

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA - MCT
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA - INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**Estoques de biomassa e de nutrientes de pousios
enriquecidos com *Inga edulis* Martius em áreas com histórico
de agricultura e de pecuária no Assentamento Tarumã-Mirím,
Manaus- AM**

Thelma Mendes Pontes

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Ecologia como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Biologia (Ecologia).

Manaus, Amazonas
Julho, 2009

Thelma Mendes Pontes

**Estoques de biomassa e de nutrientes de pousios
enriquecidos com *Inga edulis* Martius em áreas com histórico
de agricultura e de pecuária no Assentamento Tarumã-Mirím,
Manaus- AM**

**Orientador: Flávio Luizão
Co-orientadora: Elisa Wandelli**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Ecologia como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Biologia (Ecologia).

Manaus, Amazonas
Julho, 2009

P814p Pontes, Thelma Mendes

Estoque de biomassa e de nutrientes de pousios enriquecidos com *Inga edulis* Martius em áreas com histórico de agricultura e pecuária no assentamento Tarumã-Mirím, Manaus-AM /

Thelma Mendes Pontes -- Manaus: [s.n.], 2009.

xvii, 125 f.: il. (algumas color.)

Dissertação (mestrado)--INPA, Manaus, 2009.

Orientador: Dr. Flavio Luizão

Co-Orientadora: Dra. Elisa Wandelli

Área de concentração: Ecologia

1. Áreas degradadas - Recuperação 2. Solos - Manejo 3. Solos - Propriedades 4. Reflorestamento 5. Agropecuária - Aspectos ambientais I. Título

CDD 19ª ed. 634.956

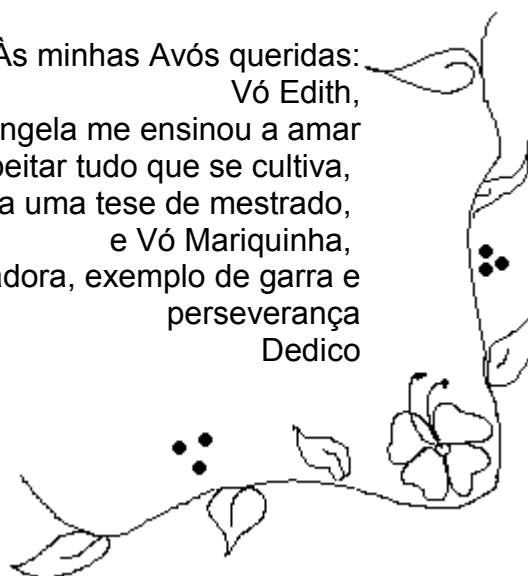
Sinopse:

Estudou-se a produção de biomassa de *Inga edulis* plantados de forma adensada e da regeneração natural, em áreas previamente utilizadas para agricultura e pecuária no Assentamento Tarumã-Mirím, Manaus – AM. Aspectos químicos, físicos e biológicos do solo e a química e o estoque da biomassa vegetal aérea de herbáceas, arbóreas e da liteira foram avaliados.

Palavras-chave:

Recuperação de Área Degradada, Manejo do Solo, Manejo de Leguminosa Arbórea, Aspectos Ambientais da Agropecuária, Amazônia Central.

Às minhas Avós queridas:
Vó Edith,
que de forma singela me ensinou a amar
e respeitar tudo que se cultiva,
de uma rosa a uma tese de mestrado,
e Vó Mariquinha,
mulher forte e batalhadora, exemplo de garra e
perseverança
Dedico



AGRADECIMENTOS

Agradeço a energia do cosmos ou puramente, DEUS, que harmoniza o universo, permitindo que a natureza se recrie a cada instante e que sejamos co-criadores

Agradeço o amor, a amizade e a compreensão de toda minha FAMÍLIA, que entende que pra buscar sonhos vale a distância e a saudade, agradeço sobretudo a meus pais, Luís e Marisa, ao meu irmão, Thiago e ao meu sobrinho, Vivi.

Agradeço às minhas famílias Manauaras: os Catique's e os Wandelli-Braga: sem vosso apoio e afeto nada disso seria possível, em especial, agradeço à Elisa Wandelli, minha mãe de coração, pela amizade, amor, por todos os puxões de orelha e por sempre me inspirar a correr atrás dos meus sonhos, nunca me esquecendo de que podemos compartilhá-los. E ao Tiago Catique, "pois todos os caminhos me encaminham a você, e não há você sem mim e eu não existo sem você!"

À flor da minha vida: Nana.

A Lucas e ao Rafa, minhas fontes de inspiração.

Aos meus eternos amigos: Ritinha, Flavia Luzia, Pio, Ju Coura, Pancho, Marconi, os de Viçosa (cidade viciosa), os da Bahia (Zio, Dona Lúcia e suas famílias) e os que andam pelo mundo.

Ao Prof. Ricardo (UFV) e à Dra Katalina pela amizade e por me ensinarem os primeiros passos da agroecologia. À Flavia Luzia, Luis e Merci, agroecólogos, amigos, companheiros de estágio e de curso.

À Dra. Silmara e ao Dr. Heider, por me conduzirem em caminhos tortuosos.

Ao Dr. Flávio Luizão, não só pela orientação, como também pela amizade e dedicação.

Ao INPA, seus pesquisadores e funcionários, não só pela oportunidade de estar nesta floresta linda, mas também por permitir ter contato com pessoas que me fazem a cada dia ter uma nova perspectiva do mundo ao meu redor. Agradeço especialmente, ao Natan, Rubenildo e Ruth – LBA, ao Marcelo, à Regi, à Sueli e ao Josias – Lab. de triagem, a todos os funcionários do Temático, à Bev. e Rose, e aos meus colegas de curso.

À CAPES e ao Projeto LBA, pelo financiamento.

Por fim, agradeço imensamente a todos os pequenos agricultores do Assentamento Tarumã-Mirím, em especial à Dona Branca, Dona Ana, Seu Zé, Seu Jair, Roberto, Seu Caseiro, Seu Carlinhos, Dona Mariazinha e Seu Chico das Canoas, pela hospitalidade e ensinamentos compartilhados.

Do Que Precisamos

Precisamos nos sustentar,
sustentar nossos filhos,
e em um futuro, longe ou perto,
permitir o sustento dos nossos netos.

Precisamos cultivar.
E cultivamos o nosso sustento.
Mas precisamos deixar
para natureza
seu próprio alimento.

Precisamos aproveitar a vida.
Água, solo, plantas, animais.
Respeitando os que são vivos
não os deixando morrer mais.

Precisamos de amizade,
amor e sensibilidade.
Paz, respeito
e sustentabilidade.

Precisamos nos divertir,
mas sem deixar de preocupar
com os que não se divertem
por seu pão ainda buscar.

Precisamos dos passarinhos
para nossas manhãs musicar.
E Precisamos dos frutos nativos
para os ninhos alimentar

Precisamos preservar a mata
e não matar a nada à toa.
Sabendo que, harmoniosamente,
planta, bicho, e gente
podem ter uma vida boa.

Precisamos adubar a terra
com o adubo que a natureza oferecer.
Pelo solo e pela água zelar
e de todo o seu ciclo nunca esquecer.

Precisamos saber aproveitar a árvore
que tem tronco, frutos e sombra.
Mas não deixamos ir embora a floresta
pelo mero poder da compra.

Precisamos da agricultura, da ecologia
e unir os valores pra criar
uma nova forma de pensar
chamada Agroecologia

Igor de Carvalho

“A energia positiva dos que amam todas as formas de vida é
capaz de melhores realizações do que a dos que não as respeitam.”
Elisa V. Wandelli

RESUMO

As taxas de desmatamento das florestas primárias nos trópicos úmidos vêm crescendo de forma intensiva nos últimos anos, devido principalmente ao desenvolvimento da agricultura itinerante e da pecuária extensiva. Após a fragmentação, exploração e conversão ao uso agrícola, as áreas desmatadas da Floresta Amazônica são usualmente abandonadas para que haja a regeneração natural da vegetação e restabelecimento da produtividade do solo. Estes ciclos levam a uma progressiva redução no potencial produtivo das capoeiras, causada principalmente pela redução do tempo de repouso, por isso, para reativação destas áreas de floresta alterada, tem se recomendado o plantio de espécies leguminosas. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de biomassa vegetal, o estoque e a química de liteira e a melhoria das condições do solo, analisando aspectos físicos, químicos e biológicos durante 15 meses da implantação do pousio melhorado com *Inga edulis* em uma área de agricultura e uma área de pecuária abandonadas no Assentamento Tarumã-Mirím, Manaus, Amazonas. Em cada área foram delimitadas duas parcelas tratamento, uma com plantio de *Inga edulis* e outra apenas deixada para regeneração natural. A biomassa aérea acumulada nos 15 meses do experimento, o teor e estoque de nutrientes do *Inga edulis* e sua altura média foram maiores na área com histórico de uso prévio com agricultura em pousio melhorado. O estoque médio de liteira foi maior nos tratamentos com uso prévio com agricultura e houve diferença significativa entre tratamentos e tempos de coleta. Os teores de N-mineral mostraram diferenças significativas entre pecuária em pousio melhorado e pecuária em regeneração natural em todos os tempos de coleta. Não houve diferença significativa entre os tempos de coleta e os tratamentos de biomassa microbiana. Encontramos um total de 15 grupos taxonômicos constituintes da macrofauna do solo na área de agricultura em pousio melhorado. Maior densidade de macrofauna do solo foi encontrada nas áreas em pousio melhorado e maior biomassa foi encontrada nas áreas com histórico de pecuária. Concluindo que os tratamentos de pousio melhorado e regeneração natural, durante os 15 meses do experimento, não tiveram efeito sobre a fertilidade do solo, embora o acúmulo de biomassa vegetal e nutriente tenham sido maiores nas áreas de agricultura em pousio melhorado, que também produziram maior estoque de liteira e de melhor qualidade química. A análise dos dados para os três tempos de coletas de N-mineral indica um consumo de N-mineral pelas espécies vegetais. Das características físicas do solo estudadas a densidade do solo foi maior nas áreas com histórico de uso prévio pecuária e a porosidade total foi maior nas áreas com histórico de uso prévio agricultura. As biomassas, densidades e grupos funcionais da macrofauna do solo foram maiores nas áreas com histórico de uso prévio pecuária. Um tempo mais longo de observação seria necessário para detectar diferenças significativas nas características do solo, porém os efeitos positivos do pousio melhorado nos parâmetros analisados, indicam que isto deverá ocorrer a curto prazo.

ABSTRACT

Stocks of biomass and nutrients in forest fallow enriched with *Inga edulis* Martius in sites with a history of agriculture and pasture in the rural settlement Tarumã-Mirim, Manaus - AM

Deforestation rates of primary forests in the humid tropics have been growing intensively in recent years, due mainly to the development of shifting cultivation and extensive pasture. After forest fragmentation and conversion to agricultural use, the cleared areas of rainforest are usually abandoned so there is natural regeneration of vegetation and slow restoration of soil productivity. These courses lead to a progressive reduction in the productive potential of secondary forest, mainly caused by the reduction of standby time. Therefore, it is recommended the activation of areas of disturbed forest through plantation of leguminous species. The objective of this study was to evaluate the production of biomass, the stock and chemistry of accumulated litter and improve soil physical, chemical and biological conditions, 15 months after deployment of improved fallow with *Inga edulis* in areas of previous agriculture and pasture, presently abandoned at the Tarumã-Mirim rural settlement, Manaus, Amazonas. In each site two plots were delimited treatment, with planting of *Inga edulis* seedling in one of them, leaving the other just under natural regeneration. The biomass accumulated in the 15 months of the experiment, the content and nutrient stocks of *Inga edulis* and their average height was greater in the area with a history of previous use of improved fallow agriculture. The average stock of litter was increased in the plot of previous use with agriculture. There were no significant difference between treatment and collection times on microbial biomass and mineral-N. Higher density of soil macrofauna was found in the improved fallow land, but greater biomass of soil macrofauna was found in areas with a history of pasture. During the 15 months of experiment, the treatments of improved fallow and natural regeneration did not increase soil fertility. However, the accumulations of plant biomass and nutrients, as well as leaf chemistry, were higher under improved fallow treatment in areas previously used as agriculture. Analyses of the three collection times indicate a consumption of mineral-N by plant species. Physical characteristics of the studied soil bulk density were higher in areas with a history of previous use of pasture and total porosity was higher in areas with a history of previous use agriculture. The biomass, densities and functional groups of soil macrofauna were higher in areas with a history of previous use pasture. These results indicate that positive changes on soil properties, which were not found yet in the first 15 months of the experiment, may be expected in the short term under the improved fallow system.

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| <u>RESUMO.....</u> | <u>vii</u> |
| <u>ABSTRACT.....</u> | <u>viii</u> |
| <u>LISTA DE FIGURAS.....</u> | <u>xv</u> |
| <u>INTRODUÇÃO</u> | <u>1</u> |
| <u>DINÂMICA DA REGENERAÇÃO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS.....</u> | <u>1</u> |
| <u>ALTERNATIVAS DE MANEJO DAS FLORESTAS SECUNDÁRIAS.....</u> | <u>3</u> |
| <u>UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES LEGUMINOSAS</u> | <u>4</u> |
| <u>VARIÁVEIS EDÁFICAS NA SUCESSÃO DE FLORESTA SECUNDÁRIA.....</u> | <u>5</u> |
| <u>FÍSICA DO SOLO.....</u> | <u>5</u> |
| <u>BIOMASSA MICROBIANA.....</u> | <u>7</u> |
| <u>MACROFAUNA</u> | <u>8</u> |
| <u>BIOMASSA VEGETAL.....</u> | <u>9</u> |
| <u>OBJETIVOS</u> | <u>10</u> |
| <u>GERAL</u> | <u>10</u> |
| <u>ESPECÍFICOS.....</u> | <u>10</u> |
| <u>ARTIGO I Produção de biomassa vegetal e análise da química do solo sob</u> <u>pousio melhorado com Inga edulis Martius em área abandonada de agricultura</u> <u>e pecuária no Assentamento Tarumã-Mirim – AM.....</u> | <u>12</u> |
| <u>Resumo</u> | <u>12</u> |
| <u>Abstract.....</u> | <u>13</u> |
| <u>Introdução.....</u> | <u>13</u> |
| <u>Materiais e Métodos.....</u> | <u>16</u> |
| <u>Caracterização da área experimental.....</u> | <u>16</u> |
| <u>Biomassa Vegetal e Estoque de Nutrientes:.....</u> | <u>19</u> |

| | |
|--|-----------|
| Química do solo..... | 20 |
| Análise dos dados..... | 21 |
| Resultados e Discussão..... | 21 |
| Estoque e química da biomassa vegetal aérea..... | 21 |
| Química do Solo..... | 28 |
| Conclusões..... | 32 |
| Referências Bibliográficas..... | 34 |
| Agradecimentos..... | 38 |
| <u>ARTIGO II Estoque e qualidade de liteira e análise da química do solo sob pousio melhorado em área abandonada de agricultura e pecuária no Assentamento Tarumã-Mirim – AM.....</u> | <u>39</u> |
| Introdução..... | 41 |
| Materiais e Métodos..... | 44 |
| Resultados e Discussão..... | 47 |
| Liteira..... | 47 |
| Química do Solo..... | 53 |
| Conclusões..... | 56 |
| Agradecimentos..... | 56 |
| Referências Bibliográficas..... | 56 |
| <u>ARTIGO III Aspectos físico-químicos e biológicos do solo sob pousio melhorado com <i>Inga edulis</i> Martius em área de pastagem e agricultura abandonadas no assentamento Tarumã-Mirim – AM.....</u> | <u>72</u> |
| Resumo | 72 |
| Introdução | 73 |
| Material e Métodos..... | 81 |
| Caracterização da área experimental..... | 81 |

| | |
|--|------------|
| <u>Física do solo.....</u> | <u>83</u> |
| <u>Nitrogênio Mineral do solo (N-mineral).....</u> | <u>84</u> |
| <u>Biomassa Microbiana do solo (Bio-C).....</u> | <u>84</u> |
| <u>Macrofauna do solo.....</u> | <u>85</u> |
| <u>Análise dos dados.....</u> | <u>86</u> |
| <u>Resultados e Discussão.....</u> | <u>86</u> |
| <u> Nitrogênio Mineral do Solo (N-mineral).....</u> | <u>86</u> |
| <u> Física do solo.....</u> | <u>89</u> |
| <u> Biomassa Microbiana do solo (Bio-C).....</u> | <u>90</u> |
| <u> Macrofauna do solo.....</u> | <u>91</u> |
| <u>Conclusões.....</u> | <u>93</u> |
| <u>Agradecimentos.....</u> | <u>94</u> |
| <u>Referências Bibliográficas.....</u> | <u>94</u> |
| <u>Lista de tabelas e figuras do artigo III.....</u> | <u>104</u> |
| <u>CONCLUSÕES</u> | <u>112</u> |
| <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> | <u>114</u> |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1.1 Biomassa vegetal média (n=5) em t ha ⁻¹ antes da instalação do experimento (tempo 0) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 22 |
| Tabela 1.2. Teor médio de nutrientes (n=5) da biomassa aérea na instalação do experimento (tempo 0) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 22 |
| Tabela 1.3. Estoque de nutrientes médios (n=5) da biomassa aérea na implantação do experimento (tempo 0) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 23 |
| Tabela 1.4. Porcentagem, relação C/N e acúmulo médio de carbono e nitrogênio da biomassa aérea na implantação do experimento (tempo 0) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 23 |
| Tabela 1.5. Biomassa média (n=3) de plantas com DAP < 1 cm (t ha ⁻¹) coletadas após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 24 |
| Tabela 1.6. Teores médios de nutrientes (n=3) da biomassa das plantas espontâneas coletadas após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 24 |
| Tabela 1.7. Porcentagem de N e C, relação C/N e acúmulo médio de carbono e nitrogênio (k.ha ⁻¹) da biomassa de herbácea coletada após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 25 |
| Tabela 1.8. Estoque médio de nutrientes na biomassa aérea (t ha ⁻¹) aos 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, nas nove pseudo-repetições de 5 m x 5 m para os tratamentos..... | 26 |
| Tabela 1.9. Biomassa aérea média acumulada aos 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, nas nove pseudo-repetições de 5 m x 5 m em cada tratamento.... | 26 |
| Tabela 1.10. Porcentagem, relação C/N e acúmulo médio de carbono e nitrogênio da biomassa aérea coletada após um ano da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 28 |
| Tabela 1.11. Teor médio de nutrientes no <i>Inga edulis</i> nas 9 pseudo-repetições de 5 m x 5 m nos tratamentos agricultura em pousio melhorado e pecuária em pousio melhorado do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 28 |
| Tabela 1.12. Estoque médio de nutrientes nos componentes, tronco, galho e folha (n=10) do <i>Inga edulis</i> , em kg ha ⁻¹ , no pousio melhorado nas áreas de agricultura e pecuária do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 28 |
| Tabela 1.13. Porcentagem, relação C/N e acúmulo médio de carbono e nitrogênio da biomassa de <i>Inga edulis</i> coletada após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, nos tratamentos agricultura em pousio melhorado e pecuária em pousio melhorado..... | 29 |

| | |
|---|----|
| Tabela 1.14. Atributos químicos médios do solo (n=5/subparcela) da camada de 0–5 cm de profundidade dos quatro tratamentos..... | 33 |
| Tabela 2.1. ANOVA entre os tratamentos para estoque das três coletas de liteira, onde os compartimentos foram subdivididos em liteira grossa e liteira fina do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 61 |
| Tabela 2.2. Teste Tukey a 5% entre os tratamentos para estoque das três coletas de liteira e entre os três tempos de coletas, para os compartimentos liteira grossa e liteira fina do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, onde s é significativo e ns não significativo..... | 61 |
| Tabela 2.3. Médias dos estoques de liteira grossa e fina (n=5/ pseudo-repetição) em t ha ⁻¹ antes da implantação do experimento (tempo 0), 4 meses após a implantação do experimento (tempo 1) e 15 meses após a implantação (tempo 2) por tratamento do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 62 |
| Tabela 2.4. ANOVA para química das três coletas de liteira e interação entre períodos de coletas, para os compartimentos liteira grossa e liteira fina do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 62 |
| Tabela 2.5. MANOVA para química das três coletas de liteira, para os compartimentos liteira grossa do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 62 |
| Tabela 2.6. Atributos químicos médios da liteira entre cinco amostras de 25cm x 25 cm por pseudo-repetição, a primeira coleta foi realizada antes da implantação do experimento (tempo 0), a segunda 4 meses após a implantação (tempo 1) e a terceira 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 63 |
| Tabela 2.7. Teste Tukey a 5% e análise discriminante entre os tratamentos para química dos três tempos de coletas de liteira e entre os tempos de coletas, para os compartimentos liteira grossa e liteira fina do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, onde s é significativo e ns não significativo..... | 64 |
| Tabela 2.8. Estoque médio de nutrientes da liteira (grossa + fina) em kg ha ⁻¹ entre cinco amostras de 25 cm x 25 cm por pseudo-repetição, a primeira coleta foi realizada antes da implantação do experimento (tempo 0), a segunda 4 meses após a implantação (tempo 1) e a terceira 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 64 |
| Tabela 2.9. Porcentagem, relação C/N e acúmulo médio de Carbono e Nitrogênio na primeira e terceira coleta de liteira (grossa + fina) entre cinco amostras de 25 cm x 25 cm por pseudo-repetição na implantação do experimento e 15 meses após a implantação (tempo 0 e 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 65 |
| Tabela 2.10. Atributos químicos médios do solo (n= 5 para cada uma das 9 pseudo-repetições) da camada de 0–5 cm de profundidade dos quatro tratamentos do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas..... | 66 |

| | |
|--|-----|
| meses após a implantação (tempo 1) e 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas..... | 109 |
| Tabela 3.2. Valores Médios dos parâmetros físicos do solo (n=9) em cada tratamento do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas..... | 111 |
| Tabela 3.3. Valores médios de biomassa microbiana ($\mu\text{g/g}$) na implantação do experimento (tempo 1) e quinze meses (tempo 2) da implantação do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas, por tratamento (n= 5 para cada uma das 9 pseudo-repetições)..... | 112 |
| Tabela 3.4. Densidade média (ind.m^{-2}) e biomassa fresca em álcool média (g.m^{-2}) dos grupos taxonômicos da macrofauna de solo por tratamento (n=9) do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas..... | 113 |
| Tabela 3.5. Densidade média (ind.m^{-2}) e biomassa fresca em álcool média (g.m^{-2}) dos grupos funcionais da macrofauna de solo por tratamento (n=9) do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas..... | 113 |

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Localização da região do Assentamento Tarumã-Mirím em relação ao Brasil e área urbana de Manaus, Amazonas (A), imagem satélite land-sat de 2001 (B) e malha fundiária do Assentamento (C).....17
- Figura 1.2.** Temperaturas máximas, mínimas e médias diária (°C) no campo experimental da Embrapa km 54 da BR 174, Manaus, Amazonas no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.....18
- Figura 1.3.** Precipitação média diária (mm) no campo experimental da Embrapa km 54 da BR 174, Manaus, Amazonas no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.....18
- Figura 1.4.** A) Área de regeneração natural enriquecida com ingá, onde os pontos pretos representam as mudas de ingá plantadas e a área colorida a regeneração natural. B) Área de controle constituída pela regeneração natural. Experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, Manaus, Amazonas.....19
- Figura 1.5.** Biomassa de *Inga edulis* e da regeneração natural acumulada em kg ha^{-1} nas nove pseudo-repetições de 5 m x 5 m nos tratamentos agricultura em pousio melhorado e pecuária em pousio melhorado do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.....27
- Figura 1.6.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 49% da variância explicada; Eixo 2= 17% da variância explicada)29
- Figura 1.7.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise discriminante para caracterização dos vetores 1 e 2 da PCA de química do solo na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural.....30
- Figura 1.8.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Componentes principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo 4 meses após a implantação (tempo 1) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 48%da variância explicada; Eixo 2= 17% da variância explicada).....30
- Figura 1.9.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Componentes principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 47% da variância explicada; Eixo 2= 18% da variância explicada)31

