

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM**

**PRODUÇÃO E TEOR DE NUTRIENTES DA LITEIRA FINA  
DE CAPOEIRAS EM TERRA PRETA DE ÍNDIO E SOLOS  
ADJACENTES**

Gyovanni Augusto Aguiar Ribeiro

Dissertação apresentada ao Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais. Convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

**Manaus - AM**  
**2006**

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM**

**PRODUÇÃO E TEOR DE NUTRIENTES DA LITEIRA FINA  
DE CAPOEIRAS EM TERRA PRETA DE ÍNDIO E SOLOS  
ADJACENTES**

Giovanni Augusto Aguiar Ribeiro

Orientador: Dr Flávio Luizão

Dissertação apresentada ao Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus – AM  
2006

Ribeiro, Gyovanni Augusto Aguiar

Produção e teor de nutrientes da liteira fina de capoeiras em Terra Preta de Índio e solos adjacentes / Gyovanni Augusto Aguiar Ribeiro. -- 2006.

98 f. :il.

Dissertação (mestrado) -- INPA/UFAM, 2006.

1. Liteira fina; 2 Terra Preta de Índio; 3 Fertilidade do solo; 4 Matéria orgânica

### **Sinopse**

Foram estudadas a produção e o teor de nutrientes da liteira fina de capoeiras com aproximadamente 25 anos de idade, em quatro sítios de solos antrópicos denominados de Terra Preta de Índio e Terra Mulata e em Latossolos Amarelos. Em cada tipo de solo foram instaladas parcelas de 20 x 80 m e distribuídos 12 coletores ao acaso, onde se realizou coletas quinzenalmente por um período de um ano. As maiores produções de liteira foram verificadas nas capoeiras sobre Terra Preta de Índio e Terra Mulata, que apresentou o maior teor de C, P, Ca, Mg e micronutrientes. O maior  $k_L$  foi verificado nas parcelas de solos de origem antrópica. Houve relação significativa entre nutrientes dos solos e da liteira fina, principalmente na camada superficial.

## Agradecimentos

Agradeço ao nosso Deus pela força e saúde que tive para enfrentar esta jornada.

Aos meus pais, por toda força e ensinamento em especial a minha querida mãe, que tanta força deu a mim e sempre me apoiou em seu infinito amor.

Aos meus irmãos pelo carinho e força que sempre me deram, mesmo distante geograficamente, mas preso pela fraternidade, e saber como é bom regressar e se sentir querido.

Ao amigo e professor Eduardo Lima pelo exemplo de pessoa e por ter me iniciado pelo mundo da pesquisa com meu primeiro Trabalho.

Aos meus amigos Luiz Antonio, Washington, Mirio, Formiga que me deram muito apoio na minha vinda para Manaus.

Aos amigos Juliana e Carlos (*namaridos*) por tudo que fizeram por mim desde a chegada.

Aos colegas de mestrado que assim como eu acreditaram no curso de Agricultura no Trópico Úmido e INPA...

Aos meus amigos do tempo de república, Domingos, Jorge, Adeilson o meu muito obrigado pela amizade.

Ao pessoal do LBA, logística o meu reconhecimento a vocês pelo apoio às incontáveis excursões.

As pessoas que contribuíram diretamente para realização deste trabalho abrindo as portas de suas propriedades para a pesquisa: Dona Francisca, Seu Clécio, Seu Aristides, Seu José Ricardo e ao amigo Charles Osawa o meu muito obrigado pelo apoio integral ao nosso estudo.

Aos meninos de campo, Jesus, Fábio, Pedro, Ricardo valeu galera sem vocês teria sido muito mais difícil.

Aos meninos da liteira, Pedro, André, Marcelo e Kayton, o meu obrigado pela paciência que tiveram em triar tanta liteira, que parecia não ter mais fim...

A todos no laboratório, Edvaldo, Orlando, pelo apoio técnico nas horas de maior precisão.

A FAPEAM pela bolsa.

Ao meu orientador Dr Flávio Luizão que me deixou seguir, me deu todo apoio e muita compreensão para que eu fizesse o meu trabalho, o meu muito obrigado.

Em especial ao carinho de minha família, Pedro, Guilherme, Henrique e a minha mulher, Fernanda, que foi tudo pra mim neste mestrado, motorista, mateira, conselheira, co-orientadora, química e técnica do laboratório, suportou minha "chatice" e nunca deixou de me dar muito carinho e amor: a você "Pillilica" o meu muito obrigado, apaixonado.

*A minha família, com  
amor, dedico.*

## ÍNDICE

<b>Lista de Figuras .....</b>	<b>viii</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>x</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>xii</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 - OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1 - Objetivo geral .....	16
2.2 - Objetivos específicos .....	16
<b>3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>17</b>
3.1 - Solos da Amazônia .....	17
3.2 - Terras Pretas de Índio .....	19
3.3 - Capoeiras.....	23
3.4 - Matéria orgânica .....	26
3.5 - Liteira .....	28
<b>4 - MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>32</b>
4.1 - Áreas de estudo.....	32
Clima.....	33
Solos.....	33
Vegetação.....	34
Topografia.....	34
4.2 - Delineamento Experimental.....	35
4.3 - Coleta de solo .....	35
4.4 - Coleta da liteira fina.....	36
Produção de liteira fina .....	37
Camada de liteira sobre o solo.....	37
4.5- Análises Químicas .....	38
Solos.....	38
Liteira .....	39
4.6 - Análises Estatísticas .....	40
<b>5 - RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
5.1 – Propriedades químicas do solo .....	41

pH, Alumínio trocável .....	41
Carbono orgânico, nitrogênio e relação C/N do solo.....	43
Fósforo disponível .....	46
Soma de bases no solo .....	49
Micronutrientes.....	50
5.2 - Produção de liteira fina .....	52
Camada de liteira e determinação do Coeficiente de decomposição ( $k_L$ ).....	56
5.3 - Entrada anual de C e macronutrientes via liteira fina no solo.....	57
5.4 - Conteúdo de nutrientes da liteira fina.....	58
Carbono, Nitrogênio, relação C/N.....	58
Fósforo.....	60
5.5 Bases na liteira fina (fração foliar).....	62
Cálcio .....	62
Magnésio.....	63
Potássio e Sódio .....	64
5.6 Micronutrientes .....	67
5.7 - Relação entre os teores de macronutrientes do solo e da liteira fina.....	68
Relação N total do solo com N da fração foliar da liteira fina.....	68
Relação P disponível do solo e da liteira.....	70
Relação entre os teores de K do solo e da fração foliar da liteira .....	71
Relação entre o teor de Ca do solo e o teor de Ca da fração foliar da liteira.....	72
Relação Mg do solo com Mg da fração foliar da liteira.....	74
<b>6 – DISCUSSÃO.....</b>	<b>76</b>
6.1 – Solos .....	76
6.2 –Produção de liteira e entrada de nutrientes.....	78
Carbono e nutrientes da liteira.....	79
Entrada de carbono e nutrientes via liteira .....	80
6.3 – Camada de liteira depositada sobre o solo .....	82
6.4 – Coeficiente de decomposição da liteira .....	82
6.5 – Relação entre nutrientes da liteira fina e do solo .....	83
<b>7 – CONCLUSÕES.....</b>	<b>85</b>
<b>8 - ANEXOS .....</b>	<b>86</b>
<b>9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>

## Lista de Figuras

Figura 1: Imagem com a provável localização dos quatro sítios em estudo, Encontro das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP). .....	33
Figura 2: Topografia representativa das áreas, de ocorrência de TP. Município de Iranduba. Adaptado de Lima <i>et al.</i> (2002).....	35
Figura 3: Coletor de liteira fina, em malha de nylon 1 mm, nas dimensões 0,5 m x 0,5 m. ....	36
Figura 4: Esquema de distribuição dos coletores nas parcelas de Latossolos Terra Mulata e Terra Preta. ....	38
Figura 5: Valores de pH em água para os Tratamentos em Latossolo Amarelo (LA), Terra Mulata (TM) e Terra Preta (TP) nas profundidades 0 a 10 cm, 10-20 cm e 20 a 30 cm...42	42
Figura 6: Teores de Al trocável ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ solo) para os Tratamentos em Latossolo Amarelo (LA), Terra Mulata (TM) e Terra Preta (TP) nas profundidades 0 a 10 cm, 10-20 cm e 20 a 30 cm.....	42
Figura 7: Concentrações de C orgânico (%) nos Tratamentos LA, TM e TP nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm. ....	44
Figura 8: Concentração de N (%) nos Tratamentos LA, TM e TP nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.....	44
Figura 9: Relação entre os teores de C e N (%) em solos sob capoeiras na camada 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm para os Tratamentos Latossolo Amarelo (LA), Terra Mulata (TM) e Terra Preta (TP). ....	46
Figura 10: Teores de P disponível (transformados em Log na base 10), nos Tratamentos LA, TM e TP nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, para os quatro sítios de estudo. ....	47
Figura 11: Relação entre teores de C (%) e de P disponível ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), em solos sob capoeiras nas camadas 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm para os Tratamentos LA, TM e TP.....	48
Figura 12: Teor de Soma de Bases ( $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de solo) nos Tratamentos LA, TM e TP nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm para os quatro sítios do estudo. ....	49
Figura 13: Percentual das frações (folhosa, lenhosa, reprodutiva e residual) da liteira fina produzida em capoeiras sobre Latossolo Amarelo (LA), Terra Mulata (TM) e Terra Preta (TP), nos quatro sítios do estudo.....	53
Figura 14: Valores médios mensais de produção de liteira fina ( $\text{g m}^{-2}$ ) nas parcelas em TP, TM e LA para os quatro sítios do estudo (n=12) e valores mensais de chuvas (mm). ....	55
Figura 15: Teor de C nas folhas de liteira fina (%) nos Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP). ....	60
Figura 16: Teor de N nas folhas de liteira fina (%) nos Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP). ....	60
Figura 17: Teor de P em $\text{g kg}^{-1}$ de folhas, para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo. Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP) (n=12).....	61
Figura 18: Teor de Ca em $\text{g kg}^{-1}$ de liteira (fração foliar), para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP).....	63



Figura 19: Teor de Mg em $\text{g kg}^{-1}$ de folhas, para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP). .....	64
Figura 20: Teor de K em $\text{g kg}^{-1}$ de folhas, para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP). .....	65
Figura 21: Teor de Na em $\text{g kg}^{-1}$ de folhas, para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo: Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP). .....	66
Figura 22: Relação entre o conteúdo de N (%) no solo e o conteúdo de N (%) nas folhas de liteira dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.....	69
Figura 23: Relação entre o conteúdo de P disponível do solo e o conteúdo de P da liteira (folhas) dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.....	71
Figura 24: Relação entre o conteúdo de K no solo e o conteúdo de K da liteira (fração foliar) dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.....	72
Figura 25: Relação entre o conteúdo de Ca do solo e o conteúdo de Ca na fração foliar dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm. ....	73
Figura 26: Relação entre o conteúdo de Mg no solo e o conteúdo de Mg na fração foliar da liteira do coletor dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm. ....	75

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Valores médios (n=5) de pH e dos teores de Al trocável para os Tratamentos em LA, TM e TP, em três diferentes profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm. ....	42
Tabela 2: Teores médios (n=5) de C, N e relação C/N do solo para os Tratamentos em LA, TM e TP nas diferentes profundidades.....	45
Tabela 3: Valores médios (n=5) de P, K e Ca+Mg para os Tratamentos LA, TM, TP nas diferentes profundidades nos quatro sítios do estudo.....	50
Tabela 4: Teores médios (n=5) de Cu, Fe, Mn e Zn em mg kg <sup>-1</sup> de solo nas parcelas em LA, TM e TP sob capoeiras para cada um dos sítios do estudo .....	51
Tabela 5: Produção de cada componente (folhas, lenhoso, reprodutivo, resíduo) (g m <sup>-2</sup> ) e produção anual da liteira fina (Mg ha <sup>-1</sup> ) para cada parcela do estudo.....	52
Tabela 6: Produção de liteira fina para as estações chuvosa e seca (2005); Produção total, camada média de liteira do solo e coeficiente de decomposição (k <sub>L</sub> ) nos quatro sítios de estudo. ....	56
Tabela 7: Quantidades anuais de C orgânico (Mg ha <sup>-1</sup> ) e macronutrientes (kg ha <sup>-1</sup> ) adicionados aos solos pela liteira fina das capoeiras, nos quatro sítios de estudo. ....	58
Tabela 8: Teores médios de C orgânico e N total (%) relação C/N (n=3) e teor médio de P (g kg <sup>-1</sup> ) (n=4) do material foliar da liteira fina de capoeiras nos Tratamentos LA, TM e TP, para os quatro sítios de estudo.....	62
Tabela 9: Teores médios de Ca, Mg, K e Na da liteira fina (fração foliar), nos Tratamentos LA, TM e TP em todas as áreas (n=12).....	66
Tabela 10: Teores médios de Cu, Fe, Mn e Zn da liteira fina, fração foliar, (n=12) de capoeiras nos Tratamentos em LA, TM e TP em todos os sítios do estudo.....	68
Tabela 11: Produção anual de liteira fina e entrada de nutrientes para diferentes estudos em florestas primárias e capoeiras tropicais. ....	81

## Resumo

As Terras Pretas de Índio (TP) são manchas de solos encontradas em toda bacia amazônica, sua origem está relacionada à deposição, por longos períodos, de resíduos produzidos pelas atividades de populações pré-colombianas nestas áreas, que no passado foram antigas aldeias indígenas. Estes solos de origem antrópica são ricos em macronutrientes como (P, Ca, Mg) e micronutrientes (Cu, Mn e Zn) e, devido à sua fertilidade têm grande importância local para a produção de alimentos por pequenos produtores, que praticam uma agricultura em escala familiar. Juntamente com as TP são encontradas as Terras Mulatas (TM), uma transição entre as TP e os solos adjacentes de origem mineral, geralmente classificados como Latossolos Amarelos (LA). Com o objetivo de conhecer às características químicas destes solos, e de entender melhor a dinâmica da liteira fina de capoeiras com 20 anos de idade, sobre esses solos antrópicos (TP e TM) e em solos adjacentes, foram instaladas parcelas de 20 x 80 m em TP, TM e LA em quatro sítios: Encontro das águas (EA), em Manaus, Lago Grande (LG) em Iranduba, Rio Preto (RP) e Rio Urubu (RU) em Rio Preto da Eva. As coletas de liteira fina foram realizadas a cada 15 dias durante o ano de 2005 e a camada de liteira sobre o solo foi medida com intervalos de 3 meses. Na estação seca, foi realizada a coleta dos solos com a finalidade de caracterizar quimicamente os mesmos. A liteira coletada foi triada, levada à estufa a 65° C por 72 horas, pesada e moída. O solo e a liteira fina foram analisados quimicamente para determinação de macro e micronutrientes. Os resultados comprovaram um maior teor de nutrientes nos solos antrópicos quando comparados aos LA adjacentes, principalmente para P, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn. Os maiores teores de Al trocável, H+ Al e Fe foram verificados no LA adjacente. Houve maior produção de liteira fina nos meses da estação seca e as maiores produções anuais ocorreram nas capoeiras sobre TP e TM, com exceção do sítio EA. A liteira fina produzida dos solos antrópicos apresentou os maiores teores de N, P, Ca, Mg Cu e Mn. A decomposição mais acelerada da liteira (maiores coeficientes de decomposição -  $k_L$ ) foram verificadas nos Tratamentos em TP e TM. Para P, K, Ca, Mg foi verificada relações significativas entre os nutrientes da camada superficial do solo e nutrientes da liteira fina das parcelas de TP e TM não havendo significância para o nitrogênio.

## Abstract

The Amazonian Dark Earths (ADE) are stains of soils found in the so hole Amazon basin, mainly at the margins of the large rivers. They were likely originated the deposition for long periods of organic residues produced by the activities of pre-Columbian populations, living in old indigenous groupings, and production such anthropic soils, locally called "Terra Preta de Índio". These soils are rich in nutrients (P, Ca, Mg and micronutrients) and, due to their fertility, are of great local importance, for small-holders agricultural production. Together with ADE generally occurs the Terra Mulata (TM), a transition between ADE and the adjacent soils of mineral origin, usually classified as Yellow Latosols (LA) (Oxisols). To study the dynamics of the fine litter in second growth (capoeiras) in 20 year-old on anthropogenic soils repeated plots in ADE, TM and LA measuring of 20 x 80 m were installed at four different locations: Manaus, Iranduba Rio Preto da Eva and Rio Urubu (All in Central Amazon). Fine litter fall was sampled every two weeks during the year of 2005, and the litter layer on soil surface at 3 – month intervals. In the dry season a soil sampling (0-30 cm) was made for characterizing chemically the soil upper layers. Fine litter was sorted into components oven-dried at 65° during 72 hours, weighed and grinded. Soil and litter were analyzed at Thematic Laboratory for Soils and Plants, at INPA, where they determined macro and micronutrients. The results confirmed larger concentrations of nutrients in the anthropogenic soils when compared to LA, mainly for P, Ca, Mg, Cu, Mn and Zn. Exchangeable Al, H+ Al and Fe largest concentrations were found in the adjacent LA. The largest fine litter productions were found for the "capoeiras" in ADE and TM, except for the site located in Manaus. All "capoeiras" presented larger fine litter production during the dry season. The largest coefficient of decomposition for the litter layer ( $k_L$ ) was shown at the plots in ADE and TM. There were positive relationships among nutrients in the soil and nutrients in the fine litter for the upper soil layer (0-10 cm) mainly at the anthropogenic soils.

## 1 - INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial nas últimas décadas tem trazido um grande desafio para a humanidade que é a oferta de alimentos para uma população crescente, com diminuição de áreas cultiváveis (Silva & Resck, 1997). Em função disso, biomas que deveriam ser preservados, melhor estudados e trabalhados de forma mais coerente, como os Cerrados e a Floresta Amazônica, têm sofrido grandes impactos por parte de agricultores e pecuaristas (Vargas & Hungria 1997; Fearnside, 2003). Atividades humanas, como desmatamento e a emissão de gases na atmosfera a partir do uso de combustíveis fósseis, têm causado mudanças no clima do planeta (Houghton, 1995), destruição da camada de ozônio, aumento do efeito estufa, aumento da temperatura global, cada vez mais tem prejudicado a produção agrícola de muitos países (Fearnside, 1992).

Estudos recentes têm mostrado que as florestas tropicais úmidas são de extrema importância na estocagem e no ciclo global do carbono, devido à sua extensão, contendo em sua biomassa cerca de 40% de todo o carbono terrestre (Phillips *et al.*, 1998). Contudo, grandes extensões da floresta amazônica continuam sendo derrubadas e queimadas no Brasil, em áreas superiores a 20.000 km<sup>2</sup> por ano (INPE, 2003). Devido às formas incorretas de exploração e ao mau uso do solo, áreas de floresta primária têm sido derrubadas e logo abandonadas, contribuindo para a emissão de gases para a atmosfera, principalmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Com o passar dos anos estas áreas são naturalmente revegetadas formando “capoeiras” (sucessões secundárias naturais) que são sistemas bastante comuns na Amazônia brasileira (Dubois *et al.*, 1996). O estudo destas áreas de capoeiras, que ainda são sistemas pouco conhecidos, tem se tornado de fundamental importância para a proteção da floresta primária e a recuperação das áreas abandonadas, de tal forma que as capoeiras tornem-se novamente produtivas, fornecendo alimentos e/ou serviços ambientais, entre os quais se inclui a estocagem de carbono.

Apesar da exuberante vegetação a maioria dos solos amazônicos de Terra Firme apresentam baixa fertilidade natural, sendo pouco indicados para uso agrícola, no entanto existem manchas de solos denominadas de Terras Pretas de Índio (TP), que são altamente férteis e ocorrem em toda a bacia amazônica em áreas recobertas por florestas secundárias (Kern *et al.*, 2003). As TP de índio são

caracterizadas pela presença de horizonte A antrópico, originado pelas atividades de populações pré-Colombianas, que, de forma intencional ou não, originaram manchas de solos altamente férteis e com altos teores de matéria orgânica (Ranzani 1982; Chauvel *et al.*, 1987; Glaser *et al.*, 2002; Woods, 2003). Juntamente com a TP, em áreas adjacentes são encontradas as Terras Mulatas, que também são solos de origem antrópica que apresentam características similares as TP, no entanto os teores de nutrientes, matéria orgânica e a presença de cerâmica indígena são menores do que ocorrem em TP.

As TP são solos com características diferenciadas da maioria dos solos da Amazônia, por apresentarem boa fertilidade, altos valores de pH, elevado teor de fósforo, cálcio, magnésio e micronutrientes e alto teor de matéria orgânica (Lima *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003). Quanto ao seu dimensionamento, as áreas de TP possuem tamanhos muito variáveis que vão desde pequenas manchas menores do que 1 ha até manchas maiores de 100 ha (Kern *et al.*, 2003). Apesar de serem consideradas apenas manchas, as áreas de TP, possuem grande importância para a agricultura regional, uma vez que os produtores da região reconhecem sua grande capacidade em produzir alimentos e as utilizam de modo intensivo e aparentemente sustentável (Hiraoca *et al.*, 2003).

A ampliação do conhecimento e um eventual aumento das áreas cobertas por TP e/ou TM (por métodos apropriados de manejo como o enriquecimento de capoeiras através do uso de resíduos orgânicos), além de permitir um aumento na quantidade e qualidade de alimentos produzidos na região (Clement *et al.*, 2003) teria duas grandes vantagens ambientais: (i) diminuir a pressão pela derrubada de novas áreas de florestas primárias, destinadas a cultivos agrícolas; (ii) contribuir para uma considerável estocagem de carbono no solo, a longo prazo (Glaser *et al.*, 2003).

Apesar de recentes pesquisas desenvolvidas em áreas com TP (Lima *et al.*, 2002; Glaser *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003) pouco ainda se sabe sobre aspectos funcionais destes solos e a dinâmica da matéria orgânica (MO) nestas áreas. Da mesma forma pouco se sabe sobre os mecanismos (e organismos) que levam à formação das manchas de TP, que apresentam forte humificação da MO, em oposição à rápida mineralização da MO, que predomina no solo sob florestas tropicais. Igualmente, não se conhecem estudos sobre a dinâmica da produção e deposição de liteira produzidas pelas capoeiras das TP o que poderia contribuir

para o entendimento dos processos de formação das mesmas e ajudar a desenvolver tecnologias capazes de originar um solo com tais qualidades, o que traria inúmeros benefícios para a produção de alimentos da região.

Devido à importância destas áreas para a região o presente estudo busca avaliar a fertilidade dos solos de TP, TM e Latossolos adjacentes, verificar a qualidade química da liteira fina produzida em capoeiras sobre estes solos e as interações da liteira fina com a manutenção ou melhoria da fertilidade química destes solos, contribuindo para o entendimento dos processos que envolvem, as capoeiras, a liteira e a matéria orgânica em áreas de solos antrópicos.

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - Objetivo geral**

Estudar a dinâmica da liteira fina de capoeiras sobre áreas de Terra Preta de Índio (TP), Terra Mulata (TM) e Latossolos Amarelos adjacentes (LA), relacionando o conteúdo químico da liteira fina produzida pelas capoeiras com as características químicas dos solos.

### **2.2 - Objetivos específicos**

- 1 - Determinar a fertilidade das TP, TM e LA adjacente;
- 2 - Quantificar a liteira fina produzida por capoeiras em TP e áreas adjacentes (TM e LA) ao longo de um ano;
- 3 - Determinar a qualidade química da liteira fina e liteira de solo produzida por capoeiras em Terra Preta de Índio e solos de áreas adjacentes (Terra Mulata e Latossolo Amarelo);
- 4 - Estimar o estoque médio anual de liteira fina e entrada de nutrientes;
- 5 - Determinar o coeficiente de decomposição ( $k_L$ ) da camada de liteira do solo.
- 6 - Relacionar os teores de nutrientes da liteira fina com os teores de nutrientes verificados em TP, TM e LA.



### 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 - Solos da Amazônia

A Bacia Amazônica é comumente dividida em duas áreas distintas: terra firme, de formações terciárias, que ocupa 90% das áreas de floresta; e a planície de inundação, denominada de várzea, com terreno do quaternário recente e litologia formada no Arqueano até o Holoceno dando origem ao material que forma todos os solos da região (Rodrigues, 1996; Sombroek, 2000). Atualmente sabe-se que a floresta de terra firme se mantém graças a uma ciclagem de nutrientes altamente eficiente e que também há contribuições por parte das águas das chuvas, possivelmente pela adição de nutrientes vindos de lugares distantes, mas a maior fonte de nutrientes que mantém a floresta primária é originário da decomposição da liteira depositada pela própria floresta (Vitousek, 1984; Luizão & Schubart, 1987).

Os solos de terra firme, geralmente cobertos por uma floresta exuberante, apresentam boas características físicas, mas geralmente têm baixa fertilidade química natural, por serem solos bastante intemperizados e lixiviados (Sioli, 1991). O empobrecimento destes solos se dá principalmente em função da perda da matéria orgânica destas áreas devido ao tipo de exploração que ocorre, iniciando-se com a derrubada, seguida da queima da floresta e introdução de culturas anuais ou pastagens (Fearnside 1996).

Entre os principais solos da região amazônica estão os Latossolos distróficos e álicos, que ocupam aproximadamente 40% da Amazônia e os Argissolos distróficos (Anteriormente classificados como Podzólicos) com 29% seguidos de Plintossolos com 7,5%. Estes números reforçam ainda mais a tese de que os solos da Amazônia são geralmente pobres, uma vez que estas três classes de solos ocupam cerca de 77% de sua área (Rodrigues 1996; Schroth *et al.*, 1998).

Os Latossolos compreendem solos constituídos por material mineral, profundos, com pouca diferenciação entre horizontes, altamente intemperizados e lixiviados e não possuem minerais primários. Possuem baixa Capacidade de Troca Catiônica (CTC), inferior a  $13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de argila; são desenvolvidos a

partir de material de origem quimicamente pobre. Suas cores variam de brunas à vermelhas escuras. Os Latossolos distróficos álicos, representam cerca de 95% dos Latossolos da Amazônia, apresentando pH entre 3,3 e 6,6, sendo comumente caracterizados como extremamente a moderadamente ácidos (Rodrigues, 1996; EMBRAPA, 1999). Os valores de carbono orgânico variam entre 0,78 e 3,52 Dag Kg de solo nas camadas superiores e diminuem em profundidade Moraes *et al.* (1995) citados por Cerri *et al.* (1996).

A matéria orgânica, composta principalmente pela liteira, representa a principal fonte de nutrientes dos Latossolos e é a maior responsável pela CTC nas camadas superficiais, onde predominam as raízes (Marques *et al.*, 2004). Na maioria dos Latossolos a soma de bases (SB), é muito baixa com valores entre 0,10 a 3,4  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de solo. O cálcio é o cátion com maior contribuição para a soma de bases e o de menor contribuição é o sódio (Ranzani, 1980). A CTC nos Latossolos varia de 2,1 a 12,4  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  a percentagem de saturação de bases na maioria dos solos é inferior a 50% sendo por isso caracterizados como distróficos, ao mesmo tempo em que o teor de saturação pelo alumínio é maior que 50%, os caracterizando como álicos (Rodrigues, 1996). A composição mineralógica da fração argila consiste principalmente em caulinita, óxidos de ferro, quartzo, gibsita e mica (Santos, 1993, citado por Rodrigues, 1996). Os teores de ferro total estão entre 2,2 a 31,3  $\text{mg dm}^{-3}$  de solo nos Latossolos mais argilosos. A presença de ferro é o principal responsável pela coloração dos Latossolos da Amazônia, na forma de hematita, que lhes dá uma coloração vermelha (Latosolos Vermelhos) e na forma de goetita na coloração amarela (Latosolos Amarelos). Os teores de fósforo disponível são extremamente baixos em sua maioria em torno de 1  $\text{mg dm}^{-3}$  de solo, muito abaixo do nível crítico para o desenvolvimento de qualquer sistema, seja ele natural (florestas primárias e secundárias) ou ainda de exploração agropecuária (Ranzani, 1980; Chauvel *et al.*, 1987. Os Argissolos (antigos Podzólicos), compreendem a segunda maior classe de solos presentes na Amazônia, sendo constituídos por material mineral que tem como características diferenciais argilas de atividade baixa e horizonte B textural. Geralmente são originários a partir de rochas ácidas e sedimentos do Quaternário, que dão origem a solos ácidos e distróficos. O pH deste solo varia de 3,6 a 6,1, de extremamente a moderadamente ácidos; a soma de bases (SB) de 0,2 a 29,0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de solo, com teores mais elevados na superfície; e a

saturação de bases (V%), varia de 6 a 93% para os Argissolos da Amazônia (Rodrigues, 1996; EMBRAPA, 1999).

Os Plintossolos são solos minerais formados sob condições de restrição à percolação de água, sujeito a efeitos temporários de excesso de umidade, em geral mal drenados, caracterizados por apresentar expressiva plintização com ou sem petroplintita ou horizonte litoplíntico sob condições de que não satisfaçam as condições para se enquadrarem em outras classes de solos (EMBRAPA, 1999). São solos distróficos, mas podem ocorrer solos eutróficos. O pH está em torno de 4,6 a 5,2 com reações fortemente ácidas; a CTC varia de 1,8 a 25,8  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  de solo, devido a forte presença de alumínio e hidrogênio. A saturação de bases (V%) apresenta valores na ordem de 0,2 a 13  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e 14 a 72%. A saturação por alumínio nos Plintossolos é elevada, da ordem de 92%, o que os caracteriza como álicos; os teores de fósforo são muito baixos.

