

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS
DE CACAU NO SUL DA BAHIA

ALEXANDRE GOMES FONTES

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
Fevereiro – 2006

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS
DE CACAU NO SUL DA BAHIA**

ALEXANDRE GOMES FONTES

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Antonio Carlos da Gama-Rodrigues

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do **CCTA / UENF** 00/2006

Fontes, Alexandre Gomes fontes
Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia/ Alexandre Gomes Fontes. – 2006.
00 f.

Orientador: Antonio Carlos da Gama-Rodrigues
Dissertação (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2006.
Bibliografia: f. 00 - 00.

1. 2. 3. 4. 5.
I. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD -

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS
DE CACAU NO SUL DA BAHIA

ALEXANDRE GOMES FONTES

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”.

Aprovada em 15 de fevereiro 2006.

Comissão Examinadora:

Prof^a. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues (Ph.D.,Ciência do solo) – UENF
Co-Orientador

Regina Cele Rebouças Machado (Ph.D., Fisiologia Vegetal) – Almirante Cacau

Manfred Willy Müller (Ph.D., Fisiologia Vegetal) – CEPEC/CEPLAC

Prof. Antonio Carlos da Gama-rodrigues (D.Sc., Ciência do solo) – UENF
Orientador

“Tudo posso naquele que me fortalece”.

Aos meus pais, Jacymar e Rosa Cléa, pela vida, carinho, apoio e dedicação, para que eu pudesse alcançar meus objetivos. A minha querida esposa, Patrícia, pelo amor, companheirismo, paciência e apoio em todos os momentos.

DEDICO E OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus que iluminou toda a minha caminhada e amparou-me nos momentos difíceis.

À Escola Agrotécnica Federal de Colatina pela liberação para realização do doutorado.

À UFRRJ – Campus Dr. Leonel Miranda e seus funcionários, pela liberação para realização do doutorado e todo o apoio e amizade.

À UENF pela oportunidade de realização do curso e ao Centro de Estudos Almirante Cacau, pelo apoio financeiro para a realização dos experimentos, e em especial a pessoa da pesquisadora Dr^a Regina Cele Reboças Machado.

À CEPLAC/CEPEC, pelo local para realização do experimento e em especial a pessoa do pesquisador Manfred Willy Müller.

Ao Professor Antonio Carlos da Gama-Rodrigues, pela confiança, pelo apoio e, principalmente, pela ótima convivência e amizade durante a realização deste trabalho.

À Professora Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues pelas sugestões apresentadas para a melhoria desta tese e apoio.

Às técnicas do laboratório de solo da UENF, Vanilda e Kátia, pelo grande apoio nos trabalhos de laboratório, os quais foram imprescindíveis para a realização do experimento.

A todos os amigos do laboratório e da UENF pelo ótimo convívio.

À Dsc. Patrícia Soares Furno Fontes, pelo apoio nos trabalhos de laboratório, pelo incentivo e pela paciência.

Aos bolsistas Munique e Rafael, pelo apoio nos trabalhos Laboratório.

Aos meus pais, Jacymar e Rosa Cléa, que foram o alicerce para eu chegar até aqui.

Aos meus irmãos, Martha, Rosita, Virginia e Jacymar Filho; aos meus cunhados, Paulo, Paula e Maria Theresa; aos meus sobrinhos, Paulo, Mariana, Guilherme, Rayza, Caio, Isadora, Lorena, Larissa e Enzo, e aos amigos de sempre, Valdir e Agilberto, Emanuel e Douglas, que torceram por mim.

A Minha sogra, dona Carmem, que sempre me incentivou.

A todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse realizar este doutorado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Ciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacau.....	4
2.2. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais.....	7
2.3. Capital de nutrientes: nitrogênio e fósforo.....	9
2.4. Decomposição de resíduo arbóreo	11
2.5. Manejo da decomposição e uso eficiente de nutrientes	11
2.6. Absorção de nutrientes do subsolo.....	13
3. ARTIGO Nº 1	14
Estoques de Carbono e Nutrientes nos solos sob diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia	
4. ARTIGO Nº 2	33
Qualidade e quantidade de serapilheira acumulada em diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia	
5. ARTIGO Nº 3	46
Qualidade e aporte de serapilheira em diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia	
6. ARTIGO Nº 4	67
Ciclagem e balanço de nutrientes em diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia	
7. RESUMO E CONCLUSÕES	91
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	92

RESUMO

FONTES, ALEXANDRE GOMES, D. Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, janeiro de 2006. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia. Orientador: Prof. Antonio Carlos da Gama-Rodrigues. Co-orientador: Prof^a. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

Avaliou-se diferentes modelos de sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia, com sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com cobertura de leguminosas. Efetuou-se o estudo em 10 áreas localizadas em diferentes zonas da região cacauzeira da Bahia, consistindo em cinco áreas em solos Cambissolo, localizadas no município de Itajuípe, e cinco áreas de solo Latossolo, no município de Uruçuca. O objetivo do trabalho foi caracterizar os níveis de fertilidade dos solos e seus respectivos estoques de nutrientes, a qualidade e quantidade de serapilheira acumulada e a qualidade e o aporte de serapilheira, em diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia. Os níveis de fertilidade dos solos sob diferentes coberturas de cacau e mata natural variou de baixo a médio nos latossolos e médio a alto nos cambissolos, em todas as camadas analisadas para todas as coberturas vegetais. O nível de fertilidade dos Cambissolos foi bem superior ao dos Latossolos, independente do tipo de cobertura vegetal. Os teores de C no grupo dos Latossolos foram superiores aos dos Cambissolos. O conteúdo de nutrientes disponíveis em cada camada avaliada variou em função dos níveis de fertilidade e da densidade aparente. A matéria seca total na serapilheira acumulada dos

sistemas florestais instalados nos latossolos foram superiores aos instalados nos cambissolos. A área de mata apresentou valores da serapilheira acumulada igual ou inferior aos sistemas agroflorestais com cacau. As folhas e as estruturas fragmentadas são os principais componentes, representam de 59 a 80 % da serapilheira acumulada. Os sistemas agroflorestais com cacau se caracterizam como um sistema conservacionista do carbono orgânico e dos nutrientes do solo e da serapilheira acumulada, com maior reserva de nutrientes em relação à mata natural, dependendo do manejo adotado. As folhas constituem a fração mais significativa, pois representam 78% do folheto e contribuem com mais de 70% do conteúdo total dos nutrientes. A produção anual de folheto dos agrossistemas florestais variou durante o período de avaliação e apresentaram maior aporte de resíduos após os períodos de menores precipitações. As concentrações de nitrogênio e fósforo são mais elevadas nas folhas das árvores de sombra, principalmente as leguminosas, ocorrendo o inverso para as concentrações de Mg e Ca, exceto para o Ca nas coberturas de eritrina tecnicamente formadas. Os sistemas agroflorestais de cacau apresentaram similaridade nas taxas de ciclagem bioquímica nas folhas de cacau e apresentaram variações nas taxas de ciclagem biogeoquímica nas folhas de sombra e cacau. A taxa de ciclagem bioquímica exerce forte influência sobre a qualidade nutricional das folhas de cacau da serapilheira acumulada. As taxas de liberação de nutrientes pela ciclagem biogeoquímica da serapilheira variou entre os sistemas agroflorestais avaliados. O balanço de nutrientes para a produção de 1000 kg de sementes secas, foi positivo em todos os sistemas avaliados, e a quantidade de nutrientes na serapilheira e cascas de cacau são relevantes para manutenção do potencial produtivo do sistema.

ABSTRACT

FONTES, ALEXANDRE GOMES, D. Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, janeiro de 2006. Nutrient cycling in agroforestry systems of cacao in the south of Bahia. Advisor: Antonio Carlos da Gama-Rodrigues

Different agroforestry models of cacao were evaluated, in the south of Bahia, with traditional systems of cultivation and clonal gardens with different spacings: cacao planted under thinned forest or “cabruca” and cacao planted with a layer of leguminous plants. The study was done in ten areas located in different zones of the cocoa region of Bahia, consisting in five areas in inceptisol soil located in the municipal district of Itajuípe, and five areas of latosol soil, in the municipal district of Uruçuca. The objective of the work was to characterize the levels of fertility of the soils and its respective reserves of nutrients, the quality and quantity of litter storage and the quality and the input of litter, in different agroforestry systems of cacao in the south of Bahia. The levels of fertility of the soils under different layers of cacao and natural forest varied from low to medium on the latosols and from medium to high on the inceptisols, on all analyzed layers for all the vegetation. The level of fertility of the inceptisols was greater than the level of fertility of the latosols, independent of the type of vegetation. The content of C in the group of latosols was greater than in the group inceptisols. The content of available nutrients in each evaluated layer varied as a function of the levels of fertility and apparent density. The total dry matter in the litter storage of forestry systems

installed on the latosols was greater than the ones installed on the inceptisols. The forest area presented values of litter storage equal or minor than the values of the agroforestry systems of cacao. Leafs and fragmented structures are the main components, representing from 59 to 80% of litter storage. The agroforestry systems with cacao are characterized as a conservationist system of organic carbon, soil nutrients and litter storage, with a greater nutrient reserve than the natural forest, depending on the management used. The leafs constitute the most significant fraction, because it represents 78% of leaf litter and contribute with more than 70% of the total content of nutrients. The agroforestry systems annual production of leaf litter varied during the evaluation period and presented greater input of residue after periods with less precipitation. The concentrations of nitrogen and phosphorus are more elevated in the leafs of trees of shade, especially the leguminous plants, the opposite occurring for the concentrations of Mg and Ca, except for the Ca on the technically formed layers of eritrina. The agroforestry systems of cacao presented similarity on the biochemical cycling rates in the cacao leafs and presented variations on the biogeochemical cycling rates in the leafs of shade and cacao. The biochemical cycling rate exerts a strong influence over the nutritional quality of cacao leafs from litter storage. The rates of nutrient liberation through the biogeochemical cycling of the litter varied between the agroforestry systems evaluated. The balance of the nutrients for a production of 1000 kg of dry seeds was positive on all evaluated systems, and the quantity of nutrients on the litter and on the barks of cacao are relevant to the maintenance of the systems productive potential.

1. INTRODUÇÃO

A introdução da cultura de cacau no Sudeste da Bahia data de 1746, quando sementes trazidas do Pará foram plantadas no município de Canavieiras, expandindo-se daí para diferentes zonas da região. A expansão inicial da cultura do cacau processou-se em solos de elevada e média fertilidade e que não apresentavam limitações físicas (Cabala-Rosand, 1996). Todavia, a limitada disponibilidade de áreas de solos com essas características tem induzido a expansão para áreas marginais onde predominam Oxisols ou Ultisols ácidos (Santana e Cabala-Rosand, 1984).

À semelhança do que ocorre em ecossistemas florestais, as reservas orgânicas e minerais em agrossistemas de cacau encontram-se na fitomassa, nas epífitas, na serapilheira e no próprio solo. Os agrossistemas de cacau, cabruca e tecnicamente formados constituem-se em um sistema conservacionista do solo, tanto pelo recobrimento total do terreno como pela densa camada de resíduos orgânicos (Santana et al., 1987).

No sistema de plantio, conhecido como "cabruca", conserva-se apenas uma parte selecionada das árvores da mata nativa, substituindo-se o sub-bosque por cacauzeiros, e devido às características de formação destes agrossistemas, pode-se ainda encontrar no sul da Bahia uma das maiores concentrações de árvores nativas do nordeste do Brasil (Vinha & Silva, 1982). Estima-se que 70% dos 6.800 km² de plantações de cacau ainda seja cabruca (Franco *et al.*, 1994).

Os plantios tecnicamente formados com eritrina, além de sua importância para a recuperação e conservação do solo, aumenta o aporte de nitrogênio no solo via fixação biológica e, desta forma, constitui-se em uma importante alternativa para implantação de novos sistemas agroflorestais de cacau em áreas ocupadas com outras culturas que apresentam baixa sustentabilidade do potencial produtivo, muitas destas em processo de degradação.

Os sistemas agroflorestais de cacau não devem ser considerados apenas como mais um sistema agrícola, pois a sua importância para a recuperação e conservação ambiental é muito grande na região cacauceira. Apesar da importância desses modelos de sistemas agroflorestais com cacau, poucos estudos têm sido realizados sobre a contribuição da ciclagem de nutrientes na manutenção de sua sustentabilidade produtiva, comparando-os com os sistemas florestais nativos, que apresentam alta imobilização de nutrientes na fitomassa e que exigem, para sua manutenção, elevadas quantidades de nutrientes que são supridos pelos processos de ciclagens, depois de certa fase de desenvolvimento, quando as florestas encontram-se em estágio clímax.

Os sistemas agroflorestais sempre devem ser particulares e específicos para uma determinada condição, por isso a pesquisa deverá principalmente indicar princípios que possam conduzir a essa especificidade (Benites, 1990).

A avaliação que se faz das áreas de uso agrícola e florestal em termos de sustentabilidade do ambiente ainda é precária. Uma visão inovadora que considere entradas e saídas de todo o sistema de produção e monitoramento do teor de nutrientes no solo, principalmente nas camadas superiores onde se concentram a maior parte das radículas, parece estar tomando consistência no intuito de estabelecer formas coerentes de avaliação da sustentabilidade do sistema.

Objetivou-se com este estudo, através de comparações com outros trabalhos já realizados em cabruca e em plantios tecnicamente formados com coberturas de eritrina, caracterizar a dinâmica e a magnitude de contribuição dos diversos compartimentos envolvidos nas interações entre os processos do sistema solo-planta, visando fornecer subsídios para o desenvolvimento de técnicas de manejo que otimizem o processo da ciclagem de nutrientes e promovam melhoria da fertilidade do solo, minimizando as necessidades do ingresso de insumos através de fertilizantes, maximizando sua eficiência para que

sejam ecológica e economicamente viáveis, considerando as variações inerentes a cada ecossistema florestal com cultivo de cacau.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais com cacau

O cacau, por se caracterizar como uma cultura de sub-bosque, seja sob floresta natural, seja sob floresta homogênea, constitui um agrossistema adequado para os estudos de ciclagem de nutrientes. Alguns trabalhos têm sido realizados procurando dar ênfase no ciclo da matéria orgânica e sua contribuição no fornecimento de nutrientes (Alpizar et al., 1986; Heuveldop et al., 1988; Fassbender et al., 1988). Todavia, a chuva constitui importante fonte adicional de nutrientes neste agrossistema, tanto pela sua composição natural (Leite & Valle, 1990; Gama-Rodrigues & Miranda, 1991a) como pela sua ação física através da lixiviação das folhas e do tronco (Aranguren et al., 1982; Santana & Cabala-Rosand, 1985; Gama-Rodrigues & Miranda, 1991a) e da serapilheira acumulada (Gama-Rodrigues & Miranda, 1991b).

Alguns mecanismos de conservação de nutrientes encontrados em florestas naturais são aplicados em agrossistemas de cacau. O sistema radicular do cacaueiro é relativamente superficial, apresentando, em média, 80% das raízes numa profundidade de 0-30 cm (Cadima & Alvim, 1973; Gama-Rodrigues & Cadima, 1991), sendo que as suas radículas se concentram entre 0 e 5 cm de profundidade (Kummerow et al., 1982). O seu sistema radicular varia entre 15% e 27% da biomassa total da planta (Thong & Ng, 1980; Aranguren et al., 1982).

Contudo, a biomassa de raízes finas do sistema como um todo (cacau + árvore de sombra) representa de 8,5% a 11% da biomassa do “stand” (Fassbender, 1993).

A acumulação da biomassa do cacauéiro é crescente até a fase madura. Nessa fase a sua taxa de acumulação torna-se constante, sendo que a maior produção de biomassa se concentra nos ramos (Thong & Ng, 1980; Alpizar et al., 1986). Contudo, material genético, manejo (com ou sem sombra) e as condições edafoclimáticas influem marcadamente na produção e distribuição da biomassa na cultura do cacau. O cacauéiro não sombreado apresenta uma biomassa bastante alta em relação ao cacauéiro sombreado (Thong & Ng, 1980). No entanto, deve-se considerar que a incidência de pragas é maior quando o cacauéiro não está sombreado e também tende a apresentar uma menor longevidade.

A espécie de árvore de sombra pouco influenciou na distribuição da biomassa da parte aérea do cacauéiro e na serapilheira acumulada, que foi de 9,9 Mg/ha na associação cacau-loureiro e de 11,8 Mg/ha na associação cacau-eritrina (Fassbender, 1993). Resultado similar também se observa para a produção de frutos, especialmente de sementes. Entretanto, a taxa decomposição da serapilheira na associação cacau-eritrina foi maior do que na associação cacau-loureiro, com reflexos na matéria orgânica do solo e, por conseguinte, na fertilidade do solo, particularmente do N (Fassbender, 1993).

Os cacauéiros da Venezuela, com sombreamento heterogêneo apresentam maior conteúdo de N total no solo e menor na serapilheira acumulada, em relação aos cacauéiros da Costa Rica. Uma característica semelhante entre os agrossistemas relatados foi que a perda do N pelas sementes é pequena em relação ao conteúdo total do elemento na biomassa, variando de 4,34% a 12,29%. Outra característica importante é o baixo índice de reserva na vegetação, conferindo a esses agrossistemas uma grande estabilidade (Aranguren et al., 1982; Fassbender, 1993).

Muitos aspectos da ciclagem de nutrientes no agrossistema de cacau são afetados diretamente pela escolha da espécie de árvore de sombra. Os índices de ciclagem (relação da reposição do nutriente para seu conteúdo na biomassa) foram elevados na associação cacau-eritrina em comparação à associação cacau-loureiro (Fassbender, 1993).

Em agrossistemas de cacau, sombreados com eritrina, no sul da Bahia o balanço do N, P, K, Ca e Mg é positivo, apesar da intensa decomposição e mineralização, especialmente a produção de nitrato, que ocorre em quase todo o período anual (Santana & Cabala-Rosand, 1985). Há uma considerável quantidade de acúmulo de serapilheira e respectivos conteúdos de nutrientes neste material e no solo em diversos agrossistemas de cacau do sul da Bahia. Desde que o manejo seja adequado (cacau-leguminosa florestal), a adubação nitrogenada não é necessária (Cabala-Rosand et al., 1988). Além disso, com alto nível de sombreamento heterogêneo a adubação nitrogenada não apresenta efeito positivo, podendo em determinada situação ocasionar efeito depressivo sobre o crescimento e rendimento do cacauzeiro (Wessel, 1985).

A chuva incidente é uma fonte adicional de nutrientes em agrossistemas de cacau. Entretanto, a chuva interna pouco contribui para o incremento do N, havendo indícios de que haja absorção e/ou retenção pela vegetação ou microflora existente nas folhas e ramos do cacauzeiro e das árvores de sombra (Gama-Rodrigues & Miranda, 1991a). Em razão disso, a principal via de entrada do N em agrossistemas de cacau, desconsiderando a adubação, seria a fixação biológica na simbiose rizóbio-leguminosa florestal (Santana e Cabala-Rosand, 1982). O K é o nutriente que apresenta a maior mobilidade neste sistema. Fassbender et al. (1985) demonstram que o K, seguramente, é fator limitante natural de eficiência do cultivo de cacau.

A presença de nutrientes na água percolada da serapilheira do agrossistema de cacau, independente de acréscimos líquidos, aumentaria substancialmente a disponibilidade dos nutrientes no solo, que poderiam, então, serem reabsorvidos pelas raízes do cacauzeiro, desde que não haja perdas consideráveis por lixiviação. Concomitante a isso, apenas 6% da quantidade de nutrientes na fitomassa de cacau estariam destinados à produção de 1.000 kg ha⁻¹ de sementes (Thong & Ng, 1980).

Segundo Fassbender et al. (1985), em outras regiões produtoras de cacau verifica-se o mesmo comportamento. Santana & Cabala-Rosand (1985) demonstraram que para a produção de 1.000 kg/ha de sementes secas as quantidades de N, P, K, Ca e Mg removidas não foram significativas em relação aos ingressos de nutrientes, mesmo se forem consideradas as perdas por lixiviação, que foram desprezíveis. Além disso, a capacidade desse tipo de

agrossistema em reter em torno de 44% da chuva precipitada (Miranda, 1990) minimizaria os efeitos da drenagem profunda. Considerando, portanto, para esse tipo de agrossistema, as baixas quantidades de nutrientes exportados com a produção de sementes e as pequenas perdas por lixiviação, a estratégia de fertilização deve se basear na adição de elementos apenas em doses de manutenção.

Entretanto, os estudos supracitados referem-se à combinação cacau-árvore de sombra. Não contemplam, portanto, árvores multifuncionais em sistemas agroflorestais mais complexos, onde os produtos colhidos são vários, o que aumenta a taxa de exportação de nutrientes desses sistemas. Desse modo, a capacidade produtiva dos solos tenderia a diminuir acentuadamente após cada safra. Assim, é necessário o desenvolvimento de técnicas de manejo que otimizem a ciclagem de nutrientes.

2.2. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais

Em sistemas agroflorestais a compreensão das funções ecológicas do sistema solo-planta é parte essencial para se estabelecer o manejo adequado da dinâmica de nutrientes e, por conseguinte, a sua sustentabilidade biofísica. Equacionar a interação árvore-cultivo auxiliaria a quantificar os efeitos da competição versus complementaridade sobre a fertilidade do solo. Este equacionamento em um sistema agroflorestal simultâneo, tem limitada aplicabilidade, porque o fator competição freqüentemente excede os benefícios dos efeitos da fertilidade. Já, em sistemas seqüenciais a competição seria minimizada (Sanchez, 1995).

Contudo, existem inúmeras interações que podem proporcionar vantagens desde que bem manejadas. A presença de árvores favorece os sistemas de produção em aspectos tais como a manutenção da ciclagem de nutrientes e o aumento na diversidade de espécies. A ciclagem biogeoquímica contribui para manter a produtividade; aumentar o número de espécies pela coexistência de plantas de distintos requerimentos nutricionais; ou espécies que exploram diferentes camadas do solo, o que permite maior uso dos recursos disponíveis. Além disso, devido à estrutura vertical proporcionada pelas árvores e outras espécies lenhosas, podem coexistir plantas com diferentes requerimentos de luz;

e também as árvores protegem o solo dos efeitos do sol, do vento e das fortes chuvas que caracterizam os trópicos úmidos (Montagnini, 1992).

Nos estudos sobre o papel da ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais deve-se empregar o conceito de “sistemas”. A presença de árvores introduz novas interações e uma dinâmica diferente em comparação aos sistemas agrícolas. Um sistema agroflorestal é um sistema agropecuário cujos componentes são árvores, cultivos e/ou animais e os fatores abióticos; e que apresenta os atributos de qualquer sistema: limites, componentes, entradas e saídas, interações, uma relação hierárquica de subsistemas de complexidade crescente. Assim, o manejo e o eventual melhoramento dos componentes agrícolas baseiam-se em uma compreensão adequada de sua estrutura e funcionamento; esta tarefa é de extrema complexidade, dada a quantidade de aspectos que devem ser considerados simultaneamente, pois um sistema é uma entidade ou um todo, quando um dos componentes se altera pode influir sobre todo o sistema. Cada tipo de sistema agroflorestal deve ser avaliado como um sistema único, pois sua adoção dependerá da demanda sócio-econômica a nível local ou regional.

Em razão da natureza complexa dos sistemas agroflorestais, os métodos convencionais de análise de fertilidade do solo não são sensíveis o bastante para detectar alteração na disponibilidade de nutrientes, especialmente de nitrogênio e fósforo, em sistemas de baixos insumos. Novos métodos precisam ser desenvolvidos (Sanchez, 1995). Neste caso, os métodos para avaliar os processos biológicos do solo (N e P orgânico, decomposição e biomassa microbiana, por exemplo) tornam-se muito relevantes (Anderson & Ingram, 1996; Cadisch & Giller, 1997; Siqueira et al., 1999b; Gama-Rodrigues & De-Polli, 2000). No entanto, ainda carecem de padronização e ausência de repetibilidade e níveis críticos.

Para que haja uma eficiente ciclagem de nutrientes nos sistemas agroflorestais é importante a seleção de espécies adequadas a cada situação edafoclimática. Um sistema com vários componentes arbóreos tem, potencialmente, maior capacidade para reciclar de maneira mais uniforme ao longo do tempo, sem comprometer a capacidade produtiva do sítio.

2.3. Capital de nutrientes: nitrogênio e fósforo

Um dos efeitos positivos das árvores sobre o solo e, por conseguinte, a produtividade dos sistemas agroflorestais é o aumento e manutenção da matéria orgânica. No caso das leguminosas tem-se o incremento do N pela fixação biológica. Este atributo proporciona, num manejo adequado, balanço positivo do N, reduzindo assim a necessidade de ingressos de fertilizantes nitrogenados.

Existem 515 espécies da família Leguminosae com potencial de fixação de N₂ (320 Mimosoideae, 170 Papilionoideae e 25 Caesalpinoideae), das quais as mais utilizadas são do gênero *Erythrina*, *Ingá*, *Leucaena*, *Parkia*, *Pterocarpus* e *Sesbania* (Nair et al., 1999). Dentre os vários sistemas agroflorestais nos trópicos (Montagnini, 1992), os mais largamente estudados em relação à fixação de N₂ são dois sistemas simultâneos: cultivos em aléias (*alley cropping*) e árvores-cultivos perenes. Em sistema de aléias a taxa do N fixado, especialmente com *Leucaena leucocephala* e *Gliricidia sepium*, varia de 100 a 300 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. Porém, tais estimativas estão sujeitas a influência de inúmeras variáveis, tais como solo, clima e condições de manejo das plantas (Sanginga et al., 1995). No SAF árvore-cultivo perene, em sistema contínuo, Fassbender (1993) estimou em 60 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ quando da associação *Erythrina poeppigiana*-café e em 40 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ na associação *Erythrina poeppigiana*-cacau. Para que a fixação biológica de N₂ possa suprir satisfatoriamente o ingresso do N para os cultivos via decomposição de resíduos ou raízes, o solo tem que possuir uma boa disponibilidade de P (Sanchez, 1995). Por outro lado, a taxa de fixação de N₂ no decorrer do tempo deve diminuir na medida que aumenta a disponibilidade do elemento no sistema solo-planta, pois a fixação de N₂ despende um grande gasto de energia na simbiose planta-rizóbio (Siqueira & Franco., 1988).

Enquanto árvores em sistemas agroflorestais podem suprir satisfatoriamente N para os cultivos associados, a habilidade delas para suprir P é muito limitada (Palm, 1995; Sanchez, 1995; Nair et al., 1999). Balanços do P em sistema de aléias são freqüentemente negativos, por isso a resposta à fertilização mineral é comum (Sanchez, 1995). Na associação pupunha-cupuaçu, com seis anos de idade, a redução da disponibilidade de P comprometeu a capacidade produtiva do sistema (McGrath et al., 2000; McGrath et al., 2001). Apesar disso, a aplicação de resíduos florestais ao solo pode aumentar a disponibilidade de P aos

cultivos, especialmente em solos altamente intemperizados (Nair et al., 1999). Isso ocorreria mediante o processo de decomposição e liberação do P da biomassa ou indiretamente pela produção de ácidos orgânicos (produtos da decomposição) que complexão Fe e Al, reduzindo a fixação de P (Coleman et al., 1983). Entretanto, como reportado por Palm (1995), a quantidade de P na biomassa de diversas espécies florestais usadas em sistemas agroflorestais é insuficiente para atender a demanda de P das culturas associadas, embora a biomassa possa conter suficiente N para satisfazer o imediato requerimento de N da cultura.

