

AVALIAÇÃO DA DINÂMICA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA BÁRBARA-PA, AMAZÔNIA-BRASIL

Manoel Tavares de Paula - UEPA¹

Benedito Gomes dos Santos Filho- UFRA²

Heriberto Wagner Amanajás Pena-UEPA³

Eunice Gonçalves Macedo-UEPA⁴

RESUMO – O trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica dos atributos químicos do solo em dois períodos de amostragem (estações seca e chuvosa) em sistemas agroflorestais (SAFs), em comparação com o solo em condições de vegetação secundária no município de Santa Bárbara-PA. Os Sistemas Agroflorestais foram implantados no ano de 2004, utilizando-se um delineamento em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 5 repetições. Cada bloco constitui-se dos seguintes tratamentos: SAF1 = mogno brasileiro x mogno africano x feijão caupi; SAF2 = mogno brasileiro x feijão caupi; SAF3 = mogno brasileiro x cedro australiano x feijão caupi e SAF4 = mogno brasileiro x cupuaçu x feijão caupi. As avaliações dos atributos químicos do solo foram realizadas em 2007 em dois períodos de amostragem: seco e chuvoso. Os atributos químicos do solo não diferiram entre os SAFs, independente da profundidade e do período. A camada superficial do solo dos SAFs apresentou melhor fertilidade no período chuvoso em comparação ao seco. O solo dos SAFs mostrou melhor fertilidade em comparação com o solo da floresta secundária, após 4 anos de implantação dos sistemas, provavelmente em função da adubação inicial e pelo aporte de nutrientes e de matéria orgânica deixado pelo plantio do feijão caupi e pelas espécies pioneiras, constantemente roçadas na área.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Assistente da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Rua do Uma, 156, Telégrafo, Cx. Postal, CEP: 66050-540-Belém (PA). E-mail: tavares@uepa.br

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto da Universidade Federal rural da Amazônia (UFRA), Av. Tancredo Neves s/n, Cx. Postal, 917, CEP: 66077-530-Belém (PA). E-mail: santosfilho@ufra.edu.br

³ Economista, Dr. Professor Adjunto da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Rua do Uma, 156, Telégrafo, Cx. Postal, CEP: 66050-540-Belém (PA). E-mail: heripena@yahoo.com.br

⁴ Bióloga, M.Sc. Professor Assistente da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Rua do Uma, 156, Telégrafo, Cx. Postal, CEP: 66050-540-Belém (PA). E-mail: eunicemacedo@yahoo.com.br

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Sistemas agroflorestais - Amazônia, mogno, solos.

Evaluation of the dynamics of soil chemical properties in Agroforestry in Santa Barbara-PA.

SUMMARY – The study aimed to assess the dynamics of soil chemical properties in two sampling periods (dry and rainy seasons) in agroforestry systems (SAFs), compared with soil under conditions of secondary vegetation in the Santa Barbara-PA. The agroforestry systems were established in 2004, using a randomized block design with four treatments and five replications. The agroforestry systems were established in 2004, using a randomized block design with four treatments and five replications. Each block is made up of the following treatments: SAF1 = Brazilian mahogany x African mahogany x caupi bean; SAF2 = Brazilian mahogany x caupi bean; SAF3 = Brazilian mahogany x Australian cedro x caupi bean; SAF4 = Brazilian mahogany x cupuaçu x caupi bean. Assessments of soil chemical properties of ecophysiological parameters (biophysical, biochemical and chemical) were held in 2007 at two sampling periods: dry and rainy. Evaluations of growth (height and diameter) were made from December 2004 to December 2007. The soil chemical properties did not differ between the SAFs, regardless of depth and period. The topsoil of the SAFs showed better fertility during the rainy season compared to dry. The soil fertility of the SAFs was better compared to the secondary forest soil after 4 years of implantation of the system, probably because the initial fertilization and the supply of nutrients and organic matter left by the planting of cowpea and the pioneer species, constantly mowing the area.

INDEX TERMS: Agroforestry – Amazon, mahogany, soils.

1 - INTRODUÇÃO

O Estado do Pará é o segundo maior estado brasileiro com uma superfície de 1.248.042 Km², representa 16,66% do território brasileiro e 26% da Amazônia, possuindo aproximadamente 1.140.000 Km² de florestas, porém desse total mais de 12% (aproximadamente 140.000 Km²) encontram-se em estado de degradação. Os processos de degradação ambiental na região são causados, principalmente pelas atividades madeireiras, crescimento demográfico, expansão das plantações comerciais, atividades pecuárias, mineração e agricultura itinerante (FEARNSIDE, 1992).

Segundo Veiga (1992), a expansão da agricultura na Amazônia é bastante discutida tanto pela dificuldade de sustentabilidade como em função da preocupação mundial com o desmatamento da floresta tropical úmida, considerada importante na conservação dos solos, pois de acordo com Ferraz (1992), os desmatamentos diminuem drasticamente a capacidade de produção dos solos. Além disso, segundo Fernandes (1992), aproximadamente 75% da bacia Amazônica possui solos ácidos e não férteis classificados como Oxisols e Ultisols, caracterizados por baixa reserva de nutrientes, alta toxidez de alumínio e baixa disponibilidade de fósforo.

Neste sentido é importante a geração de novos conhecimentos de produção sustentável para a região Amazônica que viabilize a utilização das áreas degradadas o desenvolvimento social e econômico com a preservação dos recursos naturais.

Os sistemas agroflorestais (SAFs) tem sido apresentados como uma das opções de produção para região por conciliarem o plantio de espécies florestais com cultivos agrícolas e/ou criação de animais, proporcionando benefícios ambientais, sociais e econômicos. Além disso, segundo Smith et al. (1996) os sistemas agroflorestais são considerados alternativas apropriadas para os trópicos úmidos por apresentarem estrutura que se assemelha à floresta primária, aliado a presença de grande biodiversidade.