Outros solos também estão presentes na planície amazônica, como Gleissolos, Litossolos, Cambissolos e outros em menor percentual, no entanto a maioria se caracteriza como solos bastantes intemperizados, lixiviados devido ao intenso regime pluviométrico, apresentando algumas exceções como às áreas de várzeas e as Terras Pretas de Índio (TP) que apresentam alta fertilidade natural.

As áreas de várzeas dos rios são altamente férteis em função dos sedimentos trazidos anualmente dos Andes e depositados, nas épocas de inundação, pelas águas do Rio Solimões (Alfaia *et al.*, 1993). As TP são férteis devido à deposição de resíduos por longos períodos sobre solos quimicamente pobres, como os Latossolos através das atividades de populações pré-colombianas (Lima *et al.*, 2002; Glaser *et al.*, 2002).

### **3.2 - Terras Pretas de Índio**

As Terras Pretas de Índio (TP) segundo o SBCS (EMBRAPA, 1999), são classificadas como solos que possuem Horizonte A antrópico, ou seja, solos que possuem camada superficial modificada através das atividades humanas, neste caso, originado pelas atividades de populações pré-colombianas há aproximadamente 5000 a 500 anos antes a chegada dos europeus e geralmente se caracterizam por apresentar grande quantidade de fragmentos de cerâmicas e

outros materiais arqueológicos como fragmentos líticos, restos de fogueiras entre outros (Neves *et al.*, 2003; Woods, 2003).

As primeiras descrições das TP, foram realizadas por expedicionários em meados do século XVI, mais tarde foram descritas por Katzer (1933), Gourou (1949), Sombroek (1966), Ranzani *et al.* (1970), Eden *et al.* (1984) e Andrade (1986), de acordo com Lima *et al.* (2002). Atualmente o estudo sobre as TP, tem se intensificado em função das boas características apresentadas por estes solos, como alta concentração de nutrientes (fósforo, cálcio, magnésio) e grande quantidade de matéria orgânica estável (Lima *et al.*, 2002; Glaser *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003).

As TP são formadas principalmente sobre Latossolos (Oxisols), Argissolos (Ultisols) e Plintossolos (Inceptisols), formando um horizonte A antrópico. Em geral as áreas de TP são pequenas manchas que aparecem ao longo dos rios, geralmente próximo as várzeas, em floresta secundária de Terra Firme e possuem em sua maioria dimensão inferior a 1 ha, podendo algumas áreas apresentar alguns km<sup>2</sup> (Kern *et al.*, 2003). As áreas de TP são geralmente identificadas por apresentarem propriedades incomuns que as distinguem dos demais solos da bacia amazônica, como cor escura e matiz que vai do preto ao marrom, presença de cerâmicas, elevada fertilidade, contrastantes com a maioria dos solos da região (Kern *et al.*, 1989).

Muitas teorias discutem os processos de formação de TP; no entanto, todos os estudiosos concordam que as mesmas foram originadas a partir das atividades de populações pré-colombianas. Smith (1980) relaciona a formação destes solos às atividades das populações pré-colombianas, que podem ter formado as TP até 1500 anos antes dos contatos com europeus (Petersen *et al.*, 2001 citado por Kämpf, 2003). Este último autor discute as hipóteses de que a formação da TP possa ter ocorrido de maneira não-intencional pelas populações pré-colombianas, que depositaram seus detritos nestas áreas por longos períodos ou ainda de maneira intencional com objetivo de produzir, áreas para prática de uma agricultura, depositando resíduos de origem animal, vegetal e queima parcial da matéria orgânica. Glaser *et al.* (2003) também questionam a origem destes solos, e se os mesmos foram formados intencionalmente ou não, pelos povos pré-colombianos, já que a perturbação antrópica ocorreu somente em áreas de aldeamento e não em áreas que pudessem ser de exclusivo uso para agricultura.

McCann *et al.* (2001) afirmam que, juntamente com a TP, também se formou a Terra Mulata (TM) como produto de um modelo de agricultura intensivo. Ambas as áreas apresentam elevados teores de C orgânico e nutrientes, no entanto os teores de macro e micronutrientes verificados em TM são inferiores aos verificados em TP, ocorrendo o mesmo para os artefatos de cerâmica. De forma geral as TM apresentam coloração típica cinza ou bruno, devido ao conteúdo de carvão verificado tanto nestas áreas como na TP. Segundo alguns estudos as propriedades destes solos se devem à exposição destas áreas, durante longo tempo, a práticas de manejo como o uso de coberturas morta e as queimadas sob um modelo de agricultura intensiva (Woods & McCann, 1999, citados por Kämpf, 2003; Kern *et al.*, 2003).

Geralmente os sítios de TP e TM, se formavam próximos às habitações indígenas e os mesmos se apresentam de forma extremamente heterogêneos e bastante misturados, o que resulta em solos que variam ao extremo em micro-escalas formando mosaicos (Kämpf, *et al.*, 2003). Segundo alguns estudos as áreas de TP podem ser identificadas na profundidade de 40-80 cm, com horizonte A escuro (negro), juntamente com a presença de cerâmicas e partículas de carvão (Glaser *et al.*, 2001).

Estudos realizados por Doran (1997) comprovaram que a perturbação antrópica do sistema estável (solo + floresta primária) normalmente causa mais perdas do que ganhos de carbono, implicando a redução do seu teor ao longo dos anos e a degradação da qualidade dos solos no desempenho de suas funções básicas. No entanto trabalhos recentes comprovaram os altos teores de carbono nos solos de TP, apesar do intenso uso destas áreas com atividades agrícolas após centenas de anos. Comumente os solos tropicais explorados sob o sistema de derruba e queima, após sucessivos ciclos de exploração agrícola, pecuária ou florestal, diminuem seu teor de matéria orgânica e tornam-se pobres em nutrientes em poucos anos, mas o mesmo não tem ocorrido em solos de TP em função do tipo de matéria orgânica presente (Glaser *et al.*, 2001,2002).

A matéria orgânica do solo (MOS) é fundamental para a manutenção da fertilidade dos solos tropicais, incluindo os solos de TP e TM (Tiessen *et al.*,1994). Na camada de 0-30 cm o conteúdo de carbono orgânico nos solos de TP é 2,7 vezes maior ( $250 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ) do que em Latossolos ( $100 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ m}^{-1}$ ), segundo valores encontrado por Moraes *et al.* (1995) citados por Cerri *et al.* (1996) em

solos da Amazônia central. A matéria orgânica contribui para o incremento de fertilidade, o aumento da CTC e melhoria da estrutura dos solos de TP, TM e também dos solos de origem mineral (Ross, 1993).

Os Chernossolos e as TP apresentam como características principais elevados teores de C em parte remanescentes de material com combustão incompleta, e boa presença de carbono pirogênico, que contribui para os elevados teores de C das TP e nos Chernossolos, aumentando a estabilidade da MOS (Glaser *et al.*, 2002). Estes estudos concluíram que o acúmulo de C pirogênico é favorável ao incremento da MOS nos solos antrópicos e que há uma contribuição para melhoria da CTC, servindo como suporte para a fertilidade destes solos que também funcionam como sumidouro de CO<sub>2</sub>, uma vez que o carvão pirogênico sofre decomposição abiótica e biótica muito lenta (Lehmann *et al.*, 2003).

Em relação à grande quantidade de carvão adicionado aos solos de TP, muitas teorias foram sugeridas para explicar sua origem; alguns autores como Smith (1980) sugere que parte deste carbono veio de queimadas naturais ou ainda de fogueiras realizadas pelos índios para cozinhar e se aquecer. Glaser *et al.* (1998), afirmam que as temperaturas provocadas pelas queimadas não influenciam na mineralogia dos solos ocasionando qualquer tipo de mudança e que a mineralogia da TP é similar à mineralogia dos solos adjacentes. Em estudos realizados em laboratório os autores demonstraram que a madeira de Pinus em combustão chegou a uma temperatura em torno de 300° C e produziu 20 % de carvão. Outros estudos demonstraram que o carvão é um importante constituinte da matéria orgânica dos solos das TP e TM, podendo representar até 20% da matéria orgânica destes solos ao longo do perfil até 40 cm de profundidade, porém a 1 m de profundidade, as quantidades de carvão entre as TP e Latossolos são similares salvo alguns casos em que as TP podem chegar a mais de 1 m como no sítio Hatarara em Iranduba (Glaser *et al.*, 2001; Madari *et al.*, 2003).

A queima de uma área de  $1,38 \times 10^6$  ha de floresta primária no período de 1989 a 1990 liberou em torno de 196 Mg ha<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>-C para a atmosfera e incorporou cerca de 2,6 Mg ha<sup>-1</sup> de carvão no solo (Fearnside 1992). Glaser *et al.*, (2001), conclui que o carvão atua como depósito e pode ser fundamental para manutenção da fertilidade dos solos principalmente no Trópico Úmido. Estudos

realizados com adição de carvão em Latossolos cultivados com leguminosas e gramíneas e com testemunha em solos de TP, Lehmann *et al.*, (2001), observaram que a lixiviação do nitrato e amônio, diminuíram nos tratamentos que receberam doses de carvão e que a relação C/N dos solos que receberam o tratamento aumentou, para seguinte ordem, Latossolos sem carvão relação 12/1, TP sem carvão 17/1 e Latossolos com adição de carvão 20/1. O estudo evidenciou que a adição de carvão aos solos pode contribuir para aumentar o estoque de carbono seguindo o modelo apresentado pelas TP.

### **3.3 - Capoeiras**

A Floresta Amazônica brasileira ocupa aproximadamente 60% do território nacional na chamada Amazônia Legal, o que representa segundo o INPE (2003), cerca de 5,1 milhões de km<sup>2</sup>, dos quais boa parte já foi desmatada para exploração agropecuária. Estas áreas, após serem desmatadas apresentam alguma fertilidade nos primeiros anos de uso devido à liberação dos nutrientes pela queima e deposição das cinzas, no entanto, após um período de três a quatro anos, a fertilidade do solo diminui de forma crescente e as áreas são abandonadas como uma forma de pousio (Fearnside, 2003). O pousio florestal é comumente utilizado por populações ribeirinhas da Amazônia que não possuem condições de adquirirem adubos para fertilizar suas áreas e utilizam este sistema para que os solos possam recuperar sua fertilidade natural, surgindo então, temporariamente às capoeiras (Dubois *et al.*, 1996).

As capoeiras são, uma vegetação secundária formada a partir de áreas de roçados ou pastagens abandonadas, compostas principalmente por espécies pioneiras, de rápido crescimento, que podem recuperar as propriedades dos solos das áreas degradadas, após um período variável de descanso, (Fearnside, 1998; Mesquita *et al.*, 1998 ). As capoeiras podem melhorar a camada agricultável dos solos, através de suas raízes que podem atingir grandes profundidades e depositam na superfície, através da deposição da matéria orgânica principalmente liteira, nutrientes lixiviados para camadas mais profundas dos solos, que estarão disponíveis as plantas após a decomposição da matéria orgânica introduzida, através da intensa atividade dos microorganismos e de outros decompositores

(Primavesi, 1999; Moreira & Siqueira 2002). Além do aporte de nutrientes, a cobertura vegetal formada pelas capoeiras atua de forma direta na proteção dos solos, principalmente na região tropical, contra as fortes chuvas que causam erosão e compactação, incidência direta da luz solar, além de manter uma temperatura mais agradável que possibilita o desenvolvimento da biota do solo (Gliessman, 2001).

A idade das capoeiras está diretamente correlacionada com a densidade populacional das áreas: em áreas de baixa densidade populacional, as capoeiras são mantidas por longos períodos, de 12 a 15 anos, ou mais; em comunidades com média densidade populacional, as capoeiras são mantidas por aproximadamente 2 a 4 anos, como ocorre em áreas com cultivo de mandioca, em áreas de várzeas e solos aluviais (Dubois *et al.*, 1996). Segundo (Fearnside, 1996) um importante fenômeno que ocorre e que favorece a agricultura dos pequenos produtores é que as capoeiras são espontâneas, crescem rapidamente, principalmente quando próximas a outras áreas preservadas que possam servir como banco de sementes. Desta forma, estas se desenvolvem e regeneram os solos de áreas anteriormente degradadas a um custo muito baixo, só que por longo período, geralmente superior a dez anos.

As espécies pioneiras que compõem as capoeiras necessitam de grande quantidade de luz para se desenvolverem (são heliófilas), o que só ocorre quando há perturbação do Tratamento de forma natural como queda de grandes árvores no meio da floresta ou ainda por perturbações antrópicas, como derruba e queima. Seu crescimento é rápido como dito anteriormente o que permite uma revegetação da área em curto espaço de tempo com espécies comuns como imbaúba (*Cecropias* spp) lacre (*Vismias* spp), ingá (*Inga* spp), limorana (*Chomelia anisomeris* Muell) entre outras. As capoeiras são denominadas de vários nomes, de acordo com seu desenvolvimento. Quando recém formada é denominada de capoeira fina ou baixa. Quando mais desenvolvida é denominada de capoeira grossa, capoeirão ou capoeira de machado. É bastante comum na Amazônia, uma capoeira de longa duração (idade superior a dez anos), ser novamente utilizada para fins de produção agrícola. Uma vez passado o período de pousio, o solo se encontra com melhor fertilidade química, física e biológica, através da decomposição da matéria orgânica que produz substâncias húmicas, que melhoram a CTC, elevam os teores de nutrientes, diminuem a lixiviação de bases



e melhoram as propriedades físicas da camada superior, e poderá dar início a um novo ciclo de produção agrícola (Dubois *et al.*, 1996).

Atualmente uma das principais formas de utilização das capoeiras têm sido os sistemas agroflorestais, SAF'S, que utilizam as capoeiras como base de um sistema que vise melhoria da qualidade de vida do produtor através de um manejo integrado entre capoeiras e espécies, madeireiras, frutíferas, medicinais Van Leeven *et al.* (1997).

A substituição da floresta original de alta diversidade para sistemas simplificados representando uma mudança drástica no ciclo da matéria orgânica e nutriente tornando os novos sistemas insustentáveis a curto e médio prazo (Jordan, 1985). A maior parte das áreas desmatadas foi destinada às pastagens para criação extensiva de gado; por conta de sua baixa sustentabilidade, metade destas pastagens encontra-se atualmente em diferentes níveis de degradação e abandono (Skole & Tucker, 1993; Fearnside, 1996; 1997).

No sistema tradicional de cultivo, após a derruba manual e queima da floresta segue-se um período relativamente curto de produção agrícola, seguido pela queda drástica da produtividade e o conseqüente abandono destas áreas, formando-se no lugar uma floresta secundária (capoeira) de composição e biomassa muito variável (Mesquita *et al.*, 1998). Estima-se que as áreas desmatadas que foram usadas para pastagens e posteriormente abandonadas podem levar em torno de 50 a 100 anos para retornarem ao estado de florestas maduras (Fearnside, 1996).

De acordo com Kauffman *et al.* (1995), citado por Glaser *et al.* (2001), em estudos realizados na Amazônia brasileira em áreas de floresta primária que sofreram processo de derruba e queima constatou-se que 99% da liteira e raízes superficiais foram destruídas pelo fogo e que apenas 50% de madeira com diâmetro superior a 20,5 cm foi queimado. Ainda segundo este trabalho, a floresta primária possui em torno de 300 a 400 Mg ha<sup>-1</sup> de biomassa vegetal que, ao ser queimada produz em torno de 65-150 Mg ha<sup>-1</sup> carvão.

Estudos com capoeiras de diferentes idades na microregião do Alto Solimões comprovaram pequenos incrementos de nutrientes nos solos após derruba e queima das mesmas e que não houve diferenças expressivas entre os teores de nutrientes dos solos após a conversão de capoeiras de diferentes idades em roças (Fearnside, 2003).

### 3.4 - Matéria orgânica

A matéria orgânica trata-se de um produto da acumulação de resíduos de plantas, animais, microorganismos parcialmente decompostos, e resintetizados indispensável para manutenção da fertilidade do solo (Primavesi, 1988), através do processo denominado de ciclagem de nutrientes. Trata-se de um componente fundamental para a manutenção da qualidade do solo, estando envolvida em diversos processos físicos, químicos e biológicos, estando a sustentabilidade de sistemas naturais ou agrícolas intimamente relacionados à sua manutenção Roscoe *et al.* (2002).

O consenso em relação à matéria orgânica como indicadora da qualidade do solo emana de dois fatores principais. Primeiro, o teor de matéria orgânica no solo é muito sensível em relação às práticas de manejo principalmente nas regiões tropicais e subtropicais onde nos primeiros anos de cultivo, mais de 50% da MO previamente acumulada é perdida por diversos processos, entre esses a decomposição microbiana e a erosão (Brady, 1989; Piccolo, 1996).

Um dos principais problemas para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável nos trópicos úmidos, é devido à rápida decomposição da matéria orgânica, favorecida por altas temperaturas, grande período de precipitação, que acarreta em lixiviação entre outros (Zech *et al.*, 1990). O teor de matéria orgânica é provavelmente o atributo que melhor representa a qualidade do solo embora seja alterado pelas práticas de manejo. O declínio da MO ao longo do tempo indicará, alguma prática de manejo errada e inevitavelmente levará a uma situação insustentável do ponto de vista econômico e ecológico (Cerri *et al.*, 1996). Embora constitua pequena parte da massa total do solo, a matéria orgânica é fundamental para manutenção dos solos minerais, por estar envolvida em todos os processos químicos, físicos, biológicos (Moreira & Siqueira, 2002).

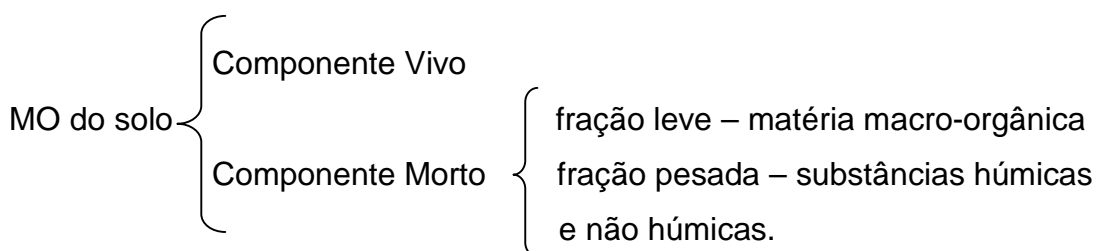
Entende-se por matéria orgânica do solo, todo carbono orgânico presente no solo na forma de resíduos frescos ou em diversos estágios de decomposição compostos humificados e materiais carbonizados (carvão nos solos), associados ou não a fração mineral assim como a porção viva composta por raízes e pela meso e micro fauna (Roscoe *et al.*, 2002).

A matéria orgânica confere aos solos atributos como aumento da estabilidade dos agregados e da estrutura, infiltração e retenção de água,

resistência à erosão, aumento da atividade biológica, aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), melhor disponibilidade de nutrientes, liberação de CO<sub>2</sub> e outros gases para a atmosfera (Brady, 1989; Primavesi, 1999; Mielniczuk, 1999).

Em solos pobres e em condições de alta pluviosidade, como a maioria dos solos situados nos trópicos úmidos, a reciclagem dos nutrientes provenientes da matéria orgânica é o processo chave para a manutenção do equilíbrio natural dos ecossistemas (Jordan & Herrera, 1981).

A matéria orgânica do solo pode ser dividida em:



O componente vivo da matéria orgânica do solo é composto por raízes, fauna e microorganismos. Já o componente morto, é composto por fração leve e pesada. A matéria macro-orgânica ou fração leve ocupa uma posição intermediária no sistema entre plantas e o solo. A fração pesada é constituída pelas substâncias húmicas e não húmicas (Silva e Resck, 1997).

A matéria macro-orgânica provém diretamente da liteira, que consiste de resíduos de plantas em vários estágios de decomposição, apresentando densidade em torno de 1,0 g.cm<sup>-3</sup> (Anderson e Ingram, 1993, citados por Silva e Resck, 1997).

De acordo com Luizão (1989), o estoque de matéria macro-orgânica (liteira) no solo depende de fatores como chuvas, características mineralógicas do solo e relevo. Regiões que apresentam altas temperaturas e altos índices pluviométricos apresentam decomposição mais rápida que regiões de temperaturas mais baixas (Bayer & Mielniczuk, 1999).

A qualidade da liteira, a aeração, mineralogia e o nível de nutrientes no solo são fatores adicionais que contribuem com o nível de matéria orgânica do solo. Na decomposição da matéria orgânica, a atenção é centralizada nos importantes elementos Carbono e Nitrogênio (relação C/N), cuja concentração

torna-se fator de grande importância na decomposição, (Luizão & Schubart, 1987; Luizão *et al.*, 2000).

Estima-se que 65% a 75% da matéria orgânica de grande parte dos solos minerais sejam substâncias húmicas (Schinitzer, 1978). Os compostos complexos de moléculas orgânicas da matéria orgânica depositada são rapidamente metabolizados, pelo processo denominado humificação, que acaba conferindo cor escura aos solos, pela formação de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e humina, que sofrem um processo denominado mineralização, transformando moléculas orgânicas complexas em moléculas simples, que liberam nutrientes às plantas (Camargo *et al.*, 1999; Gliessman, 2001). A matéria orgânica do solo também pode ser caracterizada por dois dados: um é o estoque de carbono e o outro a natureza do material que a compõe. Estudos com o fracionamento da matéria orgânica, em ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina com diferentes metodologias revelam, que o processo a ser empregado no fracionamento deve ser escolhido em função dos objetivos a serem alcançados (Roscoe *et al.*, 2002).

A grande semelhança nas características entre a matéria orgânica dos solos da Amazônia, provavelmente ocorre pelo fato de que ela é formada a partir da decomposição de resíduos vegetais originários da floresta tropical (Cerri *et al.*, 1996). Este mesmo autor destaca que apesar das características comuns, surgem diferenças, no que diz a qualidade e quantidade da matéria orgânica produzida em função dos diferentes climas e solos que interferem na humificação e renovação do carbono dos solos tropicais.

### **3.5 - Liteira**

A velocidade de decomposição da matéria orgânica se dá em função da sua qualidade mineralógica, ou seja, alguns materiais decompõem-se facilmente, outros demoram um tempo maior devido à natureza bioquímica de cada um deles. A liteira é o principal componente da matéria orgânica dos solos, constituída de resíduos orgânicos em sua maioria de origem vegetal, proveniente da floresta (Vieira 1988; Correia & Andrade, 1999).

A liteira é uma das principais formas de entrada da matéria orgânica no solo, podendo agir também como fonte de nutrientes, como fator mecânico

modificando as condições de micro sítios (umidade, luz, disponibilidade de nutrientes), nos quais as sementes germinam e plântulas se estabelecem e participam ativamente do processo de ciclagem de nutrientes (Stark, 1970; Vitousek, 1984; Luizão, 2000; Yano & Luizão, 2001).

Estudos comprovam o efeito da liteira no estabelecimento inicial de plântulas em floresta tropical, ajudando desta forma, a manter a diversidade (Molofsky *et al.* 1992). Outras importantes funções desempenhadas pela liteira, são: proteção dos solos contra a erosão, excesso de luz, compactação, lixiviação, funcionando como um reservatório de nutrientes que serão disponibilizados com o início da decomposição desta necromassa pelos microorganismos (Tapia-Coral *et al.*, 2005).

A liteira, embora constituída de resíduos de plantas e animais mortos, é o material que fica sobre a superfície, portanto ainda não é constituinte da matéria orgânica do solo. Para que este material seja integrado ao solo é necessário que haja a atuação de microorganismos decompositores (Silva & Resck, 1997).

Segundo Proctor (1983), a liteira é classificada em liteira fina e grossa. Para este autor, a liteira fina é o material vegetal composto por folhas, material reprodutivo (flores, frutos) e galhos com diâmetro inferior a dois centímetros, mais os resíduos finos, que são componentes não identificáveis. A liteira grossa seria o material vegetal depositado que não se enquadra nas características anteriores, galhos com diâmetro superior a 2 cm, seria portanto material com partículas maiores e mais grosseiras. Esta classificação foi realizada com o intuito de melhorar e ampliar os estudos feitos com liteira e é seguida até os dias atuais.

Em estudos realizados confirmaram que em áreas mais perturbadas existem um número maior de espécies pioneiras, que possuem rápido crescimento e ciclo de vida mais curto e desta forma investem em grande produção de biomassa promovendo uma maior produção de liteira em curto espaço de tempo, o que contribui de forma significativa para a sobrevivência das florestas (Martins & Rodrigues, 1999). Áreas menos perturbadas possuem pequeno número de espécies pioneiras, apresentando menor produção de biomassa líquida. Leitão Filho *et al.* (1993) verificaram que diferenças nas produções de liteira em áreas próximas podem estar relacionadas aos diferentes graus de perturbação que são encontrados em uma mesma área.

A manutenção do equilíbrio nutricional entre os diversos componentes de um ecossistema de alta biomassa como florestas tropicais sobre solos quimicamente pobres só é possível através da existência de uma alta diversidade biológica e de eficientes mecanismos de conservação de nutrientes (Schubart *et al.*, 1984). As florestas parecem estar bem adaptadas para sobreviverem nesses solos, devido à rápida e eficiente ciclagem de nutrientes que resulta na minimização das suas perdas por processos de lixiviação (Jordan & Herrera, 1981). Dentre os mecanismos naturais de conservação dos nutrientes dos ecossistemas, dois dos mais importantes estão relacionados com a liteira, que são a rápida decomposição e ação de micorrizas, para evitar lixiviação dos nutrientes destacados por Herrera *et al.* (1978).

Segundo (1989), na Amazônia central, geralmente ocorre maior queda de liteira durante a estação seca. Trabalhos realizados em áreas de Mata Atlântica mostram uma tendência parecida, com uma maior deposição de liteira nos meses de inverno que coincide com período de menor índice pluviométrico (Mazurec & Villela, 1999).

Muitos fatores influenciam na produção e qualidade da liteira produzida pelas florestas tropicais, entre as principais estão a topografia e o tipo de solo este fato foi comprovado em estudo realizado por Luizão (1989) com florestas primárias em diferentes topografias, áreas de platô, vertente e baixo.

Em estudo de parâmetros químicos de um Latossolo Amarelo da região amazônica Marques *et al.* (2004), destacou que a melhor qualidade química da camada superficial do solo se deve a contribuição da liteira depositada pelo sistema agroflorestal estudado.

Em clareiras, a adição de liteira grossa depositada pela extração seletiva de madeiras e a lenta liberação de nutrientes especialmente bases trocáveis, produziram maior concentração de cálcio e magnésio disponíveis no solo. Este mesmo estudo evidenciou que em clareiras com maior deposição de material vegetal ocorreu menor abundância de plantas pioneiras em relação a plantas de espécies clímax (Yano & Luizão, 2001).

Os ecossistemas de floresta tropical apresentam produção contínua de liteira ao longo do ano, sendo que a quantidade produzida em cada época depende do tipo de vegetação (Leitão Filho *et al.*, 1993). Estudos realizados na Amazônia central indicam que há uma entrada contínua de liteira fina, da ordem

de 8 a 10 Mg ha<sup>-1</sup> ano (Foster & De Las Salas, 1975; Luizão 1989). A decomposição deste material libera cerca de 150 Kg de N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, 15 a 20 Kg de K e cerca de 37 a 58 Kg de Ca (Rodrigues, 1968; Luizão & Schubart, 1987; Luizão, 1989).

Kiehl & Kiehl (1996) apresentam a composição da liteira de forma ampla com os seguintes valores: relação C/N = 17/1, N = 9,6 g Kg<sup>-1</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 0,8 g Kg<sup>-1</sup>, K<sub>2</sub>O = 1,9 g Kg<sup>-1</sup>. Cerri *et al.* (1996), destacam que a liteira é a principal fonte de carbono para os solos da Amazônia, sendo que o aporte anual estimado é de 0,35 a 0,40 kg m<sup>2</sup>, o que equivale a 3,5 a 4 Mg ha<sup>-1</sup>.

Em trabalho realizado em áreas com pastagens abandonadas, Kato (1995), observou a dinâmica da entrada de nutrientes via liteira nas espécies florestais em plantio de castanheiras do Brasil nos ecossistemas de pastagens degradadas constatando sua importância para a manutenção do sistema. Schubart *et al.* (1984), confirmam que a entrada de nutrientes por meio da liteira e de detritos vegetais caídos juntamente com a decomposição de raízes, trata-se do mais importante processo de sustentação da floresta de terra firme. Luizão & Schubart (1987), observaram a rápida decomposição da liteira pelos microorganismos do solo, como estratégia para evitar perdas de nutrientes dos sistemas.

Estudos realizados na ilha de Maracá, Roraima, em clareiras feitas artificialmente no meio da floresta, mostraram que microsítios que possuíam uma camada de liteira mais espessa, havia maior umidade do solo e da liteira e maior decomposição com liberação mais rápida de nutrientes para o solo (Luizão *et al.*, 1998). Outras pesquisas com adição de liteira Luizão & Schubart (1987), concluíram que tais Tratamentos levam um tempo bastante considerável para que haja decomposição e liberação dos nutrientes para o solo e que seus efeitos sejam percebidos. Roberts (2000) sugere que a decomposição da liteira e da matéria orgânica do solo dependem do conteúdo de nitrogênio e lignina do material. A qualidade da liteira produzida e depositada sobre o solo, depende diretamente do tipo de cobertura vegetal encontrada na área e tem influência direta nos micro tratamentos, biomassa microbiana e de raízes (Wagai *et al.*, 1998).

