenvolver modelos de análise financeira adequados aos sistemas agroflorestais amazônicos.
- Sistematizar e determinar os coeficientes técnicos e econômicos da atividade agroflorestral.
- Investigar o desempenho de sistemas agroflorestais em áreas não-experimentais.
- Testar e validar a tecnologia proposta em áreas não-experimentais.

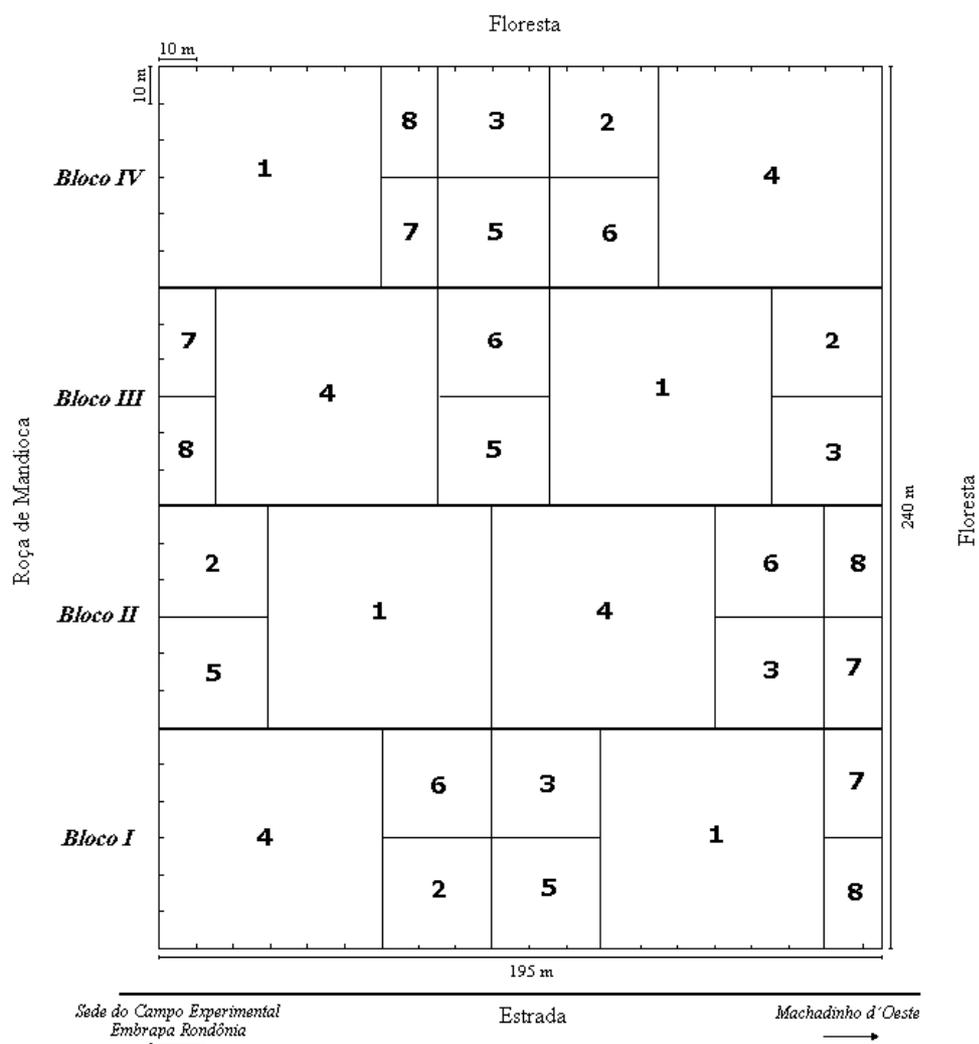
APÊNDICE

ARTIGO 1



Fonte: MIRANDA et al. (2002).

Figura 1A - Localização do município de Machadinho d'Oeste no Estado de Rondônia e no Brasil .



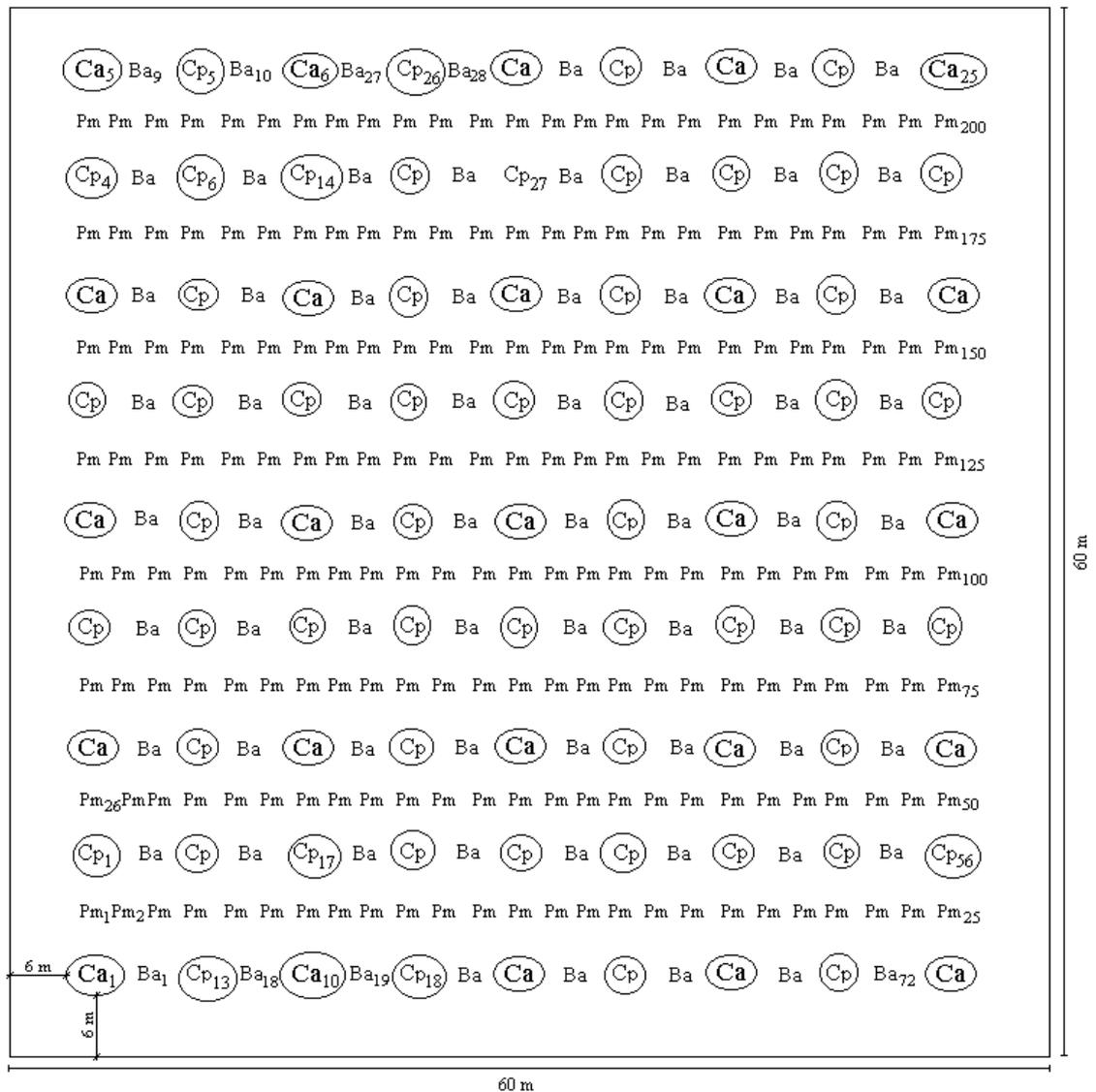
TRATAMENTO

- 1 *castanha-do-brasil (Ca) - banana (Ba) - pimenta-do-reino (Pm) - cupuaçu (Cp)*
- 2 *freijó (Fr) - banana (Ba) - pimenta-do-reino (Pm) - cupuaçu (Cp)*
- 3 *pupunha (Pu) - banana (Ba) - pimenta-do-reino (Pm) - cupuaçu (Cp)*