Neste sentido o presente trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica dos atributos químicos do solo em dois períodos de amostragem (estações seca e chuvosa) em sistemas agroflorestais (SAFs), em comparação com o solo em condições de vegetação secundária no município de Santa Bárbara-PA.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

2.1.1 Localização

O estudo foi realizado no Parque Ecológico de Gunma (PEG), localizado no km 18 da rodovia Augusto Meira Filho (PA-391), sentido Belém-Mosqueiro, município de Santa Bárbara (PA), nordeste do Estado do Pará, entre as coordenadas aproximadas de $01^{\circ}13'00.86''\text{S}$ e $48^{\circ}17'41.18''\text{W}$ (Figura 1).

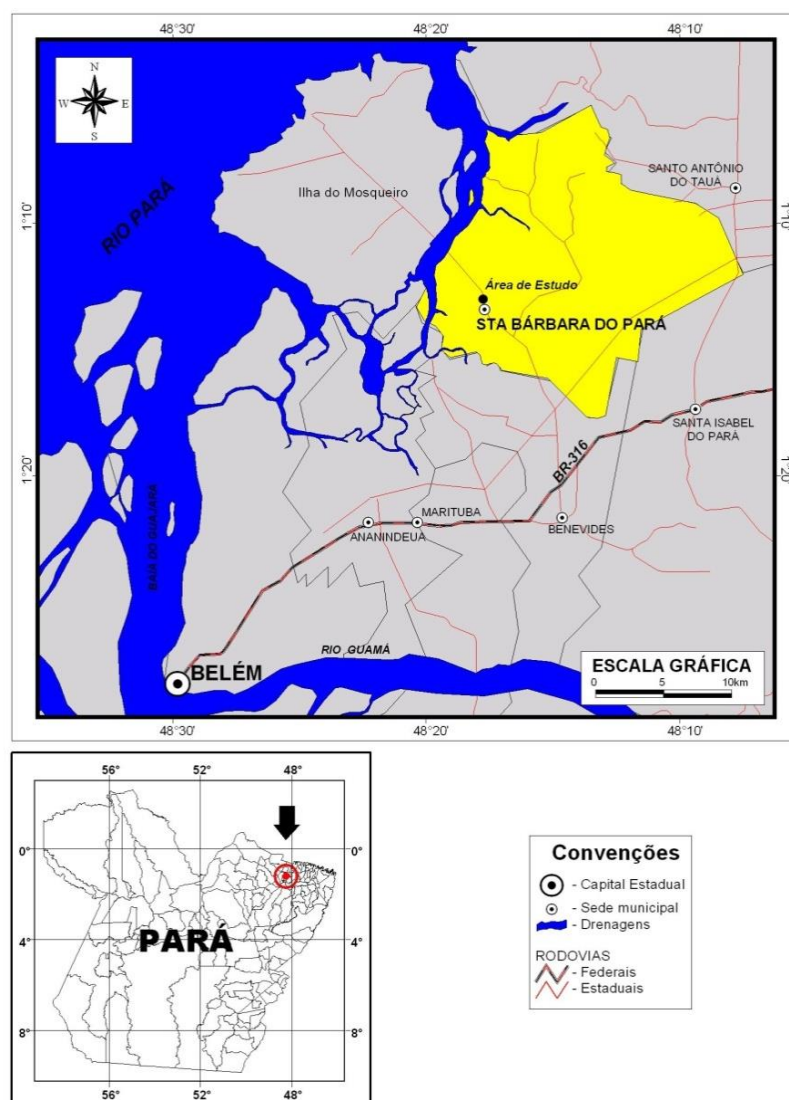


Figura 1- Parque Ecológico de Gunma, município de Santa Bárbara-PA, 2007.

2.1.2 Clima

O clima local é do tipo tropical úmido Af_i, segundo a classificação climática de Köppen, com índice pluviométrico anual de 2.500 e 3.000 mm, caracterizando-se por apresentar precipitação pluviométrica maior ou igual a 60 mm no mês mais seco do ano. A temperatura média anual é de 26,0 °C. A média anual da umidade relativa do ar é de 85% (SUDAM, 1984). As médias de precipitação, temperatura, umidade e evaporação, registradas no período do estudo, estão apresentadas na Figura 2.