Em estudos com adição de liteira e oligoquetos, na Amazônia Central, foi observado que organismos como os *Naididae*, foram mais abundantes nas áreas que apresentavam uma liteira mais diversificada (Araújo-Vergara & Luizão, 2000).

## 4 - MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 - Áreas de estudo

#### Localização

O presente estudo foi realizado em quatro áreas diferentes (Figura 1) todas com vegetação de capoeiras na faixa dos 20 a 25 anos de idade, conforme histórico fornecido por caseiros e proprietários das áreas.

Área 1: Localizada no município de Manaus, próximo ao Encontro das Águas, na margem do Rio Negro, na área de preservação pertencente à BSGI (Soka Gakai Internacional). Coordenadas: S 03° 04' 50" W 60° 05' 10"

Área 2: Localizada no município de Iranduba, propriedade do Sr José Ricardo, à margem esquerda do Rio Solimões, no sítio denominado de Lago Grande. Coordenadas: S 03° 13' 51,1" W 60° 16' 49,8"

Área 3: Localizada à margem esquerda do Rio Urubu, município de Rio Preto da Eva, sítio de propriedade de Dona Francisca Leite.

Área 4: Localizada próxima ao Rio Preto fazenda Jiquitaia, margem esquerda do Rio Preto no município de Rio Preto da Eva<sup>1</sup>. Coordenadas S 02° 40' 51,8" W 59° 43' 15,7".

Esta área substituiu outra área utilizada nos primeiros meses de estudo, localizada em Manaus, na Colônia Antônio Aleixo, no chamado lago do Puraquequara, que foi abandonada devido aos constantes furtos dos coletores.

Em cada área foram instaladas três parcelas em: (i) Terra Preta de Índio - TP, (ii) Terra Mulata - TM e (iii) Latossolo amarelo – LA.

---

<sup>1</sup> Área do Rio Preto no município de Rio Preto da Eva: Teve sua coleta iniciada em maio de 2005 devido à substituição da área anteriormente localizada no Puraquequara e os seus dados de produção anual de liteira são estimativas obtidas a partir dos nove meses que foram efetivamente coletados, até janeiro de 2006.





Figura 1: Imagem com a provável localização dos quatro sítios em estudo, Encontro das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

## Clima

O clima da região em estudo, localizado na Amazônia central, caracteriza-se como **Afi**, segundo a classificação de Köppen, clima tropical de regime pluviométrico anual superior a 2000 mm, com uma curta estação seca de 1 a 3 meses, com precipitações superiores a 60 mm (Rodrigues 1996). O período de dezembro a maio se caracteriza pela estação chuvosa, e de julho a outubro pela estação seca, sendo junho e novembro ou dezembro os meses de transição entre as estações.

## Solos

Os solos das áreas em estudo foram divididos em três diferentes categorias: Terra Preta de Índio e Terra Mulata (ambos de formação antrópica) e Latossolo Amarelo álico.

A Terra Preta de Índio corresponde a manchas de solos muito encontradas na região, que possuem coloração escura com matiz que vai do cinza ao preto, elevados teores de carbono e de macro e micro-nutrientes, além de grande presença de cerâmicas indígenas.

As Terras Mulatas, encontradas em áreas adjacentes à TP, apresentam cor em diferentes tons de marrom e possuem boa fertilidade; no entanto, os teores são menores do que na TP e a presença de cerâmicas é menos freqüente.

Os Latossolos Amarelo álicos, são solos bastante intemperizados e lixiviados, muito comuns na Amazônia, apresentando baixos teores de nutrientes, e baixo teor de carbono (Ranzani, 1980).

Além das características visuais, a nível de campo, que definem as áreas como Terra Preta de Índio, Terra Mulata e Latossolo Amarelo, também foram coletadas amostras de solos dentro de cada parcela para avaliação da fertilidade, com a finalidade de confirmar as características químicas de cada tipo de solo.

## **Vegetação**

A vegetação das capoeiras selecionadas, todas em terra firme, possuem idade de aproximadamente 20 a 25 anos, apresentam grande presença de palmeiras, tais como tucumã (*Astrocarium aculeatum*), babaçu (*Orgynia phalerata* Mart.) e limorana (*Chomelia anisomeris* Muell), além de ingá (*Inga* sp) e lianas. Algumas áreas apresentam grande presença de lacre (*Vismias* sp) e imbaúbas (*Cecropia* sp), comuns em áreas de capoeiras, entre outras espécies de porte arbóreo. Apesar desta caracterização generalizada das capoeiras, vale ressaltar que as mesmas apresentam diferenças entre si, uma vez que as áreas encontram-se distantes umas das outras, geralmente com alguma barreira geográfica natural, como os rios Negro, Solimões, Amazonas, Urubu e Rio Preto.

## **Topografia**

A topografia das áreas é variável, mas as parcelas forma demarcadas em áreas mais planas possíveis (platôs), onde é comum a presença de manchas de TP (Figura 2). No entanto, algumas parcelas de TP, TM e Latossolos foram instaladas em áreas que apresentavam algum declive.

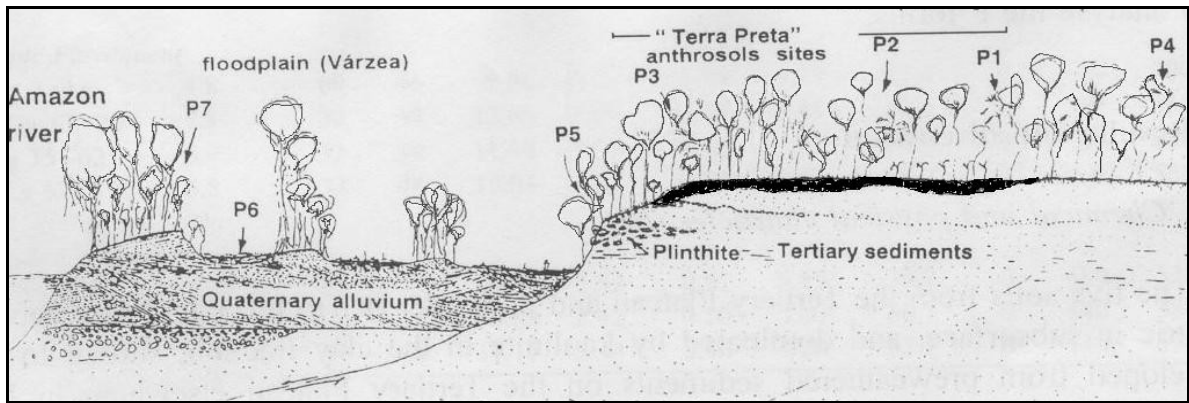


Figura 2: Topografia representativa das áreas, de ocorrência de TP. Município de Iranduba. Adaptado de Lima *et al.* (2002).

#### 4.2 - Delineamento Experimental

Para este estudo foram demarcadas uma parcela em TP, TM e LA em cada uma das quatro áreas selecionadas (Encontro das Águas em Manaus; Lago Grande em Iranduba; Rio Urubu e Rio Preto no município de Rio Preto da Eva). As parcelas mediram 20 x 80 metros em áreas com vegetação de capoeiras e as parcelas apresentaram distâncias variadas entre as mesmas.

#### 4.3 - Coleta de solo

No período de estudo compreendido entre janeiro de 2005 a janeiro de 2006, foram realizadas coletas de solo em uma única época do ano, no período de estiagem (setembro de 2005), para determinação analítica da fertilidade do solo, segundo método EMBRAPA (1997). Em cada parcela foram coletadas quatro amostras simples para formar uma amostra composta nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 e 20 a 30 cm. No total foram coletadas cinco amostras compostas para cada profundidade em cada uma das parcelas. As amostras foram secas ao ar e destorroadas, passadas em peneira 2 mm, produzindo a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA), e em seguida foram realizadas as análises de pH em água, Carbono orgânico, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn).

#### 4.4 - Coleta da liteira fina

Para a coleta da liteira fina, em cada uma das parcelas (de 20 x 80 m) foram instalados ao acaso doze coletores de 0,5 m x 0,5 m, feitos com armação de tubos PVC e fundo em tela de nylon, com malha de 1 mm (Figura 3) e distribuídos de acordo com sorteio realizado para definir o local da instalação dos mesmos (Figura 3).



Figura 3: Coletor de liteira fina, em malha de nylon 1 mm, nas dimensões 0,5 m x 0,5 m.

A liteira fina foi coletada a cada quinze dias, durante um ano da segunda quinzena de janeiro de 2005 a primeira quinzena de janeiro de 2006, compreendendo assim todas as estações climáticas e transições (chuvosa-transição-seca-transição).

O material coletado foi para uma sala de pré-secagem ao ar, seguida por uma fase de limpeza e triagem do material, separado em quatro componentes: folhas, material lenhoso (com até 2 cm de diâmetro), material reprodutivo (flores, inflorescências, frutos e sementes) e resíduos ou fragmentos não identificados (Proctor, 1983). O material foi levado à estufa e seco a 65-70 °C até obter peso constante.

Após secagem em estufa todo material triado foi finamente moído e levado para análises químicas no Laboratório Temático de Solos e Plantas do INPA, segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997). Para determinação dos teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn da liteira fina das capoeiras de cada parcela instalada em TP, TM e LA para todas as parcelas das respectivas áreas.

## **Produção de liteira fina**

A produção anual de liteira foi estimada pela somada quantidade de liteira fina produzida em 23 coletas realizadas durante todo o ano em cada um dos doze coletores de liteira da parcela, calculando-se então a média (n= 12) de produção para a área do coletor. A área total recoberta para cada coletor foi então extrapolada para 1 hectare.

## **Camada de liteira sobre o solo**

Amostras da camada de liteira sobre a superfície do solo (“litter layer”) foram coletadas nos meses de fevereiro, abril, julho, outubro e dezembro de 2005, em cada uma das parcelas demarcadas. Foi utilizado um quadro amostrador de madeira medindo 0,2 x 0,2 m e uma faca e régua. Foram coletadas ao acaso cinco amostras simples para formar uma amostra composta, sendo ao todo coletada quatro amostras compostas em cada parcela.

As amostras foram secas e triadas, em folhas inteiras (L), folhas quebradas, fermentadas ou em decomposição (F) e material lenhoso (W). O material foi seco em estufa a 65-70 °C e pesado. O cálculo da média anual da camada de liteira sobre o solo foi obtido pelos dados das cinco amostragens realizadas. A partir da produção anual de liteira e da média anual da camada de liteira sobre o solo durante o ano de estudo foi calculado o coeficiente de decomposição ( $k_L$ ), para cada parcela através da equação (Olson, 1963):

$$k_L = \frac{L}{CL}$$

Em que:

$k_L$  – Coeficiente de decomposição;

L – Produção anual de liteira;

CL - Camada média anual de liteira sobre o solo.

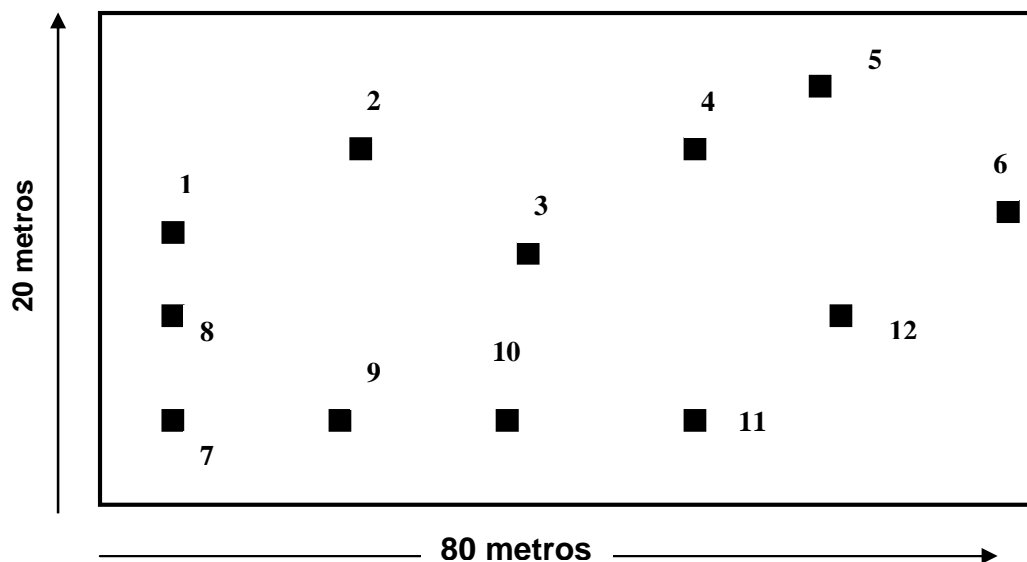


Figura 4: Esquema de distribuição dos coletores nas parcelas de Latossolo, Terra Mulata e Terra Preta.

#### 4.5- Análises Químicas

##### Solos

As amostras de solos foram analisadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas do INPA, segundo metodologia da EMBRAPA (1997) para determinação de pH, Al (trocável), C orgânico total, macronutrientes N total, P disponível, K, Ca, e Mg trocável e micronutrientes, Cu, Fe, Mn e Zn além dos teores de Na e cálculo da relação C/N.

As análises de pH foram realizadas em peagâmetro com eletrodo de vidro, modelo mPA 210/mPA 210 P, em água e cloreto de potássio (KCl), na proporção de 1:2,5 e agitadas por 45 segundos deixadas em repouso por 40 minutos sendo em seguida realizada a leitura. Para o KCl, o sal foi adicionado após leitura em água e agitado por 45 segundos e em seguida feita a leitura.

As determinações de P foram realizadas através de extração em duplo-ácido, Mehlich 1, e posterior leitura em espectrofotômetro da marca Milton Roy–Spectronic 301 em comprimento de onda 660 nm.

As análises de K e Na foram realizadas em extratos de duplo-ácido, Mehlich 1, e posterior leitura em absorção atômica modelo Perkin Elmer 1100 B.

As determinações de Ca, Mg, foram realizadas em extrator de KCl e feitas às leituras em absorção atômica modelo Perkin Elmer 1100 B.

Alumínio ( $Al^{+++}$ ) e hidrogênio ( $H^+$ ) mais alumínio ( $H+Al$ ), foram extraídos em solução de KCl a 1 N e determinados por titulometria com hidróxido de sódio 0,025 N e retrotitulação com HCl de igual normalidade, usando-se fenolftaleína como indicador.

Os micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) foram obtidos através de extração por duplo ácido, Mehlich 1, com leitura em absorção atômica modelo Perkin Elmer 1100 B.

O carbono e nitrogênio total dos solos foram determinados em cromatógrafo em fase gasosa C-H-N da marca NA 1500 NC Fisons Instruments.

## **Liteira**

As análises químicas foram realizadas em amostras de liteira fina coletadas e moídas para o período de estudo compreendido entre janeiro de 2005 a janeiro de 2006.

As concentrações de C e N foram determinadas no Laboratório de Nutrição Florestal do INPA (LNF-CPST) através de cromatografia em fase gasosa utilizando aparelho de CHN da marca Fisons, modelo NA 1500.

Os teores de P disponível, K, Ca e Mg trocáveis, Cu, Fe, Mn, Zn, foram determinados no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do INPA, seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997):

Determinação da concentração de P: Digestão nitroperclórica das amostras (EMBRAPA, 1997), seguido de leitura no espectrofotômetro marca Milton Roy – Spectronic 301;

Determinações de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn: digestão nitroperclórica das amostras (EMBRAPA, 1997) seguida de leitura no espectrofotômetro de absorção atômica (AAS) modelo Perkin Elmer 1100 B.

#### **4.6 - Análises Estatísticas**

Para verificar o efeito dos Tratamentos (solos de Terra Preta, Terra Mulata, Latossolo adjacente que são variáveis independentes) na produção e concentração de nutrientes da liteira fina (variáveis dependentes), foi utilizada uma ANOVA, seguida por teste de Tukey, para verificar em que Tratamento ocorreram eventuais diferenças.

Foram realizadas análises de regressão linear para verificar a relação entre determinadas variáveis químicas do solo (variável independente) sobre as variáveis químicas da liteira fina (variável dependente).

Em todas as análises, foram utilizados planilhas eletrônicas do Microsoft Excel e o programa estatístico SYSTAT, versão 10 para Windows (Wilkinson, 1998).



## 5 - RESULTADOS

### 5.1 – Propriedades químicas do solo

#### pH, Alumínio trocável

Os resultados obtidos de pH em água foram menores nos Tratamentos onde os solos correspondiam a Latossolos Amarelos (LA) ocorrendo o contrário para os teores de alumínio trocável ( $Al^{+3}$ ), onde foram maiores. Estes resultados observados nas parcelas em LA apresentaram diferenças significativas das parcelas em Terra Mulata (TM) e as parcelas em Terra Preta (TP) que apresentaram o pH menos ácido e os menores teores de Al trocável (Tabela 1; Figuras 5 e 6).

Entre as parcelas de LA dos quatro sítios de estudo não foram verificadas diferenças significativas entre as diferentes profundidades para o pH, com os menores valores observados no sítio do Rio Urubu (RU) sem significância ( $p>0,05$ ); para as parcelas em TM e TP também ocorreram variações entre os teores de pH e Al trocável sendo significativamente diferentes a TM do EA com a TM do RU em todas as camadas.

De forma geral as parcelas apresentaram a seguinte ordem, com pH mais ácido em LA, seguido de TM e por último TP com diferenças significativas observada entre tratamentos de mesmo sítio no EA e LG (Tabela 1).

As parcelas de TP e TM, nas áreas do EA e LG apresentaram alguns valores de Al trocável próximo de zero  $cmol_c\ kg^{-1}$  de solo, diferentemente do Tratamento LA, que apresentou teores elevados de até 3  $cmol_c\ kg^{-1}$  de solo.

Nas parcelas em TP, os valores de pH, Al trocável foram semelhantes entre os sítios EA e LG ( $p>0,05$ ) e ambos diferiram significativamente das parcelas de RP e RU principalmente na camada superficial (Tabela 1).

De forma geral, as diferenças mais marcantes se estabeleceram entre os diferentes Tratamentos dentro de cada área estudada, com valores mais baixos de pH em LA, quando comparados às TP, ocorrendo o contrário para Al trocável (Figuras 5 e 6; Tabela 1).

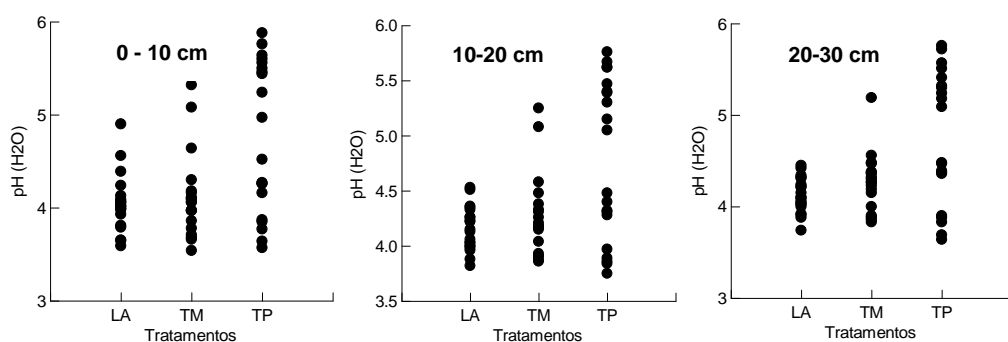


Figura 5: Valores de pH em água para os Tratamentos em Latossolo Amarelo (LA), Terra Mulata (TM) e Terra Preta (TP) nas profundidades 0 a 10 cm, 10-20 cm e 20 a 30 cm.

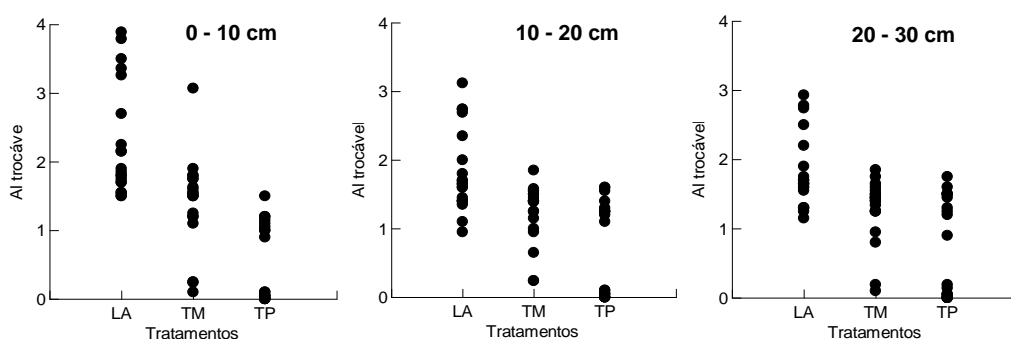


Figura 6: Teores de Al trocável ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  solo) para os Tratamentos em Latossolo Amarelo (LA), Terra Mulata (TM) e Terra Preta (TP) nas profundidades 0 a 10 cm, 10-20 cm e 20 a 30 cm.

Tabela 1: Valores médios ( $n=5$ ) de pH e dos teores de Al trocável para os Tratamentos em LA, TM e TP, em três diferentes profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

Variáveis	Sítios	Tratamentos								
		0-10 cm			10-20 cm			20-30 cm		
		LA	TM	TP	LA	TM	TP	LA	TM	TP
pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )	EA	3,89 Ac	4,53 Ab	5,66 Aa	3,99 Bc	4,62 Ab	5,58 Aa	4,00 Bc	4,70 Ab	5,54 Aa
	RU	3,79 Aa	3,67 Ba	3,74 Ca	4,10 Ba	3,89 Ba	3,86 Ca	4,00 Bb	3,89 Ba	3,78 Cab
	LG	4,22 Ab	4,19 ABb	5,35 Aa	4,12 Bb	4,28 ABb	4,24 Aa	4,12 Bc	4,42 ABb	5,28 Aa
	RP	4,27 Aa	4,06 ABa	4,29 Ba	4,39 Aa	4,26 ABa	4,35 Ba	4,37 Aa	4,28 ABa	4,41Ba
Al ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ )	EA	2,76 Ac	1,31 ABb	0,05 Ca	2,72	0,94	0,07	2,45 Ac	0,91 Bb	0,09 Ca
	RU	1,99 Bc	1,61 Ab	1,16 Aa	1,54	1,55	1,48	1,73 Ba	1,66Aa	1,57 Aa
	LG	1,66 Bc	1,00 Bb	0,02 Ca	1,60	1,10	0,00	1,63 Bc	1,14 ABb	0,00 Ca
	RP	1,92 Ba	1,72 Aa	0,86 Bb	1,41	1,37	1,22	1,43 Ba	1,42 ABa	1,22 Ba

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre Tratamentos de um mesmo sítio e profundidade; médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre sítios para o mesmo Tratamento, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

## **Carbono orgânico, nitrogênio e relação C/N do solo**

Em todos os Tratamentos os maiores teores de carbono orgânico total foram encontrados na camada superficial do solo (Figura 7), sendo a maior média verificada na profundidade de 0 a 10 cm na parcela em LA no EA. Foi verificada uma diminuição dos teores de C orgânico com a profundidade principalmente no Tratamento TM, enquanto que as parcelas em TP apresentaram uma redução menos acentuada no teor de C orgânico quando comparada aos demais Tratamentos e, em alguns casos específicos como no RU e RP mantiveram ou aumentaram o teor de C orgânico em profundidade (Tabela 2).

As diferenças mais significativas entre os teores de C orgânico foram verificadas entre os Tratamentos de um mesmo sítio; no entanto ocorreram também diferenças significativas entre os sítios para um mesmo Tratamento, principalmente para os solos de origem antrópica.

Para a camada superficial, foram verificadas diferenças significativas entre os valores de C orgânico total dos solos em todos os sítios; nesta camada no sítio do EA não houve diferença significativa entre os Tratamentos LA e TP, mas houve entre LA e TP do Tratamento TM (Tabela 2). Os teores de carbono orgânico estatisticamente semelhante entre os Tratamentos TP e LA podem ser explicados pelo grande acúmulo de liteira em LA e pela influência desta na camada de estudo (0 a 30 cm) principalmente na superfície. As elevadas taxas de deposição da liteira puderam ser comprovadas mediante a mensuração da mesma pelo período de estudo (2005) onde foi verificada a maior produção de liteira fina nesta parcela do sítio EA.

No sítio de RP o maior percentual de C orgânico foi verificado na parcela em TM, em todas as profundidades. Nos sítios LG e RU o maior teor de C orgânico ocorreu no Tratamento em TP, havendo diferença significativa entre a TP e os demais tratamentos no sítio LG em todas as profundidades estudadas (Teste de Tukey;  $p < 0,05$ ) (Tabela 2).

Para o N, ocorreu efeito semelhante ao verificado para o C orgânico, com maior teor de N (%) no LA do EA (0,21 %) para a camada superficial apresentando diferenças estatísticas a 5% de significância (ANOVA,  $p < 0,05$ ) dos demais Tratamentos TP e TM com 0,15% e 0,07% de N respectivamente. Para as

outras profundidades os valores de N no LA foram semelhantes aos valores de N na TP e diferente da TM (Figura 8).

A comparação entre os Tratamentos de uma mesma área apresentou diferenças significativas, com valores médios de 0,07 a 0,21 % em LA, 0,05 a 0,15 % em TM e 0,08 a 0,19 % para TP (Tabela 2).

A relação Carbono/Nitrogênio não apresentou diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ) entre os Tratamentos de um mesmo sítio para as três profundidades analisadas, apresentando relação C/N alta compreendida no intervalo entre 17,0 a 40,9 em todos os tratamentos estudados.

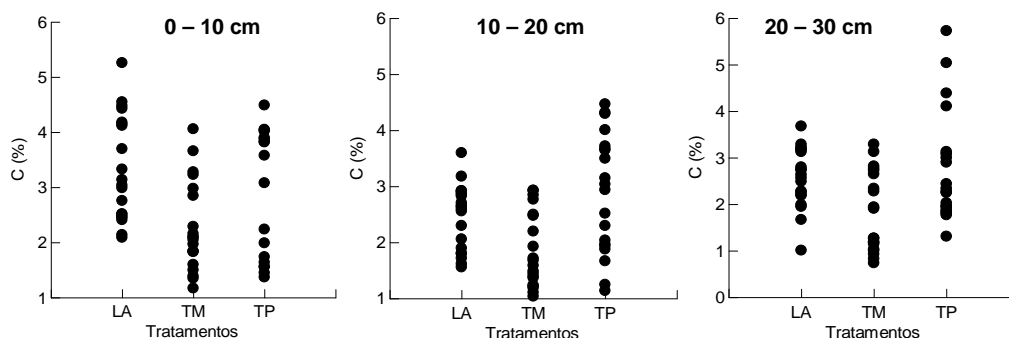


Figura 7: Concentrações de C orgânico (%) nos Tratamentos LA, TM e TP nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

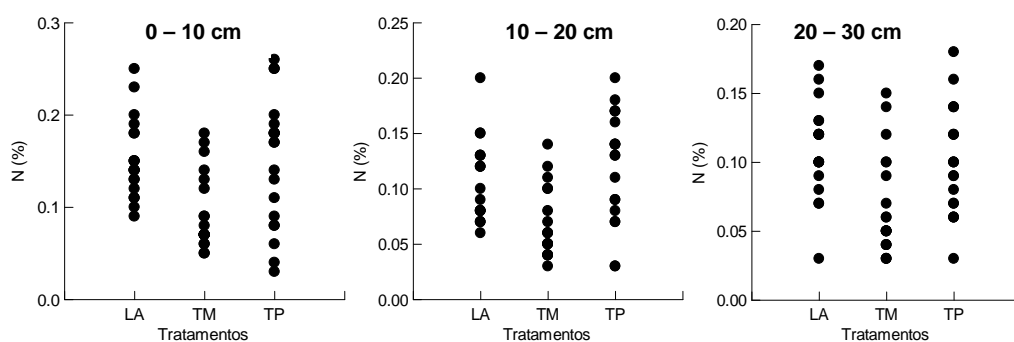


Figura 8: Concentração de N (%) nos Tratamentos LA, TM e TP nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

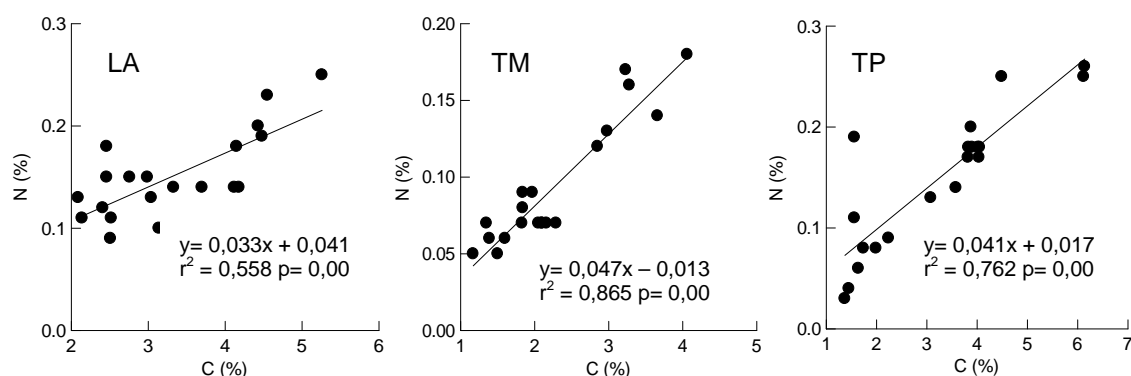
Tabela 2: Teores médios (n=5) de C, N e relação C/N do solo para os Tratamentos em LA, TM e TP nas diferentes profundidades.