MONOCULTIVO

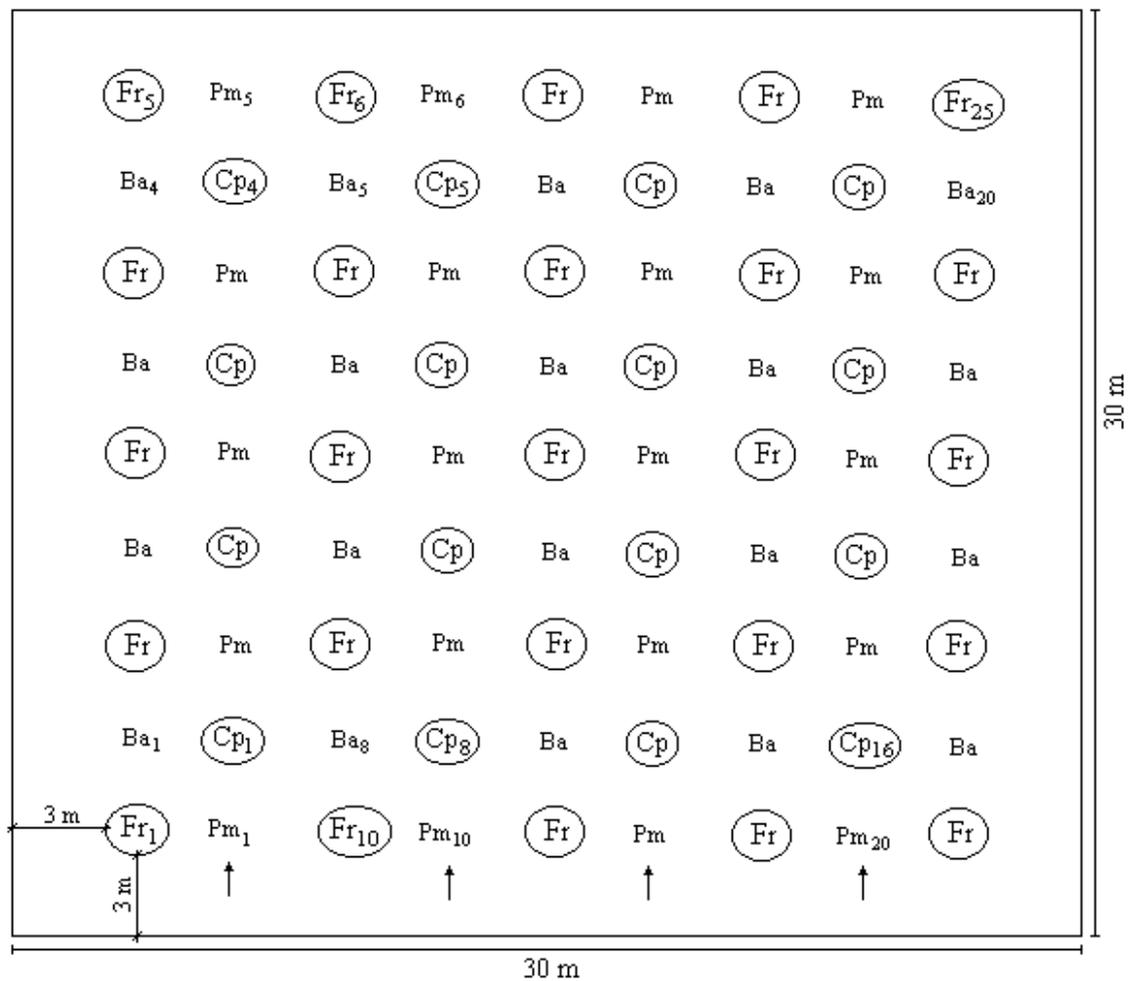
- 4 *castanha-do-brasil (Ca)*
- 5 *freijó (Fr)*
- 6 *pupunha (Pu)*
- 7 *banana (Ba)*
- 8 *pimenta-do-reino (Pm)*

Figura 2A - Croqui de localização do experimento agroflorestal instalado em fevereiro de 1987 no Campo Experimental da Embrapa Rondônia, em Machadinho d'Oeste, RO.



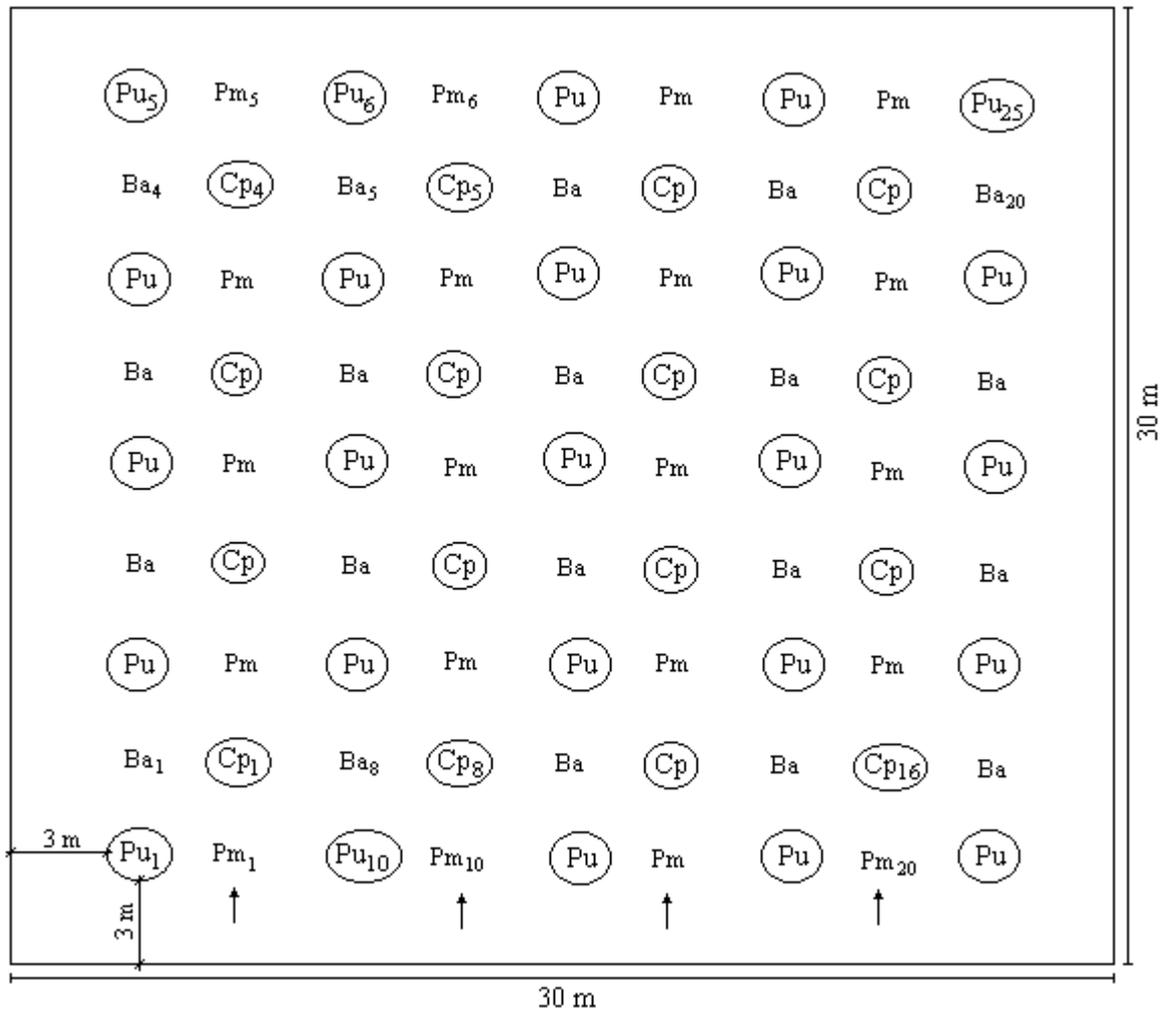
Tratamento 1: castanha-do-brasil (Ca) – banana (Ba) – pimenta-do-reio (Pm) – cupuaçu (Cp)
 Espaçamento: Ca = 12 x 12 m / Cp e Ba = 6 x 6 m / Pm = 6 x 2 m
 N^o de Plantas: Ca = 25 / Cp = 56 / Ba = 72 / Pm = 200

Figura 3A - Espécies componentes e arranjo espacial inicial do sistema agroflorestal T₁, estabelecido em 1987 no Campo Experimental da Embrapa, em Machadinho d'Oeste, RO.



