

**Nutrientes e Biomassa em Sistemas
Agroflorestais com Ênfase no
Cupuaçuzeiro, em Solo
de Baixa Fertilidade**

Nutrientes e biomassa em ...
2001 FL-FOL8614



CPAA-8255-1

República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Onório Accarini
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Bonifácio Hideyuki Nakasu
Dante Daniel Giacomelli Scolari
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores-Executivos

Embrapa Rondônia

Newton de Lucena Costa
Chefe-Geral

Luiz Antônio Dutra de Resende
Chefe-Adjunto de Administração

Claudio Ramalho Townsend
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

Resumo.....	5
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	7
Resultados e Discussão.....	8
Conclusões.....	15
Agradecimentos	15
Referências Bibliográficas.....	15

Nutrientes e Biomassa em Sistemas Agroflorestais com Ênfase no Cupuaçuzeiro, em Solo de Baixa Fertilidade¹

Marília Locatelli²

Victor Ferreira de Souza³

Abadio Hermes Vieira⁴

Regina Caetano Quisen⁵

Resumo

O uso de sistemas agroflorestais é uma maneira de minimizar a degradação do solo causada pela agricultura de derruba e queima. Este trabalho teve por objetivo estudar modelos de sistemas agroflorestais apropriados às condições de solo de baixa fertilidade: A área experimental é localizada no estado de Rondônia, noroeste da Amazônia brasileira, latossolo amarelo, textura argilosa. O experimento foi composto pelos tratamentos: 1) castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) x cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*); 2) freijó-louro (*Cordia alliodora*) x cupuaçuzeiro; 3) pupunheira (*Bactris gasipaes*) x cupuaçuzeiro; 4) castanheira-do-Brasil; 5) freijó-louro e 6) pupunheira. Foram avaliadas as produções de frutos, o crescimento das essências florestais, a imobilização e a exportação de nutrientes e a capacidade de ciclagem de nutrientes nos sistemas. A partir dos resultados deste estudo, a castanheira-do-Brasil se mostrou boa opção para associar com cupuaçuzeiro em solos de baixa fertilidade; na formação de sistemas agroflorestais, tendo o cupuaçuzeiro como componente principal, onde o freijó-louro e a pupunheira estejam presentes, deve-se considerar a utilização de adubação química; a produção de serrapilheira no sistema castanheira x cupuaçuzeiro representou uma fonte de ingresso de nutrientes para a produção de frutos de cupuaçu; e a produção de biomassa aérea da castanheira-do-Brasil não foi afetada pela consorciação, enquanto a do freijó-louro sim.

Termos para indexação: Castanha-do-brasil, consórcio, freijó-louro, pupunha, agricultura de derruba e queima.

¹ Pesquisa parcialmente financiada com recursos do ASB/ICRAF.

² Eng. Florestal, D.Sc., Embrapa Rondônia, BR 364 km 5,5 Caixa Postal 406, CEP 78900-970, Porto Velho, RO. Fone: (69)222-0014, Fax: (69)222-0409. E-mail: marilia@cpafro.embrapa.br.

³ Eng. Agrôn, D.Sc., Embrapa Gado de Leite, Rua Eugênio do Nascimento, 610, Bairro Dom Bosco, CEP 36038-330, Juiz de Fora, MG. E-mail: victor@cnppl.embrapa.br.

⁴ Eng. Florestal, M.Sc., Embrapa Rondônia. E-mail: abadio@cpafro.embrapa.br.

⁵ Eng. Florestal, M.Sc., Embrapa Amazônia Ocidental, Caixa Postal 319, CEP 69011-970, Manaus, AM. E-mail: rquisen@cpaa.embrapa.br

Biomass and Nutrient Production of Agroforestry Systems with Emphasis on *Theobroma grandiflorum* Schum. Cultivated in Low Fertility Soils

Abstract

The use of agroforestry systems is one way to minimize soil degradation caused by slash and burn agriculture. This research investigated agroforestry systems models for areas of low fertility soils. The experimental area is located in the state of Rondônia, western of Brazilian Amazon region, in a clayey oxisol. The following treatments were tested in the experiment: 1) brazil nut (*Bertholletia excelsa*) x cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*); 2) *Cordia alliodora* x cupuaçu; 3) peach palm (*Bactris gasipaes*) x cupuaçu; 4) brazil nut; 5) cordia and 6) peach palm. Fruit production, timber growth, exportation, and immobilization of nutrients, and nutrient cycling were determined. From the results of this study, brazil nut appears as a good option to associate with cupuaçu in low fertility soils; chemical fertilization must be considered when associating cordia wood or peach palm with cupuaçu; brazil nut x cupuaçu system litter production represented a nutrient source for cupuaçu fruit production; association did not affected Brazil nut aerial biomass, while cordia wood was influenced.