Variáveis	Sítios	Tratamentos								
		LA	TM	TP	LA	TM	TP	LA	TM	TP
		0-10 cm			10-20 cm			20-30 cm		
C (%)	EA	4,57 Aa	1,90 Bb	3,44 ABa	2,88 Aa	1,18 Cb	3,09 ABa	2,62 ABa	0,99 Cb	2,15 Ba
	RU	3,69 Ba	2,14 Bb	3,73 ABa	2,68 Aa	1,96 Bb	2,96 ABa	3,12 Aa	2,22 Bb	4,11 Aa
	LG	2,47 Cb	1,72 Bc	4,02 Aa	1,97 Ab	1,47 Cb	3,53 Aa	2,01Bb	1,12 Cc	2,89 ABa
	RP	2,60 Ca	3,28 Aa	1,69 Bb	2,28 Aab	2,79 Aa	1,90 Bb	2,48 ABab	2,94 Aa	1,88 Bb
N (%)	EA	0,21 Aa	0,07 Bc	0,15 Ab	0,11 ABa	0,05 Bb	0,14 Aa	0,10 Aa	0,04 Cb	0,08 Aa
	RU	0,13 Ba	0,07 Bb	0,14 Aa	0,07 Bab	0,05 Bb	0,09 Aa	0,09 Aab	0,07 Bb	0,13 Aa
	LG	0,13 Bb	0,07 Bc	0,19 Aa	0,09 ABb	0,06 Bb	0,15 Aa	0,11Aab	0,05 Cb	0,12 Aa
	RP	0,13 Bab	0,15 Aa	0,10 Ab	0,13 Aa	0,11 Aa	0,10 Aa	0,12 Aa	0,12 Aa	0,08 Ab
C/N	EA	21,9 Aa	24,5 Ba	23,1 Aa	23,5 Ba	25,1 Ba	23,3 Ba	25,3 Ba	29,2 ABa	27,9 Aa
	RU	28,4 Aa	30,9 Aa	30,3 Aa	35,7 Aa	40,9 Aa	35,6 Aa	35,0 Aa	34,7 Aa	33,7 Aa
	LG	19,7 Ba	23,5 Ba	21,1 Aa	22,6 Ba	24,7 Ba	23,2 Ba	18,8 Ca	26,1 Ba	25,6 Aa
	RP	19,0 Ba	22,2 Ba	21,0 Aa	17,0 Ca	24,7 Ba	22,0 Ba	20,5 BCb	24,2 Ba	24,1 Aa

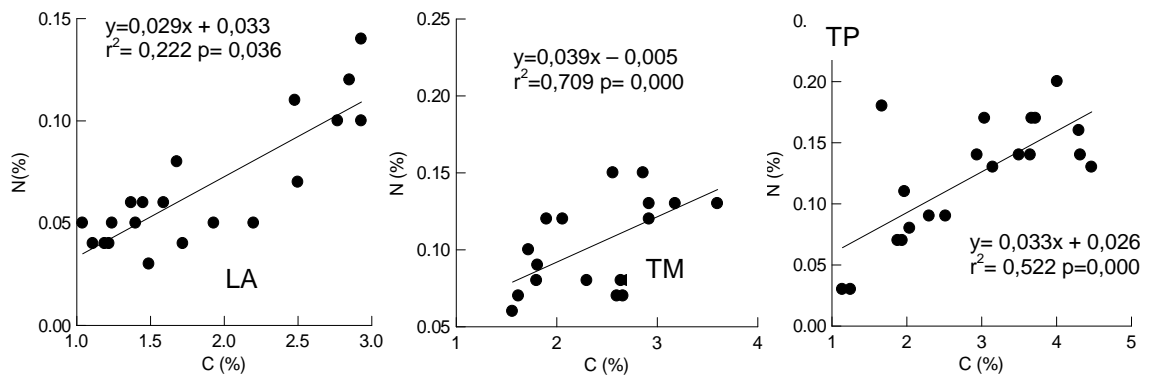
Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre Tratamentos de um mesmo sítio e mesma profundidade; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre sítios para o mesmo Tratamento, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

Para verificar a relação entre o teor de C orgânico e o teor de N total do solo, foi realizada uma análise de regressão linear para cada Tratamento, nas diferentes camadas do solo. Houve relações significativas entre os teores de carbono e de nitrogênio em todos os Tratamentos, para todas as profundidades. A maior relação entre o conteúdo de carbono e o teor de nitrogênio foi verificada para tratamentos em solos antrópicos TM e TP em todas as camadas e a menor relação foi observada em LA (Figura 9). Para LA houve uma menor relação entre o teor de carbono orgânico e nitrogênio total com o aumento da profundidade. Para os Tratamentos TM e TP as relações C orgânico e N em profundidade foram semelhantes às relações encontradas na camada de 0 a 10 cm (Figura 9).

#### Camada de 0 a 10 cm



### Camada de 10 a 20 cm



### Camada de 20 a 30 cm

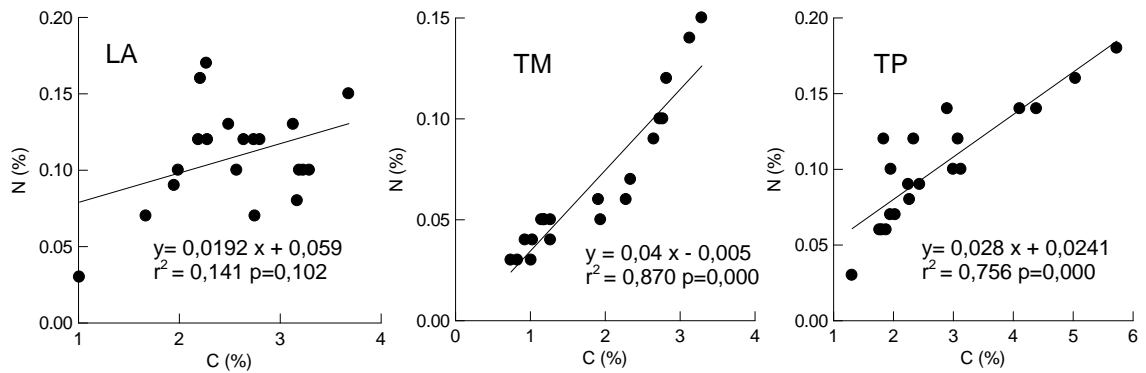


Figura 9: Relação entre os teores de C e N (%) em solos sob capoeiras na camada 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm para os Tratamentos Latossolo Amarelo (LA), Terra Mulata (TM) e Terra Preta (TP).

### Fósforo disponível

De forma geral os valores de P disponível, foram superiores nas parcelas em TP e TM do que nos solos adjacentes, com teores médios superiores a  $60 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo em TP,  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo em TM e em torno de  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo em LA (Figura 10). Entretanto, em algumas parcelas estes valores ficaram muito acima das médias principalmente para as TP do EA e LG que alcançaram teores de P disponível em algumas amostras de até  $1200 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo (Tabela 3). Nas TP do sítio do RU, os valores médios encontrados foram superiores a  $12 \text{ mg kg}^{-1}$  de solo na camada superficial, com o teor de P aumentando em profundidade. Neste sítio, os maiores teores de P foram encontrados em TP,

seguidos de TM, com teores em torno de 2,5 mg kg<sup>-1</sup> de solo e valores mais baixos em LA, em torno de 1,5 mg kg<sup>-1</sup> de solo.

Diferentemente dos demais sítios, nas parcelas de RP foram encontrados baixos teores de P disponível em todos os Tratamentos, com os maiores valores verificados na camada superficial, em torno de 5 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Não houve diferença entre Tratamentos na camada de 0 a 10 cm; para as demais profundidades, foram observadas diferenças significativas entre TP (5 mg kg<sup>-1</sup> de P no solo) e os solos adjacentes (LA e TM) apresentaram valores em torno de 2 a 3 mg kg<sup>-1</sup> de solo (Tabela 3).

Para um mesmo Tratamento, comparando os diferentes sítios de estudo, foram verificadas diferenças significativas entre o LA do EA e o das demais parcelas; em TM foram verificadas diferenças significativas entre as parcelas do LG quando comparada às demais parcelas e para o Tratamento em TP houve diferença significativa entre a parcela localizada no LG das demais parcelas em TP pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para todas as profundidades (Tabela 3).

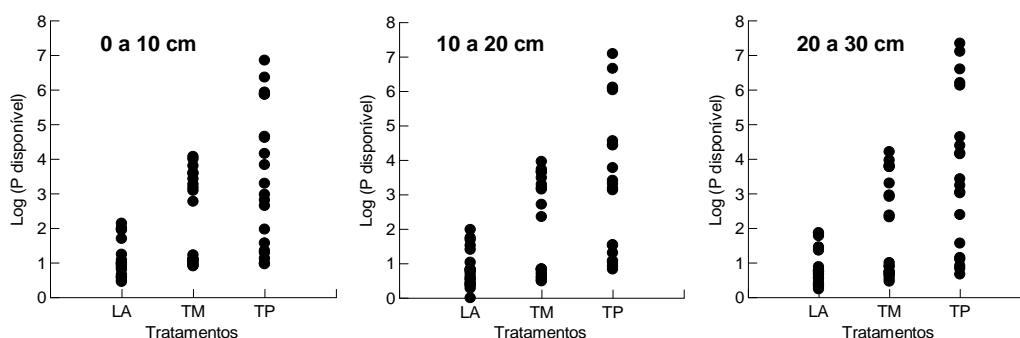


Figura 10: Teores de P disponível (transformados em Log na base 10), nos Tratamentos LA, TM e TP nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm, para os quatro sítios de estudo.

Para verificar a contribuição da matéria orgânica no incremento dos teores de P disponível no solo, foi realizada uma análise de regressão linear para as três profundidades estudadas.

As parcelas em LA apresentaram a maior relação entre os Tratamentos estudados na camada superficial diminuindo em profundidade. Na camada de 20 a 30 cm não houve relação entre o conteúdo de C orgânico e os teores de P disponível (Figura 11).

O Tratamento TM apresentou uma baixa relação entre o aumento dos teores de carbono orgânico e aumento dos teores de P disponível nos solos em todas as profundidades estudadas.

A TP apresentou um baixo coeficiente de relação e não significativa entre o conteúdo de carbono do solo e P disponível, em todas as camadas (Figura 11).

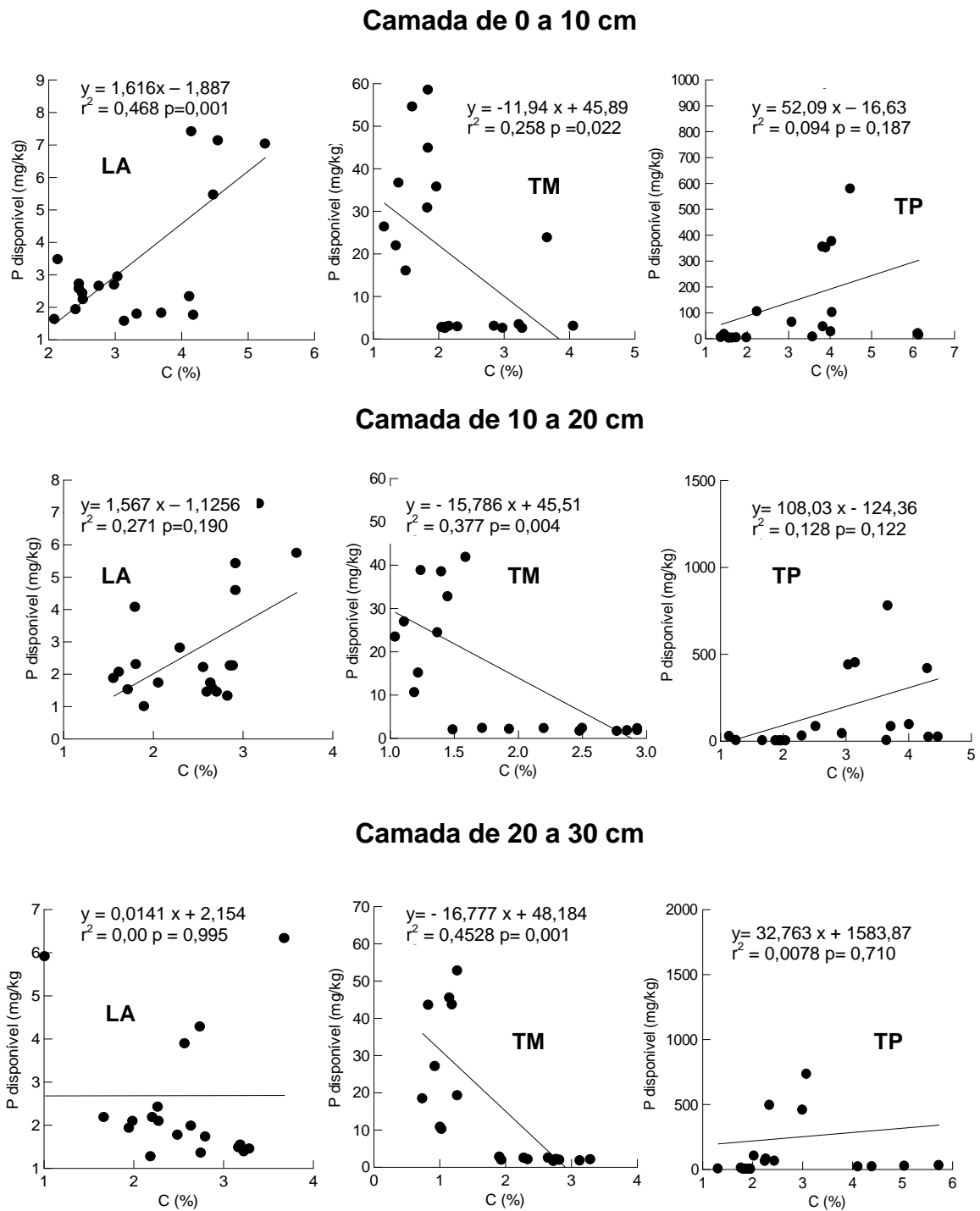


Figura 11: Relação entre teores de C (%) e de P disponível (mg kg<sup>-1</sup>), em solos sob capoeiras nas camadas 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm para os Tratamentos LA, TM e TP.



## Soma de bases no solo

Os maiores valores de Soma de Bases ( $SB = Ca + Mg + K + Na$ ), foram verificados no Tratamento em TP quando comparado às médias dos Tratamentos em TM e LA (Figura 12). Nos sítios EA e LG, foram observados valores médios considerados elevados de 10 e 15  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo, respectivamente. Nos sítios RP e RU, foram observados baixos teores de SB, em torno de 0,2  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo, em todos os Tratamentos demonstrando os baixos teores de todas as bases trocáveis analisadas, nestes solos, como Ca, Mg, Na e, principalmente, o K, com teores de apenas 0,05  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo, justificando, desta maneira a elevada acidez destes solos (Tabela 3).

Diferenças significativas nos teores de Ca + Mg ocorreram entre a parcela de LA do EA e as demais parcelas do mesmo Tratamento, em todas as profundidades. A parcela de TM do LG apresentou os maiores teores de Ca + Mg entre todas as parcelas do estudo sendo significativamente diferente das demais parcelas em todas as profundidades (Tabela 3). Entre as parcelas de TP, os maiores valores observados no EA e LG diferindo significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) das demais parcelas de mesmo Tratamento.

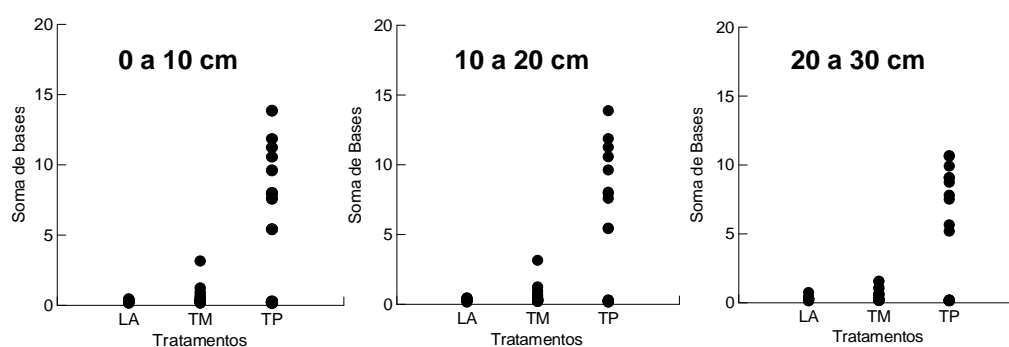


Figura 12: Teor de Soma de Bases ( $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$  de solo) nos Tratamentos LA, TM e TP nas profundidades 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm para os quatro sítios do estudo.

Tabela 3: Valores médios (n=5) de P, K e Ca+Mg para os Tratamentos LA, TM, TP nas diferentes profundidades nos quatro sítios do estudo.

Variável	Sítios	0-10 cm			10-20 cm			20-30 cm		
		LA	TM	TP	LA	TM	TP	LA	TM	TP
P mg kg <sup>-1</sup>	EA	7,10 Ac	23,7 Bb	68,6 Ba	5,41 Ac	20,0 Bb	67,8 Ba	5,37 Ac	17,1 Bb	64,5 Ba
	RU	1,85 Bc	2,77 Cb	12,5 Ca	1,50 Bb	2,20 Cb	16,7 BCa	1,44 Bb	2,32 Cb	20,4 BCa
	LG	2,37 Bc	46,0 Ab	521 Aa	2,25 Bc	40,8 Ab	657 Aa	2,16 Bc	50,5 Ab	889 Aa
	RP	2,67 Bb	2,89 Cb	3,17 Ca	1,75 Bb	1,83 Cb	2,85 Ca	1,76 Bb	1,88 Cb	2,58 Ca
K cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	EA	0,08 Ba	0,05 Bb	0,05 Bb	0,05 Ba	0,04 Ba	0,06 Aa	0,05 Ba	0,04 Ba	0,05 Ba
	RU	0,05 Ba	0,04 Bb	0,03 Bb	0,04 Ba	0,02 Bb	0,02 Bb	0,04 Ba	0,03 Bab	0,02 Bb
	LG	0,15 Aa	0,18 Aa	0,12 Aa	0,15 Aa	0,09 Aa	0,08 Aa	0,21 Aa	0,26 Aa	0,17 Aa
	RP	0,06 Ba	0,03 Bb	0,03 Bb	0,04 Ba	0,05 Ba	0,04 Ba	0,04 Ba	0,03 Ba	0,03 Ba
Ca+Mg cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	EA	0,21 Ab	0,24 Bb	6,77 Aa	0,20 Ab	0,42 Bb	7,99 Aa	0,18 Ab	0,37 Bb	7,23 Aa
	RU	0,13 Ba	0,15 Ba	0,12 Ba	0,09 Ba	0,10 Ca	0,08 Ba	0,10 Ba	0,01 Ca	0,08 Ba
	LG	0,11 Bc	1,06 Ab	11,2 Aa	0,09 Bc	0,88 Ab	10,0 Aa	0,08 Bc	0,85 Ab	9,22 Aa
	RP	0,12 Ba	0,12 Ba	0,12 Ba	0,07 Ba	0,07 Ca	0,07 Ba	0,09 Ba	0,07 Ca	0,08 Ba

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre Tratamentos de um mesmo sítio e médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre sítios para o mesmo Tratamento, pelo teste de Tukey (p<0,05). Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

## Micronutrientes

Todos os micronutrientes avaliados, cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), apresentaram diferenças expressivas entre os Tratamentos, para os diversos sítios estudados (Tabela 4).

No sítio EA, foram verificadas diferenças significativas nas concentrações de Cu, entre Tratamentos, em todas as profundidades, com as maiores médias observadas em TP (Tabela 4), ocorrendo o mesmo no sítio LG; para o sítio RU só houve diferença entre os Tratamentos na camada superficial e o maior valor foi verificado no LA, 0,60 mg kg<sup>-1</sup> de solo. No sítio RP não foram verificadas diferenças significativas entre os Tratamentos para os teores de Cu que entre os sítios pesquisados apresentou os teores mais baixos (Tabela 4).

De maneira geral, o Fe apresentou teores elevados no Tratamento LA e menores no Tratamento em TP, com valores intermediários em TM. No sítio LG, no Tratamento LA, foram observadas as maiores médias, de aproximadamente 727 mg kg<sup>-1</sup> de solo, enquanto que as menores médias foram determinadas em TP, com 28,6 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Diferenças estatísticas (Tukey, p<0,05) foram apresentadas principalmente entre os Tratamentos LA e TP, para todos os sítios em todas as profundidades (Tabela 4).

O Mn apresentou valores consideravelmente elevados, principalmente na TP do EA, com teores de até 214 mg kg<sup>-1</sup> de solo e do LG, com 95, mg kg<sup>-1</sup> de solo na camada de 0 a 10 cm, diminuindo em profundidade. Valores mais modestos foram verificados na TP dos sítios RU e RP, com 3,10 e 0,84 mg kg<sup>-1</sup> de solo na camada superficial, respectivamente; mesmo assim estes valores foram superiores e estatisticamente diferentes quando comparados aos LA adjacentes (Tabela 4).

O Zn apresentou comportamento semelhante ao Mn, com os maiores teores na camada superficial (0 a 10 cm) na TP dos sítios EA e LG, com 11,2 e 19,4 mg kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente, enquanto que os menores teores foram medidos em LA, com a TM apresentando valores intermediários. Em todos os sítios foram verificadas diferenças significativas entre os Tratamentos TP e LA, com exceção da área de RP (Tabela 4).

Tabela 4: Teores médios (n=5) de Cu, Fe, Mn e Zn em mg kg<sup>-1</sup> de solo nas parcelas em LA, TM e TP sob capoeiras para cada um dos sítios do estudo

Variáveis	Sítios	Tratamentos								
		LA	TM	TP	LA	TM	TP	LA	TM	TP
		-----0-10 cm -----			-----10-20 cm -----			-----20-30 cm -----		
<b>Cu</b> (mg kg <sup>-1</sup> )	EA	0,06 b	0,24 b	0,56 a	0,04 b	0,22 b	0,60 a	0,04 b	0,22 b	0,70 a
	RU	0,60 b	0,40 ab	0,36 a	0,56 a	0,38 a	0,42 a	0,48 a	0,38 a	0,40 a
	LG	0,32 c	0,54 b	1,00 a	0,30 c	0,62 b	1,20 a	0,22 c	0,52 b	1,60 a
	RP	0,24 a	0,30a	0,26 a	0,26 a	0,30 a	0,30 a	0,26 a	0,24 a	0,24 a
<b>Fe</b> (mg kg <sup>-1</sup> )	EA	216 ab	341 b	136 a	253 a	433 b	150 a	236 ab	564 b	197 a
	RU	169 b	231 b	69,4 a	174 b	2140 b	117 a	166 b	203 b	94,0 a
	LG	727 c	86,8 b	28,6 a	697 c	84,8 b	33,0 a	680 b	67,4 a	46,6 a
	RP	343 a	326 a	284 a	461 b	335 ab	282 a	443 c	345 b	286 a
<b>Mn</b> (mg kg <sup>-1</sup> )	EA	1,84 b	9,18 b	214 a	1,70 b	6,29 b	88,3 a	1,86 b	5,84 b	34,6 a
	RU	0,74 b	0,96 b	3,10 a	0,44 b	0,64 b	3,70 a	0,58 b	0,72 b	5,20 a
	LG	0,76 c	47,9 b	95,0 a	0,82 c	32,8 b	67,7 a	0,90 c	19,4 b	41,2 a
	RP	0,90 a	0,76 a	0,84 a	0,54 b	0,60 b	0,78 a	0,70 ab	0,66 b	0,86 a
<b>Zn</b> (mg kg <sup>-1</sup> )	EA	0,66 b	0,88 b	11,2 a	0,44 b	0,72 b	8,26 a	0,46 b	0,48 b	5,82 a
	RU	0,72 ab	0,68 b	0,80 a	0,62 a	0,58 a	0,60 a	0,68 a	0,58 a	0,56 a
	LG	0,20 c	1,58 b	19,4 a	0,28 c	1,40 b	19,0 a	0,30 c	1,06 b	18,7 a
	RP	0,56 a	0,56 a	0,50 a	0,40 a	0,40 a	0,46 a	0,46 a	0,48 a	0,46 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre Tratamentos da mesma área e mesma profundidade, pelo teste de Tukey (p<0,05). Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

## 5.2 - Produção de liteira fina

As maiores produções anuais de liteira, foram obtidas nas capoeiras dos sítios EA e LG e os menores valores de produção foram observados para as parcelas localizadas nos sítios do RU e RP (Tabela 5). Entre todas as parcelas, a maior produção de liteira ocorreu na capoeira do Tratamento LA do EA e a menor produção no LA em RP. Para a área do LG a maior produção foi verificada na capoeira do Tratamento TP e no RU na capoeira sobre TM (Tabela 5).

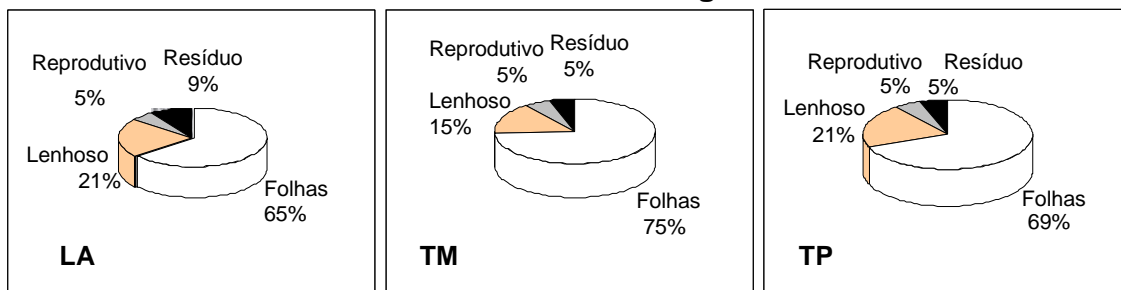
A fração foliar apresentou as maiores contribuições para a liteira em torno de 60 a 80% da biomassa total, para todas as capoeiras estudadas, entre os Tratamentos a TM apresentou as mais altas proporções de folhas (>70 %) em todos os locais de estudo; o material lenhoso contribuiu com 12 a 29% do total da liteira fina; o material reprodutivo e os resíduos finos, não-identificáveis contribuíram com apenas 5% (Figura 13).

Tabela 5: Produção de cada componente (folhas, lenhoso, reprodutivo, resíduo) ( $\text{g m}^{-2}$ ) e produção anual da liteira fina ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) para cada parcela do estudo.