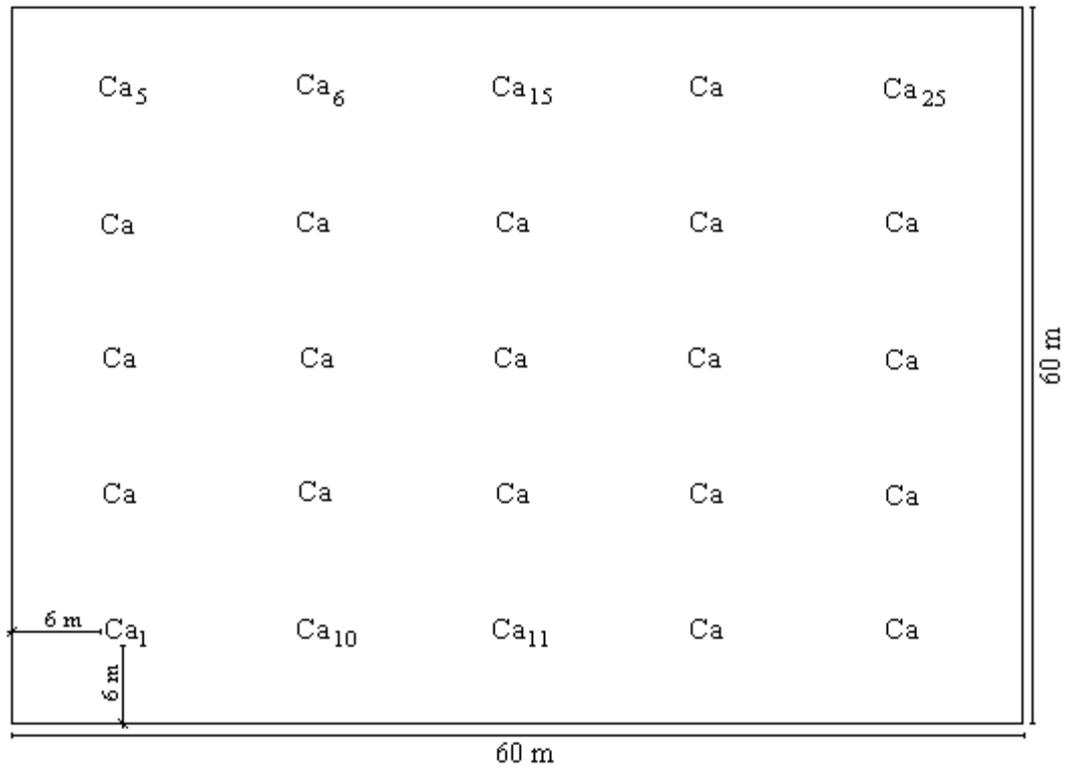
Tratamento 2: freijó (Fr) – banana (Ba) – pimenta-do-reino (Pm) – cupuaçu (Cp)
 Espaçamento: Fr, Cp, Ba e Pm = 6 x 6 m
 Nº de Plantas: Fr = 25 / Cp = 16 / Ba e Pm = 20

Figura 4A - Espécies componentes e arranjo espacial inicial do sistema agroflorestal T₂, estabelecido em 1987 no Campo Experimental da Embrapa, em Machadinho d'Oeste, RO.



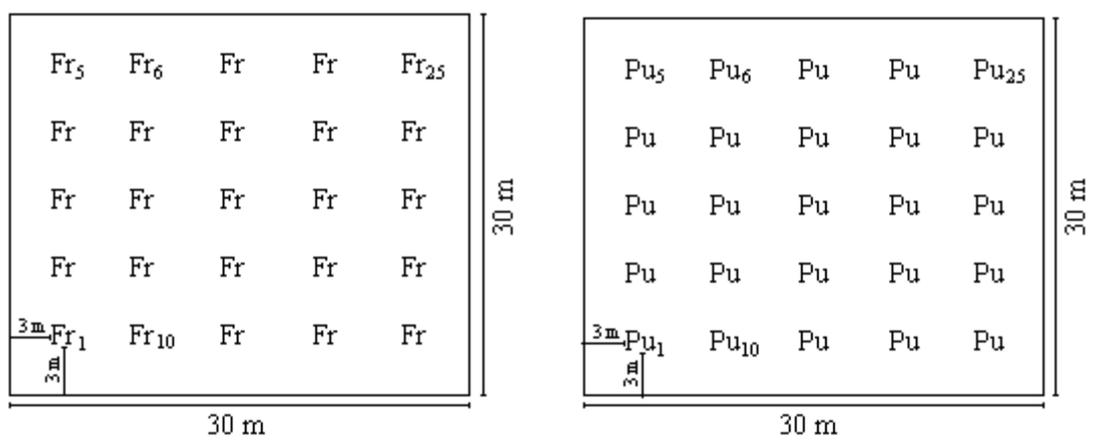
Tratamento 3: pupunha (Pu) – banana (Ba) – pimenta-do-reino (Pm) – cupuaçu (Cp)
 Espaçamento: Pu, Cp, Ba e Pm = 6 x 6 m
 Nº de Plantas: Pu = 25 / Cp = 16 / Ba e Pm = 20

Figura 5A - Espécies componentes e arranjo espacial inicial do sistema agroflorestal T₃, estabelecido em 1987 no Campo Experimental da Embrapa, em Machadinho d'Oeste, RO.



Tratamento 4: castanha-do-brasil (Ca)
 Espaçamento: 12 x 12 m
 Nº de Plantas: 25

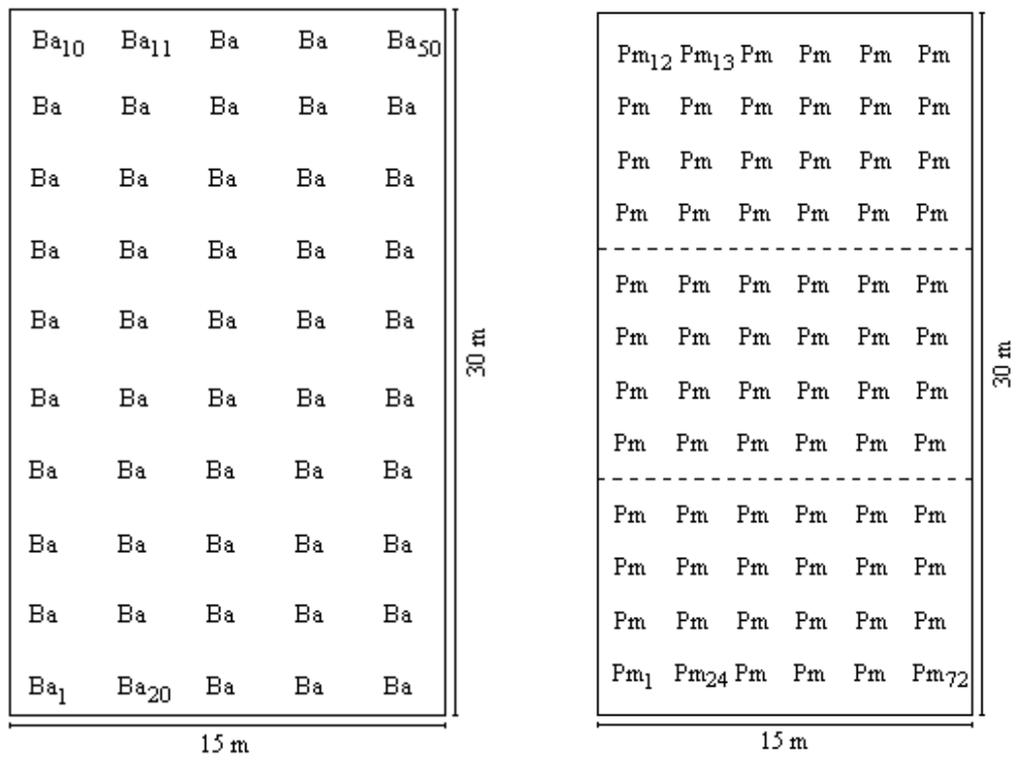
Figura 6A - Arranjo espacial do monocultivo T₄, estabelecido em 1987 no Campo Experimental da Embrapa, em Machadinho d'Oeste, RO.