- Figura 2.1.** Localização da região do Assentamento Tarumã-Mirím em relação ao Brasil e área urbana de Manaus, Amazonas (A), imagem satélite land-sat de 2001 (B) e malha fundiária do Assentamento (C).....67
- Figura 2.2.** Temperaturas máximas, mínimas e médias diárias (°C) no campo experimental da Embrapa no Km 54 da BR 174 no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.....68
- Figura 2.3.** Precipitação média diária (mm) no campo experimental da Embrapa no Km 54 da BR 174 no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.....68
- Figura 2.4.** A) Área de regeneração natural enriquecida com ingá, onde os pontos pretos representam as mudas de ingá plantadas e a área colorida a regeneração natural. B) Área de controle constituída pela regeneração natural do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.....69
- Figura 2.5.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química de liteira na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural; o primeiro gráfico é referente ao componente liteira grossa e o segundo ao componente liteira fina (Eixo 1= 40% da variância explicada; Eixo 2= 24% da variância explicada para o gráfico 1 e Eixo 1= 56% da variância explicada; Eixo 2= 15% da variância explicada para o gráfico 2).....69
- Figura 2.6.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química de liteira 4 meses após a implantação (tempo 1) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural; o primeiro gráfico é referente ao componente liteira grossa e o segundo ao componente liteira fina (Eixo 1= 38% da variância explicada; Eixo 2= 33% da variância explicada para o gráfico 1 e Eixo 1= 44% da variância explicada; Eixo 2= 24% da variância explicada para o gráfico 2).....70
- Figura 2.7.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química de liteira 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural; o primeiro gráfico é referente ao componente liteira grossa e o segundo ao componente liteira fina (Eixo 1= 33% da variância explicada; Eixo 2= 29% da variância explicada para o gráfico 1 e Eixo 1= 47% da variância explicada; Eixo 2= 35% da variância explicada para o gráfico 2).....70
- Figura 2.8.** Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, de acordo com os tratamentos: Apm =

agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 49% da variância explicada; Eixo 2= 17% da variância explicada)....71

Figura 2.9. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise discriminante para caracterização dos vetores 1 e 2 da PCA de química do solo na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural.....71

Figura 2.10. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Componentes principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo 4 meses após a implantação (tempo 1) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 48% da variância explicada; Eixo 2= 17% da variância explicada).....72

Figura 2.11. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Componentes principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 47% da variância explicada; Eixo 2= 18% da variância explicada).....72

Figura 3.1. Localização da região do Assentamento Tarumã-Mirím em relação ao Brasil e área urbana de Manaus, Amazonas (A), imagem satélite land-sat de 2001 (B) e malha fundiária do Assentamento (C).....107

Figura 3.2. Temperaturas máximas, mínimas e médias diárias no campo experimental da Embrapa localizada no Km 54 da BR 174, no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.....108

Figura 3.3. Precipitação média diária no campo experimental da Embrapa localizada no Km 54 da BR 174, no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.....108

Figura 3.4. A) Área de regeneração natural enriquecida com *Inga edulis*, onde os pontos pretos representam as mudas de ingá plantadas e a área colorida a regeneração natural. B) Área controle constituída pela regeneração natural do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas.....109

Figura 3.5. Média das coletas de N-mineral ($\mu\text{g/g}$) por tratamento (n= 5 por cada uma das 9 pseudo-repetições) do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas, onde as barras representam os desvios padrões e Apm= área abandonadas de agricultura em pousio melhorado; Arn= área abandonada de agricultura em regeneração natural; Ppm= área abandonada de pecuária em pousio melhorado e Prn= área abandonada de pecuária em regeneração natural.....110

Figura 3.6. Teste Tukey a 5% de probabilidade para o tempo 0 (implantação do experimento) de N-mineral e entre o tempo 1 (4 meses após a implantação) e tempo 2 (15 meses após a implantação) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas. Apm= área abandonadas de agricultura em pousio melhorado; Arn= área abandonada de agricultura em regeneração

natural; Ppm= área abandonada de pecuária em pousio melhorado e Prn= área abandonada de pecuária em regeneração natural.....110

Figura 3.7. Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos parâmetros físicos do solo de acordo com os tratamentos do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas (Eixo 1= 47% da variância explicada; Eixo 2= 32% da variância explicada).....111

Figura 3.8. Médias das coletas de biomassa microbiana ($\mu\text{g/g}$) por tratamento ($n= 5$ para cada uma das 9 pseudo-repetições) do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas, onde as barras representam os desvios padrões. Apm= área abandonadas de agricultura em pousio melhorado; ARN= área abandonada de agricultura em regeneração natural; Ppm= área abandonada de pecuária em pousio melhorado e PRN= área abandonada de pecuária em regeneração natural.....112

Figura 3.9. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Coordenadas principais (PCoA), utilizando as biomassas dos grupos taxonômicos da macrofauna como variáveis para caracterização dos tratamentos do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas (Eixo 1= 60% da variância explicada; Eixo 2= 18% da variância explicada).....114

INTRODUÇÃO

As taxas de desmatamento das florestas primárias no trópico úmido brasileiro vêm diminuindo desde 2005, devido a algumas políticas do governo e a crises e mudanças econômicas. Porém, o desmatamento da Floresta Amazônica tem continuado de forma intensa nas últimas décadas, principalmente por conta do desenvolvimento da agricultura convencional de grande escala (soja, principalmente), da agricultura itinerante e da pecuária extensiva (IMAZON, 2009). O uso da terra com sistemas de cultivo inapropriados para a região e o seu subsequente abandono tem aumentado a área total de florestas secundárias conhecidas, na Amazônia, como “capoeiras” (Watrin, 1996).

As capoeiras representam o tipo mais comum de ecossistema degradado na Amazônia e, felizmente, o mais fácil de recuperar, pois à medida que se desenvolvem elas recuperam o potencial de produtividade agrícola, acumulando nutrientes na biomassa e restaurando propriedades físico-químicas do solo. Através da regeneração natural, as capoeiras também recuperam funções biogeoquímicas (armazenagem de carbono, retenção de nutrientes, evapotranspiração) e, de forma limitada, uma fração da biodiversidade original (Vieira *et al.*, 1993).

DINÂMICA DA REGENERAÇÃO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS

A vegetação secundária caracteriza-se pela colonização inicial de espécies pioneiras. Estas espécies dependem de luz como fator principal para sua colonização, do histórico de uso da terra e da história de vida das mesmas espécies. *Cecropia* e *Vismia* são os gêneros de pioneiras que dominam inicialmente estas áreas na região central da Amazônia. As taxas de recrutamento e a composição destas capoeiras são altamente dependentes dos tipos de pioneiras que primeiro chegam para colonizar; disso resulta que a riqueza de espécies em uma capoeira dominada por espécies de *Cecropia* seja

quase o dobro do que em uma capoeira dominada por espécies de *Vismia* (Mesquita *et al.*, 2001).

As pastagens abandonadas se transformam em campos velhos, que são dominados por arbustos que oferecem resistência à regeneração florestal por meio de inúmeras barreiras ao estabelecimento arbóreo e ao seu desenvolvimento (Nepstad *et al.*, 1991). Na Amazônia oriental a taxa de recuperação após o abandono da pastagem é inversamente proporcional à intensidade de seu uso (Uhl, 1987). As perturbações causadas pelas pastagens na Amazônia são mais severas do que as da agricultura de corte e queima, pois: (i) seu uso é freqüentemente mais prolongado e pode tornar o solo extremamente estéril; (ii) as pastagens geralmente são sujeitas a repetidas queimas e capinas, o que acaba destruindo todos os mecanismos de regeneração da área; (iii) devido às extensas áreas, a dispersão de sementes a partir de florestas distantes fica seriamente comprometida (Uhl, 1987). Mesmo regenerando, as espécies florestais ainda se sujeitam ao risco de incêndios durante os meses da estação seca devido à abundância de materiais combustíveis sobre o solo nas áreas perturbadas (Uhl, 1987). As árvores que emergem acima da vegetação de gramíneas e de arbustos dominantes na sucessão florestal, são amenizadoras das barreiras naturais para o estabelecimento de novos indivíduos arbóreos sob elas (Nepstad *et al.*, 1991). Tais espécies pioneiras, que possuem potencial de colonização e rápido crescimento, podem ainda, facilitar o estabelecimento de outras espécies características de estágios sucessionais mais avançados (Viana, 1987 *apud* Puerta, 2000).

Após o desmatamento e o abandono de uma área de pasto ou agrícola, a floresta secundária em regeneração restitui rapidamente as funções hidrológicas. Uma floresta secundária de 15 anos, em Paragominas, apresentou a mesma taxa de evapotranspiração de uma floresta primária vizinha (Jipp *et al.*, 1998). O restabelecimento da biomassa e a composição de espécies, contudo são processos mais lentos (Salomão *et al.*, 96). As florestas secundárias crescendo sobre campos agrícolas de corte e queima abandonados necessitariam de quase dois séculos para restabelecer a quantidade de biomassa contida em uma floresta primária (Saldarriaga *et al.*, 1986). Florestas secundárias estudadas na região Bragantina, na Amazônia

Oriental continuam menos da metade das espécies de árvores da floresta primária, mesmo após quarenta anos de restabelecimento (Vieira *et al.*, 1996), enquanto que uma floresta secundária de 15 anos em Paragominas abrigava menos de um terço das espécies nativas de árvores da floresta primária, menos da metade das espécies de formigas e somente um quinto das espécies de pássaros (Moutinho, 1998; Nepstad *et al.*, 1996a apud Nepstad, 1999).

ALTERNATIVAS DE MANEJO DAS FLORESTAS SECUNDÁRIAS

Na bacia Amazônica, aproximadamente 16 % das florestas originais foram desmatadas (INPE, 2004), e aproximadamente 30-50% destas áreas desmatadas estão em algum estágio de sucessão secundária após uso agrícola (Hirsch *et al.*, 2004). Pensando na reutilização e otimização destas áreas degradadas para a produção agrícola foi que a Embrapa Amazônia Oriental passou a desenvolver projetos que são alternativas à agricultura tradicional de derruba-e-queima e um destes experimentos foi denominado de pousio melhorado.

Este pousio melhorado é uma possibilidade de incrementar a produção de alimentos na região Amazônica e consiste em enriquecer a capoeira com árvores leguminosas dentro do roçado, antes ou no momento do abandono do cultivo. O plantio de árvores tem por objetivo melhorar os acúmulos de biomassa e nutrientes e os aspectos biofísicos do solo. A introdução da árvore é feita durante a fase agrícola ou próximo de seu final, para dar melhores condições para seu desenvolvimento até o momento do início do pousio. As capinas realizadas para manutenção do roçado favorecem o crescimento das árvores. No final do pousio, quando a área enriquecida vai ser preparada para um novo ciclo agrícola, a biomassa acumulada deve ser triturada, espalhada como cobertura morta sobre o solo, para que finalmente, após decomposição, libere nutrientes para o roçado seguinte.

Este pousio prioriza o incremento de biomassa e a utilização de plantas com potencial para serem utilizadas como adubação verde que possuem efeitos sobre a fertilidade do solo, tais como: o aumento do teor de matéria orgânica; a maior disponibilidade de nutrientes; a maior capacidade de troca de

cátions efetiva (t) do solo; o favorecimento à produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais; a diminuição dos teores de Al trocável através de sua complexação, e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis que estejam nas camadas mais profundas do perfil (Calegari *et al.*, 1993).

Para o estado do Amazonas, poucas destas tecnologias foram testadas até o momento. No presente trabalho, pretende-se testar o efeito da implantação de um experimento com pousio melhorado utilizando uma espécie nativa característica de áreas em regeneração natural e que possui potencial para ser utilizada como adubo verde.

UTILIZAÇÃO DE ESPÉCIES LEGUMINOSAS

A utilização de leguminosas em áreas de floresta alterada tem sua importância associada com a ativação de processos que conduzem à recuperação de áreas abandonadas e/ou degradadas. Um dos aspectos deste processo decorre do fato de que a maioria das leguminosas é capaz de nodular e fixar nitrogênio do ar. A ativação dessas áreas por meio de plantio de espécies leguminosas está associada com o rápido estabelecimento de uma cobertura para o solo, oferta contínua de nitrogênio, aumento da população microbiana, com elevada deposição de material orgânico de rápida decomposição. Estes fatores atuam como reguladores e ativadores dos recursos disponíveis de forma a permitir o desenvolvimento de espécies mais exigentes (Oliveira & Schwengber, 2006)

Uma das espécies que vem sendo bastante estudada para enriquecimento de florestas secundárias é o *Inga edulis* Martius (Ingá-cipó), que é uma leguminosa arbórea da sub-família Mimosoideae, nativa da América Tropical e amplamente cultivada pela população local por ser de rápido crescimento, fornecer fruto comestível, madeira para lenha, servir como árvore de sombra e, mais recentemente, como componente agroflorestal (Falcão & Clement, 2000) e na recuperação de áreas degradadas (Palheta & Wandelli, 2002)

VARIÁVEIS EDÁFICAS NA SUCESSÃO DE FLORESTA SECUNDÁRIA

FÍSICA DO SOLO

A queda na produtividade agrícola poucos anos após o desmatamento na Região Amazônica tem sido atribuída às pequenas reservas de nutrientes no solo, à toxicidade de Al e à fixação do P, bem como à redução da porosidade total e da infiltração de água, e à degradação da estrutura do solo (Teixeira *et al.*, 1996). Assim, mensurar alguns aspectos físicos do solo tais como a estabilidade dos agregados, a densidade do solo e das partículas e a porosidade total, além das propriedades biológicas, pode consistir em uma ferramenta para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas.

A densidade do solo (D_s) é usada principalmente como indicadora da compactação, assim como de alterações da estrutura e da porosidade do solo. Os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g.cm⁻³, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 g.cm⁻³. Valores de D_s associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,65 g.cm⁻³ para solos arenosos e 1,45 g.cm⁻³ para solos argilosos (Reinert & Reichert, 2006).

A Densidade de partículas (D_p) depende primariamente da composição química e da composição mineralógica do solo. Os componentes que predominam em solos minerais apresentam valores de D_p em torno de 2,65 g.cm⁻³, exceção quando os teores de matéria orgânica ou óxidos de Fe e Al são altos. A matéria orgânica tem densidade específica de 0,9 a 1,3 g.cm⁻³ e sua presença reduz a D_p , ao contrário da presença de óxidos que aumenta a D_p (Reinert & Reichert, 2006). As informações referentes à densidade de partículas são consideradas de grande importância para o estabelecimento de estudos específicos para caracterização do solo e para a determinação da porosidade das principais classes de solos da Amazônia Central. A inexistência

destas informações, de forma direta, impossibilita a utilização efetiva de modelos de estimativa de porosidade e, conseqüentemente, de fluxos de água e nutrientes no solo (Macedo & Teixeira, 2004).

A porosidade do solo (P_t) é inversamente proporcional à D_s e de grande importância direta para o crescimento de raízes e para os movimentos de ar, água e solutos no solo. A textura e a estrutura dos solos explicam em grande parte o tipo, o tamanho, a quantidade e a continuidade dos poros. A determinação da porosidade total (P_t) em laboratório é feita, principalmente, de dois modos: 1) saturando-se uma amostra de solo e medindo-se o volume de água contido e; 2) por cálculo conhecendo-se a D_s e a D_p , pela fórmula $P_t \% = (1 - D_s/D_p) * 100$.

A estabilidade de agregado é uma medição que tem estreita relação com a habilidade de um solo resistir à erosão. A estabilidade é também fortemente afetada pela matéria orgânica do solo, através da quantidade e de sua qualidade e, especialmente, por ser o agente cimentante mais dependente do manejo de solo e plantas (Reinert & Reichert, 2006). Entre os fatores que afetam a agregação do solo, citam-se o teor de água, o sistema de cultivo e o manejo da matéria orgânica (MO), sendo que a maioria dos atributos do solo e do ambiente relacionados às funções básicas do solo tem estreita relação com a MO (Doran, 1997). A rápida degradação do solo sob exploração agrícola, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou, nas últimas décadas, a preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração agrícola (Sanchez, 1976; Lal & Pierce, 1991). Em decorrência do reduzido conhecimento do comportamento da estrutura dos agregados nas principais classes de solos e sistemas de uso na Amazônia Ocidental, surge a necessidade de uma caracterização dos referidos solos e sistemas.

O estudo dos agregados pode explicar modificações ligadas ao uso, ao manejo e à conservação do solo (Moraes *et al.*, 2001). Altos índices de estabilidade dos agregados podem diminuir a tendência de dispersão do solo, reduzindo o escoamento superficial de água e o risco de erosão. A estabilidade de agregados é o mais importante dos vários fatores que estão envolvidos na degradação do solo: ela influencia a infiltração e retenção de água, aeração e resistência à penetração de raízes (Santos, 1993; Silva, 2000). O estado de agregação do solo, definido como sendo a porcentagem de agregados em uma

dada massa de solo, pode ser uma limitação para o desenvolvimento vegetal (Freire, 1972). Um bom crescimento vegetal depende da presença de agregados com diâmetros entre 1 e 10 mm estáveis, que contenham grande quantidade de poros com mais de 75 μm de diâmetro (condições normais de aeração) e de poros com diâmetro entre 2 e 30 μm em número suficiente para reter água para o crescimento de microrganismos e raízes (Siqueira, 1994).

BIOMASSA MICROBIANA

A biomassa microbiana do solo é definida por Jenkinson & Ladd (1981) como o componente microbiano vivo, composta de fungos, bactérias, microfauna e algas, com participação fundamental nos ciclos biogeoquímicos de interesse para a produtividade agrícola, pois são responsáveis pelos processos de mineralização, contendo uma quantidade considerável de nutrientes (N, P, S, Cu e Zn) potencialmente disponíveis para as plantas (Jenkinson, 1988). Assim, a biomassa microbiana representa o compartimento central do ciclo de carbono no solo e, de acordo com as condições edafoclimáticas, do ecossistema e da composição dos resíduos vegetais existentes sobre a superfície do solo, pode funcionar como compartimento de reserva, dreno ou como um catalisador na decomposição da matéria orgânica (Paul & Clark, 1989 *apud* Mercante *et al.*, 2000).

A quantidade e a qualidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provocam alterações na composição da comunidade microbiana, influenciando a sua taxa de decomposição. Neste sentido, os sistemas de manejo do solo atuam diretamente na persistência dos resíduos no solo, no tamanho da biomassa microbiana e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas. Assim, a biomassa microbiana pode ser utilizada para indicar o nível de degradação do solo, em função do sistema de manejo utilizado (Doran & Parkin, 1994).

Estimativas da biomassa microbiana em latossolos da Amazônia mostraram que, nas condições de mata natural, a biomassa concentra-se nos primeiros 5 cm do solo. A derrubada e queima da floresta ocasiona queda

drástica na biomassa microbiana e uma inversão da sua distribuição com a profundidade (Cerri *et al.*, 1985b; Luizão *et al.*, 1992; Pfenning *et al.*, 1992 *apud* Geraldes, 1993). Em pastagens com mais de 5 anos de cultivo, na região de Manaus, onde o solo apresentava-se compactado, os níveis de biomassa microbiana registrados na camada superficial do solo (0-5cm) foram quase sempre iguais ou inferiores à metade dos valores encontrados na floresta (Bonde & Robertson, 1991 *apud* Geraldes, 1993). Um estudo sobre o efeito da idade e do manejo das pastagens da Amazônia Central na biomassa microbiana do solo, mostrou que a biomassa microbiana da camada superficial de uma pastagem com 5 anos de utilização foi muito maior do que a de uma pastagem com 12 anos e a de uma capoeira com 4 anos. Na camada 5-20 cm, a biomassa microbiana da pastagem mais jovem foi reduzida à metade, quando comparada com sua camada superficial, enquanto que, nas outras áreas, não houve redução significativa (Luizão *et al.*, 1999).

MACROFAUNA

Outros organismos do solo que são fortemente influenciados pelas práticas agrícolas são os que constituem sua macrofauna, pois estas modificam a abundância e a diversidade da comunidade, principalmente pela perturbação do ambiente físico e pela modificação da quantidade e qualidade da matéria orgânica (Aquino *et al.*, 2000). A macrofauna é composta por animais invertebrados maiores que 2,0 mm e que utilizam a interface solo-liteira-vegetação como habitat, atuando na fragmentação da matéria orgânica e na estruturação do solo. A retirada da liteira e a manipulação da sua quantidade e qualidade promovem a modificação da estrutura do hábitat e dos recursos alimentares (Correia & Andrade, 1999). Por isso a cobertura do solo exerce efeito importante sobre a macrofauna, influenciando até mesmo os grupos taxonômicos que são capazes de colonizar o solo (Barros *et al.*, 2003). Além disso, determinam, em última análise, as funções que esta fauna vai exercer nos processos físicos, químicos e biológicos do solo. Blanchart *et al.* (2004) constataram experimentalmente que a atividade de minhocas proporcionou um aumento na estabilidade de agregados do solo em pastagens.

Por outro lado, Barros *et al.* (2001) observaram que um aumento desproporcional da população da minhoca *Pontoscolex corethrurus*, em uma pastagem na região amazônica, promoveu a compactação superficial do solo, pelo acúmulo excessivo de coprólitos finos e adensados acima do solo.

LITEIRA

Em florestas tropicais, desenvolvidas sobre solos ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes, a camada de liteira formada no solo torna-se o mais importante sistema de sustentação deste ecossistema, pois a entrada de nutrientes para a vegetação é feita principalmente pelos detritos vegetais caídos sobre o solo da floresta, coletivamente chamados “liteira” (Vieira, 1988).

As transformações que ocorrem neste compartimento dos ciclos biogeoquímicos são as que mais afetam os fluxos de transferência dentro do ecossistema. A liteira atua na superfície do solo, tanto como uma camada protetora do solo como um estoque de carbono e nutrientes regulado pelos processos de produção e decomposição. Em um sistema em equilíbrio, a liteira é transformada em nutrientes minerais ou em matéria orgânica do solo (Luizão, 2007) com ajuda dos microrganismos do solo, que se alimentam desta e, pela respiração, produzem dióxido de carbono que retorna para a atmosfera.

Em estudos realizados em florestas tropicais tem-se verificado maior contribuição da fração folhas na produção total de liteira (Luizão & Schubart, 1987; Kluthcouski & Aidar, 2003). Esses pesquisadores constataram que a fração folhas constitui cerca de 60 a 80%, quando comparada com a de outros componentes, como gravetos e materiais reprodutivos. A quantidade de liteira acumulada sobre o solo não varia muito entre regiões, considerando o mesmo ambiente e ecossistema.

BIOMASSA VEGETAL

A estimativa da biomassa da Amazônia tem gerado extensos debates no meio científico (Brown & Lugo, 1984; Fearnside,

1985,1986,1992,1993; Lugo & Brown, 1986; Brown et al., 1989). As estimativas mais recentes para a biomassa total da floresta amazônica a partir de inventários em escala regional variam de 227 t ha⁻¹ a 464 t ha⁻¹ (Nogueira, 2007). Para áreas em regeneração secundária o incremento da biomassa pode variar de 9-10 t ha⁻¹.ano⁻¹ (Steininger, 2000) a 56 t ha⁻¹.ano⁻¹ em capoeiras de até 12 anos de idade (Salomão *et al.*, 1996 & Lima, 2001), pois o incremento da biomassa em regeneração depende do histórico de uso da área (Wandelli, 2009).