Index terms: Brazil nut, association, *Cordia alliodora* timber, peach palm, slash and burn

Introdução

O intenso fluxo migratório para Rondônia, Brasil, especialmente nos anos 70 e 80, foi marcado por intenso desmatamento, com a ocupação subsequente destas áreas com culturas anuais, destacando-se arroz (*Oryza sativa*), milho (*Zea mays*) e feijão (*Phaseolus sp.*), e perene como café (*Coffea canephora*, *Coffea arabica*), cacau (*Theobroma cacao*) e, principalmente pastagens. Parte da área que é utilizada com culturas anuais permanece em pousio durante alguns anos, com o objetivo de corte e queima no futuro, e utilização com culturas anuais durante um curto período de tempo e, subsequentemente uso com culturas perenes e/ou pastagens. Este tipo de uso, normalmente causa degradação do solo, perda de matéria orgânica e nutriente, e rápida infestação por plantas daninhas, sendo a utilização dessas áreas com sistemas agroflorestais um modo alternativo de minimizar tais efeitos. Este sistema de uso do solo foi caracterizado como capaz de gerar benefícios econômicos para os produtores, além dos ecológicos para a área. Um número de benefícios para fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes, que são dependentes da ação dos sistemas radiculares, são esperados da combinação de árvores em sistemas de uso da terra. Schroth (1995) ressaltou alguns benefícios das árvores em sistemas agroflorestais, tais como: melhoria das propriedades físicas e químicas do solo através do aporte de matéria orgânica, preservação da biomassa no solo e melhor ciclagem de nutrientes através da produção de raízes; absorção de água e nutrientes, deste modo reduzindo perdas por lixiviação; extração dos nutrientes de camadas do subsolo abaixo da rizosfera; fixação do nitrogênio atmosférico.

Considerando que os solos na região amazônica são, em sua maioria, de baixa fertilidade, estudos que definem as condições mínimas necessárias para o estabelecimento de diferentes culturas nestes sistemas, as quais podem mostrar diferentes comportamentos em diferentes ambientes ecológicos da região, são considerados essenciais. Entre estes fatores, estão aqueles relacionados com ciclagem de nutrientes que visam elucidar a eficiência com a qual os minerais são absorvidos pelos diferentes componentes dos sistemas, bem como a capacidade das culturas de melhor absorver estes elementos e conservar sua produção.

O objetivo desta pesquisa é estudar modelos de sistemas agroflorestais apropriados para solos de baixa fertilidade no trópico úmido, com ênfase em *Theobroma grandiflorum* Schum (cupuaçu), bem como aumentar o entendimento da dinâmica de nutrientes nestes sistemas. A hipótese era que se condições ecológicas das plantas do trópico úmido são caracterizadas pela heterogeneidade, então plantando espécies que diferem em forma, altura, e tipo, menor risco ecológico e maior índice de utilização do solo pode ser obtida.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em fevereiro de 1987, no campo experimental da Embrapa Rondônia localizado em Machadinho d'Oeste, Rondônia, Brasil (9°30NS 62°10NW), cujo clima é definido como Am (Köppen) (Bastos e Diniz, 1982), com temperatura e precipitação anual média de 25,5°C e 2400 mm, respectivamente. O relevo da região é plano e a altitude é 130 metros s.n.m. O solo da área experimental pode ser classificado como Latossolo Amarelo, textura argilosa, cuja vegetação original era floresta equatorial primária.

As seguintes combinações de culturas foram testadas em delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições: 1) castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) x cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum); 2) freijó-louro (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon) Oken) e cupuaçu; 3) pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K.) x cupuaçu; 4) castanha-do-Brasil solteira;

5) freijó-louro solteiro e 6) pupunha solteira. A seleção das espécies foi em razão de serem amplamente plantadas na região. Não foi planejada para compor o experimento uma parcela solteira de cupuaçu, porque a espécie necessita de sombra de proteção de outras culturas (banana, mandioca, etc) nos primeiros dois anos (Muller et. al, 1995).