Tratamento 5: feijó (Fr)
 Espaçamento: 6 x 6 m
 Nº de plantas: 25

Tratamento 6: pupunha (Pu)
 Espaçamento: 6 x 6 m
 Nº de plantas: 25

Figura 7A - Arranjo espacial dos monocultivos T₅ e T₆, estabelecidos em 1987 no Campo Experimental da Embrapa, em Machadinho d'Oeste, RO.



Tratamento 7: banana (Ba)
 Espaçamento: 3 x 3 m
 Nº de plantas: 50

Tratamento 8: pimenta-do-reino (Pm)
 Espaçamento: 2,5 x 2,5 m
 Nº de plantas: 72

Figura 8A - Arranjo espacial do monocultivo T₈, estabelecido em 1987 no Campo Experimental da Embrapa, em Machadinho d'Oeste, RO.

Quadro 1A - Valores de pH e teores médios de P, K, Ca+Mg e Al nas amostras de solos analisadas do experimento agroflorestal. Machadinho d'Oeste, RO

Preparo da área	Ano	pH em água	P (mg dm ⁻³)	K	Ca + Mg (cmol _c dm ⁻³)	Al
		1: 2,5				
Antes da queima	1987	3,3	3,4	0,12	0,84	2,10
Depois da queima		4,2	1,5	0,15	0,87	0,73

Fonte: Locatelli et al. (2001).

Quadro 2A - Rendimento da banana (*Musa* spp.), em peso de cachos (kg) por planta, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e no monocultivo (T₇). Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 1991

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	14,96	4,99	
Parcela (Sistema)	3	55,30	18,43	4,37*
Resíduo (a)	9	37,99	4,221	
Subparcela (Tempo)	3	616,26	205,42	74,70*
Parcela x Subparcela	9	42,06	4,67	1,70 ^{ns}
Resíduo (b)	36	98,99	2,75	
Total		865,55		
* Significativo; ns: não-significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	4,4
QMRcombinado =	3,12		CV parcela	46,4
GLRcombinado =	40,00		CV subparcela	37,4

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₇: banana.

Desdobramento Sistema e Tempo

a) Efeito principal: Sistema

Sistema	Média
T ₁	5,94 a
T ₂	4,27 a b
T ₃	4,10 a b
T ₇	3,41 b

b) Efeito principal: Tempo

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(60)	p-level
Intercept			29,781711	4,232964	7,03566	0,000000
Tempo	-8,73949	1,968138	-28,746671	6,473764	-4,44049	0,000039
Tempo ²	15,21802	4,416558	9,854836	2,860061	3,44567	0,001046
Tempo ³	-7,28339	2,524623	-1,095774	0,379825	-2,88494	0,005431

R= 0,84379058, R²= 0,71198254, Adjusted R²= 0,69758166, F(3,60)=49,440 p<0,00000, Std.Error of estimate: 2,0384

Quadro 3A - Rendimento da banana (*Musa spp.*), em peso de cachos (kg) por hectare, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e no monocultivo (T₇). Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 1991

FV	GL	SQ	QM	F
FV	3	3394444,99	1131481,66	
Blocos	3	151369754,27	50456584,76	47,87*
Parcela (Sistema)	9	9485694,02	1053966,002	
Resíduo (a)				
	3	159902780,28	53300926,76	69,25*
Subparcela (Tempo)	9	114291395,02	12699043,89	16,50*
Parcela x Subparcela	36	27709705,11	769714,03	
Resíduo (b)		466153773,68		
* Significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	2.122,1
QMRcombinado =	840.777,02		CV parcela	48,4
GLRcombinado =	41,00		CV subparcela	41,3

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₇: banana.

Iteração Sistema x Tempo

a) Sistema dentro de Tempo

Sistema	Tempo			
	Ano 1 ₁₉₈₈	Ano 2 ₁₉₈₉	Ano 3 ₁₉₉₀	Ano 4 ₁₉₉₁
T ₁	3427,28 b	913,220 b	806,35 b	1459,36 a
T ₂	2110,78 b	745,526 b	632,97 b	301,28 a
T ₃	2536,75 b	694,479 b	792,75 b	539,95 a
T ₇	11254,77 a	3.667,689 a	2853,33 a	1217,66 a

b) Tempo dentro de Sistema

T ₁	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(13)	p-level
Intercept			18658,1966	3044,669	6,12815	0,000036
Tempo	6,23759	1,331015	6673,6064	1424,054	4,68634	0,000426
Rtempo	-6,83300	1,331015	-21925,9424	4270,998	-5,13368	0,000192

R= 0,87973117, R²= 0,77392693 Adjusted R²= 0,73914646, F(2,13)=22,252 p<,00006 Std.Error of estimate: 630,97

T ₂	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(13)	p-level
Intercept			3624,8681	631,5853	5,73932	0,000068
Tempo	-2,62582	0,819555	-1846,0677	576,1838	-3,20396	0,006915
Tempo ²	1,86684	0,819555	258,3923	113,4361	2,27787	0,040278

R= 0,85396072 R²= 0,72924891 Adjusted R²= 0,68759490, F(2,13)=17,507 p<,00020 Std.Error of estimate: 453,74

T ₃	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(12)	p-level
Intercept			8611,1890	1887,029	4,56336	0,000651
Tempo	-11,1077	3,579969	-8954,3974	2885,964	-3,10274	0,009143
Tempo ²	20,5527	8,033552	3261,8956	1274,998	2,55835	0,025077
Tempo ³	-10,3584	4,592194	-381,9372	169,324	-2,25566	0,043550

R= 0,89967311 R²= 0,80941171 Adjusted R²= 0,76176464, F(3,12)=16,988 p<,00013 Std.Error of estimate: 454,34

T ₇	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(14)	p-level
Intercept			-2100,4421	808,874	-2,59675	0,021110
InvTempo	0,932975	0,096199	13149,7023	1355,861	9,69841	0,000000

R= ,93297451 R²= ,87044144 Adjusted R²= ,86118726, F(1,14)=94,059 p<,00000 Std.Error of estimate: 1577,8

Quadro 4A - Rendimento da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), em peso de grãos secos (kg) por planta, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e no monocultivo (T₈). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 1991

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	17,09	5,70	
Parcela (Sistema)	3	395,63	131,88	24,03*
Resíduo (a)	9	49,39	5,488	
Subparcela (Tempo)	2	149,23	74,62	16,40*
Parcela x Subparcela	6	181,47	30,25	6,65*
Resíduo (b)	24	109,16	4,55	
Total		901,98		
* Significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	3,06
QMRcombinado =	4,86		CV parcela	76,5
GLRcombinado =	31,00		CV subparcela	69,6

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₈: pimenta-do-reino.