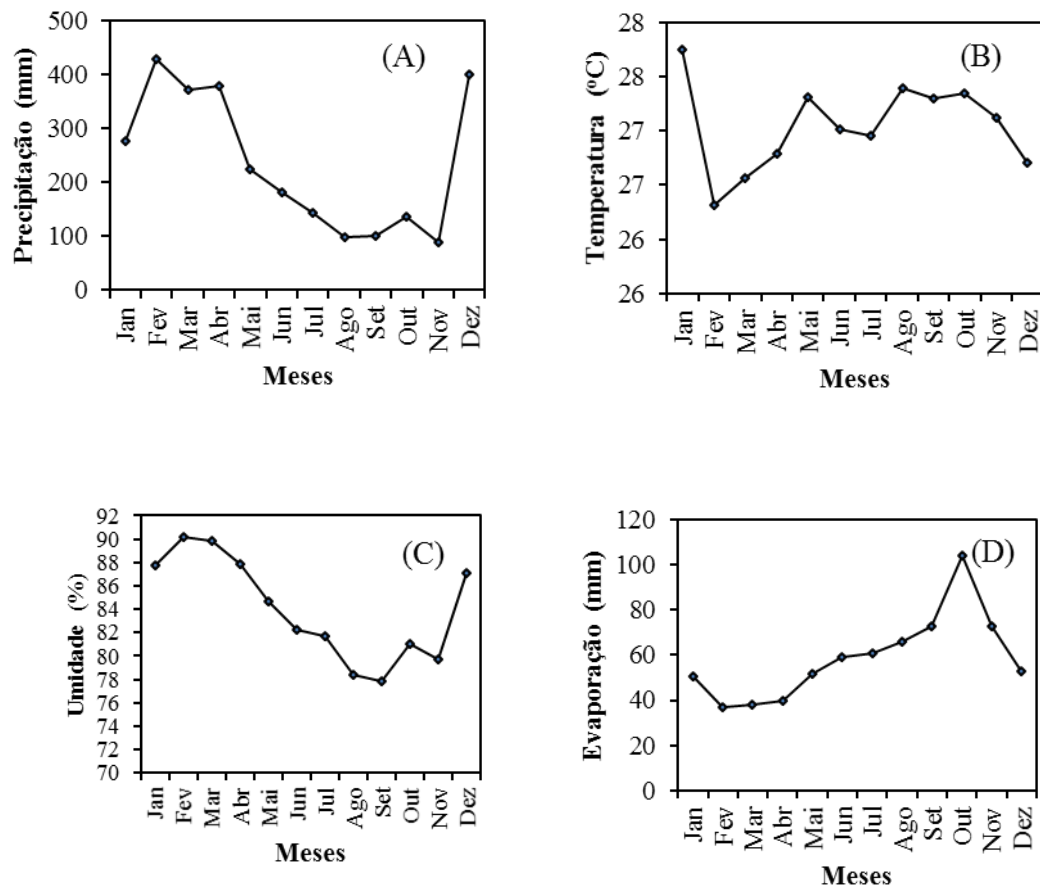


Figura 2 – Médias mensais de precipitação (A), temperatura (B), umidade (C), brilho solar (D) e evaporação (E) no município de Santa Bárbara-PA, 2007. **Fonte:** Embrapa Amazônia oriental.

2.1.3 Solos

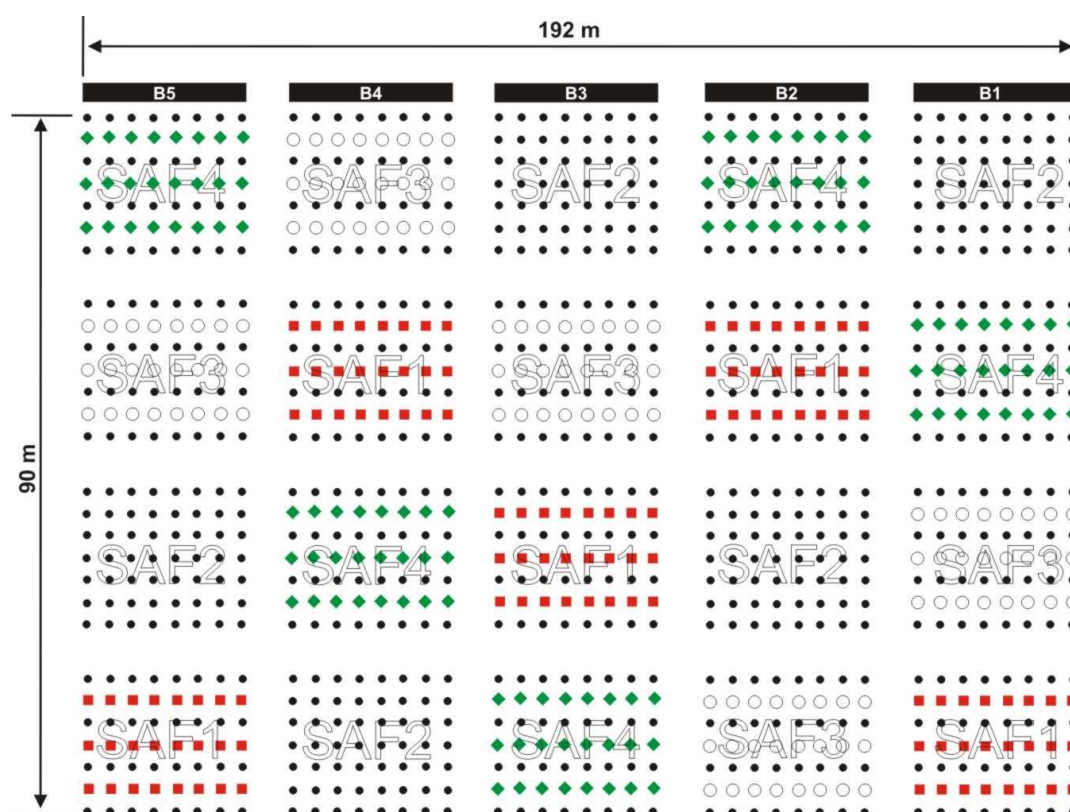
Os solos da área do Parque Ecológico de Gunma (PEG) variam muito, incluindo latossolos e concrecionários lateríticos na terra firme e solos hidromórficos aluviais, nas várzeas (RADAMBRASIL, 1974).

2.1.4 Área Experimental

Às plantas de mogno estudadas, com aproximadamente quatro anos de idade, encontravam-se plantadas em arranjo agroflorestais (SAFs) do tipo Taungya composto das espécies florestais de valor comercial *Swietenia macrophylla* King (mogno brasileiro), *Khaya ivorens* A Chev (mogno africano) e *Toona ciliata* var. *australis* M. Roem (cedro australiano) – que foram combinadas duplamente com *Theobroma grandiflorum* (Willd. Ex.Spreng) K. Schum. (cupuaçu) e com a cultura de ciclo curto *Vigna unguiculata* (L.) Wlap. (feijão caupi), tendo, esta última, sido plantada concomitantemente com as espécies florestais. Os sistemas agroflorestais foram implantados, utilizando-se um delineamento em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 5 repetições. Cada bloco constitui-se dos seguintes tratamentos (SAFs): SAF1 = mogno brasileiro x mogno africano x feijão caupi; SAF2 = mogno brasileiro x feijão caupi; SAF3 = mogno brasileiro x cedro australiano x feijão caupi e SAF4 = mogno brasileiro x cupuaçu x feijão caupi (Figura 3).