O preparo da área foi feito através de derrubada e queimada da mata, rebaixamento/encoivramento e logo após nova queimada. No plantio todas as espécies receberam 100 g de superfosfato simples. As espécies florestais foram avaliadas quanto à altura e DAP (diâmetro a 1,30m do solo) e as outras espécies quanto à produção. Foram realizadas amostragens de solo antes e depois da queima (antes do plantio). Essas amostras foram analisadas conforme a seguinte metodologia: pH em água 1:2,5; Ca, Mg e Al extraídos por KCl 1N, enquanto P e K foram extraídos pelo extrator Mehlich 1. As determinações foram feitas pelo método de colorimetria para P (Murphy & Riley, 1962), por fotometria de chama (K) e titulação com EDTA 0.0125 N (Ca + Mg).

As características químicas do solo foram pH = 3.3 e 4.2; Ca + Mg = 0.84 e 0.87 cmol_c/dm³; K = 0.12 e 0.15 cmol_c/dm³; Al = 2.10 e 0.73 cmol_c/dm³; P = 3.4 e 1.5 mg/dm³, antes e depois da queima respectivamente.

Entre 1995 e 1997, foram realizadas amostragens para análise da biomassa e conteúdo de nutrientes na serrapilheira, sendo duas no período seco e duas no período das chuvas. As amostras compostas foram formadas da varredura de 3 amostras simples do total de resíduos orgânicos contidos em esquadros (1 m²) coletadas ao acaso dentro de cada parcela. O material foi então submetido à secagem em estufa a 66° C até peso constante, para cálculo do peso da matéria seca, e posterior análise de macronutrientes em amostras menores.

A estimativa da taxa de decomposição anual de matéria seca da serrapilheira foi calculada usando dados de kg/ha da biomassa seca da liteira aplicando a fórmula: estimativa de decomposição anual = [(primeira coleta + terceira coleta) - (segunda coleta + quarta coleta)]/2.

Realizaram-se coletas trimestrais de folhas, num total de sete. O material coletado foi submetido à secagem em estufa a 66°C, até peso constante, e analisado os teores de macronutrientes. Foram amostrados também frutos de pupunha e cupuaçu para análise química dos mesmos. As análises químicas da serrapilheira, folhas e frutos foram efetuadas de acordo com os seguintes métodos: nitrogênio (Kjeldahl), P, K, Ca e Mg (digestão com ácido nítrico e perclórico), determinação por titulação (Ca e Mg), colorimetria (P) (Murphy & Riley, 1962), e fotometria de chama (K).

Biomassa verde da parte aérea do freijó e castanha-do-brasil (kg/árvore) foi calculada usando a equação: $y = 42.69 - 12.8 \times D + 1.242 \times D^2$ (FAO, 1997), onde y = biomassa em kg/árvore e D = DAP

Resultados e Discussão

A produção do cupuaçuzeiro iniciou-se três anos após o plantio, safra 89/90, aumentou até as safras 92/93 e 93/94, declinou nas duas seguintes, aumentou na safra 96/97, que foi estatisticamente igual às de 92/93 e 93/94, e declinou, de forma drástica, na safra 97/98, quando foi estatisticamente igual à segunda safra, estágio no qual as plantas ainda estavam em crescimento (Tabela 1). As reduções de produção ocorreram, provavelmente, devido ao atraso no período chuvoso que acarretou grande aborto de flores nos meses de outubro e novembro dos anos de 1994, 1995 e, principalmente, 1997 (fenômeno "el niño").