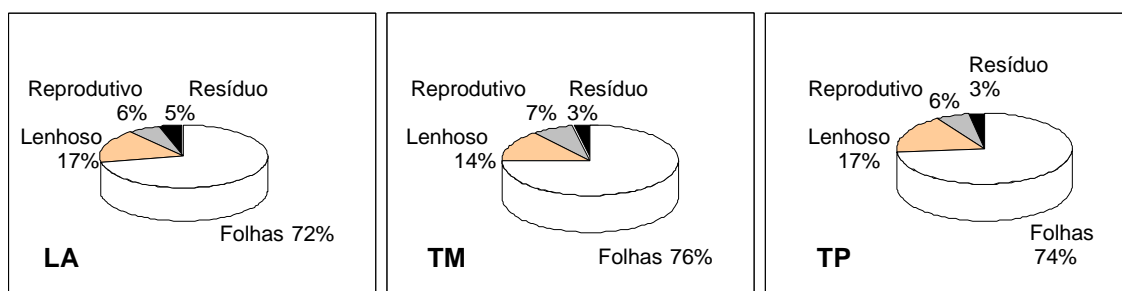
Áreas	Parcelas	Folhas	Lenhoso	Reprodutivo	Resíduo	Total
		-----g m <sup>-2</sup> ano -----				Mg ha <sup>-1</sup> ano
EA	LA	828	276	68	63	<b>12,3</b> A
	TM	734	153	54	51	<b>9,9</b> B
	TP	707	215	51	54	<b>10,2</b> AB
RU	LA	634	150	56	41	<b>8,8</b> A
	TM	734	142	72	33	<b>9,8</b> A
	TP	636	149	54	25	<b>8,6</b> A
LG	LA	762	140	78	46	<b>10,2</b> B
	TM	692	163	56	42	<b>9,5</b> B
	TP	968	335	100	67	<b>14,7</b> A
RP	LA	555	118	47	18	<b>7,3</b> A
	TM	587	87	47	22	<b>7,4</b> A
	TP	533	260	48	40	<b>8,8</b> A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula em coluna, não diferem estatisticamente entre Tratamentos de um mesmo sítio pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ); Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

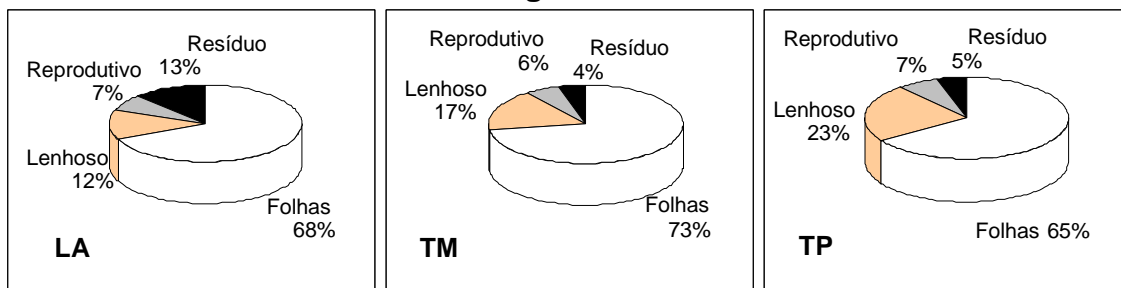
### EA - Encontro das águas



### RU – Rio Urubu



### LG - Lago Grande



### RP – Rio Preto

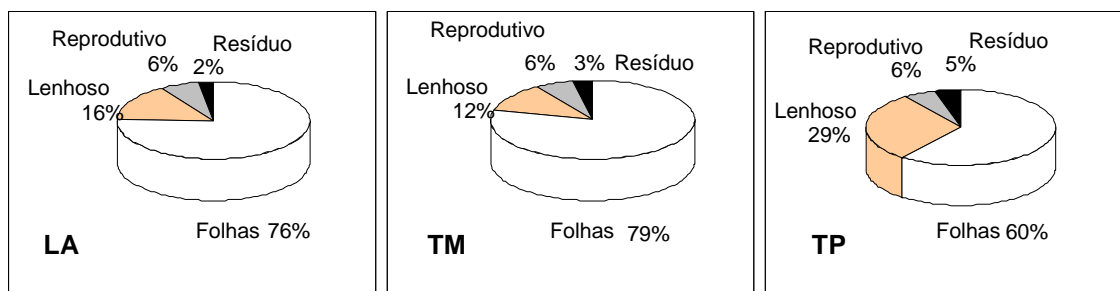
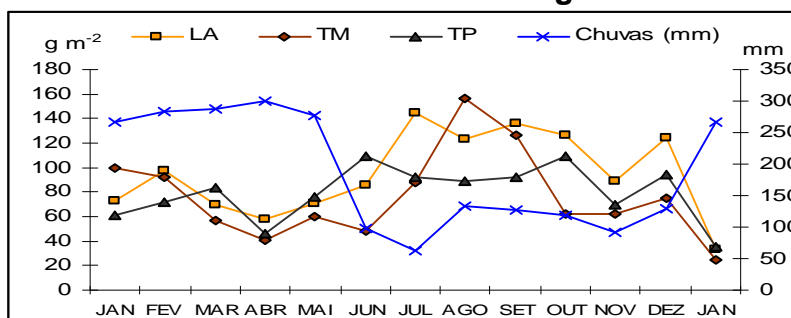


Figura 13: Percentual das frações (folhosa, lenhosa, reprodutiva e residual) da liteira fina produzida em capoeiras sobre Latossolo Amarelo (LA), Terra Mulata (TM) e Terra Preta (TP), nos quatro sítios do estudo.

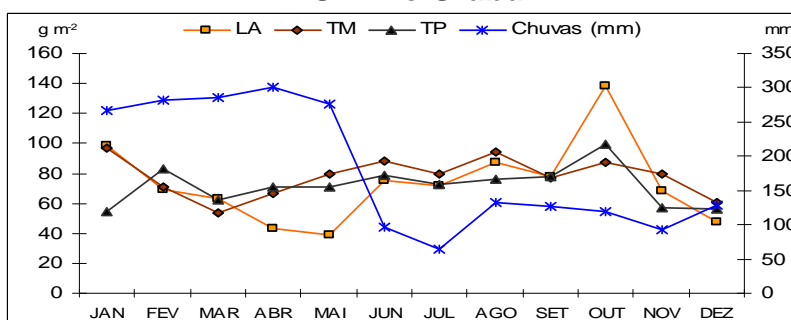
A influência da sazonalidade na produção da liteira fina das capoeiras, nas estações chuvosa (meses de janeiro a maio e mês de dezembro, com precipitação acima de 200 mm de chuva por mês) e seca (meses de junho a novembro de 2005) foi avaliada para o período de coleta compreendido entre janeiro de 2005 (2ª quinzena) e janeiro de 2006 (1ª quinzena). Vale ressaltar que o ano de 2005 foi atípico em relação ao clima e às medidas de chuvas e ventos, uma vez que no primeiro trimestre do ano choveu intensamente e ocorreram fortes ventos na região de Manaus e vizinhança, que compreende as áreas de estudo. Estes eventos climáticos foram facilmente verificados no campo devido ao grande número de árvores caídas dentro das parcelas e um aumento significativo do volume de liteira produzida pelas capoeiras estudadas no período. Apesar do grande volume de chuvas do primeiro trimestre, que se estendeu até o mês de maio, o período de estiagem deste mesmo ano foi prolongado, ocorrendo na Amazônia uma das maiores secas de todos os tempos que se estendeu até o mês de novembro, com uma precipitação inferior a 100 mm (Figura 14).

A maior produção de liteira fina nas capoeiras, ocorreu na estação seca, em todos os sítios do estudo com as maiores produções de liteira ocorrendo nos meses de agosto e setembro para todos os sítios a única exceção foi observada para a parcela de TP do EA (Tabela 6). As diferenças mais marcantes entre a produção de liteira das duas estações foram observadas no sítio RP, que também apresentou a menor produção anual de liteira fina.

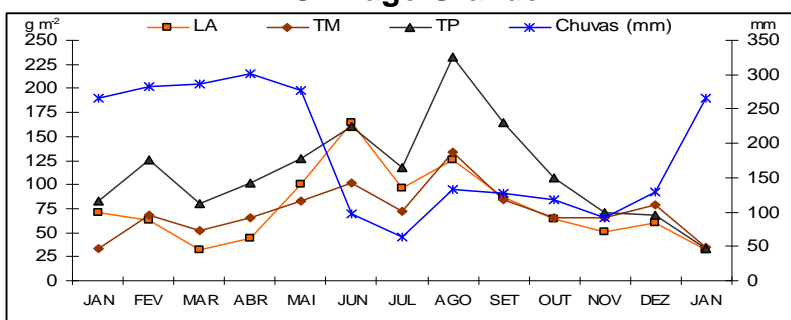
### EA - Encontro das águas



### RU – Rio Urubu



### LG - Lago Grande



### RP – Rio Preto

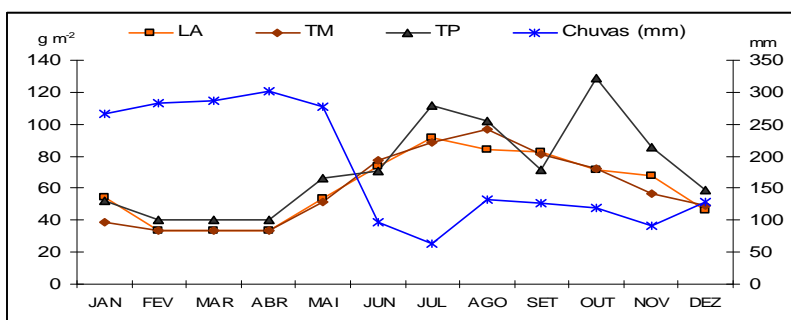


Figura 14: Valores médios mensais de produção de liteira fina ( $g\ m^{-2}$ ) nas parcelas em TP, TM e LA para os quatro sítios do estudo ( $n=12$ ) e valores mensais de chuvas (mm).

Tabela 6: Produção de liteira fina para as estações chuvosa e seca (2005); Produção total, camada média de liteira do solo e coeficiente de decomposição ( $k_L$ ) nos quatro sítios de estudo.

Sítios	Parcelas	Estação chuvosa (Mg ha <sup>-1</sup> )	Estação seca (Mg ha <sup>-1</sup> )	Produção Total Mg há ano	Camada de Liteira do solo (n=5)	$k_L$
EA	LA	5,1	7,2	12,3	7,05	<b>1,7</b>
	TM	4,5	5,4	9,9	4,72	<b>2,0</b>
	TP	5,2	5,0	10,2	4,96	<b>2,0</b>
RU	LA	3,6	5,2	8,8	5,50	<b>1,6</b>
	TM	4,7	5,1	9,8	5,60	<b>1,7</b>
	TP	4,0	4,60	8,6	5,25	<b>1,6</b>
LG	LA	4,3	6,9	10,2	5,30	<b>1,9</b>
	TM	4,3	6,2	9,5	4,45	<b>2,1</b>
	TP	4,9	9,8	14,7	7,27	<b>2,0</b>
RP*	LA	2,1	5,2	7,3	6,05	<b>1,2</b>
	TM	2,2	5,2	7,4	5,00	<b>1,4</b>
	TP	2,4	6,4	8,8	5,67	<b>1,5</b>

\* Valores anuais de produção, estimados a partir dos nove meses de coleta efetivamente realizadas; Estação Chuvosa compreende os meses de elevada precipitação pluviométrica (Jan, Fev, Mar, Abr, Mai e Dez) e estação seca os demais meses; Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

### Camada de liteira e determinação do Coeficiente de decomposição ( $k_L$ )

Para verificar a camada de liteira que recobre a superfície do solo e determinar o coeficiente de decomposição ( $k_L$ ) foram realizadas cinco amostragens da liteira do solo divididas durante o período de coleta. O coeficiente de decomposição foi obtido a partir da relação entre a produção anual de liteira fina produzida pela capoeira e a média da camada de liteira do solo do ano de estudo.

Para um coeficiente maior que um ( $k_L > 1$ ) se verifica uma rápida decomposição da liteira fina depositada sobre o solo pela vegetação. Para os diferentes Tratamentos em estudo (capoeiras em LA, TM, TP) foi verificado  $k_L > 1$  em todas as parcelas evidenciando uma decomposição acelerada da liteira depositada (Tabela 6).

A maior média entre as camadas de liteira do solo foi verificada para a área do LG na capoeira sobre TP (7,27 Mg ha<sup>-1</sup>), seguida pela parcela de capoeira em LA no EA (7,05 Mg ha<sup>-1</sup>). No sítio RP foram observados os menores  $k_L$ , evidenciando decomposição mais lenta da necromassa contribuindo para que nesta área os valores da camada média de liteira do solo fossem equivalentes



aqueles verificados em áreas com grande aporte de necromassa, evidenciando grande heterogeneidade entre os Tratamentos do estudo em relação a camada de liteira do solo (Tabela 6).

A espessa camada de liteira do solo da TP do LG se deve provavelmente a elevada produção de liteira desta capoeira, do mesmo ocorre com a espessa camada de liteira que recobria o LA adjacente no EA que se deve também a decomposição mais lenta da necromassa vegetal produzida pela capoeira desta parcela que é evidenciada por apresentar o menor  $k_L$  entre as parcelas deste sítio.

Nas demais parcelas da área do LG também foram verificados um  $k_L$  elevado, ( $k_L > 2$ ) com a decomposição acelerada da liteira de solo sendo estes valores do coeficiente de decomposição similares aos encontrados nos Tratamentos, LA, TM E TP do sítio EA. (Tabela 6).

### **5.3 - Entrada anual de C e macronutrientes via liteira fina no solo**

Os valores de C adicionados ao solo via liteira variaram de 3,05 a 6,53 Mg ha<sup>-1</sup> ano para os diferentes sítios de estudo não demonstrando haver uma relação significativa entre adição de C e os Tratamentos estudados: No sítio EA a maior adição de C ocorreu na parcela em LA; no RU na parcela em TM e nas áreas do LG e RP foi observada uma maior entrada de C nas parcelas de capoeiras sobre TP (Tabela 7).

As entradas de N, diferentemente do C, apresentaram os mais altos valores nas parcelas de TP, com exceção do sítio RU, onde a maior valor entrada de N foi verificada na capoeira em TM. Em geral, a área de RP apresentou os menores valores de entrada de N via liteira e a área do EA apresentou os mais baixos valores. Em números absolutos a diferença mais marcante ocorreu entre LA e TM do LG da parcela em TP.

As entradas de P para o solo foram maiores nas parcelas em TP, para todos os sítios do estudo, com entradas anuais via liteira que variaram de 2,45 a 20,6 kg de P, com os valores mais altos notados no LG e EA. Os valores menos expressivos de entradas de P ocorreram nas áreas de RP e RU, que também apresentaram os teores mais baixos de P disponível nos solos.

As entradas de K variaram entre 9,4 e 22,5 Kg ha<sup>-1</sup> ano apresentando comportamento semelhante ao P, com os maiores valores em TP; no sítio RP o maior valor foi verificado na parcela de LA.

Entradas de Ca foram expressivas nas áreas do EA e LG; porém, nas áreas do RU e RP, ocorreram as menores entradas de Ca. Em todos os sítios estudados, as maiores entradas deste nutriente ocorreram na parcelas em TP, seguidas pelas TM e por últimos às parcelas de LA adjacente. O mesmo padrão foi encontrado para o Mg em todos os sítios estudados (Tabela 7).

Tabela 7: Quantidades anuais de C orgânico (Mg ha<sup>-1</sup>) e macronutrientes (kg ha<sup>-1</sup>) adicionados aos solos pela liteira fina das capoeiras, nos quatro sítios de estudo.

Sítios	Tratamentos	C	N	P	K	Ca	Mg
		Mg ha <sup>-1</sup>	-----kg ha <sup>-1</sup> -----				
EA	LA	5,52	189	6,35	17,3	99,4	17,4
	TM	4,56	193	11,2	17,0	206	25,6
	TP	4,50	203	15,5	22,5	274	39,0
RU	LA	3,05	131	3,21	9,80	11,3	10,0
	TM	4,36	157	4,75	13,3	49,6	17,5
	TP	3,76	140	5,60	14,3	37,0	13,4
LG	LA	5,04	170	5,20	16,2	54,6	19,4
	TM	4,50	157	9,91	11,2	180	26,0
	TP	6,50	218	20,6	22,2	297	46,0
RP	LA	3,26	89,2	2,60	13,2	17,0	13,4
	TM	3,45	105	2,45	9,40	15,7	11,0
	TP	4,00	112	4,15	12,2	51,7	18,0

Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontro das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

#### 5.4 - Conteúdo de nutrientes da liteira fina

##### Carbono, Nitrogênio, relação C/N

Os teores de C da liteira fina representada em sua maior parte pelas folhas, permaneceu no intervalo de 43,7 a 46,7 %, não havendo variações substanciais entre os Tratamentos ou entre os sítios de estudo nem diferenças significativas entre Tratamentos (Figura 15).

Os valores de N nos solos antrópicos (TM e TP) foram geralmente mais altos do que nos solos de origem mineral (LA), em todos os sítios do estudo.

Diferenças significativas entre os teores médios de N da liteira foram encontradas entre os Tratamentos nas áreas do EA e RP.

As menores variações entre os teores de N da liteira foram verificadas entre as parcelas em LA dos diferentes sítios estudados com teores médios entre 1,25 e 1,56 %. A área do EA apresentou os maiores valores médios de N na liteira da TP e TM (Tabela 9).

Os valores de relação C\N foram menores no sítio do EA quando comparados a liteira dos demais sítios. A mais alta relação C\N (acima de 30) foi verificada no sítio RP, onde também foram verificados os teores mais baixos de N da liteira (Figura 16). Para o material lenhoso, as mais altas relações C/N foram observadas nas capoeiras sobre LA adjacente, no sítio EA; Já o material reprodutivo deste mesmo sítio apresentou os maiores teores de N e também a mais baixa relação C/N entre o material reprodutivo de todos os sítios (Anexos I II e III). Diferenças significativas foram constatadas para a relação C\N entre os solos antrópicos do sítio RP dos demais sítios; dentro de um mesmo sítio, foi encontrada uma relação C/N na liteira da TP do EA significativamente menor do que em TM e LA (Tabela 9).

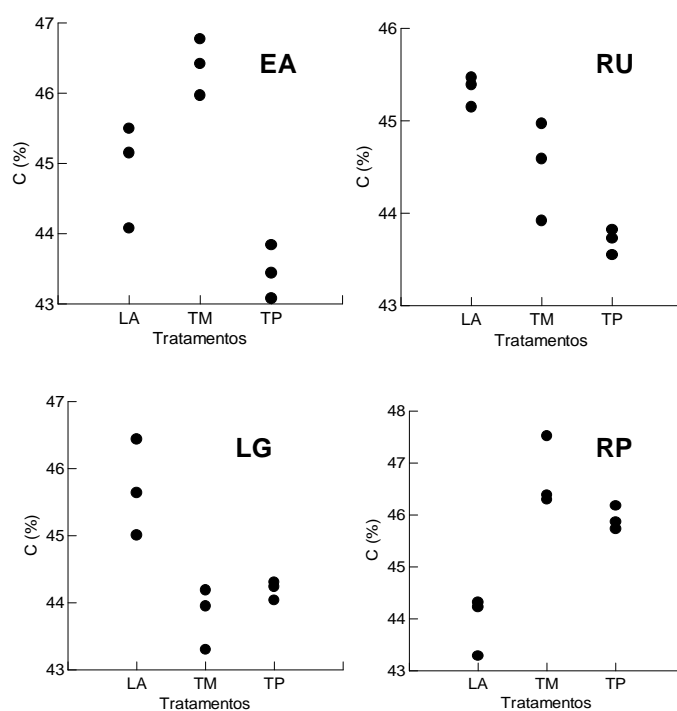


Figura 15: Teor de C nas folhas de liteira fina (%) nos Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP).

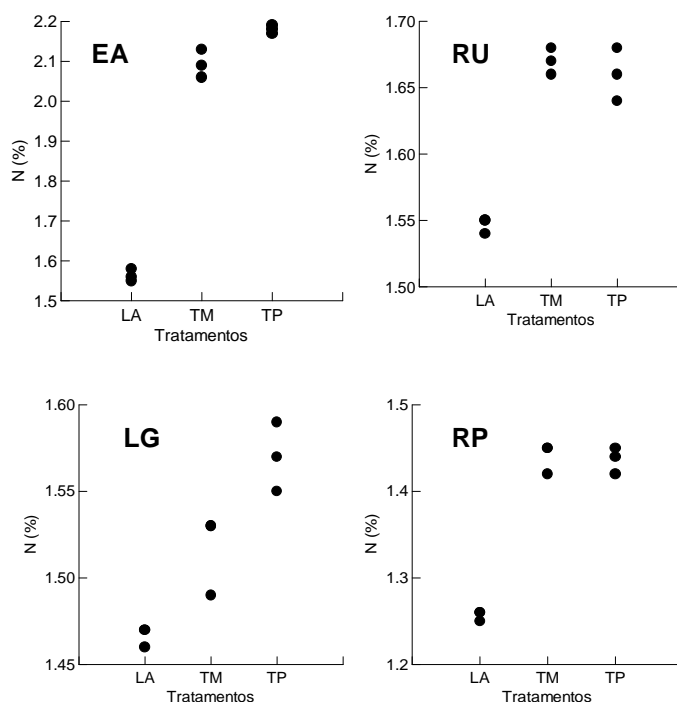


Figura 16: Teor de N nas folhas de liteira fina (%) nos Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP).

## Fósforo

Os maiores teores de P ocorreram na liteira fina das parcelas em TP e TM, acima de  $1 \text{ g kg}^{-1}$  quando comparados aos teores de P encontrados na biomassa vegetal proveniente das parcelas em LA com teores em torno de  $0,35 \text{ g kg}^{-1}$  (Figura 17).

Diferenças significativas foram observadas entre os Tratamentos em todas as áreas com a liteira (fragmento foliar) da parcela em TP diferindo dos demais Tratamentos. As TM com valores intermediários diferiram dos LA adjacentes nas áreas do EA, LG não apresentando significância pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) para as áreas do RU e RP.

Entre parcelas de mesmo Tratamento para as diferentes áreas não houve grande variação para o material vegetal analisado das capoeiras em LA, para a liteira produzida em TM e TP houve certa variação entre as áreas, com semelhanças nos teores de P para o EA e LG que não diferiram entre si das áreas no RU e RP que não apresentaram significância entre as mesmas (Tabela 9).

Para o material lenhoso, reprodutivo e resíduo apesar de serem observados os maiores teores de P no material produzido pelas capoeiras em TP, não houve significância entre o material dos diferentes Tratamentos para a mesma área (Anexos I II e III).

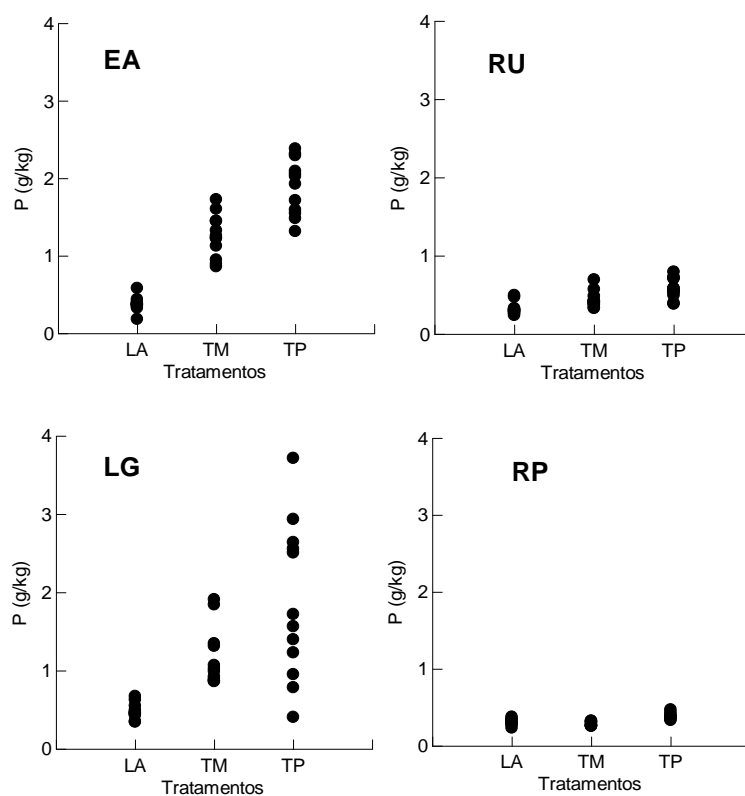


Figura 17: Teor de P em  $\text{g kg}^{-1}$  de folhas, para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo. Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP) (n=12).

Tabela 8: Teores médios de C orgânico e N total (%) relação C/N (n=3) e teor médio de P (g kg<sup>-1</sup>) (n=4) do material foliar da liteira fina de capoeiras nos Tratamentos LA, TM e TP, para os quatro sítios de estudo.

Variáveis	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
C (%)	LA	44,9Aa	45,3 Aa	45,7 Aa	43,9 Aa
	TM	46,4 Aa	44,5 Aa	43,8 Aa	46,7 Aa
	TP	43,4 Aa	43,7 Aa	44,2 Aa	45,9 Aa
N (%)	LA	1,5 Ba	1,54 Aa	1,46 Aab	1,25 Bb
	TM	2,1 Aa	1,67 Ab	1,51 Ab	1,44 Ab
	TP	2,2 Aa	1,66 Ab	1,57 Ab	1,43 Ab
C/N	LA	28,7 Ab	29,1 Ab	31,1 Aab	34,9 Aa
	TM	22,1 Bb	26,6 Bb	28,8 Bab	32,4 Aa
	TP	19,9 Bc	26,32 Bb	28,1 Bab	31,9 Aa
P (g kg <sup>-1</sup> )	LA	0,38 Ca	0,32 Bb	0,48 Ca	0,31 ABb
	TM	1,26 Ba	0,44 ABb	1,16 Ba	0,29 Bb
	TP	1,90 Aa	0,59 Ab	1,87 Aa	0,39 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre Tratamentos de um mesmo sítio e médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre sítios para o mesmo Tratamento, pelo teste de Tukey (p<0,05). Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

## 5.5 Bases na liteira fina (fração foliar)

### Cálcio

A fração foliar apresentou os teores mais elevados de Ca na liteira proveniente da parcela em TP nas áreas do EA, LG e RP já os valores mais baixos foram notados nas parcelas da área do RU (Figura 18). Para o material lenhoso, os maiores valores foram verificados nos Tratamentos em TM e TP, nas áreas de EA, LG, RU e valores mais baixos no material lenhoso da área de RP (Anexo IV). Em geral o material reprodutivo e o resíduo originado de capoeiras sobre TP e TM apresentaram os maiores teores de Ca, principalmente nas parcelas localizadas nas áreas do EA e LG (Anexos V e VI).

Diferenças significativas para o Ca foram observadas entre os Tratamentos e também entre áreas pelo teste Tukey (p<0,05). As diferenças mais marcantes ocorreram entre liteira originado de parcelas em TP comparados com material de LA e entre TM e LA (Tabela 10). O teor de Ca da liteira de coletor foi significativamente diferente quando comparados o material da fração foliar do mesmo Tratamento entre as diferentes áreas. Não houve significância entre o teor de Ca da liteira do LA do EA e LG, mas ocorreu diferença entre a liteira desta

área da área do RU e RP. Comportamento semelhante entre liteira de coletor de mesmo Tratamento também foi verificado para a TM e TP ocorrendo diferença significativa entre as TM do EA e LG das demais parcelas o mesmo ocorreu para material vegetal originário das parcelas em TP das diferentes áreas (Figura 18).

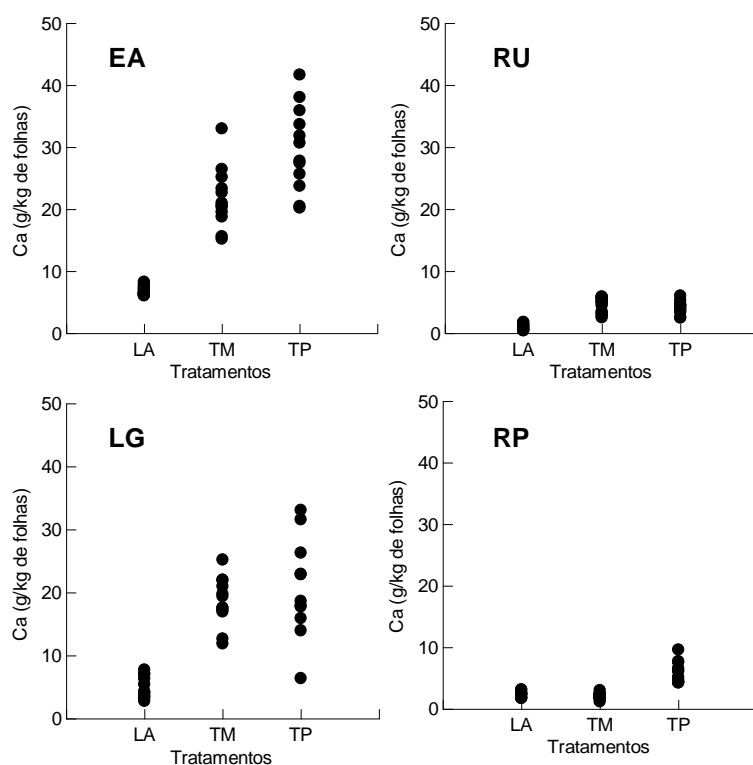


Figura 18: Teor de Ca em  $\text{g kg}^{-1}$  de liteira (fração foliar), para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP).

## Magnésio

O Mg apresentou os teores mais altos na liteira (material foliar) proveniente das parcelas em TP e TM do que nas parcelas em LA. Os valores encontrados foram significativamente diferentes dos teores verificados no material foliar originado em capoeiras sobre LA em todos os sítios, exceto em RP (Figura 19 e Tabela 10).

Para o mesmo Tratamento entre as áreas foi verificada diferença significativa pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) entre as parcelas de TP e TM do EA e

LG das demais áreas, para o Tratamento em LA não houve grande variação entre os teores de Mg entre as parcelas das diferentes áreas.

Para a fração lenhosa, reprodutiva e residual foi notado o mesmo comportamento observado nas folhas, entretanto ocorreram pequenas variações nos teores de Mg entre os diversos fragmentos (Anexos IV, V e VI).

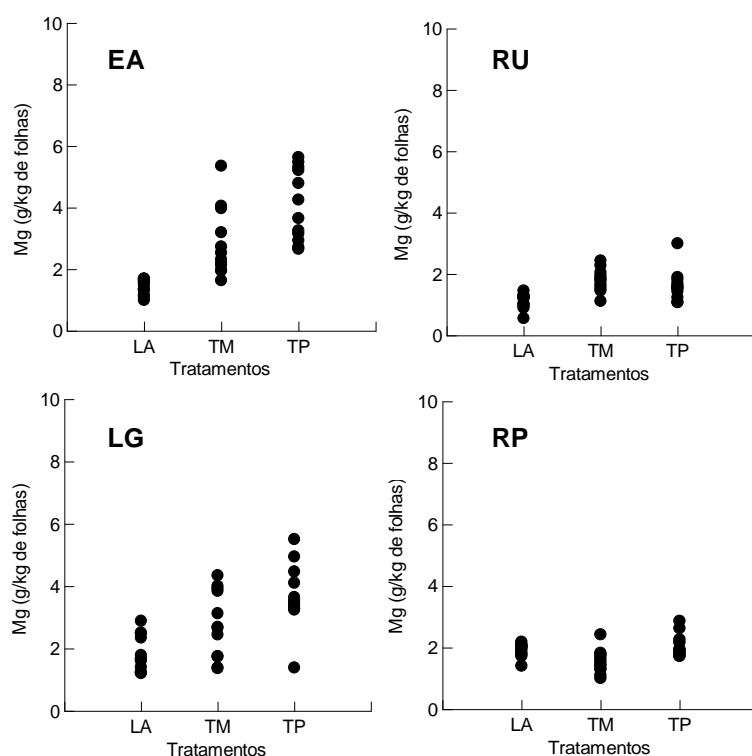


Figura 19: Teor de Mg em  $\text{g kg}^{-1}$  de folhas, para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP).