Para implantação do experimento, em maio de 2004, uma área de 1,7 ha de ecossistema original de floresta secundária foi derrubada com trator de esteira, depois realizada as operações de encoivramento, aração, gradagem e abertura das covas. Antes do plantio das espécies florestais, o solo da área foi amostrado para determinação de sua fertilidade inicial. Para plantio das espécies florestais e do cupuaçu foi realizada adubação das covas na seguinte quantidade: 500g de calcário dolomítico; 150g de yorin master e 1kg de Bokashi. A adubação do feijão caupi foi realizada à lanço, utilizando-se 300 kg/ha de NPK (4x10x10) + Zn. Em junho de 2004, realizou-se o plantio das espécies florestais, com espaçamento 4m x 3m entre as plantas. Em julho de 2004, entre as linhas das espécies florestais, semeou-se o feijão caupi (manteiguinha branco) a lanço, sendo necessários 60 kg de sementes para o plantio de 1,7 hectares. O cupuaçu foi plantado em 03/2005 também em linhas duplas, com espaçamento de 4m x 3m entre as plantas. Esse arranjo resultou numa densidade de plantas, assim distribuídas: espécies

florestais (1000: das quais 760 equivalem ao mogno brasileiro, 120 ao mogno africano e 120 a toona) e cupuaçu (120), conforme mostrado na Figura 2. A colheita do feijão foi realizada em 10/2004 com uma produção de 60 sacos de 60 kg de vagem seca, com rendimento aproximado de 847 kg/ha de grãos. Em 03/2005 foi realizada a 2ª adubação das espécies florestais na seguinte quantidade de adubo/planta: sulfato triplo (56g), yorin (267g), cloreto de potássio (217g em duas aplicações de 108,5g) e uréia (90g em duas aplicações de 45g).



LEGENDA

- - mogno brasileiro
- - mogno africano
- ◆ - cupuaçu
- - cedro australiano

SAF-1 - mogno brasileiro x mogno africano x feijão caupi
 SAF-2 - mogno brasileiro x feijão caupi
 SAF-3 - mogno brasileiro x cedro australiano x feijão caupi
 SAF-4 - mogno brasileiro x cupuaçu x feijão caupi
 ESPAÇAMENTO = 4mx3m (entre as árvores e o cupuaçu)

Figura 3 – Arranjo espacial da distribuição dos Sistemas Agroflorestais na área de estudo em Santa Bárbara, Pará, 2007

2.2 AVALIAÇÕES DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Para fins da análise químicas do solo dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) e da Floresta Secundária (FS) do entorno da área de estudo foram feitas coletas de solo, com auxílio de um trado pedológico, tipo "holandês", amostras compostas a partir de 10 amostras simples, foram coletadas nas seguintes profundidades (0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm) em cada um dos SAFs, e na Floresta Secundária, em dois períodos, seco (maio) e chuvoso (novembro) no ano de 2007. As análises foram realizadas no laboratório de Análises de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, de acordo com os procedimentos contidos no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA, 1997).

As análises químicas das amostras de solo foram: 1) pH em água, determinado por potenciometria, utilizando a relação solo:água 1:2,5; 2) cálcio (Ca), magnésio (Mg) e o alumínio trocável, obtidos por extração em solução KCl 1mol L⁻¹ com titulação, sendo que o cálcio e o magnésio foram determinados por titulação com EDTA-Na 0,025 N, e o alumínio, por titulação com NaOH a 0,025 N; 3) sódio (Na) e potássio (K), por extração em solução de H₂SO₄ + HCl com determinação por fotometria de chama; 4) fósforo (P), por extração segundo solução extratora de Mehlich (1984), composta de um duplo ácido (ácido clorídrico a 0,05 N + ácido sulfúrico a 0,025 N) na razão solo:solução de 1 para 10, sendo o fósforo determinado por colorimetria, pelo método do azul de molibdênio, tendo como redutor o ácido ascórbico e o potássio por fotometria de chama; 5) matéria orgânica (MO), através da determinação do N pelo método micro-Kjedhall e °C com oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio; 6) A acidez potencial (H⁺+Al⁺³) foi extraída com solução de acetato de cálcio a 1N pH 7,0, e em seguida titulada com EDTA-Na a 0,025N.

A partir dos resultados obtidos na análise química do solo foram calculados os valores para soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), porcentagem de saturação por bases (V%) e saturação por alumínio (m%).

2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo que os dados foram avaliados, em função das diferentes variáveis estudadas: a) os atributos químicos do solo foram analisados em arranjo fatorial 4x3x2, constando de quatro SAFs, três profundidades e dois períodos, com três repetições; b) para comparação dos sistemas agroflorestais (SAFs)

com a floresta secundária (FS) foi utilizado um fatorial 2x3x2, contando de dois tratamentos (SAFs e FS), três profundidades e dois períodos com três repetições.

