

# AVALIAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO DA TERRA<sup>1</sup>

Welliton de Lima SENA<sup>2</sup>  
George Rodrigues da SILVA<sup>3</sup>  
Mário Lopes da SILVA JÚNIOR<sup>4</sup>

**RESUMO:** Na Amazônia, o manejo inadequado dos ecossistemas tem ocasionado alterações no solo com efeitos negativos sobre o meio ambiente. A implantação dos sistemas agroflorestais (SAF), com adoção de práticas agrícolas adequadas, constitui-se uma alternativa viável para a recuperação de áreas desgastadas pelo mau uso. O objetivo deste trabalho é avaliar os teores trocáveis de cálcio, magnésio, potássio e alumínio, acidez potencial (H + Al), P-disponível, pH em água e capacidade de troca de cátions (CTC) de um Latossolo Amarelo submetido a arranjos de sistemas agroflorestais e sistemas convencionais envolvendo cacau (*Theobroma cacao*), pupunha (*Bactris gasipaes*) e açaí (*Euterpe oleraceae*), na profundidade de 0 – 0,20m, em dois períodos de amostragem (seco e chuvoso) e compará-los com as mesmas variáveis em condições de floresta secundária. O desenho experimental utilizado foi de blocos ao acaso, comportando dois sistemas agroflorestais (cacau + açaí e cacau + pupunha), dois sistemas convencionais (açaizeiro e pupunheira) e sistema de floresta secundária, com quatro repetições cada. Os sistemas agroflorestais estudados se assemelharam à floresta secundária, quanto à ciclagem de nutrientes, com exceção do potássio, configurando-se como alternativas sustentáveis para o uso do solo, nos ecossistemas amazônicos. As variáveis estudadas, à exceção do fósforo, sofreram influência positiva da época chuvosa (fevereiro).

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** Propriedades Químicas, Ciclagem de Nutrientes, Solo Tropical, Sistemas Agroflorestais, Amazônia.

<sup>1</sup> Aprovado para publicação em 24.07.07

Parte integrante da Tese de Doutorado em Ciências Agrárias do primeiro autor.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da Escola Agrotécnica Federal de Castanhal – Pa. E-mail: welliton@eafc-pa.gov.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia / UFRA. E-mail: george.silva@ufra.edu.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor do Instituto de Ciências Agrárias da UFRA. E-mail: mario.silva@ufra.edu.br

## EVALUATION OF CHEMICAL ATTRIBUTES OF A YELLOW LATOSSOLO UNDER DIFFERENT LAND USE SYSTEMS

**ABSTRACT:** In the Amazon, inadequate soil management has promoted harmful alterations to different ecosystems. The implantation of the agroforestry systems, with the use of appropriate agricultural practices is a viable alternative for production improvement, preserving the environment. The objective of this work was to evaluate the exchangeable Ca, Mg, K, Al, potential acidity (H+Al), available P, pH in water and cation – exchange capacity (CEC), of a Yellow Latossolo at 0–0,20m depth, under arrangements of agroforestry systems and conventional systems formed by cacao (*Theobroma cacao*), peach palm (*Bactris gasipaes*) and euterpe palm (*Euterpe oleraceae*), collected during the rainy season and the dry season, and to compare it to the same variables in the secondary forest soil. A randomized complete block design with four replications was utilized, holding two agroforestry systems (cacao + euterpe palm and cacao + peach palm), two conventional systems (euterpe palm and peach palm) and secondary forest. The studied agroforestry systems were similar to the secondary forest, in the the nutrients cycling, except for potassium. The studied agroforestry systems were similar to the secondary forest, as for the nutrients cycling, and were considered as a sustainable alternative for soil use in Amazon ecosystems. The studied variables, except for P, were positively affected by the rainy season (February).

**INDEX TERMS:** Chemical Properties, Nutrients Cycling, Tropical Soil, Agroforestry, Amazon Basin.

### 1 INTRODUÇÃO

A agricultura intensiva praticada com a exploração de monocultivos, tem contribuído para a degradação do meio ambiente, dando origem a ecossistemas pouco estáveis, pelo manejo inadequado do solo, além de afetar negativamente o equilíbrio sócio-econômico da população rural (LEITE; VIRGENS, 2002).

Na Amazônia, a maior parte dos solos apresenta baixa fertilidade natural e acidez elevada (VIEIRA; SANTOS, 1987), com sérias limitações ao estabelecimento de atividades agrícolas e florestais em bases sustentáveis. Por outro lado, as condições tropicais da região, proporcionam um processo dinâmico mais intensificado dos atributos químicos do solo, e a avaliação desses parâmetros em um sistema

agroflorestal, com espécies de importância econômica, proporciona a obtenção de indicadores da qualidade do solo, auxiliando na escolha de alternativas para a melhoria de suprimento de nutrientes para as plantas e da recuperação de áreas degradadas, objetivando um novo equilíbrio biodinâmico do ecossistema (FEIGL; CERRI; BERNOUX, 1998)

A implantação dos sistemas agroflorestais (SAF) com adoção de práticas agrícolas adequadas que proporcionem a preservação do meio ambiente e, conseqüentemente, a melhoria na qualidade de vida do agricultor, pode ser realizada através de mínimos investimentos financeiros e mão-de-obra (RODRIGUES; SILVA; BELTRAME, 2002). Os SAF têm como objetivos aumentar o

teor de matéria orgânica e adicionar grande quantidade de biomassa protegendo o solo contra efeitos erosivos e elevação da temperatura (FERREIRA; KATO; COSTA, 2004), aumentar a diversificação da microbiota do solo, fixando mais nitrogênio atmosférico e possibilitando o seqüestro de mais carbono atmosférico (GAMA-RODRIGUES et al., 2004), e promover o estabelecimento de ciclagem eficiente de nutrientes, com conseqüente diversificação e aumento da produção por unidade de área (LUIZÃO et al., 1989).

Na Amazônia brasileira, os SAF devem ser recomendados como forma alternativa de uso da terra, objetivando a recuperação de áreas degradadas, a diminuição da pressão sobre os remanescentes de florestas nativas ou secundárias e a diversificação das fontes de renda para os produtores rurais. Dessa maneira, os SAF se configuram como alternativas sustentáveis para aumentar os níveis de produção agrícola, animal e florestal (NAIR, 1993).