## Potássio e Sódio

Em geral os teores de K foram baixos não havendo grande variação entre o material vegetal das diferentes áreas (Figura 20). Entre os diferentes fragmentos, os maiores teores de K foram verificados na fração reprodutiva e residual das parcelas em TP com exceções na área de RP e RU (Anexos IV, V e VI).

Para a fração foliar os maiores teores de K foram verificados no Tratamento em TP, diferindo significativamente pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para os demais Tratamentos em todas as áreas com exceção da área do RU (Tabela 10).



Em geral o Na apresentou teores muito baixos em todas as frações estudadas com teores menores que  $1 \text{ g kg}^{-1}$  de material vegetal (Figura 21). Para as folhas os maiores valores de sódio foram verificados em LA do EA e RU, e na TM do LG e RP diferindo significativamente dos demais Tratamentos (Tabela 10).

Na fração lenhosa os maiores valores de Na foram notados no material provenientes de TM de todas as áreas diferindo significativamente, menos para a área do RU que não apresentou diferença estatística. O material reprodutivo e também os resíduos finos apresentaram de forma geral os maiores teores de Na nas parcelas de LA e TM, diferindo significativamente das parcelas de TP, que apresentaram os menores valores (Anexos IV, V e VI).

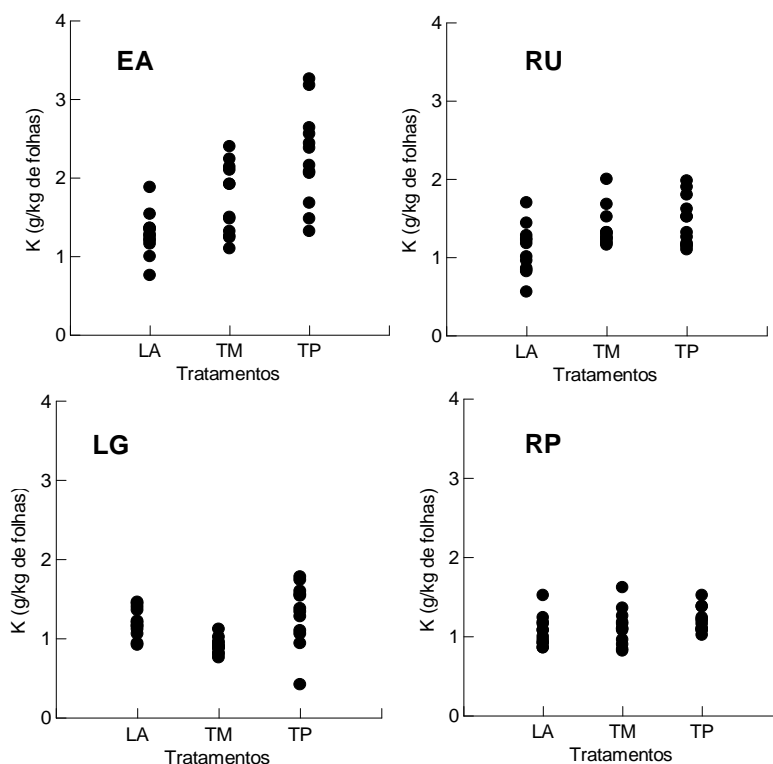


Figura 20: Teor de K em  $\text{g kg}^{-1}$  de folhas, para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo Encontro das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP).

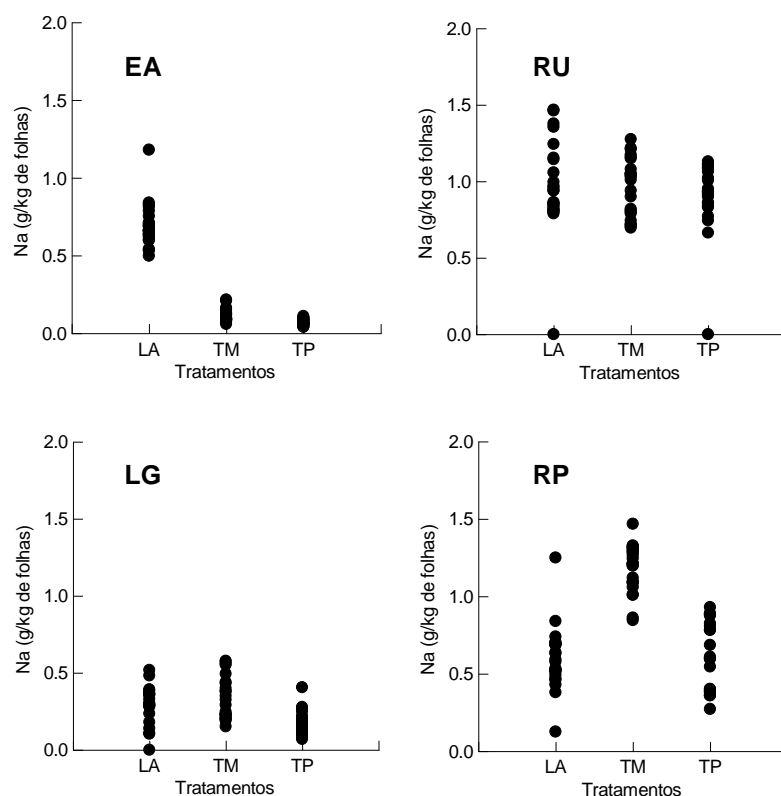


Figura 21: Teor de Na em  $\text{g kg}^{-1}$  de folhas, para os Tratamentos em LA, TM e TP para os diferentes sítios de estudo: Encontros das Águas (EA), Rio Urubu (RU), Lago Grande (LG) e Rio Preto (RP).

Tabela 9: Teores médios de Ca, Mg, K e Na da liteira fina (fração foliar), nos Tratamentos LA, TM e TP em todas as áreas ( $n=12$ ).

Variáveis ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
Ca	LA	6,82 Bc	1,04 Bb	4,93 Bb	2,37 Bb
	TM	21,8 Ab	4,60 Aa	18,6 Aa	2,09 Bb
	TP	29,7 Aa	4,12 Aa	23,2 Aa	5,94 Aa
Mg	LA	1,42 Bc	1,13 Bc	1,84 ABc	1,93 Aa
	TM	2,84 ABb	1,80 Ba	2,78 Ab	1,55 Bb
	TP	4,10 Aa	1,63 Bb	3,70 Aa	2,06 Aa
K	LA	1,28 Aa	1,09 Ab	1,20 Ab	1,07 Ac
	TM	1,72 Ab	1,37 Ba	0,91 Bc	1,12 Bb
	TP	2,27 Aa	1,46 Ba	1,31 Ba	1,21 Ba
Na	LA	0,72 Ba	1,10 Aa	0,27 Cb	0,59 Bb
	TM	0,12 Bb	1,10 Aa	0,40 Bab	1,16 Aa
	TP	0,07 Bc	0,85 Aa	0,17 Bc	0,60 Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre Tratamentos de um mesmo sítio e médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre sítios para o mesmo Tratamento, pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

## 5.6 Micronutrientes

Dentre os micronutrientes estudados, os menores valores de cobre foram observados para a liteira fina proveniente de parcelas em LA seguidos pela TM com os maiores valores em TP exceto para o sítio de RP. As diferenças significativas mais marcantes ocorreram entre os Tratamentos TP e LA (Tukey,  $p < 0,05$ ) (Tabela 10).

Para o material lenhoso os teores de Cu foram maiores para TM nos sítios EA e LG com 11,5 e 21,2 mg kg<sup>-1</sup> de material lenhoso, respectivamente, não diferindo estatisticamente do Tratamento TP (Tukey  $p > 0,05$ ). Nos demais sítios os maiores valores de Cu foram determinados em TP, seguida de TM e LA (Anexo VII).

Nos materiais reprodutivos os valores de Cu foram maiores na TP do RU; na área do EA e LG foram superiores em TM e curiosamente em RP foi maior no LA, diferindo estatisticamente pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ) dos demais Tratamentos (Anexo VIII).

Na fração resíduos, os maiores valores foram observados na TP, do EA, RU e LG seguido da TM e LA. Em RP os maiores teores foram notados em LA, diferindo significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) (Anexo IX).

O Fe apresentou os maiores teores nas folhas do Tratamento TM do EA e RP, diferindo estatisticamente da TP e do LA; na área do LG a maior média foi observado no LA, diferindo dos demais Tratamentos (Tabela 9).

No material lenhoso os menores teores de Fe foram verificados no Tratamento TP em todos os sítios, diferindo significativamente dos demais Tratamentos. Para o material reprodutivo os teores mais elevados foram verificados no Tratamento em LA, com exceção da área de RP que apresentou o teor mais elevado em TM.

De forma geral, entre todos os fragmentos, os resíduos apresentaram os maiores valores de Fe, principalmente em LA, diferindo estatisticamente dos demais Tratamentos (Tabela 10).

O Mn nas folhas em geral apresentou teores mais elevados em TP em todos os sítios exceto no sítio LG onde o maior valor foi obtido em TM com 161,5 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 10).

No material lenhoso, material reprodutivo e resíduos os menores valores foram observados no LA e os maiores ocorreram nos Tratamentos TP e TM, (Anexos VII,VIII e IX).

O zinco, na fração foliar apresentou o maior teor em TP, com teores médios entre 10,6 e 31,2 mg kg<sup>-1</sup> de folhas, diferindo estatisticamente dos outros dois Tratamentos, em todos os sítios estudados. Para o material lenhoso foram verificados valores elevados em TM e TP para os diferentes sítios, sendo verificado o mesmo comportamento para o material reprodutivo.

Para os resíduos finos, não identificados os maiores valores foram verificados na TP do EA e do LG diferindo significativamente. Para os sítios RU e RP não foram verificadas diferenças significativas entre as médias dos Tratamentos (Anexos VII, VII e IX).

Tabela 10: Teores médios de Cu, Fe, Mn e Zn da liteira fina, fração foliar, (n=12) de capoeiras nos Tratamentos em LA, TM e TP em todos os sítios do estudo.

Variáveis (mg kg <sup>-1</sup> )	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
Cu	LA	5,33 b	1,33 c	9,50 c	21,50 b
	TM	10,33 a	2,83 b	15,33 b	17,06 c
	TP	10,67 a	10,00 a	21,33 a	24,00 a
Fe	LA	82,00 b	62,33 ab	230,83 a	49,00 b
	TM	116,80 a	58,83 b	60,00 b	53,17 a
	TP	82,67 b	65,75 a	64,50 b	47,33 b
Mn	LA	80,00 c	32,83 c	85,83 b	74,17 b
	TM	161,50 a	113,83 b	389,00 a	51,33 c
	TP	119,00 b	313,75 a	83,67 b	90,83 a
Zn	LA	6,30 c	4,00 c	15,00 b	11,80 b
	TM	22,33 b	7,80 b	15,00 b	9,80 c
	TP	31,20 a	10,16 a	28,00 a	14,00 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula entre colunas não diferem estatisticamente entre Tratamentos de mesma área, pelo teste de Tukey (p<0,05). Latossolo Amarelo (LA); Terra Mulata (TM); Terra Preta (TP); Encontros das Águas (EA); Rio Urubu (RU); Lago Grande (LG); Rio Preto (RP).

## 5.7 - Relação entre os teores de macronutrientes do solo e da liteira fina

### Relação N total do solo com N da fração foliar da liteira fina

Não houve relação significativa entre os teores de N no solo com os teores de N observados na liteira entre os tratamentos estudados. Foi verificada uma relação positiva, porém baixa para a camada superficial, porém o mesmo não

ocorreu nas demais profundidades que apresentaram uma relação negativa e não significativa entre os teores de N do solo e N da liteira fina (Figura 22).

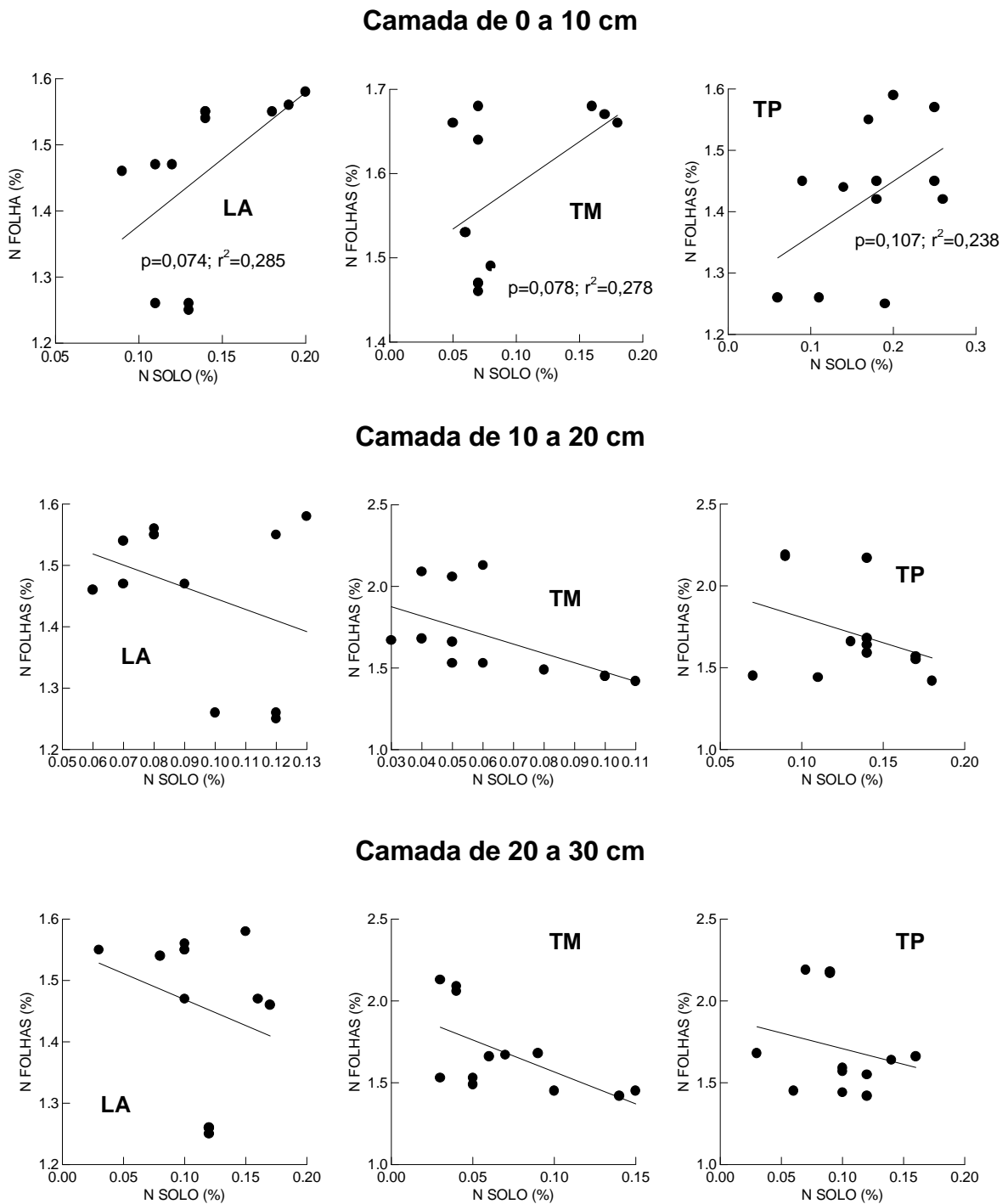


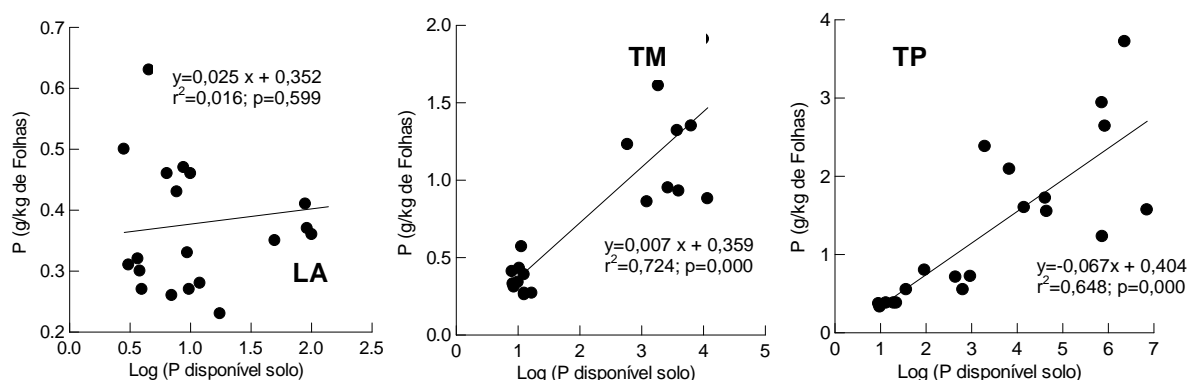
Figura 22: Relação entre o conteúdo de N (%) no solo e o conteúdo de N (%) nas folhas de liteira dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

## Relação P disponível do solo e da liteira

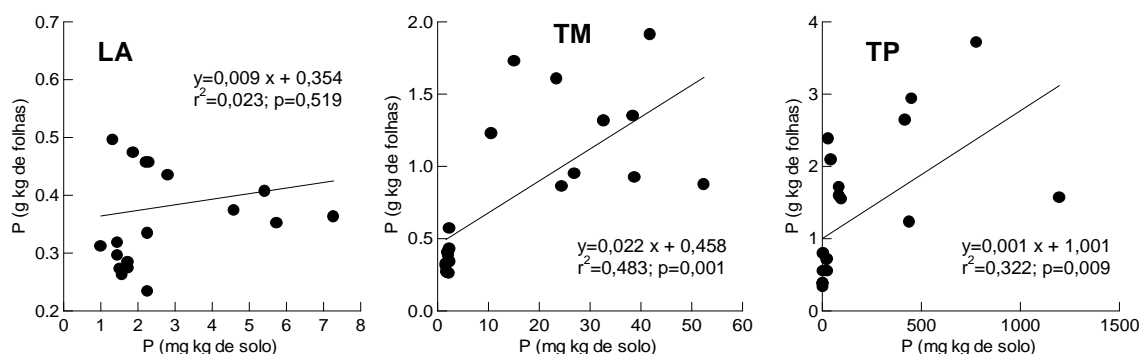
Em LA apesar de haver relação positiva não houve significância ( $p < 0,05$ ) em nenhuma das camadas estudadas ( $p = 0,399$ ;  $r^2 = 0,040$ ) ( $p = 0,519$ ;  $r^2 = 0,023$ ) ( $p = 0,227$ ;  $r^2 = 0,080$ ).

Diferentemente do LA foram verificadas relações positivas com significância entre o P disponível e P da liteira em TP e TM para a camada superficial ( $p = 0,008$ ;  $r^2 = 0,327$ ) ( $p = 0,000$ ;  $r^2 = 0,582$ ), intermediária ( $p = 0,009$ ;  $r^2 = 0,322$ ) ( $p = 0,001$ ;  $r^2 = 0,4834$ ) e na profundidade de 20 a 30 cm ( $p = 0,004$ ;  $r^2 = 0,374$ ) ( $p = 0,003$ ;  $r^2 = 0,397$ ) (Figura 23).

### Camada de 0 a 10 cm



### Camada de 10 a 20 cm



### Camada de 20 a 30 cm

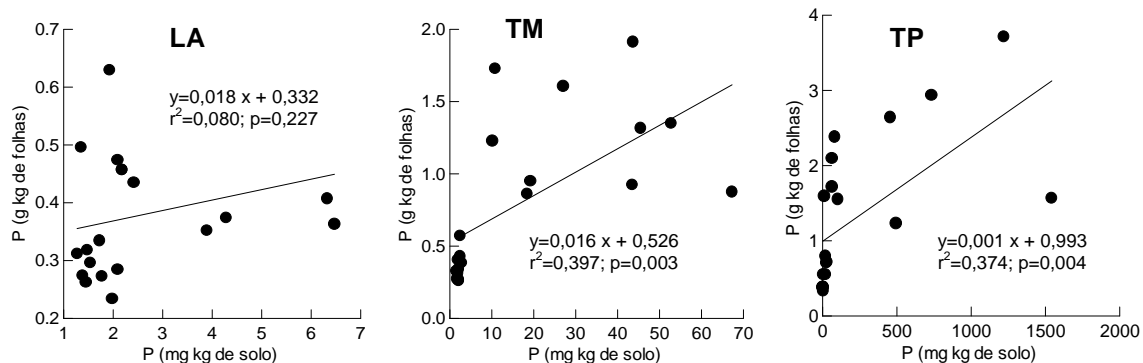


Figura 23: Relação entre o conteúdo de P disponível do solo e o conteúdo de P da liteira (folhas) dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

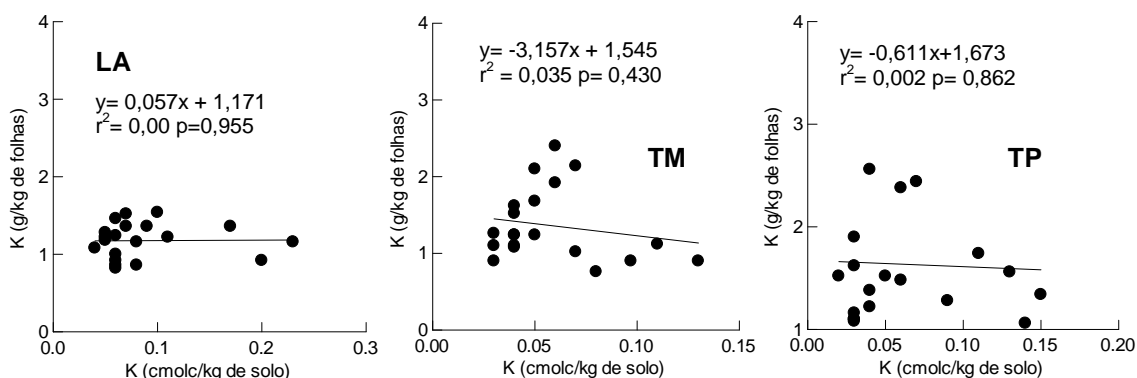
### Relação entre os teores de K do solo e da fração foliar da liteira

As relações entre o conteúdo de K do solo e o teor de K encontrado na liteira das parcelas em LA, de forma geral foram baixas e não apresentaram significância para as profundidades de estudadas de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 30 cm ( $p=0,955$ ;  $r^2=0,00$ ) ( $p=0,862$ ;  $r^2=0,060$ ) ( $p=0,304$ ;  $r^2=0,059$ ) respectivamente.

No Tratamento em TM foi verificada uma relação inversa entre o conteúdo de K do solo e conteúdo de K verificado na liteira em todas as profundidades estudadas ( $p=0,43$ ;  $r^2=0,035$ ) ( $p=0,005$ ;  $r^2=0,189$ ) ( $p=0,056$ ;  $r^2=0,188$ ).

Para as parcelas em TP a relação K do solo com K da liteira foi negativa na camada superficial ( $p=0,862$ ;  $r^2=0,002$ ) e positiva para as camadas de 10 a 20 cm ( $p=0,466$ ;  $r^2=0,030$ ) e 20 a 30 cm ( $p=0,582$ ;  $r^2=0,017$ ), no entanto, foram baixas não apresentando nenhuma significância (Figura 24).

#### Camada de 0 a 10 cm



#### Camada de 10 a 20 cm

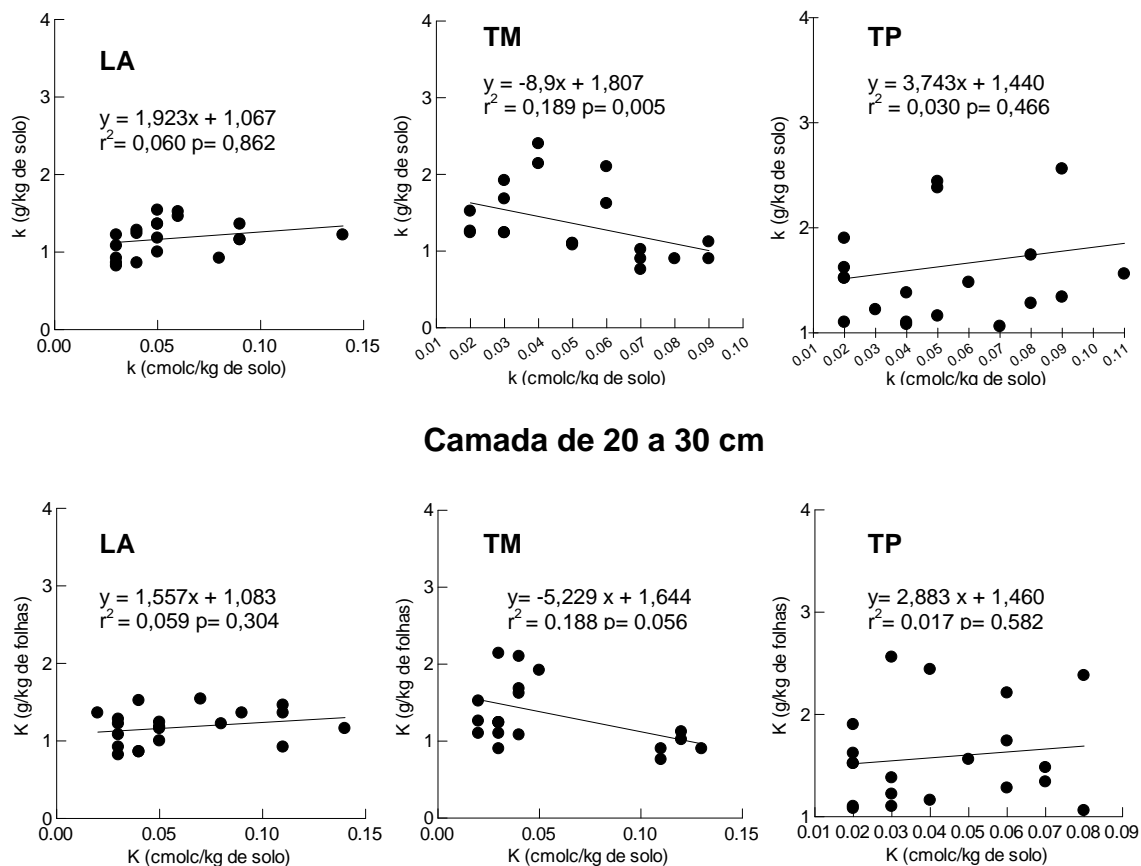


Figura 24: Relação entre o conteúdo de K no solo e o conteúdo de K da liteira (fração foliar) dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

### Relação entre o teor de Ca do solo e o teor de Ca da fração foliar da liteira

O Ca apresentou um comportamento diferente do verificado para o K, apresentando uma relação positiva entre o teor de Ca do solo e o incremento teor de Ca da liteira em todas as profundidades para todos os Tratamentos (Figura 25).