Os dados foram tratados pelo software NTIA desenvolvido pela EMBRAPA - Informática para Agropecuária, Campinas/SP, versão 4.2.1 de outubro de 1995. A significância dos fatores estudados foi feita pelo teste F e as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, em nível de significância de 5% (PIMENTEL GOMES, 1978).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Na Tabela 1, são apresentados os valores dos atributos químicos do solo dos sistemas agroflorestais (SAF-1, SAF-2, SAF-3 e SAF-4). Os valores de pH em água, matéria orgânica (MO), fósforo disponível (P), potássio (K^+), bases trocáveis (Ca^{+2} e Mg^{+2}), alumínio trocável (Al^{+3}), acidez potencial (H+Al), soma de base (SB), CTC efetiva (t), saturação por base (V%) e saturação por alumínio (m%) não foram afetados significativamente ($P>0,05$) em função dos SAFs. De acordo com Falesi; Baena; Dutra (1980); Vieira; Santos, (1987) a faixa de pH da maioria dos solos da Amazônia normalmente está situado na faixa que varia entre 4,0 e 5,5. Entretanto, considera-se em torno de 6,0, o pH ideal para a maioria das culturas, como para as culturas de soja, feijão, milho e trigo, faixa onde ocorre maior disponibilidade de todos os nutrientes (FAGERIA; ZIMMERMANN, 1998). Salgado (2006), estudando a avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em lavras-MG verificou que as características químicas dos solos, pH, acidez potencial (H+Al), saturação de bases (V%), e os teores de alumínio, magnésio, potássio e fósforo não apresentaram diferenças estatísticas entre os diferentes sistemas de cultivo do cafeeiro.

Os dados da comparação, entre o período seco e o período chuvoso, encontram-se apresentados na Tabela 2. Os valores de pH, K, Na, Ca, Mg, SB, CTC, V% e m% foram afetados significativamente ($P\leq 0,05$) em função do período, verificando-se no período chuvoso valores mais elevados de pH, K, Ca, Mg, SB, CTC, V% e menores valores de Na em comparação com o período seco. Já os teores de MO, P, Al, (H+Al) e m% não foram afetados significativamente pelos períodos ($P>0,05$). O aumento dos valores de pH e CTC na estação chuvosa podem ser explicados pela redução das concentrações de Al, que pode ter sido influenciado pela calagem de implantação dos sistemas agroflorestais. Sena (2006) também

não observou diferença significativa no conteúdo de MO entre os período seco e chuvoso, estudando diferentes sistema agroflorestais em comparação com uma floresta secundária no município de Marituba-PA. Rodrigues (2006), observou maiores médias de pH em água, P e H+Al na estação chuvosa em comparação com a estação seca e valores não significativos para médias de K, Ca, Mg e Al entre as duas referidas estações, em sistemas agroflorestais com meliáceas município de Aurora do Pará. Já Pereira, Veloso e Gama (2000) verificaram maior valor de pH e teores Mg, K, MO no período chuvoso em comparação com o seco, analisando as propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na amazônia oriental. Rodrigues (2006) observou maiores médias de P na estação chuvosa em comparação com a estação seca em sistemas agroflorestais com meliáceas município de Aurora do Pará-PA. Pereira (2000) também verificou maior valor K no período chuvoso em comparação com o seco, analisando as propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia.

Também pode ser verificado que os valores para saturação por bases (V%), abaixo de 50%, obtido tanto para a estação seca (35,3%) quanto para a estação chuvosa (40,07%) indica solos de baixa fertilidade para cultivos agrícolas (RODRIGUES, 2006).

Tabela 1 - Valores dos atributos químicos do solo, média das três profundidades (0-5, 5-10 e 10-20cm) e dois períodos (seco e chuvoso), dos sistemas agroflorestais (SAFs), em Santa Bárbara-PA, 2007¹.

SAFs	pH água	M O g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K -----	Ca	Mg	Al cmol _c dm ⁻³ -----	H+Al	SB	CTC	V	m -----%-----
SAF-1	5,3 a	16,7 a	1,50 a	0,04 a	1,25 a	0,60 a	0,38 a	3,40 a	1,93 a	5,32 a	35,68 a	18,83 a
SAF-2	5,3 a	19,6 a	1,66 a	0,04 a	1,33 a	0,66 a	0,35 a	4,01 a	2,07 a	6,08 a	33,44 a	17,92 a
SAF-3	5,5 a	19,6 a	1,39 a	0,05 a	1,65 a	0,81 a	0,28 a	3,31 a	2,55 a	5,86 a	42,42 a	12,44 a
SAF-4	5,4 a	15,3 a	1,50 a	0,04 a	1,33 a	0,57 a	0,28 a	3,09 a	1,98 a	5,06 a	39,33 a	13,89 a

¹ Letras seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P>0,05).

Tabela 2 - Valores médios dos atributos químicos do solo em diferentes períodos (seco e chuvoso), encontrados em análise de solos, médias das três profundidades, em sistemas agroflorestais (SAFs), em Santa Bárbara-PA, (2007)¹

Períodos	pH água	M O g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K -----	Ca	Mg	Al cmol _c dm ⁻³ -----	H+Al	SB	CTC	V	m -----%-----
Seco	5,2 b	17,0 a	1,61 a	0,04 b	1,50 a	0,58 b	0,34 a	3,42 a	1,94 b	5,36 b	35,37 b	17,29 a
Chuvoso	5,6 a	18,7 a	1,42 a	0,05 a	1,28 b	0,74 a	0,31 a	3,55 a	2,32 a	5,81 a	40,08 a	14,26 a

¹ Letras seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P>0,05).