Por outro lado, a incorporação do P ao ciclo biológico é maior em sistema de aléias, comparativamente aos cultivos convencionais, pois há menores perdas por erosão, mais ânions orgânicos para competir com os fosfatos na superfície dos minerais do solo, pela liberação gradativa da biomassa via atividade microbiana (Matta-Machado & Jordan, 1995; Rheinheimer et al., 1999). Alguns gêneros de plantas, como *Cajanus*, *Inga*, *Erithrina*, *Gliricidia* e *Leucaena*, podem aproveitar mais eficientemente o P de fontes de baixa solubilidade (Rheinheimer et al., 1999).

Nos solos tropicais muito intemperizados e argilosos, a capacidade de fixação de P é elevada, reduzindo sua disponibilidade às plantas. Desse modo, o solo compete com a planta pelo elemento, deixando de ser fonte para tornar-se dreno. Assim, em solos dreno praticamente não deve haver contato do P ciclado com a fase mineral desses solos. A planta absorveria diretamente do que mineralizasse do substrato orgânico (serapilheira) ou da fase orgânica (P orgânico no solo) sem dar chances ao substrato mineral do solo de se envolver no equilíbrio existente (Novais & Smyth, 1999). Nesse sentido, o desenvolvimento do sistema radicular na interfase serapilheira-solo seria um eficaz mecanismo de conservação da disponibilidade do P no sistema solo-planta, pois no ciclo geoquímico P fixado pela fase mineral constitui-se em perda do elemento. A estratégia, portanto, para elevar a disponibilidade de P nos sistemas agroflorestais seria aumentar a matéria orgânica do solo para se obter maior eficiência do P utilizado, via fertilização mineral aplicado sobre a superfície da biomassa depositada das árvores e da palhada das culturas. Nesse sentido, particularmente no sistema de aléias, para reduzir a necessidade da fertilização

fosfatada ao longo do tempo, pelo aumento do P orgânico, o manejo convencional do solo (aração e gradagem) deve ser substituído pelo plantio direto na palha.

2.4. Decomposição de resíduo arbóreo

A magnitude de melhoria da fertilidade do solo causada pela ciclagem de nutrientes via decomposição da biomassa de árvores em sistemas agroflorestais é muito específica de cada sítio, pois é elevada à variação de produção de biomassa pelas diferentes espécies florestais sob várias condições edafoclimáticas e, por conseguinte, da quantidade de nutrientes nela contidos (Nair et al., 1999).

As taxas de decomposição da serapilheira e da liberação de nutriente são reguladas pela interação das variáveis de qualidade do substrato, condições ambientais e organismos decompositores (Heal et al., 1997). Em sistemas agroflorestais, quando sob as mesmas condições edafoclimáticas, a qualidade do substrato passa a ser a principal variável reguladora do processo de decomposição. Diversos índices de qualidade têm sido propostos como bons preditores da taxa de decomposição e liberação de nutrientes, principalmente de N, a partir da determinação de alguns constituintes orgânicos e nutricionais. Desses, os reconhecidos de maior influência são as relações C/N, polifenol/N, lignina/N, (lignina+polifenol/N), (lignina+celulose/N) (Palm & Sanchez, 1991; Handayanto et al., 1997a; Gama-Rodrigues et al., 1999; Palm et al., 2001). Todos esses índices são válidos, porém cada um apresenta vantagens e limitações de uso (Cadisch & Giller, 1997). Os modelos preditivos obtidos são, de maneira geral, de aplicabilidade específica de cada sítio, pois são modelos empíricos, ou seja, restritos à condição edafoclimática, ao tipo de sistema agroflorestal, às espécies associadas e ao manejo. Apesar disso, é possível obter razoável precisão de predição das taxas de decomposição dos materiais vegetais que são normalmente usados em sistemas agroflorestais. Em geral, valores elevados para os índices propostos acarretam em rápida decomposição e liberação de N.

2.5. Manejo da decomposição e uso eficiente de nutrientes

A decomposição da biomassa pode ser “manipulada” para melhorar a absorção e utilização de nutrientes pelas plantas, especialmente em sistemas

agroflorestais simultâneos. Para isso, são estabelecidas duas estratégias: (1) regular as taxas de liberação dos nutrientes para melhorar a sincronização do suprimento do nutriente com a demanda da planta e (2) proporcionar um ambiente mais favorável para o crescimento da planta (Mafongoya et al., 1990). A primeira estratégia é de natureza imediata (curto período de tempo), enquanto a segunda envolve melhoria à longo tempo, freqüentemente associada ao aumento e manutenção da matéria orgânica do solo.

As condições ambientais, a idade da planta e o manejo alteram a qualidade da biomassa e sua taxa de decomposição. Em razão disso, algumas operações ao nível de campo podem ser realizadas: (1) a duração e a temperatura de secagem do material antes de aplicá-lo ao solo (resíduo fresco decompõe mais rápido do que aquele seco ao sol); (2) a granulometria do material (material fino decompõe mais rápido do que material grosseiro); (3) mistura de biomassas de distinta qualidade (decomposição do material mais recalcitrante aumenta) e (4) o método de aplicação do material (incorporação do material no solo resulta em maior decomposição do que a deposição na superfície) (Mafongoya et al., 1997; Handayanto et al., 1997b).

Quando a biomassa arbórea é usada como fonte de nutrientes para a cultura associada, é importante estabelecer a sincronização entre a liberação do nutriente (via decomposição) e a sua absorção pela cultura (Nair et al., 1999). Melhora na sincronização aumentará a eficiência de uso de nutrientes, minimizando suas perdas e também a racionalização da aplicação de fertilizantes minerais - quantidade, localização e época (Myers et al., 1997). A sincronização pode ser efetuada (1) pela manipulação da demanda nutricional da cultura através da época de plantio e seleção da cultura (espécie ou variedade) e (2) pela manipulação da liberação de nutrientes mediante o manejo da biomassa, como descrito anteriormente.

Muitas leguminosas florestais usadas em sistemas agroflorestais são capazes de produzir substancial quantidade de biomassa, através do qual os nutrientes, a exceção do P, são reciclados em quantidades suficientes para atender o crescimento da cultura (Palm, 1995; Gama-Rodrigues et al., 1999). Apesar disso, é preciso que haja sincronização, pois na sua ausência a taxa de recuperação de nutrientes, especialmente do N, é muito baixa (Handayanto et al., 1997a). Por outro lado, no caso do N, a baixa taxa de recuperação pela cultura

não implica necessariamente na manutenção da matéria orgânica do solo (Handayanto et al., 1997b), e sim que parte considerável do N na biomassa arbórea adicionado para a cultura pode ser incorporado na fração ativa da matéria orgânica do solo (Palm, 1995), como N orgânico, reduzindo, portanto, suas perdas por lixiviação. Isto caracteriza uma importante vantagem do fertilizante orgânico (ou biológico) sobre os fertilizantes inorgânicos em termos de sustentabilidade (Sanchez, 1995). Assim, o solo manteria a sua capacidade produtiva por um longo período de tempo.

Em sistema silviagrícola, desde que sejam baixas as perdas por lixiviação ou na colheita, o aporte de nutrientes via serapilheira da árvore de sombra (queda natural e/ou poda) atenderia satisfatoriamente a demanda nutricional da cultura associada, como no sistema eritrina-café e eritrina-cacau (Fassbender, 1993).

2.6. Absorção de nutrientes do subsolo

Em sistemas agroflorestais uma das interações de complementaridade seria a absorção de nutrientes em diferentes profundidades pelas plantas associadas. Nair et al. (1999), baseado no trabalho de Buresh & Tian (1997), colocam que o potencial da árvore de absorver nutriente do subsolo é geralmente elevado quando a árvore tem sistema radicular profundo e uma alta demanda nutricional e quando ela está crescendo em localidades com estresse hídrico e/ou nutricional na superfície do solo, porém com consideráveis reservas de nutrientes disponíveis ou de minerais intemperizáveis na subsuperfície. O potencial para absorver nutriente do subsolo é muito maior para os nutrientes solúveis em água tais como o NO_3^- do que os nutrientes imóveis como o P.

3. ARTIGO Nº 1

ESTOQUES DE CARBONO E NUTRIENTES NOS SOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE CACAU NO SUL DA BAHIA

RESUMO

Foram avaliados diferentes modelos de sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia, com sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com cobertura de leguminosas. O estudo foi efetuado em 10 áreas localizadas em diferentes zonas da região cacauzeira da Bahia. Cinco áreas em solos Cambissolo localizadas no município de Itajuípe e cinco áreas de solo Latossolo no município de Uruçuca. Objetivou-se com este trabalho, caracterizar os níveis de fertilidade dos solos e seus respectivos estoques de nutrientes em diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia. Os níveis de fertilidade dos solos sob diferentes coberturas de cacau e mata natural variaram de baixo a médio nos latossolos e médio a alto nos cambissolos, em todas as

camadas analisadas para todas as coberturas vegetais. O nível de fertilidade dos Cambissolos foi bem superior ao dos Latossolos, independente do tipo de cobertura vegetal. Os teores de C no grupo dos Latossolos foi superior a dos Cambissolos. O conteúdo de nutrientes disponíveis em cada camada avaliada, variou em função dos níveis de fertilidade e da densidade aparente. Os sistemas agroflorestais com cacau se caracterizam como um sistema conservacionista do carbono orgânico e dos nutrientes do solo, com melhoria dos níveis de fertilidade do solo em relação à mata natural, dependendo do manejo adotado.

ABSTRACT

QUANTITY OF CARBON AND NUTRIENTS IN SOILS UNDER DIFFERENT AGROFORESTRY SYSTEMS OF CACAO IN THE SOUTH OF BAHIA

Different agroforestry models of cacao were evaluated, in the south of Bahia, with traditional systems of cultivation and clonal gardens with different spacings: cacao planted under thinned forest or “cabruca” and cacao planted with a layer of leguminous plants. The study was done in ten areas located in different zones of the cocoa region of Bahia. Five areas in inceptisol soil located in the municipal district of Itajuípe, and five areas of latosol soil, in the municipal district of Uruçuca. The objective of this work is to characterize the levels of fertility of the soils and its respective reserves of nutrients in different agroforestry systems of cacao in the south of Bahia. The levels of fertility of the soils under different layers of cacao and natural forest varied from low to medium on the latosols and from medium to high on the inceptisols, on all analyzed layers for all the vegetation. The level of fertility of the inceptisols was greater than the level of fertility of the latosols, independent of the type of vegetation. The content of C in the group of latosols was greater than in the group inceptisols. The content of available nutrients in each evaluated layer varied as a function of the levels of fertility and apparent density. The

agroforestry systems with cacao are characterized as a conservationist system of organic carbon and soil nutrients, with an improvement of the levels of soil fertility in regard to the natural forest, depending on the management used.

INTRODUÇÃO

A expansão de sistemas agroflorestais de cacau dá-se, normalmente, em solos ácidos e de baixa fertilidade. A capacidade produtiva desses solos decresce acentuadamente a cada safra, devido à taxa de exportação de nutrientes via sementes do cacau e de outros produtos das plantas associadas (seringueira, pupunha, coco, madeira, etc). Nesta situação, para manter a capacidade produtiva do sistema é necessário o emprego de altas doses de fertilizantes. Entretanto, isso elevaria os custos de produção, reduzindo, por sua vez, a rentabilidade econômica. Assim, para reduzir a necessidade e maximizar (racionalizar) o uso de fertilizantes é preciso otimizar a ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta. Nesse sentido, estudos sobre a caracterização da fertilidade do solo e do estoque de nutrientes no perfil de maior densidade de raízes poderiam fornecer subsídios para desenvolvimento de técnicas de manejo que sejam ecológica e economicamente viáveis.

Objetivou-se com este estudo, caracterizar os níveis de fertilidade dos solos e seus respectivos estoques de nutrientes em diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Sistemas agroflorestais de cacau

Foram avaliados diferentes modelos de sistemas agroflorestais no sul da Bahia, em dois tipos de solos, Latossolos Vermelho-Amarelo e Cambissolos Húmicos Eutróficos gleicos, em que o cacau participa como principal componente dos sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com derruba total, sob sombra de leguminosas. O estudo foi efetuado em 10 áreas localizadas em diferentes agrossistemas da região cacauera da Bahia. Cinco áreas em solos Cambissolo localizadas no município de Itajuípe, sendo três áreas na fazenda Almirante Cacau, uma na fazenda Santa Clara e uma na área experimental da CEPLAC/CEPEC, e cinco áreas de solo Latossolo no município de Uruçuca, na fazenda Brasileira. O clima da região é quente e úmido e a pluviosidade média é de 1500 mm, bem distribuídos ao longo do ano, apresentando uma leve estiagem no verão, dezembro a fevereiro, e uma maior precipitação no inverno, junho a agosto.

Cacau implantado sob mata raleada (cabruca): A cabruca é o sistema de cultivo do cacau em consórcio com matas nativas ou capoeiras densas. Baseia-se na substituição de estratos florestais por uma cultura de interesse econômico, implantada no sub-bosque de forma descontínua e circundada por vegetação natural, não prejudicando muito as relações mesológicas com os sistemas naturais remanescentes. No sistema cabruca a vegetação rasteira é roçada e as árvores de menor porte, que oferecem maior competitividade ao cacau, são retiradas permanecendo somente aquelas que poderão ser utilizadas como sombra provisória do cacau e, em alguma situação, até como sombra definitiva. Após esta operação, selecionam-se as árvores de copa alta e pouco densa para o sombreamento definitivo e, então, derrubam-se as restantes. No sistema denominado plantação comum, a distribuição dos cacauzeiros é desuniforme, correspondendo em média a uma população de aproximadamente 700 plantas por hectare.

Cacau implantado com derruba total: Neste sistema foi retirado todo revestimento florístico da área (método de derruba total) para formação de plantações tecnicamente orientadas, empregando-se um espaçamento regular,

normalmente 3 X 3m, com 1.111 plantas/ha, plantando-se em seguida as espécies utilizadas como sombreamento provisório (normalmente bananeira) e com sombreamento definitivo constituído normalmente de árvores de eritrina (*Erythrina glauca* e *Erythrina poeppigiana*). A densidade do sombreamento definitivo foi de 35 plantas/ha e de cacauzeiros de 1.111 plantas/ha.

Cabruca com plantio regular: Mais recentemente, e principalmente em solos de baixa fertilidade, ao invés de se proceder a derruba total da mata ou capoeira, tem-se retornado ao método da “cabruca”, adotando-se, porém, a distribuição regular dos cacauzeiros.

2. Solo: atributos químicos e físicos

O solo sob as coberturas florestais foi caracterizado quimicamente em três amostras compostas para cada profundidade, coletadas nos meses de dezembro de 2003 e janeiro de 2004, nas profundidades de 0-5, 5-15, 15-30 e 30-50 cm, conforme os métodos descritos pela EMBRAPA (1997): pH (água); P e K extraíveis por Mehlich-1; Ca, Mg e Al trocáveis por KCl 1 mol L⁻¹; C orgânico por oxidação com K₂Cr₂O₇ 0,4 mol L⁻¹ e N total pelo método Kjeldahl. A análise granulométrica e a densidade aparente para correção dos estoques estimados de carbono e nutrientes foram feitas segundo a EMBRAPA (1997).

3. Ecossistemas de referência

Amostras de solo de fragmento de mata natural com baixo índice de exploração foram coletadas em uma parcela de 1500 m² e analisadas para servir de referencial às coletadas nos outros sistemas.

4. Análise estatística

A análise de variância dos dados dos atributos físicos e químicos do solo nas parcelas das coberturas florestais foi realizada adotando-se o delineamento inteiramente casualizado, com três amostras compostas, para cada profundidade, segundo procedimento de Lugo et al. (1990). Para comparação de médias foi usado o teste de Schot-Knot a 5% de probabilidade. Foram estabelecidas

correlações de Pearson a 5 % de probabilidade entre algumas propriedades químicas e físicas dos solos. Cada cobertura florestal foi considerada um tratamento de efeito-fixo .

5. Caracterização das áreas.

1 - Mata - pouca intervenção antrópica.

2 - Eritrina com plantio aleatório de 35 anos, fazenda brasileira – sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas de 1,5 anos, sem recepa.

3 - Cabruca de 35 anos, fazenda brasileira - sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas com 1,5 anos, sem recepa.

4 – Cabruca de 70 anos, fazenda brasileira - sombreamento > 30%, adubada até 2002 com 300 kg ha⁻¹ da fórmula B (15 – 35 -10) (N, P₂O₅, K₂O). Área com renovação de copas de 1,5 anos, com recepa.

5 – Seleção de clones com 7 anos, fazenda brasileira - sombreamento > 30%, adubada até 2002 com 300 kg ha⁻¹ da fórmula B (15-35-10) (N, P₂O₅, K₂O). Cabruca, plantio com espaçamento regular.

6 - Eritrina tecnicamente formada com 25 anos, CEPEC/CEPLAC - sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas menos de 1 ano, sem recepa.

7 – Cabruca de 50 anos, fazenda St^a Clara - sombreamento > 30% sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas de menos de 1 ano, sem recepa.

8 – Cabruca de 8 anos, fazenda Almirante Cacau - sombreamento > 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O). Renovação de copas de 3 anos e plantio com espaçamento regular.

9 - Jardim Clonal (3x3), fazenda Almirante Cacau - sombreamento com gliricidia e eritrina < 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O).

10 – Jardim Clonal adensado, fazenda Almirante Cacau - sombreamento com gliricidia e eritrina < 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O).

Os solos das coberturas vegetais das áreas 1 a 5 são Latossolos, e Cambissolos nas áreas 6 a 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 - Características químicas dos solos

Os níveis de fertilidade dos solos sob diferentes coberturas de cacau e mata natural são apresentados na Tabela 1. Observa-se que o nível de fertilidade variou de baixo a médio no latossolo e médio a alto no cambissolos, em todas as camadas analisadas para todas as coberturas vegetais. Houve distinção significativa para todos os atributos de fertilidade avaliados entre as coberturas vegetais em todas as camadas analisadas.

O nível de fertilidade dos Cambissolos foi bem superior ao dos Latossolos, independente do tipo de cobertura vegetal. De maneira geral, o nível de fertilidade do solo sob mata natural foi inferior às demais coberturas de cacau, mesmo no grupo dos Latossolos. Estes resultados evidenciam que o efeito residual da calagem e da adubação ainda se manteria mesmo após 10 anos. Isto provavelmente seria decorrente de uma eficiente ciclagem biogeoquímica nas coberturas de cacau, que, portanto, teria uma maior conservação de nutrientes na forma disponível, adicionados via fertilização, especialmente nos Latossolos, resultados semelhantes foi observado por Penereiro (1999) em outro agrossistema com cacau doze anos após a calagem, em relação a uma área de regeneração natural sem calagem.

O nível de fertilidade da camada 0-5 cm foi bem superior às das camadas subjacentes (Tabela 1). Estes resultados evidenciam que haveria forte gradiente de fertilidade no perfil do solo, no qual a disponibilidade de nutrientes na camada de 0-5 cm (tabela 3) praticamente atenderia a maior parte das exigências nutricionais do cacauzeiro dos elementos exportados nas sementes para uma

produção de 1.000 kg/ha, com maior limitação para o P nos latossolos, demonstrando ainda, que uma redução na profundidade de amostragem para 0-5 cm neste tipo de agrossistema, se faz necessária para uma avaliação mais criteriosa da fertilidade do solo, objetivando racionalizar o uso de corretivos e fertilizantes fosfatados, pois estes apresentam baixa mobilidade no perfil do solo.

Assim, na camada de 0-5 cm os valores de pH variaram de 3,8 a 6,7 (Tabela 1). A mata apresentou os menores valores de pH e a variação em profundidade foi menor nesta área do que nas demais coberturas, pois o efeito da calagem ocorre principalmente nas camadas superficiais do solo. Os valores de pH dos latossolos apresentaram correlações positivas com P, Ca, Mg e negativas com N, e o pH dos cambissolos com o carbono do solo, CTC, e todos os nutrientes, com exceção dos teores de fósforo e nitrogênio (Tabela 2).

Na Tabela 1, observa-se que os teores de N, na camada de 0-5 cm, variaram de 2,0 a 3,9 g kg⁻¹, sendo que as coberturas 1 e 5 apresentaram teores significativamente superiores às demais coberturas. Estes resultados demonstram que a adubação nitrogenada praticamente não afetaria os teores de N total, mas que este atributo estaria fortemente associado aos teores de C, pois as correlações com estes nos latossolos apresentaram-se significativas, entretanto nos cambissolos não houve significância (Tabela 2).

A variação dos teores de C foi de 16,9 g kg⁻¹ a 41,1g kg⁻¹. Os teores de C no grupo dos Latossolos foi superior a dos Cambissolos, devido, provavelmente, aos maiores teores de argila daqueles solos (Tabela 3). Os teores de C dos latossolos apresentaram correlações positivas com os teores de N, CTC e argila e nos cambissolos, com exceção dos teores de N e K, que foi não significativa nos cambissolos (Tabela 2). Estes resultados demonstram a influência do carbono orgânico na fertilidade dos diferentes tipos de solos.

Os teores de P na camada de 0-5 cm em todas as coberturas vegetais foram muito superiores aos das camadas de 5-15 cm, que apresentaram em média uma redução de 60% (Tabela 1). Estudos desenvolvidos por Silva (1988) demonstraram que as essências florestais podem ter características diferenciadas para absorver nutrientes das camadas inferiores, cedendo-os à superfície do solo pelos mecanismos eficazes de abscisão foliar (formação de serapilheira).

Os teores de P variaram de 4,3 a 73,3 mg dm⁻³. Baseado no manual de recomendação de corretivos e fertilizantes na cultura do cacaueteiro no sul da

Bahia (Chepote et al., 2005), a disponibilidade de P seria baixa no grupo dos Latossolos; média na cobertura 7; alta nas coberturas 6 e 8 e muito alta nas coberturas 9 e 10.

Entretanto, esta avaliação da disponibilidade de P não leva em consideração o teor de argila. Desse modo, quando corrigido pelo teor de argila, baseado em Ribeiro et al. (1999), a disponibilidade de P seria, então, de baixa no grupo dos Latossolos e na cobertura 7; média nas coberturas 6 e 8 e muito alta nas coberturas 9 e 10. Na tabela 1, observa-se que no grupo dos Latossolos não houve diferença significativa entre as coberturas de cacau para os teores de P na camada 0-5 e 5-15 cm. Contudo, estas coberturas apresentaram teores desse elemento significativamente superiores à área de mata.

No manejo adotado nas áreas de cacau, com corte de árvores de menor porte na implantação da cultura e o controle das plantas daninhas, todo o P imobilizado na biomassa da parte aérea dessas plantas seria adicionado sobre o solo, o que aumentaria o incremento de P disponibilizado pelas adubações e/ou restos culturais. Desse modo, o P disponível permaneceria no solo por um longo período de tempo e que esse incremento passaria a fazer parte da ciclagem biogeoquímica do sistema solo-planta. Assim, nas coberturas de cacau no grupo dos Latossolos, que possuem alta capacidade de fixação de P, haveria provavelmente menor contato do P ciclado com a fase mineral desses solos.

Tabela 1 – Teores de nutrientes de cada profundidade avaliada nos diferentes sistemas agroflorestais

Cobertura	pH	Profundidade de amostragem 0-5 cm							
		N	C	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			Cmol _c kg ⁻¹		
1	3,8 F e ¹	3,9 A a ¹	41,1 A a ¹	4,3 C b ¹	69,0 C b ¹	1,4 H d ¹	1,1 I d ¹	1,92 A a ¹	14,0 A a ¹
2	4,6 E d ¹	2,9 C c ¹	39,7 A b ¹	7,7 C a ¹	53,0 D c ¹	3,9 G c ¹	2,3 H c ¹	0,27 B b ¹	7,6 B b ¹
3	4,9 E c ¹	3,3 B b ¹	40,2 A b ¹	6,7 C a ¹	44,7 D c ¹	4,8 F b ¹	3,5 F b ¹	0,08 C c ¹	7,7 B b ¹
4	5,4 D a ¹	2,6 C d ¹	39,5 A b ¹	6,8 C a ¹	114,0 A a ¹	5,8 E a ¹	3,1 G b ¹	0,02 C c ¹	6,2 C b ¹
5	5,2 D b ¹	3,7 A a ¹	41,0 A a ¹	7,9 C a ¹	74,0 C b ¹	6,2 E a ¹	4,2 E a ¹	0,0 C c ¹	7,7 B b ¹
6	5,9 C b ²	3,4 B a ²	16,9 F c ²	17,0 B b ²	97,3 B a ²	10,2 D c ²	4,7 D d ²	0,0 C n ²	4,2 D a ²
7	5,2 D c ²	2,0 D c ²	19,6 E c ²	13,6 B b ²	56,0 D b ²	4,7 F d ²	3,6 F e ²	0,0 C n ²	4,1 D a ²
8	6,7 A a ²	2,8 C b ²	34,5 B a ²	17,2 B b ²	81,7 B a ²	11,3 C c ²	5,7 C c ²	0,0 C n ²	1,7 E a ²
9	6,3 B a ²	2,6 C b ²	32,0 C a ²	67,3 A a ²	85,7 B a ²	13,6 A a ²	6,1 B b ²	0,0 C n ²	3,7 D a ²
10	6,0 C b ²	2,1 D c ²	29,2 D b ²	73,3 A a ²	87,0 B a ²	12,4 B b ²	6,5 A a ²	0,0 C n ²	4,4 D a ²
CV %	10,61	18,26	15,67	89,64	29,20	35,15	27,32	229,8	36,61

Cobertura	pH	Profundidade de amostragem 5-15 cm							
		N	C	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			Cmol _c kg ⁻¹		
1	3,9 E c ¹	2,4 A a ¹	36,3 A a ¹	1,3 D b ¹	43,3 C b ¹	0,6 G d ¹	0,4 G d ¹	2,23 A a ¹	13,0 A a ¹
2	4,3 D b ¹	1,9 B b ¹	26,3 C c ¹	3,6 D a ¹	34,0 C b ¹	1,3 F c ¹	0,9 F c ¹	0,89 B b ¹	8,5 B b ¹
3	4,6 C a ¹	1,9 B b ¹	24,0 D c ¹	2,6 D a ¹	28,3 C b ¹	1,5 F b ¹	1,3 E b ¹	0,39 C c ¹	7,1 C c ¹
4	4,9 C a ¹	2,1 B b ¹	22,7 D c ¹	2,4 D a ¹	76,0 A a ¹	1,9 E b ¹	1,5 E b ¹	0,18 D d ¹	5,4 D d ¹
5	4,7 C a ¹	2,4 A b ¹	31,0 B b ¹	2,7 D a ¹	52,0 B b ¹	2,3 E a ¹	1,9 D a ¹	0,32 C c ¹	6,8 C c ¹
6	5,8 B a ²	1,3 C b ²	15,0 E a ²	10,9 C c ²	62,0 B a ²	6,9 D c ²	3,3 C c ²	0,0 E b ²	3,7 E a ²
7	5,0 C b ²	1,0 D c ²	11,2 F b ²	6,0 D c ²	38,7 C b ²	2,1 E d ²	2,0 D d ²	0,16 D a ²	3,5 E a ²
8	6,4 A a ²	1,0 D c ²	14,1 E a ²	4,5 D c ²	30,7 C b ²	7,7 C c ²	4,0 B b ²	0,00 E b ²	1,2 G c ²
9	6,1 A a ²	1,8 B a ²	15,8 E a ²	20,7 B b ²	35,0 C b ²	11,5 A a ²	6,0 A a ²	0,00 E b ²	2,5 F b ²
10	6,1 A a ²	1,3 C b ²	13,4 E a ²	32,2 A a ²	38,0 C b ²	9,8 B b ²	5,8 A a ²	0,00 E b ²	2,9 F b ²
CV %	3,69	12,54	7,36	27,52	18,07	8,44	5,67	14,32	12,14