Os métodos mais empregados para estimar a biomassa na Amazônia são: o método direto ou de colheita destrutiva, e o indireto, que é calculado via análise de regressão, baseado nas relações alométricas das árvores. Independente do método aplicado deve-se ter em mente que, em termos de carbono como fonte potencial para o efeito estufa, todo material de origem vegetal presente na floresta deve ser quantificado. Portanto, a biomassa total da floresta deve-se referir não apenas às árvores, mas a todos os compartimentos presentes nela, tais como cipós, arbustos, palmeiras, raízes e material vegetal morto (Graça, 1997).

OBJETIVOS

GERAL

Avaliar o efeito do enriquecimento da regeneração de áreas de pastagem degradada e de agricultura itinerante com *Inga edulis* sobre a biomassa vegetal e propriedades do solo.

ESPECÍFICOS

- Avaliar o estoque de nutrientes e de biomassa da vegetação com 15 meses de idade em áreas de pousio melhorado e de regeneração natural de mesma idade;

- Avaliar as alterações das condições químicas, físicas e biológicas do solo das áreas em pousio melhorado e de regeneração natural no intervalo de 15 meses;

- Diferenciar os efeitos do enriquecimento da regeneração com Ingá entre áreas previamente usadas para agricultura e pecuária.

ARTIGO I¹**Produção de biomassa vegetal e análise da química do solo sob pousio melhorado com *Inga edulis* Martius em área abandonada de agricultura e pecuária no Assentamento Tarumã-Mirim – AM**

Thelma Mendes Pontes¹; Elisa Vieira Wandelli²; Flávio Jesus Luizão³; Tiago Souza Catique⁴

¹Pós-graduanda em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Av. André Araújo, 2936, Bairro Aleixo, CEP 69060-001, Manaus /AM.

²Pesquisadora da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa Amazônia Oriental, Rodovia AM-10, Km 29, CEP 69010-970, Manaus/AM

³Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Av. André Araújo, 2936, Bairro Aleixo, CEP 69060-001, Manaus /AM. E-mail: Fluizao@inpa.gov.br. Tel.: +55 92 3643 3618, Tel(fax).: +55 92 3643 3255.

⁴Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, Campus Universitário, Bairro Coroado I. CEP 69077-000, Manaus/AM.

Resumo

As taxas de desmatamento das florestas primárias nos trópicos úmidos vêm crescendo de forma intensiva nos últimos anos, devido principalmente ao desenvolvimento da agricultura itinerante e da pecuária extensiva. O uso da terra e o seu subsequente abandono estão aumentando a área total de florestas secundárias conhecidas na Amazônia como capoeiras. Para reativação destas áreas de florestas alteradas tem-se recomendado o plantio de espécies leguminosas que atuam como reguladoras e ativadoras dos recursos disponíveis de forma a permitir o desenvolvimento de espécies mais exigentes, além de fixar nitrogênio do ar. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de biomassa vegetal e a química do solo durante 15 meses após a implantação do pousio melhorado com *Inga edulis* em uma área de agricultura abandonada e uma área de pecuária abandonada no Assentamento Tarumã-Mirim, Manaus, Amazonas. Em cada área foram delimitadas duas parcelas tratamento, uma com plantio de *Inga edulis* e outra apenas deixada para regeneração natural. As principais características encontradas nos solos estudados foram acidez mediana e baixas concentrações de nutrientes, não havendo diferença significativa entre os tratamentos e tempos de coleta. A biomassa aérea acumulada nos 15 meses do experimento, o teor e estoque de nutrientes do *Inga edulis* e sua altura média foram maiores na área com histórico de uso prévio com agricultura em pousio melhorado. Os tratamentos pousio melhorado e regeneração natural, durante os 15 meses, não tiveram efeito sobre a fertilidade do solo, porém o acúmulo de biomassa vegetal e nutrientes foram maiores nas áreas de agricultura em pousio melhorado, indicando o potencial de melhoria das propriedades do solo a curto ou médio prazo.

Palavras-chave: Áreas Degradadas - Agropecuária - Leguminosas - Floresta Secundária - Amazônia Central.

¹ A ser submetido à Revista AGROFORESTRY SYSTEMS

Abstract

Deforestation rates of primary forests in the humid tropics have been growing intensively in recent years, due mainly to the development of shifting cultivation and extensive pasture. The use of land and its subsequent abandonment are increasing the total area of forest in the Amazon known as capoeira. For activation of these areas of disturbed forests has recommended the planting of leguminous species that act as regulators and activating resources available to enable the development of more demanding species, and to fix nitrogen from the air. The objective of this study was to evaluate the production of plant biomass and soil chemistry for 15 months after the implementation of improved fallow with *Inga edulis* in an area of abandoned agriculture and pasture area in the abandoned settlement Tarumã-Mirim, Manaus, Amazonas. In each site two plots were delimited treatment, with planting of *Inga edulis* and another just left for natural regeneration. The main features found in the soils were medium acidity and low nutrient concentrations, no significant difference between treatments and sample times. The biomass accumulated in the 15 months of the experiment, the content and nutrient stocks of *Inga edulis* and their average height was greater in the area with a history of previous use of improved fallow agriculture. The two treatments improved fallow and natural regeneration for 15 months, have not contributed to increase soil fertility, but the accumulation of plant biomass and nutrients were higher in agricultural areas under improved fallow, indicating its potential to improve soil properties in a short term.

Key-Words: Degraded Areas - Agriculture – Legume Species - Secondary Forest - Central Amazon.

Introdução

A área desflorestada no período de novembro de 2008 a janeiro de 2009 na Amazônia foi de 754,3 km² (INPE 2009). As taxas de desmatamento das florestas brasileiras desde 2005 vêm diminuindo devido a algumas políticas do governo e a diversas crises econômicas, mas o desmatamento da Floresta Amazônica continuou intenso nas últimas décadas principalmente devido ao desenvolvimento da agricultura convencional de grande escala (soja, principalmente), à agricultura itinerante e à pecuária extensiva (IMAZON 2009). O uso da terra com sistemas de cultivo inapropriados para a região e o seu subsequente abandono tem aumentado a área total de florestas secundárias conhecidas, na Amazônia, como “capoeiras” (Watrin 1996).

As capoeiras representam o tipo mais comum de ecossistema degradado na Amazônia e, felizmente, o mais fácil de recuperar, pois à medida que se desenvolvem, elas recuperam o potencial de produtividade agrícola, acumulando nutrientes na biomassa e restaurando propriedades físico-químicas do solo (Nepstad et al. 2001). Através da regeneração natural, as capoeiras também recuperam funções biogeoquímicas (armazenagem de carbono, retenção de nutrientes, evapotranspiração) e, limitadamente, uma fração da biodiversidade original (Vieira et al. 1993). No entanto, o potencial regenerativo da sucessão secundária varia em função da idade da vegetação, do tipo de cultivo e do número e da duração dos ciclos de utilização (Uhl et al. 1988).

As pastagens abandonadas se transformam em campos velhos, que são dominados por arbustos que oferecem resistência à regeneração florestal por meio de inúmeras barreiras ao estabelecimento arbóreo e ao seu desenvolvimento (Nepstad et al. 1991). Na Amazônia oriental a taxa de recuperação após o abandono da pastagem é inversamente proporcional à sua intensidade de uso (Uhl 1987). Este autor sustenta que as perturbações causadas pelas pastagens na Amazônia são mais severas do que as da agricultura de corte e queima, pois: (i) seu uso é freqüentemente mais prolongado e pode tornar o solo extremamente estéril; (ii) as pastagens geralmente são sujeitas a repetidas queimas e capinas, o que acaba

destruindo todos os mecanismos de regeneração da área; (iii) devido às extensas áreas, a dispersão de sementes a partir de florestas distantes fica seriamente comprometida. Mesmo regenerando, as espécies florestais ainda se sujeitam ao risco de incêndios durante os meses da estação seca devido à abundância de materiais combustíveis sobre o solo nas áreas perturbadas. As árvores que emergem acima da vegetação de gramíneas e de arbustos dominantes na sucessão florestal, seriam amenizadoras das barreiras naturais para o estabelecimento de novos indivíduos arbóreos sob elas (Nepstad et al. 1991). Tais espécies pioneiras, que possuem potencial de colonização e rápido crescimento, podem ainda, segundo Viana (1987 *apud* Puerta 2000), facilitar o estabelecimento de outras espécies características de estágios sucessionais mais avançados.

Após o desmatamento e o abandono de uma área de pasto ou de agricultura, a floresta secundária em regeneração restitui rapidamente as funções hidrológicas. Uma floresta secundária de quinze anos, em Paragominas, apresentou a mesma taxa de evapotranspiração de uma floresta primária vizinha (Jipp et al. 1998). O restabelecimento da biomassa e da composição de espécies, contudo, são processos mais lentos (Salomão et al. 1996 *apud* Nepstad 1999). Saldarriaga et al. (1988) estimaram que as florestas secundárias crescendo sobre campos agrícolas de corte e queima abandonados, necessitam de quase dois séculos para restabelecer a quantidade de biomassa contida em uma floresta primária. As florestas secundárias na região Bragantina da Amazônia Oriental continham menos da metade das espécies de árvores da floresta primária, mesmo após quarenta anos de restabelecimento (Vieira et al. 1996), enquanto uma floresta secundária de quinze anos em Paragominas abrigava menos de um terço das espécies nativas de árvores da floresta primária, menos da metade das espécies de formigas e somente um quinto das espécies de pássaros (Moutinho 1998; Nepstad et al. 1996).

Brearley e colaboradores (2004), por exemplo, concluíram que um período de 55 anos após o abandono de uma roça é suficiente para a recuperação da estrutura florestal original, mas insuficiente para o retorno da maioria das espécies encontradas em florestas primárias. Outros autores têm investigado o assunto, mas, devido às diferenças ambientais, de intensidade e escala de cultivo, seus dados apontam para uma considerável variação no período de recuperação, de 60 a 80 anos (Brown e Lugo 1990), de 150 a 200 anos (Knight 1975; Saldarriaga e Uhl 1991), de 250 a 500 anos (Kartawinata 1994), ou mais (Whitmore 1991).

Em termos gerais, a fertilidade do solo e o histórico de uso surgem como os fatores críticos que influenciam a taxa de regeneração de florestas (Tucker et al. 1998). Uhl et al. (1982 e 1988) constatou que o tempo de recuperação depende do uso do solo posterior a remoção. Ciclos de exploração madeireira, corte /queima / abandono, e corte / queima / agricultura / abandono aumentam a duração da sucessão secundária. Grandes manchas limpas, onde as fontes de inóculo estão longe, podem levar centenas de anos para voltar à floresta primária.

A estimativa da biomassa da Amazônia tem gerado extensos debates no meio científico (Brown e Lugo 1984; Fearnside 1985 1986 1992 1993; Lugo e Brown 1986; Brown et al. 1989). As estimativas mais recentes para a biomassa total da floresta amazônica a partir de inventários em escala regional variam de 227 t ha⁻¹ a 464 t ha⁻¹ (Nogueira 2007), já para áreas em regeneração natural, Steininger (2000) sugere um crescimento médio de 9-10 t ha⁻¹.ano⁻¹ em áreas de florestas secundárias jovens de até 12 anos de idade, mas Salomão et al. (1996) e Lima (2001) estimaram uma biomassa de 44 t ha⁻¹ e 56 t ha⁻¹ em

capoeiras de 10 anos. Os métodos mais empregados para estimar a biomassa na Amazônia são: o método direto ou de colheita destrutiva e o indireto que é calculado via análise de regressão, baseado nas relações alométricas das árvores. Independente do método aplicado deve-se ter em mente que, em termos de carbono como fonte potencial para o efeito estufa, todo material de origem vegetal presente na floresta deve ser quantificado. Portanto, a biomassa total da floresta deve-se referir não apenas às árvores, mas a todos os compartimentos presentes nela, tais como cipós, arbustos, palmeiras, raízes e material vegetal morto (Graça 1997).

A vegetação secundária caracteriza-se pela colonização inicial de espécies pioneiras. Estas espécies dependem de muita luz como fator principal para sua colonização, bem como do histórico de uso da terra e da história de vida das mesmas espécies. *Cecropia* e *Vismia* são os gêneros de pioneiras que dominam inicialmente estas áreas na região central da Amazônia (Mesquita et al. 2001). As taxas de recrutamento e composição destas áreas são altamente dependentes dos tipos de pioneiras que primeiro chegam para colonizar; disso resulta que a riqueza de espécies em uma capoeira dominada por espécies de *Cecropia* seja quase o dobro do que uma capoeira dominada por espécies de *Vismia* (Mesquita et al. 2001).

Para um rápido estabelecimento de uma cobertura para o solo, oferta contínua de nitrogênio, aumento da população microbiana, com elevada deposição de material orgânico de rápida decomposição, tem se recomendado a ativação de áreas de floresta alterada por meio de plantio de espécies leguminosas (Oliveira e Schwengber 2006). A utilização de leguminosas tem sua importância associada com a ativação de processos que conduzem à recuperação de áreas abandonadas e/ou degradadas, pois atuam como reguladores e ativadores dos recursos disponíveis de forma a permitir o desenvolvimento de espécies mais exigentes. Um dos aspectos deste processo decorre do fato de que a maioria das leguminosas é capaz de nodular e fixar nitrogênio do ar (Oliveira e Schwengber 2006).

Uma das espécies que vem sendo bastante estudada para enriquecimento de florestas secundárias é o *Inga edulis* Martius (Ingá-cipó), que é uma leguminosa arbórea da sub-família Mimosoideae, nativa da América Tropical e amplamente cultivada pela população local por ser de rápido crescimento, fornecer fruto comestível, madeira para lenha, servir como árvore de sombra e, mais recentemente, como componente agroflorestal (Falcão e Clemente 2000) e na recuperação de áreas degradadas (Palheta e Wandelli 2002). Numa abordagem de pousio melhorado, as espécies de leguminosas arbóreas são plantadas antes da colheita, e instalam-se, como espécies de pousio. Em áreas tropicais sub-húmidas, estas árvores acumulam no solo, através da queda das folhas, entre 100 a 200 kg de Nitrogênio (N) em 6-24 meses, dependendo da frequência das chuvas (Sanchez e Palm 1996). Quando a madeira é cortada, as folhas, as vagens e os ramos ricos em N, são incorporadas no solo como “adubo verde”, antes do próximo cultivo. Além de ajustar-se perfeitamente aos padrões de trabalho dos agricultores com poucos recursos, esta técnica possibilita um encurtamento da fase de pousio de uma maneira sustentável (Raintree e Warner 1986; Brienza 1999; Denich et al. 2000)

O objetivo geral deste estudo foi o de avaliar o efeito do enriquecimento da regeneração de áreas de pastagem degradada e de agricultura itinerante com *Inga edulis* sobre a biomassa vegetal e propriedades do solo. Os objetivos específicos foram: (a) avaliar o estoque de nutrientes e de biomassa da vegetação com 15 meses de idade em áreas de pousio melhorado com o das áreas de regeneração natural

de mesma idade; (b) avaliar as alterações das condições químicas do solo das áreas em pousio melhorado e o das áreas de regeneração natural no intervalo de 15 meses, diferenciando os efeitos do enriquecimento da regeneração com Ingá entre áreas previamente usadas para agricultura e pecuária.

Materiais e Métodos

Caracterização da área experimental

O experimento foi implantado no ano de 2007 em duas pequenas propriedades agrícolas do Assentamento Tarumã-Mirím localizado na micro-bacia do Tarumã Açu, cujo acesso dá-se pelo km 21 da BR-174, na zona noroeste do município de Manaus, estado Amazonas, Brasil. A floresta original dessa região da Amazônia Central é classificada como densa de terra firme (Braga 1979) e o solo predominantemente é o Latossolo Amarelo álico, muito argiloso (Oxisol) (IPEAAOc 1971) da Formação Alter do Chão, que tem de baixo a muito baixo potencial para atividades agrícolas e de criação de gado (RADAMBRASIL 1987). O clima é do tipo *Ami*, com médias anuais de pluviosidade em torno de 2.200 mm, com estação seca curta, em torno de três meses. Para obtenção dos gráficos de chuva e temperatura da região de estudo foram utilizados dados da estação meteorológica do campo experimental da Embrapa/DAS – Distrito Agropecuário da SUFRAMA, obtidos no site www.agritempo.gov.br (Figuras 2 e 3), esta estação fica a 30 km de distância em linha reta da área experimental.

O projeto de assentamento Tarumã-Mirím, foi criado pelo INCRA, em 1992 pelo processo do INCRA/SR (15) AM. No 687/86 e efetivado em 1996, em domínio de terras da União (Figura 1). A área do assentamento é de 41.911 ha com um perímetro de 111 km e com 1042 lotes de 25 ha destinados a agricultura familiar. Há cinco reservas florestais descontínuas totalizando 7.089 ha, o que equivale a 16,6% da área (PROAMBIENTE 2002).

Para o presente estudo, foram escolhidas duas propriedades do assentamento Tarumã-Mirím, uma com histórico de uso como pastagem e outra com histórico de uso de agricultura de mandioca. A escolha de cada lote se deu pelo interesse do proprietário em deixar as áreas em pousio e de participar da pesquisa. O lote 412 é situado no ramal da Cooperativa (2°48'11''S e 60°09'20''W) é, de propriedade do Sr. Francisco José de Oliveira Sales, foi desmatado em 1999 e onde se cultiva mandioca (*Manihot esculenta*) numa área de 0,5 ha, sempre deixando um intervalo de 1 a 2 anos em pousio a cada três ciclos de cultivo. Após 1-2 anos, a regeneração natural (capoeira, juquirá) é então cortada e queimada no início de cada ciclo de cultivo. O lote 262, que está localizado no ramal do Pau Rosa (2°47'23''S e 60°07'36''W), teve a floresta primária desmatada em 1983 e, é de propriedade do Sr. Jair Vilaça de Abreu desde 1990, tem uma pastagem de 4 ha bastante degradada com forte predominância de vassourinha-de-botão (*Borreria verticillata*). As duas áreas passaram por diversas aplicações de calcário em quantidades não registradas para correção da acidez do solo ao longo dos cultivos.

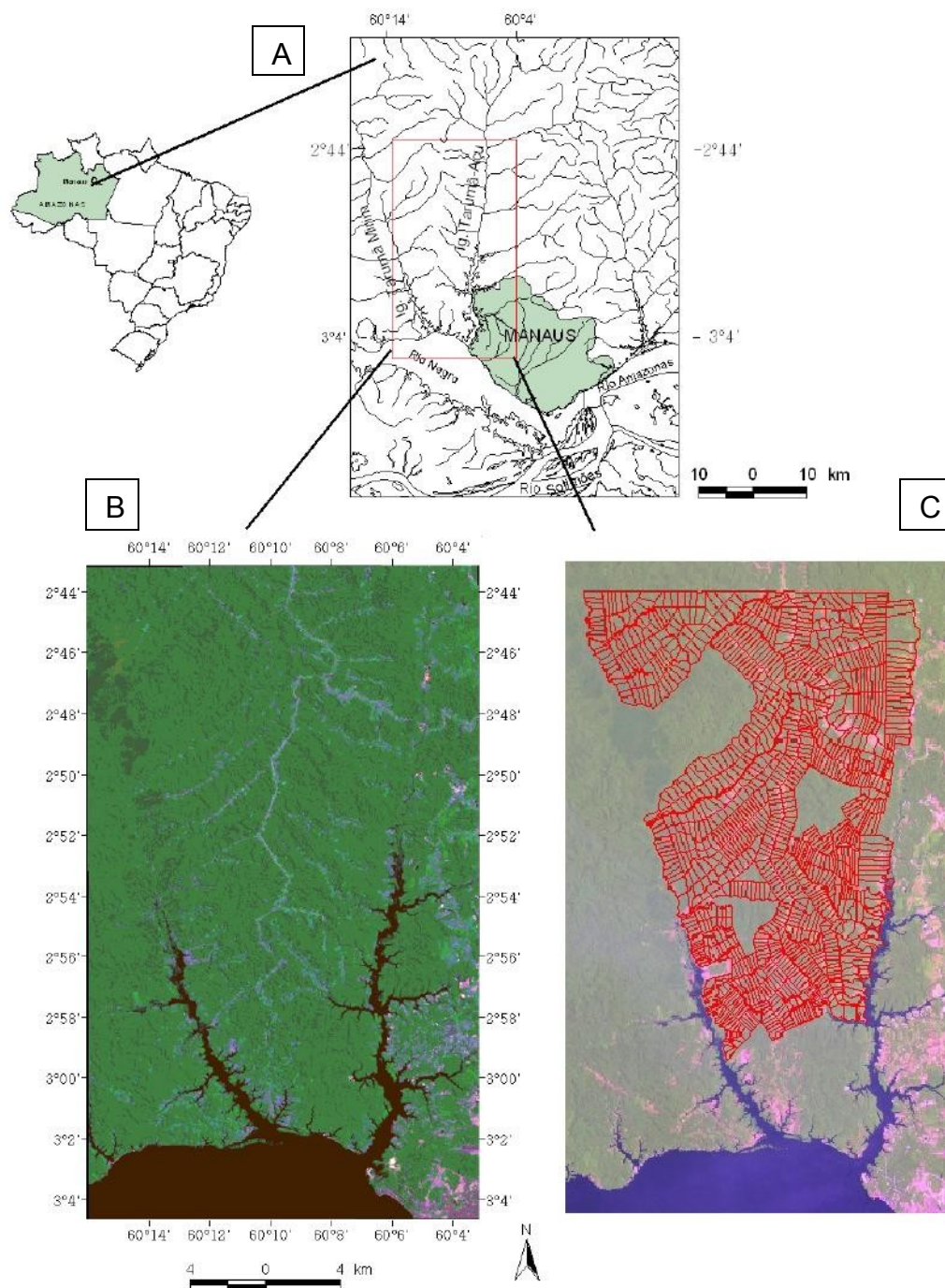


Figura 1. Localização da região do Assentamento Taramã-Mirim em relação ao Brasil e área urbana de Manaus, Amazonas (A), imagem satélite land-sat de 2001 (B) e malha fundiária do Assentamento (C).

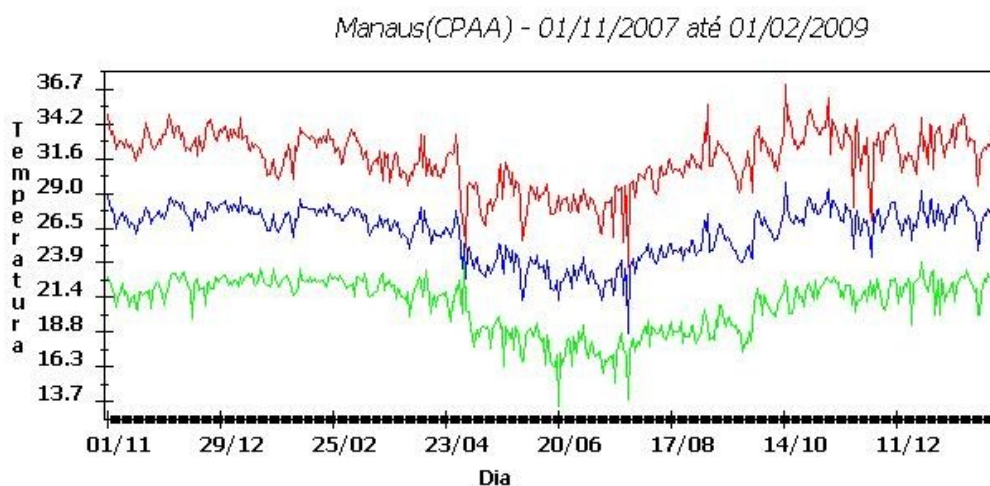


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas e médias diárias (°C) no campo experimental da Embrapa km 54 da BR 174, Manaus, Amazonas no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.