Iteração Sistema x Tempo

a) Sistema dentro de Tempo

Sistema	Tempo		
	Ano 2 ₁₉₈₉	Ano 3 ₁₉₉₀	Ano 4 ₁₉₉₁
T ₁	2,04 a	6,39 a	13,69 a
T ₂	0,12 a	0,64 b	0,28 c
T ₃	0,23 a	0,87 b	0,60 c
T ₈	1,66 a	3,53 ab	6,70 b

b) Tempo dentro de Sistema

T ₁	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(10)	p-level
Intercept			-10,109907	3,468434	-2,91483	0,015436
Tempo	0,855431	0,163780	5,826667	1,115565	5,22306	0,000388

R= 0,85543108, R²= 0,73176234, Adjusted R²= 0,70493857, F(1,10)=27,280, p<0,00039, Std.Error of estimate: 3,1553

T ₈	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(10)	p-level
Intercept			10,780804	2,987390	3,60877	0,004778
InvTempo	-0,600392	0,252889	-18,874405	7,950031	-2,37413	0,039001

R= 0,60039182 R²= 0,36047033 Adjusted R²= 0,29651737, F(1,10)= 5,6365, p<0,03900, Std.Error of estimate: 2,8623

Obs.: Não foi encontrado nenhum modelo adequado para explicar o comportamento da espécie no tratamento 2 e no tratamento 3.

Quadro 5A - Rendimento da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), em peso de grãos secos (kg) por hectare, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e no monocultivo (T₈). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 1991

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	14867116,54	4955705,51	
Parcela (Sistema)	3	448930372,44	149643457,48	18,92*
Resíduo (a)	9	71177319,57	7908591,064	
Subparcela (Tempo)	2	163185121,60	81592560,80	11,22*
Parcela x Subparcela	6	162258610,64	27043101,77	3,72*
Resíduo (b)	24	174562680,14	7273445,01	
Total		1034981220,93		
* Significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	3.184,39
	QMRcombinado = 7.485.160,36		CV parcela	88,3
	GLRcombinado = 31,00		CV subparcela	84,7

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₈: pimenta-do-reino.

Iteração Sistema x Tempo

a) Sistema dentro de Tempo

Sistema	Tempo		
	Ano 2 ₁₉₈₉	Ano 3 ₁₉₉₀	Ano 4 ₁₉₉₁
T ₁	1695,85 a	5318,936 ab	11403,08 a
T ₂	34,45 a	178,229 b	77,84 b
T ₃	63,36 a	242,401 b	166,34 b
T ₈	2660,67 a	5650,222 a	10721,33 a

b) Tempo dentro de Sistema

T ₁	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(10)
Intercept			-8421,5529	2889,205	-2,91483
Tempo	0,855431	0,163780	4853,6133	929,266	5,22306

R= 0,85543108, R²= 0,73176234, Adjusted R²= 0,70493857, F(1,10)=27,280, p<0,00039, Std.Error of estimate: 2628,4

T ₈	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(10)
Intercept			17249,2857	4779,82	3,60877
InvTempo	-0,600392	0,252889	-30199,0476	12720,05	-2,37413

R= 0,60039182, R²= 0,36047033, Adjusted R²= 0,29651737, F(1,10)=5,6365, p<,03900 Std.Error of estimate: 4579,7

Obs.: Não foi encontrado nenhum modelo adequado para explicar o comportamento da espécie no tratamento 2 e no tratamento 3.

Quadro 6A - Rendimento do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), em peso do fruto (kg) por planta, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	48,23	16,08	
Parcela (Sistema)	2	478,42	239,21	9,03*
Resíduo (a)	6	158,88	26,480	
Subparcela (Tempo)	12	1776,69	148,06	19,31*
Parcela x Subparcela	24	748,11	31,17	4,07*
Resíduo (b)	108	827,87	7,67	
Total		4038,19		
* Significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	5,63
QMRcombinado =	9,11		CV parcela	91,5
GLRcombinado =	71,00		CV subparcela	49,2

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; e T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Iteração Sistema x Tempo

c) Sistema dentro de Tempo

Sistema	Tempo												
	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
T ₁	1,28 a	3,75 a	11,96 a	14,65 a	19,39 a	5,44 a	6,23 a	12,63 a	2,26 a	8,53 a	11,57 a	4,38 a	2,18 a
T ₂	0,52 a	0,59 a	2,56 b	6,91 b	8,20 b	4,21 a	3,29 a	13,27 a	2,92 a	6,56 ab	7,84 a	5,76 a	2,04 a
T ₃	0,87 a	1,81 a	3,22 b	6,78 b	5,70 b	2,00 a	3,09 a	4,82 b	0,61 a	2,30 a	11,06 a	2,81 a	5,36 a

b) Tempo dentro de Sistema

T ₁	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(48)
Intercept			-24,482412	7,485656	-3,27058
Tempo	-21,6949	7,899897	-5,646839	2,056214	-2,74623
Tempo ²	5,9810	2,946721	0,085055	0,041905	2,02972
RTempo	15,8747	5,068625	23,552699	7,520111	3,13196

R= 0,65129451, R²= 0,42418454, Adjusted, R²= 0,38819608, F(3,48)=11,787 p<,00001, Std.Error of estimate: 0,76919.

T ₂	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(48)
Intercept			-13,109763	1,883851	-6,95902
Tempo	-5,45379	0,848103	-1,552303	0,241394	-6,43057
RTempo	5,95141	0,848103	9,655741	1,375986	7,01732

R=0,78029092, R²= 0,60885393 Adjusted R²= 0,59288878, F(2,49)=38,136, p<,00000, Std.Error of estimate: 0,68614

Obs.: Não foi encontrado um modelo estatístico adequado para explicar o comportamento da espécie no T₃.

Quadro 7A - Rendimento do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), em peso do fruto (kg) por hectare, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	14910603,01	4970201,00	
Parcela (Sistema)	2	147897370,12	73948685,06	9,03*
Resíduo (a)	6	49115396,30	8185899,383	
Subparcela (Tempo)	12	549237556,93	45769796,41	19,31*
Parcela x Subparcela	24	231266283,82	9636095,16	4,07*
Resíduo (b)	108	255923491,57	2369661,96	
Total		1248350701,74		
* Significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	3.127,63
QMRcombinado =	2.817.064,84		CV parcela	91,5
GLRcombinado =	71,00		CV subparcela	49,2

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; e T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Iteração Sistema x Tempo

d) Sistema dentro de Tempo

Sistema	Tempo												
	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
T ₁	710 a	2086 a	6651 a	8145 a	10781 a	3027 a	3463 a	7024 a	1254 a	4741 a	6434 a	2437 a	1213 a
T ₂	287 a	329 a	1423 b	3841 b	4562 b	2342 a	1830 a	7381 a	1623 a	3648 ab	4361 a	3205 a	1135 a
T ₃	482 a	1009 a	1791 b	3769 b	3167 b	1113 a	1720 a	2679 b	340 a	1280 b	6151 a	1562 a	2981 a

e) Tempo dentro de Sistema

T ₁	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(48)	p-level
Intercept			-18,161643	7,485656	-2,42619	0,019065
Tempo	-21,6949	7,899897	-5,646839	2,056214	-2,74623	0,008461
Tempo ²	5,9810	2,946721	0,085055	0,041905	2,02972	0,047948
RTempo	15,8747	5,068625	23,552699	7,520111	3,13196	0,002956

R= 0,65129451, R²= 0,42418454, Adjusted R²= 0,38819608, F(3,48)=11,787, p<,00001, Std.Error of estimate:0,76919

T ₂	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(49)	p-level
Intercept			-6,788995	1,883851	-3,60379	0,000732
Tempo	-5,45379	0,848103	-1,552303	0,241394	-6,43057	0,000000
RTempo	5,95141	0,848103	9,655741	1,375986	7,01732	0,000000

R= 0,78029092, R²= 0,60885393, Adjusted R²= 0,59288878, F(2,49)=38,136, p<,00000, Std.Error of estimate: 0,68614.

Obs.: Não foi encontrado um modelo estatístico adequado para explicar o comportamento da espécie no T₃.