Cobertura	pH	Profundidade de amostragem 15-30 cm							
		N	C	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			Cmol _c kg ⁻¹		
1	3,9 D c ¹	2,3 A a ¹	23,9 A a ¹	0,8 C b ¹	29,3 C c ¹	0,4 E c ¹	0,3 F c ¹	1,91 A a ¹	13,0 A a ¹
2	4,0 D b ¹	1,4 B b ¹	15,3 C c ¹	2,2 C a ¹	22,3 C d ¹	0,5 E b ¹	0,3 F c ¹	1,03 C b ¹	9,8 B b ¹
3	4,2 C a ¹	1,5 B b ¹	16,1 C c ¹	1,0 C b ¹	18,7 C d ¹	0,6 E a ¹	0,5 E b ¹	0,73 D c ¹	6,6 D d ¹
4	4,4 C a ¹	1,5 B b ¹	15,6 C c ¹	0,9 C b ¹	46,0 B a ¹	0,7 E a ¹	0,6 E b ¹	0,71 D c ¹	5,7 E d ¹
5	4,3 C a ¹	1,7 B b ¹	19,0 B b ¹	2,7 C a ¹	34,7 C b ¹	0,7 E a ¹	0,7 E a ¹	0,77 D c ¹	7,7 C c ¹
6	5,5 B a ²	0,6 D b ²	8,0 D a ²	16,1 B a ²	62,3 A a ²	5,5 C c ²	2,9 C c ²	0,00 E b ²	4,2 G b ²
7	4,5 C b ²	0,6 D b ²	6,8 E b ²	2,4 C b ²	24,3 C b ²	1,3 D d ²	1,9 D d ²	1,36 B a ²	5,1 F a ²
8	6,0 A a ²	1,0 C a ²	7,1 E b ²	2,1 C b ²	21,7 C b ²	5,4 C c ²	3,8 B b ²	0,00 E b ²	2,4 H c ²
9	5,8 A a ²	1,2 C a ²	8,2 D a ²	12,6 B a ²	25,0 C b ²	9,4 A a ²	6,4 A a ²	0,03 E b ²	4,0 G b ²
10	5,9 A a ²	1,1 C a ²	9,2 D a ²	21,5 A a ²	27,3 C b ²	8,7 B b ²	6,6 A a ²	0,01 E b ²	4,2 G b ²
CV %	3,46	14,4	5,16	53,16	18,39	5,57	5,74	20,44	8,01

Cobertura	pH	Profundidade de amostragem 30-50 cm							
		N	C	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹			Cmol _c kg ⁻¹		
1	4,0 F b ¹	1,3 A a ¹	15,2 A a ¹	0,2 C b ¹	13,0 C a ¹	0,2 E c ¹	0,2 D c ¹	1,40 B a ¹	8,5 B a ¹
2	4,1 F b ¹	1,1 A a ¹	10,4 C c ¹	0,9 C a ¹	15,0 C a ¹	0,2 E b ¹	0,2 D c ¹	1,11 C b ¹	8,1 B a ¹
3	4,2 E a ¹	1,3 A a ¹	10,0 C c ¹	0,4 C b ¹	7,0 C b ¹	0,3 E b ¹	0,3 D b ¹	0,77 D c ¹	7,3 C b ¹
4	4,3 E a ¹	1,2 A a ¹	9,3 C c ¹	0,2 C b ¹	20,7 B a ¹	0,4 E a ¹	0,4 D a ¹	0,97 C b ¹	6,8 C b ¹
5	4,2 E a ¹	1,1 A a ¹	12,8 B b ¹	0,3 C b ¹	16,3 C a ¹	0,4 E a ¹	0,3 D b ¹	1,06 C b ¹	7,9 B a ¹
6	5,4 B b ²	1,2 A a ²	5,7 E b ²	14,5 C c ²	55,3 A b ²	5,1 C c ²	2,7 C c ²	0,03 E c ²	4,9 D c ²
7	4,5 D d ²	0,6 B a ²	7,0 D a ²	1,0 C c ²	15,0 C b ²	0,9 D d ²	2,5 C c ²	4,19 A a ²	10,5 A a ²
8	5,8 A a ²	0,6 B a ²	4,9 E b ²	1,3 C c ²	20,0 B b ²	5,5 C c ²	4,8 B b ²	0,01 E c ²	3,0 E d ²
9	5,4 B b ²	0,8 B a ²	4,9 E b ²	96,0 B b ²	26,7 B b ²	10,4 A a ²	8,6 A a ²	0,64 D b ²	7,1 C b ²
10	5,1 B c ²	1,0 A a ²	5,2 E b ²	172 A a ²	22,3 B b ²	9,5 B b ²	8,7 A a ²	0,58 D b ²	7,9 B b ²
CV %	2,52	18,29	8,04	44,87	26,46	8,42	5,35	10,95	7,78

Em cada coluna, médias seguida pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade (maiúscula para cobertura e minúscula para cobertura dentro de cada tipo de solo latossolo¹ e cambissolo²)
 Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones
 Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

No grupo dos Cambissolos, a correlação positiva de 0,35** entre os teores P e de argila, quando avaliado em todas as profundidades, demonstram que nestes tipos solos, provavelmente há uma fonte primária do elemento no material de origem desses, pois nos latossolos, que são altamente resilientes a P, esta correlação foi negativa -0,69** (** significativa a 1%). Os resultados de Zaia (2005), demonstram que há uma contribuição do P orgânico de mais de 60% do P lábil total neste tipo de solo.

Os teores de P nas coberturas 9 e 10 foram superiores às coberturas 6, 7 e 8. Essas diferenças entre as coberturas 8, 9 e 10 se devem à forma de aplicação da adubação fosfatada. Na cobertura 8 a adubação foi de formação,

mais próxima da planta e, portanto, com alta demanda nutricional pela imobilização de P na biomassa do cacauzeiro. Já as coberturas 9 e 10 receberam adubações de manutenção, havendo demanda de P apenas para produção de frutos.

Os teores de K na camada de 0-5 cm foram muito superiores aos da camada de 5-15 cm, que apresentaram em média uma redução de 42%. Os teores de K variaram de 44,7 a 114 mg kg⁻¹ (Tabela 1). Baseado nas recomendações de Chepote et al. (2005), a disponibilidade de K seria alta na cobertura 4 e média nas demais coberturas.

Os cambissolos apresentaram uma correlação positiva entre o K e os teores de silte, argila e pH (Tabela 2) e evidenciam a contribuição da argila e dos materiais de origem na disponibilidade do nutriente, enquanto nos latossolos esta correlação não foi significativa para os teores de silte e argila. Segundo Rodrigues (1989), a fração silte é responsável pela maior parte do K-total na maioria dos solos, especialmente, naqueles de textura areia-franca

Os teores de Ca variaram de 1,4 a 13,6 cmol_c kg⁻¹. Os teores de Ca na camada de 0-5 cm foram muito superiores aos da camada de 5-15 cm, que apresentaram em média uma redução de 48%. Os teores de Mg variaram de 1,1 a 6,5 cmol_c kg⁻¹. Os teores de Mg na camada de 0-5 cm foram muito superiores aos da camada de 5-15 cm, que apresentaram em média uma redução de 41%. Os teores de Ca e Mg nos cambissolos apresentaram correlações positivas com os teores de carbono e com o pH e nos latossolos estas foram positivas com pH. As correlações de Ca e Mg com os teores de argila nos latossolos foram negativas e não significativas, respectivamente, todavia, nos cambissolos foi positiva com silte e argila, evidenciando as diferenças entre os dois tipos de solos.

Tabela 2 - Correlações entre atributos dos solos na profundidade de 0-5 cm.

Variáveis	N	P	K	Ca	Mg	C org	CTC
pH ¹	- 0,55*	0,57*	NS	0,97**	0,85**	NS	NS
C org. ¹	0,80**	NS	NS	NS	NS	-	0,58*
Argila ¹	0,82**	NS	NS	-0,52*	NS	0,64**	NS
Silte ¹	- 0,48*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
pH ²	NS	NS	0,61**	0,78**	0,67**	0,79**	0,57*
C org. ²	NS	0,46*	NS	0,66**	0,76**	-	0,54*
Argila ²	0,59*	NS	0,75**	0,69**	0,48**	NS	0,72**
Silte ²	0,71**	NS	0,76**	0,68**	0,45*	NS	0,669**

1- Latossolo, 2- Cambissolo; NS não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1%

Os teores de Al nos solos sob as coberturas de cacau variaram de 0,0 a 0,27 cmol kg^{-1} e a área de mata apresentou teor de 1,92 cmol kg^{-1} na profundidade de 0-5 cm. De modo geral, os teores de Al nos solos sob as coberturas de cacau são baixos e desta forma apresentariam poucos riscos de toxidez. O efeito residual das calagens e/ou da complexação do Al pela matéria orgânica nos horizontes superficiais demonstra que uma recomendação de calagem deveria ser feita, tendo como objetivo principal, o suprimento de Ca e Mg, quando estes apresentarem teores abaixo do nível de suficiência, do que minimizar os efeitos tóxicos do Al.

Os teores de H + Al variaram de 1,7 a 14,0 cmol c kg^{-1} e a área de mata apresentou os maiores valores em relação às demais até a profundidade de 30cm e, de um modo geral, a concentração de H +Al aumentou ao longo do perfil.

2 - Características físicas dos solos

A densidade aparente do solo sob mata natural foi significativamente menor em relação às outras coberturas nas profundidades de 0-5 e 5-15 cm, independente do tipo de solo, todavia, esta diferença torna-se inexistente na camada de 15-30 cm para as áreas dos latossolos. Na profundidade de 30-50 cm existem diferenças entre as áreas.

Estas diferenças nas camadas superficiais indicariam um efeito de compactação superficial, provavelmente ocasionado pelo trânsito de pessoas e animais ao longo dos anos, e as diferenças nas camadas mais profundas pela influência dos materiais de origem e teores de argila, silte e areia, pois os tipos de solo diferem entre si para estes atributos (Tabela 3).

3 – Conteúdo de nutrientes

Conforme os resultados da tabela 4, podemos observar a influência dos teores dos nutrientes, do volume de solo avaliado, da densidade aparente e das características dos materiais de origem no conteúdo de nutrientes disponíveis em cada camada. Estes resultados podem influenciar na decisão de reposição dos nutrientes, pois o sistema radicular do cacauzeiro é superficial, apresentando, em média, 80% das raízes numa profundidade de 0-30 cm (Cadima & Alvim, 1973;

Gama-Rodrigues & Cadima, 1991), sendo que as suas radículas se concentram entre 0 e 5 cm de profundidade (Kummerow et al., 1982).

O conteúdo de C orgânico nos diferentes agrossistemas de cacau, na profundidade de 0-5cm, variou de 9.502 a 22.409 kg ha⁻¹. Estes resultados provavelmente estão relacionados à quantidade e qualidade da serapilheira aportadas ao longo dos anos. Pois, de maneira geral, em solos com similar composição granulométrica, uma serapilheira mais facilmente decomponível resultará em menor acúmulo de carbono que outra com substâncias mais resistentes a decomposição (Gama-Rodrigues et al., 1999).

O conteúdo de N na camada de 0-5 cm variou de 1.487 a 1.907 kg ha⁻¹. O maior conteúdo deste nutriente na camada de 5-15 cm se deve provavelmente ao volume de solo quantificado, que contribuiu para a manutenção do conteúdo de N mesmo nas camadas mais profundas e provavelmente a grande mobilidade do elemento ao longo do perfil do solo, principalmente na forma NO₃⁻.

Os conteúdos de Ca, Mg e P na camada de 0-5cm foi maior que nas camadas subjacentes para os Latossolos. Isto demonstra a importância dessa camada na manutenção da produtividade do sistema agroflorestal com cacau implantados em solos de baixa fertilidade natural. No grupo dos Cambissolos, o conteúdo de P na camada de 0-5cm foi superior ao da camada de 15-30 cm. O conteúdo de K variou de 29 a 62 kg ha⁻¹, com aumento dessas quantidades nas camadas subjacentes.

Os resultados do presente trabalho evidenciam que as quantidades de nutrientes no perfil de 0-50 cm supririam o conteúdo dos elementos exportados nas sementes para uma produção de 1.000 kg/ha, evidenciando assim, que a estratégia de fertilização deve-se basear na adição de elementos apenas em doses de manutenção.

Tabela 3 – Características físicas de cada profundidade avaliada nos diferentes sistemas agroflorestais

Cobertura	D ap kg dm ⁻¹	Profundidade de amostragem 0-5 cm			Classificação textural
		Argila	Silte %	Areia	
1	0,84 E	51,9 A	9,9 F	38,2 E	ARGILA
2	1,05 C	44,0 C	12,9 E	43,1 D	ARGILA
3	1,10 C	39,8 D	9,1 F	51,1 C	ARGILO ARENOSA
4	1,04 C	37,4 E	10,7 F	51,9 C	ARGILO ARENOSA
5	0,96 D	49,1 B	10,4 F	40,4 E	ARGILA
6	1,12 C	23,5 F	34,5 A	42,0 D	FRANCA
7	1,39 A	11,8 I	15,1 D	73,1 A	FRANCO - ARENOSA
8	1,30 B	15,9 H	23,4 C	60,7 B	FRANCO - ARENOSA
9	1,29 B	20,3 G	28,4 B	51,3 C	FRANCA
10	1,42 A	20,5 G	27,8 B	51,8 C	FRANCA
CV %	5,80	4,57	6,31	3,38	

Cobertura	D ap kg dm ⁻¹	Profundidade de amostragem 5-15 cm			Classificação textural
		Argila	Silte %	Areia	
1	0,89 E	53,8 A	12,4 F	33,8 H	ARGILA
2	1,02 D	48,8 B	14,9 E	36,4 G	ARGILA
3	1,12 D	44,6 C	12,2 F	43,3 E	ARGILA
4	1,12 D	41,5 D	13,4 E	45,1 E	ARGILA - ARENOSA
5	1,02 D	49,3 B	14,2 E	36,6 G	ARGILA
6	1,27 C	22,3 E	37,6 A	40,0 F	FRANCA
7	1,64 A	11,4 H	18,2 D	70,4 A	FRANCO - ARENOSA
8	1,40 B	14,8 G	24,1 C	61,1 B	FRANCO - ARENOSA
9	1,44 B	19,5 F	30,9 B	49,6 D	FRANCA
10	1,44 B	17,6 F	29,6 B	52,8 C	FRANCA ARENOSA
CV %	5,47	3,95	5,18	3,16	

Cobertura	D ap kg dm ⁻¹	Profundidade de amostragem 15-30 cm			Classificação textural
		Argila	Silte %	Areia	
1	0,94 C	56,0 A	15,0 E	29,0 E	ARGILA
2	1,01 C	53,0 B	16,0 E	30,9 E	ARGILA
3	1,12 C	47,6 C	13,2 F	39,2 C	ARGILA
4	1,06 C	52,3 B	10,8 F	36,9 D	ARGILA
5	1,03 C	58,5 A	12,1 F	29,5 E	ARGILA
6	1,41 B	25,4 D	33,5 A	41,1 C	FRANCA
7	1,63 A	19,0 E	20,7 D	60,3 A	FRANCO - ARENOSA
8	1,49 B	14,0 E	24,9 C	61,1 A	FRANCO - ARENOSA
9	1,45 B	17,5 E	32,4 A	50,1 B	FRANCA
10	1,58 A	19,8 E	28,3 B	51,9 B	FRANCO - ARENOSA
CV %	4,47	4,49	7,10	4,14	

Cobertura	D ap kg dm ⁻¹	Profundidade de amostragem 30-50 cm			Classificação textural
		Argila	Silte %	Areia	
1	0,98 E	67,8 A	8,4 F	23,8 E	MUITO - ARGILOSA
2	1,04 E	63,1 B	10,9 E	25,9 E	MUITO - ARGILOSA
3	1,16 D	58,6 C	7,2 F	34,2 D	ARGILA
4	1,09 D	59,9 C	8,5 F	31,6 D	ARGILA
5	1,03 E	62,6 B	12,2 E	25,2 E	MUITO - ARGILOSA
6	1,46 B	29,6 E	29,7 A	40,7 C	FRANCO - ARGILOSA
7	1,48 B	36,3 D	19,7 D	44,0 B	FRANCO - ARGILOSA
8	1,62 A	18,1 E	22,4 C	59,5 A	FRANCO - ARENOSA
9	1,33 C	27,1 E	27,2 B	45,6 B	FRANC ARG ARENOSA
10	1,28 C	29,8 E	25,9 B	44,3 B	FRANCO - ARGILOSA
CV %	4,73	4,89	6,40	5,58	

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 4 – Conteúdo de nutrientes em cada profundidade avaliada nos diferentes sistemas agroflorestais

Cobertura	Profundidade de amostragem 0-5 cm					
	N	C	Ca	Mg	P	K
	kg ha ⁻¹					
1	1641 A	17315 B	116 E	58 G	1,8 D	29 C
2	1535 B	20762 A	412 D	148 F	4,0 D	28 C
3	1827 A	22175 A	531 D	232 D	3,8 D	25 C
4	1350 B	20477 A	597 D	192 E	3,5 D	59 A
5	1771 A	19778 A	597 D	249 D	3,8 D	35 B
6	1907 A	9502 D	1143 C	317 C	9,5 D	54 A
7	1366 B	13712 C	658 D	304 C	9,6 C	39 B
8	1798 A	22409 A	1470 B	449 B	11,1 C	53 A
9	1687 A	20678 A	1759 A	481 B	43,5 B	55 A
10	1487 B	20734 A	1764 A	564 A	51,7 A	62 A
CV %	7,96	7,85	10,33	10,3	18,47	13,68

Cobertura	Profundidade de amostragem 5-15 cm					
	N	C	Ca	Mg	P	K
	kg ha ⁻¹					
1	2168 A	32331 A	112 F	46 G	1,2 D	38 D
2	1988 B	26853 B	275 F	112 F	3,6 D	34 D
3	2133 A	27017 B	347 F	181 E	3,0 D	32 D
4	2338 A	25410 B	427 E	207 E	2,7 D	85 A
5	2442 A	31677 A	465 E	235 E	2,8 D	53 C
6	1699 B	19150 C	1742 D	517 C	14,0 C	79 A
7	1585 B	18327 C	679 E	405 D	10,0 C	64 B
8	1474 B	19640 C	2160 C	679 B	6,2 D	43 D
9	2556 A	22820 C	3337 A	1056 A	29,9 B	51 C
10	1926 B	19336 C	2823 B	1017 A	46,4 A	54 C
CV %	13,17	9,72	12,72	7,33	32,74	18,95

Cobertura	Profundidade de amostragem 15-30 cm					
	N	C	Ca	Mg	P	K
	kg ha ⁻¹					
1	3253 A	33784 A	105 D	48 F	1,1 C	42 C
2	2171 A	23345 C	156 D	63 F	3,4 C	34 C
3	2584 A	27107 C	216 D	103 F	1,6 C	31 C
4	2392 A	24859 C	219 D	114 F	1,4 C	73 B
5	2645 A	29422 B	220 D	138 F	4,2 C	53 B
6	1257 B	17001 E	2343 B	736 D	34,0 B	132 A
7	1382 B	16712 E	661 C	578 E	5,8 C	59 B
8	2325 A	15994 E	2417 B	1039 C	4,6 C	48 C
9	2721 A	17957 E	4091 A	1700 B	27,3 B	54 B
10	2491 A	21788 D	4116 A	1903 A	51,1 A	65 B
CV %	16,41	9,85	7,80	7,79	57,14	20,18

Cobertura	Profundidade de amostragem 30-50 cm					
	N	C	Ca	Mg	P	K
	kg ha ⁻¹					
1	2605 A	29647 A	75 A	47 D	0,3 C	25 C
2	2394 B	21691 C	103 E	51 D	1,8 C	31 C
3	3075 A	23104 C	1334 E	96 D	0,8 C	16 C
4	2728 B	20401 C	168 E	106 D	0,4 C	45 C
5	2260 B	26536 B	164 E	88 D	0,5 C	34 C
6	3405 A	16822 D	2995 D	967 C	41,9 C	161 A
7	1670 B	20686 C	567 E	918 C	2,9 C	44 C
8	2112 B	15994 D	3570 C	1892 B	4,2 C	65 B
9	2119 B	12995 E	5555 A	2800 A	256 B	71 B
10	2675 A	13494 E	4901 B	2719 A	437 A	57 B
CV %	18,70	9,02	14,73	12,06	34,0	26,89

Em cada coluna, médias seguida pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

RESUMO E CONCLUSÕES

1 - Os sistemas agroflorestais com cacau se caracterizam como um sistema conservacionista do carbono orgânico e dos nutrientes do solo, com melhoria dos níveis de fertilidade do solo em relação mata natural, dependendo do manejo adotado.

2 - Os maiores valores de pH, Ca, Mg e P na camada superficial dos solos sob coberturas de cacau, em relação a área de mata, deve-se ao efeito residual da calagem e das adubações fosfatadas, que permanecem no sistema provavelmente devido a uma eficiente ciclagem biogeoquímica e do manejo adotado.

3 - A menor densidade aparente do solo sob mata natural em relação às outras coberturas nas camadas superficiais, indicam um efeito de compactação ocasionado pelo trânsito de pessoas e animais ao longo dos anos.

4 - A redução na profundidade de amostragem para 0-5 cm neste tipo de agrossistema, se faz necessária para uma avaliação mais criteriosa da fertilidade do solo, objetivando racionalizar o uso de corretivos e fertilizantes fosfatados, pois estes apresentam baixa mobilidade no perfil do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cadima, Z., A. & Alvim, P.T. (1973) Alguns factores del suelo asociados con la productividad del cacaotero en Bahia, Brasil. R. Theobroma, 3: 13-26, 1973.

- Chepote, R. E., Sodré, G. A., Reis, E. L., Pacheco, R. G., Marrocos, P. C. L., Ser dio, M. H. C. F. de., Valle, R. R. (2005) Recomenda o de corretivos e fertilizantes na cultura do cacau no Sul da Bahia. 2^a aproxima o. In: Comissão do plano da lavoura cacauera. Centro de Pesquisas do Cacau. Divisão de Geociências. *Exigências nutricionais e uso de fertilizantes em sistemas de produ o de cacau*. Ilhéus. p. 95-111.
- EMBRAPA. (1977) Serviço Nacional de Levantamento e Conserva o de Solos. Rio de Janeiro. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, SNLCS.
- Gama-Rodrigues, A. C. & Cadima, Z. A. (1991) Efectos de fertilización sobre sistema radicular de cacao en suelos de "tabuleiros" del sur de Bahia, Brasil. *Turrialba*, 41: 135-141.
- Gama-Rodrigues, A. C.; Barros, N. F. & Mendonça, E. S. (1999) Altera es edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. *R. bras.Ci. Solo*, 23: 581-592.
- Kummerow, J.; Kummerow, M. & Silva, W. S. (1982) Fine root growth dynamics in cacao (*Theobroma cacao*). *Plant Soil*, 65: 193-201.
- Lugo, A. E.; Cuevas, E. & Sanchez, M. J. (1990) Nutrients and mass in litter and soil of ten tropical tree plantations. *Plant Soil*, 125: 263-280.
- Penereiro, F. M. (1999) *Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: Um estudo de caso*. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 149 p.
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. e Alvarez. V. H. (1999) Recomenda es para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5^a aproxima o. *Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEG- Viçosa*. 359 p.
- Rodrigues, A. C. da G. (1989). Dinâmica do K em solos do sul da Bahia. In: Comissão Executiva do Plano da lavoura Cacauera. Centro de Pesquisas do cacau. *Relatório do programa Nacional de Pesquisas do Cacau*. Ilheus. S. P.

Zaia, F. C. & Gama-Rodrigues, A. C. (2004) Ciclagem e Balanço de nutrientes em povoamento de eucalipto na região norte Fluminense. R. bras.Ci. Solo, 28: 843-852.

4. ARTIGO Nº 2

QUALIDADE E QUANTIDADE DE SERAPILHEIRA ACUMULADA EM DIFERENTES SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE CACAU NO SUL DA BAHIA

RESUMO

Foram avaliados diferentes modelos de sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia, com sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com cobertura de leguminosas. O estudo foi efetuado em 10 áreas localizadas em diferentes zonas da região cacauera da Bahia. Cinco áreas em solos Cambissolo localizadas no município de Itajuípe e cinco áreas de solo Latossolo no município de Uruçuca. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a quantidade e a qualidade da serapilheira acumulada e a disponibilidade dos nutrientes contidos nessa nos diferentes sistemas agrossistemas florestais de cacau. A matéria seca total e o conteúdo de carbono orgânico na serapilheira acumulada dos sistemas florestais instalados nos latossolos foram superiores aos

instalados nos cambissolos e o conteúdo de P na serapilheira desses foi superior aos dos latossolos. Para os demais nutrientes não houve diferença significativa. A área de mata apresentou valores da serapilheira acumulada igual ou inferior aos sistemas agroflorestais com cacau. As folhas e as estruturas fragmentadas são os principais componentes, representam de 59 a 80 % da serapilheira acumulada. Os sistemas agroflorestais com cacau se caracterizam como um sistema conservacionista do carbono orgânico e dos nutrientes da serapilheira acumulada, com maior reserva de nutrientes em relação à mata natural, dependendo do manejo adotado.

ABSTRACT

QUANTITY AND QUALITY OF LITTER STORAGE IN DIFFERENT AGROFORESTRY SYSTEMS OF CACAO IN THE SOUTH OF BAHIA

Different agroforestry models of cacao were evaluated, in the south of Bahia, with traditional systems of cultivation and clonal gardens with different spacings: cacao planted under thinned forest or “cabruca” and cacao planted with a layer of leguminous plants. The study was done in ten areas located in different zones of the cocoa region of Bahia. Five areas in inceptisol soil located in the municipal district of Itajuípe, and five areas of latosol soil, in the municipal district of Uruçuca. The objective of this work is to evaluate the quantity and the quality of litter storage and the availability of the nutrients contained in the different agroforestry systems of cacao. The total dry matter and the content of organic carbon in the litter storage of forestry systems installed on the latosols were greater than the ones installed on the inceptisols and the content of P in the litter on the inceptisols was greater than the one in the litter on the latosols. There was no significant difference with the other nutrients. The forest area presented values of litter storage equal or minor than the values of the agroforestry systems of cacao. Leafs

and fragmented structures are the main components, representing from 59 to 80% of litter storage. The agroforestry systems with cacao are characterized as a conservationist system of organic carbon and litter storage nutrients, with a greater nutrient reserve than the natural forest, depending on the management used.

INTRODUÇÃO

As coberturas florestais proporcionam o aporte de resíduos vegetais via deposição da serapilheira que forma um compartimento de matéria orgânica sobre o solo. Na camada superficial deste compartimento, geralmente, predominam materiais em estágio inicial de decomposição, sendo as estruturas facilmente identificáveis. Com o aumento da profundidade, as folhas, os galhos, as estruturas reprodutivas e as cascas são gradualmente fragmentadas. Este material sofre o ataque de organismos decompositores, sendo transformado até a dimensão de pequenas partículas, que são encontradas em maior quantidade na interface com o solo (Costa, 2002).