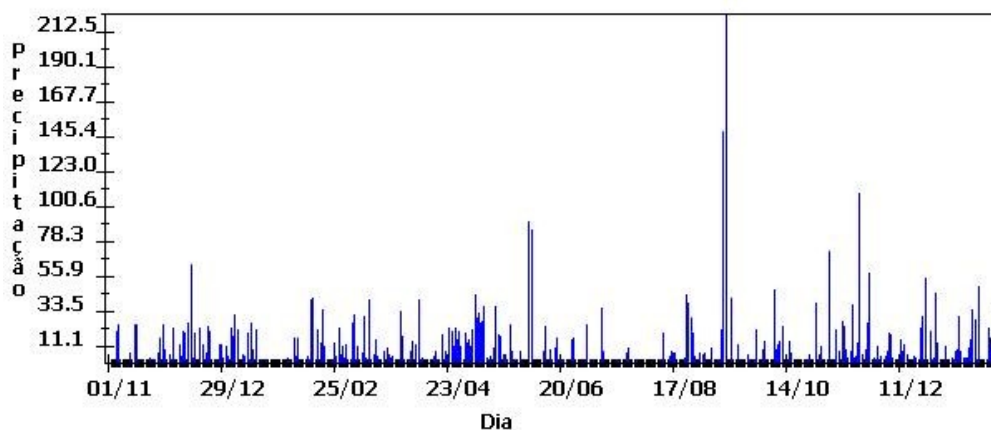


Figura 3. Precipitação média diária (mm) no campo experimental da Embrapa km 54 da BR 174, Manaus, Amazonas no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.

Delineamento Experimental

O experimento foi implantado em área com histórico de agricultura (lote 412) que estava cultivada há um ano com mandiocas/macaxeiras submetida a duas capinas manuais, em área de pastagem (lote 262) implantada há 25 anos e que foi queimada e roçada inúmeras vezes, hoje encontrando-se bastante degradada com domínio de plantas invasoras.

Em cada propriedade delimitou-se duas parcelas de 25 m x 25 m, distantes, aproximadamente, 8 m uma da outra. Uma parcela foi submetida à regeneração natural (parcela controle) e outra ao pousio melhorado (parcela tratamento), onde foram plantadas mudas de *Inga edulis* com 10 meses de idade e altura média de 40 cm, em um espaçamento de 1m x 1m. Cada parcela de 25 m x 25 m foi subdividida em 25 pseudo-repetições de 5 m x 5 m. A faixa de 5 m externa foi utilizada como borda e as 9 pseudo-repetições centrais foram utilizadas para coleta. Em cada uma das duas áreas plantou-se 625 mudas de ingá-cipó, 25 por pseudo-repetição (Figuras 4).

Variáveis avaliadas

Para avaliar o efeito do pousio melhorado com ingá foram comparadas as características químicas do solo, o estoque e a qualidade química da liteira e a biomassa vegetal nos seguintes tratamentos: 1 – área de agricultura em pousio melhorado; 2 – área de agricultura em regeneração natural; 3 – área de pecuária em pousio melhorado e 4 – área de pecuária em regeneração natural. As amostras de solo foram coletadas na implantação do experimento (tempo 0), em novembro de 2007 na transição entre a época chuvosa e a seca; durante a estação chuvosa (tempo 1), em março de 2008 e após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2), conforme metodologias descritas abaixo.

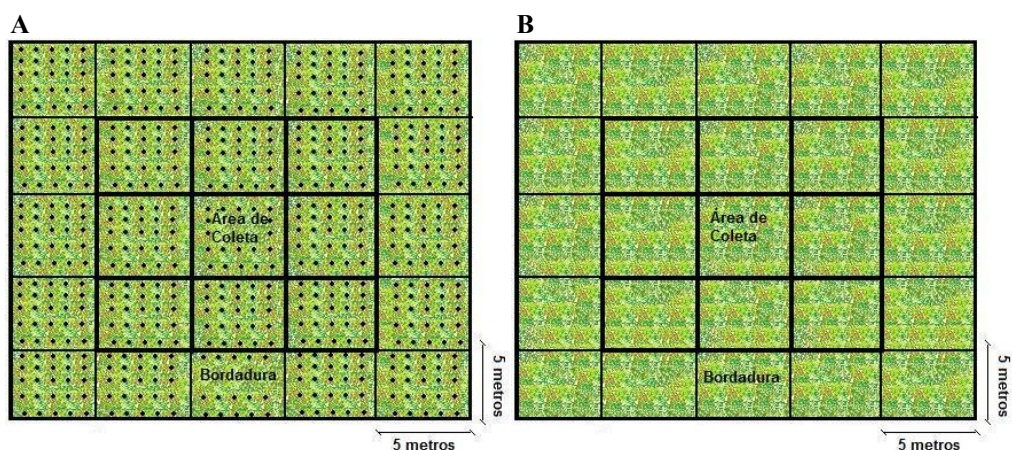


Figura 4. A) Área de regeneração natural enriquecida com ingá, onde os pontos pretos representam as mudas de ingá plantadas e a área colorida a regeneração natural. B) Área de controle constituída pela regeneração natural. Experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, Manaus, Amazonas.

Biomassa Vegetal e Estoque de Nutrientes:

Biomassa no tempo 0

A biomassa vegetal existente antes da implantação do experimento (tempo 0), composta somente de gramíneas e arbóreas ou arbustivas espontâneas, no experimento na pastagem, e espontâneas e mandioca, no experimento na área de agricultura, foi estimada por meio de cinco amostras destrutivas de 50 cm x 50 cm em cada um dos tratamentos. A vegetação separada em monocotiledôneas, dicotiledôneas herbáceas, dicotiledôneas lenhosas e mandioca. Para obtenção da biomassa, o tecido vegetal foi seco em estufa a 60° C até massa constante. A média das massas secas das amostras de cada tratamento foi extrapolada para 1 hectare.

O teor de macro e micro nutrientes e carbono de cada um dos itens de cada uma das amostras foram analisados no LTSP. O estoque de nutrientes e carbono de cada um dos itens da vegetação no tempo zero foi obtido através da extrapolação dos teores de cada um dos nutrientes para a biomassa por hectare.

Biomassa no tempo 2

Vegetação com DAP menor que 1cm

A biomassa vegetal dos indivíduos herbáceos com diâmetro à altura do peito (DAP) menor que 1 cm existente após 1 ano do plantio do ingá e do abandono da regeneração natural foi estimada através do peso seco de três amostras de 50 cm x 50 cm, distribuídas ao acaso, em cada uma das subparcelas. A vegetação foi separada em monocotiledôneas, dicotiledôneas herbáceas e dicotiledôneas lenhosas. Para obtenção da biomassa, as amostras de tecido vegetal foram secas em estufa a 60° C até peso constante e pesadas em balança com precisão de 1g. A média dos pesos secos das amostras de cada tratamento foi extrapolada para 1 hectare.

Vegetação com DAP maior que 1 cm

A biomassa vegetal dos indivíduos com DAP maior que 1 cm foi estimada através da coleta destrutiva de todas subparcelas de 5 m x 5 m.

Todos os indivíduos da regeneração natural acima de 1cm foram identificados, cortados na base do tronco, separados em folha, galho e tronco e seus respectivos pesos frescos medidos individualmente. O peso seco foi estimado por meio de amostras do tecido vegetal de folhas, galhos e troncos de pelo menos cinco indivíduos para cada uma das espécies de cada tratamento, que foram secos a 60° C até obter peso constante. O teor de matéria seca de cada item de cada espécie foi usado para transformar o peso fresco obtido no campo, para cada indivíduo, em biomassa seca. O diâmetro foi medido na altura do peito e também a 0,30 cm do solo, das mudas de ingá-cipó plantadas apenas metade (intercaladamente) foi cortada para medição destrutiva de biomassa, a outra metade foi mantida para ser manejada posteriormente como adubo verde. Os indivíduos de ingá-cipó que não foram cortados tiveram sua biomassa estimada através de equações alométricas, onde as regressões foram geradas a partir dos dados de galho, folha e tronco dos indivíduos cujas biomassas foram obtidas pelo método. A biomassa vegetal dos indivíduos cortados para medição destrutiva foi depositada sob o solo das subparcelas a que pertenciam.

A biomassa de cada subparcela foi obtida através da soma do peso seco de cada um dos indivíduos. A biomassa total foi estimada através da extrapolação da média da biomassa por parcela para um hectare. As mesmas amostras coletadas para obtenção do teor de matéria seca foram utilizadas para análises de macro e micronutrientes e carbono no LTSP. O estoque de nutrientes e carbono de cada um dos indivíduos de cada espécie da vegetação foi obtido através da extrapolação dos teores de cada um dos nutrientes para a biomassa por hectare. O estoque total de nutrientes por hectare de cada tratamento foi obtido da extrapolação da média das subparcelas de 25 m².

Para as análises de química do solo e liteira foram realizadas três coletas, na implantação do experimento (tempo 0), 4 meses após a implantação (tempo 1) e 15 meses após a implantação (tempo 2); para a análise de biomassa vegetal foram realizadas coletas na implantação do experimento (tempo 0) e para quantificação de herbáceas e da biomassa aérea que regenerou, as coletas foram realizadas 15 meses após implantação do experimento (tempo 2).

Química do solo

Os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e Al), os micronutrientes (Fe, Mn, Zn), e o pH foram avaliados através de 3 coletas ao longo do tempo de estudo, em cada coleta foram retiradas cinco amostras simples de solo de 0- 5 cm de profundidade, que formaram uma amostra composta, para cada uma das pseudo-repetições. O solo foi extraído com o auxílio de um trado, e as amostras, após secas em temperatura ambiente e peneiradas (malha 2 mm) foram analisadas no Laboratório Temático de Solo e Plantas do INPA - LTSP.

As concentrações de nitrogênio total foram determinadas por digestão-destilação Kjeldahl. Os nutrientes K, Ca, Mg e Al do solo foram determinados pelo método de extração em KCl 1M e a determinação de Fe, Mn e Zn foi feita pelo método de extração em duplo-ácido (Embrapa 1999) e posteriormente foram feitas as leituras por espectrofotometria de absorção atômica (AAS, 1100 B, Perkin-Elmer, Germany).

A determinação do P foi feita pelo método de colorimetria (Olsen e Sommers 1982), com a solução extraída em duplo ácido (HCl 0,005M + H₂SO₄ 0,012M), e a determinação na presença de molibdato de amônio e vitamina C, e posterior leitura em espectrofotômetro (UV-120-01).

A determinação da concentração efetiva de íons H⁺ (pH) foi feita por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão solo: água na proporção de 1: 2,5 ml; após a leitura em água foi feita também leitura em uma solução de KCl 1M.

Análise dos dados

Uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para agrupar os dados de química do solo, e posterior submissão à MANOVA e análise linear de dissimilaridade.

As análises dos dados foram efetuadas utilizando o ambiente R (versão 2.7.1).

Resultados e Discussão

Estoque e química da biomassa vegetal aérea

Biomassa vegetal, teor e acúmulo de nutrientes no tempo zero

Na instalação do experimento (tempo 0) foi registrado um total de 2,37 t ha⁻¹ de biomassa seca vegetal na área de agricultura (Tabela 1), onde a maior biomassa foi representada pelas plantas anuais (1,40 t ha⁻¹), seguida por dicotiledônea lenhosa (0,53 t ha⁻¹). Na área de pecuária foi estimado um total de 1,34 t ha⁻¹, esta área de pastagem se encontra em alto estado de degradação, a biomassa de monocotiledônea foi de apenas 0,13 t ha⁻¹, havendo predominância de dicotiledôneas herbáceas (1,02 t ha⁻¹).

Teores de K, Ca e Mg levemente maiores foram observados na área de agricultura. O teor de ferro foi significativamente maior na área de pecuária e o teor de fósforo observado foi levemente maior na área de pecuária (Tabela 2).

Os maiores acúmulos de nutrientes foram observados nas plantas anuais na área de agricultura e nas dicotiledôneas herbáceas na área de pecuária (Tabela 3).

As maiores porcentagens médias de carbono e nitrogênio foram observados nas dicotiledôneas herbáceas na área de agricultura e nas dicotiledôneas lenhosas na área de pecuária. Maior relação C/N foi observada nas monocotiledôneas na área de agricultura e nas dicotiledôneas herbáceas na área de pecuária, maior acúmulo médio de carbono e nitrogênio foi observado na área de agricultura (Tabela 4).

Tabela 1. Biomassa vegetal média (n=5) em t ha⁻¹ antes da instalação do experimento (tempo 0) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

| Área | Item | t ha ⁻¹ |
|-------------|------------------------|--------------------|
| Agricultura | Dicotiledônea herbácea | 1,54 |
| | Dicotiledônea lenhosa | 0,53 |
| | Monocotiledônea | 0,30 |
| Total | | 2,37 |
| Pecuária | Dicotiledônea herbácea | 1,02 |
| | Dicotiledônea lenhosa | 0,19 |
| | Monocotiledônea | 0,13 |
| Total | | 1,34 |

Tabela 2. Teor médio de nutrientes (n=5) da biomassa aérea na instalação do experimento (tempo 0) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas

| Tratamento | Item | Ca | Mg | K | Fe | Zn | Mn | P |
|-------------|-----------------|----------------|------|------|-----------------|------|------|------|
| | | -----g/Kg----- | | | -----mg/Kg----- | | g/Kg | |
| Agricultura | Dicotiledônea | | | | | | | |
| | Herbácea | 66,7 | 12,7 | 58,1 | 741 | 230 | 555 | 6,00 |
| | Lenhosa | 27,2 | 5,90 | 34,5 | 127 | 84,0 | 257 | 2,50 |
| | Monocotiledônea | 15,4 | 3,86 | 25,3 | 296 | 195 | 343 | 3,17 |
| Total | | 109 | 22,4 | 118 | 1164 | 509 | 1105 | 11,7 |
| Pecuária | Dicotiledônea | | | | | | | |
| | Herbácea | 57,5 | 6,92 | 45,2 | 923 | 281 | 467 | 6,25 |
| | Lenhosa | 13,7 | 3,11 | 23,8 | 171 | 21,0 | 102 | 0,72 |
| | Monocotiledônea | 22,7 | 9,28 | 37,9 | 5150 | 263 | 688 | 4,99 |
| Total | | 93,9 | 19,3 | 107 | 6244 | 565 | 1257 | 12,0 |

Tabela 3. Estoque de nutrientes médios (n = 5) da biomassa aérea na implantação do experimento (tempo 0) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas .

| Tratamento | Item | Ca | Mg | K | Fe | Zn | Mn | P |
|-------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Agricultura | Dico her | 1,68e ⁻⁰² | 3,55e ⁻⁰³ | 1,34e ⁻⁰² | 1,36e ⁻⁰⁴ | 5,84e ⁻⁰⁵ | 1,65e ⁻⁰⁴ | 1,45e ⁻⁰³ |
| | Dico len | 4,35e ⁻⁰³ | 1,10e ⁻⁰³ | 6,15e ⁻⁰³ | 1,72e ⁻⁰⁵ | 1,28e ⁻⁰⁵ | 4,12e ⁻⁰⁵ | 4,77e ⁻⁰⁴ |
| | Mono ⁽¹⁾ | 1,07e ⁻⁰³ | 2,83e ⁻⁰⁴ | 2,17e ⁻⁰³ | 2,57e ⁻⁰⁵ | 1,50e ⁻⁰⁵ | 3,09e ⁻⁰⁵ | 2,34e ⁻⁰⁴ |
| Total | | 6,91e ⁻⁰³ | 1,55e ⁻⁰³ | 6,60e ⁻⁰³ | 3,97e ⁻⁰⁵ | 2,79e ⁻⁰⁵ | 8,00e ⁻⁰⁵ | 6,50e ⁻⁰⁴ |
| Pecuária | Dico her | 1,19e ⁻⁰² | 1,38e ⁻⁰³ | 9,32e ⁻⁰³ | 1,97e ⁻⁰⁴ | 5,89e ⁻⁰⁵ | 9,51e ⁻⁰⁵ | 1,55e ⁻⁰³ |
| | Dico len | 2,56e ⁻⁰³ | 5,83e ⁻⁰⁴ | 4,47e ⁻⁰³ | 3,20e ⁻⁰⁵ | 3,94e ⁻⁰⁶ | 1,91e ⁻⁰⁵ | 1,35e ⁻⁰⁴ |
| | Mono | 5,72e ⁻⁰⁴ | 2,39e ⁻⁰⁴ | 9,52e ⁻⁰⁴ | 1,18e ⁻⁰⁴ | 6,79e ⁻⁰⁶ | 1,65e ⁻⁰⁵ | 1,35e ⁻⁰⁴ |
| Total | | 5,90e ⁻⁰³ | 7,88e ⁻⁰⁴ | 5,08e ⁻⁰³ | 1,46e ⁻⁰⁴ | 3,02e ⁻⁰⁵ | 5,24e ⁻⁰⁵ | 7,78e ⁻⁰⁴ |

⁽¹⁾Dico her = dicotiledôneas herbáceas; Dico len =dicotiledôneas lenhosas; Mono = monocotiledôneas.

Tabela 4. Porcentagem, relação C/N e acúmulo médio de carbono e nitrogênio da biomassa aérea na implantação do experimento (tempo 0) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas

| Tratamento | Item | N | | C/N | C | |
|-------------|------------------------|------|------|-------|-------|------|
| | | % | | | kg/ha | |
| Agricultura | Dicotiledônea herbácea | 5,01 | 87,4 | 42,1 | 0,03 | 6,32 |
| | Dicotiledônea lenhosa | 2,28 | 47,0 | 20,6 | 0,01 | 2,50 |
| | Monocotiledônea | 1,14 | 43,5 | 38,1 | 0,01 | 1,32 |
| Total | | 8,43 | 178 | | 0,05 | 10,1 |
| Pecuária | Dicotiledônea herbácea | 1,70 | 44,9 | 26,46 | 0,02 | 4,59 |
| | Dicotiledônea lenhosa | 2,29 | 45,4 | 19,85 | 0,01 | 0,09 |
| | Monocotiledônea | 1,43 | 33,8 | 23,55 | 0,01 | 0,45 |
| Total | | 5,41 | 124 | | 0,04 | 5,12 |

Biomassa vegetal, teor e acúmulo de nutrientes das herbáceas com quinze meses

A biomassa de plantas espontâneas (gramíneas e herbáceas) (Tabela 5) foi maior nas áreas com histórico de uso pecuária, em pousio melhorado foi de 2,58 t ha⁻¹ e em regeneração natural de 1,54 t ha⁻¹, enquanto que nas áreas com histórico de uso agricultura os resultados foram muito próximos (0,32 t ha⁻¹ na área em pousio melhorado e 0,37 t ha⁻¹ na área em regeneração natural). Nas áreas com histórico de uso prévio pecuária em pousio melhorado observou-se que as gramíneas totalizam apenas 14% e na área em regeneração natural, 4,5% do total de biomassa herbácea no final do experimento.

Em estudo realizado por Wandelli (2008) neste mesmo assentamento rural a biomassa de herbáceas em capoeiras com um ano de idade e com histórico de uso agricultura foi de 0,33 t ha⁻¹ e nas capoeiras com histórico de uso prévio pecuária foi de 2,2 t ha⁻¹.

Em estudo realizado por Gianluppi (1998) utilizando *Inga edulis* como adubo verde em sistemas agroflorestais de Roraima plantados com adubação fosfatada (alto insumo) e sem adubação (baixo insumo) no sistema silvicultural (ASC), tanto o de alto insumo como o de baixo insumo, o estoque de monocotiledôneas foi de 0,55 t ha⁻¹ no ASC de baixo insumo e 0,33 t ha⁻¹ no ASC de alto insumo, para

dicotiledôneas espontâneas 0,27 t ha⁻¹ no ASC de baixo insumo e 0,82 t ha⁻¹ no ASC de alto insumo. Esses resultados foram maiores do que os encontrados neste estudo, quando comparados aos encontrados em área com histórico de uso agricultura. Para o sistema silvipastoril (ASP) o estoque de monocotiledôneas espontâneas (0,99 t ha⁻¹ no ASP de baixo insumo e 0,52 t ha⁻¹ no ASP de alto insumo) foi maior e o estoque das dicotiledôneas espontâneas (0,63 t ha⁻¹ no ASP de baixo insumo e 0,21 t ha⁻¹ no ASP de alto insumo) foi menor do que o encontrado neste estudo na área com histórico de uso pecuária. O sistema de alto insumo além de adubado foi mecanizado o que pode ter reduzido a ocorrência de plantas espontâneas.

Tabela 5. Biomassa média (n=3) de plantas com DAP < 1 cm (t ha⁻¹) coletadas após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

| Tratamento | Componente | t ha ⁻¹ |
|----------------|------------|--------------------|
| Agricultura PM | Herbáceas | 0,04 |
| | Gramíneas | 0,10 |
| | Lenhosas | 0,18 |
| Agricultura RN | Herbáceas | 0,05 |
| | Gramíneas | 0,21 |
| | Lenhosas | 0,11 |
| Pecuária PM | Herbáceas | 2,22 |
| | Gramíneas | 0,36 |
| Pecuária RN | Herbáceas | 1,42 |
| | Gramíneas | 0,12 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural.

Os teores de macronutrientes (P, K, Ca, Mg,) na biomassa das plantas espontâneas (Tabela 6) não apresentaram diferença entre os tratamentos. Para os micronutrientes (Fe, Zn e Mg) observamos um leve aumento nos teores de ferro nas área com histórico de agricultura e de manganês nas áreas com histórico de uso pecuária.

Tabela 6. Teores médios de nutrientes (n=3) da biomassa das plantas espontâneas coletadas após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

| Tratamento | | Ca | Mg | K | Fe | Zn | Mn | P |
|-----------------|---|------|------|------|-------|------|------|------|
| | | g/kg | | | mg/kg | | | g/kg |
| Agricultur a | P | 24,6 | 7,49 | 22,6 | 814 | 124 | 367 | 2,12 |
| | M | b | b | b | b | b | b | c |
| | R | 20,2 | 4,52 | 20,9 | 836 | 110 | 310 | 2,23 |
| Pecuária | N | b | b | b | b | b | b | d |
| | P | 24,2 | 5,38 | 19,3 | 657 | 108 | 473 | 1,57 |
| | M | b | b | b | b | b | b | e |
| | R | 25,2 | 6,23 | 19,3 | 566 | 114 | 461 | 1,59 |
| | N | b | b | b | b | b | b | b |
| Desvio Padrão | | 2,27 | 1,26 | 1,57 | 129 | 7,11 | 77,9 | 0,34 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural. ⁽²⁾ Dados seguidos por letras distintas minúsculas diferem entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

As maiores porcentagens médias de carbono e nitrogênio foram observados nas áreas com histórico de uso agricultura. A maior relação C/N foi observada nas áreas com histórico de pecuária e o maior acúmulo médio de carbono e nitrogênio. (Tabela 7).

Tabela 7. Porcentagem de N e C, relação C/N e acúmulo médio de carbono e nitrogênio (kg ha^{-1}) da biomassa de herbácea coletada após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

| Tratamento | % | | kg ha^{-1} | | |
|----------------|------|------|---------------------|-------|------|
| | N | C | N | C | |
| Agricultura PM | 1,78 | 39,3 | 22,1 | 0,010 | 0,12 |
| Agricultura RN | 1,24 | 39,6 | 31,9 | 0,005 | 0,15 |
| Pecuária PM | 0,66 | 23,7 | 36,0 | 0,017 | 0,60 |
| Pecuária RN | 0,68 | 24,1 | 35,4 | 0,011 | 0,38 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural.