Os resultados da interação significativa entre os sistemas agroflorestais (SAF-1, SAF-2, SAF-3 e SAF-4) e os períodos (seco e chuvoso) para os valores de pH, Ca, Al, (H+Al), CTC, V% e m% encontram-se apresentados na Tabela 3. Não foi verificada diferenças significativas ($P>0,05$) para os valores das médias de Ca, Al, (H+Al), CTC e m%, entre os SAFs, tanto no período seco como no período chuvoso. No período chuvoso os SAF-1, SAF-3 e SAF-4 apresentaram maiores valores de pH ($P\leq 0,05$), em comparação com o período seco. Já o SAF-2 não diferiu estatisticamente ($P>0,05$), entre os períodos, em relação ao pH. Para o Ca não ocorreram diferenças significativas ($P>0,05$), entre os períodos para os SAF-1 e SAF-2, porém os SAF-3 e SAF-4 apresentaram maiores valores de Ca ($P\leq 0,05$) no período chuvoso, em comparação com período seco. Não foi verificada diferença significativa ($P>0,05$) para os teores de Al, entre os SAF-1 e SAF-4, entre os períodos seco e chuvoso, porém o SAF-2 apresentou maiores concentrações de Al ($P\leq 0,05$) no período chuvoso, em relação ao seco, enquanto para o SAF-3, foi o período seco que apresentou maiores valores de Al ($P\leq 0,05$) em comparação ao chuvoso. Para o (H+Al) e a CTC, não houve diferença estatística ($P>0,05$) entre os períodos seco e chuvoso para os SAF-1, SAF-3 e SAF-4, enquanto para o SAF-2, o período chuvoso apresentou maiores concentrações de (H+Al) e da CTC ($P\leq 0,05$), em comparação com o período seco. Quanto ao V%, os SAF-3 e SAF-4 apresentaram maiores valores médios no período chuvoso em comparação ao período seco ($P\leq 0,05$). Já os SAF-1 e SAF-2 não diferiram estatisticamente entre os períodos ($P\leq 0,05$). Em relação ao m%, os SAF-1 e SAF-2 não diferiram estatisticamente entre os tratamentos ($P>0,05$). Porém, os SAF-3 e SAF-4 apresentaram maiores valores médios de m% ($P\leq 0,05$) no período seco em comparação com o chuvoso.

Os valores das médias dos atributos químicos do solo dos SAFs em diferentes profundidades encontram-se na Tabela 4. Quanto ao pH não houve diferença ($P>0,05$) entre as profundidades 0-5 e 5-10 cm, entretanto ficou mais ácido na profundidade de 10-20 cm, em comparação com as duas profundidades anteriormente citadas ($P\leq 0,05$), ou seja, houve um aumento da acidez com a profundidade. Segundo Malavolta (1980) a acidez geralmente aumenta com a profundidade do solo, o que foi confirmado por Ferreira (2004) que observou aumento da acidez do solo com aumento da profundidade em sistema agrícola no município de Castanhal (PA).

Tabela 3 - Valores médios dos atributos químicos do solo, da interação dos sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4) com os períodos (seco e chuvoso), em Santa Bárbara-PA (2007)¹.

Tratamentos (SAFs)	pH Água		Ca		Al		H+Al		CTC		V		m	
			-----		cmol _c dm ⁻³ -----						-----%		-----	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
SAF1	5,2 aB	5,5 abA	1,16 aA	1,33 aA	0,38 aA	0,38 aA	3,52 aA	3,26 aA	5,25 aA	5,38 aA	32,92 aA	38,45 abA	19,88 aA	17,79 aA
SAF2	5,3 aA	5,4 bA	1,34 aA	1,31 aA	0,29 aB	0,42 aA	3,36 aB	4,67 aA	5,38 aB	6,79 aA	36,64 aA	30,24 bA	14,54 aA	21,31 aA
SAF3	5,2 aB	5,8 aA	1,41 aB	1,90 aA	0,37 aA	0,20 aB	3,65 aA	2,97 aA	5,91 aA	5,81 aA	36,69 aB	48,15 aA	17,14 aA	7,74 aB
SAF4	5,2 aB	5,6 abA	1,20 aB	1,46 aA	0,38 aA	0,23 aA	3,13 aA	3,04 aA	4,87 aA	5,26 aA	35,21 aB	43,45 aA	17,60 aA	10,18 aB

¹ Letras seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre os tratamentos e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre os períodos pelo teste de Tukey a 5% (P>0,05).

Tabela 4 - Valores médios dos atributos químicos do solo dos Sistemas Agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3 e SAF4), em diferentes profundidades, em Santa Bárbara-PA (2007)¹

profundidade cm	pH água		M O g Kg ⁻¹		P mg dm ⁻³		K		Ca		Mg		Al		H+Al		SB		CTC		V		m	
													-----		cmol _c dm ⁻³ -----						-----%		-----	
0-5	5,5 a		23,5 a		1,87 a		0,05 a		1,88 a		0,79 a		0,21 b		3,63 a		2,76 a		6,39 a		43,70 a		7,61 c	
5-10	5,4 a		17,1 b		1,42 b		0,04 b		1,41 b		0,69 ab		0,30 b		3,39 a		2,18b		5,58 b		38,9 b		13,64 b	
10-20	5,3 b		12,9 c		1,25 b		0,04 b		0,88 c		0,50 b		0,47 a		3,33 a		1,44 c		4,78 c		30,46b		26,07 a	

Os valores da M.O, Ca, SB e CTC, diminuíram ($P \leq 0,05$) com a profundidade. Para o Mg houve diferença significativa ($P \leq 0,05$) entre as profundidades de 0-5 e 10-20 cm, porém não diferiu entre as profundidades 0-5 e 5-10 cm e de 5-10 e 10-20cm ($P > 0,05$). Ferreira (2004) não observou diferença significativa no teor de magnésio na profundidade de 10-20 cm, comparando o solo de um sistema agroflorestal ($0,4 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$) com o solo de uma floresta secundária ($0,5 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$), trabalhando em latossolo amarelo no município de Castanhal-PA. A profundidade 0-5 cm apresentou maiores concentrações de P, K, Na e V (%) ($P \leq 0,05$), em comparação com as profundidades de 5-10 e 10-20 cm, que não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$). Senna (2006), Silva Jr; Melo (2006) e Ferreira (2004) verificaram conteúdos decrescentes da M.O, Ca, Mg, K e CTC com a profundidade em latossolo amarelo no estado do Pará. Perez et al (2004), e Araújo et al (2004) observaram em sistemas agroflorestais, valores mais elevados de pH, cátions trocáveis (Ca, K), CTC e P na superfície do solo, decrescendo com a profundidade. Silva, Silva Jr e Melo (2006), estudando o efeito de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo do Estado do Pará, observaram que os teores de matéria orgânica, fósforo disponível e soma de bases sofreram diminuição em horizontes mais profundos.