A sustentabilidade do potencial produtivo do sistema está diretamente ligada à manutenção das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, sendo influenciada diretamente pela qualidade nutricional da serapilheira pela adoção de um manejo racional do carbono e dos nutrientes, em cada um dos compartimentos num determinado sistema agroflorestal, considerando não somente o aumento da produtividade, mas também à manutenção desses nutrientes no sistema.

O compartimento formado pela serapilheira e pelo solo é o sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. A serapilheira é a porção mais dinâmica desse conjunto e, possivelmente, a mais variável, não só entre ecossistemas, mas dentro de um mesmo ecossistema (Correia & Andrade, 1999).

A ciclagem de nutrientes é um dos processos mais importantes na manutenção da produtividade florestal e, para alguns ecossistemas, este processo é vital na sobrevivência das espécies (Cunha, 2002).

À semelhança do que ocorre em ecossistemas florestais, parte das reservas orgânicas e minerais dos agrossistemas de cacau encontram-se na serapilheira acumulada sobre o solo. Os agrossistemas de cacau, cabruca e tecnicamente formados constituem-se em agrossistemas conservacionistas do solo, tanto pelo recobrimento total do terreno como pela densa camada de resíduos orgânicos (Santana et al., 1990).

As taxas de decomposição da serapilheira e da liberação de nutrientes são reguladas pela interação das variáveis de qualidade do substrato, condições ambientais e organismos decompositores (Heal et al., 1997).

A avaliação da serapilheira acumulada sobre o solo pode ser um indicador da capacidade do sistema agroflorestal de repor os nutrientes exportados pelas colheitas, além de poder ser considerado como um reservatório de nutrientes para manutenção da produtividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das coberturas, que se constituem basicamente de uma combinação de diferentes espécies florestais nativas e as tecnicamente formadas, puras ou uma combinação de leguminosas, na quantidade de serapilheira acumulada e na disponibilidade dos nutrientes contidos nessa, nos agrossistemas florestais com cacau, utilizando como referência uma área de mata nativa.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Sistemas agroflorestais de cacau

Foram avaliados diferentes modelos de sistemas agroflorestais no sul da Bahia, em dois tipos de solos, Latossolos Vermelho-Amarelo e Cambissolos

Húmicos Eutróficos gleicos, em que o cacauero participa como principal componente dos sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com derruba total. O estudo foi efetuado em 10 áreas localizadas em diferentes agrossistemas da região cacauera da Bahia. Cinco áreas em solos Cambissolo localizadas no município de Itajuípe, sendo três áreas na fazenda Almirante Cacau, uma na fazenda Santa Clara e uma na área experimental da CEPLAC/CEPEC, e cinco áreas de solo Latossolo, na fazenda Brasileira, no município de Uruçuca. O clima da região é quente e úmido e a pluviosidade média é de 1500 mm, bem distribuídos ao longo do ano, apresentando uma leve estiagem no verão, dezembro a fevereiro, e uma maior precipitação no inverno, junho a agosto.

Cacau implantado sob mata raleada (cabruca): A cabruca é o sistema de cultivo do cacau em consórcio com matas nativas ou capoeiras densas. Baseia-se na substituição de estratos florestais por uma cultura de interesse econômico, implantada no sub-bosque de forma descontínua e circundada por vegetação natural, não prejudicando muito as relações mesológicas com os sistemas naturais remanescentes. No sistema cabruca a vegetação rasteira é roçada e as árvores de menor porte, que oferecem maior competitividade ao cacauero, são retiradas permanecendo somente aquelas que poderão ser utilizadas como sombra provisória do cacauero e, em alguma situação, até como sombra definitiva. Após esta operação, selecionam-se as árvores de copa alta e pouco densa para o sombreamento definitivo e, então, derrubam-se as restantes. No sistema denominado plantação comum, a distribuição dos cacaueros é desuniforme, correspondendo em média a uma população de aproximadamente 700 plantas por hectare.

Cacau implantado com derruba total: Neste sistema foi retirado todo revestimento florístico da área (método de derruba total) para formação de plantações tecnicamente orientadas, empregando-se um espaçamento regular, normalmente 3 X 3m com 1.111 plantas/ha, plantando-se em seguida as espécies utilizadas como sombreamento provisório (normalmente bananeira) e com sombreamento definitivo constituído de árvores de eritrina (*Erythrina glauca* e *Erythrina poeppigiana*). A densidade do sombreamento definitivo foi de 35 plantas/ha e de cacaueros de 1.111 plantas/ha.

Cabruca com plantio regular: Mais recentemente, e principalmente em solos de baixa fertilidade, ao invés de se proceder a derruba total da mata ou capoeira, tem-se retornado ao método da “cabruca”, adotando-se, porém, a distribuição regular dos cacauzeiros.

2. Serapilheira acumulada

A amostragem da serapilheira acumulada (material depositado sobre o solo e com diferentes graus de decomposição) foi feita trimestralmente, out/03, fev/04, jun/04 e out/04, utilizando-se um quadrado de madeira de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m), com quatro repetições. Determinou-se, ainda, na serapilheira, os teores de K (fotometria de chama), de P (espectrofotometria e pelo método da vitamina C, modificado por Braga & Defelipo, 1974), de Ca e Mg (espectrofotometria de absorção atômica), após digestão nítrico-perclórica (Tedesco et al., 1985) e de N pelo método Kjeldahl, descrito por Bataglia et al. (1983). O teor de C foi obtido por oxidação com K₂Cr₂O₇ (Anderson & Ingram, 1996). Para reduzir os problemas de contaminação pelo solo na análise da serapilheira, fez-se a separação desses materiais por peneiramento seqüencial em peneiras de malhas de 4, 2 e 1 mm, sendo descartado o material de solo que ainda ficou retido nas peneiras.

3. Ecossistemas de referência

Amostras de serapilheira de fragmento de floresta primária com baixo índice de exploração foram coletadas em uma parcela de 1500 m² e analisadas, para servir de referencial às coletadas nos outros sistemas.

4. Análise estatística

A análise de variância dos dados dos atributos físicos e químicos da serapilheira acumulada nas parcelas das coberturas florestais foi realizada adotando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para comparação de médias foi usado o teste de Schot Knot a 5% de probabilidade. Foram estabelecidas correlações de Pearson a 5 % de

probabilidade entre os aspectos quantitativos e qualitativos da serepilheira acumulada. Cada cobertura florestal foi considerada um tratamento de efeito-fixo .

5. Caracterização das áreas

1 – Mata - pouca intervenção antrópica.

2 - Eritrina com plantio aleatório de 35 anos / fazenda brasileira – sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas de 1,5 anos, sem recepa.

3 - Cabruca de 35 anos/ fazenda brasileira - sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas com 1,5 anos, sem recepa.

4 – Cabruca de 70 anos / fazenda brasileira - sombreamento > 30%, adubada até 2002 com 300 kg ha⁻¹ da fórmula B (15 – 35 -10) (N, P₂O₅, K₂O). Área com renovação de copas de 1,5 anos, com recepa.

5 – Seleção de clones com 7 anos/ fazenda brasileira - sombreamento > 30%, adubada até 2002 com 300 kg ha⁻¹ da fórmula B (15-35-10) (N, P₂O₅, K₂O). Cabruca, plantio com espaçamento regular.

6 -Eritrina tecnicamente formada com 25 anos/CEPLAC - sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas menos de 1 ano, sem recepa.

7 – Cabruca de 50 anos / fazenda St^a Clara - sombreamento > 30% sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas de menos de 1 ano, sem recepa.

8 - Quadra 5 / fazenda Almirante Cacau - sombreamento > 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O). Renovação de copas de 3 anos e plantio com espaçamento regular.

9 - J C (3x3)/ fazenda Almirante Cacau - sombreamento com glirícidia e eritrina < 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O).

10 - J.C. adensado / fazenda Almirante Cacau - sombreamento com glirícidia e eritrina < 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O).

Os solos das coberturas vegetais das áreas 1 a 5 foram Latossolos, e Cambissolos nas áreas 6 a 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1 – Matéria seca na serapilheira acumulada nos sistemas agroflorestais

A matéria seca total na serapilheira acumulada dos sistemas florestais instalados nos latossolos foi significativamente superior aos instalados nos cambissolos.

As áreas dos sistemas agroflorestais com cacau e a mata apresentaram um estoque de serapilheira acumulada que variou de 7679 a 16814 kg ha⁻¹ (Tabela 1) e a área de cabruca com substituição de copas da fazenda brasileira (3) apresentou uma serapilheira acumulada significativamente superior as demais áreas, que não diferiram entre si, porém todas foram inferiores a área de seleção de clones da fazenda brasileira (5).

A área de mata, que é sistema referencial, apresentou valores da serapilheira acumulada igual ou inferior aos sistemas agroflorestais com cacau. Estes resultados demonstram que estes agrossistemas fornecem condições favoráveis para o desenvolvimento e a manutenção da microbiota e fauna existentes nos sistemas florestais naturais.

A matéria seca acumulada na serapilheira das áreas dos sistemas agroflorestais com cacau, que não receberam adubações nos últimos 10 anos, áreas 2 e 3 nos latossolos e 6 e 7 nos cambissolos, foram superiores 36% no latossolo e 35% no cambissolo nos sistemas cabruca, em relação às áreas com coberturas de eritrina.

Conforme os resultados da tabela 2, as folhas das árvores de sombra e cacau representam de 22 a 46 % da serapilheira total. O conjunto folhas e estruturas fragmentadas, tendo como os restos de folhas não identificáveis como principal componente, representam de 59 a 80 % da serapilheira total, respectivamente, e representam o compartimento com maior superfície específica, em relação aos galhos, e portanto com potencial decomponível maior.

Tabela 1 – Matéria seca na serapilheira acumulada nos diferentes sistemas agroflorestais avaliados

Cobertura	Serapilheira	F. cacau	F.sombra	F. total	Est. Frag.	Galhos
			Kg ha ⁻¹			
1	8589 C			2468 B	3787 C	2333 C
2	9137 C	1617 B	419 B	2036 C	3699 C	3403 B
3	12458 B	902 C	2115 A	3017 B	5182 B	4259 A
4	8325 C	1313 C	683 B	1996 C	2911 C	3418 B
5	16814 A	1931 B	2559 A	4489 A	7116 A	5209 A
6	7679 C	1275 C	693 B	1967 C	4147 C	1565 C
7	10375 C	1167 C	1241 B	2408 B	4828 B	3139 B
8	7808 C	1949 B	831 B	2781 B	3243 C	1785 C
9	8737 C	3873 A	103 B	3976 A	2574 C	2187 C
10	7981 C	2335 B	428 B	2763 B	3413 C	1805 C
CV %	16,05	22,74	48,06	18,81	21,48	34,04

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os valores da matéria seca das folhas (sombra e do cacau) na serapilheira acumulada variaram de 1967 a 4489 kg ha⁻¹ (Tabela 1) e as áreas de cabruca de seleções de clones (5) e a de jardim clonal 3 x 3 (9) apresentaram valores significativamente superiores às demais áreas e as médias dessas foram assim agrupadas, em ordem decrescente pela significância estatística, 5 e 9; 1, 3, 7, 8 e 10; e por último às áreas com coberturas de eritrina 2 e 6, que foram inferiores às demais.

Conforme os resultados da tabela 1, os valores superiores para folhas totais das áreas 5 e 9 ocorreram, provavelmente, devido às podas de manutenção de copas e fitossanitárias, de acordo com a necessidade de manejo de cada área, tendo a área 9, apresentado valores superiores de matéria seca de folha de cacau que as demais, seguida das áreas 10 e 8, já para folhas de sombra os maiores valores foram nas áreas 5 e 3.

Na tabela 1, a matéria seca acumulada nas estruturas fragmentadas variaram de 2574 a 7116 kg ha⁻¹ e representaram de 29 a 54 % da matéria seca total da serapilheira acumulada (Tabela 2). As áreas de cabruca 3 e 7 apresentaram valores significativamente superiores às demais áreas, que não diferiram entre si, porém todas foram significativamente inferiores à área de seleção de clones da fazenda brasileira (5), que apresentou valores mais altos de matéria seca de galhos.

Tabela 2- Distribuição percentual das estruturas na serapilheira acumulada

	Folhas de cacau	Folhas de sombra	folhas totais	Estruturas Fraguimentadas	Galhos	folhas e estruturas
1	0	29	29	44	27	73
2	18	5	22	40	37	63
3	7	17	24	42	34	66
4	16	8	24	35	41	59
5	11	15	27	42	31	69
6	17	9	26	54	20	80
7	11	12	23	47	30	70
8	25	11	36	42	23	77
9	44	1	46	29	25	75
10	29	5	35	43	23	77

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

2 – Conteúdo de nutrientes na serapilheira acumulada dos sistemas agroflorestais

O conteúdo de carbono orgânico na serapilheira acumulada dos sistemas florestais instalados nos latossolos foi significativamente superior aos instalados nos cambissolos e o conteúdo de P na serapilheira desses foi significativamente superior aos dos latossolos. Para os demais nutrientes não houve diferença significativa.

De acordo com a tabela 3, de um modo geral, o Ca foi o nutriente de maior acumulação na serapilheira. A seqüência de acúmulo na maioria das áreas foi $Ca > N > Mg > K > P$. Todavia, nas áreas 1, 2 e 3 o N foi o nutriente com maior acúmulo, seguido do Ca, Mg, K, P. A área 5 diferenciou-se das demais por apresentar um conteúdo de K superior ao de Mg, resultados semelhantes aos encontrados por Santana et al., (1990) com o conteúdo de $K > Mg$ numa plantação sem sombra e $N > Ca$ nas com cobertura de eritrina, e de modo geral, os nutrientes seguiram a mesma seqüência de acúmulo encontrados neste trabalho e por Penereiro (1999).

O conteúdo de nutrientes na serapilheira acumulada da área de mata, área de referência, apresentou valores iguais ou inferiores às demais áreas de agrossistemas florestais com cacau (Tabela 3), demonstrando desta forma, que estes são eficientes na manutenção das características nutricionais da serapilheira acumulada e no processo de ciclagem de nutrientes. Os agrossistema de cacau, cabruca e tecnicamente formadas constituem-se em um

agrossistema conservacionista do solo, tanto pelo recobrimento total do terreno como pela densa camada de resíduos orgânicos (Santana et al., 1987).

Tabela 3 – Conteúdo e teor de nutrientes na serapilheira acumulada nos diferentes sistemas agroflorestais avaliados

Cober tura	kg ha ⁻¹	C		N		P		K		Ca		Mg	
		g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹									
1	3433 C	400 B	135 C	15,7 D	3,6 D	0,42 G	14,1 D	1,6 D	113 D	13,2 F	23,8 D	2,8 F	
2	3847 C	421 A	163 C	17,8 B	7,1 C	0,78 E	23,4 C	2,6 C	146 D	16,0 E	48,4 B	5,3 C	
3	4958 B	398 B	196 B	15,7 D	7,4 C	0,59 F	25,0 C	2,0 D	168 C	13,5 F	59,1 A	4,7 D	
4	2969 C	357 G	122 C	14,6 E	7,3 C	0,88 D	24,1 C	2,9 C	169 C	20,3 D	38,2 C	4,6 D	
5	6616 A	394 C	272 A	16,2 D	10,5 B	0,62 F	76,7 A	4,6 A	345 A	20,5 D	67,4 A	4,0 D	
6	2857 C	372 E	143 C	18,6 A	11,9 A	1,55 A	22,8 C	3,0 C	190 C	24,7 B	39,8 C	5,2 E	
7	4037 C	389 C	195 B	18,8 A	8,0 C	0,77 E	29,7 B	2,9 C	202 C	19,5 D	52,0 B	5,0 C	
8	2845 C	364 E	131 C	16,8 C	9,5 B	1,22 B	31,7 B	4,1 B	201 C	25,7 B	47,7 B	6,1 C	
9	3256 C	373 E	152 C	17,4 C	13,7 A	1,57 A	34,2 B	3,9 B	271 B	31,0 A	54,0 B	6,2 A	
10	3051 C	382 D	137 C	17,2 C	9,3 B	1,17 C	25,6 C	3,2 C	181 C	22,7 C	46,3 B	5,8 B	
CV %	16,22	2,99	15,55	2,40	15,05	3,25	18,21	10,64	16,92	3,72	13,60	3,40	

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

O conteúdo de carbono na serapilheira acumulada (Tabela 3) variou de 2845 a 6616 kg ha⁻¹ e a área de cabruca da fazenda brasileira (3) apresentou um conteúdo de carbono orgânico na serapilheira acumulada significativamente superior às demais áreas, que não diferiram entre si, porém todas foram inferiores à área de seleção de clones da fazenda brasileira (5).

A área 5, conforme os resultados da tabela 4, apresentou valores superiores de conteúdo de carbono em todas as estruturas avaliadas, com exceção do conteúdo de C nas folhas de cacau, não obstante os elevados valores nas folhas de sombra tiveram efeito compensatório no conteúdo de C das folhas totais e as estruturas fragmentadas propiciaram maior conteúdo de C na serapilheira acumulada total em todas as áreas, exceção feita à área 9, em que as folhas foram às estruturas que mais contribuíram para o conteúdo de C nesta (Tabela 4).

Tabela 4 – Conteúdo de C na serapilheira e nas estruturas avaliadas

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas (total)	Estruturas fragmentadas Kg ha ⁻¹	Galhos	Total
1			1040 C	1381 C	1012 B	3433 C
2	678 B	180 B	858 C	1444 C	1545 A	3847 C
3	359 C	913 A	1290 B	1949 B	1718 A	4958 B
4	517 C	275 B	792 C	899 D	1278 B	3051 C
5	775 B	1073 A	1848 A	2566 A	2202 A	6616 A
6	482 C	281 B	764 C	1481 C	612 B	2857 C
7	476 C	499 B	975 C	1858 B	1204 B	4037 C
8	676 B	337 B	1013 C	1099 D	734 B	2845 C
9	1443 A	39 B	1482 B	819 D	956 B	3256 C
10	873 B	161 B	1034 C	1292 C	726 B	3051 C
CV %	22,36	46,84	18,66	21,09	34,76	16,22

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

O conteúdo de N na serapilheira acumulada variou de 122 a 272 kg ha⁻¹ (Tabela 5) e as áreas 3 e 7 apresentaram valor deste na serapilheira acumulada significativamente superior às demais áreas, que não diferiram entre si, porém todas foram inferiores à área de seleção de clones da fazenda brasileira (5).

Tabela 5 – Conteúdo de N na serapilheira e nas estruturas avaliadas

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas (total)	Estruturas fragmentadas Kg ha ⁻¹	Galhos	Total
1			43,2 B	61,6 C	30,7 B	135,4 C
2	27,6 B	9,8 B	37,4 B	68,2 C	57,3 A	162,9 C
3	14,2 C	37,9 A	52,1 B	90,8 B	52,7 A	195,6 B
4	21,6 C	12,9 B	34,5 B	48,1 C	39,4 B	122,0 C
5	29,4 B	42,9 A	72,3 A	133,1 A	66,5 A	271,9 A
6	20,4 C	17,6 B	37,9 B	76,9 C	28,2 B	143,1 C
7	21,0 C	23,0 B	44,0 B	96,9 B	54,0 A	195,0 B
8	31,7 B	15,2 B	46,8 B	56,1 C	28,6 B	131,0 C
9	64,3 A	2,0 B	66,3 A	44,6 C	40,6 B	151,6 C
10	36,8 B	8,6 B	45,4 B	64,0 C	27,9 B	137,0 C
CV %	22,58	45,91	19,36	21,59	31,92	15,55

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

As áreas 4 e 8 apresentaram valores de conteúdo de N inferiores aos da área de referência, entretanto, não diferiram significativamente dessa. As áreas de sistemas agroflorestais com cacau avaliadas apresentaram maior conteúdo médio de N (157 kg ha⁻¹) do que aqueles encontrados por Santana et al. (1987),

em que o conteúdo de N, em 5 sistemas agroflorestais com cacau, variou de 94 a 115 kg ha⁻¹ e o conteúdo médio de N foi de 101 kg ha⁻¹, porém foram menores que os encontrados por Penereiro (1999), que foi de 233 kg ha⁻¹ em um sistema agroflorestal com cacau.

As estruturas fragmentadas propiciaram maior conteúdo de N na serapilheira acumulada total em todas as áreas, exceção feita à área 9, em que as folhas foram as estruturas que mais contribuíram para o conteúdo de N (tabela 5). A matéria seca total apresentou uma correlação de 0,97** , com o conteúdo total de N, enquanto este e o teor de N apresentou uma correlação de 0,06^{NS} (Tabela 6), demonstrando que, para o conteúdo total de N na serapilheira acumulada, a matéria seca total foi o fator que mais contribuiu.

Tabela 6 – Correlações entre o conteúdo de Nutrientes e a matéria seca e os teores de nutrientes na serapilheira acumulada nos diferentes sistemas agroflorestais avaliados

	Conteúdo de nutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
Teor do nutriente	0,06 ^{NS}	0,76**	0,74**	0,49**	0,32**
Matéria seca	0,97**	0,19 ^{NS}	0,81**	0,71**	0,77**

NS não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1%

Na tabela 7, pode-se observar que o conteúdo de P na serapilheira acumulada variou de 3,6 a 13,7 kg ha⁻¹ e as áreas 6 e 9 apresentaram valores significativamente superiores às demais áreas e as médias dessas foram assim agrupadas em ordem decrescente 6 e 9; 5, 8 e 10; 2, 3, 4 e 7; e na área 1 o conteúdo de P na serapilheira acumulada foi significativamente inferiores às demais.

O conteúdo de P na serapilheira acumulada dos sistemas agroflorestais implantados nos latossolos e na área de eritrina, no cambissolo (6) (Tabela 7), foi maior do que o conteúdo nos solos na profundidade de 0-5 cm, conforme apresentado no capítulo 1. Estes resultados demonstram a importância da serapilheira acumulada como reservatório de P, principalmente nos solos com maior potencial de fixação de P, já que as perdas por fixação são menores nesse compartimento. As áreas de sistemas agroflorestais com cacau avaliadas apresentaram maior conteúdo médio de P (9,4 kg ha⁻¹) do que aqueles encontrados por Santana et al. (1987), em que o conteúdo de P, em 5 sistemas

agroflorestais com cacau, variou de 6,4 a 9,1 kg ha⁻¹ e o conteúdo médio de P foi de 8 kg ha⁻¹ e os encontrados por Penereiro (1999) foi de 5,5 kg ha⁻¹ na cabruca com cacau 3 x 3.

As estruturas fragmentadas propiciaram maior conteúdo de P na serapilheira acumulada total em todas as áreas, exceção feita às áreas 4 e 9, em que os galhos e as folhas, respectivamente, foram as estruturas que mais contribuíram para o conteúdo de P (Tabela 7). A matéria seca total apresentou uma correlação de 0,19^{NS}, com o conteúdo total de P, enquanto esse e o teor de P apresentaram uma correlação de 0,76** (Tabela 6), demonstrando que para o conteúdo total de P na serapilheira acumulada, o teor de P foi o fator que mais contribuiu.

Tabela 7 – Conteúdo de P na serapilheira e nas estruturas avaliadas

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas (total)	Estruturas fragmentadas	Galhos	Total
Kg ha ⁻¹						
1			1,0 C	1,9 C	0,7 C	3,6 D
2	1,2 D	0,5 B	1,7 C	2,9 C	2,5 B	7,1 C
3	0,6 D	1,2 A	1,8 C	3,3 C	2,2 B	7,4 C
4	1,1 D	0,8 B	1,9 C	2,6 C	2,9 B	7,3 C
5	1,5 C	1,4 A	2,9 B	4,8 B	2,8 B	10,5 B
6	1,2 D	1,5 A	2,6 B	7,1 A	2,2 B	11,8 A
7	1,0 D	0,9 A	1,9 C	3,8 B	2,3 B	8,0 C
8	1,6 C	1,1 A	2,7 B	4,6 B	2,3 B	9,5 B
9	5,2 A	0,2 B	5,4 A	4,0 B	4,3 A	13,7 A
10	2,2 B	2,7 B	2,7 B	4,3 B	2,3 B	9,3 B
CV %	25,14	41,46	20,94	24,29	31,59	15,05

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Na tabela 8, pode-se observar que o conteúdo de K na serapilheira acumulada variou 14,1 a 76,7 kg ha⁻¹ e a área 5 apresentou valor significativamente superior às demais áreas e as médias dessas foram assim agrupadas em ordem decrescente 5; 7, 8 e 9; 2, 3, 4, 6 e 10; e a área 1 que o conteúdo de K na serapilheira acumulada foi significativamente inferiores às demais. As áreas de sistemas agroflorestais com cacau avaliadas apresentaram maior conteúdo médio de K (32,6 kg ha⁻¹) do que aqueles encontrados por Santana et al. (1987), em que o conteúdo de K, em 5 sistemas agroflorestais com cacau variou de 20 a 52 kg ha⁻¹ e o conteúdo médio foi de 32,4 kg ha⁻¹ e os

encontrados por Penereiro (1999) foi de 19,0 kg ha⁻¹ em um sistema agroflorestal com cacau.

As Folhas foram as estruturas que propiciaram maior conteúdo de K na serapilheira acumulada total nas áreas de mata e as com coberturas de leguminosas, e nas áreas de cabruca, as estruturas fragmentadas propiciaram o maior conteúdo de K, exceto na área 4, onde os galhos foram as estruturas que mais contribuíram para o conteúdo de K (Tabela 8). A matéria seca total apresentou uma correlação de 0,81**, com o conteúdo total de K, enquanto esse e o teor de K apresentaram uma correlação de 0,74** (Tabela 6), demonstrando que para o conteúdo total de K na serapilheira acumulada, a matéria seca total e o teor de K, apresentam, praticamente, a mesma importância em termos de contribuição.

Tabela 8 – Conteúdo de K na serapilheira e nas estruturas avaliadas

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas (total)	Estruturas fragmentadas	Galhos	Total
	Kg ha ⁻¹					
1			5,8 C	4,8 B	3,5 B	14,1 D
2	7,3 C	1,5 C	8,7 C	7,0 B	7,7 B	23,4 C
3	2,5 D	5,2 B	7,7 C	10,4 B	6,9 B	25,0 C
4	3,9 D	2,0 C	6,0 C	7,7 B	10,3 B	24,0 C
5	12,7 B	7,5 A	20,1 A	35,5 A	21,1 A	76,7 A
6	6,3 C	3,4 C	9,7 B	7,4 B	5,8 B	22,8 C
7	4,6 D	3,6 C	8,2 C	12,8 B	8,7 B	29,7 B
8	9,6 C	2,4 C	12,0 B	12,2 B	7,5 B	31,7 B
9	18,2 A	0,4 C	18,6 A	8,5 B	7,0 B	34,2 B
10	9,4 C	2,2 C	11,6 B	9,2 B	4,8 B	25,6 C
CV %	25,85	46,81	20,28	33,96	52,28	18,21

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Na tabela 9, pode-se observar que o conteúdo de Ca na serapilheira acumulada variou 113 a 345 kg ha⁻¹ e a área 5 apresentou valor significativamente superior às demais áreas e as médias dessas foram assim agrupadas em ordem decrescente 5; 9; 3, 4, 6, 7, 8 e 10; e as áreas 1 e 2 apresentaram um conteúdo de Ca na serapilheira acumulada significativamente inferiores às demais.