Neste contexto, o conhecimento da dinâmica das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos amazônicos, permitirá uma intervenção racional neste importante recurso natural, possibilitando o seu uso sustentado.

No presente estudo foram avaliados os atributos químicos Ca, Mg, K e Al trocáveis, acidez potencial (H +Al), pH em água, P disponível, e CTC de um Latossolo Amarelo sob arranjos de sistemas agroflorestais e sistemas convencionais envolvendo cacau (*Theobroma cacao*), pupunha (*Bactris gasipaes*) e açaí (*Euterpe oleraceae*). As variáveis estudadas nos diferentes sistemas de

uso, serão comparadas com as mesmas variáveis em condições de solo de vegetação secundária, em dois períodos distintos de amostragem (seco e chuvoso), a fim de determinar se os SAF se apresentam como uma alternativa para a recuperação de áreas alteradas e degradadas, que melhor se adequem aos ecossistemas amazônicos, sem alterar, negativamente, o meio ambiente.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na Estação Experimental ERJOH, no Centro de Recursos Genéticos do Cacau, pertencente à Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), localizada no município de Marituba, estado do Pará, apresentando distância de 17 Km de sua capital (Belém), à margem direita da BR-316. Sua coordenada geográfica situa-se próxima ao ponto onde o meridiano 48° 13' 30" W Gr intercepta o paralelo 10° 12' 00" S (NEVES; BARBOSA, 1983).

Silva (2000) relata que a mata secundária estava em pousio há 30 anos, tendo abrigado até o final da década de 60, uma fazenda de criação de gado bovino. No preparo do terreno para a instalação dos sistemas de manejo estudados, foi utilizado o tradicional sistema de derruba e queima da mata. Foram aplicadas nas covas de plantio, na adubação inicial, 5 kg por planta de uma mistura constituída por esterco de gado curtido e terra, na proporção de dez partes de esterco para três de terra. As mudas utilizadas, produzidas em viveiro, foram plantadas nos meses de janeiro e fevereiro de 1991, com idade de três meses para o cacaueiro e quatro e meio meses para pupunheira e açaizeiro. A extração de frutos e palmito da área ocorreu a partir de 1994.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, comportando dois sistemas agroflorestais (cacau + açaí e cacau + pupunha), dois sistemas convencionais (açazeiro e pupunheira), além do sistema de floresta secundária, sob solo classificado como Latossolo Amarelo (EMBRAPA. CNPS, 1999). As últimas adubações nas áreas da pesquisa tinham ocorrido há mais de dez anos.

A amostragem do solo foi efetuada em mini-trincheiras em cada sítio correspondente aos sistemas de uso estudado, à profundidade de 0-0,2m. Após serem secas ao ar e peneiradas com malha de 2mm de abertura, as amostras compostas do solo, obtidas a partir de quatro amostras simples, foram analisadas no Laboratório de Análises Químicas da Universidade Federal Rural da Amazônia., segundo a metodologia descrita por Embrapa. Cnps (1997). Os teores trocáveis de Ca e Mg foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e determinados por titulometria com EDTA

0,0125 mol L<sup>-1</sup>. O Al trocável extraído foi com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e analisado por titulometria com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. O P disponível e o K trocável foram obtidos com a solução extratora Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) e analisados por colorimetria e fotometria de chamas, respectivamente. H + Al foi extraído com CH<sub>3</sub>COO<sub>2</sub>Ca 0,5 mol L<sup>-1</sup> e determinado por titulometria com solução de NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup> e pH em água na relação 1:2,5 (solo: água). A CTC<sub>pH7</sub> constitui a soma dos cátions obtida na análise química do solo. Os dados foram analisados, distintamente, em amostragens do solo realizadas em fevereiro e outubro/2004, meses de maior e menor precipitação pluvial, respectivamente. Na época, os sistemas utilizados no estudo tinham a seguinte idade: floresta secundária (30 anos), cacau + açaí (14 anos), cacau + pupunha (14 anos), açazeiro (14 anos) e pupunheira (14 anos). A extração de frutos e palmito da área ocorreu a partir de 1994. Os dados climatológicos da área da pesquisa encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Dados climatológicos mensais da Estação Experimental ERJOH – CEPLAC, Marituba (PA), ano 2004.

Meses	TM (°C)	Tm (°C)	T (°C)*	UR (%)*	PP (mm)
Jan	31,5	24,1	26,2	88,0	381,4
Fev	30,5	23,5	26,1	88,0	527,2
Mar	30,9	23,9	26,1	89,0	574,4
Abr	32,2	23,9	26,5	89,0	455,8
Mai	33,0	24,1	26,7	85,0	133,3
Jun	32,2	23,2	26,4	82,0	184,2
Jul	31,8	22,9	26,7	81,0	166,0
Ago	32,3	23,0	26,9	81,0	127,3
Set	33,1	23,2	27,1	80,0	143,7
Out	32,7	23,2	27,2	79,0	142,4
Nov	33,1	23,2	27,0	80,0	104,8
Dez	32,6	23,5	26,6	88,0	233,8
Ano	32,2	23,5	26,6	84,2	3174,3

Fonte: Embrapa Amazônia Oriental / Laboratório de Climatologia.

TM - Temperatura máxima (°C)

Tm - Temperatura mínima (°C)

T\* - Temperatura média (°C)

UR\* - Umidade relativa (%)

T\* - Período: 1987-1999

UR\* - Período: 1987-1999

PP - Precipitação pluviométrica - chuva (mm)

Os tratamentos foram constituídos de maneira a representar combinações zonais entre o cacauzeiro e o açazeiro ou a pupunheira, sob uma variação do modelo “*alley cropping*” tradicional, do qual eliminou-se os tratos rotineiramente dispensados aos plantios de culturas anuais e de cultivos isolados. Tradicionalmente, o cultivo do cacau representa um bom exemplo para a abordagem de SAF. Por ser planta tolerante à sombra, o cacauzeiro pode ser cultivado em associação com espécies arbóreas, com sombreamento definitivo.