Biomassa vegetal, teor e acúmulo de nutrientes da vegetação no tempo 2

As áreas com histórico de uso agricultura em pousio melhorado apresentaram uma biomassa média de $8,8 \text{ t ha}^{-1}$ e $5,6 \text{ t ha}^{-1}$ nas áreas em regeneração natural (Tabela 9). A biomassa de ingá-cipó foi de $2,27 \text{ t ha}^{-1}$ ($10,08 \text{ kg ind}^{-1}$) na área de agricultura em pousio melhorado (24% do total) e de $0,03 \text{ t ha}^{-1}$ ($0,13 \text{ kg ind}^{-1}$) na área de pecuária em pousio melhorado (19% do total) (Figura 5).

Em estudo feito por Alves et al. (1997) em Rondônia, sobre estimativa da biomassa vegetal aérea em áreas de capoeira com diferentes históricos de uso através de equações alométricas foram encontrados os seguintes resultados: $2,1$ a $3,3 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{ano}$ para capoeira de 2 anos com histórico de cultivo banana e arroz, dominado por *Apeiba hirsuta* e *Cecropia*; $8,8$ a $12,2 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{ano}$ para capoeira de 3 anos com histórico de milho, dominado por *Cecropia*; 11 a $12,2 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{ano}$ para capoeira de 3 anos e histórico de cacau e pastagem, dominado por ingá e $7,2$ a $9,3 \text{ t ha}^{-1} \cdot \text{ano}$ para capoeira de 5 anos histórico de milho, dominado por *Cecropia*. Apesar das capoeiras das áreas de agricultura deste estudo serem dominadas por espécies de *Vismia*, apresentaram maior acúmulo de biomassa do que a capoeira de 2 anos estudadas por Alves et al. (1997) e igual acúmulo à capoeira de 5 anos, comprovando que o acúmulo de biomassa sofre influência direta do histórico de uso.

Em um outro estudo realizado por Wandelli (2008) no mesmo assentamento rural deste estudo, as capoeiras com um ano de idade regenerando em áreas de agricultura acumularam em média $6,7 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa de vegetação com $\text{DAP} \geq 1 \text{ cm}$, menor do que o valor obtido neste estudo para a área de agricultura em pousio melhorado ($9,3 \text{ t ha}^{-1}$) e maior do que o valor obtido para a área de agricultura em regeneração natural ($5,8 \text{ t ha}^{-1}$).

Para complementar os dados de biomassa de Ingá-cipó que não foram cortados, foram geradas equações alométricas a partir dos dados de DAP medidos a 30 cm , devido ao fato de que muitas das Ingás-cipó plantadas na área de pecuária não apresentavam DAP maior do que 1 cm após um ano da implantação do experimento. Dois tipos de equações alométricas foram geradas, uma utilizando todas as ingás-cipó coletadas e outra utilizando apenas as ingás-cipó que apresentaram DAP menor que $0,5 \text{ cm}$,

pois ao inserirmos as primeiras equações nas espécies com DAP menor que 0,5 cm os resultados eram negativos; para corrigi-los, utilizamos as segundas equações que apresentaram melhores resultados. Assim, as primeiras equações geradas a partir da regressão linear dos dados de tronco, galho e folha foram, respectivamente: $y = (0.1173 * x) - 0.0411$, $y = (0.1038 * x) - 0.0361$ e $y = (0.0258 * x) - 0.0146$ e as segundas equações $y = (0.0709 * x) - 0.0008$, para tronco e $y = (0.0711 * x) - 0.0148$ para folhas. Não foi possível gerar para galho porque as plantas com DAP menor que 0,5 cm não apresentavam galhos.

Tabela 8. Estoque médio de nutrientes na biomassa aérea ($t\ ha^{-1}$) aos 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas, nas nove pseudo-repetições de 5 m x 5 m para os tratamentos.

| Tratamento | Ca | Mg | K | Fe | Zn | Mn | P |
|----------------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Agricultura PM | 4.23E-03 | 2.73E-03 | -2.54E-04 | 2.81E-04 | -2.67E-05 | 7.21E-05 | -3.02E-04 |
| RN | 1.06E-03 | 1.71E-03 | -1.56E-03 | 1.70E-04 | -7.60E-04 | -1.58E-04 | -1.79E-04 |
| Pecuária PM | 2.49E-02 | 4.20E-03 | 1.88E-02 | 3.34E-04 | 5.34E-04 | 5.39E-04 | -7.09E-04 |
| RN | 1.47E-02 | 3.24E-03 | 1.01E-02 | 2.01E-05 | -1.06E-03 | 2.79E-04 | -9.60E-04 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural.

Tabela 9. Biomassa aérea média acumulada aos 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas, nas nove pseudo-repetições de 5 m x 5 m em cada tratamento.

| Tratamento | Tempo 2 | Tempo 0 | Herbácea | Liteira | Acumulado |
|----------------|---------|---------|----------|---------|-----------|
| Agricultura PM | 9,3 | 0,77 | 0,29 | 0,05 | 8,88 |
| Agricultura RN | 5,76 | 0,77 | 0,57 | 0,05 | 5,62 |
| Pecuária PM | 0,16 | 0,54 | 2,35 | 0,03 | 2,00 |
| Pecuária RN | | 0,54 | 1,51 | 0,03 | 1,00 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural. ⁽²⁾ Tempo 2 é a biomassa em $t\ ha^{-1}$ um ano após instalação do experimento, Tempo 0 é a biomassa antes da instalação do experimento, Herbácea é a Biomassa de herbáceas em $t\ ha^{-1}$ no tempo final, Liteira é a biomassa de liteira acumulada em $t\ ha^{-1}$ e Acumulado, é a biomassa acumulada $((T2-T0)+herbácea+liteira)$ em 15 meses em $t\ ha^{-1}$.

As características do ingá-cipó que sugerem adequação para uso florestal ou agroflorestal, tais como recuperação de áreas degradadas, cultivo em aléias e produção de carvão, são: rápidas taxas de crescimento, alta produção de biomassa, habilidade de estabelecimento e floração em áreas marginais e habilidade de competir com o rápido crescimento da vegetação secundária, devido a sua propriedade de fixar nitrogênio e alta produção de “mulch” (Lawrence et al. 1994).

Neste estudo observamos que, após 15 meses, o crescimento médio acima do solo do ingá-cipó foi de 1,66 metros, superior ao encontrado por Pennington (1998) em plantios de Ingá-cipó no Equador num espaçamento de 3 m x 3 m (1,25 m). Após 3 anos, a produção de biomassa encontrada por Pennington (1998) nestas áreas de estudo foi de $24,9\ t\ ha^{-1}.ano^{-1}$, enquanto Hands (1995), mensurou uma biomassa de $17,2\ t\ ha^{-1}.ano^{-1}$ em um experimento com plantio em alta densidade em aléias. Neste estudo a maior biomassa de Ingá-cipó encontrada foi na área de agricultura em pousio melhorado, $2,26\ t\ ha^{-1}$ (Figura 5). De acordo com Murph e Yau (1998), as diferenças encontradas em cada experimento se devem ao espaçamento, manejo e a diferença de idade das árvores.

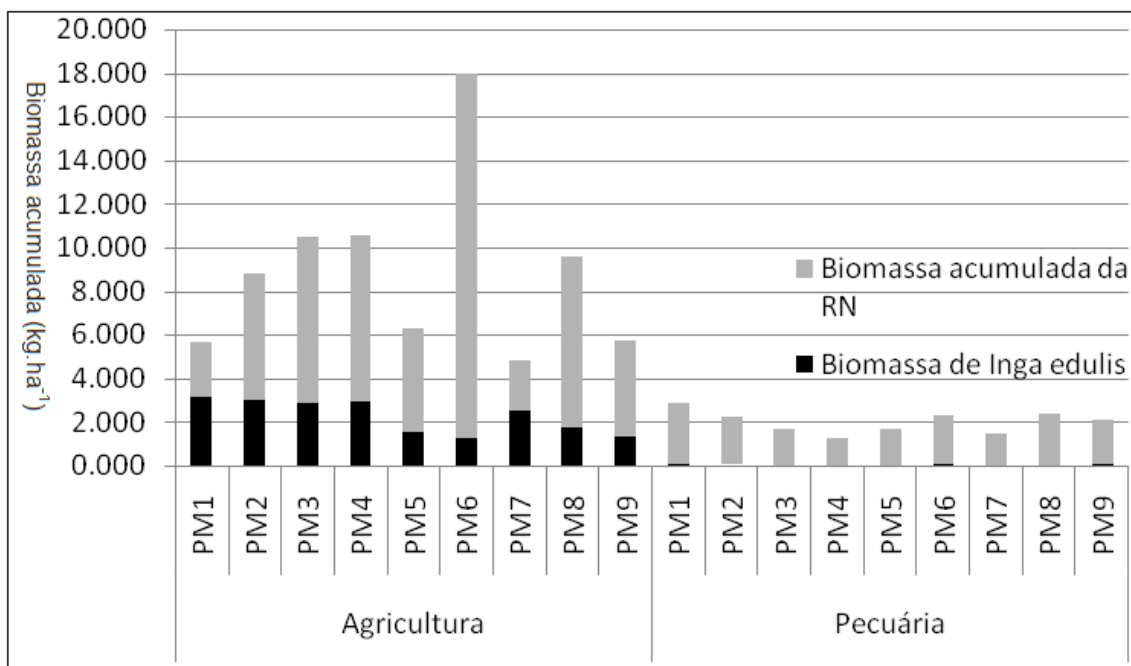


Figura 5. Biomassa de *Inga edulis* e da regeneração natural acumulada (kg ha^{-1}) nas nove pseudo-repeticções de 5 m x 5 m nos tratamentos agricultura em pousio melhorado e pecuária em pousio melhorado do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

Neste estudo, os maiores teores de nutrientes, com exceção do ferro, foram verificados nas folhas (Tabela 11 e 12), o que legitima estudos anteriores (Schumacher 1992; Vieira 1998 e Pinto 2008). Mas as concentrações de nutrientes nas folhas são influenciadas por diversos fatores, como condições do sítio, idade das folhas, posição na copa e época do ano (Caldeira et al. 1999). Nas florestas secundárias os indivíduos alocam uma porção muito maior de nutrientes neste compartimento, em função do crescimento e de uma maior atividade fotossintética (Mengel e Kirkby 1978). Portanto as folhas, apresentando os maiores teores para a maioria dos nutrientes, tornam-se o principal componente na ciclagem de nutrientes (Caldeira et al. 2003).

Em estudo realizado por Gianluppi (1998) utilizando Ingá-cipó como adubo verde em Sistemas agroflorestais de Roraima plantados com adubação fosfatada (alto insumo) e sem adubação (baixo insumo), o estoque de nutrientes nos galhos e folhas no tratamento com adubação fosfatada foram próximos aos encontrados neste estudo para P ($1,42 \text{ kg ha}^{-1}$), K ($10,45 \text{ kg ha}^{-1}$), Ca ($7,12 \text{ kg ha}^{-1}$) e Mg ($1,42 \text{ kg ha}^{-1}$) no tratamento com histórico de uso agricultura (Tabela 9), já o acúmulo médio de N foi superior nos dois tratamentos ($14,8 \text{ kg ha}^{-1}$ baixo insumo e 35 kg ha^{-1} alto insumo) (Tabela 13).

Tabela 10. Porcentagem, relação C/N e acúmulo médio de carbono e nitrogênio da biomassa aérea coletada após um ano da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

| Tratamento | N | C | C/N | N | C |
|----------------|------|------|------|-------|------|
| | % | | | kg/ha | |
| Agricultura PM | 1,10 | 44,0 | 40,0 | 10,0 | 602 |
| Agricultura RN | 0,85 | 39,8 | 47,0 | 5,21 | 460 |
| Pecuária PM | 1,06 | 30,4 | 28,8 | 0,26 | 9,77 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural.

Tabela 11. Teor médio de nutrientes no *Inga edulis* nas 9 pseudo-repetições de 5 m x 5 m nos tratamentos agricultura em pousio melhorado e pecuária em pousio melhorado do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

| Tratamento | Material | Ca | Mg | K | Fe | Zn | Mn | P |
|-------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| | | g/Kg | | | mg/Kg | | g/Kg | |
| Agricultura | Tronco | 96,6a | 20,9a | 91,2a | 1309b | 330b | 784a | 6,84a |
| | Galho | 152c | 48,3c | 59,7c | 1268b | 335b | 558c | 16,4c |
| | Folha | 305d | 47,6c | 174d | 375d | 359b | 2319d | 22,9d |
| | Total | 554 | 117 | 324 | 2952 | 1024 | 3661 | 46,2 |
| Pecuária | Tronco | 32,3e | 5,83e | 21,9e | 1352e | 164e | 178e | 1,51e |
| | Folha | 61,8f | 32,7f | 51,3f | 817f | 170e | 1125f | 6,72f |
| | Total | 94,1 | 38,6 | 73,2 | 2169 | 334 | 1302 | 8,23 |

¹⁾Dados seguidos por letras distintas minúsculas diferem entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 12. Estoque médio de nutrientes nos componentes, tronco, galho e folha (n=10) do *Inga edulis*, em kg ha⁻¹, no pousio melhorado nas áreas de agricultura e pecuária do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

| Tratamento | Material | Ca | Mg | K | Fe | Zn | Mn | P |
|-------------|----------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| Agricultura | Tronco | 0,47 | 0,01 | 9,34 | 0,14 | 0,035 | 0,091 | 0,79 |
| | Galho | 0,63 | 0,20 | 0,25 | 0,01 | 0,001 | 0,002 | 0,07 |
| | Folha | 19,0 | 2,95 | 10,8 | 0,02 | 0,022 | 0,145 | 1,43 |
| | Total | 20,1 | 3,25 | 20,4 | 0,17 | 0,058 | 0,238 | 2,29 |
| Pecuária | Tronco | 0,09 | 0,02 | 0,41 | 0,03 | 0,003 | 0,003 | 0,03 |
| | Folha | 0,76 | 0,40 | 0,63 | 0,01 | 0,002 | 0,014 | 0,09 |
| | Total | 0,85 | 0,41 | 1,04 | 0,04 | 0,005 | 0,017 | 0,11 |

Tabela 13. Porcentagem, relação C/N e acúmulo médio de carbono e nitrogênio da biomassa de *Inga edulis* coletada após 15 meses da implantação do experimento (tempo 2) no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas, nos tratamentos agricultura em pousio melhorado e pecuária em pousio melhorado.

| Tratamento | % | | C/N | kg/ha | |
|----------------|------|------|------|----------------------|------|
| | N | C | | N | C |
| Agricultura PM | 1,44 | 45,4 | 31,5 | 0,03 | 1,03 |
| Pecuária PM | 1,06 | 30,3 | 28,5 | 3,35e ⁻⁰⁴ | 0,01 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural.

Química do Solo

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para ordenar os dados de química do solo para cada uma das coletas (Tabela 13) Para o tempo 0 os eixos 1 e 2 da PCA explicam 66% da variação, por esta análise verifica-se que o eixo 1 está correlacionado com as variáveis Al, Fe e P e o eixo 2 com as variáveis K, Mg, Fe, Zn, P, pH em água. Pela Análise Multivariada da Variância (MANOVA), a hipótese H_0 foi refutada pelo teste de Pillai ($\Pr(>F) = 0.09417$), mostrando existir pelo menos um vetor que diferiu dos demais (Figura 6), por isso, os vetores de médias dos tratamentos foram submetidos a uma análise discriminante (Figura 7) que confirmou haver diferença significativa entre os tratamentos pecuária em pousio melhorado e pecuária em regeneração natural.

Para o tempo 1 os eixos 1 e 2 da PCA explicam 65% da variação e, concluímos que o eixo 1 esta correlacionado com as variáveis K, Al, Fe, N e H+Al e o eixo 2 com as variáveis K, Ca, Mg, Al, Fe, Zn, Mn, N, P e H+Al. A Análise Multivariada da Variância (MANOVA), refutou a hipótese H_1 pelo teste de Pillai ($\Pr(>F) = 0.1474$), não existindo diferença entre os tratamentos (Figura 8).

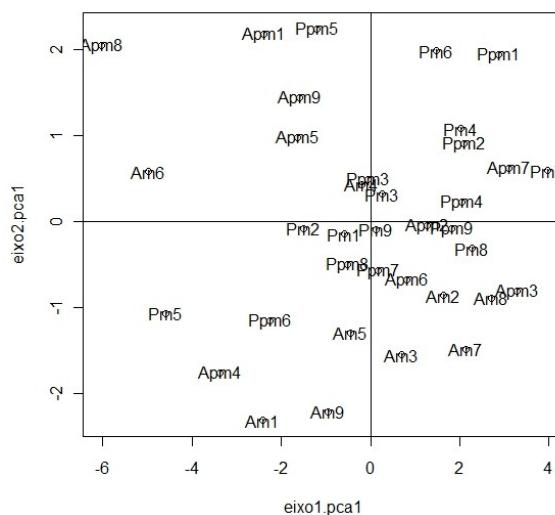


Figura 6. Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 49% da variância explicada; Eixo 2= 17% da variância explicada)

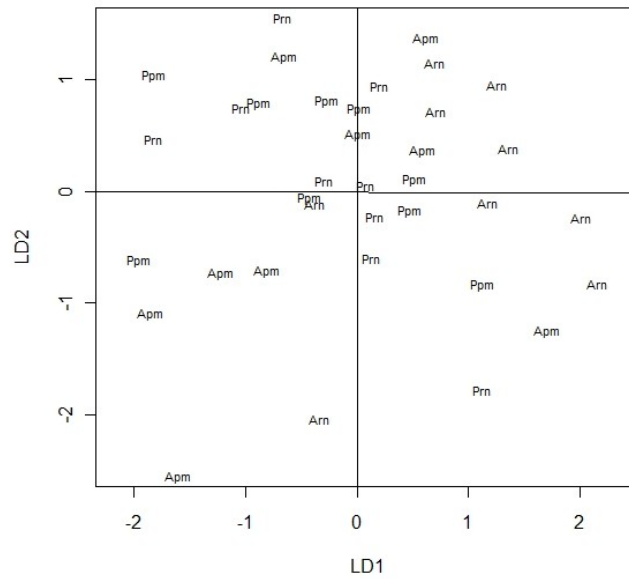


Figura 7. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise discriminante para caracterização dos vetores 1 e 2 da PCA de química do solo na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural.

Para o tempo 2 os eixos 1 e 2 da PCA explicam 65% da variação, por esta análise concluímos que o eixo 1 esta correlacionado com as variáveis Al, Fe e H+Al e o eixo 2 com as variáveis Ca, pH em água. A seguir foi feita Análise Multivariada da Variância (MANOVA), onde a hipótese H1 foi refutada pelo teste de Pillai ($Pr(>F) = 0.146$), não existindo diferença entre os tratamentos (Figura 9). A ANOVA foi utilizada para fazer comparação entre as coletas, já que os primeiros eixos das PCA's explicavam mais do que 57% da variação, mas, não houve diferença significativa entre nenhuma coleta.

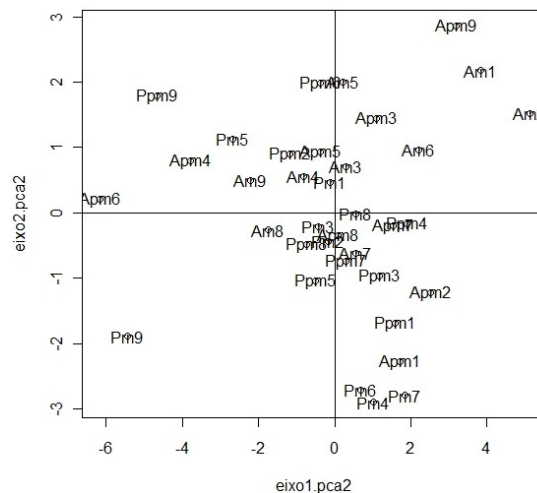


Figura 8. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Componentes principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo 4 meses após a implantação (tempo 1) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 48% da variância explicada; Eixo 2= 17% da variância explicada).

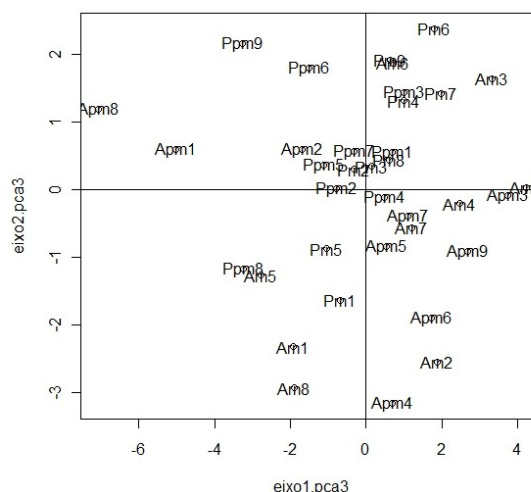


Figura 9. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Componentes principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 47% da variância explicada; Eixo 2= 18% da variância explicada)

As principais limitações de fertilidade dos solos da Amazônia são a acidez elevada, baixa capacidade de troca de cátions, deficiência de N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn e também a alta capacidade desses solos para fixar o P aplicado como fertilizante (Sanchez e Cochrane, 1980). Em florestas secundárias da Amazônia as maiores concentrações de nutrientes estão nas camadas 0-5 cm, isso mostra que as principais trocas e interações ocorrem, onde há um maior acúmulo e deposição dos materiais vegetais, disponibilizado por ex., pela liteira (Johnson et al. 2001; McGrath et al. 2001; Markewitz et al. 2004; Pinto 2008). Estes autores discutem ainda, que o padrão da distribuição vertical, dos teores dos nutrientes trocáveis, como o K, Ca e Mg são observados nas camadas mais próximas à cobertura, onde há maior intensidade de ciclagem dos nutrientes.

Avaliando os resultados de análise química (Tabela 13), observa-se que o pH em H₂O varia entre 4,7 a 4,8 ficando um patamar mediano. Estes valores de pH foram maiores do que os encontrados por Marques et al. (2004) para a mesma classe de solo sob sistema agroflorestal de 8 anos que passou por algumas adubações e calagens na implantação, o que pode ser atribuído ao fato de que as áreas de estudo também passaram por algumas calagens ao longo dos cultivos.

A solubilidade do alumínio diminui com o aumento de pH. Para os valores de pH acima de 5,5 - 6,0 (até 8,0) a solubilidade do Al é mínima e o nível de alumínio na solução do solo depende do pH do solo, da saturação do alumínio, do teor de matéria orgânica e da presença de outros íons na solução do solo (Alvarez et al. 1996). No presente estudo, os teores de Alumínio trocável estão na faixa de 0,63 cmol_c kg⁻¹ (tempo 2) a 1,10 cmol_c kg⁻¹ (tempo 1) contribuindo com mais de 97% para elevação da capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva deste solo que alcançou a média de 12,2 cmol_c kg⁻¹ no tempo 2.

Na Amazônia o nitrogênio (N) é um dos elementos com nível mais reduzido nos solos cultivados (Sanchez et al. 1983); assim, as baixas concentrações de N no solo encontrados neste estudo podem estar relacionadas às perdas ocasionadas pelo corte e queima que ocorreu nas áreas das plantações

e da regeneração natural, uma vez que o N diminuiu drasticamente com o corte e queima da floresta (Parton et al. 1989). Mesmo baixos, estes dados foram maiores do que os encontrados por Tapia-Coral (2004) em capoeiras de 16 anos sobre pastagem abandonada em terra firme da Amazônia Peruana (900 mg/kg na estação chuvosa e 970 mg/kg na estação seca).

De maneira geral, os níveis de nutrientes diminuíram no solo, o Fe apresentou teores médios de 145 mg/Kg no tempo 0 e 134 mg/Kg no tempo 2. O Zn variou de 12,0 mg/Kg no tempo 0 a 1,91 mg/kg no tempo 2 e o Mn variou de 15,80 mg/kg a 8,82 mg/kg nos mesmos tempos de coleta. O P disponível variou de 4,12 a 2,61 entre o tempo 0 e o tempo 2. A soma de bases (SB) trocáveis dos solos ficou entre 2,18 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e 5,55 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; estes valores de SB, apesar de baixos, também foram maiores do que os encontrados por Tapia-Coral (2004) na área descrita acima (0,20 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na estação chuvosa e 0,16 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na estação seca). Portanto, os solos estudados apresentam pobreza de nutrientes (K, Ca, Mg) e acidez mediana. Os valores da CTC efetiva (muito baixo) refletem que estes solos, sob condições naturais ácidas, apresentam baixa capacidade de reter cátions (Gama 2004).