As áreas de sistemas agroflorestais com cacau avaliadas apresentaram maior conteúdo médio de Ca (208 kg ha⁻¹) do que aqueles encontrados por

Santana et al. (1987), em que o conteúdo de Ca, em cinco sistemas agroflorestais com cacau variou de 102 a 178 kg ha⁻¹ e o conteúdo médio foi de 145 kg ha⁻¹, porém foram inferiores aos encontrados por Penereiro (1999), que foi de 244,0 kg ha⁻¹ em um sistema agroflorestal com cacau.

As estruturas fragmentadas propiciaram maior conteúdo de Ca na serapilheira acumulada total em todas as áreas, exceção feita às áreas 4, 9 e 10, em que os galhos e as folhas, respectivamente, foram as estruturas que mais contribuíram para o conteúdo de Ca (tabela 9). A matéria seca total apresentou uma correlação de 0,71**, com o conteúdo total de Ca, enquanto esse e o teor de Ca apresentaram uma correlação de 0,49** (Tabela 6), demonstrando que para o conteúdo total de Ca na serapilheira acumulada, a matéria seca total foi o fator que mais contribuiu.

Tabela 9 – Conteúdo de Ca na serapilheira e nas estruturas avaliadas

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas (total)	Estruturas fragmentadas	Galhos	Total
	Kg ha ⁻¹					
1			32,8 D	41,7 C	38,4 C	112,9 D
2	25,9 C	7,2 C	33,1 D	56,7 C	55,8 C	145,6 D
3	19,9 C	30,6 B	50,4 D	65,6 C	52,4 C	168,4 C
4	35,6 C	11,7 C	47,3 D	53,0 C	69,0 B	169,3 C
5	54,6 B	45,9 A	100,5 B	137,6 A	106,6 A	344,7 A
6	33,7 C	21,2 C	54,8 D	93,4 B	41,7 C	189,9 C
7	22,5 C	17,6 C	40,0 D	88,3 B	74,1 B	202,5 C
8	57,8 B	17,0 C	74,8 C	79,0 B	47,2 C	200,9 C
9	129,9 A	2,0 C	131,9 A	76,7 B	62,1 C	270,6 B
10	63,1 B	10,3 C	73,4 C	72,0 B	35,3 C	180,7 C
CV %	24,26	50,92	19,34	25,71	37,32	16,92

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Na tabela 10, pode-se observar que o conteúdo de Mg na serapilheira acumulada variou de 23,8 a 67,4 kg ha⁻¹ e as áreas 3 e 5 apresentaram valores significativamente superiores às demais áreas e as médias dessas foram assim agrupadas em ordem decrescente 3 e 5; 2, 7, 8, 9 e 10; 4 e 6; e na área 1 que o conteúdo de Mg na serapilheira acumulada foi significativamente inferiores às demais.

As áreas de sistemas agroflorestais com cacau avaliadas apresentaram maior conteúdo médio de Mg (50,3 kg ha⁻¹) do que aqueles encontrados por

Santana et al. (1987), em que o conteúdo de Mg, em cinco sistemas agroflorestais com cacau variou de 31 a 36 kg ha⁻¹ e o conteúdo médio foi de 33,4 kg ha⁻¹, porém inferiores aos encontrados por Penereiro (1999) que foi de 59,7 kg ha⁻¹, em um sistema agroflorestal com cacau.

As estruturas fragmentadas propiciaram maior conteúdo de Mg na serapilheira acumulada total nas áreas 1, 3, 5, 6, 7 e 8. Na área 10 as folhas e as estruturas fragmentadas apresentaram o mesmo conteúdo de Mg e nas áreas 2 e 4 os galhos foram as estruturas que mais contribuíram para o conteúdo de Mg (Tabela 8). A matéria seca total apresentou uma correlação de 0,77**, com o conteúdo total de Mg, enquanto esse e o teor de Mg apresentaram uma correlação de 0,32** (Tabela 6), demonstrando que para o conteúdo total de Mg na serapilheira acumulada, a matéria seca total foi o fator que mais contribuiu.

Tabela 10 – Conteúdo de Mg na serapilheira e nas estruturas avaliadas

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas (total)	Estruturas fragmentadas	Galhos	Total
	Kg ha ⁻¹					
1			8,3 D	9,1 C	6,3 B	23,8 D
2	11,2 C	2,1 C	13,3 C	17,0 B	18,1 A	48,4 B
3	5,9 C	10,7 A	16,6 C	25,4 A	17,1 A	59,1 A
4	8,4 C	2,8 C	11,2 D	12,8 C	14,2 A	38,2 C
5	13,1 B	8,1 B	21,2 B	28,8 A	17,5 A	67,5 A
6	9,9 C	4,3 C	14,2 C	17,0 B	8,6 B	39,8 C
7	8,0 C	4,2 C	12,1 D	23,4 A	16,4 A	52,0 B
8	14,5 B	4,1 C	18, B	18,5 B	10,6 B	47,6 B
9	28,2 A	0,7 C	28,9 A	15,0 B	10,1 B	54,0 B
10	16,1 B	2,8 C	18,9 B	18,9 B	8,5 B	46,3 B
CV %	23,59	39,53	18,36	23,48	28,97	13,60

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados do presente trabalho evidenciam que as quantidades de nutrientes na serapilheira acumulada, nos agrossistemas florestais com cacau avaliados têm capacidade para suprir, aos solos, o conteúdo dos elementos exportados nas sementes para uma produção de 1.000 kg/ha.

RESUMO E CONCLUSÕES

1 - Os sistemas agroflorestais com cacau se caracterizam como um sistema conservacionista do carbono orgânico e dos nutrientes da serapilheira acumulada com maior reserva de nutrientes em relação à mata natural, dependendo do manejo adotado.

2 - Os sistemas agroflorestais com cacau implantados sob cabruca apresentam maior acúmulo de serapilheira, em comparação com aqueles implantados sob coberturas de eritrina nas áreas que não receberam fertilizações recentes, independente do tipo de solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. N. & Ingram, J. S. I. (1996) Tropical soil biology and fertility: A *handbook of methods*. Wallingford, CAB International. 171p.
- Bataglia, O. C.; Furlani, A. M. C.; Teixeira, J. P. F.; Furlani, P.R. & Gallo, J. R. (1983) *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, Instituto Agrônomo. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- Braga, J. M. & Defelipo, B. V. (1974) Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, Viçosa. V.21, p. 73-85.
- Correia, M. E. F; Andrade, A. G. (1999). Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G. A. & Camargo, F. A. O. eds. Fundamentos da Matéria

Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e Subtropicais. Porto Alegre, Gênese. p.197-225.

Costa, G. S. (2002). *Decomposição em florestas plantadas e fragmentos da Mata Atlântica na Região Norte Fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade estadual do Norte Fluminense, 113p.

Cunha, G. de M. (2002) *Ciclagem de nutrientes em florestas montanas e em Eucalyptus citriodora, na Região Norte Fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos goytacazes – RJ, Universidade estadual do Norte Fluminense, 122 p.

Heal, O. W.; Anderson, J. M. & Swift, M. J. (1997). Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: casdisch, G.; Giler, K. E. (Eds.), *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International, Wallingford,UK. 3-30p.

Penereiro, F. M. (1999) *Sistemas agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: Um estudo de caso*. Tese (Mestrado em Ciências Florestais) – Piracicaba – SP, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 149 p.

Santana, M. B. M.; Cabala-Rosand, P. & Serôdio, M. H. (1987) Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacau. *Conferência internacional de Pesquisas em Cacau*, Santo Domingo. v. 10, p. 233-237.

Santana, M. B. M.; Cabala-Rosand, P. & Serôdio, M. H. (1990) Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacau. *Agrotópica*, 2: 68-74 .

Tedesco, M. J.; Volkweiss, S. J. & Bohnen, H. (1985) Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, UFRGS. 50p. (*Boletim Técnico*, 5).

5. ARTIGO Nº 3

RESUMO

QUALIDADE E APORTE DE SERAPILHEIRA EM DIFERENTES SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE CACAU NO SUL DA BAHIA

Foram avaliados diferentes modelos de sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia, com sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com cobertura de leguminosas. O estudo foi efetuado em 10 áreas localizadas em diferentes zonas da região cacauceira da Bahia. Cinco áreas em solos Cambissolo localizadas no município de Itajuípe e cinco áreas de solo Latossolo no município de Uruçuca. Objetivou-se com este trabalho, avaliar a quantidade e caracterização da distribuição anual do folheto e seus respectivos teores e estoques de nutrientes em diferentes sistemas agroflorestais de cacau. A produção de matéria seca de folheto variou de 4633 a 9290 kg ha⁻¹ e as folhas constituem a fração mais significativa, pois representam 78% do folheto e contribuem com mais de 70% do conteúdo total dos nutrientes. A produção anual de folheto dos agrossistemas florestais variou durante o período de avaliação e houve maior aporte de resíduos após os períodos de menores precipitações. As

concentrações de nitrogênio e fósforo são mais elevadas nas folhas das árvores de sombra, principalmente as leguminosas, ocorrendo o inverso para as concentrações de Mg e Ca, exceto para o Ca nas coberturas de eritrina tecnicamente formadas.

ABSTRAT

QUALITY AND INPUT OF LITTER STORAGE IN DIFFERENT AGROFORESTRY SYSTEMS OF CACAO IN THE SOUTH OF BAHIA

Different agroforestry models of cacao were evaluated, in the south of Bahia, with traditional systems of cultivation and clonal gardens with different spacings: cacao planted under thinned forest or “cabruca” and cacao planted with a layer of leguminous plants. The study was done in ten areas located in different zones of the cocoa region of Bahia. Five areas in inceptisol soil located in the municipal district of Itajuípe, and five areas of latosol soil, in the municipal district of Uruçuca. The objective of this work is to evaluate the quantity and the characterization of the leaf litter annual distribution and its respective contents and nutrients reserves in different agroforestry systems of cacao. The production of the leaf litters dry matter varied from 4633 to 9290 kg_{ha}⁻¹ and the leafs constitute the most significant fraction, because it represents 78% of leaf litter and contribute with more than 70% of the total content of nutrients. The agroforestry systems annual production of leaf litter varied during the evaluation period and there was a greater input of residue after periods with less precipitation. The concentrations of nitrogen and phosphorus are more elevated in the leafs of trees of shade, especially the leguminous plants, the opposite occurring for the concentrations of Mg and Ca, except for the Ca on the technically formed layers of erythrine

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade do potencial produtivo dos agrossistemas florestais está diretamente ligada à manutenção da fertilidade do solo, sendo diretamente influenciada pela quantidade e qualidade nutricional dos resíduos vegetais que retornam ao solo anualmente (folhedo). Normalmente, os estudos sobre a reciclagem de nutrientes através de folhedo, realizados em florestas, têm revelado a alta eficiência desse processo natural na manutenção dos ecossistemas (Herrera e Jordan, 1981; Santana et al., 1984). A reciclagem de nutrientes é um dos processos mais importantes para a manutenção da produtividade florestal, sendo para alguns ecossistemas, um processo vital para a sobrevivência das espécies (Cunha, 2002).

A avaliação que tem sido feita em áreas de uso agrícola e florestal, em termos de sustentabilidade do ambiente e da capacidade produtiva, ainda é precária. Deve-se considerar todos os componentes do sistema de produção, entradas e saídas de nutrientes e o monitoramento da capacidade de manutenção dos mesmos pode ser básico para o desenvolvimento de formas coerentes de avaliar a sustentabilidade do sistema e desenvolvimento de técnicas de manejo que sejam ecológica e economicamente viáveis.

Para reduzir a necessidade e racionalizar o uso de fertilizantes é preciso avaliar a capacidade de reposição dos nutrientes exportados pelas sementes do cacauero e de outros produtos de espécies associadas em cada agrossistema, através do processo de ciclagem, que reincorpora os nutrientes via deposição de folhedo ao sistema solo-planta.

Objetivou-se, então, avaliar o efeito das coberturas, que se constituem basicamente de uma combinação de diferentes espécies florestais nativas e as tecnicamente formadas, na quantidade, caracterização da distribuição anual do folhedo e seus respectivos teores e estoques de nutrientes que retornaram ao solo pelo processo de reciclagem natural em diferentes sistemas agroflorestais de cacau, utilizando-se como referência uma área de mata nativa no sul da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Sistemas agroflorestais de cacau

Foram avaliados diferentes modelos de sistemas agroflorestais no sul da Bahia, em dois tipos de solos, Latossolos Vermelho-Amarelo e Cambissolos Húmicos Eutróficos gleicos, em que o cacau participa como principal componente dos sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com derruba total. O estudo foi efetuado em 10 áreas localizadas em diferentes zonas da região cacauzeira da Bahia. Cinco áreas em solos Cambissolo localizadas no município de Itajuípe, sendo três áreas na fazenda Almirante Cacau, uma na fazenda Santa Clara e uma na área experimental da CEPLAC/CEPEC, e cinco áreas de solo Latossolo no município de Uruçuca na fazenda Brasileira. O clima da região é quente e úmido e a pluviosidade média é de 1500 mm, bem distribuídos ao longo do ano, apresentando uma leve estiagem no verão, dezembro a fevereiro, e uma maior precipitação no inverno, junho a agosto.

Cacau implantado sob mata raleada (cabruca): A cabruca é o sistema de cultivo do cacau em consórcio com matas nativas ou capoeiras densas. Baseia-se na substituição de estratos florestais por uma cultura de interesse econômico, implantada no sub-bosque de forma descontínua e circundada por vegetação natural, não prejudicando muito as relações mesológicas com os sistemas naturais remanescentes. No sistema cabruca a vegetação rasteira é roçada e as árvores de menor porte, que oferecem maior competitividade ao cacauzeiro, são retiradas permanecendo somente aquelas que poderão ser utilizadas como sombra provisória do cacauzeiro e, em alguma situação, até como sombra definitiva. Após esta operação, selecionam-se as árvores de copa alta e pouco densa para o sombreamento definitivo e, então, derrubam-se as restantes. No sistema denominado plantação comum, a distribuição dos cacauzeiros é desuniforme, correspondendo em média a uma população de aproximadamente 700 plantas por hectare.

Cacau implantado com derruba total: Neste sistema foi retirado todo revestimento florístico da área (método de derruba total) para formação de plantações tecnicamente orientadas, empregando-se um espaçamento regular, normalmente 3 X 3m com 1.111 plantas/ha, plantando-se em seguida as espécies utilizadas como sombreamento provisório (normalmente bananeira) e com sombreamento definitivo constituído de árvores de eritrina (*Erythrina glauca* e *Erythrina poeppigiana*). A densidade do sombreamento definitivo foi de 35 plantas/ha e de cacauzeiros de 1.111 plantas/ha.

Cabruca com plantio regular: Mais recentemente, e principalmente em solos de baixa fertilidade, ao invés de se proceder a derruba total da mata ou capoeira, tem-se retornado ao método da “cabruca”, adotando-se, porém, a distribuição regular dos cacauzeiros.

2. Produção anual de folhedeo

A produção anual de folhedeo (folhas senescêntes das árvores de sombra e cacau, estruturas fragmentadas e reprodutivas e galhos) foi avaliada através de coletas mensais, no período de novembro de 2003 à outubro de 2004, nos coletores de 0,64 m² (0,80 x 0,80 m de lado), com 10 repetições, distribuídas aleatoriamente nas parcelas de 1500 m². Determinou-se, ainda, no folhedeo, os teores de K (fotometria de chama), de P (espectrofotometria e pelo método da vitamina C, modificado por Braga & Defelipo, 1974), de Ca e Mg (espectrofotometria de absorção atômica), após digestão nítrico-perclórica (Tedesco et al., 1985) e de N pelo método Kjeldahl, descrito por Bataglia et al. (1983). O teor de C foi obtido por oxidação com K₂Cr₂O₇ (Anderson & Ingram, 1996).

3. Ecossistemas de referência

A deposição anual de folhedeo no fragmento de floresta primária com baixo índice de exploração foi avaliada em uma parcela de 1500 m² e analisadas para servir de referencial às coletadas nos outros sistemas.

4. Análise estatística

A análise de variância dos dados dos atributos físicos e químicos do folheto depositado anualmente nas parcelas das coberturas florestais foi realizada adotando-se o delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições. Para comparação de médias foi usado o teste de Schot Knot a 5% de probabilidade. Cada cobertura foi considerada um tratamento de efeito-fixo.

5. Caracterização das áreas

1 – Mata - pouca intervenção antrópica

2 - Eritrina com plantio aleatório de 35 anos / fazenda brasileira – sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas de 1,5 anos, sem recepa.

3 - Cabruca de 35 anos/ fazenda brasileira - sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas com 1,5 anos, sem recepa.

4 – Cabruca de 70 anos / fazenda brasileira - sombreamento > 30%, adubada até 2002 com 300 kg ha⁻¹ da fórmula B (15 – 35 -10) (N, P₂O₅, K₂O). Área com renovação de copas de 1,5 anos, com recepa.

5 – Seleção de clones com 7 anos/ fazenda brasileira - sombreamento > 30%, adubada até 2002 com 300 kg ha⁻¹ da fórmula B (15-35-10) (N, P₂O₅, K₂O). Cabruca, plantio com espaçamento regular.

6 -Eritrina tecnicamente formada com 25 anos/CEPLAC - sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas menos de 1 ano, sem recepa.

7 – Cabruca de 50 anos / fazenda St^a Clara - sombreamento > 30% sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas de menos de 1 ano, sem recepa.

8 - Quadra 5 / fazenda Almirante Cacau - sombreamento > 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O). Renovação de copas de 3 anos e plantio com espaçamento regular.

9 - J C (3x3)/ fazenda Almirante Cacau - sombreamento com glirícidia e eritrina < 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O).

10 - J.C. adensado / fazenda Almirante Cacau - sombreamento com glirícidia e eritrina < 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N,

P₂O₅, K₂O).

Os solos das coberturas vegetais das áreas 1 a 5 foram Latossolos, e Cambissolos nas áreas 6 a 10.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas dos sistemas agroflorestais apresentaram uma produção de matéria seca de folheto que variou de 4633 a 9290 kg ha⁻¹ (Tabela 1) e as áreas 1, 3, 5, 6, 7, 10 apresentaram produções significativamente superiores às demais. Santana et al. (1987) encontraram variações de 5305 a 8839 kg ha⁻¹, em 5 sistemas agroflorestais com cacau. A área de eritrina (6) apresentou uma produção de folheto de 8491 kg ka⁻¹, resultados superiores aos encontrados por Santana et al. (1984) em uma plantação de cacau catongo com 17 anos de idade, sombreado com eritrina, durante o período de 2 anos, cuja produção foi de 8146 e 5994 kg ha⁻¹, para cada um dos dois anos avaliados.

TABELA 1 – Matéria seca total no folheto dos agrossistemas de cacau

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas totais	Estruturas reprodutivas	Galhos	Total
kg ha ⁻¹						
1			6613 A	927 A	1750 A	9290 A
2	2585 C	1087 C	3672 B	459 B	502 C	4633 B
3	1234 D	4672 A	5905 A	856 A	937 B	7698 A
4	1079 D	2763 B	3843 B	961 A	1144 B	5948 B
5	2399 C	3615 B	6014 A	1183 A	503 C	7700 A
6	2783 C	3403 B	6185 A	1183 A	1123 B	8491 A
7	1432 D	4430 A	5862 A	1251 A	586 C	7698 A
8	1754 D	3407 B	5161 A	557 B	246 C	5964 B
9	4251 B	791 C	5042 A	517 B	298 C	5856 B
10	5107 A	1060 C	6168 A	594 B	544 C	7305 A
CV	36,09	52,75	26,34	50,41	69,63	26,98

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

As folhas constituem a fração mais significativa, pois representam 78% do folheto e contribuem com mais de 70% do conteúdo total dos nutrientes. As

folhas das árvores de sombra, (Tabela 1), dependendo do tipo de agrossistema, podem ser mais representativas e podem contribuir com mais de 60% nas áreas de cabruca. Já nas plantações com coberturas de leguminosas há um aumento da contribuição das folhas de cacau e nas áreas com menor porcentagem de sombreamento (9 e 10), as folhas de cacau representam mais 70 % da produção total dos resíduos. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Santana et al.,(1987).

A produção anual de folheto dos agrossistemas florestais apresentou variação durante o período de estudo (Figuras 1, 2 e 3), que provavelmente foi influenciada pelas precipitações, uma vez que a produção mensal de folheto dos sistemas apresentaram a mesma tendência, isto é, com um maior aporte de resíduos após os períodos de menores precipitações. Alvim (1977), Aranguren et al. (1982) e Santana et al. (1984) também apresentaram dados que mostram relação entre estiagem e queda de folhas.

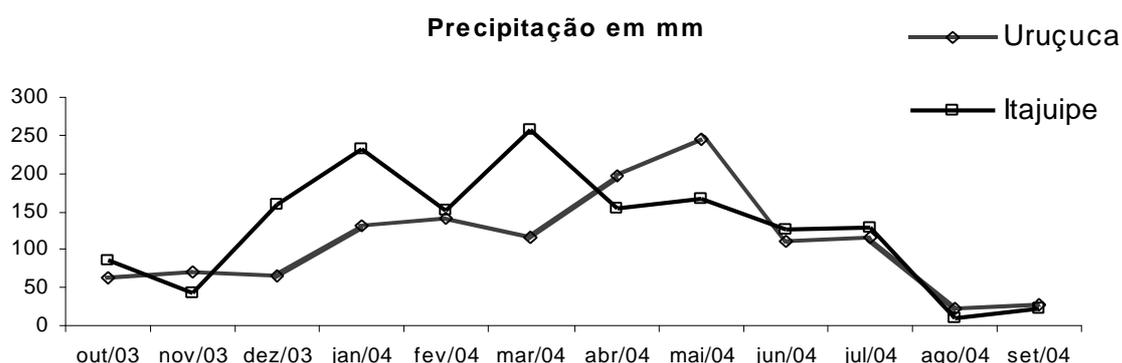


Figura 1 – precipitações em mm de chuva nos locais onde se localizam os sistemas agroflorestais avaliados

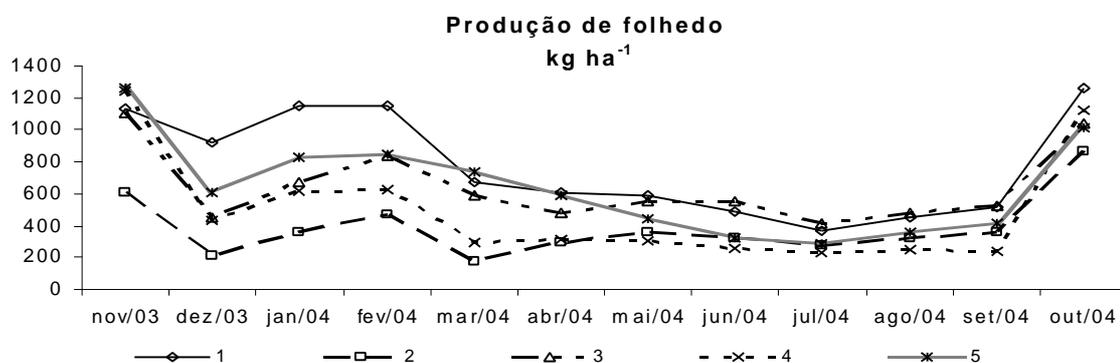


Figura 2 – Produção de folheto dos sistemas agroflorestais avaliados, localizados no município de Uruçuca

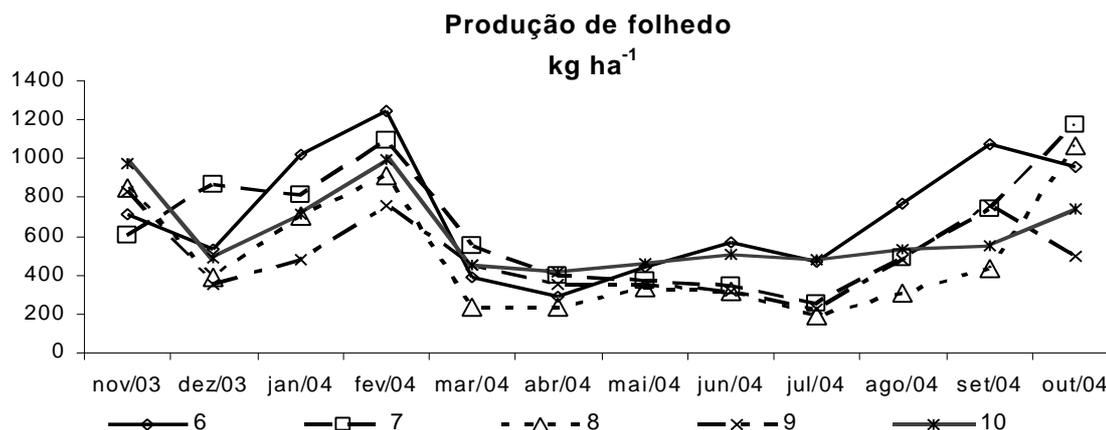


Figura 3 – Produção de folhodo dos sistemas agroflorestais avaliados, localizados no município de Itajuípe

O conteúdo total de Carbono no folhodo variou de 1864 a 4028 kg ha⁻¹, (Tabela 2). A área de mata apresentou conteúdo de C significativamente superior às demais, sendo as folhas o componente mais representativo, contribuindo com cerca de 65 a 86 % do carbono total ciclado no folhodo. Observou-se que a contribuição das folhas de sombra foi maior que as de cacau nas áreas de cabruca (3, 4, 5, 7 e 8) e na plantação tecnicamente formada com sombreamento de eritrina (6).

Tabela 2 – Conteúdo de Carbono no material formador da serapilheira

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas totais	Estruturas reprodutivas	Galhos	Total
			kg ha ⁻¹			
1			2917 A	370 B	741 A	4028 A
2	1020 C	458 C	1478 B	189 C	198 C	1864 C
3	489 D	2000 A	2489 A	355 B	418 B	3262 B
4	416 D	1179 B	1595 B	373 B	486 B	2454 C
5	949 C	1630 A	2579 A	525 A	204 C	3308 B
6	1099 C	1386 B	2485 A	469 A	418 B	3372 B
7	571 D	1817 A	2388 A	521 A	242 C	3151 B
8	648 D	1263 B	1912 B	224 C	100 C	2236 C
9	1564 B	328 C	1892 B	205 C	123 C	2221 C
10	1993 A	435 C	2427 A	229 C	215 C	2871 B
CV%	35,99	49,60	25,73	50,79	70,52	26,80

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

O conteúdo total de fósforo no folhodo variou de 5,7 a 16,9 kg ha⁻¹ (Tabela 3). As áreas com menor porcentagem de sombreamento apresentaram conteúdo de P significativamente superior às demais, porém todas foram inferiores a área

com cobertura de eritrina tecnicamente formada (6). As folhas constituem o componente mais representativo contendo de 61 a 76 % do fósforo total ciclado no folheto. O conteúdo de P está relacionado com a quantidade do material, entretanto há uma grande contribuição da concentração do nutriente nas folhas, principalmente nas coberturas com leguminosas, onde os teores de P nas folhas das árvores de sombra mostraram concentrações de até 126 % maiores que as das folhas de cacau (Tabela 4).