Os diferentes sistemas de uso estudados, foram assim especificados:

CA – fila dupla de açazeiro (3,0 x 2,0 m) intercalada com fila tripla de cacauzeiro (2,5 x 2,0m);

CP – fila dupla de pupunheira (3,0 x 2,0m) intercalada com fila tripla de cacauzeiro (2,5 x 2,0m);

A – Açazeiro em monocultivo no espaçamento 3,0 x 1,5m;

P – Pupunheira em monocultivo no espaçamento 3,0 x 1,5m;

FS – Área de Floresta Secundária com mais de 30 anos próxima dos tratamentos estudados;

A floresta secundária foi utilizada como testemunha para comprovar a hipótese de que os SAF proporcionam a preservação do meio ambiente.

Os dados das variáveis obtidos em cada época de amostragem, distintamente, em função dos diferentes sistemas de uso do solo, foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Duncan, em nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Statistical Analysis System – SAS.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, observa-se que na floresta secundária e no sistema agroflorestal formado por cacau + açai, no período chuvoso (fevereiro/2004), a ciclagem de nutrientes mostrou-se mais eficiente, proporcionando valores mais elevados para cálcio trocável, respectivamente, 0,96 e 1,06 cmol/dm<sup>3</sup>, em relação aos outros sistemas, cacau + pupunha (0,59 cmol/dm<sup>3</sup>), açai (0,68 cmol/dm<sup>3</sup>) e pupunha (0,79 cmol/dm<sup>3</sup>), que não diferiram entre si.

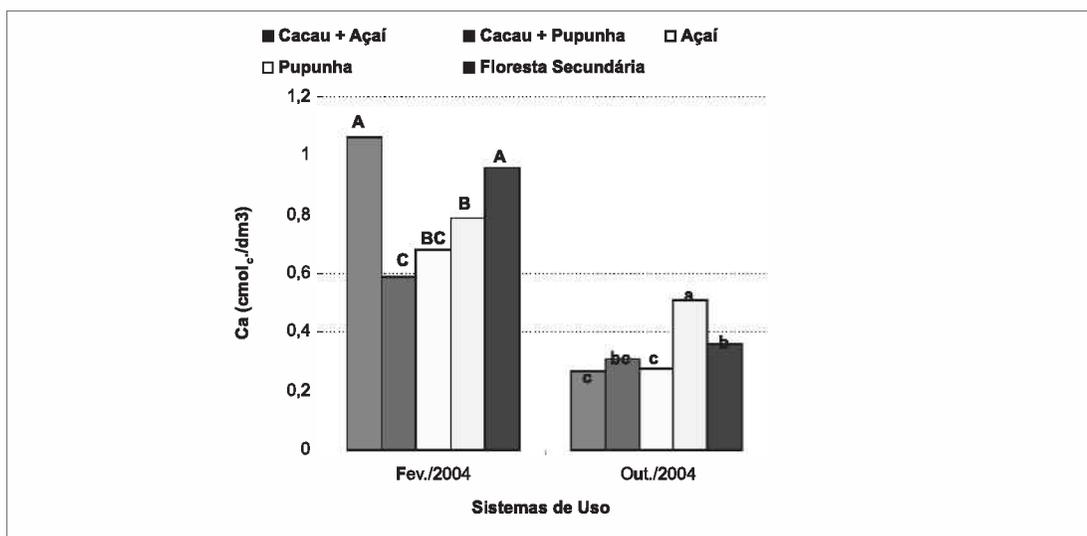


Figura 1 - Médias das concentrações de cálcio, em Latosolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso coletado no mês de fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Quanto aos teores de cálcio trocável do solo coletado em outubro/2004, o valor encontrado no sistema com pupunheira, 0,51  $\text{cmol}_d/\text{dm}^3$ , superou significativamente os demais tratamentos, que obtiveram médias de 0,36  $\text{cmol}_d/\text{dm}^3$  na floresta secundária, 0,31  $\text{cmol}_d/\text{dm}^3$  com cacau + pupunha, 0,28 com o açazeiro e 0,27 com cacau + açai.

De modo geral, os valores de cálcio trocável encontrados no solo, independente da época de amostragem, são classificados como de níveis baixos (SILVA, 2003). Os maiores valores para cálcio trocável encontrados para todos os sistemas de uso no solo coletado em fevereiro, em relação à coleta feita em outubro, provavelmente, deveu-se a maior atividade dos microrganismos na decomposição da matéria

orgânica e na solubilização de compostos minerais que contém cálcio, em função do maior teor de umidade no solo existente no período de maior precipitação pluvial (SANCHEZ; VILLACHICA; BANDY, 1983; BESSHO; BELL, 1992). Em geral, os autores atribuem à formação de fulvatos de Ca, resultantes de um estágio avançado de decomposição do material orgânico, como responsável pela mobilização do Ca, devido à alta estabilidade do complexo orgânico.

No mês de fevereiro/2004, os resultados para magnésio trocável do solo sob diferentes sistemas de uso variaram de 0,54  $\text{cmol}_d/\text{dm}^3$  no sistema com açazeiro, a 0,64  $\text{cmol}_d/\text{dm}^3$  no sistema formado por cacau + açai, sem entretanto, apresentarem diferenças significativas entre si (Figura 2).

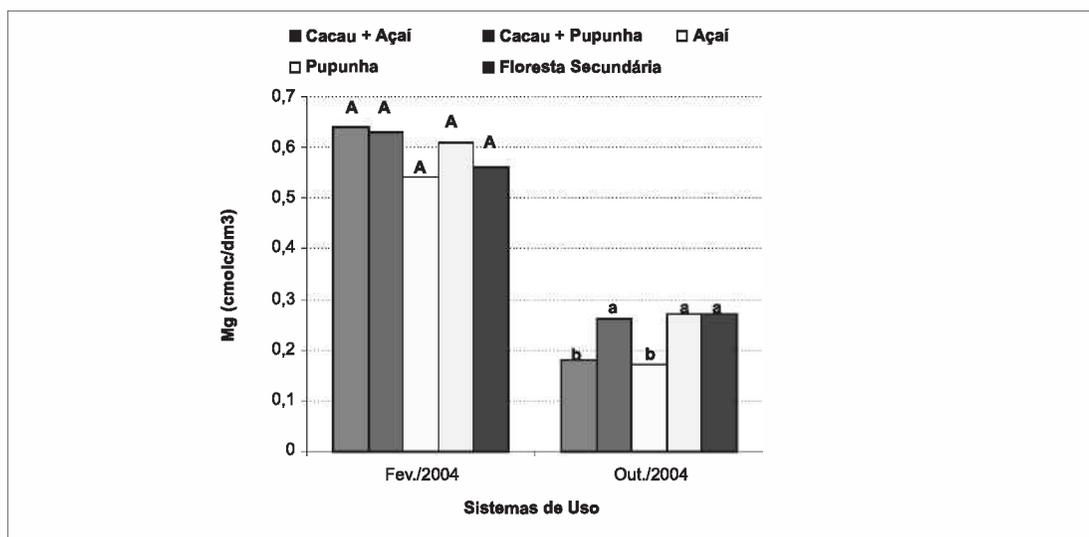


Figura 2 – Médias das concentrações de magnésio, em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso do solo coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais, para cada período de amostragem, isoladamente não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