Marques e Ferreira (1995) ao estudarem o consórcio do cupuaçuzeiro com espécies florestais, também observaram grande susceptibilidade dessa cultura à estiagem no período de floração, provocando queda da produção de frutos neste período. Na comparação safra a safra, a produção do cupuaçuzeiro associado à castanheira foi sempre igual ou superior àquelas em que a planta estava associada com o freijó-louro ou com a pupunheira, exceção feita à safra 96/97, quando a produção do cupuaçuzeiro associado ao freijó-louro foi superior aos demais tratamentos (Tabela 1). À exceção da safra 96/97, a produção do cupuaçuzeiro associado à pupunheira foi estatisticamente igual àquelas em que a planta estava associada ao freijó-louro. No que concerne à produção acumulada, a consorciação da cultura com a castanheira foi superior estatisticamente às demais, onde o consórcio cupuaçu/pupunha obteve menores valores de produção (Tabela 1). As informações contidas no "Sistema de produção de cupuaçu para Porto Velho e adjacências" (EMATER, 1995) permitem considerar como muito bom, as produções de 2.216 a 3.324 kg/ha, a partir do quinto ou sexto ano após o plantio. Assim sendo, pode-se considerar que os rendimentos obtidos no sistema cupuaçuzeiro x castanheira como excelentes, pois rendimentos inferiores a estes só foram obtidos nos anos em que ocorreram condições climáticas adversas.

A produção da pupunheira iniciou-se quatro anos após o plantio, safra 91/92, aumentou nas duas safras seguintes, quando passou a alternar baixos e altos rendimentos (Tabela 1). Não se observou, como no cupuaçuzeiro, efeito das condições climáticas nas produções entre safras. O que se constatou foi uma clara tendência à alternância de safras, bastante comum em plantas tropicais e subtropicais, como o abacateiro (Simão, 1998) e o cafeeiro (Matiello, 1986). Quanto à produção acumulada, não se observou diferença estatística entre os dois tratamentos.

Tabela 1. Produção de frutos de cupuaçu, colheita 89/90 até 97/98, associado com castanha-do-brasil, freijó-louro, pupunha e colheita 91/92 até 97/98 de produção de pupunha em associação com cupuaçu e monocultivo - Machadinho d'Oeste, RO, Brasil. 1999 (Ano do plantio = 1987).

Colheita	Cupuaçu (kg/ha)				Pupunha (kg/ha)					
	Com castanha-do-brasil		Com freijó-louro		Com pupunha		Média	Com cupuaçu	Monocultivo	Média
1989/90	266 d	A	144 d	A	241 c	A	217 d			
1990/91	781 d	A	165 d	A	505 bc	A	484 cd			
1991/92	2481 bc	A	737 cd	B	912 abc	B	1377 b	3319	3159	3239 c
1992/93	3032 ab	A	1937 bc	B	1936 a	B	2302 a	8407	6972	7690 ab
1993/94	4062 a	A	2421 b	B	1722 ab	B	2735 a	10536	8977	9757 a
1994/95	1250 cd	A	1250 bcd	A	592 bc	A	1031 bc	5350	4442	4896 bc
1995/96	1296 cd	A	915 cd	A	860 abc	A	1024 bc	8034	7790	7912 ab
1996/97	2628 b	B	3691 a	A	1340 abc	B	2553 a	5409	5781	5595 bc
1997/98	470 d	A	812 cd	A	170 c	A	484 cd	4501	9151	6826 abc
Produção acumulada (kg/ha)	16266	A	12072	B	8278	C		45556 A*	46272 A	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na coluna, ou maiúscula na linha, não são diferentes pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. *Produções médias de pupunha são comparadas entre elas (monocultivo e com cupuaçu).

Baseado na biomassa aérea estimada pela equação da FAO (1997), observa-se que a consorciação não influenciou o crescimento da castanheira-do-Brasil, enquanto o do freijó-louro foi reduzido em quase um terço pelo efeito da consorciação (Tabela 2). Embora a castanheira-do-Brasil tenha apresentado maiores alturas e diâmetros, aos 108 meses após o plantio, a biomassa da parte aérea do freijó-louro foi maior, pois a densidade de árvores era quatro vezes superior (Tabela 2). Os crescimentos em altura e diâmetro das duas espécies estão de acordo com os encontrados na literatura (Yared et al. (1993) e Johson e Morales (1972) citados por Yared et al. (1986)). A menor taxa de sobrevivência do freijó-louro consorciado (Tabela 2) não pode ser explicada, pois a morte de plantas concentrou-se nos primeiros anos do plantio, quando ainda não havia uma interação competitiva entre os componentes dos sistemas (dados não apresentados).