Tabela 3 - Conteúdo de P no folheto dos sistemas agroflorestais

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas totais	Estruturas frag. e rep.	Galhos	Total
1			4,2 C	0,9 B	0,6 C	5,7 C
2	2,2 C	2,1 C	4,3 C	1,0 B	0,4 C	5,8 C
3	1,1 D	4,4 B	5,5 C	1,2 B	0,6 C	7,4 C
4	0,7 D	3,5 B	4,2 C	1,7 B	1,0 B	6,9 C
5	1,7 D	2,4 C	4,1 C	2,0 B	0,3 C	6,4 C
6	3,2 B	7,2 A	10,4 A	4,5 A	2,1 A	16,9 A
7	1,3 D	4,1 B	5,3 C	1,9 B	0,5 C	7,8 C
8	1,7 D	3,1 B	4,8 C	1,3 B	0,2 C	6,3 C
9	5,2 A	1,7 C	6,9 B	1,5 B	0,7 C	9,1 B
10	6,0 A	2,0 C	7,9 B	1,5 B	1,1 B	10,6 B
CV	36,77	55,33	25,05	59,75	85,88	27,62

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 4 - Teores de nutrientes nas folhas de cacau e sombra do folheto dos sistemas agroflorestais

Coberturas	N		P		K		Ca		Mg	
	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S
1		17,6F		0,63 F		2,7E		11,9 F		3,9 E
2	14,6B	26,3B	0,86 D	1,95 B	2,8 G	4,5 B	14,9 H	14,9 E	9,2 C	5,3 C
3	14,4B	21,3D	0,89 D	0,94 E	4,0 D	2,6 E	17,6 G	14,6 E	9,8 B	6,5 A
4	12,6D	19,9E	0,61 F	1,28 D	5,5 B	5,0 A	24,5 C	14,5 E	7,4 F	4,2 D
5	11,9E	14,5H	0,70 E	0,66 F	3,7 E	2,7 E	19,5 F	12,5 F	9,1 C	3,2 F
6	16,6A	23,0C	1,15 B	2,12 A	6,4 A	4,2 C	21,5 E	25,9 A	8,8 D	6,1 B
7	13,1C	17,2F	0,87 D	0,93 E	3,1 F	2,2 F	17,7 G	12,4 F	10,3 A	2,8 G
8	13,0C	15,6G	0,96 C	0,97 E	2,8 G	2,0 F	27,7 B	19,2 C	8,7 D	4,2 D
9	13,4C	27,5A	1,22 A	2,12 A	3,3 F	3,8 D	29,1 A	21,3 B	9,3 C	6,2 B
10	12,8D	21,5D	1,16 B	1,80 C	4,5 C	4,5 B	22,9 D	17,1 D	7,9 E	6,2 B
CV%	3,63	3,70	7,67	7,13	6,05	7,38	2,31	4,54	2,52	4,39

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

O conteúdo total de nitrogênio no folheto variou de 84,2 a 174,2 kg ha⁻¹ (Tabela 5). As áreas 1, 3 e 6 apresentaram conteúdo de N significativamente superior às demais. As folhas constituem o componente mais representativo, contribuindo com cerca de 68 a 84 % do N total ciclado no folheto. O conteúdo

total de N está relacionado com a produção de matéria seca total, observando-se uma grande contribuição da concentração do nutriente nas folhas de sombra, que apresentaram superioridade nas concentrações de N de aproximadamente 6,4g kg ha⁻¹ em relação às folhas de cacau. Nas áreas com coberturas de leguminosas esta diferença se eleva para aproximadamente 10,2 kg ha⁻¹, podendo apresentar superioridade de até 105 % em relação ao teor de N nas folhas de cacau (Tabela 4), estes resultados são semelhantes aos encontrados por Santana et al. (1987).

Tabela 5 - Conteúdo de N no folheto dos sistemas agroflorestais

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas totais	Estruturas reprodutivas	Galhos	Total
Kg ha ⁻¹						
1			116,6 A	19,1 B	21,4 A	157,0 A
2	37,5 C	28,6 C	66,1 B	11,0 B	7,1 C	84,2 B
3	17,8 D	99,7 A	117,5 A	19,2 B	13,3 B	150,1 A
4	13,6 D	54,9 B	68,5 B	20,3 B	11,9 B	100,6 B
5	28,3 C	52,6 B	80,9 B	23,6 A	5,6 C	110,2 B
6	46,1 B	78,4 A	124,5 A	32,5 A	17,6 A	174,6 A
7	18,7 D	76,0 A	94,7 B	26,0 A	6,8 C	127,5 B
8	23,0 D	52,2 B	75,2 B	11,2 B	2,7 C	89,1 B
9	57,0 A	21,8 C	78,8 B	13,2 B	4,6 C	96,6 B
10	65,3 A	22,9 C	88,2 B	14,6 B	8,0 C	110,9 B
CV	35,46	47,84	26,74	49,77	72,05	27,48

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

O conteúdo total de potássio no folheto variou de 14,0 a 48,0 kg ha⁻¹, conforme os resultados da Tabela 6, e a área tecnicamente formada com cobertura de eritrina (6) apresentou conteúdo significativamente superior às demais.

Tabela 6 – Conteúdo de K no folheto dos sistemas agroflorestais

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas totais	Estruturas reprodutivas	Galhos	Total
Kg ha ⁻¹						
1			17,5 C	3,0 C	3,2 B	23,7 C
2	6,9 D	5,0 C	11,9 D	2,7 C	1,3 C	15,9 D
3	4,9 E	12,2 A	17,0 C	3,8 C	2,3 C	23,1 C
4	5,9 E	13,9 A	19,8 C	6,5 B	6,1 A	32,4 B
5	8,9 D	9,6 B	18,5 C	7,0 B	1,9 C	27,3 C
6	17,8 B	14,4 A	32,2 A	13,0 A	2,8 B	48,0 A
7	4,5 E	9,5 B	14,0 D	5,5 B	1,0 C	20,5 C
8	5,0 E	6,6 C	11,5 D	2,0 C	0,5 C	14,0 D
9	13,8 C	2,9 C	16,7 C	3,7 C	0,7 C	21,2 C
10	23,0 A	4,6 C	27,7 B	4,4 C	3,6 B	35,7 B
CV%	32,31	41,73	20,75	66,36	90,82	25,25

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

As folhas constituem o componente mais representativo e contém de 61 a 82 % do nutriente ciclado, via deposição de folhedeo (Tabela 4). Conforme os resultados da tabela 4, os teores de K variaram de 2,0 a 5,0 g kg⁻¹ e de 2,8 a 6,4 g kg⁻¹, nas folhas das árvores de sombra e nas folhas de cacau, respectivamente, e as folhas de cacau apresentaram concentrações superiores às folhas de sombra, com exceção das áreas 2, 9 e 10. Em cinco agrossistemas com cacau, Santana et al. (1990) encontraram baixas variações nos teores de Potássio entre folhas de sombra e cacau.

O conteúdo total de cálcio e Mg no folhedeo variou de 68,2 a 199,8 kg ha⁻¹ (Tabela 7) e de 27,8 a 59,7 kg ha⁻¹ (Tabela 8), respectivamente. A área com cobertura de eritrina tecnicamente formada (6) apresentou conteúdos significativamente superiores às demais. As folhas constituem o componente mais representativo contendo de 70 a 90% dos nutrientes reciclados via queda de folhedeo.

Tabela 7 – conteúdo de Ca no folhedeo dos sistemas florestais

Cobertura	Folhas de cacau	Folhas de sombra	Folhas totais	Estruturas reprodutivas	Galhos	Total
	Kg ha ⁻¹					
1			79,0 C	10,8 B	22,7 A	112,5 C
2	38,8 B	16,4 D	55,2 D	5,9 B	7,1 C	68,2 D
3	22,0 C	68,1 B	90,1 C	10,6 B	13,3 C	114,0 C
4	26,5 C	39,9 C	66,4 D	11,1 B	16,5 B	94,0 D
5	46,6 B	45,4 C	91,9 C	12,9 B	9,3 C	114,1 C
6	59,8 B	88,5 A	148,4 A	23,5 A	27,9 A	199,8 A
7	25,3 C	54,5 B	79,9 C	13,5 B	10,4 C	103,8 C
8	48,5 B	64,2 B	112,7 B	10,6 B	4,4 C	127,6 C
9	123,7 A	16,8 D	140,5 A	9,2 B	7,0 C	156,3 B
10	117,1 A	18,2 D	135,3 A	8,5 B	7,6 C	151,3 B
CV	36,68	55,32	24,91	52,20	62,54	24,67

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones
Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Embora haja relação entre conteúdo de Ca e Mg e a matéria seca total de folhas (cacau e sombra), ficou evidenciada a contribuição das maiores concentrações dos nutrientes nas folhas do cacau, que mostraram, respectivamente, cerca de 5,3 e 4,0 g kg⁻¹ a mais de Ca e Mg que as folhas de sombra. Exceção feita às áreas com coberturas de eritrina, onde os teores de Ca nas folhas de sombra da área 2 foram iguais e na área 6 superiores aos das folhas do cacau (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Santana et al. (1987) em outros agrossistemas com cacau.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvim, P. T. (1977) Floresta amazônica: equilíbrio entre utilização e conservação. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. 20p.
- Anderson, J. N. & Ingram, J. S. I. (1996) Tropical soil biology and fertility: A *handbook of methods*. Wallingford, CAB International. 171p.
- Bataglia, O. C.; Furlani, A. M. C.; Teixeira, J. P. F.; Furlani, P. R. & Gallo, J. R. (1983) *Métodos de análise química de plantas*. Campinas, Instituto Agrônomo. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- Braga, J. M. & Defelipo, B. V. (1974) Determinação espectrofotométrica de fósforo em extrato de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, Viçosa. V.21, p. 73-85.
- Cunha, G. de M. (2002) *Ciclagem de nutrientes em florestas montanas e em Eucalyptus citriodora, na Região Norte Fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos goytacazes – RJ, Universidade estadual do Norte Fluminense, 122 p.
- Herrera, R. and Jordan, C. F. (1981). Nitrogen cycle in a tropical amazonian rain forest: caatinga of low mineral nutrient status. *Ecol. Bull.* (snceden), 33, p. 493-505.
- Santana, M. B. M. & Cabala-Rosand, P. (1984). Reciclagem de nutrientes em uma plantação de cacau sombreada com eritrina. *Conferência internacional de Pesquisas em Cacau*, Lomé Togo. v. 9, p. 205-210.
- Santana, M. B. M.; Cabala-Rosand, P. & Serôdio, M. H. (1987) Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacau. *Conferência internacional de Pesquisas em Cacau*, Santo Domingo. v. 10, p. 233-237.
- Santana, M. B. M.; Cabala-Rosand, P. & Serôdio, M. H. (1990) Reciclagem de nutrientes em agrossistemas de cacau. *Agrotópica*, 2: 68-74 .

Tedesco, M. J.; Volkweiss, S. J. & Bohnen, H. (1985) Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, UFRGS. 50p. (*Boletim Técnico*, 5).

6. ARTIGO Nº 4

RESUMO

CICLAGEM E BALANÇO DE NUTRIENTES EM DIFERENTES SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE CACAU NO SUL DA BAHIA

Foram avaliados diferentes modelos de sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia, com sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com cobertura de leguminosas. O estudo foi efetuado em 10 áreas localizadas em diferentes zonas da região cacaueira da Bahia. Cinco áreas em solos Cambissolo localizadas no município de Itajuípe e cinco áreas de solo Latossolo no município de Uruçuca. Objetivou-se neste estudo, avaliar a ciclagem e balanço de nutrientes nos diferentes agrossistemas de cacau. Os valores estimados dos coeficientes de decomposição (k) variaram entre os agrossistemas e a mata e a plantação tecnicamente formada com eritrina (área 6), apresentaram os maiores coeficientes de decomposição e, conseqüentemente, menores valores do tempo médio de residência de nutriente (TMR). De uma forma generalizada, com exceção do Mg, as folhas das árvores de sombra funcionariam mais como fonte de nutrientes e as folhas do cacau como dreno, devido as suas menores taxas de ciclagem biogeoquímica. A área tecnicamente formada com

cobertura de eritrina (6) apresenta as melhores condições nutricionais para N e P e, assim, apresentam condições mais favoráveis à decomposição. A concentração de lignina na serapilheira acumulada apresentou uma variação de 80 a 159 %, acima das consideradas ideais. O balanço de nutrientes para a produção de 1000 kg de sementes secas foi positivo em todos os sistemas avaliados e as quantidades de nutrientes na serapilheira e cascas de cacau são relevantes para manutenção do potencial produtivo do sistema. As maiores reservas nutricionais de P e K imobilizados na biomassa vegetal demonstram a fragilidade dos ecossistemas frente às perturbações naturais ou antrópicas, principalmente naqueles instalados nos latossolos.

ABSTRACT

NUTRIENT CYCLING AND BALANCE IN DIFFERENT AGROFORESTRY SYSTEMS OF CACAO IN THE SOUTH OF BAHIA

Different agroforestry models of cacao were evaluated, in the south of Bahia, with traditional systems of cultivation and clonal gardens with different spacings: cacao planted under thinned forest or “cabruca” and cacao planted with a layer of leguminous plants. The study was done in ten areas located in different zones of the cocoa region of Bahia. Five areas in inceptisol soil located in the municipal district of Itajuípe, and five areas of latosol soil, in the municipal district of Uruçuca. The objective of this work is to evaluate the cycling and balance of nutrients in the different agrosystems of cacao. The estimated values of the decomposition coefficients (k) varied between the agrosystems and the forest and the plantation technically formed with eritrina (area 6), presented the greater decomposition coefficients and, consequently, lower average time values of nutrient residence (TMR). Overall, with the exception of the Mg, the leaves of the trees of shade would work more as a source of nutrients and the cocoa leaves as a drain, due to its smaller biochemical cycling rates. The area technically formed with an eritrina

layer (6) presents the best nutritional conditions for N and P and therefore presents more favorable conditions to decomposing. The concentration of lignin in the litter storage presented a variation from 80 to 159 %, above the ones considered ideal. The balance of the nutrients for a production of 1000 kg of dry seeds was positive on all evaluated systems, and the quantity of nutrients on the litter and on the barks of cacao are relevant to the maintenance of the systems productive potential. The greater nutritional reserves of P and K immobilized in the vegetations biomass demonstrate the ecosystems frailness towards the natural and anthropic disturbances, specially in those installed in the latosols.

INTRODUÇÃO

A compreensão dos fatores que influenciam a liberação dos nutrientes que retornam as planta via reciclagem é de vital importância na manutenção do potencial produtivo dos agrossistemas florestais com cacau, segundo Heal et al. (1997), a interação de três fatores controla a decomposição: o ambiente físico-químico, a qualidade da fonte e a ação de organismos decompositores.

A qualidade nutricional dos resíduos vegetais depositados anualmente e acumulados sobre o solo influencia mais rapidamente a liberação dos nutrientes e, à longo prazo, contribui para formação da matéria orgânica estável do solo. A taxa de decomposição da serapilheira acumulada é influenciada pela variabilidade de espécies que compõem a cobertura vegetal, geralmente plantios puros tendem a apresentar menor velocidade de decomposição que plantios mistos e florestais nativos (Gama-Rodrigues et al., 1999).

Estudos sobre a ciclagem de nutrientes em agrossistemas florestais com cacau permitem diagnosticar possíveis alterações decorrentes de técnicas de manejo aplicadas e fornece subsídios para definição de estratégias para manutenção da sustentabilidade de produção.

Objetivou-se neste trabalho, avaliar a influência das coberturas, que se constituem basicamente de uma combinação de diferentes espécies florestais nativas e as tecnicamente formadas, puras ou uma combinação de leguminosas, na qualidade dos resíduos acumulados sobre o solo e os aportados anualmente, nos coeficientes de decomposição, na eficiência da ciclagem e no balanço de nutrientes para o sistema solo-planta, utilizando como referência uma área de mata nativa no sul da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Sistemas agroflorestais

Foram avaliados diferentes modelos de sistemas agroflorestais no sul da Bahia, em dois tipos de solos, Latossolos Vermelho-Amarelo e Cambissolos Húmicos Eutróficos gleicos, em que o cacauero participa como principal componente dos sistemas tradicionais de cultivo e jardins clonais com diferentes espaçamentos: cacau implantado sob mata raleada ou “cabruca” e cacau implantado com derruba total. O estudo foi efetuado em 10 áreas localizadas em diferentes zonas da região cacauera da Bahia. Cinco áreas em solos Cambissolo localizadas no município de Itajuípe, sendo três áreas na fazenda Almirante Cacau, uma na fazenda Santa Clara e uma na área experimental da CEPLAC/CEPEC, e cinco áreas de solo Latossolo no município de Uruçuca, na fazenda Brasileira.

2. Estoque de nutrientes na biomassa vegetal

Para o cálculo do total de nutrientes imobilizados na biomassa da eritrina utilizou-se como base as proporções da distribuição espacial entre folhas, galhos e troncos. Aos 10 anos a eritrina acumula 80,5% da biomassa no tronco com densidade de 240 kg m^{-3} e, com base nos totais de reservas de biomassa dos

sistemas cacau sombreado com eritrina com 10 anos, foi estimado o percentual alocado em cada parte da eritrina, em que 5,25% são folhas, 14,25% galhos e 80,5% tronco (Fassbender, 1993).

Realizou-se nas áreas do CEPEC a cubagem de 4 troncos de árvores de eritrina com 25 anos, onde obteve-se a média do volume do tronco ($3,96 \text{ m}^3 \text{ planta}^{-1}$) e, em função da densidade, foi estimado o peso seco do tronco ($950,25 \text{ kg} = 80,5\%$) e as folhas e galhos com base nos percentuais estimados. O peso seco médio das plantas estimadas foi de $1180,43 \text{ kg planta}^{-1}$ e com $41.315,05 \text{ kg ha}^{-1}$ de matéria seca ($1180,43 \times 35$ plantas), distribuídos da seguinte forma: $2169,05 \text{ kg}$ de folhas, $5887,42 \text{ kg}$ de galhos e $33258,75 \text{ Kg}$ de tronco. O total de nutrientes imobilizados na biomassa e o incremento anual de cada nutriente para o crescimento da eritrina foi estimado em função dos teores de nutrientes e o acúmulo de biomassa (Alpizar, 1986). Para a estimativa dos nutrientes imobilizados no sistema radicular da eritrina foi adotado como sendo os mesmos valores dos de nutrientes contidos nos galhos, pois não foram encontradas referências para a biomassa do sistema radicular das árvores de sombra.

Para estimar a biomassa das árvores de sombra na cabruca foi utilizado como referência, uma estimativa feita por técnicos da CEPLAC em áreas de cabruca, que estimaram uma média de $90 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de madeira comercial e $55 \text{ árvores ha}^{-1}$ (Müller, comunicação pessoal) e, utilizou-se como base, as proporções da distribuição espacial da biomassa total entre folhas, galhos e troncos adotados para eritrina, 80,5% de tronco (72,45%, lenho e 8,05%, cascas); 14,25% galhos (12,825% lenho e 1,425% cascas) e 5,25% folhas. Todavia, devido ao fato de os teores médios dos nutrientes adotados neste levantamento referirem-se ao lenho, casca e folha; adotou-se como referência de 10% do volume do tronco e galho, para a casca, estimado com base nos dados de Cunha (2002), e a densidade de 540 kg m^{-3} para o lenho e 450 kg m^{-3} para a casca (Clevelario Júnior, 1996). Os totais de nutrientes imobilizados na biomassa foram estimados em função das médias dos teores, segundo Leão e Silva (1990), e o acúmulo de biomassa. Os mesmos valores dos nutrientes contidos nos galhos foram utilizados para estimar os nutrientes imobilizados no sistema radicular das árvores da cabruca.

Para estimar a biomassa do cacauzeiro e sua distribuição foi utilizada a estimativa de Tong e Ng (1980), que foi 31833 kg de matéria seca ha^{-1} , sendo

7640 kg ha⁻¹ de folhas, 10810 kg ha⁻¹ de ramos, 4250 kg ha⁻¹ de caule, 6040 kg ha⁻¹ de raiz e 3090 kg ha⁻¹ de frutos, com correção para produção de frutos em função das coletas efetuadas em cada área avaliada, média de 10 frutos por área (sementes + cacas) de matéria seca. Os cálculos do total de nutrientes imobilizados pela cultura foram estimados em função destes valores pelos teores de nutrientes, exceto para o sistema radicular do cacau, que foi calculado em função da diferença do total de nutrientes imobilizados pela cultura e o conteúdo de nutrientes em cada compartimento da planta, inclusive dos frutos, pois os teores de nutrientes utilizados como referência (Alpizar,1986) nesta estimativa referem-se ao sistema radicular do cacau e a da eritrina juntos.

Foram atribuídos os mesmos valores da biomassa do cacau para os sistemas cabruca e eritrina.

3. Ecossistemas de referência

Amostras de serapilheira de fragmento de floresta primária com baixo índice de exploração foram coletadas em uma parcela de 1500 m² e analisadas para servir de referencial às coletadas nos outros sistemas.

4. Análise estatística

A análise de variância dos dados dos atributos físicos e químicos da serapilheira acumulada nas parcelas das coberturas florestais foi realizada adotando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Para comparação de médias foi usado o teste de Schot Knot a 5% de probabilidade. Foram estabelecidas correlações de Pearson a 5 % de probabilidade entre algumas propriedades químicas e físicas da serapilheira. Cada cobertura foi considerada um tratamento de efeito-fixo.

5. Caracterização das áreas.

1 – Mata - pouca intervenção antrópica.

2 - Eritrina com plantio aleatório de 35 anos / fazenda brasileira –
sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com

renovação de copas de 1,5 anos, sem recepa.

3 - Cabruca de 35 anos/ fazenda brasileira - sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas com 1,5 anos, sem recepa.

4 – Cabruca de 70 anos / fazenda brasileira - sombreamento > 30%, adubada até 2002 com 300 kg ha⁻¹ da fórmula B (15 – 35 -10) (N, P₂O₅, K₂O). Área com renovação de copas de 1,5 anos, com recepa.

5 – Seleção de clones com 7 anos/ fazenda brasileira - sombreamento > 30%, adubada até 2002 com 300 kg ha⁻¹ da fórmula B (15-35-10) (N, P₂O₅, K₂O). Cabruca, plantio com espaçamento regular.

6 -Eritrina tecnicamente formada com 25 anos/CEPLAC - sombreamento > 30%, sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas menos de 1 ano, sem recepa.

7 – Cabruca de 50 anos / fazenda St^a Clara - sombreamento > 30% sem adubação nos últimos 10 anos. Área com renovação de copas de menos de 1 ano, sem recepa.

8 - Quadra 5 / fazenda Almirante Cacau - sombreamento > 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O). Renovação de copas de 3 anos e plantio com espaçamento regular.

9 - J C (3x3)/ fazenda Almirante Cacau - sombreamento com gliricidia e eritrina < 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O).

10 - J.C. adensado / fazenda Almirante Cacau - sombreamento com gliricidia e eritrina < 30%, adubação anual com 300 kg ha⁻¹ da fórmula A (11-30-17) (N, P₂O₅, K₂O).

Os solos das coberturas vegetais das áreas 1 a 5 foram Latossolos, e Cambissolos nas áreas 6 a 10.

6- Balanço e ciclagem de nutrientes

Foram estimados os valores dos coeficientes de decomposição (k) e do tempo médio de residência de nutrientes (TMR) da serapilheira. O valor k é a relação massa de serapilheira produzida/massa de serapilheira acumulada (Anderson & Ingram, 1989). O TMR é a relação quantidade de nutriente da

serapilheira acumulada/quantidade de nutriente da serapilheira produzida (Adams & Attiwill, 1986).

Para o balanço nutricional, tomaram-se valores dos conteúdos de nutrientes no solo (em diferentes profundidades), na serapilheira acumulada e nos componentes das plantas de cacau. O balanço nutricional foi obtido pela seguinte expressão:

Balanço de nutrientes 1 = solo – vegetação (parte aérea do cacau+ serapilheira+fruto)

Balanço de nutrientes 2 = solo – vegetação (parte aérea das árvores de sombra+ serapilheira)

Balanço de nutrientes 3 = solo – vegetação (parte aérea das árvores de sombra e cacau + serapilheira + frutos)

Balanço de nutrientes 4 = solo – frutos (sementes e cascas)

Balanço de nutrientes 5 = (solo + serapilheira) – frutos (sementes e cascas)

Balanço de nutrientes 6 = (solo + serapilheira + cascas) – sementes

A intensidade do processo de ciclagem bioquímica nas folhas foi avaliada pelas variações percentuais nas concentrações de nutrientes entre as folhas da parte aérea [F] e do folheto [Fo]. Já as variações entre os resíduos vegetais depositados anualmente [Rv] e a serapilheira acumulada [Sr] foram indicadores da intensidade de ciclagem biogeoquímica dos nutrientes contidos na serapilheira (Reis & Barros, 1990; Gama-Rodrigues & Barros, 2002). Assim, a ciclagem foi estimada a partir da seguinte expressão:

$$\text{ciclagem bioquímica} = \left\{ \frac{[Fo]-[F]}{[F]} \right\} \times 100$$

$$\text{ciclagem biogeoquímica} = \left\{ \frac{[Sr]-[Rv]}{[Rv]} \right\} \times 100$$

RESULTADOS E DISCUÇÃO

Os valores estimados dos coeficientes de decomposição (k) variaram entre os agrossistemas florestais de 0,46 a 1,11 ano⁻¹. As áreas de mata e a plantação tecnicamente formada com eritrina (área 6) apresentaram maiores valores e, conseqüentemente, menores valores do tempo médio de residência de nutriente (TMR) da serapilheira, igual ou menor que um ano. A área de seleção de clones (5) apresentou menor (k) e maior (TMR), em maior magnitude para o N, K e Ca e menor para P e Mg. Contudo, o valor estimado do TMR deve ser interpretado como um indicador do “turnover” de nutriente, ou do potencial de mineralização, considerando a possibilidade de ocorrer imobilização durante o processo de decomposição (Adans & Attiwill, 1986). O TMR do nutriente na serapilheira das áreas avaliadas, de modo geral, foi menor para fósforo e o magnésio e maior para os demais nutrientes.

Tabela 1 – Valores dos coeficientes de decomposição (k) ⁽¹⁾ e do tempo médio de residência de nutrientes (TMR) ⁽²⁾ em anos, da serapilheira dos sistemas agroflorestais de cacau.

Coberturas	k ano ⁻¹	N	P	K TMR, ano	Ca	Mg
1	1,08	0,86	0,63	0,59	1,00	0,68
2	0,51	1,93	1,22	1,47	2,14	1,39
3	0,62	1,30	1,00	1,08	1,47	1,14
4	0,71	1,21	1,06	0,74	1,80	1,37
5	0,46	2,47	1,64	2,81	3,02	1,68
6	1,11	0,82	0,70	0,48	0,95	0,67
7	0,74	1,53	1,03	1,45	1,95	1,57
8	0,76	1,47	1,51	2,26	1,58	1,46
9	0,67	1,57	1,51	1,61	1,73	1,09
10	0,92	1,24	0,88	0,72	1,20	0,87

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones
Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

No entanto, nos sistemas agroflorestais avaliados, o manejo, podas fitossanitárias e de condução, adubações e a densidade de plantio podem interferir no conteúdo de matéria seca e dos nutrientes na serapilheira, influenciando, desse modo, os valores estimados dos coeficientes de decomposição (k) e do tempo médio de residência de nutriente (TMR) na serapilheira. Assim, para avaliarmos o potencial de mineralização e imobilização

dos nutrientes da serapilheira, foi feita uma avaliação da ciclagem biogeoquímica dos sistemas florestais, pois as variações entre as concentrações dos nutrientes na serapilheira e material formador indica se esta atua como dreno ou fonte de nutrientes.