No mês de outubro, os maiores valores de magnésio (0,26, 0,27 e 0,27 cmol/dm<sup>3</sup>) foram obtidos, respectivamente, com cacau + pupunha, floresta secundária e pupunheira, que não diferiram significativamente entre si, enquanto os menores valores foram apresentados nos sistemas com cacau + açai (0,18 cmol/dm<sup>3</sup>) e com açazeiro (0,17 cmol/dm<sup>3</sup>), que também, não apresentaram diferenças significativas entre si.

Os baixos teores de magnésio no solo, sob sistemas envolvendo o açazeiro, possivelmente, podem ser explicados pela grande absorção do nutriente em razão da característica da planta em ocupar e explorar

maior volume de solo, e a elevada exportação do elemento pela produção de frutos e palmito, quando comparado com a pupunheira, onde a retirada de nutrientes da área de cultivo ocorreu unicamente pela coleta dos frutos. De modo geral, as palmeiras absorvem e exportam pelas colheitas, grandes quantidades de magnésio do solo (MALAVOLTA, 1976).

Observa-se na Figura 3, que no período de estiagem das chuvas houve redução dos teores de potássio do solo, em todos os manejos estudados, quando comparado aos resultados obtidos no solo coletado em época mais chuvosa (fevereiro/2004).

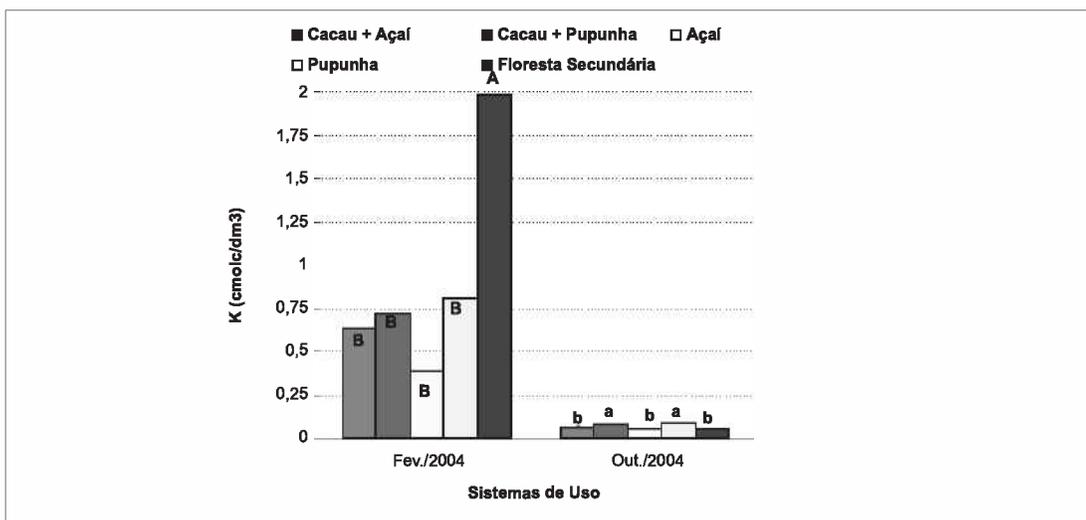


Figura 3 – Médias das concentrações de potássio, em Latosolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

No solo coletado em fevereiro/2004 a maior concentração de K foi encontrada na floresta secundária, com  $1,98 \text{ cmol/dm}^3$ . Os valores obtidos nos sistemas com açazeiro ( $0,39 \text{ cmol/dm}^3$ ), cacau + açai ( $0,63 \text{ cmol/dm}^3$ ), cacau + pupunha ( $0,72 \text{ cmol/dm}^3$ ) e pupunheira ( $0,81 \text{ cmol/dm}^3$ ), não diferiram estatisticamente entre si.

Durante o período chuvoso, é intensificada a ação da microbiota do solo no processo de mineralização, liberando o K contido na matéria orgânica para a solução do solo, o que pode justificar os maiores valores do elemento encontrados na coleta efetuada em fevereiro, para todos os sistemas de uso estudados (MELLO et al., 1985).

As médias de potássio observadas no solo coletado no mês de outubro são classificadas como de nível baixo, enquanto os valores encontrados na coleta de fevereiro, são classificados como de nível alto, segundo Tomé Jr. (1997).

Solos expostos ao cultivo podem até ter, inicialmente, uma grande capacidade de suprimento de K, mas, em cultivos sucessivos, ao longo do tempo, este nutriente é exaurido pelas colheitas, lixiviação e erosão (NOGUEIRA; SILVA; GUIMARÃES, 2001).

A elevada quantidade e diversificação de biomassa e a eficiente ciclagem de nutrientes na floresta secundária, podem explicar a maior concentração do potássio, observada na coleta de fevereiro/2004, em comparação aos outros sistemas. Nestes sistemas manejados, a ocorrência de grande exportação de potássio por ocasião da colheita de frutos e palmitos, em tal período, o que não ocorre na floresta secundária, pode justificar os menores teores do nutriente encontrados no solo.

Centurion, Cardoso e Natale (2001) estudando o manejo do solo em diferentes ecossistemas verificaram que o teor de potássio no solo sob mata secundária, apresentou nível

mais alto, no qual demonstrou diferenças estatísticas em relação aos demais tratamentos, evidenciando que o manejo do solo, independente da cultura utilizada, provocou decréscimo no nível deste nutriente. Portanto, ressalta-se o importante papel da lavagem do dossel pelas chuvas, adicionando ao solo nutrientes como cálcio, magnésio e potássio (SERRÃO; HOMMA, 1982).