O P disponível variou de 4,72 no tempo 1 a 12,61 mg kg^{-1} no tempo 2, abaixo dos valores encontrados por Tapia-Coral (2004) que foram altos (5,77 na estação chuvosa) devido à rápida decomposição do material vegetal na época chuvosa (Coleman et al. 1983). A baixa saturação por bases ($V\% < 45$) e alta saturação por alumínio ($m > 20\%$) podem limitar o enraizamento das plantas em profundidade, segundo Hardy et al. (1990).

Conclusões

- Quinze meses após o enriquecimento com *Inga edulis*, a biomassa de plantas espontâneas foi maior na área de agricultura em pousio melhorado do que na área de agricultura em regeneração natural.
- A biomassa aérea total foi maior na área de agricultura em pousio melhorado e em regeneração natural, do que nas áreas de pecuária em pousio melhorado e em regeneração natural.
- A biomassa e altura média de *Inga edulis* encontrada na área de agricultura em pousio melhorado, foi superior a de pousio melhorado em área de pecuária.
- Os tratamentos pousio melhorado e regeneração natural, durante os 15 meses de avaliação do experimento, não tiveram efeito sobre a fertilidade do solo em nenhuma das áreas estudadas, porém há indicações de que o efeito positivo do pousio melhorado será significativo a curto prazo adicional.

Tabela 14. Atributos químicos médios do solo (n=5 para cada uma das 9 pseudo-repetição) da camada de 0–5 cm de profundidade para os 4 tratamentos do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

| Coleta | K | | | Ca | | | Mg | | | Al ³⁺ | | | Fe | | | Zn | | | Mn | | | pH | | |
|----------------|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | -----cmol _c /kg----- | | | | | | | | | -----mg/kg----- | | | | | | | | | em água | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| Agricultura PM | 0,2 | 0,0 | 0,6 | | | 5,0 | 0,6 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 1,1 | | | | | 13, | 2,6 | 1,6 | 19, | 12, | 13, | 5,0 | 4,6 | 4,9 |
| Agricultura RN | 0,1 | 0,0 | 0,6 | 2,4 | 1,9 | 2 | 0,6 | 0,3 | 0,4 | 0,7 | 1,6 | 0,8 | 159 | 186 | 122 | 7,8 | 2,8 | 1,6 | 17, | 11, | 7,6 | 4,3 | 4,5 | 4,2 |
| Pecuária PM | 0,1 | 0,0 | 0,6 | 1,8 | 1,7 | 5,2 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,3 | 122 | 148 | 117 | 14, | 3,4 | 2,4 | 11, | 10, | 7,6 | 4,8 | 4,7 | |
| Pecuária RN | 0,1 | 0,0 | 0,5 | 1,9 | 1,6 | 3,7 | 0,5 | 0,4 | | 0,6 | 0,7 | 0,5 | 159 | 193 | 151 | 8 | 8 | 4 | 9 | 3 | 1 | 5 | 6 | 5,1 |
| Desvio Padrão | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,2 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,4 | 0,2 | 17, | 20, | 17, | 2,9 | 0,4 | 0,3 | 3,4 | 1,1 | 3,3 | 0,2 | 0,1 | 0,3 |
| | 5 | 2 | 4 | 5 | 3 | 2 | 8 | 8 | 1 | 3 | 0 | 3 | 7 | 0 | 2 | 8 | 3 | 7 | 6 | 6 | 8 | 9 | 2 | 7 |

| Coleta | Pdispo | | | Ntotal | | | SB | | | CTC | | | m | | | V | | | | |
|----------------|-----------------|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|
| | -----mg/Kg----- | | | | | | | | | -----cmol _c /Kg----- | | | | | | | | | % | |
| | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | | |
| Agricultura PM | 6,4 | 6,7 | | 265 | 249 | 295 | 3,2 | 2,4 | 6,2 | 9,9 | 11, | 13, | 16, | 31, | 11, | 33, | | 46, | | |
| Agricultura RN | 3,7 | 5,5 | 2,5 | 313 | 287 | 256 | 3,0 | 1,7 | 4,7 | 9,4 | 14, | 11, | 19, | 48, | | 32, | 11, | 40, | | |
| Pecuária PM | 3,5 | 3,5 | 2,1 | 194 | 239 | 241 | 2,5 | 2,3 | 6,5 | 8,8 | 11, | 12, | 22, | 25, | 4,9 | 28, | | 51, | | |
| Pecuária RN | 4 | 5 | 6 | 0 | 3 | 3 | 1 | 8 | 1 | 8 | 9 | 6 | 3 | 9 | 7 | 2 | 20 | 5 | | |
| Desvio Padrão | 1,6 | 1,7 | 0,8 | 243 | 248 | 243 | | 2,1 | 4,6 | 8,1 | 8,4 | | | 27, | 10, | 31, | 25, | 42, | | |
| | 2,7 | 9 | 9 | 2 | 8 | 1 | 2,6 | 4 | 8 | 9 | 6 | 11 | 20 | 1 | 3 | 8 | 3 | 4 | | |
| | 1,6 | 1,7 | 0,8 | | | | 0,3 | 0,3 | 0,9 | 0,7 | 2,5 | 1,0 | 2,3 | 10, | 4,1 | 2,1 | 5,7 | 4,9 | | |
| | 2 | 6 | 4 | 497 | 211 | 253 | 6 | 2 | 5 | 5 | 7 | 2 | 1 | 6 | 5 | 4 | 0 | 8 | | |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural. ⁽²⁾ SB é a Soma de Bases (Ca, Mg e K), Al³⁺+H é a saturação, P_{dispo} é o fósforo disponível e N_{total} é a quantificação do Nitrogênio Total, CTC= capacidade de troca de cátions (SB+H+Al); m= saturação por alumínio (Al³⁺/SB+Al).100; V= saturação por bases (100,SB/T).

Referências Bibliográficas

- Altieri MA et al. (1978) A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. *Field Crops Res.*, v. 1, p. 33-49,
- Alvarez VH, Melo JWV, Dias L E (1996) Acidez e calagem do solo. In: *Fertilidade e manejo do solo*. Brasília: ABEAS. 67p. (Módulo 4).
- Alves DS, Soares JV, Amaral S, Mello EMK, Almeida SAS, Da Silva OF, Silveira AM (1997) Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon. *Global Change Biology*, 3, 451–461.
- Braga PIS (1979) Subdivisão Fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário Florístico da Floresta Amazônica. *Acta Amazonica*, 9(4): 53-80.
- Brienza-Junior S (1999) Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil. 134p. Dissertação, Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen.
- Brown IF, Martinelli LA, Thomas W, Moreira MZ, Ferreira CA, Victoria RA (1995) Uncertainty in the biomass of Amazonia forests: an example from Rondônia. *Brazil. Forest Ecology and Management*. v. 75. n.1-3. p. 175-189.
- Brown S, Gillespie AJR, Lugo A (1989) Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*. Bethesda. v. 35. n. 4. p. 881-902.
- Brown S., Lugo AE (1984) Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. *Science* 223:1290-1293.
- Caldeira MVW, Schumacher MV, Pereira JC, Della-Flora JB, Santos EM (1999) Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e o folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild no Ri Grande do Sul. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.9, n.1, p.19-24.
- Caldeira MVW, Soares RV, Marques R, Wisniewski C (2003) Biomassa e nutrientes em *Myrsine ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez e *Myrsine umbellata* Mart. *Revista Floresta*, 33(3) 265-273.
- Cuecas E, Medina E (1986) Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. I. Nutrient Flux in fine litterfall and efficiency of nutrient utilization. *Oecologia* 68:466-472.
- Denich M, Kanashiro M, Vlek PLG (2000) The potential and dynamics of carbon sequestration in traditional and modified fallow systems of the eastern Amazon region, Brazil. pp 213-229 in: Lal R, Kimble JM, Stewart BA (edi): *Global climate change and tropical ecosystems*. CRC Press. Boca Raton, FL.
- Durigan JC, Almeida FLS (1974) *Noções sobre alelopatia*. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 28 p.
- EMBRAPA (1999). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. EMBRAPA-CNPS. 412 p.
- Falcão MA, Clement CR (2000) Fenologia e produtividade do ingá-cipó (*Inga edulis*) na Amazônia Central. *Acta Amazonica* 30(2). 173-180.
- Fearnside PM (1985) Brazil's Amazon Forest and the global carbon problem. *Interciencia* 10 (4). p.179-186.
- Fearnside PM (1986) *Human Carrying Capacity of the Brazilian Rainforest*. Columbia University Press. New York. NY. 293 pp.
- Fearnside PM (1993) *Tropical Silvicultural Plantations as a Means of Sequestering Atmospheric Carbon Dioxide*. ms.. Manaus. 29 June.

Fearnside PM (1992) Forest biomass in Brazilian Amazonia: Blackwell Science Ltd. Global Change Biology. 7. 731±746 Comments on the estimate by Brown and Lugo. Interciencia. 17. 19±27.

Fuerst EP, Putnan AR (1983) Separating the competitive and allelopathic components of interference: theoretical principles. J. Chemical col., v. 9, p. 937-944.

Gama JRNP (2004) Solos: manejo e interpretação – Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 1ª edição.183p.il.

Gianluppi, D, Schwengber DR et al. (1999) Desenvolvimento de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas de mata abandonadas de Roraima . In: Resultados (Fase Emergencial e Fase 1) - Programa Piloto para a proteção das florestas, 1999, Manaus. Anais do Seminário Resultados (Fase Emergencial e Fase 1) - Programa Piloto para a proteção das florestas. p. 289-308.

Graça PMLA (1997) Conteúdo de carbono na biomassa florestal da Amazônia e alterações após a queima. Piracicaba. 105p.:il. Dissertação, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Hands MR (1995) Phosphorus dynamics in slash and burn and alley cropping systems on ultisols in the humid tropics: options for management. In: H. Tiessen (ed.) Phosphorus dynamics in terrestrial and aquatic ecosystems: a global perspective. Proceedings of Scope Workshop. John Wiley & Sons.

Hardy DH, Rapper CD, Miner GS (1990) Chemical restrictions of roots in ultisol subsoils lessened by long-term management. Soil Science Society of America Journal.. Madison. 54: 1657-1660.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2009) Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia Brasileira por Satélites. Avaliação Trimestral do DETER - Novembro de 2008 a Janeiro de 2009 – Avaliado via DIALOG. http://www.obt.inpe.br/deter/avaliacao/Avaliacao_DETER_novembro2008_janeiro2009.pdf acessado em 22 de jun de 2009.

Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - IMAZON (2009) Qual o efeito das novas políticas contra o desmatamento da Amazônia? http://www.imazon.org.br/novo2008/arquivosdb/164523_desmatamento_resultados_preliminares.pdf acessado em 18 de setembro de 2009.

IPEAAOc (1971) Solos do Distrito Agropecuário da SUFRAMA. Convênio para levantamento da área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA, IPEAN e IPEAAOc, Manaus, Amazonas. 99pp.

Jipp P, Nepstad D, Cassle K, Carvalho CR (1998) Deep soil moisture storage and transpiration in forests and pastures of seasonally-dry Amazonia. Clim. Change 39. 395±412.

Johnson CM, Vieira ICG, Zarin DJ, Frizano T, Johnson AH (2001) Carbon and nutrient storage in primary and secondary Forest in eastern Amazônia. Forest Ecology and Management, 147:245-252.

Kluthcouski J, Aida H (2003) Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: Kluthcouski J, Stone LF, Aida H (Eds.) Integração lavoura-pecuária. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. p. 407-441.

Lawrence A, Pennington TD, Hands MR, Zuniga RA (1995) Inga: high diversity in the neotropics. In: Nitrogen fixing trees for acid soils. Proceedings of a workshop held July 3-8, 1994. Turrialba, Costa Rica. Published by the Nitrogen fixing tree association (NFTA), Bangkok, Thailand.

Lima AJN (2001) Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de florestas secundárias, resultantes de corte raso seguido de queimada, da região de Manaus (AM).71 p.Tese (mestrado) – INPA/UFAM.

Luizão FJ (1989) Litter production and mineral element input to the Forest floor in a central amazonian forest, GeoJournal 19: 407–417.

Luizão FJ (2007) Ciclos de nutrientes na Amazônia: Respostas às mudanças ambientais e climáticas. Ciênc. Cult. 59(3): 31-36.

Luizão FJ, Schubart HOR (1989) Litter production and mineral element input to the forest floor in a Central Amazonian forest. Oeojournal. 19. 407-417.

- Markewitz D, Davidson EA, Moutinho P, Nepstad DC (2004) Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. *Ecological Applications*. 14:S177-S199.
- Marques JDO, Libardi PL, Teixeira WG, Reis AM (2004) Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo na região Amazônica. *Revista Acta Amazonica*. Vol. 34(2) p. 145 – 154.
- McGrath DA, Smith CK, Gholz HL, Oliveira FD (2001) Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia. *Ecosystems*, 4(7): 625-645.
- McKerrow A.J (1992) Nutrient stocks in abandoned pastures of the Central Amazon Basin prior to and following cutting and burning, 116p. Dissertação, North Carolina State University
- Mengel K, Kirkby EA (1978) Principles of plant nutrition. Bem, International Potash institute, 593p.
- Mesquita RCG, Ickes K, Ganade G, Willianson GB (2001) Alternative successional pathways in the Amazon Basin. *Journal of Ecology* 89: 528-537.
- Moutinho PRS (1998) Impactos da formação de pastagem sobre fauna de formigas: consequência para a recuperação florestal na Amazônia oriental. In: (Ed.) Gascon C, Moutinho P (1998) *Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. Manaus - AM. pp.155-170.
- Murphy RJ, Yau PY (1998) Calorific value, basic density and ash content of Inga species. In: Pennington TD, Fernandes ECM (1998) *The Genus Inga Utilization*. The Royal Botanic Gardens, Kew. European Union. P. 29-40.
- Nepstad DC, Moreira A, Alencra AA (1999) A Floresta em chamas: Origens. Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia. Programa piloto para proteção das florestas tropicais do Brasil. Brasília. Brasil. 202 p. il.
- Nepstad DC, Moutinho PRS, Markewitz D (2001) The recovery of biomass, nutrients stocks and deep soil functions in secondary forests. In: McClain M, Victoria R, Richey J (Eds) *Biogeochemistry of the Amazon*. Oxford University Press. London. 416pp.
- Nepstad DC, Uhl C, Serrão EAS (1991) Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *AMBIO*. Vol.20 N.6. pp 248-255.
- Nogueira EM (2007) Wood density and tree allometry in forests of Brazil's 'area of deforestation': implications for biomass and emission of carbon from land-use change in Brazilian Amazonia- Manaus. 148p.ilust. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
- Oliveira JMF, Schwengber DR (2006) Monitoramento do crescimento de leguminosas arbóreas em área de capoeira do estado de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. 14p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 4.
- Palheta RA, Wandelli EV (2002) Nodulação de *Gliricidia sepium* e *Inga edulis* em sistemas agroflorestais implantados em áreas degradadas por pastagem na Amazônia Central. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 4, Ilhéus. *Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida*. Anais. Ilhéus: CEPLAC: UESC.
- Pennington TD (1998) Growth and biomass production of Inga species. In: Pennington TD, Fernandes E CM (1998) *The Genus Inga Utilization*. The Royal Botanic Gardens, Kew. European Union. P. 15-28.
- Pinto FR (2008) Estimativa dos estoques de biomassa e nutrientes em florestas secundárias na Amazônia Central. 161 p.ilust. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
- Proctor J (1983) Tropical Forest Literature. 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.
- Puerta, R (2000) Regeneração arbórea em distâncias à floresta contínua em pastagens abandonadas na região de Manaus. 77p. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
- RADAMBRASIL (1978) Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. DNPM, Rio de Janeiro, Vol. 18.

- Raintree, JB, Warner K (1986) Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation. *Agroforestry System*, 4: 39-54.
- Rice EL (1974) Allelopathy. New York: Academic Press, 333 p.
- Saldarriaga JG, West DC, Thorp ML (1986) Forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. Environmental Sciences Division Publication. Tennessee. USA.
- Salomão RP, Nepstad DC, Vieira IC (1996) Biomassa e estrutura de florestas tropicais e o efeito estufa. *Ciência Hoje*, 21(22):38-47.
- Sampaio EVSB, Araújo EL, Salcedo IH, Tiessen H (1998) Regeneração da vegetação de caatinga após corte e queima em Serra Talhada, PE. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília. V.33, n.5, p.621-632.
- Sanchez PA, Cochrane TT (1980) Soils constraints in relation to major farming systems of tropical America. International Rice Research Institute. Los Banos. p.106-139.
- Sanchez PA, Palm CA (1996) Nutrient cycling and agroforestry in Agrica. *Unasyuva*, 47: 24-28
- Schumacher MV (1992) Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *E. grandis* Hill ex Maiden e *E. torelliana* F. Muell. 87p. Dissertação, Universidade de São Paulo.
- Silva RM (2004) Influência de variáveis meteorológicas na produção e decomposição de liteira na estação científica Ferreira Penna. Caxiuana. PA. 63p.il. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa
- Steininger M K (2000) Secondary Forest structure and biomass following short and extended land-use in central and southern Amazoniam. *Journal of Tropical Ecology*, 16:689-708.
- Tapia-Coral SC (2004) Macro invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia peruana – Manaus. 134p. Disertação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.
- Tapia-Coral SC, Luizão FJ, Wandelli EV, Fernandes ECM (2005) Carbon and nutrient stock in litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. *Agroforestry Systems*, 65: 33-42.
- Uhl C, Buschbacher R, Serrão E A (1988) Abandoned pastures in Eastern Amazonia. I. Patterns of plant succession. *Journal of Ecology* 76: 663-681.
- Uhl C (1987) Factors Controlling Succession Following Slash-and-Burn Agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology*. 75(2): 377-407
- Vieira IC, Nepstad DC, Brienza-Junior S, Pereira C (1993) A importância de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia. In Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia. INPA. Manaus. v.2. p.43-53.
- Vieira ICG (1996) Forest succession after shifting cultivation in eastern Amazonia. Scotland. 205p. Dissertação, University of Stirling
- Vieira SA (1998) Efeito das plantações florestais (*Eucalyptus sp.*) sobre a dinâmica de nutrientes em região de cerrado do Estado de São Paulo. 73p. Dissertação, Escola Superior de Agricultura de “Luiz de Queiroz”.
- Wandelli EV (2008) Estoques de biomassa em diferentes cenários de uso da terra ao norte de Manaus, Amazônia Central brasileira. Manaus: [s.n.], 162f. : il. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.
- Watrin OS, Santos JR, Valerio-Filho M (1996) Análise da dinâmica da paisagem do nordeste paraense através de técnicas de geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 8. Salvador. Anais. São Jose dos campos: INPE. 204.p.427-433. CD-ROM.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do INPA, pela oportunidade de estudar, pesquisar e conhecer a Amazônia. À **CAPES**, pela bolsa concedida, ao **Projeto LBA** e seus funcionários, pelo financiamento e apoio e à Embrapa, em especial ao Dr. Silas Garcia. À Dra Flavia Costa e seus alunos pelo apoio nas análises estatísticas. Aos funcionários do LTSP e do Lab. de Triagem do INPA, à Dona Branca, Seu Zé, Roberto, Seu Jair e Dona Ana, pela oportunidade de poder trabalhar em suas propriedades, pela hospitalidade e conhecimentos compartilhados e aos comunitários do Assentamento Tarumã-Mirím.

ARTIGO II²

Estoque e qualidade de liteira e análise da química do solo sob pousio melhorado em área abandonada de agricultura e pecuária no Assentamento Tarumã-Mirím – AM

Thelma Mendes Pontes⁽¹⁾, Elisa Vieira Wandelli⁽²⁾, Flávio J. Luizão⁽¹⁾ e Tiago Souza
Catique⁽³⁾

⁽¹⁾ Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Av. André Araújo, 2936, Bairro Aleixo, CEP 69060-001, Manaus /AM. E-mail: fluizao@inpa.gov.br, thelma_pontes@hotmail.com.

⁽²⁾ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa Amazônia Oriental, Rodovia AM-10, Km 29, CEP 69010-970, Manaus/AM.

E-mail: elisa.wandelli@cpaa.embrapa.br.

⁽³⁾ Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, Campus Universitário, Bairro Coroado I. CEP 69077-000, Manaus/AM. E-mail: tiagocatique@gmail.com.

Resumo - Na Região Amazônica a queda na produtividade agrícola poucos anos após o desmatamento é atribuída às pequenas reservas de nutrientes no solo, à toxicidade de Al e à fixação do P, bem como a degradação da estrutura do solo. Assim, a produtividade dos agrossistemas introduzidos depende da reciclagem dos nutrientes minerais contidos na liteira e da matéria orgânica do solo. Para ativação de áreas de floresta alteradas tem-se recomendado o plantio de espécies leguminosas que atuam como reguladoras e ativadoras dos recursos disponíveis de forma a permitir o desenvolvimento de espécies mais exigentes, além de fixar nitrogênio do ar. O objetivo deste estudo foi avaliar o estoque e a química da liteira e do solo durante 15 meses após a implantação do pousio melhorado com *Inga edulis* Martius em uma área de agricultura e uma área de pecuária abandonadas no Assentamento Tarumã- Mirím em Manaus, Amazonas. Em cada área foram delimitadas

² A ser submetido à Revista PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

duas parcelas tratamento, uma com plantio de *Inga edulis* e outra apenas deixada para regeneração natural. As principais características encontradas nos solos estudados foram acidez mediana e baixas concentrações de nutrientes. O estoque médio de liteira foi maior nos tratamentos com uso prévio com agricultura e houve diferença significativa entre tratamentos e tempos de coleta. Concluimos que os tratamentos pousio melhorado e regeneração natural, durante os 15 meses, não contribuíram para elevar a fertilidade do solo, porém os tratamentos em pousio melhorado produziram maior estoque de liteira, com melhor qualidade química, do que os tratamentos em regeneração natural, tanto na área de uso prévio com agricultura quanto com pecuária, indicando o potencial de melhoria das propriedades do solo a curto ou médio prazo.

Termos para indexação: bacia amazônica, produção de liteira, qualidade de liteira, ciclagem de nutrientes, solo, *Inga edulis* Martius.

Abstract - In the Amazon region the drop in agricultural productivity a few years after deforestation is attributed to small reserves of nutrients in the soil, aluminum toxicity and P fixation and the degradation of soil structure. Thus, the productivity of agricultural systems introduced depends on the recycling of nutrients contained in litter and soil organic matter. For activation of areas of forest change has recommended the planting of leguminous species that act as regulators and activating resources available to enable the development of more demanding species, and to fix nitrogen from the air. The objective of this study was to evaluate the stock and chemistry of litter and soil for 15 months after the implementation of improved fallow with *Inga edulis* Martius in an area of agriculture and pasture area abandoned in the settlement Tarumã-Mirim in Manaus, Amazonas. In each site two plots were delimited treatment, with planting of *Inga edulis* and another just left for natural regeneration. The main features found in the soils were medium acidity and low nutrient concentrations. The average stock of litter was increased in previous use in agriculture and a significant difference between treatments and sample times. We conclude that the treatments improved fallow and natural regeneration for 15 months, have not contributed to increase soil fertility, however, improved fallow treatments produced a greater stock of litter with better than chemical treatments on natural regeneration, both in the area previous use of agriculture and pasture, indicating its potential to improve soil properties in a short term.