Quadro 8A - Rendimento do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), em número de frutos (n) por planta, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1996 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	98,11	32,70	
Parcela (Sistema)	2	142,70	71,35	1,50 ^{ns}
Resíduo (a)	6	284,74	47,456	
Subparcela (Tempo)	6	1.786,59	297,76	9,18*
Parcela x Subparcela	12	714,43	59,54	1,83 ^{ns}
Resíduo (b)	54	1.752,28	32,45	
Total		4.778,83		
* Significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	8,43
QMRcombinado =	34,59		CV parcela	81,7
GLRcombinado =	54,00		CV subparcela	67,6

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; e T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Obs.: Não foi encontrado um modelo estatístico adequado para explicar o comportamento da espécie no T₃.

Quadro 9A - Rendimento do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), em número de frutos (n) por hectare, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1996 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	1613,79	537,93	
Parcela (Sistema)	2	4419,67	2209,84	12,40*
Resíduo (a)	6	1069,36	178,227	
Subparcela (Tempo)	6	3496,31	582,72	0,68 ^{ns}
Parcela x Subparcela	12	6985,28	582,11	0,68 ^{ns}
Resíduo (b)	54	46456,03	860,30	
Total		64040,44		
* significativo; ns: não-significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	62,64
QMRcombinado =	762,86		CV parcela	21,3
GLRcombinado =	57,00		CV subparcela	46,8

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; e T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Efeito principal: Sistema

Sistema	Média
T ₁	5391,92 a
T ₂	4976,70 a
T ₃	3689,71 b

Quadro 10A - Rendimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), em volume total (m³) por árvore, em sistema agroflorestal (T₁) e no monocultivo (T₄). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	0,14	0,05	
Parcela (Sistema)	1	0,01	0,01	0,03 ^{ns}
Resíduo (a)	3	0,73	0,242	
Subparcela (Tempo)	10	43,22	4,32	373,40*
Parcela x Subparcela	10	0,07	0,01	0,65 ^{ns}
Resíduo (b)	60	0,69	0,01	
Total		44,86		
* significativo; ns: não-significativo; a = 0,05				
			Média geral	0,81
QMRcombinado =	0,03		CV parcela	61,0
GLRcombinado =	6,00		CV subparcela	13,3

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₄: castanha-do-brasil.

Efeito principal: Tempo

$$\hat{V}_t = 2,5247 / (1 + 92,9754 \exp(-0,416364 (t)))$$

	a	b	c
Estimate	2,524796	92,97547	0,416364

Model: v1=a/(1+b*exp(-c*tempo)) (Castanha_18Out), Dep. var: V1 Loss: (OBS-PRED)**2, Final loss: 1,969542795, R=0,97780, Variance explained: 95,610%

Quadro 11A - Rendimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), em volume total (m³) por hectare, em sistema agroflorestal (T₁) e no monocultivo (T₄). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	678,48	226,16	
Parcela (Sistema)	1	36,37	36,37	0,03 ^{ns}
Resíduo (a)	3	3456,82	1152,274	
Subparcela (Tempo)	10	205762,39	20576,24	373,40*
Parcela x Subparcela	10	357,07	35,71	0,65 ^{ns}
Resíduo (b)	60	3306,28	55,10	
Total		213597,40		
* significativo; ns: não-significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	55,67
QMRcombinado =	154,85		CV parcela	61,0
GLRcombinado =	6,00		CV subparcela	13,3

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₄: castanha-do-brasil.

Efeito principal: Tempo

$$\hat{V}_t = 174,2109 / (1 + 92,9754 \exp(-0,416364 (I)))$$

	a	b	c
Estimate	174,2109	92,97546	0,416364

Model: $v_2 = a / (1 + b * \exp(-c * \text{tempo}))$ (Castanha_18Out), Dep. var: V2 Loss: (OBS-PRED)**2, Final loss: 9376,9932466 R=,97780 Variance explained: 95,610%

Quadro 12A - Rendimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), em número de frutos por árvore, em sistema agroflorestal (T₁) e no monocultivo (T₄). Machadinho d'Oeste, RO – 2001 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	9,66	3,22	
Parcela (Sistema)	1	2,19	2,19	0,42 ^{ns}
Resíduo (a)	3	15,75	5,251	
Subparcela (Tempo)	1	13,10	13,10	8,07*
Parcela x Subparcela	1	2,43	2,43	1,50 ^{ns}
Resíduo (b)	6	9,75	1,62	
Total		52,89		
* significativo; ns: não-significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	1,98
QMRcombinado =	3,44		CV parcela	116,0
GLRcombinado =	4,00		CV subparcela	64,5

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₄: castanha-do-brasil.

Quadro 13A - Rendimento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), em número de frutos por hectare, em sistema agroflorestal (T₁) e no monocultivo (T₄). Machadinho d'Oeste, RO – 2001 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	45989,36	15329,79	
Parcela (Sistema)	1	10428,49	10428,49	0,42 ^{ns}
Resíduo (a)	3	74999,08	24999,694	
Subparcela (Tempo)	1	62390,05	62390,05	8,07*
Parcela x Subparcela	1	11586,37	11586,37	1,50 ^{ns}
Resíduo (b)	6	46396,90	7732,82	
Total		251790,25		
* significativo; ns: não-significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	136,28
QMRcombinado =	16.366,25		CV parcela	116,0
GLRcombinado =	4,00		CV subparcela	64,5

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₄: castanha-do-brasil.

Quadro 14A - Rendimento do feijó (*Cordia alliodora*), em volume total (m³) por árvore, em sistema agroflorestal (T₂) e no monocultivo (T₅). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	0,72	0,24	
Parcela (Sistema)	1	0,04	0,04	1,10 _{ns}
Resíduo (a)	3	0,11	0,038	
Subparcela (Tempo)	11	0,86	0,08	28,20*
Parcela x Subparcela	11	0,02	0,00	0,63 _{ns}
Resíduo (b)	66	0,18	0,00	
Total		1,94		
* significativo; ns: não-significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	0,23
QMRcombinado =	0,01		CV parcela	86,2
GLRcombinado =	9,00		CV subparcela	23,3

T₂: feijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₅: feijó.

Efeito principal: Tempo

$$\hat{V}_t = 0,305869 / (1 + \exp((-3,58786) - 0,539013))^{1/0,004061}$$

	a	b	c	d
Estimate	0,305869	-3,58786	0,539013	0,004061

Model: vt1=a/((1+exp(b-c*tempo))^(1/d)) (feijó_18Out), Dep. var: VT1 Loss (OBS-PRED)**2, Final loss: 1,094287184, R=,65961, Variance explained: 43,509%

Quadro 15A - Rendimento do feijó (*Cordia alliodora*), em volume total (m³) por hectare, em sistema agroflorestal (T₂) e no monocultivo (T₅). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	55897,05	18632,35	
Parcela (Sistema)	1	3199,70	3199,70	1,10
Resíduo (a)	3	8752,92	2917,639	
Subparcela (Tempo)	11	66265,64	6024,15	28,20
Parcela x Subparcela	11	1491,26	135,57	0,63
Resíduo (b)	66	14099,21	213,62	
Total		149705,77		
* significativo; ns: não-significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	62,65
QMRcombinado =	438,96		CV parcela	86,2
GLRcombinado =	9,00		CV subparcela	23,3

T₂: feijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₅: feijó.

Efeito principal: Tempo

$$\hat{V}_t = 85,03445 / (1 + \exp((-3,52571) - 0,539113))^{1/0,004317}$$

	a	b	c	d
Estimate	85,03445	-3,52571	0,539113	0,004317

Model: $vt2=a/((1+\exp(b-c*tempo))^{1/d})$ (feijó_18Out), Dep. var: VT2 Loss: (OBS-PRED)**2, Final loss: 84571,170108, R=,65961, Variance explained: 43,508%

Quadro 16A - Rendimento da pupunha (*Bactris gasipaes*), em peso de cachos (kg) por planta, em sistema agroflorestal (T₃) e no monocultivo (T₆). Machadinho d'Oeste, RO – 1992 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	421,82	140,61	
Parcela (Sistema)	1	16,96	16,96	0,32 ^{ns}
Resíduo (a)	3	161,38	53,792	
Subparcela (Tempo)	11	8454,96	768,63	13,16*
Parcela x Subparcela	11	751,93	68,36	1,17 ^{ns}
Resíduo (b)	66	3854,37	58,40	
Total		13661,42		
* significativo; ns: não-significativo, $\alpha = 0,05$				
			Média geral	17,98
QMRcombinado =	58,02		CV parcela	40,8
GLRcombinado =	67,00		CV subparcela	42,5

T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₆: pupunha.