Observa-se na Tabela 3 que o acúmulo de biomassa de serrapilheira apresentou comportamento diferenciado tanto entre os tratamentos como entre os períodos de coleta. A biomassa seca de serrapilheira nas parcelas onde houve consorciação de espécies (Trat 1, 2 e 3) foi estatisticamente superior às parcelas solteiras (Trat 4, 5 e 6) nos períodos úmidos (2ª e 4ª coletas) e na média geral. A quantidade média de resíduos orgânicos avaliada na primeira coleta (período seco de 1995) foi significativamente superior às demais coletas. Esta diferença se deve possivelmente ao prolongado período de estiagem anterior àquele período, com conseqüente maior deposição e menor taxa de decomposição da serrapilheira (Tabela 3). Teixeira et al. (1994) ao estudarem um agroecossistema de seringueira com cacauzeiro de 15 anos, encontraram um estoque médio anual de serrapilheira na superfície do solo de 6760 kg/ha, com maiores concentrações nos meses de agosto a dezembro. Os maiores estoques nestes meses corresponderam ao período de maior deposição de resíduos vegetais e de menor precipitação. Este mesmo comportamento foi observado por Dantas (1986) em serrapilheira de floresta primária e capoeira. O autor considerou esta maior deposição como consequência de maior queda de material orgânico ou menor taxa de decomposição no período de seca ou ainda à combinação destes dois fatores. Santana et. al. (1985) mencionam que a velocidade de decomposição da serrapilheira é uma função logarítmica do tempo de exposição dos resíduos. Boyer (1973) relata que ao final de um ano, aproximadamente 75% da massa foliar que integra a serrapilheira encontra-se decomposta.

Subtraindo-se as biomassas dos tratamentos 1 e 4; 2 e 5; e 3 e 6, obteve-se 3008, 1834 e 1554 kg/ha, de provável contribuição do cupuaçuzeiro na serrapilheira decomposta, nos sistemas com castanheira, freijó-louro e pupunheira, respectivamente (Tabela 3).

O freijó-louro solteiro apresentou as maiores concentrações de nutrientes na serrapilheira, com exceção do P. O mesmo resultado foi encontrado no sistema cupuaçuzeiro x freijó-louro quando se compara apenas os sistemas consorciados (Tabela 4). Por outro lado, o sistema com maior capacidade de liberação de nutrientes foi aquele em que o cupuaçuzeiro estava consorciado com a castanheira, à exceção do K (Tabela 4). Isto foi decorrente de, apesar da maior concentração de nutrientes estar associada à presença do freijó-louro, o sistema com a castanheira possuir a maior taxa estimada de decomposição de serrapilheira.

O conteúdo dos macronutrientes das folhas em todas as espécies é apresentado na Tabela 5. Os teores foliares para as espécies analisadas, apresentaram a seguinte ordem: $N > K > Ca > Mg > P$, com exceção do cupuaçuzeiro, cuja ordem foi $N > Ca > K > Mg > P$.

Os resultados da análise foliar de macronutrientes (Tabela 5) foram similares aos citados na literatura quanto aos teores de P, K, Mg e Ca em folhagem de freijó-louro e pupunheira. No entanto, as concentrações de nitrogênio para estas duas espécies, foram superiores a outros registros, os quais não ultrapassaram 30 g/kg de N em freijó-louro e 27,6 g/kg para a pupunheira (Alpizar et al., 1985; Torraca et al., 1984).

Tabela 2. Altura, DAP (diâmetro a altura do peito), sobrevivência, e biomassa acima do solo de castanha-do-brasil e feijó-louro como monocultura e associado com cupuaçu. Machadinho d'Oeste, RO, Brasil. 1999 (108 meses após plantio).

	Castanha-do-brasil		Feijó-louro	
	Monocultura	Associação	Monocultura	Associação
Altura (m)	18.6	19.1	13.6	12.9
DAP (cm)	28.8	30.0	22.1	19.8
Sobrevivência (%)	94	88	94	84
Biomassa acima do solo (kg/ha)	46 123	47 603	95 532	64 320

Tabela 3. Biomassa seca da liteira dos períodos secos (1995 e 1996) e períodos úmidos (1996 e 1997). Machadinho d'Oeste, RO, Brasil. 1999