Na Figura 4, observa-se que não houve diferenças significativas entre os valores encontrados para Al trocável, que variaram de 1,32 no tratamento formado por açazeiro, a 1,57  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  com cacau+açaí, quando a coleta do solo foi efetuada em fevereiro/2004, embora tenham sido superiores aos encontrados no período mais seco. No solo coletado em outubro/2004, as concentrações de alumínio variaram significativamente, com valores entre 0,92 a 1,37  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ , nos sistemas com pupunheira e cacau+açaí, respectivamente.

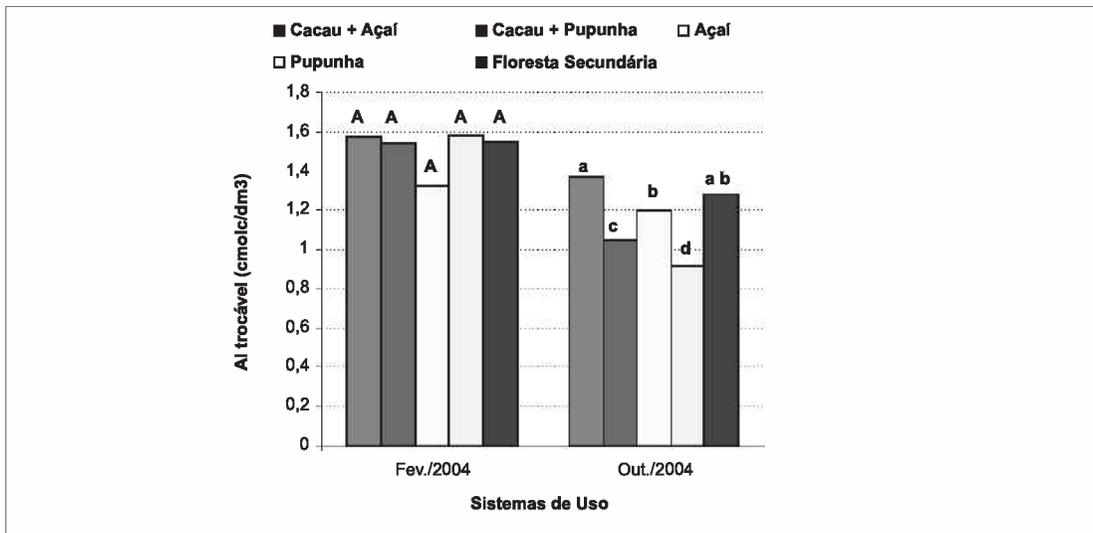


Figura 4 – Médias das concentrações de alumínio, em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso coletado em fevereiro e outubro/2004 Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Segundo Malavolta (1976), a água das chuvas, em grandes quantidades no mês de fevereiro, que percolam através do perfil, remove grandes quantidades de cátions básicos provocando aumento da acidez ativa do solo, com a conseqüente solubilização dos constituintes de Al, liberando  $\text{Al}^{+3}$  em grandes quantidades, que ocuparão as cargas negativas do complexo coloidal, aumentando assim, a concentração de alumínio trocável.

Independentemente do sistema de uso e do período de amostragem, as concentrações de Al encontradas no solo são consideradas de nível tóxico para a maioria das culturas.

A aparente tolerância às concentrações nocivas do alumínio do solo, pelas plantas que compõem os sistemas agroflorestais estudados, pode ser explicado, pela exsudação de ácidos

orgânicos. Postula-se a hipótese da atuação conjunta de mecanismos externos e internos de redução de toxicidade do Al por meio de ácidos orgânicos, onde espécies tolerantes, em uma etapa inicial, para garantir a expansão radicular, ativariam os mecanismos de exclusão do simplasma, e posteriormente, a complexação interna favoreceria o desenvolvimento das raízes laterais, pois o surgimento destas, pode favorecer o rompimento das barreiras de proteção da raiz principal (endoderme), o que colocaria o Al em contato mais íntimo com as

células que estão em processo de divisão e/ou alongação (ZONTA, 2003).

As médias de acidez potencial do Latossolo estudado, coletado em fevereiro/2004, nos diferentes sistemas de uso, são mostradas na Figura 5. Verifica-se que nos sistemas estudados, as médias não apresentaram diferenças significativas, variando de 14,42  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  no sistema formado por cacau + açai, a 14,73  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  no sistema cacau + pupunheira.

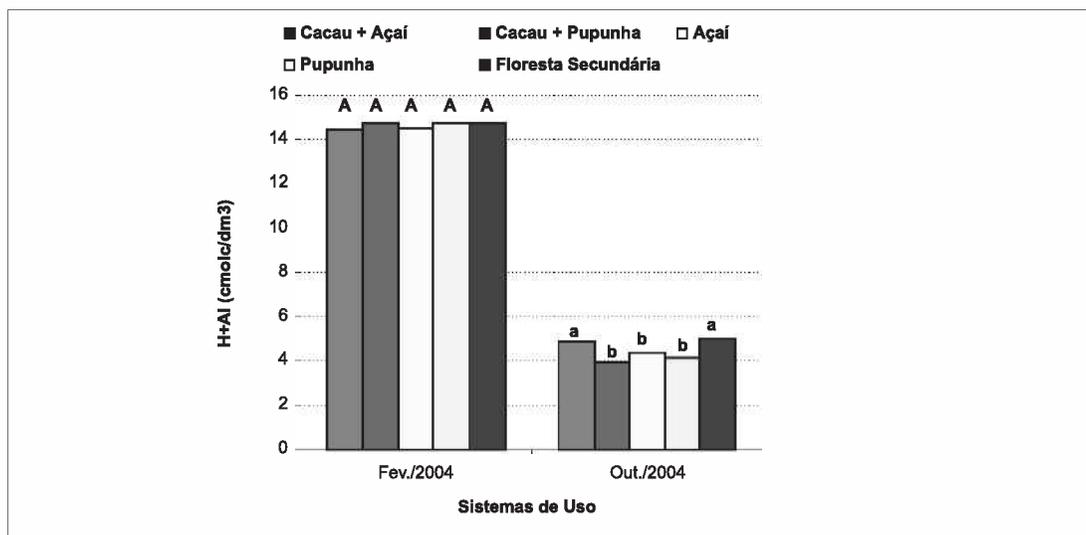


Figura 5 – Médias das concentrações de hidrogênio e alumínio, em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso coletado em fevereiro e outubro/2004 Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

No solo coletado em outubro/2004, os resultados encontrados foram expressivamente inferiores àqueles obtidos na coleta efetuada em fevereiro/2004. Os maiores valores foram obtidos na floresta secundária (4,99  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ), seguida do sistema de uso com cacau+açai (4,85  $\text{cmol}/\text{dm}^3$ ), enquanto nos demais sistemas, as médias variaram de 3,91  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  (cacau + pupunha) a 4,34  $\text{cmol}/\text{dm}^3$  (açai), sem diferenças significativas.