Para as parcelas em Tratamento sobre LA apesar de significativa ( $p < 0,05$ ) foram observadas as menores relações entre conteúdo de Ca do solo e o conteúdo de Ca na liteira para os sítios estudados com significância em todas as camadas ( $p = 0,024$ ;  $r^2 = 0,251$ ), ( $p = 0,000$ ;  $r^2 = 0,565$ ) e ( $p = 0,039$ ;  $r^2 = 0,216$ ) respectivamente 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

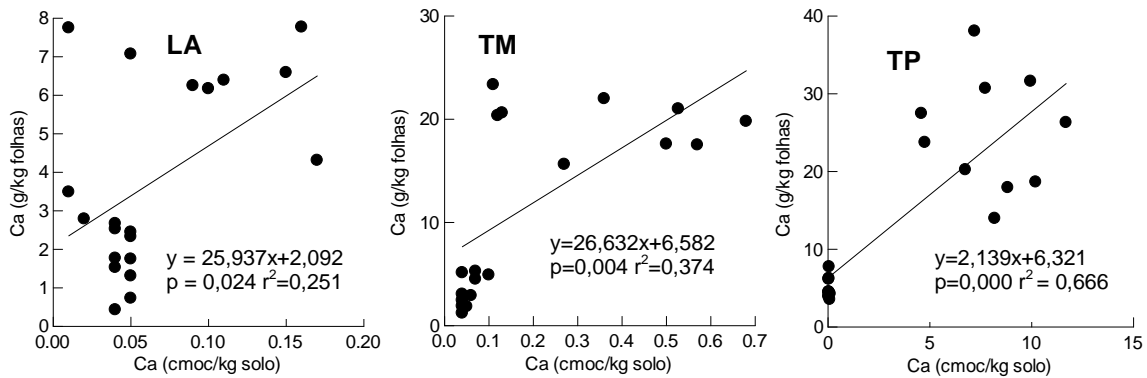
No Tratamento TM para a camada superficial houve relação significativa, porém com baixo coeficiente de correlação ( $p = 0,004$ ;  $r^2 = 0,374$ ), para a camada



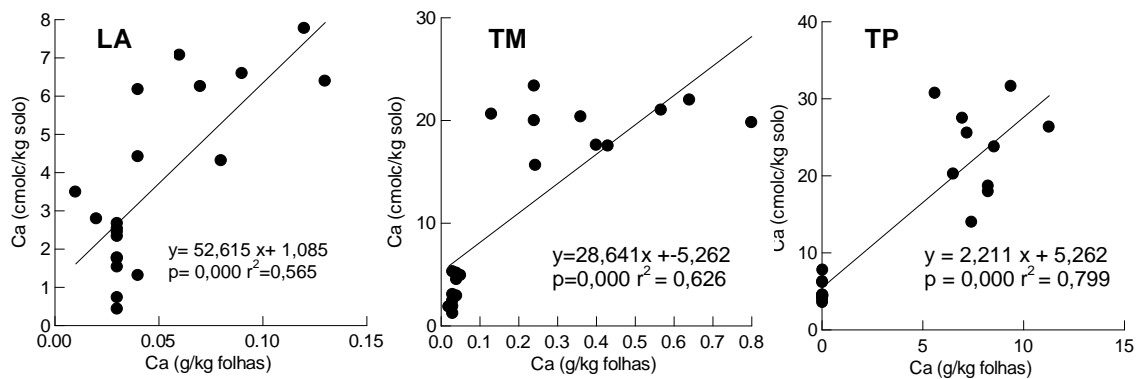
intermediária e a camada de 20 a 30 cm a relação foi significativa apresentando um coeficiente de correlação maior ( $p=0,000$ ;  $r^2= 0,626$ ) ( $p=0,000$ ;  $r^2= 0,657$ ).

Em TP na camada superficial ocorreu uma relação significativa, isto só não ocorreu para a camada de 20 a 30 cm onde a relação foi positiva, porém baixa.

### Camada de 0 a 10 cm



### Camada de 10 a 20 cm



### Camada de 20 a 30 cm

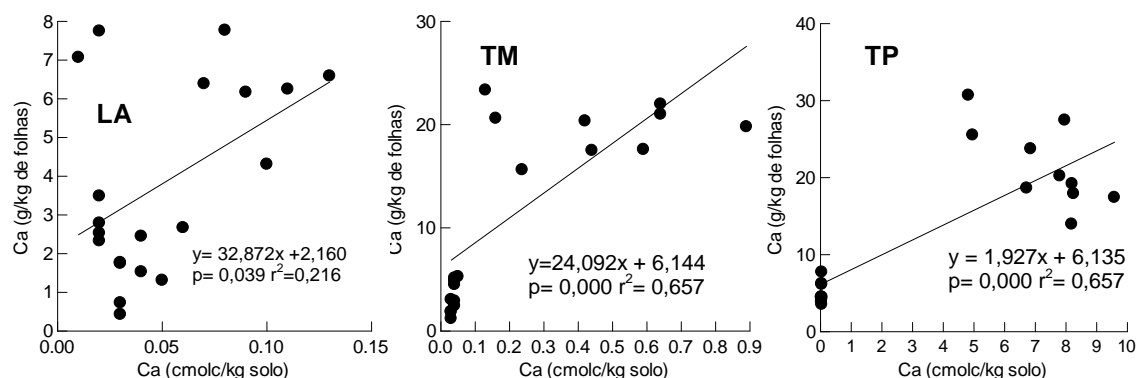


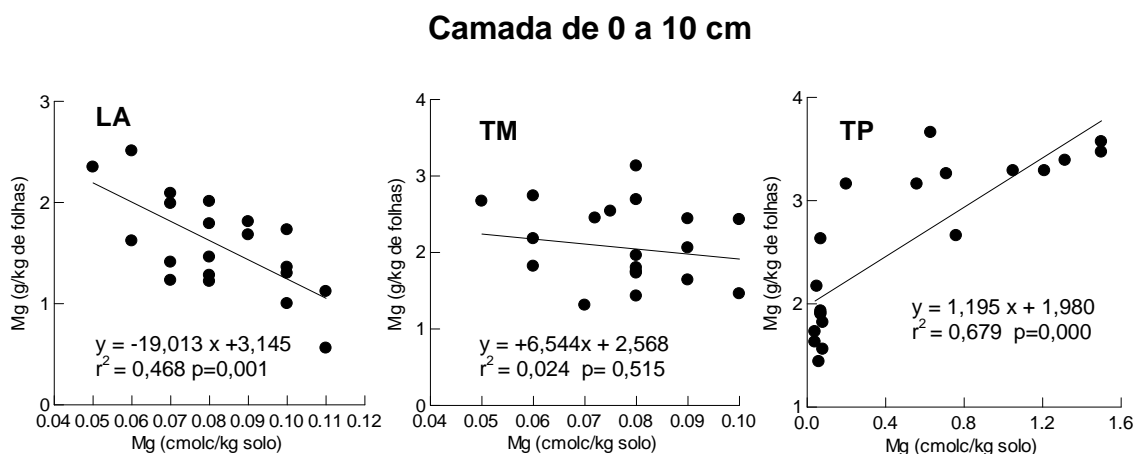
Figura 25: Relação entre o conteúdo de Ca do solo e o conteúdo de Ca na fração foliar dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

## Relação Mg do solo com Mg da fração foliar da liteira

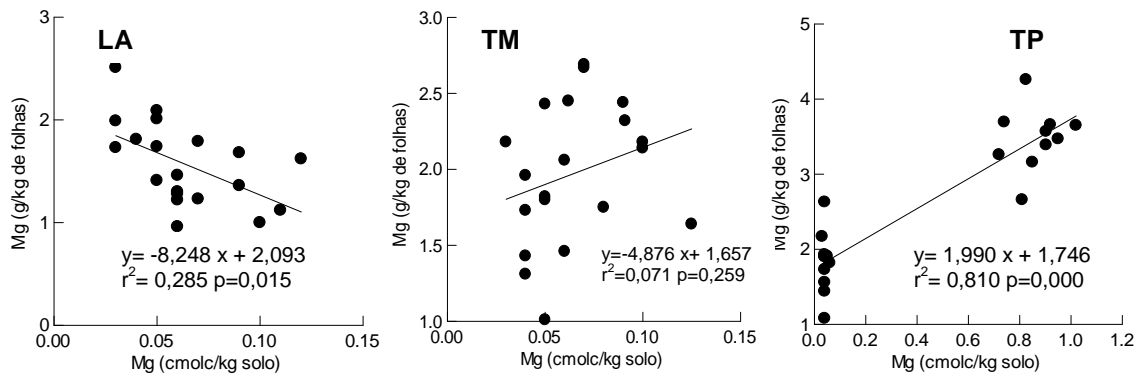
A relação entre o Mg do solo e o Mg observado na liteira apresentou diferentes comportamentos para cada um dos Tratamentos estudados. No Tratamento em LA adjacente foi verificada uma relação negativa entre o aumento do Mg do solo com os teores de Mg da liteira em todas as profundidades estudadas na seguinte ordem ( $p=0,00$ ;  $r^2= 0,539$ ) ( $p=0,043$ ;  $r^2=0,209$ ) ( $p=0,203$ ;  $r^2=0,089$ ).

As parcelas em TM variaram de acordo com a profundidade verificada havendo relação positiva na camada superficial, no entanto sem significância e na camada intermediária não houve relação positiva, para a camada de 20 a 30 cm a relação encontrada foi semelhante à relação da camada superficial com relação positiva, baixa e sem significância ( $p=0,765$ ;  $r^2=0,005$ ) ( $p=0,908$ ;  $r^2=0,001$ ) ( $p=0,365$ ;  $r^2=0,046$ ) respectivamente.

Para o Tratamento em TP foi verificada relação positiva razoável entre o aumento do teor de Mg do solo com os teores observados na fração foliar da liteira para todas as profundidades estudadas ( $p=0,015$ ;  $r^2=0,057$ ) ( $p=0,003$ ;  $r^2=0,406$ ) ( $p=0,004$ ;  $r^2= 0,370$ ) nesta ordem (Figura 26).



### Camada de 10 a 20 cm



### Camada de 20 a 30 cm

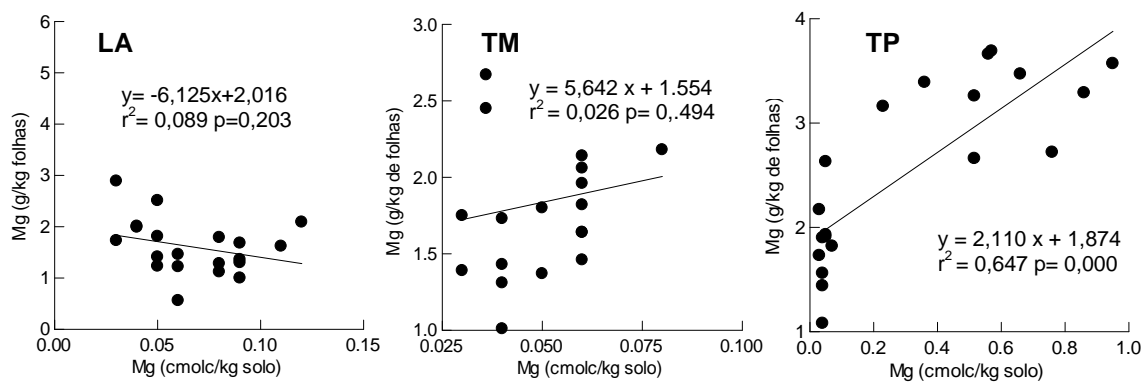


Figura 26: Relação entre o conteúdo de Mg no solo e o conteúdo de Mg na fração foliar da liteira do coletor dos Tratamentos LA, TM e TP para as profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 30 cm.

## 6 – DISCUSSÃO

### 6.1 – Solos

Os valores de pH, Al trocável e soma de bases (SB) verificados nos Latossolos Amarelos adjacentes (LA) estão de acordo com os valores encontrados em outros estudos realizados na Amazônia, com solos muito ácidos, com altos teores de Al e elevados teores de H+Al contrastando com baixos valores de SB (Ranzani, 1980; Chauvel & Boulet, 1987; Rodrigues, 1996).

Diferentemente dos LA adjacentes, os solos antrópicos apresentaram pH elevado, baixo teor de Al trocável e elevada SB, o que explica o fato destes solos apresentarem um pH menos ácido e os menores teores de Al trocável (Brady 1999, Lima *et al.*, 2002).

Os teores de C nos LA foram menores quando comparados às Terras Pretas (TP) e Terras Mulatas (TM). Em geral, permaneceram entre 1 e 3%, diminuindo em profundidade. Estes percentuais também foram verificados por outros estudos para LA na Amazônia (Ranzani, 1980; Smyth, 1996; Rodrigues, 1996; Lima *et al.*, 2002; Major *et al.*, 2005).

Teores de Carbono em solos antrópicos maiores do que os observados por este estudo, de 1 a 4%, são comumente descritos por outros autores para estes tipos de solos (Glaser *et al.*, 1999; Lehmann *et al.*, 2003). Os elevados teores de C verificados nos solos antrópicos ocorrem devido à deposição, no passado, de resíduos de difícil decomposição, restos de material carbonizado e também de combustão incompleta, além de resíduos de animais, pelas populações pré-colombianas que habitavam nestas áreas (Glaser *et al.*, 2001; Glaser, 2003).

Em geral, as TP e TM apresentaram teores de carbono um pouco maiores do que nos LA correspondentes; no entanto, vale ressaltar que há grande variabilidade para o teor de C entre solos antrópicos, e que os teores dependem de uma série de variáveis, como, a textura e a qualidade da matéria orgânica depositada periodicamente (Correia & Andrade 1999; Teixeira *et al.*, 2003).

Para os solos do presente estudo era de se esperar um maior teor de N, em função do alto teor de matéria orgânica encontrada; no entanto os solos

estudados apresentaram uma relação C/N alta, própria de material mais lignificado e de mais difícil decomposição, diminuindo deste modo a disponibilidade de N. Mesmo assim os maiores teores de N total foram verificados nas parcelas em TP. A relação C/N verificada no presente estudo permaneceu na faixa de 20 a 30, sendo considerada uma relação alta, diferente dos resultados encontrados por outros estudos para solos amazônicos sob capoeiras, com uma relação C/N na faixa de 11 a 17 (Sombroek *et al.*, 2002).

O P é comumente encontrado em baixos teores nos solos amazônicos, no entanto são verificados teores elevados em sítios de TP e comumente é utilizado como um dos principais parâmetros para definir estas áreas. O fato de ser acumulado em locais de habitação humana, explica os altos teores deste nutriente nas parcelas em TP e TM que no passado foram áreas de antigos aldeamentos indígenas (Meggers, 1994; Glaser, 2002; Woods, 2003).

Nas parcelas de LA adjacentes foram observados os menores teores de P, resultados comumente observados para este tipo de solo na Amazônia que, em geral são pobres em P (Rodrigues *et al.*, 1996). No entanto as parcelas em solos antrópicos apresentaram teores elevados de P o que também já foi verificado por outros estudos em sítios de TP e TM (Lima *et al.*, 2002; Sombroek *et al.*, 2002; Falcão *et al.*, 2003; Major *et al.*, 2005).

Nos sítios RP e RU, foram verificados os menores valores de P entre as parcelas de TM e TP, demonstrando uma variação muito grande entre estes solos para o teor de P disponível, se opondo à idéia de que todas as TP são ricas neste nutriente e demonstrando que há áreas de TP com baixos valores de P disponível conforme verificado também em outros estudos (Lehmann *et al.*, 2003; Madari *et al.*, 2003; Major *et al.*, 2005).

Os teores de bases trocáveis foram elevados em solos antrópicos, principalmente nos sítios EA e LG e menores nos sítios RU e RP, apesar de não ter sido realizada análise granulométrica dos solos durante a fase de instalação do experimento foram abertas mini-trincheiras e desta foram se verificou de forma empírica que as parcelas TP e TM dos sítios RU e RP são solos arenosos, o que provavelmente contribuiria para uma menor retenção de nutrientes como K, principalmente na região amazônica onde há elevados índices de precipitação pluviométrica ocasionando a lixiviação destes nutrientes.

Entre os micronutrientes, foram verificados teores elevados de Fe e baixos teores de Cu, Mn, Zn, nos LA adjacentes o que está de acordo com outros resultados (Ranzani, 1980; Chauvel *et al.*, 1987). Entretanto nos solos antrópicos TP e TM os teores de Fe foram menores que os verificados no LA e para o Cu, Mn e Zn foram observados teores elevados; dentre estes, o Mn foi o que mais se destacou com altos teores em TP e TM muito acima dos teores verificados no LA. Teores elevados de micronutrientes em solos antrópicos também foram verificados por outros trabalhos na região amazônica (Rodrigues & Malavolta, 1998; Lehmann *et al.*, 2003).

## **6.2 –Produção de liteira e entrada de nutrientes**

Os valores de produção anual de liteira verificados neste estudo corresponderam às produções observadas por outros estudos para áreas de florestas primárias e secundárias em terra firme na Amazônia, em torno de 7,0 a 10 Mg ha<sup>-1</sup> (Foster & De las Salas, 1976; Luizão, 1989; Martius *et al.*, 2004) (Tabela 12). As maiores produções de liteira ocorreram nas capoeiras dos solos antrópicos, que, em geral, apresentaram maiores teores de nutrientes do que os solos minerais adjacentes.

A fertilidade do solo está diretamente relacionada a uma melhor nutrição das capoeiras, que, como resposta apresentou uma maior produção de liteira fina principalmente nas áreas de solos em geral mais férteis com maior disponibilidade de P e outros nutrientes em geral (Vitousek, 1984; Golley, 1986; Mc Grath *et al.*, 1999).

Na composição da liteira foi observada uma maior contribuição do fragmento foliar, na faixa de 60 a 80%. Estes valores estão de acordo com estudos em outras áreas, que obtiveram resultados similares das folhas na composição da liteira (Luizão, 1989; Mazurec & Villela, 1998; Werneck *et al.*, 2001). O percentual do material lenhoso ficou entre 12 e 29% e o material reprodutivo e os fragmentos finos contribuíram com apenas 5 % da constituição da liteira fina.

A maior produção de liteira ocorreu na estação seca em todas as áreas estudadas. Este fato é conhecido para as florestas tropicais e já foi confirmada

por vários outros estudos (Luizão & Schubart, 1987; Luizão, 1989; Swamy & Proctor, 1994). Os meses de maior produção de liteira foram julho, agosto e setembro, mas devido ao prolongamento do período de estiagem, nos sítios RU e RP, ocorreram uma maior produção de liteira no mês de outubro.

### **Carbono e nutrientes da liteira**

Os teores de C na liteira permaneceram no intervalo entre 43,7 e 46,7%. Os maiores valores de C foram notados na fração lenhosa da liteira que se trata do material mais lignificado e de mais difícil decomposição não havendo diferenças entre o material proveniente de diferentes Tratamentos.

Os teores de N da liteira fina proveniente de solos antrópicos foram maiores quando comparados aos teores da liteira produzida em capoeiras nas parcelas em LA adjacentes. Esta diferença contribuiu diretamente para uma maior entrada total de N via liteira fina nas parcelas de TP e TM (Tabela 12). Outros estudos sobre liteira também observaram valores de N em torno de 0,8 a 2,4 % para diferentes floresta de terra firme na Amazônia, demonstrando que os teores encontrados por este trabalho estão de acordo com verificados por outros autores (Martius *et al.*, 2004).

A relação C/N foi maior na liteira produzida nas capoeiras em LA adjacentes do que nos solos antrópicos, explicando em parte a mineralização mais acelerada da biomassa nas parcelas de TP e TM.

Nos solos da planície amazônica, o baixo teor de P disponível é um fator limitante para a produção vegetal (Vitousek, 1984). Este fato foi verificado principalmente para as capoeiras situadas em LA, que apresentaram menor produção de liteira e o menor conteúdo deste nutriente, quando comparado à liteira das capoeiras em TP e TM, as quais apresentaram os maiores teores de P e as maiores produções de liteira. Devido ao maior teor de P na liteira, houve maior entrada deste nutriente nas áreas que apresentaram maiores teores de P disponível no solo (TP e TM), quando comparados ao LA adjacente. As entradas totais de P via liteira fina foram superiores as teores verificadas em outros estudos em florestas e capoeiras tropicais (Tabela 12).

Para o K foram observados baixos teores em todos os sítios do estudo, com os teores de K da liteira entre 0,91 e 2,27 g kg<sup>-1</sup>, havendo pequenas

diferenças entre a liteira produzida nos diferentes Tratamentos. Outros estudos em fragmentos florestais da Amazônia também verificaram teores de K para a liteira nesta faixa não sendo verificadas diferenças significantes entre solos argilosos e arenosos (Vasconcelos & Luizão, 2004).

Elevados teores de Ca foram encontrados na liteira dos solos antrópicos, refletindo os elevados teores deste nutriente nestes solos. Os teores observados por este estudo para a liteira das capoeiras em TP e TM foram superiores aos teores de Ca na liteira encontrados em outras áreas de florestas da Amazônia, porém os conteúdos de Ca verificado na liteira dos LA adjacentes foram similares aos teores de Ca encontrados por outros estudos para a região amazônica (Foster & De las Sallas, 1976; Vasconcelos & Luizão, 2004).

Os teores de Mg da liteira produzida em capoeiras de TP ficaram acima dos teores comumente verificados para este nutriente em liteira fina de florestas tropicais, na faixa de 0,9 a 2,4 g kg<sup>-1</sup> de liteira fina diferente dos resultados observados por outros estudos; porém, para as parcelas em TM e LA os valores ficaram de acordo com estes mesmos estudos, evidenciando os elevados teores deste nutriente para os solos de TP (Foster & De las Sallas, 1976; Luizão, 1987).

Para os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foi observado que os maiores teores no solo favoreceu o incremento destes na liteira fina das capoeiras. O Cu, Mn e o Zn apresentaram maiores teores na liteira dos solos antrópicos. Entretanto, para o Fe da liteira os maiores teores foram encontrados no material proveniente de das capoeiras nas parcelas em LA adjacentes, solos estes de origem mineral e rico em óxidos de Ferro.

### **Entrada de carbono e nutrientes via liteira**

A maior entrada de liteira fina, e conseqüentemente de C, ocorreu nas capoeiras situadas em solos antrópicos. Juntamente com o maior volume de liteira produzida, houve uma maior entrada de nutrientes via liteira da TP e TM do que nos solos adjacentes e as entradas totais de vários nutrientes foram superiores nos solos antrópicos do que os valores verificados por outros estudos em florestas tropicais (Foster & De las Sallas, 1976; Luizão, 1989).



Os valores de N adicionados aos sistemas via liteira ficaram próximos dos valores observados em outros estudos, principalmente para a liteira depositada pelas capoeiras em LA. Em números absolutos, a liteira da TP adicionou a maior quantidade de N, quando comparada aos outros Tratamentos e a outros estudos (Tabela 12).

Diferenças expressivas foram verificadas para o P, que em geral, apresenta taxas de adição via liteira muito baixas, em torno de 1,4 a 3,6 kg (Vitousek & Sanford, 1986; Luizão, 1989). Neste estudo, valores semelhantes foram observados para o LA adjacente e as maiores taxas de adição foram verificadas para as parcelas em TP e TM (Tabela 12).

Um padrão semelhante ao P foi verificado também para Ca e Mg, com entradas expressivas destes nutrientes via liteira quando comparadas aos LA adjacentes e a outros trabalhos.

As entradas de K via liteira foram pequenas, sendo uma conseqüência do baixo teor deste nutriente nos solos das áreas de estudo, que apresentaram baixos teores deste nutriente, fato este verificado em outros estudos para a Amazônia (Luizão, 1987; Correia & Andrade, 1999).

Tabela 11: Produção anual de liteira fina e entrada de nutrientes para diferentes estudos em florestas primárias e capoeiras tropicais.

Local	Sistema	Liteira Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	N -----kg há <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	P	K	Ca	Mg	Autor
Colômbia	Capoeira	9,50	109	2,30		53,0		Foster & De las Sallas, 1976
Brasil	Floresta	6,40	74,0	1,40		20,0		Franken, 1979
Brasil/AM	Floresta	8,25	148	1,60	12,3	31,5	14,8	Luizão, 1989
Brasil/RJ	Mata Atlântica	9,06	122	3,60	56,1	69,7	27,9	Mazurec & Villela, 1998
Brasil/AM	Capoeira/LA	8,91	145	4,33	14,1	45,6	15,0	<b>Presente estudo</b>
Brasil/AM	Capoeira/TM	8,52	153	7,06	12,7	113	20,0	<b>Presente estudo</b>
Brasil/AM	Capoeira/TP	10,0	168	11,5	17,8	156	29,1	<b>Presente estudo</b>

### 6.3 – Camada de liteira depositada sobre o solo

A camada de liteira que recobre a superfície do solo depende diretamente da quantidade depositada pela vegetação e da velocidade com que este material é decomposto e que em parte depende da qualidade química do mesmo (Luizão, & Schubart, 1987; Correia & Andrade, 1999). Para a camada de liteira que recobre a superfície do solo foi observada nesse estudo uma média anual de 5,92 Mg ha<sup>-1</sup> para as parcelas em LA, 4,94 Mg ha<sup>-1</sup> para a TM e 5,79 Mg ha<sup>-1</sup> para o Tratamento em TP. Em outras floretas de terra firme na Amazônia, foram verificados valores entre 6,5 Mg ha<sup>-1</sup> a 13,5 Mg ha<sup>-1</sup> (Luizão, 1995; Correia & Andrade, 1999; Tapia-Coral, 2004).

### 6.4 – Coeficiente de decomposição da liteira

A velocidade de decomposição do material pode ser visualizada pelo coeficiente de decomposição ( $k_L$ ). Em geral em sistemas de florestas tropicais a liteira depositada anualmente pela vegetação sofre uma decomposição acelerada, em virtude das condições climáticas que favorecem o desenvolvimento dos microorganismos e outros decompositores (Moreira & Siqueira 2002). A decomposição acelerada do material vegetal depositado na superfície do solo já foi verificada em diversas áreas da Amazônia e outras florestas tropicais e valores de  $k_L > 1$  são comumente observados para estes sistemas (Fernandes & Andrade, 1999; Tapia-Coral, 2004).

Como dito anteriormente o coeficiente de decomposição é obtido a partir da relação entre a produção anual de liteira fina e a média obtida de diversas amostragens (5) da camada de liteira que recobre o solo no ano do estudo

Todas as parcelas do estudo apresentaram um  $k_L > 1$ , evidenciando uma decomposição acelerada do material. As camadas de liteira das parcelas em solos antrópicos, TP e TM, foram observados os maiores valores de  $k_L$ . No sítio LG a parcela em TP apresentou maior camada média mensal da liteira do solo entre as parcelas dos diferentes tratamentos.; no sítio EA ocorreu o contrário do verificado no LG, uma vez que a maior camada média de liteira do solo foi verificada no Tratamento em LA que apresentou o menor valor de  $k_L$ , entre os tratamentos do mesmo sítio, porém os valores do coeficiente encontrados neste

sítio foram na faixa de 1,7 para o LA e de 2,0 para TM e TP ( $k_L \leq 2$ ), pouco comum para este tipo de vegetação o que evidencia uma decomposição muito rápida da necromassa, valores semelhantes também foram observados no sítio LG com valores de  $k_L$  1,9 para LA, 2,1 e 2,0 para a TM e TP respectivamente todos os sítios do estudo; Para os demais sítios, RU e RP, os valores  $k_L$  também foram maiores que 1.

Em geral os maiores valores de  $k_L$  ocorreram nas parcelas em solos antrópicos, em TP ou em TM, fornecendo indícios de que há uma decomposição mais acelerada da camada de liteira do solo mais rica em nutrientes.

### **6.5 – Relação entre nutrientes da liteira fina e do solo**

Houve uma relação positiva e significativa entre o teor de C orgânico e o conteúdo de N nos solos em todas as camadas, principalmente na superfície do LA adjacente, evidenciando a contribuição da liteira no incremento deste nutriente (Luizão, 1989; Aber & Melillo, 1991).

Apesar dos solos antrópicos apresentarem maiores teores de C, não foi verificada relação positiva com aumento do teor de N do solo. Também não foram verificadas relações significativas entre o teor de N do solo com teor de N da liteira. Isto se justifica em função do N ser um elemento muito instável, que sofre interferência direta de muitas variáveis e as metodologias ainda não apresentam resultados confiáveis (Tomé Jr., 1997).

Para a relação entre o P do solo e o teor de C orgânico, só houve relação positiva e significância para o Tratamento em LA; na Terra Mulata ocorreu uma relação inversa e na TP uma relação positiva baixa e sem significância, evidenciando que os teores de P ali presentes não são oriundos da matéria orgânica depositada pela vegetação presente, mas de restos de plantas, animais e cinzas depositados pelas populações indígenas no passado (Glaser *et al.*, 2002; Woods, 2003).

A relação entre o teor de P disponível nos solos e P da liteira foi significativa, diferentemente do observado para o N, demonstrando uma relação direta entre a disponibilidade de P dos solos e a nutrição das capoeiras.

Não houve relação significativa entre teor de K do solo e o conteúdo de K da liteira para todas as profundidades em todos os Tratamentos evidenciando desta maneira os baixos conteúdos de K nos solos e desta forma não houve incremento na liteira.

Houve relação significativa entre Ca do solo e o Ca da liteira principalmente para os solos antrópicos, em todas as profundidades estudadas

Relações significantes entre o teor de Mg do solo e o teor desse nutriente na liteira foram encontradas apenas para as parcelas em TP onde também foram observados os maiores teores nos solos.

Em geral foi verificado maior relação entre nutrientes do solo e da liteira nos solos antrópicos evidenciando de forma direta a contribuição de um solo mais fértil na nutrição das capoeiras estudadas (Correia & Andrade, 1999).

## 7 – CONCLUSÕES

De forma geral ocorreram diferenças significativas para nutrientes do solo e da liteira fina entre os sítios e entre os diferentes tratamentos de um mesmo sítio.

Os solos antrópicos, TP e TM em apresentaram maiores teores de C orgânico total, N total, P disponível, Ca, Mg trocáveis e micronutrientes do que os LA adjacentes em todos os sítios estudados, porém com bastante variabilidade entre os sítios LG>EA>RU>RP.

Houve maior produção de liteira fina na estação seca nas capoeiras de todos os sítios independentemente do tratamento. As maiores produções anuais de liteira fina foram observadas em capoeiras nos Tratamentos de solos antrópicos TP ou TM com exceção da área do EA onde houve grande produção de liteira fina em LA.

A liteira fina produzida em TP e TM apresentou os maiores teores de N total, P, Ca, Mg e micronutrientes tais como Fe e Mn confirmando que há uma maior nutrição das capoeiras com conseqüente enriquecimento de nutrientes da liteira fina produzida pelas mesmas estabelecidas nos solos mais férteis, neste caso em solos de TP e TM.

Os maiores coeficientes de decomposição ( $k_L$ ) foram verificados nos tratamentos em TP e TM comprovando uma decomposição mais rápida da camada de liteira do solo mais rica em nutrientes.