Efeito principal: Tempo

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(92)	p-level
Intercept			-92,203129	31,45975	-2,93083	0,004264
Tempo	10,6726	2,922997	36,881241	10,10097	3,65126	0,000433
Tempo2	-21,8928	6,215166	-3,565078	1,01209	-3,52248	0,000668
Tempo3	10,9189	3,379179	0,103368	0,03199	3,23124	0,001711

R= 0,60115067, R²= 0,36138213, Adjusted R²= 0,34055764, F(3,92)=17,354, p<0,00000, Std.Error of estimate: 9,7381

Quadro 17A - Rendimento da pupunha (*Bactris gasipaes*), em peso de cachos (kg) por hectare, em sistema agroflorestal (T₃) e no monocultivo (T₆). Machadinho d'Oeste, RO – 1992 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	61599,31	20533,10	
Parcela (Sistema)	1	69501,69	69501,69	1,98 ^{ns}
Resíduo (a)	3	105477,67	35159,225	
Subparcela (Tempo)	11	3267310,93	297028,27	9,10*
Parcela x Subparcela	11	413318,54	37574,41	1,15 ^{ns}
Resíduo (b)	66	2154647,78	32646,18	
Total		6071855,93		
* significativo; ns: não-significativo, $\alpha = 0,05$				
			Média geral	2.307,88
QMRcombinado =	32.855,60		CV parcela	8,1
GLRcombinado =	65,00		CV subparcela	7,8

T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₆: pupunha.

Efeito principal: Tempo

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(93)	p-level
Intercept			1960,778321	214,7230	9,13166	0,000000
Tempo	1,59121	0,601578	115,924199	43,8268	2,64505	0,009589
Tempo ²	-2,07462	0,601578	-7,122266	2,0652	-3,44862	0,000848

R= 0,54996361 R²= 0,30245997, Adjusted R²= 0,28745911, F(2,93)=20,163, p< 0,00000, Std.Error of estimate: 213,40

Quadro 18A - Rendimento da pupunha (*Bactris gasipaes*), em número de cachos (kg) por planta, em sistema agroflorestal (T₃) e no monocultivo (T₆). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	0,31	0,10	
Parcela (Sistema)	1	0,81	0,81	6,02 ^{ns}
Resíduo (a)	3	0,40	0,135	
Subparcela (Tempo)	5	3,96	0,79	4,21*
Parcela x Subparcela	5	1,03	0,21	1,09 ^{ns}
Resíduo (b)	30	5,64	0,19	
Total		12,15		
* significativo; ns: não-significativo, $\alpha = 0,05$				
			Média geral	1,48
QMRcombinado =	0,18		CV parcela	24,8
GLRcombinado =	32,00		CV subparcela	29,3

T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₆: pupunha.

Obs.: Não foi encontrado nenhum modelo adequado para explicar o comportamento da espécie nos anos considerados.

Quadro 19A - Rendimento da pupunha (*Bactris gasipaes*), em número de cachos (kg) por hectare, em sistema agroflorestal (T₃) e no monocultivo (T₆). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	791,61	263,87	
Parcela (Sistema)	1	225,86	225,86	29,30*
Resíduo (a)	3	23,12	7,707	
Subparcela (Tempo)	5	15,42	3,08	0,05 ^{ns}
Parcela x Subparcela	5	300,58	60,12	0,89 ^{ns}
Resíduo (b)	30	2021,37	67,38	
Total		3377,96		
* significativo; ns: não-significativo, $\alpha = 0,05$				
			Média geral	24,66
QMRcombinado =	57,43		CV parcela	11,3
GLRcombinado =	31,00		CV subparcela	33,3

T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₆: pupunha.

ARTIGO 2

Quadro 20A - Produtividade relativa (PR) da banana (*Musa* spp.) em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 1991

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	2,80	0,93	
Parcela (Sistema)	2	5,33	2,66	2,51 ^{ns}
Resíduo (a)	6	6,36	1,060	
Subparcela (Tempo)	3	7,44	2,48	2,70 ^{ns}
Parcela x Subparcela	6	12,90	2,15	2,35 ^{ns}
Resíduo (b)	27	24,76	0,92	
Total		59,59		
* ns: não-significativo; a = 0,05				
			Média geral	0,47
QMRcombinado =	0,95		CV parcela	217,6
GLRcombinado =	31,00		CV subparcela	202,3

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Quadro 21A - Produtividade relativa (PR) da pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), em peso de grãos secos (kg) por planta, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 1991

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	0,19	0,06	
Parcela (Sistema)	2	8,02	4,01	53,80*
Resíduo (a)	6	0,45	0,075	
Subparcela (Tempo)	2	0,00	0,001	0,003 ^{ns}
Parcela x Subparcela	4	0,01	0,002	0,011 ^{ns}
Resíduo (b)	18	3,86	0,21	
Total		12,53		
* Significativo; a = 0,05				
			Média geral	0,36
QMRcombinado =	0,168		CV parcela	76,3
GLRcombinado =	22,00		CV subparcela	129,4

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Efeito principal: Sistema

Sistema	PR
T ₁	1,02 a
T ₂	0,03 b
T ₃	0,01 b

Quadro 22A - Produtividade relativa (PR) do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), em peso do fruto (kg) por planta, em sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	0,02	0,01	
Parcela (Sistema)	2	13,35	6,68	22,74*
Resíduo (a)	6	1,76	0,294	
Subparcela (Tempo)	12	2,48	0,21	2,78*
Parcela x Subparcela	24	11,34	0,47	6,36*
Resíduo (b)	108	8,03	0,07	
Total		36,97		
* Significativo; $\alpha = 0,05$				
QMRcombinado = 0,091		Média geral		0,87
GLRcombinado = 64		CV parcela		62,5
		CV subparcela		31,5

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

Iteração Sistema x Tempo

f) Sistema dentro de Tempo

Sistema	Tempo												
	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
T ₁	1,52 a	1,76 a	1,99 a	1,55 a	1,73 a	1,51 a	1,05 a	0,97 a	0,85 a	1,20 a	0,96 a	0,77 a	0,65 a
T ₂	0,58 b	0,35 c	0,44 b	0,75 b	0,73 b	1,01 a	0,57 a	0,94 a	1,05 a	1,05 a	0,63 a	0,92 a	0,74 a
T ₃	0,90 b	0,87 b	0,57 b	0,70 b	0,54 b	0,48 b	0,54 a	0,33 b	0,26 b	0,31 b	0,67 a	0,49 a	0,99 a

b) Tempo dentro de Sistema

T ₁	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(50)	p-level
Intercept			2,145668	0,130243	16,47438	0,000000
Tempo	-0,717028	0,098577	-0,097197	0,013363	-7,27380	0,000000

R= 0,71702844 R²= 0,51412978, Adjusted R²= 0,50441238, F(1,50)=52,908, p<0,00000, Std.Error of estimate: 0,36054

T ₂	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(49)	p-level
Intercept			-1,758112	0,383445	-4,58504	0,000032
Tempo	2,18233	0,692312	0,297389	0,094342	3,15224	0,002764
Tempo ²	-1,87703	0,692312	-0,013975	0,005154	-2,71126	0,009216

R= 0,47836616, R²= 0,22883418, Adjusted R²= 0,19735803, F(2,49)=7,2701, p<0,00172 Std.Error of estimate: 0,46126

T ₃	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(49)	p-level
Intercept			1,672982	0,236170	7,08379	0,000000
Tempo	-3,03451	0,655548	-0,268975	0,058107	-4,62896	0,000027
Tempo ²	2,90552	0,655548	0,014071	0,003175	4,43220	0,000052

R= 0,55548391, R²= 0,30856237, Adjusted R²= 0,28034043, F(2,49)=10,933 p<0,00012, Std.Error of estimate:0,28410

Quadro 23A - Produtividade relativa (PR) da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), em volume total (m³) por árvore, em sistema agroflorestal (T₁). Machadinho d'Oeste, RO – 1989 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	3	4,75363	1,58454	136,168	0,000000
Tempo	10	0,10287	0,01029	0,884	0,558083
Error	30	0,34910	0,01164		

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; $\alpha = 0,05$

Obs.: o efeito de tempo foi não-significativo; o efeito de bloco foi significativo.