Os maiores valores para acidez potencial do solo coletado em fevereiro/2004, encontrados para todos os sistemas de uso, podem ser explicados por meio da maior atividade microbiana sobre a matéria orgânica, devido às condições favoráveis de umidade, com o conseqüente aumento da dissociação do H ligado por covalência à hidroxila de radicais orgânicos (MALAVOLTA, 1976; MELLO et al., 1985).

Nos dados apresentados na Figura 6, observa-se que os valores de CTC encontrados no solo, na amostragem efetuada em

fevereiro/2004, foram expressivamente superiores aos encontrados no solo coletado em outubro/2004, independente do sistema de uso.

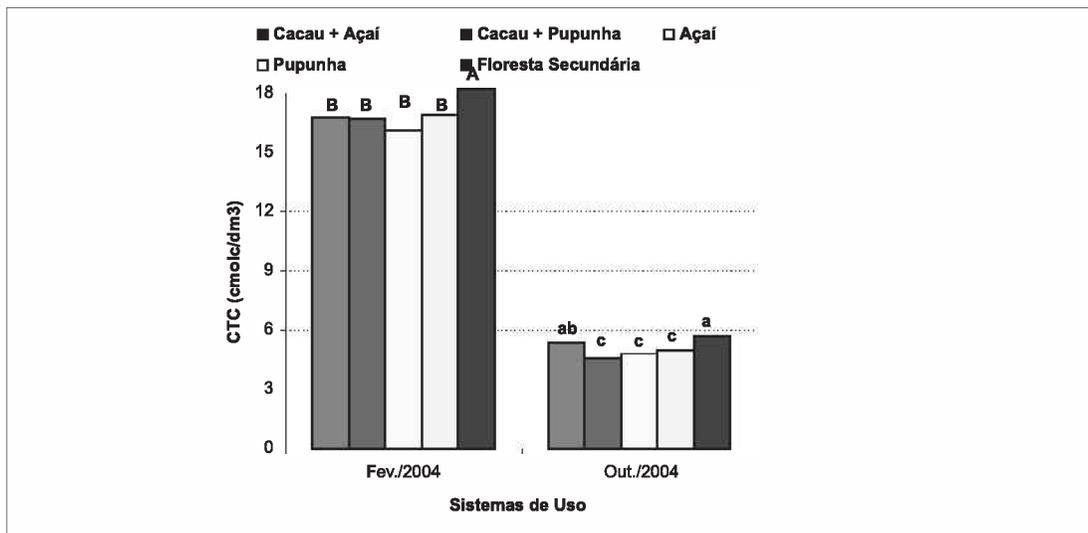


Figura 6 – Médias dos valores de CTC em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará. Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Em fevereiro, a floresta secundária com CTC igual a  $18,14 \text{ cmol/dm}^3$  superou significativamente todos os outros sistemas de uso estudados, que apresentaram valores de  $16,91$ ;  $16,75$ ;  $16,69$  e  $16,07 \text{ cmol/dm}^3$ , respectivamente, para pupunheira, cacau + açaí, cacau + pupunha e açazeiro, sem diferenças significativas entre si.

Para o solo coletado em outubro, a floresta secundária e o cacau + açaí superaram os outros sistemas, com valores respectivos de  $5,67$  e  $5,36 \text{ cmol/dm}^3$ . Os valores de CTC obtidos para os sistemas com cacau + pupunha ( $4,56 \text{ cmol/dm}^3$ ), açazeiro ( $4,85 \text{ cmol/dm}^3$ ) e pupunheira ( $5,00 \text{ cmol/dm}^3$ ), não diferiram entre si. Os valores para CTC encontrados no solo coletado em outubro são classificados como baixos, enquanto que aqueles obtidos na

amostragem de fevereiro são considerados de nível alto, conforme Mello et al. (1985).

Para o parâmetro CTC, a floresta secundária superou os outros sistemas de uso, nos dois períodos de amostragem do solo (Figura 6). Neste ecossistema, mercê dos atributos que lhe conferem sustentabilidade, é mantido um eficiente sistema de reciclagem de nutrientes.

Na floresta, conforme Serrão e Homma (1982), o solo, a biomassa e os detritos (serrapilheira) constituem depósitos com expressivo conteúdo de nutrientes; por outro lado, a chuva, ao cair sobre a vegetação, procede a lavagem de folhas e galhos, transportando nutrientes até o solo.

Simultaneamente, a folhagem e os detritos da floresta caem e se acumulam sobre o solo, formando a matéria orgânica que, por meio do processo de mineralização, libera os constituintes assimiláveis pelas plantas, contribuindo para aumentar a CTC.