Tratamentos	Primeira coleta (1995)	Segunda coleta (1996)	Terceira coleta (1996)	Quarta coleta (1997)	Média	Decomposição anual*
Castanha-do-brasil X cupuaçu	7192	2652 a	3767	3537 a	4287 a	2385
Feijó-louro X cupuaçu	4437	1997 ab	2947	2236 abc	2904 abc	1576
Pupunha X cupuaçu	5069	2750 a	3509	3329 ab	3654 ab	1250
Castanha-do-brasil solteira	1132	794 b	2273	915 c	1279 cd	848
Feijó-louro solteiro	2038	422 b	1273	548 c	1070 d	1171
Pupunha solteira	3569	1470 ab	1724	1637 bc	2100 bcd	1093
Média	3906 A	1680 B	2582 B	2034 B		

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, ou maiúscula na linha, não são diferentes pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

* Estimativa anual de decomposição = [(primeira coleta + terceira coleta) - (segunda coleta + quarta coleta)]/2.

Tabela 4. Teores médios de N, P, K, Ca e Mg, em g/kg, na biomassa de serrapilheira e estimativa de liberação anual de nutrientes pela biomassa de serrapilheira, em kg/ha, baseada na decomposição anual desta e na concentração média desses nutrientes na serrapilheira. Machadinho d'Oeste, RO, Brasil. 1999

Tratamentos	N		P		K		Ca		Mg	
	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha
Castanha-do-brasil X cupuaçu	22.12	52.8	0.83	2.0	3.60	8.6	12.88	30.7	3.97	9.5
Freijó-louro X cupuaçu	26.26	41.4	0.95	1.5	7.35	11.6	15.08	23.8	5.41	8.5
Pupunha X cupuaçu	18.67	23.3	0.97	1.2	2.05	2.6	13.32	16.6	3.84	4.8
Castanha-do-brasil solteira	19.40	16.5	0.71	0.6	3.00	2.5	11.59	9.8	3.64	3.1
Freijó-louro solteiro	30.75	36.0	1.07	1.3	11.42	13.4	17.45	20.4	6.83	8.0
Pupunha solteira	19.94	21.8	1.39	1.5	3.04	3.3	12.66	13.8	3.72	4.1

Tabela 5. Teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas das quatro espécies componentes dos sistemas agroflorestais. Machadinho d'Oeste, RO, Brasil. 1999

Espécie	Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg
		g/kg				
Castanha	associado	26.67	1.46	6.90	7.04	2.45
	solteiro	28.16	1.42	7.80	6.75	2.78
Freijó	associado	37.71	2.10	19.23	13.41	4.70
	solteiro	39.44	1.97	19.89	13.04	4.72
Pupunha	associado	33.78	2.00	10.05	6.42	3.04
	solteiro	34.22	2.00	10.96	6.09	2.99
Cupuaçu	com castanha	21.16	1.17	3.78	6.17	2.73
	com freijó	21.94	1.17	5.41	5.42	2.43
	com pupunha	22.19	1.19	4.96	5.68	2.36

As concentrações de todos os nutrientes para a castanheira, encontram-se dentro da faixa obtida para outras espécies florestais de valor econômico da região amazônica (Oliveira e Guitton, 1996). Devido à escassez de informações referente a estudos nutricionais do cupuaçuzeiro, tem-se utilizado como referência dados de *T. cacao*, cultura mais estudada. Assim, considerando-se os teores (g/kg) encontrados em plantas de cacau (N - 28,0; P - 2,0; K - 33,0; Ca - 3,0 e Mg - 4,0) observa-se que nas folhas de cupuaçuzeiro, o N, P, K e Mg situaram-se abaixo desta referência e o Ca acima dela.

Dentre os sistemas consorciados, o cupuaçuzeiro x freijó-louro foi o que apresentou a maior quantidade total de nutrientes exportados (Tabela 6). Possivelmente as quantidades imobilizadas nos estipes da pupunheira fossem elevadas, o que aumentaria substancialmente as quantidades de nutrientes requeridos pelo sistema, mas não foram avaliadas.

Tabela 6. Estimativas das quantidades, em kg/ha, de N, P, K, Ca e Mg exportados pelos frutos de cupuaçu e cachos de pupunha e imobilizados nos caules de castanha-do-Brasil e freijó-louro durante o período de 108 meses após plantio. Machadinho d'Oeste, RO, Brasil.1999.