Conforme os resultados da tabela 2, o P, K e o Mg foram os nutrientes da serapilheira que apresentaram maiores reduções nas concentrações em relação as dos resíduos vegetais depositados anualmente, indicando que para esses nutrientes, na maioria das áreas avaliadas, a serapilheira age como fonte, e para Ca como dreno e o N a variação foi maior, pois de acordo com os resultados em 50 % das áreas agem como fonte e nas demais como dreno.

O aumento dos teores de nutrientes podem ser diferenciados para N e P, relacionando-se com a imobilização por organismos decompositores que retiram estes elementos de outros compartimentos, geralmente a solução do solo, quando utilizam a serapilheira como fonte de energia (Aber & Melillo, 1980). Os aumentos nas concentrações de Ca são devidos a sua presença em compostos que conferem rigidez aos tecidos vegetais e mais resistentes ao processo de decomposição. O potássio está mais sujeito à lixiviação, por não fazer parte dos componentes estruturais, e cerca de 10 % do magnésio contido nas folhas está nas moléculas de clorofila, que é rapidamente desestruturada no processo de senescência, permitindo sua liberação (Gama-Rodrigues & Miranda, 1991).

Tabela 2 – Variação percentual da concentração de nutrientes entre a serapilheira e o material formador da serapilheira - Ciclagem biogeoquímica.

Coberturas	N	P	K %	Ca	Mg
1	-8	-32	-36	9	-27
2	-4	-39	-27	9	-28
3	-19	-38	-33	-9	26
4	-14	-26	-47	27	-3
5	13	-25	30	38	-23
6	-9	-22	-15	5	-26
7	14	-24	7	43	11
8	12	12	62	14	0
9	5	1	8	16	-27
10	14	-19	-35	9	-21

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados da tabela 2 demonstram que as áreas 5, 7, 8, 9 e 10, quando adubadas com N, e as áreas 5, 7, 8 e 9, com K, e a área 8 com P, podem apresentar menores respostas em termos de produção, pois à princípio, a

serapilheira agiria como dreno e, depois de determinado tempo, com a mineralização de nutrientes, como fonte.

Para uma melhor compreensão da influência da qualidade dos materiais e das coberturas vegetais nas taxas de ciclagem biogeoquímica, foi feita uma avaliação destas taxas de transferência de nutrientes em alguns componentes do material aportado anualmente e da serapilheira acumulada.

Conforme os resultados das tabelas 2 e 3, podemos observar que quando avaliamos as folhas como um compartimento isolado, a ciclagem de nutrientes nessas ocorreram em menor magnitude em relação à serapilheira total, para todos os nutrientes, com exceção do P na área 1, 8, 9 e 10, para o K na área 6, Ca na área 7 e Mg nas áreas 3 e 7. De modo geral, o N das folhas apresentaram baixas taxas de ciclagem e estas ocorreram somente nas áreas 3, 4 e 6 e P ocorreu na maioria dessas, com exceção da área 8, o K apresentou ciclagem em 50% dessas e o não foi observado disponibilização de Ca em nenhuma área, e para o Mg não houve disponibilização nas áreas 4, 7 e 8. Esta menor taxa de ciclagem nas folhas acumuladas, em relação à todo material, ocorreu provavelmente ao estado de conservação das folhas (estágio inicial de decomposição), pois somente neste estágio é possível a identificação dessas na serapilheira em decomposição.

Tabela 3 – Variação percentual da concentração de nutrientes entre as folhas da serapilheira e as folhas do material formador da serapilheira- Ciclagem biogeoquímica

Coberturas	N	P	K %	Ca	Mg
1	0	-34	-15	11	-14
2	4	-27	15	9	-21
3	-14	-34	-18	11	-25
4	-2	-9	-40	34	8
5	17	-5	38	44	-16
6	-5	-22	-34	9	-15
7	18	-10	32	22	9
8	16	7	74	22	17
9	6	-6	29	20	-17
10	17	-25	-29	23	-12

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones
Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Para uma avaliação criteriosa do processo de ciclagem e da transferência de nutrientes entre as folhas foi feita a avaliação desses nas folhas das árvores de sombra e do cacaueteiro. Conforme podemos observar na tabela 4, com

exceção do Mg, as folhas das árvores de sombra funcionariam mais como fonte de nutrientes e as folhas do cacau como dreno, devido as suas menores taxas de ciclagem biogeoquímica, pois a queda dos resíduos ocorre simultaneamente, ou seja, há uma sobreposição das folhas de sombra e cacau, formando assim, praticamente um único compartimento, o que favoreceria a transferência de nutrientes entre as folhas das árvores de sombra e do cacau. Então as taxas de ciclagem das folhas como um todo é fortemente influenciado pela dinâmica e a quantidade de cada tipo de folha aportada anualmente.

As menores taxas de ciclagem biogeoquímica das folhas do cacau podem ser devido às elevadas taxas de ciclagem bioquímica dessa espécie para N, P e K (tabela 5), o que contribui para a baixa qualidade nutricional das folhas decíduas dessa e, conseqüentemente, menores taxas de mineralização. Zaia & Gama-Rodrigues (2004) observaram comportamento semelhante na ciclagem biogeoquímica da serapilheira das espécies de eucalipto com maior ciclagem bioquímica. Entretanto, quando o maior aporte de folhas de cacau ocorre, devido às podas fitossanitárias, a qualidade nutricional dessas tendem a ser mais elevadas, pois a retranslocação bioquímica de nutrientes são maiores nas folhas em processo de senescência. Não obstante, há um aumento da contribuição dos galhos e ramos mais lignificados, minimizando o efeito positivo do aporte de nutrientes das folhas fotosinteticamente ativas.

Estes resultados demonstram que as taxas de ciclagem de nutrientes na serapilheira seriam a resultante entre a qualidade e a quantidade dos resíduos vegetais aportados anualmente, e que há uma forte influência de todos os componentes em maior ou menor magnitude na mineralização e imobilização dos nutrientes da serapilheira, tornando-a fonte ou dreno.

As taxas de ciclagem biogeoquímica de nutrientes na serapilheira acumulada dos ecossistemas florestais avaliados apresentaram variações, e foram assim ordenadas :

1 - $K > P > Mg > N > Ca$

2 e 7- $P > K > Mg > N > Ca$

3 - $P > K > N > Ca > Mg$

4 - $K > P > N > Mg > Ca$

5 - $P > Mg > N > K > Ca$

6 - $P > Mg > K > N > Ca$

8 - Mg > P = N > Ca > K

9 – Mg > P > N > K > Ca

10 - K > Mg > P > Ca > N

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 4 - Variação percentual da concentração de nutrientes entre as folhas do cacaueiro e das árvores de sombra, da serapilheira acumulada e as depositadas anualmente na serapilheira - Ciclagem biogeoquímica

Cobertura	-N-		-P-		-K-		-Ca-		-Mg-	
	C	S	C	S	C	S	C	S	C	S
1		-0,2		-34,3		-14,6		11,4		-14,2
2	18,2	-16,5	-13,8	-40,7	39,3	-26,0	9,3	6,0	-25,4	-5,6
3	10,1	-16,4	-20,6	-40,2	-25,0	-16,2	22,4	-2,4	-32,3	-24,5
4	32,6	-6,0	53,4	-17,8	-38,6	-31,7	8,0	18,4	-16,7	5,0
5	28,1	9,3	13,8	-16,9	49,3	19,5	36,5	44,0	-24,9	0,8
6	-4,5	6,8	-15,4	-11,0	-42,9	-27,9	20,0	4,5	-23,4	-15,1
7	46,9	9,0	-4,4	-15,1	29,3	15,8	8,4	17,2	-34,0	20,5
8	26,1	19,2	-12,5	24,4	43,7	42,9	5,9	4,6	-17,2	9,9
9	22,7	-28,7	4,0	-3,1	29,3	13,4	16,3	-1,0	-21,9	7,9
10	25,8	-6,9	-19,1	-37,5	-29,6	-25,3	20,0	32,8	-14,4	-3,7

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 5 – Variação percentual da concentração de nutrientes entre as folhas do cacaueiro depositadas anualmente na serapilheira e as fotosinteticamente ativas - Ciclagem bioquímica.

Coberturas	N	P	K %	Ca	Mg
2	-36	-56	-56	43	1
3	-43	-53	-55	33	10
4	-43	-70	-46	48	12
5	-52	-66	-52	64	1
6	-31	-65	-52	68	19
7	-48	-66	-67	57	7
8	-46	-60	-56	58	4
9	-46	-56	-52	42	18
10	-41	-56	-37	39	3

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

A literatura descreve uma faixa de concentração de N e P em relação ao C na qual não haveria restrição ao processo de decomposição. Para determinação da concentração crítica, considerando ideal a relação C/N de 20, lignina <150 g kg⁻¹ e polifenóis < 40 g kg⁻¹, conforme Palm et al. (2001), e a relação C/P de 300, conforme Stevenson (1986).

Os resultados da tabela 6 demonstram que a qualidade dos resíduos vegetais aportados anualmente na área tecnicamente formada com cobertura de

eritrina (6) apresenta as melhores condições nutricionais para N e as coberturas com leguminosas (2, 6, 9 e 10) para o P, e assim, apresentariam condições mais favoráveis à decomposição, todavia, em todas as áreas avaliadas, a concentração de lignina apresentou as maiores limitações à decomposição, pois apresentaram uma variação de 67 a 166 %, acima das consideradas ideais. Os teores de polifenóis não restringem à decomposição nas áreas avaliadas.

Tabela 6- Níveis críticos para qualidade química dos resíduos vegetais aportados anualmente na serapilheira, considerando a concentração estimada para o equilíbrio entre a mineralização e imobilização.

Coberturas	N	N	N	P	P	P	POL	POL	LIG	LIG
	ideal	obs.	dif. %	ideal	Obs.	dif. %	obs.	dif. %	obs.	dif. %
	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹			g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
1	21,7	17,0	-22	1,45	0,62	-57	21,5	-46	398,7	166
2	20,1	18,5	-8	1,34	1,27	-5	15,4	-62	309,1	106
3	21,2	19,5	-8	1,41	0,96	-32	17,4	-57	359,9	140
4	20,6	17,0	-17	1,37	1,18	-14	24,8	-38	312,3	108
5	21,5	14,3	-33	1,43	0,83	-42	38,9	-3	362,4	142
6	19,9	20,6	4	1,32	1,99	50	10,7	-73	250,7	67
7	20,4	16,5	-20	1,36	1,01	-26	28,7	-28	342,5	128
8	18,7	15,0	-20	1,25	1,09	-13	20,9	-48	271,2	81
9	19,0	16,6	-13	1,26	1,55	23	17,4	-57	278,1	85
10	19,6	15,1	-23	1,31	1,43	9	18,3	-54	302,9	102

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 7- Níveis críticos para qualidade química da serapilheira, considerando a concentração estimada para o equilíbrio entre a mineralização e imobilização.

Coberturas	N			P			POL		LIG	
	ideal	obs.	dif. %	ideal	Obs.	dif. %	obs.	dif. %	obs.	dif. %
	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹			g kg ⁻¹		g kg ⁻¹	
1	20,0	15,70	-22	1,33	0,42	-69	7,4	-82	348,9	133
2	21,1	17,80	-15	1,40	0,78	-44	5,5	-86	347,1	131
3	19,9	15,70	-21	1,33	0,59	-56	7,3	-82	367,5	145
4	17,9	14,60	-18	1,19	0,88	-26	7	-83	314,2	109
5	19,7	16,20	-18	1,31	0,62	-53	10,6	-74	406,8	171
6	18,6	18,60	0	1,24	1,55	25	3,5	-91	270,6	80
7	19,5	18,80	-3	1,30	0,77	-41	5,2	-87	389	159
8	18,2	16,80	-8	1,21	1,22	1	4,8	-88	325,4	117
9	18,7	17,40	-7	1,24	1,57	26	5,3	-87	315,9	111
10	19,1	17,20	-10	1,27	1,17	-8	5,1	-87	339,8	127

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados da tabela 7 demonstram que a área tecnicamente formada com cobertura de eritrina (6) apresenta as melhores condições nutricionais para N e P, e assim, apresentariam condições mais favoráveis à decomposição, porém, em todas as áreas avaliadas a concentração de lignina apresentou as maiores limitações à decomposição, pois apresentaram uma variação de 80 a 159 %, acima das consideradas ideais.

acima das consideradas ideais. Os teores de polifenóis não apresentam restrições à decomposição em nenhuma das áreas avaliadas.

Os teores de lignina, celulose, polifenóis solúveis totais (PST) e as relações entre esses e o nitrogênio nos resíduos vegetais aportados anualmente (Tabela 8) e na serapilheira acumulada (Tabela 9), demonstram que houve um acréscimo nas concentrações de lignina da serapilheira em relação às dos resíduos vegetais depositados, demonstrando a alta resistência que a lignina apresenta à decomposição, com exceção da área de mata onde provavelmente há uma maior diversidade da comunidade decompositora específica a esses compostos, pois embora apresente uma alta concentração de lignina no material formador da serapilheira (Tabela 8), as menores concentrações na serapilheira da área de mata (Tabela 9) demonstram que há uma eficiente degradação desse composto orgânico, que segundo Hammel, (1997) é a mais recalcitrante de todas substâncias produzidas naturalmente e, segundo Hobbie e Vitousek (2000), para as altas relações C/N, o ataque microbiano é afetado pela lignificação da celulose, e presença de modificadores como taninos e terpenos. Os resultados das tabelas 2, 6, 7, 8 e 9 indicam uma menor qualidade para a decomposição dos resíduos aportados anualmente e, conseqüentemente, uma menor qualidade da serapilheira na área 5 (cabruca) em relação às demais, o que justificaria o menor valor do coeficiente de decomposição (k) e do maior valor para o tempo médio de residência de nutrientes (TMR) dessa área.

Melillo et al. (1982) utilizaram a relação lignina /N na projeção da decomposição diferenciando grupos de ecossistemas e Handayanto et al. (1997) evidenciaram a capacidade dos compostos fenólicos de atuarem na complexação de proteínas, imobilizando o N, e o efeito negativo na liberação do N, Gama-Rodrigues (1997) observou correlações positivas no acúmulo de serapilheira e nas maiores relações dos compostos orgânicos com N, Costa (2002) observou a influência desses compostos e suas relações com N, na velocidade de decomposição. No presente trabalho, foram encontradas correlações positivas entre as relações dos compostos orgânicos / N e a matéria seca total da serapilheira acumulada (Tabela 10), e essas, foram 0,62** para (lignina + celulose)/N; 0,69** para (lignina + PST)/N; 0,68** para PST/N; 0,68** para lignina/N; e 0,71** e 0,73** para as correlações com os teores de lignina e PST, e foram encontrados menores valores nas correlações da serapilheira acumulada

com: o teor de celulose foi de 0,47**; a relações celulose/N de 0,41**; C/N de 0,37*; C/P de 0,38**.

Tabela 8- Teores de carbono, lignina, celulose e polifenóis solúveis totais e relações com nitrogênio nos resíduos vegetais depositados anualmente dos sistemas agroflorestais

Áreas	Teores g kg ⁻¹				Relações com N			
	C	Lignina	Celulose	PST	Lignina	Celulose	PST	Lig+PST
1	434 A	398,7 A	228,6 B	21,5 D	23,5 B	13,5 B	1,27 D	24,7 B
2	403 F	309,1 D	225,5 B	15,4 F	16,9 E	12,3 C	0,84 F	17,7 F
3	423 C	359,9 B	222,3 B	17,4 E	18,5 D	11,4 D	0,89 F	19,4 E
4	412 D	312,3 D	235,3 A	24,8 C	18,4 D	13,8 B	1,46 C	19,8 E
5	430 B	362,4 B	212,3 C	38,9 A	25,3 A	14,8 A	2,72 A	28,1 A
6	397 G	350,7 F	225,3 B	10,7 G	12,2 F	11,0 D	0,52 G	12,7 G
7	409 E	342,4 C	227,8 B	28,7 B	20,8 C	13,9 B	1,74 B	22,6 C
8	374 J	271,2 E	208,1 C	20,9 D	18,1 D	13,9 B	1,40 C	19,5 E
9	379 I	278,1 E	202,4 D	17,4 E	16,9 E	12,3 C	1,06 E	17,9 F
10	393 H	302,9 D	223,8 B	18,3 E	20,1 C	14,9 A	1,22 D	21,3 D
CV	1,88	2,88	2,49	1057	4,99	6,38	11,59	4,96

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 9 - Teores de carbono, lignina, celulose e polifenóis solúveis totais e relações com nitrogênio na serapilheira acumulada nos sistemas agroflorestais de cacau

Áreas	Teores g kg ⁻¹				Relações			
	C	Lignina	Celulose	PST	Lignina/N	Celulose/N	PST/N	(Lig+PST)/N
1	400 B	348,9 D	194,8 B	7,4 B	22,1 C	12,4 B	0,47 B	22,6 C
2	421 A	347,1 D	210,2 A	5,5 C	19,5 E	11,8 B	0,31 C	19,8 E
3	398 B	367,5 C	209,0 A	7,3 B	23,4 B	13,4 A	0,47 B	23,9 B
4	357 G	314,2 G	197,5 B	7,0 B	21,5 C	13,6 A	0,48 B	22,0 C
5	394 C	406,8 A	213,9 A	10,6 A	25,1 A	13,3 A	0,66 A	25,8 A
6	372 E	270,6 H	168,0 C	3,5 D	14,6 G	9,1 G	0,19 D	14,8 G
7	389 C	389,0 B	203,4 A	5,2 C	20,7 D	10,9 C	0,28 C	21,0 D
8	364 F	325,4 F	196,3 B	4,8 C	19,3 E	11,7 B	0,29 C	19,6 E
9	373 E	315,9 G	203,1 A	5,3 C	18,2 F	11,7 B	0,30 C	18,5 F
10	382 D	339,8 E	204,6 A	5,1 D	19,6 E	12,0 B	0,30 C	19,9 E
CV	2,57	2,97	3,89	5,57	3,99	4,38	8,59	5,96

Latossolo: 1- Mata, 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados evidenciam a importância dos teores e das relações dos compostos orgânicos com os nutrientes na decomposição e ciclagem de nutrientes da serapilheira. Todavia, é inerente ressaltar que há influência do ambiente menos antropizado na degradação dos compostos orgânicos. Gama-

Rodrigues et al. (2003) e Costa (2002) relataram a influência do ambiente natural no aumento das taxas de decomposição de materiais mais recalcitrantes.

Tabela 10 – Correlações entre os teores dos compostos orgânicos, as relações dos compostos orgânicos / N, C/P, C/N e a matéria seca total da serapilheira acumulada nos diferentes sistemas agroflorestais avaliados

	Teores g kg ⁻¹					Relações				
	Lignina	Celulose	PST	(Lig.+Cel)/N	C/P	C/N	Lig./N	Cel./N	PST/N	(Lig+PST)/N
Matéria seca	0,71**	0,47**	0,73**	0,62**	0,38**	0,37*	0,68**	0,41**	0,68**	0,69**

NS não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1%

Balanço de nutrientes:

Conforme os resultados das tabelas 11 e 12, o balanço de nutrientes nos agrossistemas de cacau apresentaram comportamento semelhante, pois em relação à vegetação, os solos acumulam mais N, Ca e Mg, e a vegetação mais P e K, com exceção do P nas áreas 6, 9 e 10, onde o solo apresentou maiores conteúdos em relação a vegetação. Contudo, apresentaram variações na magnitude dos valores, principalmente para Ca e Mg e P nos cambissolos.

Tabela 11 – Nutrientes no solo (camada de 0-50 cm) e na vegetação do cacaueiro (parte aérea + serapilheira + frutos) nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia.

Áreas	Solo					Vegetação				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹									
2	8088	12,8	127	946	374	620,0	56,5	646,0	528,9	180,6
3	9619	9,2	104	2428	612	653,1	57,3	655,8	552,3	192,6
4	8808	8	262	1411	619	539,0	51,0	611,4	549,3	163,9
5	9118	11,3	175	1446	710	728,3	61,1	702,1	728,3	201,1
6	8268	99,4	426	8223	2537	602,2	63,0	650,8	573,9	172,1
7	6003	28,3	206	2565	2205	652,7	59,2	659,8	586,1	186,1
8	7709	26,1	209	9617	4059	590,5	60,2	665,6	585,2	181,1
9	9083	356,7	231	14742	6037	613,6	64,8	668,2	656,8	188,1
10	8579	586,2	238	13604	6203	606,6	61,1	660,5	567,2	181,9

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4 – Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6 – Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados indicam uma fragilidade na relação solo-planta nos sistemas agroflorestais de cacau, pois os níveis de P e/ou K nos solos não suportam a demanda de nutrientes imobilizados na vegetação do cacau, por uma biomassa equivalente à existente com exceção das áreas 6, 9 e 10 para o P.

Tabela 12 - Balanço nutricional entre o solo e na vegetação do cacau, nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia.

Áreas	Balanço nutricional				
	N	P	K kg ha ⁻¹	Ca	Mg
2	7468,0	-43,7	-519,0	417,1	193,4
3	8965,9	-48,1	-551,8	1875,7	419,4
4	8269,0	-43,0	-349,4	861,7	455,1
5	8389,7	-49,8	-527,1	717,7	508,9
6	7665,8	36,4	-224,8	7649,1	2364,9
7	5350,3	-30,9	-453,8	1978,9	2018,9
8	7118,5	-34,1	-456,6	9031,8	3877,9
9	8469,4	291,9	-437,2	14085,2	5848,9
10	7972,4	525,1	-422,5	13036,8	6021,1

Balanço de nutrientes = conteúdo no solo – conteúdo na vegetação

Latosolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4 – Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6 – Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Nos resultados das tabelas 13 e 14, o balanço de nutrientes, nos agrossistemas florestais de cacau, apresentaram comportamento semelhantes, pois em relação à vegetação, os solos acumulam mais N, Ca e Mg e a vegetação mais P e K, com exceção do P nas áreas instaladas nos cambissolos, onde o solo apresentou maiores conteúdos de P em relação à vegetação e apresentaram maiores valores, principalmente de Ca e Mg.

O K apresentou maiores reservas nos solos das áreas 4, 7 e 8. Estes resultados indicam uma fragilidade na relação solo-planta na maioria dos sistemas agroflorestais de cacau avaliados, pois os níveis de P e/ou K nos solos não suportam a demanda de nutrientes imobilizados na vegetação das árvores de sombra por uma biomassa equivalente à existente, com exceção das áreas 7 e 8 onde os solos apresentam reservas nutricionais que suportariam a demanda nutricional para a formação de novas coberturas de árvores de sombra, com equivalência nutricional à já existente.

Tabela 13 – Nutrientes no solo (camada de 0-50 cm) e na vegetação das árvores de sombra (parte aérea + serapilheira) nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia

Áreas	Solo					Vegetação				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹									
2	8088	12,8	127	946	374	549,9	48,8	500,0	566,5	188,3
3	9619	9,2	104	2428	612	590,1	16,5	188,7	660,0	112,7
4	8808	8	262	1411	619	516,4	16,5	187,7	660,9	91,8
5	9118	11,3	175	1446	710	666,4	19,6	240,4	836,3	121,1
6	8268	99,4	426	8223	2537	530,0	53,5	499,5	610,8	179,7
7	6003	28,3	206	2565	2205	589,4	17,2	193,4	694,1	105,6
8	7709	26,1	209	9617	4059	525,9	18,7	195,4	692,5	101,3
9	9083	356,7	231	14742	6037	538,5	55,4	510,8	691,4	193,9
10	8579	586,2	238	13604	6203	524,2	50,9	502,2	601,6	186,2

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 14 - Balanço nutricional entre o solo e a vegetação das árvores de sombra, nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia

Áreas	Balanço nutricional				
	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
2	7538,1	-36,0	-373,0	379,5	185,7
3	9028,9	-7,3	-84,7	1768,0	499,3
4	8291,6	-8,5	74,3	750,1	527,2
5	8451,6	-8,3	-65,4	609,7	588,9
6	7738,0	45,9	-73,5	7612,2	2357,3
7	5413,6	11,1	12,6	1870,9	2099,4
8	7183,1	7,4	13,6	8924,5	3957,7
9	8544,5	301,3	-279,8	14050,6	5843,1
10	8054,8	535,3	-264,2	13002,4	6016,8

Balanço de nutrientes = conteúdo no solo – conteúdo na vegetação

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os estoques de nutrientes no sistema solo-planta dos sistemas agroflorestais de cacau (tabela 15) indicam que o solo acumula maiores reservas de N (85 a 90%), Ca (50 a 93%) e Mg (54 a 95 %) do que a vegetação, e o Ca e Mg nos solos dos cambissolos acumularam os maiores percentuais de nutrientes em relação aos latossolos. A vegetação apresenta maiores reservas de P e K em relação ao solo, com exceção das áreas 9 e 10 para o P, onde o solo acumula de 77 a 85 % do nutriente, a acumulação de K na vegetação, representa de 73 a 90 % do estoque total do nutriente.

Tabela 15 – Nutrientes no solo (camada de 0-50 cm) e na vegetação das árvores de sombra e cacau (parte aérea + serapilheira + frutos), em valores absolutos e percentuais, nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia.

Áreas	Solo					Vegetação				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹									
2	8088	12,8	127	946	374	1007,0	98,2	1122,6	949,7	320,5
%	89	12	10	50	54	11	88	90	50	46
3	9619	9,2	104	2428	612	1047,6	66,4	819,5	1043,9	246,3
%	90	12	11	70	71	10	88	89	30	29
4	8808	8	262	1411	619	933,4	60,2	775,1	1040,9	217,5
%	90	12	25	58	74	10	88	75	42	26
5	9118	11,3	175	1446	710	1122,7	70,3	865,8	1219,9	254,8
%	89	14	17	54	74	11	86	83	46	26
6	8268	99,4	426	8223	2537	989,2	104,7	1127,4	994,7	312,0
%	89	49	27	89	89	11	51	73	11	11
7	6003	28,3	206	2565	2205	1047,1	68,3	823,5	1077,7	239,7
%	85	29	20	70	90	15	71	80	30	10
8	7709	26,1	209	9617	4059	984,9	69,3	829,3	1076,8	234,7
%	89	27	20	90	95	11	73	80	10	5
9	9083	356,7	231	14742	6037	1000,6	106,5	1144,8	1077,6	328,0
%	90	77	17	93	95	10	23	83	7	5
10	8579	586,2	238	13604	6203	993,5	102,7	1137,1	988,0	321,8
%	90	85	17	93	95	10	15	83	7	5

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4 – Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6 – Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados negativos do P e do K no balanço nutricional (tabela 16) demonstram alguma fragilidade do sistema solo-planta, pois segundo Fasbender, (1993), maiores reservas minerais na vegetação indicam instabilidade do ecossistema frente às perturbações naturais ou antrópicas e, desse modo, as reservas nos solos não são suficientes pra fornecer às plantas, em um novo ciclo de crescimento, as mesmas quantidades desses nutrientes por elas imobilizados na sua biomassa atual.

Tabela 16 - Balanço nutricional entre os nutrientes contidos no solo e na vegetação das árvores de sombra e do cacau, nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia

Áreas	Balanço nutricional				
	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
2	7081,0	-85,4	-995,6	-3,7	53,5
3	8571,4	-57,2	-715,5	1384,1	365,7
4	7874,6	-52,2	-513,1	370,1	401,5
5	7995,3	-59,0	-690,8	226,1	455,2
6	7278,8	-5,3	-701,4	7228,3	2225,0
7	4955,9	-40,0	-617,5	1487,3	1965,3
8	6724,1	-43,2	-620,3	8540,2	3824,3
9	8082,4	250,2	-913,8	13664,4	5709,0
10	7585,5	483,5	-899,1	12616,0	5881,2

Balanço de nutrientes = conteúdo no solo – conteúdo na vegetação

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones
Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

O balanço de nutrientes nos sistemas agroflorestais, quando consideramos somente as reservas nutricionais dos solos em relação aos nutrientes exportados nos frutos para uma produção de 1000 kg de amêndoas secas e os nutrientes contidos nas cascas desses, demonstram que todos os agrossistemas avaliados possuem reservas nutricionais no solo para sustentar esta produção (tabelas 17 e 18).