Na Figura 7 encontram-se as médias de fósforo do solo em função de diferentes sistemas de uso, em diferentes épocas de amostragem. O maior teor de P ocorreu no sistema cacau + pupunha ( $4,42 \text{ mg/dm}^3$ ),

enquanto o menor foi encontrado na floresta secundária ( $2,28 \text{ mg/dm}^3$ ). Os outros sistemas de manejo alcançaram valores intermediários que não diferiram significativamente entre si. A adoção de sistemas de manejo visando o aumento da matéria orgânica e maior atividade da microbiota do solo, como é o caso do sistema “*alley cropping*” utilizado para a implantação dos SAF com cacau + pupunha, pode reduzir a adsorção do P no solo, aumentando a sua disponibilidade às plantas (HUE, 1991; FERREIRA; KATO; COSTA, 2004)

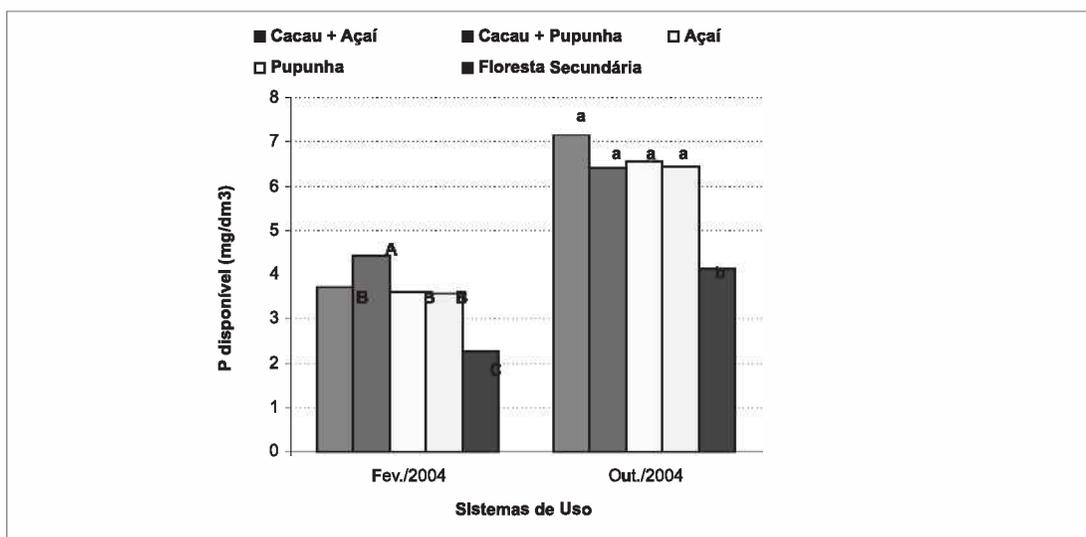


Figura 7 – Médias das concentrações de fósforo, em Latosolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso coletado em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Duncan

Na amostragem efetuada em outubro, em condições desfavoráveis de umidade, os valores para fósforo foram mais elevados, em relação à coleta no período mais chuvoso, variando nos sistemas agroflorestais de  $7,15 \text{ mg/dm}^3$  com cacau + açai, até  $6,41 \text{ mg/dm}^3$  com cacau + pupunha, enquanto na floresta secundária foi obtido o menor valor, de  $4,15 \text{ mg/dm}^3$ .

Vale ressaltar que nas condições de maior umidade do solo, os valores encontrados para fósforo, foram expressivamente menores que aqueles obtidos no mês de outubro, período menos chuvoso. Segundo Nahas (1999), é provável que seja liberada quantidade considerável de fósforo da biomassa microbiana, importante reserva de P-lábil, em consequência da morte da microbiota do solo,

em função do estresse hídrico, o que justificaria a maior disponibilidade do elemento no período menos chuvoso.

De modo geral, os valores encontrados para fósforo disponível são considerados de nível baixo, conforme Raij et al. (1996) e, como anteriormente mencionado, essa condição pode ser motivada pela acidez elevada, favorecendo a fixação do fósforo e provocando a diminuição da disponibilidade deste elemento no solo (LOPES; GOEDERT, 1987; TUCCI, 1991).

Os dados do pH em água, em função dos diferentes sistemas de uso do solo, em amostras coletadas nos meses de fevereiro e outubro/2004 (Figura 8), mostram que no solo coletado em fevereiro, o sistema cacau + açai foi inferior estatisticamente aos demais, proporcionando o menor valor de pH (3,88). Os valores de pH para os sistemas com açai (4,15), cacau+pupunha (4,21), pupunha (4,33) e floresta secundária (4,33), não diferiram entre si.

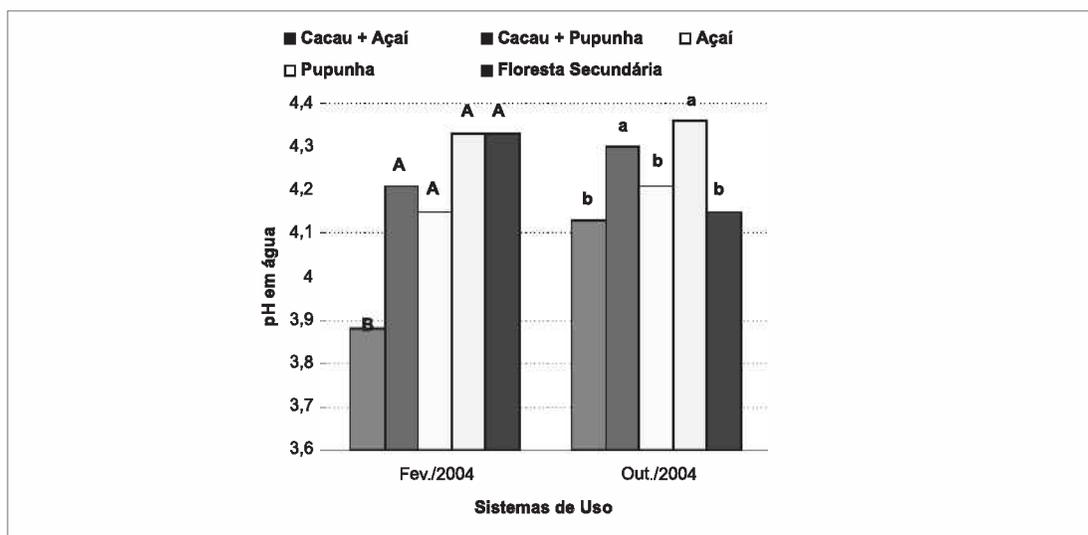


Figura 8 – Média dos valores de pH em água, em Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de uso coletados em fevereiro e outubro/2004, Marituba, Pará.

Médias seguidas de letras iguais para cada período de amostragem, isoladamente, não diferem entre si, ao nível de 5% pelo teste de Duncan

Quanto à coleta realizada no mês de outubro/2004, observa-se que os sistemas formados por cacau+pupunha e pupunha obtiveram valores de 4,30 e 4,36, respectivamente, os quais foram superiores aos demais tratamentos. Nos sistemas com cacau + açai, açai e pupunha, os valores de pH em água variaram de 4,13 a 4,21, sendo essas diferenças não significativas estatisticamente.