A acidez potencial (H+Al) não se alterou com a profundidade ($P > 0,05$), resultados semelhantes foram observados por Rodrigues (2006), estudando a biomassa microbiana e acúmulo de liteira em sistemas agroflorestais com meliáceas no município de Aurora do Pará. Já a concentração de alumínio (Al) e a porcentagem de saturação por alumínio (m%) apresentaram comportamento inverso dos demais atributos do solo, pois aumentaram com a profundidade ($P \leq 0,05$). Correa et al. (2001), observou aumento nos valores de Al com aumento da profundidade, estudando as propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico sob cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*).

Os valores médios da interação entre os sistemas agroflorestais e as profundidades para os teores de P estão apresentados na Tabela 5. No período seco a profundidade de 0-5 cm apresentou maior concentração de P ($P \leq 0,05$) em comparação com as de 5-10 e 10-20, as quais não apresentaram diferenças significativas entre si ($P > 0,05$). O período chuvoso não apresentou diferença no conteúdo de P entre as profundidades ($P > 0,05$). A profundidade de 0-5 cm apresentou maior concentração de

P ($P>0,05$) no período seco em comparação com o chuvoso. As profundidades 5-10 e 10-20 cm não apresentaram diferenças entre os períodos ($P>0,05$). Estudos realizados por Silva; Chaves (2001) demonstraram uma diminuição nos teores de P com a profundidade do solo. Cardoso et al. (1992) e Silva, Silva Jr e Melo (2006) mostraram que há acúmulo de P na camada superficial dos solos cultivados devido à pouca mobilidade e à baixa solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida, com altos teores de óxidos de ferro e alumínio.

Tabela 5 - Valores médios da interação de P, em diferentes períodos, encontrados em análise de solos em sistemas agroflorestais (SAFs), em Santa Bárbara-PA (2007)¹.

Profundidades (cm)	P g dm ⁻¹	
	Seco	Chuvoso
(0-5)	2,25aA	1,5aB
(5-10)	1,416bA	1,42aA
(10-20)	1,166bA	1,33aA

¹ Letras seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre as profundidades e mesma letra maiúscula na linha não diferem entre os períodos pelo teste de Tukey a 5% ($P>0,05$).

Os dados referentes à comparação do solo da floresta secundária (FS) com o solos do SAFs encontram-se na Tabela 6. Os valores de pH, MO, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, V% e m% foram afetados significativamente ($P>0,05$) em função do tipo de cobertura vegetal (Tabela 6), verificando-se na área dos SAFs valores mais elevados de pH, MO, Ca, Mg, SB e V% e mais baixos de Na, Al trocável, H+Al e m%, em decorrência da correção do solo, da adubação inicial e do plantio do feijão caupi. Já os valores de P, K e CTC não foram afetados significativamente ($P>0,05$) em função do tipo de cobertura vegetal. Segundo Falesi, (1972) e Schubart; Franken; Luizão (1984), a rápida decomposição da matéria orgânica que ocorre em solos sob mata tropical, constitui um mecanismo de conservação de nutrientes, para manter a exuberância da vegetação florestal. De acordo com Cantarella et al. (1992) a matéria orgânica diminui o efeito de elementos tóxicos como alumínio e contribui para o desenvolvimento de microorganismos. Segundo Nair (1993) a redução da acidez é um dos efeitos benéficos das árvores sobre o solo, pois tendem a adicionar bases na sua superfície. Para Alfaia

(1988) o aumento do pH provoca redução do teor de alumínio do solo. Barreto et al. (2006), observaram maiores valores de pH, Mg, Ca, V%, e menores concentrações de (H+Al) em solo de sistemas agroflorestais em comparação com solo sob a floresta. Neves (2007) comparando o cultivo do café em cultivo tradicional com sistema agroflorestal, observou que o sistema agroflorestal favoreceu a manutenção do pH e a redução da saturação por alumínio (m%). Marques (2001) verificou aumento nos valores de K, Ca+Mg e pH em sistema agroflorestal na região do Tapajós (PA), após dez anos de implantação do sistema.

Tabela 6 - Valores médios dos atributos químicos do solo, em diferentes coberturas vegetais encontrados em análise de solos em sistemas agroflorestais (SAF-1,SAF-2, SAF-3, SAF-4) e da floresta secundária (FS) em Santa Bárbara-PA (2007)¹.

Cobertura Vegetal	pH	M O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
	água	g kg ⁻¹	g dm ⁻³	----- cmolc dm ⁻³ -----									
				-----%-----									
SAFs	5,4a	17,8 a	1,72a	0,43 a	0,04 b	1,39a	0,66 a	0,33 b	3,45 b	2,13 a	5,58 a	37,72a	15,77 b
FS	4,6b	14,9 b	1,51a	0,05 a	0,05 a	0,43b	0,35 b	0,96 a	5,49 a	0,89 b	6,39 a	15,11b	51,99 a

¹ Letras seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente entre os tratamentos pelo teste de Tukey (P>0,05).