Index Terms: Amazon basin, litter production, litter quality, nutrient cycling, soils, *Inga edulis* Martius.

Introdução

O uso da terra com sistemas de cultivo inapropriados para a Região Amazônica e o seu subsequente abandono tem elevado a área total de florestas secundárias conhecidas, nesta região, como capoeiras (Watrin, 1996). Estas são o tipo mais comum de ecossistema degradado na Amazônia e, à medida que se desenvolvem, recuperam o potencial de produtividade agrícola, acumulando nutrientes na biomassa e restaurando propriedades físico-químicas do solo (Nepstad et al., 2001). Através da regeneração natural, as capoeiras também recuperam as funções biogeoquímicas (armazenagem de carbono, retenção de nutrientes, evapotranspiração) e, limitadamente, uma fração da biodiversidade original (Vieira et al., 1993). No entanto, o potencial regenerativo da sucessão secundária varia em função da idade da vegetação, do tipo de cultivo e do número e da duração dos ciclos de utilização (Uhl et al., 1988).

Na Região Amazônica a queda na produtividade agrícola poucos anos após o desmatamento tem sido atribuída às pequenas reservas de nutrientes no solo, à toxicidade de Al e à fixação do P, bem como à redução da porosidade total e da infiltração de água, e à degradação da estrutura do solo (Teixeira et al., 1996). Inúmeras modificações das propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas do solo ocorrem após os processos de derruba e queima (Brinkmann & Nascimento, 1973; Mamarino et al., 1982), que contribuem para o aumento do pH do solo, do teor de cátions trocáveis e redução da acidez trocável (Martins et al., 1991), porém induzem uma quebra nos ciclos do carbono e dos nutrientes, os quais operam graças à entrada fotossintética do gás carbônico e à decomposição acelerada e continuada da MO do solo, realizada pelos macro e

microorganismos (Malavolta, 1987). Assim, a produtividade dos ecossistemas naturais e de agrossistemas introduzidos, e raramente fertilizados, depende da reciclagem dos nutrientes minerais contidos na liteira e da matéria orgânica do solo. (Moreira & Malavolta, 2004).

A camada de liteira formada no solo torna-se o mais importante sistema de sustentação das florestas tropicais, pois a principal entrada de vários nutrientes essenciais para a vegetação corresponde aos detritos vegetais caídos sobre o solo da floresta. As transformações que ocorrem neste compartimento dos ciclos biogeoquímicos são as que mais afetam o fluxo de transferência dentro do ecossistema. A liteira atua na superfície do solo, tanto como uma camada protetora do solo como um estoque de carbono e nutrientes regulado pelos processos de produção e decomposição. Em um sistema em equilíbrio, a liteira é mineralizada, liberando nutrientes essenciais ou é transformada em matéria orgânica do solo (Luizão, 2007), com ajuda dos microrganismos do solo, que se alimentam desta, e pela respiração, produzem dióxido de carbono que retorna para a atmosfera.

Em estudos realizados em florestas tropicais tem-se verificado maior contribuição da fração folhas na produção total de liteira (Luizão & Schubart, 1987; Kluthcouski & Aidar, 2003). Esses pesquisadores constataram que a fração folhas constitui cerca de 60 a 80%, quando comparada com a de outros componentes, como gravetos e elementos reprodutivos. A quantidade de liteira acumulada sobre o solo não varia muito entre regiões, considerando o mesmo ambiente e ecossistema.

Para um rápido estabelecimento de uma cobertura para o solo, oferta contínua de nitrogênio, aumento da população microbiana, com elevada deposição de material orgânico de rápida decomposição, tem se recomendado a ativação de áreas de floresta alterada por meio de plantio de espécies leguminosas (Oliveira & Schwengber, 2006). A utilização de leguminosas tem sua importância associada com a ativação de processos que conduzem à recuperação de áreas abandonadas e/ou degradadas, pois atuam como reguladores e

ativadores dos recursos disponíveis de forma a permitir o desenvolvimento de espécies mais exigentes. Um dos aspectos deste processo decorre do fato de que a maioria das leguminosas é capaz de nodular e fixar nitrogênio do ar (Oliveira & Schwengber, 2006).

Uma das espécies que vem sendo bastante estudada para enriquecimento de florestas secundárias é o *Inga edulis* Martius (Ingá-cipó), que é uma leguminosa arbórea da sub-família Mimosoideae, nativa da América Tropical e amplamente cultivada pela população local por ser de crescimento rápido, fornecer fruto comestível, madeira para lenha, servir como árvore de sombra e, mais recentemente, como componente agroflorestal (Falcão & Clemente, 2000) e na recuperação de áreas degradadas (Palheta & Wandelli, 2002). Numa abordagem de pousio melhorado, as espécies de leguminosas arbóreas são plantadas antes da colheita, e instalam-se, como espécies de pousio. Em áreas tropicais sub-húmidas, estas árvores acumulam no solo, através da queda das folhas, entre 100 a 200 kg de Nitrogênio (N) em 6-24 meses, dependendo da frequência das chuvas (Sanchez & Palm, 1996). Quando a madeira é cortada, as folhas, as vagens e os ramos ricos em N, são incorporadas no solo como “adubo verde”, antes do próximo cultivo, além de ajustar-se perfeitamente aos padrões de trabalho dos agricultores com poucos recursos, esta técnica possibilita um encurtamento da fase de pousio de uma maneira sustentável (Raintree & Warner, 1986; Brienza, 1999; Denich et al., 2000)

O objetivo geral deste estudo foi o de avaliar o efeito do enriquecimento da regeneração de áreas de pastagem degradada e de agricultura itinerante com *Inga edulis* sobre a liteira e propriedades do solo. Os objetivos específicos foram: (a) avaliar o estoque de nutrientes e da liteira durante os 15 meses em áreas de pousio melhorado com o das áreas de regeneração natural de mesma idade; (b) avaliar as alterações das condições químicas do solo das áreas em pousio melhorado e sob regeneração natural no intervalo de

15 meses, diferenciando os efeitos do enriquecimento da regeneração com Ingá entre áreas previamente usadas para agricultura e pecuária.

Materiais e Métodos

O experimento foi implantado no ano de 2007 em duas pequenas propriedades agrícolas do Assentamento Tarumã-Mirím localizado na micro-bacia do Tarumã Açú, cujo acesso dá-se pelo km 21 da BR-174, na zona noroeste do município de Manaus, estado Amazonas, Brasil. A floresta original dessa região da Amazônia Central é classificada como densa de terra firme (Braga, 1979) e o solo predominantemente é o Latossolo Amarelo álico, muito argiloso (Oxisol) (IPEAAOc, 1971) da Formação Alter do Chão, que tem de baixo a muito baixo potencial para atividades agrícolas e de criação de gado (RADAMBRASIL, 1987). O clima é do tipo *Ami*, com médias anuais de pluviosidade em torno de 2.200 mm, com estação seca curta, em torno de três meses. Para obtenção dos gráficos de chuva e temperatura da região de estudo foram utilizados dados da estação meteorológica do campo experimental da Embrapa/DAS – Distrito Agropecuário da SUFRAMA, obtidos no site www.agritempo.gov.br (Figuras 2 e 3), esta estação fica a 30 km de distância em linha reta da área experimental.

O projeto de assentamento Tarumã-Mirím, foi criado pelo INCRA, em 1992 pelo processo do INCRA/SR (15) AM. No 687/86 e efetivado em 1996, em domínio de terras da União (Figura 1). A área do assentamento é de 41.911 ha com um perímetro de 111 km e com 1042 lotes de 25 ha destinados a agricultura familiar. Há cinco reservas florestais descontínuas totalizando 7.089 ha, o que equivale a 16,6% da área (PROAMBIENTE, 2002).

Para o presente estudo, foram escolhidas duas propriedades do assentamento Tarumã-Mirím, uma com histórico de uso como pastagem e outra com histórico de uso de agricultura de mandioca. A escolha de cada lote se deu pelo interesse do proprietário em

deixar as áreas em pousio e de participar da pesquisa. O lote 412 é situado no ramal da Cooperativa (2°48'11''S e 60°09'20''W) é, de propriedade do Sr. Francisco José de Oliveira Sales, foi desmatado em 1999 e onde se cultiva mandioca (*Manihot esculenta*) numa área de 0,5 ha, sempre deixando um intervalo de 1 a 2 anos em pousio a cada três ciclos de cultivo. Após 1-2 anos, a regeneração natural (capoeira, juquirá) é então cortada e queimada no início de cada ciclo de cultivo. O lote 262, que está localizado no ramal do Pau Rosa (2°47'23''S e 60°07'36''W), teve a floresta primária desmatada em 1983 e, é de propriedade do Sr. Jair Vilaça de Abreu desde 1990, tem uma pastagem de 4 ha bastante degradada com forte predominância de vassourinha-de-botão (*Borreria verticillata*). As duas áreas passaram por diversas aplicações de calcário em quantidades não registradas para correção da acidez do solo ao longo dos cultivos.

O experimento foi implantado em área com histórico de agricultura (lote 412) que estava cultivada há um ano com mandiocas/macaxeiras submetida a duas capinas manuais, em área de pastagem (lote 262) implantada há 25 anos e que foi queimada e roçada inúmeras vezes, hoje encontrando-se bastante degradada com domínio de plantas invasoras.

Em cada propriedade delimitou-se duas parcelas de 25 m x 25 m, distantes, aproximadamente, 8 m uma da outra. Uma parcela foi submetida à regeneração natural (parcela controle) e outra ao pousio melhorado (parcela tratamento), onde foram plantadas mudas de *Inga edulis* com 10 meses de idade e altura média de 40 cm, em um espaçamento de 1m x 1m. Cada parcela de 25 m x 25 m foi subdividida em 25 pseudo-repetições de 5 m x 5 m. A faixa de 5 m externa foi utilizada como borda e as 9 pseudo-repetições centrais foram utilizadas para coleta. Em cada uma das duas áreas plantou-se 625 mudas de ingá-cipó, 25 por pseudo-repetição (Figura 4).

Para avaliar o efeito do pousio melhorado com ingá foram comparadas as características químicas do solo e o estoque e a qualidade química da liteira nos seguintes tratamentos: 1 – área de agricultura em pousio melhorado; 2 – área de agricultura em regeneração natural; 3 – área de pecuária em pousio melhorado e 4 – área de pecuária em regeneração natural. As amostras de solo e liteira foram coletadas na implantação do experimento (tempo 0), em novembro de 2007, durante a estação chuvosa (tempo 1), em março de 2008 e após 15 meses de implantação do experimento (tempo 2), conforme metodologias descritas abaixo.

A liteira acumulada sobre o solo foi avaliada em três épocas distintas: na implantação, 4 meses e 15 meses após a implantação do experimento. Amostras de 25 x 25 cm, usando uma moldura de madeira, foram coletadas em cinco pontos em cada uma das subparcelas totalizando 45 amostras para cada um dos quatro tratamentos. As amostras foram colocadas em sacos de papel e levadas para secagem em estufa a 65 - 70 °C; após a secagem, as amostras foram separadas em liteira grossa e liteira fina (matéria morta com diâmetro menor que 2 cm, segundo Proctor, 1983, limpas para retirada do solo aglutinado e pesadas em balança com precisão de 0,01g. O tecido vegetal foi então moído e analisado pra determinação de macro, micronutrientes e carbono no LTSP.

Os macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg e Al), os micronutrientes (Fe, Mn, Zn), e o pH foram avaliados através de coletas de cinco amostras simples de solo de 0- 5 cm de profundidade, que formaram uma amostra composta, em cada uma das subparcelas. O solo foi extraído com o auxílio de um trado, e as amostras, após secas em temperatura ambiente e peneiradas (malha 2 mm) foram analisadas no Laboratório Temático de Solo e Plantas do INPA - LTSP.

As concentrações de nitrogênio total foram determinadas por digestão-destilação Kjeldahl. Os nutrientes K, Ca, Mg e Al do solo foram determinados pelo método de

extração em KCl 1N e Fe, Mn e Zn pelo método de extração em duplo-ácido (Embrapa 1999) e posteriormente foram feitas as leituras por espectrofotometria de absorção atômica (AAS, 1100 B, Perkin-Elmer, Germany).

A determinação do P foi feita pelo método de colorimetria (Olsen e Sommers 1982), com a solução extraída em duplo ácido (HCl 0,005M + H₂SO₄ 0,012M), e a determinação na presença de molibdato de amônio e vitamina C, e posterior leitura em espectrofotômetro (UV-120-01) .

A determinação da concentração efetiva de íons H⁺ (pH) foi feita por meio de eletrodo combinado, imerso em suspensão solo: água na proporção de 1: 2,5 ml; após a leitura em água foi feita também leitura em uma solução de KCl 1M.

Os resultados de estoque de liteira foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre médias avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Uma Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para agrupar os dados de química do solo e química de liteira, e posterior submissão à MANOVA e análise linear de dissimilaridade.

As análises dos dados foram efetuadas utilizando o ambiente R (versão 2.7.1).

Resultados e Discussão

Liteira

Estoque de Liteira

Os valores de estoque de liteira do solo, subdivididos em liteira grossa e fina (< 2 mm de diâmetro), foram submetidos a uma ANOVA (Tabela 1) e posterior teste Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 2). No início do experimento (tempo 0 e 1) os valores médios do estoque de liteira foram maiores para o componente liteira grossa nos tratamentos com histórico de uso prévio com agricultura; já para o histórico de uso prévio com pecuária isto

ocorreu apenas no tempo 0, no tempo 1 e 2 não houve diferença entre as médias do estoque dos componentes (Tabela 3).

Em solos de baixa fertilidade, o acúmulo e a decomposição da liteira podem servir de indicadores de diferenças entre ecossistemas, em especial no que se refere à disponibilidade de nutrientes para as plantas (Gama-Rodrigues & Barros, 2002; Gama-Rodrigues et al., 2003). Assim, o conhecimento da dinâmica da liteira é essencial para o correto manejo nutricional num agroecossistema. Os estoques de liteira no tempo 2 (15 meses após a instalação do experimento) encontrados neste estudo estão muito abaixo dos encontrados em capoeiras de 4 a 22 anos de idade, que ficaram entre 4,47 e 9,4 t ha⁻¹ (Luizão, 1982; Mckerrow, 1992; Yano, 1994; Tapia-Coral, 1998, 2004), ficando muito abaixo do proposto por Vohland & Schroth (1999) que estimaram e recomendaram uma camada de liteira diversificada de 3-6 t ha⁻¹ para garantir uma presença ativa de macro-invertebrados comedores de liteira num sistema de plantio. Para SAF's bem manejados 2 t ha⁻¹ de matéria orgânica assimilável poderiam ser suficientes para sustentar a atividade dos macro-invertebrados a níveis convenientes (Lavelle et al., 2003).

Em estudo realizado por Wandelli (2008) na mesma área de estudo em capoeiras com 1 ano e histórico de uso agricultura e pecuária os valores de biomassa de liteira obtidos foram superiores ao deste estudo (2,8 t ha⁻¹ na área com histórico de agricultura e 1,6 t ha⁻¹ na área com histórico de uso pecuária). O maior ou menor acúmulo de liteira nas capoeiras originadas de áreas agrícolas pode estar relacionado a matéria orgânica remanescente da floresta primária, a má combustão das queimadas realizadas associado com a eficiência de captura de nutrientes das vegetações secundárias, a menor taxa de decomposição desse ambiente e a maior concentração de ligninas e compostos secundários (Mckerrow, 1992; Tapia-Coral, 2005).

A liteira acumulada sobre o solo sofre o processo de mineralização, que corresponde à decomposição da matéria orgânica, resultando em compostos minerais simples, que são assimilados pelas plantas, contribuindo assim para o aumento do nível de fertilidade do solo (Serrão, 1989) Obviamente, esta contribuição dependerá da qualidade nutricional da liteira produzida pela vegetação e acumulada sobre o solo, bem como as taxas de decomposição da liteira.

Química de Liteira

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para ordenar os dados de análise química de nutrientes (P, K Ca, Mg, Fe, Mn e Zn) da liteira grossa e fina do solo (Tabela 6). Os primeiros eixos das PCA's para cada coleta de liteira fina explicaram mais de 40% da variação; por isto, estes eixos foram submetidos a ANOVA (Tabela 4) e posterior teste Tukey a 5% de significância (Tabela 7) , já os primeiros eixos das PCA's para o componente liteira grossa explicavam menos que 40% da variação. O primeiro e o segundo eixos foram submetidos a MANOVA (Tabela 5) e posterior análise discriminante (Tabela 7).

Os eixos 1 e 2 da PCA para o tempo 0 de liteira grossa (Figura 5) explicam juntos, 64% da variação, o primeiro eixo esta correlacionado com as variáveis Mg e K e o segundo eixo esta correlacionado com todas as outras variáveis com exceção para Fe e Zn.

Os eixos 1 e 2 da PCA para o tempo1 de liteira grossa (Figura 6) explicam juntos, 71% da variação, o primeiro eixo esta correlacionado com todas as outras variáveis com exceção para Mg e K e o segundo eixo esta correlacionado a variável Fe.

Os eixos 1 e 2 da PCA para o tempo 2 de liteira grossa (Figura 7) explicam juntos, 62% da variação, o primeiro eixo esta correlacionado com todas as outras variáveis com exceção para Fe, Zn e Mn e o segundo eixo esta correlacionado a variável Fe.

Os eixos das PCA's para o componente liteira grossa foram submetidos a uma MANOVA onde a H0 foi refutada pelo teste de Pillai para todos os tempos, mostrando existir pelo menos um vetor que diferiu dos demais para cada MANOVA; por isso, os vetores de médias dos tratamentos foram submetidos a uma análise discriminante que confirmou haver diferença significativa entre os tratamentos agricultura com pousio melhorado, agricultura com regeneração natural e pecuária com pousio melhorado, para os 3 tempos.

Os primeiros eixos da PCA para os 3 tempos de liteira fina (Figuras 13, 14 e 15) explicam, respectivamente 56%, 44% e 47% da variância, e foram submetidos a uma ANOVA que evidenciou haver diferença significativa entre os tratamentos em todas as três coletas. Pelo teste de Tukey em nível de 5 % de significância (Tabela 7), observamos que houve diferença significativa entre os tratamentos agricultura com pousio melhorado e agricultura com regeneração natural no tempo 0 e tempo 2 e entre agricultura com pousio melhorado e pecuária com pousio melhorado para o tempo 0. No tempo 1 somente houve diferença significativa entre os tratamentos agricultura com regeneração natural e agricultura com pousio melhorado.

Quando fazemos a comparação entre os períodos de coletas observamos pela ANOVA que não há significância entre os tempos 0 e 1 e 0 e 2 para o componente liteira grossa e que foi significativa entre os tempos 1 e 2. O teste Tukey a 5% comprovou haver diferença entre os tratamentos agricultura com pousio melhorado e agricultura com regeneração natural, entre pecuária com pousio melhorado e pecuária com regeneração natural e entre pecuária com pousio melhorado e agricultura com regeneração natural. Para o componente liteira fina houve diferença significativa entre todos os tratamentos entre o tempo 0 e 1. Entre o tempo 0 e 2 apenas os tratamentos agricultura com pousio melhorado e agricultura com regeneração natural não houve diferença significativa. Entre os tempos 1

e 2 houve diferença significativa somente entre os tratamentos agricultura com pousio melhorado e agricultura com regeneração natural.

Os valores de química de liteira para o tempo 2 foi próximo ao encontrado por Luizão (1982) para o nutriente fósforo (0,30 g/kg) em capoeira de 4 anos. Para os nutrientes K (1g/kg) e Ca (12,7g/kg) esta mesma coleta foi próxima à encontrada por Mckerrow (1992) para uma capoeira de 5 anos, e o nutriente Mg (1,45 na estação seca) foi próximo ao encontrado por Tapia-Coral (2004) em uma capoeira de 16 anos.

Os estoques médios dos macronutrientes (P, K, Ca, Mg) encontrados (Tabela 8) neste experimento quando comparamos o tempo 0 e o tempo 2 observamos que, no geral, houve uma diminuição na quantidade de nutriente e por isso na qualidade da liteira, este fato somente não ocorreu para o cálcio no tratamento agricultura em pousio melhorado (1,29 e 1,7 kg/ha, respectivamente) e no tratamento agricultura em regeneração natural (0,72 e 1,19 Kg/ha), o que não se observa no tratamento com histórico de pecuária. O ferro foi encontrado em quantidades expressivas na liteira possivelmente devido a resíduos do solo que podem ter ficado aderidos às folhas e ao material lenhoso. Quando observamos o tempo 1 e o 2 há um pequeno aumento na média do acúmulo dos macronutrientes o que indica que a partir desses 15 meses após a implantação do experimento possa haver uma melhoria da qualidade da liteira.

As duas últimas coletas, do tempo 1 e 2, foram realizadas na estação chuvosa, período em que há uma menor produção e decomposição de liteira fina (Luizão & Schubart, 1987), o que também pode explicar o maior acúmulo de nutrientes no tempo 0, visto que apesar desta ter sido coletada em novembro de 2007, a estação chuvosa ainda não havia começado, pois, há um forte controle sazonal da produção de liteira fina: maiores produções são medidas nos períodos mais secos do ano (Luizão & Schubart, 1987). A camada de liteira sobre o solo também apresenta um forte padrão sazonal, diminuindo sua

espessura no final da época chuvosa e aumentando-a no período seco (Luizão & Schubart, 1987). Da mesma forma as taxas de decomposição na floresta são fortemente dependentes da ação dos organismos do solo (microrganismos, mesofauna e macrofauna), que é muito mais forte na estação chuvosa (com umidade mais favorável à ação biológica) do que na estação seca (Luizão & Schubart, 1987).

A porcentagem média de carbono e nitrogênio encontradas neste experimento no tempo 2 (Tabela 9) foram levemente maiores do que a obtida por Tapia-Coral (2004) em área de capoeira de 16 anos com histórico de uso com pecuária (Porcentagem de C na estação chuvosa igual a 39,4 e 37,6 na estação seca e porcentagem de N na estação chuvosa igual a 1,49 e 1,39 na estação seca) na Amazônia Peruana, mas a relação C/N média foi maior nas áreas com histórico de agricultura e menor nas áreas com histórico de uso com pecuária (C/N na estação chuvosa igual a 26,8 e 27,3 na estação seca). Como o estoque da liteira nesta capoeira de 16 anos ficou entre 4,47 a 9,4 t ha⁻¹, muito acima do encontrado neste estudo (0,01 a 0,9 t ha⁻¹) os estoques de carbono e nitrogênio foram muito mais elevados (C em kg/ha na estação chuvosa 1891 e 3301 na estação seca e N (em kg/ha) na estação chuvosa 71,2 e 122 na estação seca).

As leguminosas arbóreas, além da auto-suficiência em N, podem favorecer um aumento da matéria orgânica e da fertilidade do solo, bem como um retorno econômico com a produção de lenha, carvão, madeira, celulose, forragem, taninos, gomas, etc (Oliveira et al. 1999). Na Amazônia central, sistemas agrosilvipastoris que tinham espécies de leguminosas instaladas, apresentaram altos estoques de N na liteira, maiores do que nos demais sistemas agroflorestais (Tapia-Coral et al., 1998). Neste experimento, apesar de não significativos, os valores de N na área com pousio melhorado em histórico de uso agricultura foram ligeiramente maiores do que na área com regeneração natural de mesmo histórico. O uso de leguminosas como uma fonte de N para as colheitas é particularmente

importante em muitas partes do trópico úmido, onde a aplicação de fertilizantes nitrogenados não é economicamente viável devido aos altos custos e dificuldades de transporte (Palm & Sanchez, 1991).