De modo geral, os valores de pH em água foram maiores, em termos absolutos, no

solo coletado em outubro, quando comparados aos mesmos valores obtidos em fevereiro/2004. De qualquer modo, os valores encontrados nos dois períodos, são classificados por Raij et al. (1996) e Osaki (1991), como de elevada acidez.

De acordo com Wiethölted (1997), a adição de água acelera o processo de acidificação do solo, não só pela lixiviação de cátions de reação básica ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ), mas também pela intensificação do uso,

promovendo a remoção desses cátions pelas culturas e pela adição de adubos nitrogenados (principalmente amoniacais) que geram H<sup>+</sup>.

As mesmas condições de acidez elevada, com pH variando de 3,4 a 3,8, foram encontradas por Ferreira (2004), em estudos conduzidos com sistemas agroflorestais formados com cacauzeiro e seringueira, no município de Castanhal, Pará.

#### 4 CONCLUSÃO

Os sistemas agroflorestais e os monocultivos estudados, se assemelharam à floresta secundária, quanto à eficiência na ciclagem de nutrientes, com exceção do potássio.

As variáveis estudadas, à exceção do fósforo, sofreram influência positiva da época chuvosa (fevereiro).

#### REFERÊNCIAS

BESSHO, T.; BELL, L. C. Soil solid and solution phase changes and mung bean response during amelioration of aluminum toxicity with organic matter. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.140, n.2, p.183-196, 1992

CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. N. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.2, p.254-258, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Documentos, n. 1).

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Balanço de carbono e biomassa microbiana em solos da Amazônia. In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de (Eds.) *Ecologia microbiana*. Jaguaríuna:Embrapa-CNPMA, 1998. cap. 17, p.423-441.

FERREIRA, C.P. *Atributos físicos-hídricos e químicos do solo em sistemas agrícolas na microrregião de Castanhal, Pará*. 2004. 45 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2004.

\_\_\_\_\_; KATO, O. R.; COSTA, C. A. C. Carbono orgânico, nitrogênio e a razão C/N em solo sob sistemas agroflorestais no nordeste paraense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004, Curitiba. *Anais...* Curitiba:EMBRAPA, 2004. CD-ROM

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; REBOUÇA MACHADO, R. C.; MULLER, M. W. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de cultivo de cacau no sul da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2004, Curitiba. *Anais...* Curitiba:EMBRAPA, 2004. CD-ROM

- HUE, V. N. Effects of organic acids/anions on phosphorus sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. *Soil Sci.*, v. 152, p.463-471, 1991.
- LEITE, J. B. V.; VIRGENS, A. C. Sistemas agroflorestais no sudeste da Bahia: uma revisão conceitual In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. *Anais ...* Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-ROM.
- LOPES, A. S.; GOEDERT, W. Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. In: SEMINÁRIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE FÓSFORO, 1987, São Paulo. *Anais...* São Paulo:IBRAFOS, 1987. p.24-49.
- LUIZÃO, R. C. C. *Variações temporais da biomassa microbiana e aspectos da ciclagem do nitrogênio em solos de floresta natural e de sistemas manejados na Amazônia Central*. 1989. 67f. Dissertação (Mestrado) - PPG INPA/FUA, Manaus, 1989.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo*. 3.ed. São Paulo: Ceres, 1976. 528 p.
- MELLO, F. A. F. et al. *Fertilidade do solo*. 3.ed. Piracicaba, 1985. 400p.
- NAHAS, E. Solubilização microbiana de fosfatos e de outros elementos. In: SIQUEIRA, J. O. et al. (Ed.). *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Lavras: SBCS, 1999. cap. 4, p.467-486.
- NAIR, P. K. R. *An introduction to agroforestry*. Dordrecht: Kluwer Academia Pub., 1993. 499p.
- NEVES, A. D'A. de S.; BARBOSA, R. C. M. *Levantamento detalhado dos solos do campo de introdução de Theobroma na Amazônia*. Ilhéus:CEPLAC, 1983. 30p. (Boletim Técnico, 109)
- NOGUEIRA, F.D.; SILVA, E.B.; GUIMARÃES, P.T.G. *Adubação potássica do cafeeiro: sulfato de potássio*. Washington, DC: SOPIB, 2001. 81 p.
- OSAKI, F. *Calagem e adubação*. Campinas: Instituto Brasileiro de Ensino Agrícola, 1991. 503 p.
- RAIJ, B. van et al. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônomo : Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).
- RODRIGUES, E. R.; SILVA, I.C.; BELTRAME, T.P. Avaliação sócio-econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de área de reserva legal e assentamento de reforma agrária na região do Paranapanema, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.
- SANCHEZ, P. A.; VILLACHICA, J. H.; BANDY, D. E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. *Soil Science Society of America Journal*, v. 47, p.1171-1178, 1983.

SERRÃO, E. A. S.; HOMMA, A. K. O. *Recuperação e melhoramento de pastagens cultivadas em área de floresta Amazônica*. Belém: EMBRAPA.CPATU, 1982. (Boletim Técnico, 17).

SILVA, I. C.. *Viabilidade agroeconômica do cultivo do cacauzeiro (Theobroma cacao, L.) com açaizeiro (Euterpe oleracea, Mart) e com pupunheira (Bactris gasipaes, Kunth) em sistema agroflorestal na Amazônia*. 2000. 143 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SILVA, S. B. e *Análise de solos*. Belém : Universidade Federal Rural da Amazônia, 2003. 152p.

TOMÉ Jr., J. B. *Manual para a interpretação de análise de solo*. Guaíba: Agropecuária, 1997. p 59-87.

TUCCI, C. A. F. *A disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia*. 1991. 142f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa(MG), 1991.

VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T. C. dos. *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Ceres, 1987

WIETHÖLTED, S. Histórico e perspectivas da prática de calagem no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. (CDROM, seção temática 4 - Palestras).

ZONTA, E. *Estudos da tolerância ao alumínio em arroz de sequeiro e seus efeitos sobre a interface solo-planta*. 2003. 139. Seropédica. Rio de Janeiro. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Agronomia, Seropédica, 2003.