4. CONCLUSÕES

Não foi observada diferença para os atributos químicos do solo, entre os SAF, porém foi verificada melhor fertilidade na camada superficial do solo no período chuvoso em comparação ao seco. O solo dos SAFs apresentou melhor fertilidade em comparação com o solo da floresta secundária, após 4 anos de implantação do sistema, provavelmente em função da adubação inicial e pelo aporte de nutrientes e de matéria orgânica deixado pelo plantio do feijão caupi e pelas espécies pioneiras, constantemente roçadas na área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIA, S. S. Correlação entre a capacidade de troca de cátions e outras propriedades de três solos da Amazônia Central. **Acta Amaz.**, 18 (3-4): 3-11. 1988.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, Mar./Apr. 2004.

BARRETO, A.C.; LIMA, F.H.S.; FREIRE, M.B.G.S.; QUINTINO, A. R.; FERNANDO, J. F. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga (Mossoró, Brasil)**, v.19, n.4, p.415-425, outubro/dezembro de 2006.

CARDOSO, A.; MARTINS, P.F.S.; VEIGA, Jr., I. **Solos de áreas ocupadas por pequenos agricultores em algumas localidades da microrregião de Marabá-PA**. Pont à Pitre. Universidade des Antilles Guianas. P.101-123. 1992.

CANTARELLA, H. ABREU, C.A. de ;BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: Encontro sobre Matéria Orgânica do solo: problemas e soluções. Botucatu (SP). **Anais**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronomicas, p. 63-122, 1992.

CORREA, M.C.M; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 23, n. 5, p. 1159-1163, 2001.

EMBRAPA-CPSN. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos, nº 1).

FAGERIA, N. K.; ZIMMERMANN, F. J. P. Influence of pH on growth and nutrient up take by crop espécies in an oxisol. **Communications in Soil Science and Planta Analyses**, New York, v. 29, n.17. p 2675-2682, 1998.

FALESI, I. C. **Solos da rodovia transamazônica**. Belém: IPEAN, 1972. 153 p. (IPEAN. Boletim Técnico, 55).

FEARNSIDE, P.M. Avaliação e identificação das causas e dos agentes de desmatamento. In: **SIMDAMAZÔNIA:SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE**, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia. Belém, 1992. **Anais**. Belém:Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, p.245-251, 1992.

FERRAZ. Caracterização e Restauração de áreas degradadas. In: **SIMDAMAZÔNIA:SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE**, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia. Belém, 1992. **Anais**. Belém:Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, p.245-251, 1992.

FERNANDES, E. C. M.; SERRÃO, E. A. S. Protótipo e modelos agrossilvipastoris sustentáveis. In: **SIMDAMAZÔNIA:SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE**, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia. Belém, 1992. **Anais**. Belém:Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, p.245-251, 1992.

FERREIRA, C.P. Atributos físicos-hídricos e químicos do solo em sistemas agrícolas na microrregião de Castanhal, Pará. 2004. UFRA, Belém, 2004. **Tese (Doutorado)**. 145 p.il.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980.

MARQUES, L. C. T.; FERREIRA, C. P.; CARVALHO, E. J. M. Sistema agroflorestal em área de pequeno produtor na região do Tapajós, Estado do Pará: avaliação após doze anos de implantação Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 19p (Embrapa Amazônia Oriental. **Documentos**, 99).

MONTAGNINI, F. et. al. **Sistemas agroflorestais:princípios y aplicaciones en los tropicos**. 2ª . ed. - San José,Costa Rica: IICA, 1992. 622p.

NAIR, P, K, R. **An introduction to Agroforestry**, Dordrecht: Kluwer, ICRAF, 1993. 499 p.

NEVES, Yonara Poltronieri et al. Teor de água e fertilidade do solo com cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. **Rev. Árvore**, vol.31, no.4, p.575-588. 2007.

PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Sci. Agric**, v.57, n.3, 2000.

PEREZ, A. M.M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, v.25, n.1, p.25. 2004.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**, 12a Ed, São Paulo: Ed, Nobel, 1978. 467 p,

RADAMBRASIL. *Folha SA. 22 – Belém: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, DNPM [Levantamento de Recursos Naturais, V.5. 1974.

RODRIGUES, R. C. Biomassa microbiana e acúmulo de liteira em sistemas agroflorestais composto por meliáceas, utilizadas como indicadores biológicos da qualidade do solo. **Tese (Doutorado em Ciências Agrárias)** – UFRA, 2006.

SALGADO, Bruno Grandi; MACEDO, Renato Luiz Grisi; ALVARENGA, Maria Inês Nogueira and VENTURIN, Nelson. Avaliação da fertilidade dos solos de sistemas agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras-MG. **Rev. Árvore** [online]. 2006, vol.30, n.3, pp. 343-349. ISSN 0100-6762.

SCHUBART, H.O.R.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F.J. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje**. 2(10): 26-32, 1984.

SENA, W. L. Avaliação dos atributos químicos e carbono microbiano de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas agroflorestais em comparação com a floresta secundária, Marituba, Pará. 2006. UFRA, Belém, 2006. **Tese (Doutorado)**. 103 p.il.

SILVA, Paulo C. M. da and CHAVES, Lúcia H. G. **Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em Alissolos**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, ept./Dec. 2001, vol.5, no.3, p.431-436. ISSN 1415-4366.

SILVA, G. R.; SILVA Jr., M. L.; MELO, V. S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do estado do Pará. **Acta Amaz.**, 2006, vol.36, no.2, p.151

SMITH, N. J. H.; FALES, I. C.; ALVIM, P. T.; SERRÃO, E. A. Agroforestry trajectories among smallholders in the Brazilian Amazon: innovation and resiliency in pioneer and older settled areas. **Ecological Economics**. 1996. 15-27p.

SUDAM. **Atlas climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, PA, 125 p. 1984.

VEIGA, J. B.; HEBETTE, J. Produção Sustentada da Agropecuária Integrada. In: SIMDAMAZÔNIA: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, Pobreza e Desenvolvimento da Amazônia. **Anais**. Belém: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, p.245, 1992.