Tratamento	Parte da planta	N	P	K	Ca	Mg
		Kg/ha				
Castanha-do-brasil x cupuaçu	Fruto	66.7	10.4	56.2	5.6	9.4
	Biomassa acima do solo	154.7	12.4	104.7	120.0	28.6
	Total	221.4	22.8	160.9	125.6	38.0
Freijó x cupuaçu	Fruto	49.5	7.7	41.7	4.1	7.0
	Biomassa acima do solo	411.7	19.9	164.7	440.6	92.6
	Total	461.2	27.6	206.4	444.7	99.6
Pupunha x cupuaçu	Fruto	34.0	5.3	28.6	2.8	4.8
	Cachos	202.7	16.1	103.6	22.6	11.1
	Total	236.7	21.4	132.2	25.4	15.9
Castanha-do-brasil solteira	Biomassa acima do solo	163.7	11.5	95.9	124.5	26.3
Freijó solteiro	Biomassa acima do solo	702.2	32.5	291.4	597.1	163.4
Pupunha solteira	Cachos	205.9	16.3	105.2	23.0	11.3

Quando se compara as exigências nutricionais dos sistemas com a capacidade estimada de ciclagem de nutrientes, observa-se que o sistema castanheira x cupuaçuzeiro apresentou as melhores condições de sustentabilidade. Este sistema requereu menor quantidade de nutrientes que o freijó-louro x cupuaçuzeiro e apresentou ciclagem mais elevada. No outro extremo encontra-se o sistema pupunheira x cupuaçuzeiro, com requerimentos nutricionais próximos aos da castanheira, à exceção de Ca e Mg, sem se levar em conta os estipes, mas com capacidade de ciclagem bastante inferior. Há de se levar em conta, também, as profundidades de solo explorado pelas essências florestais. A castanheira com sistema radical profundo, além da maior possibilidade de ciclar nutrientes, competiria menos por água e nutrientes com o cupuaçuzeiro. A pupunheira, com sistema radical superficial competiria diretamente com o cupuaçuzeiro por água e nutrientes (Vandermeer, 1977). O sistema radical da pupunha pode se estender até 5 m de distância da árvore, concentrando 75% do volume radical na área de projeção da copa, atingindo 2 m de profundidade (Vandermeer, 1977). O freijó-louro com sistema radical intermediário, competiria menos que a pupunheira e mais que a castanheira por água e nutrientes com o cupuaçuzeiro.

O sistema de uso da terra pelos pequenos produtores da Amazônia brasileira é caracterizado por ser de baixos insumos. Desta forma, o sistema castanheira x cupuaçuzeiro seria o mais recomendável para exploração na região. O sistema freijó-louro x cupuaçuzeiro, apresenta grandes possibilidades de exploração comercial, necessitando de estudos de nutrição mineral para compensar a exportação de nutrientes pelos frutos de cupuaçu. Já o sistema pupunheira x cupuaçuzeiro necessitaria, também, de estudos de nutrição da pupunheira ou diminuição da densidade de plantio desta para reduzir a exportação de nutrientes por seus cachos.

Conclusões

Nas condições em que foi conduzido o trabalho, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- A castanheira-do-Brasil apresentou grande potencial de consorciação com o cupuaçuzeiro em solos de baixa fertilidade.
- Na formação de sistemas agroflorestais, tendo como componente principal o cupuaçuzeiro, onde o freijó-louro e a pupunheira estejam presentes, deve-se considerar utilização de adubação química.
- A produção de serrapilheira no sistema castanheira x cupuaçuzeiro representou uma fonte de ingresso nutrientes para a produção de frutos de cupuaçu.
- A produção de biomassa aérea da castanheira-do-Brasil não foi afetada pela consorciação, enquanto a do freijó-louro sim.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro parcial desta pesquisa recebido através do Programa Alternativas para Agricultura de Derruba e Queima (ASB- Alternatives for Slash and Burn Programme/ICRAF).