Tabela 17 – Nutrientes no solo (camada de 0-50 cm) e nos frutos (1000 kg de sementes + cascas) nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia.

Áreas	Solo					Frutos				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹									
2	8088	12,8	127	946	374	40,1	5,7	35,2	3,3	6,5
3	9619	9,2	104	2428	612	40,5	6,2	43,4	3,9	7,9
4	8808	8	262	1411	619					
5	9118	11,3	175	1446	710	39,3	7,0	38,0	3,6	8,0
6	8268	99,4	426	8223	2537	42,2	7,5	40,6	3,9	6,6
7	6003	28,3	206	2565	2205	40,7	7,4	42,7	3,6	8,4
8	7709	26,1	209	9617	4059	42,0	7,0	46,5	4,3	7,7
9	9083	356,7	231	14742	6037	45,1	7,4	46,6	6,2	8,5
10	8579	586,2	238	13604	6203	52,3	8,1	47,5	6,4	9,9

Frutos = 1000 kg de sementes secas + cascas

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones
Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 18 - Balanço nutricional entre o solo e os frutos exportados nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia.

Áreas	Balanço nutricional				
	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹				
2	8047,9	7,1	91,8	942,7	367,5
3	9578,5	3,0	60,6	2424,1	604,1
4	8808,0	8,0	262,0	1411,0	619,0
5	9078,7	4,3	137,0	1442,4	702,0
6	8225,8	91,9	385,4	8219,1	2530,4
7	5962,3	20,9	163,3	2561,4	2196,6
8	7667,0	19,1	162,5	9612,7	4051,3
9	9037,9	349,3	184,4	14735,8	6028,5
10	8526,7	578,1	190,5	13597,6	6193,1

Balanço de nutrientes = conteúdo no solo – conteúdo nos frutos

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones
Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados demonstram a baixa capacidade de manutenção do potencial produtivo de determinadas áreas, pois as reservas nutricionais dos solos de alguns agrossistemas não suportariam demanda de mais uma produção frutos equivalente a atual, desde que a ciclagem geoquímica do solo não disponibilizasse nenhum nutriente para o sistema, entretanto é relevante ressaltar que os solos com menores reservas são exatamente aqueles mais intemperizados (latossolos) e, portanto, com menores taxas de ciclagem geoquímica, evidenciando a fragilidade destes ecossistemas

Tabela 19 – Nutrientes no solo (camada de 0-50 cm + serapilheira) e nos Frutos (1000 kg de sementes + cascas) nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia

Áreas	Solo					Frutos				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	kg ha ⁻¹									
2	8223,4	16,4	141,1	1058,9	397,8	40,1	5,7	35,2	3,3	6,5
3	9781,9	16,3	127,4	2573,6	660,4	40,5	6,2	43,4	3,9	7,9
4	9003,6	15,4	287,0	1579,4	678,1					
5	9240,0	18,6	199,0	1615,3	748,2	39,3	7,0	38,0	3,6	8,0
6	8539,9	109,9	502,7	8567,7	2604,5	42,2	7,5	40,6	3,9	6,6
7	6146,1	40,2	228,8	2754,9	2244,8	40,7	7,4	42,7	3,6	8,4
8	7904,0	34,1	238,7	9819,5	4111,0	42,0	7,0	46,5	4,3	7,7
9	9214,5	366,2	262,7	14942,9	6084,6	45,1	7,4	46,6	6,2	8,5
10	8730,6	599,9	272,2	13874,6	6257,0	52,3	8,1	47,5	6,4	9,9

Frutos = 1000 kg de sementes secas + cascas

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados das tabelas 19 e 20 evidenciam a importância da serapilheira como fonte de nutrientes, pois quando essa é considerada no balanço de nutrientes, a capacidade de manutenção do potencial produtivo dos solos aumenta, entretanto, a serapilheira deve ser considerada como uma reserva nutricional, já que disponibilização dos nutrientes desta depende da taxa de ciclagem biogeoquímica, e assim, esta pode atuar como fonte ou dreno de nutrientes.

Tabela 20 - Balanço nutricional entre os solos e serapilheira e os frutos exportados, nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia

Áreas	Balanço nutricional				
	N	P	K kg ha ⁻¹	Ca	Mg
2	8183,3	10,7	105,8	1055,7	391,2
3	9741,4	10,2	84,0	2569,7	652,5
4	9003,6	15,4	287,0	1579,4	678,1
5	9200,6	11,7	161,0	1611,7	740,2
6	8497,7	102,4	462,1	8563,7	2597,8
7	6105,4	32,8	186,1	2751,3	2236,4
8	7862,0	27,2	192,2	9815,2	4103,3
9	9169,4	358,8	216,1	14936,8	6076,2
10	8678,3	591,8	224,7	13868,2	6247,1

Balanço de nutrientes = (solo + serapilheira) – frutos (sementes + cascas)

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 21 – Nutrientes no solo (camada de 0-50 cm + serapilheira + cascas) e nas sementes (1000 kg de sementes secas) nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia

Áreas	Solo					Sementes				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
2	8238,4	17,6	166,2	1061,3	401,2	25,2	4,5	10,1	0,9	3,1
3	9799,1	17,9	159,8	2576,9	665,3	23,3	4,6	11,0	0,7	2,9
4	9003,6	15,4	287,0	1579,4	678,1					
5	9256,0	19,9	225,8	1618,2	753,0	23,3	5,8	11,1	0,8	3,2
6	8557,2	111,7	533,3	8570,8	2608,0	24,9	5,7	10,0	0,8	3,1
7	6164,5	41,8	261,4	2757,7	2249,8	22,2	5,8	10,2	0,9	3,4
8	7921,8	35,9	274,7	9822,8	4115,5	24,2	5,2	10,6	0,9	3,2
9	9236,5	368,5	299,3	14948,1	6090,0	23,0	5,1	9,9	1,0	3,1
10	8759,2	602,5	309,4	13880,1	6263,5	23,7	5,6	10,3	1,0	3,4

Frutos = 1000 kg de sementes secas

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os resultados das tabelas 21 e 22 evidenciam a importância do retorno das cascas para os sistemas agroflorestais de cacau, pois além de diminuir as taxas de exportação, sua contribuição nutricional é relevante na manutenção da sustentabilidade do potencial produtivo destes agrossistemas e a contabilização das cascas e serapilheira como fonte de nutrientes parece ser a mais coerente, pois reflete a realidade dos sistemas agroflorestais com cacau, já que durante as colheitas somente as sementes são retiradas das áreas.

Tabela 22 - Balanço nutricional entre os solos, serapilheira e cascas e os frutos exportados, nos diferentes sistemas agroflorestais de cacau no sul da Bahia

Áreas	Balanço nutricional				
	N	P	K kg ha ⁻¹	Ca	Mg
2	8213,2	13,0	156,1	1060,4	398,1
3	9775,8	13,3	148,8	2576,2	662,4
4	9003,6	15,4	287,0	1579,4	678,1
5	9232,7	14,1	214,7	1617,4	749,7
6	8532,3	106,0	523,3	8570,1	2604,8
7	6142,3	36,0	251,2	2756,8	2246,3
8	7897,6	30,7	264,1	9821,9	4112,2
9	9213,5	363,4	289,4	14947,2	6086,8
10	8735,5	596,9	299,1	13879,1	6260,2

Balanço de nutrientes = (solo + serapilheira+ cascas) – frutos (sementes)

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Tabela 23 – Capacidade produtiva dos sistemas agroflorestais de cacau, nas diferentes abordagens do balanço nutricional das taxas de exportação de nutrientes

Áreas	Capacidade produtiva Sistema de manejo 1		Capacidade produtiva Sistema de manejo 2		Capacidade produtiva Sistema de manejo 3	
	P	K	P	K	P	K
2	1,3	2,6	1,9	3,0	2,9	15,5
3	0,5	1,4	1,6	1,9	2,9	13,5
4						
5	0,6	3,6	1,7	4,2	2,5	19,3
6	12,3	9,5	13,7	11,4	18,8	52,3
7	2,8	3,8	4,4	4,4	6,2	24,6
8	2,7	3,5	3,9	4,1	5,9	24,9
9	47,2	4,0	48,5	4,6	71,1	29,2
10	71,4	4,0	73,1	4,7	107,2	29,0

Capacidade produtiva =

Sistema de manejo 1= solo – frutos (sementes + cascas)

Sistema de manejo 2= (solo + serapilheira) – frutos (sementes + cascas)

Sistema de manejo 3= (solo + serapilheira + cascas) – sementes

Latossolo: 2 – Eritrina, 3 – Cabruca, 4– Cabruca, 5 – Seleção de clones

Cambissolo: 6– Eritrina, 7 – Cabruca, 8 – Cabruca, 9 – Jardim clonal (3x3), 10 – Jardim clonal adensado.

Os sistemas de manejo dos resíduos vegetais dos sistemas agroflorestais podem ser fatores determinantes do potencial produtivo destes, e da mesma forma como a avaliação dos compartimentos envolvidos no processo de disponibilização dos nutrientes. Conforme observamos na tabela 23 a sustentabilidade das áreas aumenta, quando são consideradas as reservas

nutricionais da serapilheira e o retorno dos nutrientes imobilizados nas cascas de cacau. O aumento na capacidade produtiva para K, com o sistema de manejo 3, evidencia a relevância do conteúdo de K nas cascas de cacau e justifica o retorno destas aos sistemas.

RESUMO E CONCLUSÕES

1- Os sistemas agroflorestais de cacau apresentaram similaridade nas taxas de ciclagem bioquímica nas folhas de cacau e apresentaram variações nas taxas de ciclagem biogeoquímica nas folhas de sombra e cacau;

2 -As taxas de ciclagem das folhas como um todo são fortemente influenciadas pela dinâmica e quantidade de cada tipo de folha aportada anualmente;

3- A taxa de ciclagem bioquímica exerce forte influência sobre a qualidade nutricional das folhas de cacau da serapilheira acumulada;

4- As taxas de liberação de nutrientes pela ciclagem biogeoquímica da serapilheira variou entre os sistemas agroflorestais avaliados;

5- O balanço de nutrientes para a produção de 1000 kg de sementes secas, foi positivo em todos os sistemas avaliados, e a quantidade de nutrientes na serapilheira e cascas de cacau são relevantes para manutenção do potencial produtivo do sistema;

6- As maiores reservas nutricionais de P e K imobilizados na biomassa vegetal demonstra a fragilidade dos ecossistemas frente às perturbações naturais ou antrópicas, principalmente naqueles instalados nos latossolos;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aber, J. D. & Melillo, J. M. (1980). Litter decomposition: measuring relative contributions of organic matter and nitrogen in forest soils. *Canadian journal of Botany* 58, 416-421.
- Adams, A. M. & Attiwill, P. M. (1986). Nutrient cycling and nitrogen mineralization in eucalypto forest of south-eastern Australia. I. Nutrient cycling and nitrogen turnover. *Plant Soil*, 92:319-339.
- Alpizar, L.; Fassbender, H. W.; Helveldop, J.; Foster, H.; Enriquez, G. (1986). Modeling Agroforestry Systems of cacau (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia Alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. *Agroforestry Systems*, 4: 231-257.
- Anderson, J. N. & Ingram, J. S. I. (1989) *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. Wallingford, CAB International. 171p.
- Clevelario Júnior, J. (1996). Distribuição de carbono e elementos minerais em um ecossistema de floresta tropical úmido baixo montano. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa, 150p.
- Costa, G. S. (2002). *Decomposição em florestas plantadas e fragmentos da Mata Atlântica na Região Norte Fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade estadual do Norte Fluminense, 113p.
- Cunha, G. de M. (2002) *Ciclagem de nutrientes em florestas montanas e em Eucalyptus citriodora, na Região Norte Fluminense*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos goytacazes – RJ, Universidade estadual do Norte Fluminense, 122 p.

- Fassbender, H. W. (1993). Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, CATIE. 491 p.
- Gama-Rodrigues, A. C. & Miranda, R. C. C. (1991) Efeito da chuva na liberação de nutrientes do folheto num agrossistema de cacau do sul da Bahia. *Pesq. Agropec. bras.*, 26: 1345-1350.
- Gama-Rodrigues, A. C.; Barros, N. F. & Mendonça, E. S. (1999) Alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. *R. bras.Ci. Solo*, 23: 581-592.
- Gama-Rodrigues, A. C. & Barros, N. F. & Santos, M. L (2003). Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Bras. Ci. Solo*, 27:1021-1031.
- Gama-Rodrigues, A. C. & Barros, N. F. (2002). Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa – MG, 26:2, p. 193-207.
- Handayanto, E.; Giller, K. E. & Cadisch, G. (1997b) Regulating N release from legume tree prunings by mixing residues of different quality. *Soil Biol. Biochem.*, 29: 1417-1426.
- Hammel, K. E.; (1997). Fungal degradation of lignin. In Cadish, G. & Giller, K.E. (ed.). *Driven by nature: plant litter quality and decomposition*. CAB International, Wallingford,UK. 33-46, 409p.
- Heal, O. W.; Anderson, J. M. & Swift, M. J. (1997). Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: cadisch, G.; Giler, K. E. (Eds.), *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International, Wallingford,UK. 3-30p.
- Hobbie, S & Vitousek, P. M. (2000). Te role poliphenol in terrestrial ecosystem nutrient Cycling. *Tree* 15, 238-243.

- Leão, A. C.; Silva, L. A. M, (1990). Bioelementos na cobertura vegetal e no solo do ecossistema dos tabuleiros costeiros do sudeste da Bahia, Brasil. *Agrotópica*, 3: 87-92.
- Melillo, J. M.; Aber, J. D.; Muratore J. F. (1982). Nitrogen and lignin control of hardwood litter decomposition dynamics. *Ecology* 63, 621-626.
- Palm, C. A.; Gachengo, C. N.; Delve, R. J.; Cadisch, G. & Giller, K. E. (2001). Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 83:27-42.
- Reis, M. G. F & Barros, N. F. (1990). Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: Barros, N. F. & Novais, R. F. (Eds). *Relação solo-eucalipto*. Viçosa, Folha de Viçosa, p.265-302.
- Stvenson, F. J. (1986). *Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulphur, micronutrients*, Wiley. New York. 380p.
- Tong, K. C. & Ng, W. L. (1980). Growth and nutrients composition of monocrop cocoa plants on Island Malaysian soil. *Proc. Conf. Cocoa Cocanuts*, Kuala Lumpur. P.262-286.
- Zaia, F. C. & Gama-Rodrigues, A. C. (2004) Ciclagem e Balanço de nutrientes em povoamento de eucalipto na região norte Fluminense. *R. bras.Ci. Solo*, 28: 843-852.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Objetivou-se neste trabalho, caracterizar e quantificar os estoques de carbono e nutrientes nos solos, na serapilheira acumulada, nos resíduos vegetais

depositados anualmente, a taxa de ciclagem dos nutrientes e a influência da relação entre compostos orgânicos e os nutrientes e balanço de nutrientes nos diferentes sistemas agroflorestais para uma avaliação das reservas e da capacidade de reposição dos nutrientes exportados anualmente para uma produção de 1000 kg ha⁻¹ de amêndoas secas de cacau e para avaliar a sustentabilidade do sistema foi utilizando como referência um sistema florestal de mata nativa.

As principais conclusões foram:

1 - Os sistemas agroflorestais com cacau se caracterizam como um sistema conservacionista do carbono orgânico e dos nutrientes do solo, com melhoria dos níveis de fertilidade do solo em relação mata natural, dependendo do manejo adotado;

2 - Os maiores valores de pH, Ca, Mg e P na camada superficial dos solos sob coberturas de cacau, em relação à área de mata, deve-se ao efeito residual da calagem e das adubações fosfatadas, que permanecem no sistema provavelmente devido a uma eficiente ciclagem biogeoquímica e do manejo adotado;

3 - A menor densidade aparente do solo sob mata natural em relação às outras coberturas nas camadas superficiais, indicam um efeito de compactação ocasionado pelo trânsito de pessoas e animais ao longo dos anos;

4 - A redução na profundidade de amostragem para 0-5 cm neste tipo de agrossistema, se faz necessária para uma avaliação mais criteriosa da fertilidade do solo, objetivando racionalizar o uso de corretivos e fertilizantes fosfatados, pois estes apresentam baixa mobilidade no perfil do solo;

5 - Os sistemas agroflorestais com cacau se caracterizam como um sistema conservacionista do carbono orgânico e dos nutrientes da serapilheira acumulada com maior reserva de nutrientes em relação à mata natural, dependendo do manejo adotado;

6 - Os sistemas agroflorestais com cacau implantados sob cabruca apresentam maior acúmulo de serapilheira, em comparação com aqueles implantados sob coberturas de eritrina nas áreas que não receberam fertilizações recentes, independente do tipo de solo;

7 – Nas condições deste trabalho a produção anual de folheto nos sistemas agroflorestais com cacau mostraram maior aporte dos resíduos após períodos de menores precipitações;

8 – As concentrações de nitrogênio e fósforo são mais elevadas nas folhas das árvores de sombra, principalmente das leguminosas, embora o inverso ocorra para as concentrações de Mg e Ca, exceto para o Ca nas coberturas de eritrina tecnicamente formadas;

9 – Há uma maior contribuição relativa das folhas das árvores de sombra na deposição anual de folheto, nas áreas implantadas no sistema cabruca em relação àquelas sombreadas com leguminosas;

10 - Os sistemas agroflorestais de cacau apresentaram similaridade nas taxas de ciclagem bioquímica nas folhas de cacau e apresentaram variações nas taxas de ciclagem biogeoquímica nas folhas de sombra e cacau;

11 - As taxas de ciclagem das folhas como um todo são fortemente influenciadas pela dinâmica e quantidade de cada tipo de folha aportada anualmente;

12 - A taxa de ciclagem bioquímica exerce forte influência sobre a qualidade nutricional das folhas de cacau da serapilheira acumulada;

13 - As taxas de liberação de nutrientes pela ciclagem biogeoquímica da serapilheira variou entre os sistemas agroflorestais avaliados;

14 - O balanço de nutrientes para a produção de 1000 kg de sementes secas, foi positivo em todos os sistemas avaliados, e a quantidade de nutrientes na

serapilheira e cascas de cacau são relevantes para manutenção do potencial produtivo do sistema;

15 - As maiores reservas nutricionais de P e K imobilizados na biomassa vegetal demonstra a fragilidade dos ecossistemas frente às perturbações naturais ou antrópicas, principalmente naqueles instalados nos latossolos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpizar, L.; Fassbender, H. W.; Heuveldop, J.; Foster, H.; Enriquez, G. (1986) Modelling Agroforestry Systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel(*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. I. Inventory of organic matter and nutrients. *Agroforestry Systems*, 4: 175-189.
- Anderson, J. N. & Ingram, J. S. I. (1996) *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. Wallingford, CAB International. 171p.
- Aranguren, J.; Escalante, G. & Herrera, R. (1982) Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. II. Cacao. *Plant Soil*, 67: 259-269.
- Bataglia, O. C.; Furlani, A. M. C.; Teixeira, J. P. F.; Furlani, P. R. & Gallo, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 48p. (Boletim Técnico, 78)
- Cabala-Rosand, P.; Santana, M. B. M.; Santana, C. J. L.; Chepote, R. E.; Nakayama, L. H. (1988) Utilização de adubos e corretivos na cultura do cacau. In: Manual do extensionista. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC/Deptº de Extensão. p.1-22.

- Cadima Z., A. & Alvim, P. T. (1973) Alguns factores del suelo asociados con la productividad del cacao en Bahia, Brasil. R. Theobroma, 3: 13-26.
- Cadisich, G. & Giller, K. E. (Eds). (1997) Driven by nature: Plant litter quality and decomposition. Wallingford, CAB International. 409p.
- Clevelario Júnior, J. (1996) Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical úmido baixo-montano. Viçosa, UFV. 135p. (Dissertação de Doutorado)
- Coleman, D. C.; Reid, C. P. P. & Cole, C. V. (1983) Biological strategies of nutrient cycling in soil systems. Advance Ecology Research, 13: 1-55.
- Fassbender, H. W. (1985) Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. In: Cabala-Rosand, P. (Ed). Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos. Ilhéus, Bahia. CEPLAC. p.203-230.
- Fassbender, H. W.; Alpizar, L.; Heuvelop, J.; Enríquez, G., Foster, H. (1985) Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em agrossistemas com cacauzeiros. In: Cabala-Rosand, P. (Ed). Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos. Ilhéus, Bahia. CEPLAC. p.231-257.
- Fassbender, H. W.; Alpizar, L.; Heuvelop, J.; Foster, H.; Enríquez, G. (1988) Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. III. Cycles of organic matter and nutrients. Agroforestry Systems, 6: 49-62.
- Fassbender, H. W. (1993) Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, CATIE. 491p.

- Gama-Rodrigues, A. C. & Cadima Z., A. (1991) Efectos de fertilización sobre sistema radicular de cacao en suelos de "tabuleiros" del sur de Bahia, Brasil. Turrialba, 41: 135-141.
- Gama-Rodrigues, A. C. & Miranda, R. C. C. (1991a) O papel da chuva no fornecimento e reciclagem de nutrientes em um agrossistema de cacau do sul da Bahia, Brasil. Turrialba, 41: 598-606.
- Gama-Rodrigues, A. C. & Miranda, R. C. C. (1991b) Efeito da chuva na liberação de nutrientes do folheto num agrossistema de cacau do sul da Bahia. Pesq. Agropec. bras., 26: 1345-1350.
- Gama-Rodrigues, A. C.; Barros, N. F. & Mendonça, E. S. (1999) Alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. R. bras.Ci. Solo, 23: 581-592.
- Handayanto, E.; Cadisch, G. & Giller, K. E. (1997a) Regulating N mineralization from plant residues by manipulation of quality. In: Cadisch, G. & Giller, K.E. (Eds). Driven by nature: Plant litter quality and decomposition. Wallingford, CAB International. p.175-185.
- Handayanto, E.; Giller, K. E. & Cadisch, G. (1997b) Regulating N release from legume tree prunings by mixing residues of different quality. Soil Biol. Biochem., 29: 1417-1426.
- Heal, O. W.; Anderson, J. M. & Swift, M. J. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: Cadisch, G. & Giller, K.E. (1997) (Eds). Driven by nature: Plant litter quality and decomposition. Wallingford, CAB International. p.3-30.
- Heuvelodop, J.; Fassbender, H.; Alpízar, L.; Enríquez, G.; Foster, H. (1988) Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) and poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. II. Cacao

and wood production, litter production and decomposition. *Agroforestry Systems*, 6: 37-48.

Kummerow, J.; Kummerow, M. & Silva, W. S. (1982) Fine root growth dynamics in cacao (*Theobroma cacao*). *Plant Soil*, 65: 193-201.

Leite, F. P.; Barros, N. F.; Novais, R. F.; Fabres, A. S. (1998) Acúmulo e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* sob diferentes densidades populacionais. *R. bras. Ci. Solo*, 22: 419-426.

Leite, J. O. & Valle, R. R. (1990) Nutrient cycling in the cacao ecosystem: rain and throughfall as nutrient sources for the soil and the cacao tree. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 32: 143-154.

Mafongoya, P. L.; Giller, K. E. & Palm, C. A. (1987) Decomposition and nutrient release patterns of prunings and litter of agroforestry trees. *Agroforestry Systems*, 38: 77-97.

Matta-Machado, R. P. & Jordan, C. F. (1995) Nutrient dynamics during the first three years of an alleycropping agroecosystem in southern USA. *Agroforestry Systems*, 30: 351-362.

McGrath, D. A.; Comerford, N. B. & Duryea, M. L. (2000) Litter dynamics and monthly fluctuations in soil phosphorus availability in an Amazonian agroforest. *Forest Ecology Management*, 131: 167-181.

McGrath, D. A.; Duryea, M. L. & Cropper, W. P. (2001) Soil phosphorus availability and fine root proliferation in Amazonian agroforests 6 years following forest conversion. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 83: 271-284.

Miranda, R. A. C. (1990) Partição de chuva em plantação de cacau (*Theobroma cacao*). In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7., 1990, Salvador. Anais... Salvador: v.1, p.117-133.

- Montagnini, F. (1992) Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. San José, OET. 622p.
- Myers, R. J. K.; Noordwijk, M. van & Vityakon, P. (1997) Synchrony of nutrient release and plant demand: Plant litter quality, soil environment and farmer mangement options. In: Cadisch, G. & Giller, K.E. (Eds). Driven by nature: Plant litter quality and decomposition. Wallingford, CAB International. p.215-229.
- Nair, P. K. R.; Buresh, R. J.; Mugendl, D. N. & Latt, C. R. (1999) Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science. In: Buck, L.E.; Lassoie, J.P. & Fernandes, E.C.M. (Eds). Agroforestry in sustainable agricultural systems. Washington, D.C., CRC Press. p.1-31. (Advances in agroecology)
- Novais, R. F. & Smyth, T. J. (1999) Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, UFV/DPS. 399p.
- Palm, C. A. & Sanchez, P. A. (1991) Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. Soil Biol. Biochem., 23: 83-88.
- Palm, C. A. (1995) Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. Agroforestry Systems, 30: 105-124.
- Palm, C. A.; Gachengo, C. N.; Delve, R. J.; Cadisch, G. & Giller, K. E. (2001) Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. Agriculture, Ecosystems an Environment, 83: 27-42.
- Rheinheimer, D.; Cassol, P. C.; Kaminsk, J. & Anghinonl, I. (1999) Fósforo orgânico do solo. In: Santos, G.A. & Camargo, F.A.O. (Eds). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênese. p.139-196.

- Sanchez, P. A. (1995) Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 30: 5-55.
- Santana, M. B. M. & Cabala-Rosand, P. (1982) Dynamics of nitrogen in a shaded cacao plantation. *Plant Soil*, 67: 91-103.
- Santana, M. B. M. & Cabala-Rosand, P. (1985) Reciclagem de nutrientes em uma plantação de cacau sombreada com eritrina. In: *Conference Internationale sur Recherche Cacaoyere*, 9, Lomé, Togo, 1984. Actes, Lagos, Cocoa Producers' Alliance, p. 205-210.
- Siqueira, J. O. & Franco, A. A. (1988) *Biotecnologia do solo: Fundamentos e perspectivas*. Brasília, MEC/ABEAS/ESAL/FAEPE. 236p.
- Siqueira, J. O.; Moreira, F. M. S.; Lopes, A. S.; Guilherme, L. R. G.; Faquin, V.; Furtini Neto, A. E. & Carvalho, J. G. (Eds). (1999b) *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Viçosa: SBCS, Lavras: UFLA/DCS. 818p.
- Thong, K. C. & NG, W. L. (1980) Growth and nutrients composition of monocrop cocoa plants on Island Malaysian soils. *Proc. Conf. Cocoa Cocanuts*, Kuala Lumpur, 1980. p.262-286.
- Wessel, M. (1985) Shade and nutrition. In: *Cacao Manual*. Interamerican Inst. Agric. Sci.; Turrialba, Costa Rica. p.167-194.