Relações significativas entre nutrientes do solo e nutrientes da liteira fina foram observadas para a camada superficial dos solos (0 a 10 cm) nas parcelas em TP e TM para P, Ca, e Mg não sendo significativa para o N total e K.

As maiores entradas de nutrientes via liteira foram notadas nas capoeiras estabelecidas nos solos mais férteis TP e TM com ciclagem de nutrientes favorecida por uma rápida decomposição da liteira de solo mais rica em nutrientes.

## 8 - ANEXOS

**Anexo I:** Teores médios de C, N, C/N (n=3) e P (n=4) da fração lenhosa, da liteira fina de capoeiras nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios do estudo.

Variáveis	Parcelas	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
C (%)	LA	45,6 a	43,5 a	45,5 a	46,0 a
	TM	45,8 a	44,8 a	43,7 a	45,4 a
	TP	44,4 a	44,5 a	44,0 a	45,7 a
N (%)	LA	1,11 b	1,25 a	1,27 a	0,88 b
	TM	1,20 a	1,17 a	1,08 ab	1,05 a
	TP	1,20 a	1,29 a	0,95 b	0,90 ab
C/N	LA	41,0 a	34,7 b	35,6 c	51,9 a
	TM	38,1 ab	38,3 a	40,3 b	43,0 b
	TP	36,8 b	34,4 b	46,0 a	50,8 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	LA	0,44 a	0,29 a	0,55 a	0,46 a
	TM	0,43 a	0,38 a	0,69 a	0,40 a
	TP	0,50 a	0,32 a	0,56 a	0,52 a

Média seguida de mesma letra entre colunas, não diferem estatisticamente para o mesmo nutriente, entre Tratamentos de mesmo sítio, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Anexo II:** Teores médios de C, N, C/N (n=3) e P (n=4) da fração reprodutiva, da liteira fina de capoeiras nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios do estudo.

Variáveis	Parcelas	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
C (%)	LA	42,68 b	43,33 a	44,60 ab	43,14 ab
	TM	46,12 a	42,45 a	40,14 b	46,82 a
	TP	44,51 b	44,07 a	47,84 a	42,69 b
N (%)	LA	1,65 b	1,28 b	1,84 a	1,36 b
	TM	2,09 a	1,64 a	1,51 a	1,74 a
	TP	2,22 a	1,85 a	1,89 a	1,29 b
C/N	LA	25,81 a	33,77 a	24,23 a	31,62 a
	TM	21,99 b	26,57 b	26,56 a	26,83 b
	TP	19,99 b	23,70 b	25,10 a	32,92 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	LA	0,31 a	0,52 b	0,28 a	0,34 a
	TM	0,30 a	0,79 b	0,27 a	0,38 a
	TP	0,31 a	1,91 a	0,28 a	0,36 a

Média seguida de mesma letra entre colunas, não diferem estatisticamente, para o mesmo nutriente, entre Tratamentos de mesmo sítio, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Anexo III:** Teores médios de C, N, C/N (n=3) e P (n=4) da fração resíduos, da liteira fina de capoeiras nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios do estudo.

Variáveis	Parcelas	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
C (%)	LA	34,32 b	44,86 a	41,37 a	44,46 a
	TM	42,30 a	43,66 a	43,56 a	44,65 a
	TP	43,43 a	42,88 a	43,25 a	44,37 a
N (%)	LA	1,56 c	1,92 b	1,89 b	1,70 a
	TM	2,01 b	2,29 b	2,10 a	1,92 a
	TP	2,24 a	2,64 a	2,24 a	1,48 ab
C/N	LA	21,99 a	23,37 a	21,85 a	27,68 ab
	TM	21,01 a	19,05 b	20,70 a	23,33 b
	TP	19,39 a	16,22 c	19,27 a	29,98 a
P (g kg <sup>-1</sup> )	LA	1,50 c	1,18 a	0,40 a	0,92 a
	TM	2,20 a	1,34 a	0,50 a	1,15 a
	TP	1,67 b	1,51 a	0,51 a	1,41 a

Média seguida de mesma letra entre colunas, não diferem estatisticamente, para o mesmo nutriente, entre Tratamentos de mesmo sítio pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Anexo IV:** Teores médios (n=4) de K, Ca, Mg e Na da fração lenhosa, da liteira fina de capoeiras nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios do estudo.

Variáveis (g kg <sup>-1</sup> )	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
K	LA	1,05 b	1,09 b	1,33 b	1,12 b
	TM	0,87 c	1,09 b	0,66 c	1,34 a
	TP	1,16 a	1,23 a	1,23 a	1,22 b
Ca	LA	10,8 b	2,27 c	5,89 c	2,04 c
	TM	22,3 a	7,58 a	19,0 a	2,31 b
	TP	21,2 a	5,56 b	16,0 b	5,72 a
Mg	LA	1,03 c	1,08 c	1,60 c	1,05 b
	TM	1,56 b	1,57 a	1,72 b	1,02 b
	TP	2,92 a	1,23 b	1,90 a	1,74 a
Na	LA	0,63 b	0,80 a	0,35 b	0,63 b
	TM	2,09 a	0,80 a	0,40 a	1,08 a
	TP	0,06 c	0,84 a	0,21 b	0,38 c

Média seguida de mesma letra entre colunas, não diferem estatisticamente, para o mesmo nutriente, entre Tratamentos de mesmo sítio, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Anexo V:** Teores médios (n=4) de K, Ca, Mg e Na do material reprodutivo da liteira fina nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios do estudo.

Variáveis (g kg <sup>-1</sup> )	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
K	LA	2,76 c	1,18 c	3,92 a	4,14 a
	TM	3,62 b	2,00 b	1,49 b	1,86 b
	TP	4,97 a	2,28 a	4,03 a	3,89 a
Ca	LA	6,41 c	1,41 c	3,60 c	2,00 b
	TM	8,97 b	3,49 a	8,01a	1,69 b
	TP	9,85 a	2,82 b	6,22 b	5,83 a
Mg	LA	1,66 c	1,80 a	2,06 a	2,11 b
	TM	2,00 b	1,78 a	1,65 b	1,59 c
	TP	2,79 a	1,48 b	1,93 a	2,88 a
Na	LA	0,69 a	0,95 a	0,29 a	0,52 c
	TM	0,09 b	0,72 b	0,20 ab	1,31a
	TP	0,04 c	0,92 a	0,12 b	0,88 b

Média seguida de mesma letra entre colunas para o mesmo nutriente, não diferem estatisticamente entre Tratamentos de mesmo sítio pelo teste de Tukey (p<0,05). Dados de Ca transformados em  $\sqrt{x+1}$ .

**Anexo VI:** Teores médios (n=4) de K, Ca, Mg, e Na da fração resíduos, da liteira fina nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios de estudo.

Variáveis (g kg <sup>-1</sup> )	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
K	LA	1,61 c	1,18 c	1,57 b	2,36 b
	TM	2,23 b	2,19 a	1,36 c	1,85 c
	TP	2,62 a	1,80 b	2,08 a	2,78 a
Ca	LA	7,35 c	1,41 c	4,30 c	3,23 b
	TM	15,27 b	7,97 a	12,29 b	2,97 c
	TP	24,45 a	5,58 b	19,78 a	6,09 a
Mg	LA	1,40 c	1,08 c	1,69 c	2,36 b
	TM	2,68 b	2,33 a	2,48 b	1,91 c
	TP	4,62 a	2,11 b	2,98 a	2,69 a
Na	LA	0,66 a	0,95 c	0,28 a	0,69 b
	TM	0,12 b	1,05 b	0,23 b	1,20 a
	TP	0,10 c	1,10 a	0,15 c	0,60 c

Média seguida de mesma letra entre colunas, para o mesmo nutriente, não diferem estatisticamente entre Tratamentos de mesmo sítio pelo teste de Tukey (p<0,05).



**Anexo VII:** Teores médios (n=4) de Cu, Fe, Mn e Zn da fração lenhosa, da liteira fina de capoeiras nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios de estudo.

Variáveis (mg kg <sup>-1</sup> )	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
Cu	LA	7,50 b	8,50 b	15,00 b	14,50 ns
	TM	11,50 a	9,50 b	21,25 a	14,00
	TP	9,50 ab	20,00 a	20,00 a	16,00
Fe	LA	158,00 a	55,50 b	50,25 a	51,00 b
	TM	72,50 b	83,50 a	45,50 b	63,00 a
	TP	71,00 b	53,50 b	39,50 b	45,50 b
Mn	LA	88,50 a	54,00 c	99,50 b	124,00 a
	TM	85,00 a	183,50 b	299,50 a	52,50 b
	TP	41,00 b	336,50 a	51,00 c	18,00 c
Zn	LA	20,00 c	19,00 c	24,50 b	11,50 b
	TM	41,00 a	24,00 b	48,50 a	21,00 a
	TP	33,00 b	33,50 a	36,00 b	19,50 a

Médias seguidas de mesma letra entre colunas para o mesmo nutriente, não diferem estatisticamente entre Tratamentos de mesmo sítio. Dados Cu, Fe, Mn e Zn transformados em Log 10, e comparados pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Anexo VIII:** Teores médios (n=4) de Cu, Fe, Mn e Zn do material reprodutivo, da liteira fina nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios do estudo.

Variáveis (mg kg <sup>-1</sup> )	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
Cu	LA	13,00 b	8,50 c	18,50 b	20,50 a
	TM	16,00 a	10,50 b	25,50 a	13,50 b
	TP	15,50 a	19,00 a	24,00 a	14,5 b
Fe	LA	259,00 a	567,50 a	1413,00 a	22,50 c
	TM	105,50 b	82,50 b	35,50 c	75,00 a
	TP	50,50 c	42,00 c	105,50 b	55,50 b
Mn	LA	52,00 b	43,00 c	69,00 b	44,50 b
	TM	72,50 a	89,50 b	152,00 a	64,00 b
	TP	49,50 b	177,00 a	44,00 b	97,50 a
Zn	LA	20,00 b	14,50 b	20,00 a	17,00 ns
	TM	23,50 b	18,50 a	14,00 b	22,50
	TP	27,00 a	14,50 b	24,00 a	16,50

Médias seguidas de mesma letra entre colunas para o mesmo nutriente, não diferem estatisticamente entre Tratamentos de mesmo sítio pelo teste de Tukey (p<0,05). Dados de Cu e Zn transformados em  $\sqrt{x+1}$ .

**Anexo IX:** Teores médios (n=4) de Cu, Fe, Mn e Zn da fração resíduo, da liteira fina de capoeiras nos Tratamentos LA, TM e TP em todos os sítios de estudo.

Variáveis (mg kg <sup>-1</sup> )	Tratamentos	Sítios			
		EA	RU	LG	RP
Cu	LA	26,50 a	21,50 b	16,00 c	16,50 a
	TM	29,00 a	27,50 b	22,00 b	10,50 c
	TP	33,50 a	39,00 a	34,00 a	13,00 b
Fe	LA	633,00 a	5175,00 a	4161,50 a	180,00 b
	TM	372,50 b	282,50 b	601,00 c	271,50 a
	TP	292,50 c	333,00 b	1631,00 b	159,50 b
Mn	LA	72,00 b	80,50 c	87,50 b	82,00 b
	TM	98,00 a	169,50 b	295,00 a	67,00 c
	TP	93,00 a	433,5 a	93,50 b	129,00 a
Zn	LA	32,50 c	52,00 a	19,00 c	15,50 a
	TM	39,50 b	31,50 a	24,50 b	16,00 a
	TP	58,50 a	39,50 a	45,50 a	22,00 a

Médias seguidas de mesma letra entre colunas, para o mesmo nutriente, não diferem estatisticamente entre Tratamentos de mesmo sítio pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Dados de Cu e Zn transformados em  $\text{Log } x+1$ .

## 9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aber, J. D. & Melillo, J. M. 1991. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders College Publishing – EUA. 429p.
- Alfaia, S. S. & Falcão, N. P. 1993. Estudo da Amazônia de nutrientes em solos de várzea da ilha do Careiro no Estado do Amazonas. *Amazoniana*, 12 (3/4):1-9.
- Araújo-Vergara, Y. M., Luizão F. L. 2000. Oligoquetos sob adição de liteira e sua relação com a disponibilidade de nitrogênio em solos da capoeiras da Amazônia Central. Dissertação de Mestrado, apresentada ao INPA. Manaus – AM. 88p.
- Bayer, C. & Mielnickuk, J. 1999. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: *Fundamentos da Matéria Orgânica do solo; Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Santos, G. A. & Camargo, F.A.O. (Eds). Porto Alegre, 1999. 508p.
- Brady, N.C. 1989. *Natureza e propriedades dos Solos*. 7ª Edição. Rio de Janeiro-RJ. 878p.
- Camargo, F.A.O.; Santos, G. A. & Guerra, J.G.M. 1999. Macromoléculas e substâncias húmicas. In: *Fundamentos da Matéria Orgânica do solo; Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Santos, G. A. & Camargo, F.A.O. (Eds). Porto Alegre, 1999. 508p.
- Cerri, C.C.; Bernoux M.; Volkoff, B. & Moraes J.L. 1996. Dinâmica do carbono nos solos da Amazônia. In: *O solo do Brasil, Viçosa – MG: SBSC; UFV; DPS*. 930 p.
- Chauvel, A.; Lucas, Y.; Bollet, R. 1987. On the gênesis of the soil mantle of the region of Manaus, Central Amazônia, Brasil. *Experientia*, 43:234-241
- Clement, C.R.; McCann, J.M.; Smith, N.J.H. 2003. *Agrobiodiversity in Amazônia and its relation ship with Dark Earths*. In: *Amazonian Dark Earths, origin, properties, management*. 503p. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Correia, M.E.F.; Andrade, A.G. 1999. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: *Fundamentos da matéria orgânica do solo ecossistemas tropicais e subtropicais*. Santos, G. A. & Camargo, F.A.O. (Eds). Porto Alegre, 1999. 491p.
- Doran, J. W. 1997. Soil quality and sustainability. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Rio de Janeiro – RJ. CD-room SBSC.

- Dubois, J.C.L.; Viana, V.M. & Anderson A. B. 1996. Manual agroflorestal para a Amazônia. REBRAAF, Rio de Janeiro – RJ, 228 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.1997 *Manual de métodos de análise de solos*. 2ª ed. Rio de Janeiro - RJ. (EMBRAPA CNPS) 412 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.1999. Sistema Brasileiro de classificação de solos(SBCS). 1ª ed. Rio de Janeiro – RJ. 212p.
- Falcão, N. P.S.; Comford, N.; Lehmann, J. 2003. Determining nutrient bioavailability of Amazonian Dark Earth soils – Methodological Challenges. In: Amazonian Dark Earths: Origin, Properties and Management. 2003. 503p. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Fearnside, P.M. 1992. Green House Gases Emissions from deforestation in Brazilian Amazonian. Carbon Emissions and Sequestration in Forests: Case Studies from Developing Countries. Vol 2. LBL-32758,UC-402. Universidade da California , EUA. 73p.
- Fearnside, P.M. 1996. Amazonian deforestation and global warming: Carbon stocks in vegetation replacing Brazil's Amazon forest. Forest Ecology and management. 80p.
- Fearnside, P.M. 1997. Environmental Services as a Strategy for Sustainable Development in Rural Amazonia. Ecological Economics 20 (1): 53-70.
- Fearnside, P.M. 1998. Agrossilvicultura na política de desenvolvimento na Amazônia brasileira: a importância e os limites de seu uso em áreas degradadas. In:Gascon, C. & Moutinho, P. (Eds). Floresta Amazônica: Dinâmica, regeneração e manejo. INPA.Manaus, AM, 293-312 p.
- Fearnside, P.M. 2003. A floresta Amazônica nas mudanças globais. Manaus - AM: INPA. 134 p.
- Foster, H. & De Las Salas, G. 1976. Litter fall and mineralization in three tropical evergreen forest stands, Colombia. Acta científica Venezolana. 27:196-202.
- Franfen, M. 1979. Major nutrients and energy contents of the litterfall of a riverine forest of central Amazonia. Tropical Ecology 20:225-235.
- Glaser, B.;Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 1998. Black Carbon in soils: the use of benzenecarboxylic acids as specific markers. Org. Geochem 31:669-678

- Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W.. 2001. The "Terra Preta" phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. Short communication, 88: 37-41.
- Glaser, B. ; Lehmann, J.; Steiner, C.; Nels, T.; Yosaf, M.; Zech, W. 2002. 12<sup>th</sup> ISCO Conference. Beijing. 425-427.
- Glaser, B.; Ruivo, M.L.; Guggenberger, G. & Zech, W. 2003. Soil organic matter stability. In: Amazonian Dark Earths: Origin, Properties and Management. 2003.
- Gliessman, S.R. 2001. Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável. 2<sup>a</sup> ed. Porto Alegre- RS. Ed. UFRGS. 653p.
- Herrera, R.; Jordan, C. F.; Klinge, H. & Medina, E. 1978. Amazon ecosystems: Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciência*, 3:223-232.
- Higuchi, M. I. G. & Higuchi, N. 2004. A Floresta Amazônica e suas Múltiplas Dimensões: Uma proposta de educação ambiental. INPA. Manaus-AM 146 p.
- Hiraoca, M.; Yamamoto, S.; Matsumoto, E., Nakamura, S.; Falesi, I. C.; Baena A. R. C.; 2003. *Contemporary Use and management of Amazonian Dark Earths*. In: Amazonian Dark Earths, origin, properties, management. 503p. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Houghton, R. A. 1995. Changes in the storage of terrestrial carbon 1850. *Advances in soil science*, 4:45-65
- INPE: pág da internet [http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes\\_1988\\_2003](http://www.obt.inpe.br/prodes/prodes_1988_2003)
- Jordan, C. F & Herrera, R. 1981. Les forêts ombrofiles tropicales: les elements nutritifs sont ils réellement un facteur critique? *Nature et Ressources*, 17:8-15.
- Jordan, C. F. 1985. Nutrient Cycling in Tropical Forest Ecosystems. John Wiley & Sons, New York. 190p.
- Kampf, N.; Woods, W.I.; Sombroek, W.; Kern, D.C. & Cunha, T.J.F. 2003. Classification of Amazonian Dark Earths and other ancient Anthropic Soils. In: Amazonian Dark Earths: Origin, Properties and Management. 2003.
- Kato, A. K. 1995. Dinâmica de nutrientes via liteira em plantios de castanheira do Brasil ( *Bertholletia excelsa* H.B.K.) em ecossistemas de pastagens degradadas e de floresta primária. Tese de Doutorado. INPA/UFAM. Manaus- AM. 180p.

- Kern, D. C; Kämpf, N. 1989. O efeito de antigos assentamentos na formação de solos com terra preta arqueológica na região de oriximiná-PA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 13, 219-225.
- Kern, D. C.; D'Aquino, G.; Rodrigues, T.E.; Frazão, F.J.L.; Sombroek, W.; Myers, T.P. & Neves, E.G. 2003. Distribution of Amazonian Dark Earths in the Brazilian Amazon. In: *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties and Management*.
- Kiehl, E.J & Kiehl, J.C. 1996. Uso de resíduos orgânicos na agricultura brasileira. *In: O solo do Brasil, Viçosa – MG: SBSC; UFV; DPS*. 930 p.
- Lehmann, J.; Silva Jr, J.P.; Steiner, C.; Nehls, T.; Zech, W & Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferrasol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and soil* 249: 343-357. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Leitão filho, H. F.; Pagano, S.N.; César, O.; Timone, J.L. & Rueda, J.J. 1993. *Ecologia da mata atlântica em Cubatão – SP*. Edunesp/ Edunicamp - São Paulo.
- Lima, H. N.; Schaefer C. E. R; Mello J. W. V; Gilkes Robert J.; Ker J. C. 2002. Pedogenesis and pre-colombian land use of "Terra Preta Anthrosol" (Indian black earth) of Western Amazonia. *Geoderma*, 110: 1-17.
- Luizão, F.J. & Schubart, H.O.R. 1987. Produção e decomposição de littera em floresta de terra firme da Amazônia Central. *Acta Limn. Brasileira*, 1: 574-600.
- Luizão, F.J. 1989. Litter production and mineral element input to the Forest floor in central Amazonian forest. *Geojournal*, 19: 407-417.
- Luizão, F.J.; Proctor, J.; Thompson, J.; Luizão, R. C. C.; Marrs, R. H.; Scott, D. A. & Viana, V. 1998. Rain forest on Maracá island, Roraima, Brazil, soil and litter process response to two artificial gaps. *Forest ecology and management*, 102: 291-303.
- Luizão, F.J. Gallardo-ordinola, J., Tapia-coral, S., E.V., 2000. Carbono e Nutrientes na littera em Sistemas Agroflorestais na Amazônia Central. In: XXIV Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Fertbio 2000. SBSCS, Santa Maria (RS), Brasil, CD-ROM, 4p

- Major, J.; Dittommaso, A.; Lehmann, J.; Falcão, N. P. S. 2005. Weed dynamics on Amazonian Dark Earth and adjacent soils of Brazil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111 (2005) 1-12
- Marques, J. D. O.; Libardi, P. L.; Teixeira, W. G. & Reis, A. M. 2004. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um latossolo amarelo na região amazônica. *Acta amazônica*. Vol 34 (2): 145-154.
- Martins, S .V.; Rodrigues, R. R. 1999. Produção de serrapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecídua no município de Campinas, SP
- Mazurec, A. P & Vilella, D. M. 1998. Produção, aporte de nutrientes e decomposição da serrapilheira de mata atlântica de encosta em duas altitudes, na serra do imbé, norte fluminense. Dissertação de mestrado apresentada a Universidade Estadual do Norte Fluminense- RJ. 90 p.
- McCann, J.M.; Woods, W.I. & Meyer, D.W. 2001. Organic matter in Anthrosols in Amazonian: Interpreting the Amerindian legacy. In: *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties and Management*. 2003.
- Meggers, B. 1994. Pre-Columbian Amazonia. *National Geographic Research & Exploration* 10(4):398-421.
- Mesquita R. C. G.; Workman, S. W. & Neely, C. L. 1998. Slow litter decomposition in a Cecropia-dominated secondary forest of a Central Amazonia. *Soil Biol. Biochem.* 30(2): 167-175.
- Mielniczuk, J.; 1999. Matéria Orgânica e as Sustentabilidade de Sistemas Agrícolas in: *Fundamentos da matéria orgânica do solo*. Porto Alegre, 1999. 508p.
- Molofsky, J. & Augspurger, C. K. 1992. The effects of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. *Ecology*, 73(1): 68-77.
- Moreira, F. M. S. & Siqueira, J. O. 2002. *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras. 625 pp.
- Olson, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44:322-331.
- Phillips, O.; Malhi, Y.; Higuchi, N.; Grace, J.; Laurence, W. F.; Nuñez, P.; Vasquez, R.; Laurence, S. G.; Ferreira, L. V.; Stern, M. & Brown, S. 1998. Changes in the carbon balance of tropical forests: evidence from long-term plot data. *Science*, 282: 439-442.

- Piccolo, A. 1996. Húmus and Soil Conservation. In: PICOLO, A. (Ed). Humic substances in terrestrial ecosystems. Amsterdam. p. 225-264.
- Proctor, J. 1983. Tropical Forest Litterfall. I. Problems of data comparison. Tropical rainforest: Ecology on management. Eds. Sutton, S.I.; Chadwick, A.C. & Whitmore, T.C. Blackwell Scientific Publications, Oxford. Pp. 267-273.
- Primavesi, A. 1999. *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. Nobel, São Paulo. 549p.
- Ranzani, G. 1980. Identificação e caracterização de alguns solos da Estação Experimental de Silvicultura Tropical do INPA. *Acta Amazônica*, 10 (1): 7-41
- Roberts J. M. 2000. Effects of temperature on soil respiration: A brief overview. Center for Ecology and Hydrology Wallingford, Crowmarsh Gifford, Wallingford, Oxfordshire. 45p.
- Rodrigues T. E. 1996. *Solos da Amazônia In: O solo do Brasil*. UF Viçosa – MG. 930p.
- Rodrigues, M. R. L. & Malavolta, E. 1998. Disponibilidade de micronutrientes em solos da Amazônia. Tese apresentada á Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP. Piracicaba – SP. 141p.
- Roscoe, R. & Machado P.L.O.A. 2002. Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica. EMBRAPA Dourados - MS, Agropecuária Oeste Solos, Rio de Janeiro. 86 p.
- Ross, S. M. 1993 Organic matter in tropical soils: current condition concerns and prospects for conservation. *Progress in Physical Geography*. 17: 265-305.
- Schnitzer, M. 1978. Humic substances: Chemistry and reactions. In: Schnitzer, M. & Khan, S.U. (ed) *Soil organic matter*. New York: Elsevier, p 1-64.
- Schoobenhaus, C; Campos, D. de A.; Derze, G. R. & Asmus, H. E. 1984. *Geologia do Brasil: Brasília, DNPM*. 501p.
- Schroth, G.; Silva, L.F.; Seixas, R. & Teixeira, W.G. 1998. Significant subsoil accumulation of mineral nitrogen under perennial crops in a ferralitic Amazonian upland soil: effects of land-use systems and single tree patterns *Agric. Ecosys. Environm.*
- Schubart, H. O. R.; Franken, W. & Luizão, F. J. 1984. Uma floresta sobre solos pobres. *Ciência Hoje*, 2(10):p 26-32.
- Silva J.E. & Resck D.V.S. *Matéria orgânica dos solos In: Biologia dos solos dos Cerrados*. Embrapa - CPAC Planaltina- DF. 524p. 1997.



- Sioli, H. 1991. Amazônia. Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. Vozes, Petrópolis, 3ª ed. 72p.
- Smith, N.J.H. 1980. Anthrosols and Human carrying capacity in Amazonian. *Annals of the Association of American Geographers*. 70, 553-566.
- Sombroek, W. Amazon landforms and soils in relation to biological diversity. *Acta Amazônica*, 30(1): 81-100. 2000.
- Sombroek, W.; Kern, D.; Rodrigues, T.; Cravo, M. da S.; Cunha, T. J; Woods, W. & Glaser, B. 2002. Terra Preta and Terra Mulata: pré-Clumbian Amazon Kitchen middens and agricultural fields, their sustainability and their replication. 17<sup>th</sup> World Congress of soil science in Bangkok, Thailand, 14-21 August 2002.
- Stark, N. 1971. Nutrient cycling II: Nutrient distribution in Amazonian vegetation. *Trop. Ecol.* Vol 12(2).
- Swamy, H. R. & Proctor, J. Litterfall and nutrient cycling in four rain forests in the Sringeri area of the Indian Western Ghats. *Global Ecology and Biogeography letters*. Oxford, v. 4, p.155-165, 1994.
- Tapia-Coral, S.C.; Luizão, F.J.; Wandeli, E. & Fernandes, E.C.M. 2005. Carbon and nutrients stocks in the litter layer of agroforestry systems in Central Amazônia, Brazil. *Agroforestry Systems* (2005) 65:33-42.
- Teixeira, W. G. & Martins G. C. (2003). Soil physical Characterization. In: *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties and Management*. 2003. 503p. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Tomé Jr, J. B. 1997. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba-RS. 247p.
- Tiessen, H.; Cuevas, E. & Chacon, P. 1994. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. *Nature*. 371: 783-785.
- Van Leeuwen, J.; Menezes, J.M.T.; Gomes, J.B.M.; Iriarte-Martel, J.H. & Clement, C., 1997. Sistemas agroflorestais para a Amazônia: Importância e Pesquisas Realizadas. In: Noda, H.; Souza, L.A.G. & Fonseca, O.J.M. (Ed). *Duas décadas de contribuição do INPA à Pesquisa Agronômica no Trópico Úmido*. Manaus. p. 131-146.
- Vieira, L.S. 1988. Manual de ciência do solo: com ênfase a solos tropicais. São Paulo, 2ª ed Agronômica Ceres, 464 p.

- Vieira, L.S. 1988. Manual de Ciência do Solo, com ênfase aos solos tropicais. São Paulo, Ed Agronômica Ceres, 2ª ed. 464 p.
- Wagai, R.; Brye, K. R.; Gower, S.T.; Norman, J. M.; Bundy, L. G. 1998. Land use and environment factors influencing soil surface CO<sub>2</sub> flux and microbial biomass in natural and managed ecosystems in southern Wisconsin. *Soil Biology and biochemistry*, 30: 1501-1509
- Werneck, M. S; Pedralli G; Giesek L. F.; 2001. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na estação ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. *Revta brasil. Bot. São Paulo*, V.24, n 2, p. 195-198, jun 2001.
- Wilkinson, L. 1998. Systat: The system for statistics. Evanston, Systat Inc.
- Woods W. I. 2003. Development of Anthrosol Research. In: Amazonian Dark Earths: Origin, Properties and Management. 2003. 503p. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Yano, C. Y.; Luizão F. J. 2001. Efeitos da liteira fina sobre a disponibilidade de nutrientes e o crescimento de plântulas em áreas de extração seletiva de madeira na Amazônia central. Dissertação de Mestrado, apresentada ao INPA/UFAM. Manaus – AM, 71 p.
- Zech, W.; Haumaier L.; Hempfling R . 1990. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. In: Mc Carthy P, Clapp CE, Malcolm RL, Bloom PR (eds) Humic substances in soil and crop sciences Society of America, Madison, Wis., 187-202.