Referências Bibliográficas

- ALPIZAR L; FASSBENDER H. W; HEUVELDOP J.; ENRIQUEZ G.; FOLSTER H. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con Laurel (*Cordia alliodora*) y con Poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I. Biomassa y reservas nutritivas. **Turrialba**, v.35, p. 233-242, 1985.
- BASTOS, T. X.; DINIZ, T. D. de A. S. **Avaliação do clima do estado de Rondônia para desenvolvimento agrícola**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 28p. (EMBRAPA.CPATU. Boletim Técnico, 44).
- EMATER. **Sistema de produção de cupuaçu para Porto Velho e adjacências**. Porto Velho: EMATER/SEAGRI/EMBRAPA, 1995. 32 p.
- BOYER, J. Cycles de lamatière organique et des éléments minéraux dans une cacaoyère camerounaise. **Café Cacao Thé**: n.17, p. 3-24, 1983.

DANTAS, M. Produção de "litter" e seu conteúdo de nutrientes em floresta primária e capoeira da Amazônia Oriental. In: Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia Oriental. Relatório final do Convênio EMBRAPA-CPATU/GTZ. Belém: EMBRAPA-CPATU/GTZ, 1986. p. 147-162. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 40).

FAO. Estimating biomass and biomass change of tropical forests – A primer. 1997. 55 p. Forestry Paper, 134.

MARQUES, L. C. T.; FERREIRA, C. A. P. Sistema agroflorestal em área alterada pela agricultura de subsistência na rodovia Santarém-Cuaibá, Pará: estudo de caso. In: MANEJO E REABILITAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E FLORESTAS SECUNDÁRIAS NA AMAZÔNIA: WORKSHOP INTERNACIONAL. Anais... Santarém: USDA, 1995. p. 25-34.

MATIELLO, J. B. Fatores que afetam a produtividade do café no Brasil. In: Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade: SIMPÓSIO SOBRE FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 1-11.

MULLER, C. H.; FIGUEIREDO, F. J. C; NASCIMENTO, W. M. O. do; GALVÃO, E. U. P; STEIN, R. L. B.; SILVA, A. de B.; RODRIGUES, J. E. L. F.; CARVALHO, J. E. U. de; NUNES, A. M. L.; NAZARÉ, R. F. R. de; BARBOSA, W. C. **A cultura do cupuaçu.** Brasília: EMBRAPA-SPI; Belém: EMBRAPA-CPATU, 1995. 61 p.

MURPHY, J; RILEY, J. P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta** v. 27, p. 31-36, 1962.

OLIVEIRA, L. A. de ; GUITTON T. L. Relação de concentrações de nutrientes em cinco espécies florestais nativas em um solo podzólico da Amazônia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 12., Manaus, 1996. **Anais...** Manaus: SBSCS, 1996. p. 568-569.

SANTANA M. B. M., CABALA-ROSAND P.; SERÔNIO M. H. Reciclagem de nutrientes em agroecossistemas de cacau. **Agrotrópica**, v. 2, p. 68-74, 1990.

SCHROTH, G. Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. **Agroforestry Systems**, v. 30, p.125-143, 1995.

SIMÃO S. **Tratado de fruticultura.** Piracicaba: FEALQ, 1998. 760 p.

TEIXEIRA, L. B.; BASTOS, J. B.; OLIVEIRA, R. F. de. **Biomassa vegetal em agroecossistema de seringueira consorciada com cacauzeiro no nordeste paraense.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 15p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 153).

TORRACA, S. M. L. A; HAAG, H. P.; DECHEN A. R. Nutrição mineral de fruteiras tropicais. I. Sintomas de carências nutricionais em pupunha. **O Solo**, v.76, p.53-56, 1984.

VANDERMEER, J. Observations on the root systems of the pejibaye palm (*Bactris gasipaes* HBK) in Costa Rica. **Turrialba**, v.27, p.239-242, 1977.

YARED J.A G., FERREIRA M.; KAGEAMA P.Y.; QUEIROZ W.T. Comparação entre os crescimentos de *Cordia alliodora* e *Cordia goeldiana* no planalto do Tapajós, Belterra PA. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém 1984. **Anais...** Belém: EMBRAPA CPATU, 1986. v.2, p.301-306. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36).

YARED J.A.G; KANASHIRO,M., VIANA L.M, CASTRO T.C.A DE; PANTOJA, J.R. DE S. Comportamento Silvicultural de Castanheira (*Bertholletia excelsa* HBK) em diversos locais da Amazônia In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba-PR. **Anais...** Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. v.2, p.416-419.