Teste de médias para Bloco

Bloco	Média
1	1,62 a
2	0,89 b
3	0,87b
4	0,84 b

Quadro 24A – Produtividade relativa (PR) do freijó (*Cordia alliodora*), em volume total (m³) por árvore, em sistema agroflorestal (T₂). Machadinho d'Oeste, RO – 1990 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	3	3,55560	1,18520	85,474	0,000000
Tempo	11	0,31544	0,02868	2,068	0,052813
Error	33	0,45758	0,01387		

T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

O efeito de Tempo foi não-significativo; o efeito de Bloco foi significativo, $\alpha = 0,05$.

Teste de média para blocos

BLOCO	PR
1	1,05 a
2	1,00 a
4	0,77 b
3	0,36 c

Quadro 25A – Produtividade relativa (PR) da pupunha (*Bactris gasipaes*), em peso de cachos (kg) por planta, em sistema agroflorestal (T₃). Machadinho d'Oeste, RO – 1992 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F	p
Bloco	3	1,21806	0,40602	1,2954	0,292317
Tempo	11	2,67260	0,24296	0,7752	0,661590
Error	33	10,34292	0,31342		

T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

O efeito de Tempo e de Blocos foi não-significativo, $\alpha = 0,05$.

Quadro 26A – Índice de Equivalência da Terra (IET) dos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃), em relação aos monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇, T₈ e M_{Cp}). Machadinho d'Oeste, RO – 1988 a 2002

FV	GL	SQ	QM	F
Blocos	3	5,11	1,70	
Parcela (Sistema)	2	60,53	30,26	17,61*
Resíduo (a)	6	10,31	1,719	
Subparcela (Tempo)	14	74,44	5,32	6,24*
Parcela x Subparcela	28	70,33	2,51	2,95*
Resíduo (b)	126	107,31	0,85	
Total		328,04		
* Significativo; $\alpha = 0,05$				
			Média geral	1,749
QMRcombinado =	0,909		CV parcela	75,0
GLRcombinado =	114,00		CV subparcela	52,8

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₄: castanha-do-brasil; T₅: freijó; T₆: pupunha; T₇: banana; T₈: pimenta-do-reino; e M_{Cp}: monocultivo hipotético de cupuaçu.

Iteração Sistema x Tempo

a) Sistema dentro de Tempo

Sistema	Tempo														
	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10	Ano 11	Ano 12	Ano 13	Ano 14	Ano 15
	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
T ₁	0,34 a	1,30 a	3,74 a	6,26 a	1,95 a	2,61 a	2,57 a	1,94 a	2,23 a	2,90 a	1,13 a	2,23 a	2,63 a	2,16 a	4,52 a
T ₂	0,21 a	0,95 a	1,48 b	1,70 b	1,63 a	1,34 a	1,71 a	2,01 a	1,29 a	1,54 a	0,81 a	1,63 a	0,75 b	1,55 a	1,45 b
T ₃	0,23 a	0,22 a	1,39 b	1,03 b	1,67 a	1,94 a	1,73 a	1,34 a	2,03 a	1,53 a	0,80 a	1,50 a	1,92 ab	1,41 a	1,38 b

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu.

b) Tempo dentro de Sistema

T ₁	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(56)	p-level
Intercept			-9,139241	1,228766	-7,43774	0,000000
Tempo	-18,6071	2,789478	-3,264284	0,489364	-6,67046	0,000000
Tempo ²	6,8162	1,171976	0,072675	0,012496	5,81601	0,000000
RTempo	12,4369	1,705888	11,101004	1,522650	7,29058	0,000000

R = 0,79642678, R² = 0,57849104, Adjusted R² = 0,55591020, F(3,56) = 25,619, p < 0,00000, Std.Error of estimate: 0,50936

T ₂	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(56)	p-level
Intercept			-7,734548	0,964358	-8,02041	0,000000
Tempo	-15,9738	2,598272	-2,361151	0,384062	-6,14784	0,000000
Tempo ²	5,3015	1,091643	0,047626	0,009807	4,85645	0,000010
Rtempo	11,2517	1,588957	8,462026	1,195003	7,08118	0,000000

R = 0,79642678, R² = 0,63429562, Adjusted R² = 0,61470432, F(3,56) = 32,376, p < 0,00000, Std.Error of estimate: 0,39976.

	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(56)	p-level
Intercept			-2,646034	0,337591	-7,83799	0,000000
Tempo	6,3100	1,010138	1,104625	0,176835	6,24664	0,000000
Tempo ²	-11,4605	2,374032	-0,121933	0,025258	-4,82743	0,000011
Tempo ³	5,7509	1,449026	0,004127	0,001040	3,96883	0,000208

R = 0,77180574, R² = 0,59568411, Adjusted R² = 0,57402433, F(3,56) = 27,502, p < 0,00000, Std.Error of Estimate: 0,49781.

ARTIGO 3

Quadro 27A - Resumo das atividades de estabelecimento e manutenção dos sistemas agroflorestais (T₁, T₂ e T₃) e monocultivos (T₄, T₅, T₆, T₇ e T₈) testados em Machadinho d'Oeste, RO – 1987 a 2002

#	FASE / ATIVIDADES	SISTEMA	ANO
1.	PREPARO DA ÁREA		
	- Roçagem e limpeza da área - Balizamento - Piqueteamento - Coveamento - Mão-de-obra e insumos - Preparo de tutores	T ₁ a T ₈ T ₈	0
2.	AQUISIÇÃO DE MUDAS		
	- Compra de mudas + 10% + transporte	T ₁ a T ₈	0 a 3
3.	PLANTIO		
	- Abertura de covas	T ₁ a T ₈	0 a 3
	- Transporte interno		
	- Adubação		
	- Plantio		
	- Aplicação de herbicidas / fungicidas		
	- Replanteio		
	- Mão-de-obra e insumos		0 a 15
	- Terra		
4.	TRATOS CULTURAIS		
	- Roçada manual	T ₁ a T ₈	0 a 3
	- Coroamento		
	- Adubação de cobertura		
	- Controle fitossanitário		
	- Poda de formação de fuste/desbrota		
	- Desbaste / Desfolha	T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄ e T ₅	
	- Manejo de perfilhos	T ₁ , T ₂ , T ₃ , e T ₇	
	- Roçada mecânica	T ₃ e T ₇	1 a 15
	- Mão-de-obra e insumos	T ₁ a T ₈	1 a 15
5.	COLHEITA		
	- Colheita de grãos	T ₁ , T ₂ , T ₃ e T ₈	1 a 4
	- Colheita de cachos	T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₆ e T ₇	1 a 15
	- Colheita de frutos	T ₁ , T ₂ , T ₃ e T ₄	15
	- Colheita de madeira	T ₁ , T ₂ , T ₄ , e T ₅	
	- Mão-de-obra e insumos	T ₁ a T ₈	1 a 15

T₁: castanha-do-brasil–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₂: freijó–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₃: pupunha–banana–pimenta-do-reino–cupuaçu; T₄: castanha-do-brasil; T₅: freijó; T₆: pupunha; T₇: banana; e T₈: pimenta-do-reino.