Química do Solo

A Análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para ordenar os dados de química do solo para cada uma das coletas (Tabela 10) Para o tempo 0 os eixos 1 e 2 da PCA explicam 66% da variação, por esta análise verifica-se que o eixo 1 está correlacionado com as variáveis Al, Fe e P e o eixo 2 com as variáveis K, Mg, Fe, Zn, P, pH em água. Pela Análise Multivariada da Variância (MANOVA), a hipótese H_0 foi refutada pelo teste de Pillai ($\Pr(>F) = 0.09417$), mostrando existir pelo menos um vetor que diferiu dos demais (Figura 8), por isso, os vetores de médias dos tratamentos foram submetidos a uma análise discriminante (Figura 9) que confirmou haver diferença significativa entre os tratamentos pecuária em pousio melhorado e pecuária em regeneração natural.

Para o tempo 1 os eixos 1 e 2 da PCA explicam 65% da variação e, concluímos que o eixo 1 está correlacionado com as variáveis K, Al, Fe, N e $H+Al$ e o eixo 2 com as variáveis K, Ca, Mg, Al, Fe, Zn, Mn, N, P e $H+Al$. A Análise Multivariada da Variância (MANOVA), refutou a hipótese H_1 pelo teste de Pillai ($\Pr(>F) = 0.1474$), não existindo diferença entre os tratamentos (Figura 10).

Para o tempo 2 os eixos 1 e 2 da PCA explicam 65% da variação, por esta análise concluímos que o eixo 1 está correlacionado com as variáveis Al, Fe e $H+Al$ e o eixo 2 com as variáveis Ca, pH em água. A seguir foi feita Análise Multivariada da Variância (MANOVA), onde a hipótese H_1 foi refutada pelo teste de Pillai ($\Pr(>F) = 0.146$), não existindo diferença entre os tratamentos (Figura 11). A ANOVA foi utilizada para fazer

comparação entre as coletas, já que os primeiros eixos das PCA's explicavam mais do que 57% da variação, mas, não houve diferença significativa entre nenhuma coleta.

As principais limitações de fertilidade dos solos da Amazônia são a acidez elevada, baixa capacidade de troca de cátions, deficiência de N, P, K, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn e também a alta capacidade desses solos para fixar o P aplicado como fertilizante (Sanchez e Cochrane, 1980). Em florestas secundárias da Amazônia as maiores concentrações de nutrientes estão nas camadas 0-5 cm, isso mostra que as principais trocas e interações ocorrem, onde há um maior acúmulo e deposição dos materiais vegetais, disponibilizado por ex., pela liteira (Johnson et al., 2001; McGrath et al., 2001; Markewitz et al., 2004; Pinto, 2008). Estes autores discutem ainda, que o padrão da distribuição vertical, dos teores dos nutrientes trocáveis, como o K, Ca e Mg são observados nas camadas mais próximas à cobertura, onde há maior intensidade de ciclagem dos nutrientes.

Avaliando os resultados de análise química (Tabela 10), observa-se que o pH em H₂O varia entre 4,7 a 4,8 ficando um patamar mediano. Estes valores de pH foram maiores do que os encontrados por Marques et al., (2004) para a mesma classe de solo sob sistema agroflorestal de 8 anos que passou por algumas adubações e calagens na implantação, o que pode ser atribuído ao fato de que as áreas de estudo também passaram por algumas calagens ao longo dos cultivos.

A solubilidade do alumínio diminui com o aumento de pH. Para os valores de pH acima de 5,5 - 6,0 (até 8,0) a solubilidade do Al é mínima e o nível de alumínio na solução do solo depende do pH do solo, da saturação do alumínio, do teor de matéria orgânica e da presença de outros íons na solução do solo (Alvarez et al. 1996). No presente estudo, os teores de Alumínio trocável estão na faixa de 0,63 cmol_c kg⁻¹ (tempo 2) a 1,10 cmol_c kg⁻¹⁻³ (tempo 1) contribuindo com mais de 97% para elevação da capacidade de troca catiônica (CTC) efetiva deste solo que alcançou a média de 12,2 cmol_c kg⁻¹ no tempo 2.

Na Amazônia o nitrogênio (N) é um dos elementos com nível mais reduzido nos solos cultivados (Sanchez et al., 1983); assim, as baixas concentrações de N no solo encontrados neste estudo podem estar relacionadas às perdas ocasionadas pelo corte e queima que ocorreu nas áreas das plantações e da regeneração natural, uma vez que o N diminui drasticamente com o corte e queima da floresta (Parton et al., 1989). Mesmo baixos, estes dados foram maiores do que os encontrados por Tapia-Coral (2004) em capoeiras de 16 anos sobre pastagem abandonada em terra firme da Amazônia Peruana (900 mg/kg na estação chuvosa e 970 mg/kg na estação seca).

De maneira geral, os níveis de nutrientes diminuíram no solo, o Fe apresentou teores médios de 145 mg/kg no tempo 0 e 134 mg/kg no tempo 2. O Zn variou de 12,0 mg/kg no tempo 0 a 1,91 mg/kg no tempo 2 e o Mn variou de 15,80 mg/kg a 8,82 mg/kg nos mesmos tempos de coleta. O P disponível variou de 4,12 a 2,61 entre o tempo 0 e o tempo 2. A soma de bases (SB) trocáveis dos solos ficou entre 2,18 cmol_c kg⁻¹ e 5,55 cmol_c kg⁻¹; estes valores de SB, apesar de baixos, também foram maiores do que os encontrados por Tapia-Coral (2004) na área descrita acima (0,20 cmol_c kg⁻¹ na estação chuvosa e 0,16 cmol_c kg⁻¹ na estação seca). Portanto, os solos estudados apresentam pobreza de nutrientes (K, Ca, Mg) e acidez mediana. Os valores da CTC efetiva (muito baixo) refletem que estes solos, sob condições naturais ácidas, apresentam baixa capacidade de reter cátions (Gama 2004).

O P disponível variou de 4,72 no tempo 1 a 12,61 mg kg⁻¹ no tempo 2, abaixo dos valores encontrados por Tapia-Coral (2004) que foram altos (5,77 na estação chuvosa) devido à rápida decomposição do material vegetal na época chuvosa (Coleman et al. 1983). A baixa saturação por bases (V%<45) e alta saturação por alumínio (m>20%) podem limitar o enraizamento das plantas em profundidade, segundo Hardy et al. (1990).

Conclusões

- Os tratamentos em pousio melhorado produziram maior estoque de liteira e de melhor qualidade química do que os tratamentos em regeneração natural, tanto na área de uso prévio agricultura quanto pecuária.
- O estoque de nutrientes na liteira entre a implantação do experimento (tempo 0) e quinze meses após a implantação (tempo 2) diminuiu, mas se compararmos o estoque entre o tempo 1 (4 meses após implantação do experimento) e o tempo 2 houve um acréscimo o que indica que a partir destes 15 meses pode haver uma melhoria na qualidade da liteira.
- Os tratamentos pousio melhorado e regeneração natural, durante os 15 meses de avaliação do experimento, não tiveram efeito sobre a fertilidade do solo em nenhuma das áreas estudadas, porém há indicações de que o efeito positivo do pousio melhorado será significativo a curto prazo adicional.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do INPA, pela oportunidade de estudar, pesquisar e conhecer a Amazônia. À **CAPES**, pela bolsa concedida, ao **Projeto LBA** e seus funcionários, pelo financiamento e apoio e à Embrapa, em especial ao Dr. Silas Garcia. À Dra Flavia Costa e seus alunos pelo apoio nas análises estatísticas. Aos funcionários do LTSP e do Lab. de Triagem do INPA, à Dona Branca, Seu Zé, Roberto, Seu Jair e Dona Ana, pela oportunidade de poder trabalhar em suas propriedades, pela hospitalidade e conhecimentos compartilhados e aos comunitários do Assentamento Tarumã-Mirím.

Referências Bibliográficas

- BRAGA, P.I.S. Subdivisão Fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário Florístico da Floresta Amazônica. **Acta Amazonica**, v.9, p. 53-80, 1979.
- BRIENZA-JUNIOR S. **Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil**. 1999. 134p. Tese (doutorado) - Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen.
- BRINKMANN, W.L.F. & NASCIMENTO, J.C.T. The effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary Region of Central Amazônia. **Acta Amazonica**, Manaus, 355-61, 1973.
- DENICH, M.; KANASHIRO, M.; VLEK, P.L.G. The potential and dynamics of carbon sequestration in traditional and modified fallow systems of the eastern Amazon region, Brazil. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. (edi): **Global climate change and tropical ecosystems**. CRC Press. Boca Raton, FL. 2000. pp 213-229.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. EMBRAPA-CNPS. P. 412, 1999.
- FALCÃO, M.A. & CLEMENT, C.R. Fenologia e produtividade do ingá-cipó (*Inga edulis*) na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, vol. 30, p.173-180, 2000.
- GAMA, J.R.N.P. **Solos: manejo e interpretação** – Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 1ª edição. 2004, 183p.il.
- HARDY, D.H.; RAPPER, C.D.; MINER, G.S. Chemical restrictions of roots in ultisol subsoils lessened by long-term management. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, vol.54, p.1657-1660, 1990.
- IPEAAOc. **Solos do Distrito Agropecuário da SUFRAMA**. Convênio para levantamento da área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA, IPEAN e IPEAAOc, Manaus, Amazonas, 1971, 99pp.
- JOHNSON, C.M.; VIEIRA, I.C.G.; ZARIN, D.J.; FRIZANO, T.; JOHNSON, A.H. Carbon and nutrient storage in primary and secondary Forest in eastern Amazônia. **Forest Ecology and Management**, vol.147, p.245-252, 2001.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: SWIFT, M.J.& WOOMER, P. (Eds). **Tropical Soil Biology and Fertility**, Jhon Wiley Sayce, New York, 1994, pp.137- 169.
- LUIZÃO, F.J. Litter production and mineral element input to the Forest floor in a central amazonian forest, **GeoJournal**, vol.19, p.407–417, 1989.
- LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: Respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciênc. Cult.**, vol.59, p.31-36, 2007.

LUIZÃO, F.J. & SCHUBART, H.O.R. Litter production and mineral element input to the forest floor in a Central Amazonian forest. **Oeojournal**, vol.19, p.407-417, 1989.

MALAVOLTA, E. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: VIEIRA, L.S.& SANTOS, P.C.T.C. (Ed.). **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**, São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p.374-416.

MANARINO, R.P.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Comparação do húmus de capoeira e de floresta natural em Latossolos Amarelos da região amazônica, Brasil. In: Colóquio Regional sobre Matéria Orgânica do solo, 1., Piracicaba. **Anais**. Piracicaba, CENA, São Paulo, PROMOCET, 1982. p.51-57.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, .EA.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D.C. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, vol.14, p.177-S199, 2004.

MARQUES, J.D.O.; LIBARDI, P.L.; TEIXEIRA, W.G.; REIS, A.M. Estudo de parâmetros físicos, químicos e hídricos de um Latossolo Amarelo na região Amazônica. **Revista Acta Amazonica**, vol.34, p. 145 – 154, 2004.

MARTINS, P.F. da S.; CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; ANDREUX, F.; CHAUVEL, A. Consequences of clearing and tillage on the soil of a natural Amazonian ecosystem. **Forest Ecology and Management**, vol.38, p.273-282, 1991.

MCGRATH, D.A.; SMITH, C.K.; GHOLZ, H.L.; OLIVEIRA, F.D. Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia. **Ecosystems**, vol.4, p.625-645, 2001.

MCKERROW, A.J. **Nutrient stocks in abandoned pastures of the Central Amazon Basin prior to and following cutting and burning**. 1992,116p. Tese (mesrado) - North Carolina State University

MOREIRA, A.& MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, vol.39, p.1103-1110, 2004.

NEPSTAD, D.C.; MOUTINHO, P.R.S.; MARKEWITZ, D. The recovery of biomass, nutrients stocks and deep soil functions i secondary forests. In: MCCLAIN, M.; VICTORIA, R.; RICHEY, J. (Eds) **Biogeochemistry of the Amazon**, 2001, 416pp. Oxford University Press. London.

OLIVEIRA, J.M.F. & SCHWENGBER, D.R. Monitoramento do crescimento de leguminosas arbóreas em área de capoeira do estado de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 4, 2006, 14p.

PALHETA, R.A. & WANDELLI, E.V. Nodulação de *Gliricidia sepium* e *Inga edulis* em sistemas agroflorestais implantados em áreas degradadas por pastagem na Amazônia Central. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 4, Ilhéus. Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. **Anais**. Ilhéus: CEPLAC: UESC. 2002.

PROAMBIENTE. **Programa de Desenvolvimento Sustentável da Produção Familiar Rural da Amazônia. Diagnóstico Rápido e Participativo do Pólo Pioneiro do**

PROAMBIENTE no Estado do Amazonas – Município de Manaus (Projeto de Assentamento Tarumã- Mirim) e Município Rio Preto da Eva. Manaus, 52p., 2002.

PROCTOR, J. **Tropical Forest Literfall.I.Problens of data comparision. Tropical rainforest: Ecology on manegement.** Eds. Sutton, S.I.; Chadwick, A.C. & Whitmore, T. C. Blackwell Scientific Publications, Oxford. Pp. 267-273, 1983.

RADAMBRASIL Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais.** DNPM, Rio de Janeiro, Vol. 18, 1978.

RAINTREE, J.B. & Warner, K. Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation. **Agroforestry System**, vol.4, p. 39-54, 1986.

SANCHEZ, P.A. & COCHRANE, T.T. **Soils constraints in relation to major farming systems of tropical America.** International Rice Research Institute. Los Banos. p.106-139, 1980.

SANCHEZ, P.A. & Palm, C.A. **Nutrient cycling and agroforestry in Agrica.** Unasylya, vol.47, p.24-28, 1996.

TAPIA-CORAL, S.C. **Macro invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia peruana** – Manaus. 134p., 2004. Tese (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.

TAPIA-CORAL, S.C.; LUIZÃO, F.J.; WANDELLI, E.V.; FERNANDES, E.C.M. Carbon and nutrient stock in litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, vol.65, p.33-42, 2005.

TEIXEIRA, W. G.; PEREIRA, E .G.; CRUZ, L. A.; BUENO, N. Influência do uso nas características físico-químicas de um Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, Manaus, AM. 1996. In: Congresso Latino-americano de Ciência do Solo, 12, Águas de Lindóia. **Anais.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Latino-Americana de Ciência do Solo. 1 CD-ROM.

UHL, C.; BUSCHBACHER, R., SERRÃO, E. A. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. I.Patterns of plant succession. **Journal of Ecology**, vol. 76, p.663-681, 1988.

VIEIRA, I.C.; NEPSTAD, D.C.; BRIENZA-JUNIOR, S.; PEREIRA, C. A importância de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia. In: **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia.** INPA. Manaus. vol.2, p.43-53, 1993.

VIEIRA, I.C.G. **Forest succession after shifting cultivation in eastern Amazonia. Scotland**, p.205, 1996. Tese (Doutorado) - University of Stirling

VIEIRA, S.A. **Efeito das plantações florestais (*Eucalyptus sp.*) sobre a dinâmica de nutrientes em região de cerrado do Estado de São Paulo.** 73p, 1998. Tese (mestrado) - Escola Superior de Agricultura de “Luiz de Queiroz”.

WANDELLI, E.V. **Estoques de biomassa em diferentes cenários de uso da terra ao norte de Manaus, Amazônia Central brasileira.** Manaus: [s.n.], 162f. : il., 2008. Tese(Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.

WATRIN, O.S.; SANTOS, J.R.; VALERIO-FILHO, M. Análise da dinâmica da paisagem do nordeste paraense através de técnicas de geoprocessamento. 1996. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 8. Salvador. **Anais**. São Jose dos campos: INPE. 204.p.427-433. CD-ROM.

Tabelas

Tabela 1. ANOVA entre os tratamentos para estoque das três coletas de liteira, onde os compartimentos foram subdivididos em liteira grossa e liteira fina do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

| Grossa | G.L | S.Q | Q.M | F' | Pr(>F) | Fina | G.L | S.Q | Q.M | F' | Pr(>F) |
|---------|-----|------|------|------|------------------------|---------|-----|------|------|------|--------------------------|
| Tempo 0 | 3 | 0,01 | 0,00 | 52,1 | 4,79e ⁻³ ** | Tempo 0 | 3 | 0,00 | 0,00 | 70,1 | 9,32e ⁻⁴ *** |
| Tempo 1 | 3 | 0,00 | 0,00 | 4,65 | 8,29e ⁻³ ** | Tempo 1 | 3 | 0,00 | 0,00 | 11,7 | 0,33 |
| Tempo 2 | 3 | 0,00 | 0,00 | 57,8 | 2,80e ⁻³ ** | Tempo 2 | 3 | 0,05 | 0,02 | 56,7 | 6,52e ⁻¹³ *** |
| T0 x T1 | 1 | 0,00 | 0,00 | 47,7 | 3,65e ⁻² * | T0 x T1 | 1 | 0,00 | 0,00 | 19,5 | 0,17 |
| T0 x T2 | 1 | 0,00 | 0,00 | 11,5 | 0,28 | T0 x T2 | 1 | 0,00 | 0,00 | 15,0 | 5,08e ⁻⁴ *** |
| T1 x T2 | 1 | 0,00 | 0,00 | 25,7 | 0,11 | T1 x T2 | 1 | 0,00 | 0,00 | 29,2 | 0,09 |

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Tabela 2. Teste Tukey a 5% entre os tratamentos para estoque das três coletas de liteira e entre os três tempos de coletas, para os compartimentos liteira grossa e liteira fina do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, onde s é significativo e ns não significativo.

| Liteira | Tratamentos | Tempo 0 | Temo 1 | Tempo 2 | 0 vs 1 | 0 vs 2 | 1 vs 2 |
|---------|------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Grossa | Apm-ARN ⁽¹⁾ | s | s | s | s | ns | ns |
| | Apm-Ppm | s | s | s | s | ns | ns |
| | Apm-PRN | s | s | s | s | ns | ns |
| | ARN-Ppm | ns | s | s | ns | ns | ns |
| | ARN-PRN | ns | s | s | ns | ns | ns |
| | Ppm-PRN | s | ns | s | s | ns | ns |
| Fina | Apm-ARN | s | s | s | ns | ns | s |
| | Apm-Ppm | s | s | s | ns | ns | s |
| | Apm-PRN | s | s | s | ns | ns | s |
| | ARN-Ppm | s | s | s | ns | ns | ns |
| | ARN-PRN | s | s | s | ns | ns | ns |
| | Ppm-PRN | ns | ns | ns | ns | ns | ns |

⁽¹⁾Apm representa agricultura em pousio melhorado, ARN agricultura em regeneração natural, Ppm é pecuária em pousio melhorado e PRN é pecuária em regeneração natural.

Tabela 3. Médias dos estoques de liteira grossa e fina (n=5/ pseudo-repetição) em t ha⁻¹ antes da implantação do experimento (tempo 0), 4 meses após a implantação do experimento (tempo 1) e 15 meses após a implantação (tempo 2) por tratamento do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

| Tempo | 0 | | 1 | | 2 | |
|----------------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Tratamento | Grossa | Fina | Grossa | Fina | Grossa | Fina |
| Agricultura PM | 0,07aA ⁽²⁾ | 0,04cA | 0,06eB | 0,02gA | 0,04iA | 0,09kA |
| Agricultura RN | 0,03bC | 0,02dA | 0,06fD | 0,01hA | 0,04jC | 0,07lA |
| Pecuária PM ⁽¹⁾ | 0,04mC | 0,01oA | 0,02pD | 0,01qA | 0,02rC | 0,01tA |
| Pecuária RN | 0,04nC | 0,01oA | 0,02pD | 0,01qA | 0,01sC | 0,01tA |
| Desvio Padrão | 0,02 | 0,012 | 0,022 | 0,01 | 0,01 | 0,04 |

⁽¹⁾PM = pousio melhorado e RN= Regeneração Natural. ⁽²⁾Dados seguidos por letras distintas minúsculas diferem entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; dados seguidas por letras distintas maiúsculas diferem entre as coletas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4. ANOVA para química das três coletas de liteira e interação entre períodos de coletas, para os compartimentos liteira grossa e liteira fina do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

| Fina | G.L | S.Q | Q.M | F' | Pr(>F) | Grossa | G.L | S.Q | Q.M | F' | Pr(>F) |
|---------|-----|------|------|------|---------------------------|---------|-----|------|------|------|---------------------------|
| Tempo 0 | 3 | 11,6 | 38,6 | 57,7 | 5,203e ⁻¹³ *** | T0 x T1 | 3 | 82,5 | 27,5 | 75,8 | 1,23e ⁻¹⁴ *** |
| Tempo 1 | 3 | 84,4 | 28,1 | 38,5 | 9,851e ⁻¹¹ *** | T0 x T2 | 3 | 48,9 | 16,3 | 18,3 | 4,196e ⁻⁰⁷ *** |
| Tempo 2 | 3 | 10,0 | 33,4 | 64,6 | 1,132e ⁻¹³ *** | T1 x T2 | 3 | 54,6 | 18,2 | 25,5 | 1,269e ⁻⁰⁸ *** |
| T0 x T1 | 3 | 10,4 | 34,9 | 12,2 | < 2,2e ⁻¹⁶ *** | | | | | | |
| T0 x T2 | 3 | 16,4 | 54,9 | 12,7 | < 2,2e ⁻¹⁶ *** | | | | | | |
| T1 x T2 | 3 | 17,0 | 56,8 | 13,5 | < 2,2e ⁻¹⁶ *** | | | | | | |

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Tabela 5. MANOVA para química das três coletas de liteira, para os compartimentos liteira grossa do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

| Grossa | G.L | Pillai | F aprox. | num G.L | den G.L | Pr(>F) |
|---------|-----|--------|----------|---------|---------|---------------|
| Tempo 0 | 3 | 11,8 | 15,6 | 6 | 64 | 6,039e-11 *** |
| Tempo 1 | 3 | 0,75 | 64,6 | 6 | 64 | 2,309e-05 *** |
| Tempo 2 | 3 | 0,76 | 65,8 | 6 | 64 | 1,878e-05 *** |

Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1

Tabela 6. Atributos químicos médios da liteira entre cinco amostras de 25cm x 25 cm por pseudo-repetição, a primeira coleta foi realizada antes da implantação do experimento (tempo 0), a segunda 4 meses após a implantação (tempo 1) e a terceira 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

| Material | Tempo | Ca ⁺⁺ | | | Mg ⁺⁺ | | | K ⁺ | | | Fe | | | Zn | | | Mn | | | P | | |
|----------------|--------|------------------|-------|------|------------------|------|------|----------------|------|------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | | g/Kg | | | | | | | | | mg/Kg | | | | | | | | | g/kg | | |
| Tratamento | Tempo | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| Agricultura PM | Grossa | 13,3 | 10,2 | 14,4 | 1,91 | 1,41 | 2,12 | 1,85 | 1,06 | 0,92 | 971 | 1650 | 1498 | 25,3 | 41,6 | 28,9 | 107 | 105 | 109 | 0,34 | 0,33 | 0,28 |
| | Fina | 13,2 | 10,8 | 13 | 2,04 | 1,93 | 2,15 | 1,55 | 3,02 | 1,19 | 1669 | 2525 | 2471 | 41,1 | 44,6 | 32,9 | 139 | 227 | 137 | 0,51 | 0,55 | 0,39 |
| Agricultura RN | Grossa | 12,5 | 8,91 | 11,2 | 1,61 | 1,27 | 1,23 | 0,59 | 0,74 | 0,42 | 1788 | 1541 | 1461 | 46,8 | 41 | 32,8 | 118 | 99 | 89,7 | 0,27 | 0,33 | 0,22 |
| | Fina | 14,7 | 11,8 | 12,1 | 1,82 | 2,01 | 1,26 | 1,08 | 2,33 | 0,64 | 1643 | 1998 | 1435 | 55,8 | 53,8 | 23,7 | 110 | 113 | 77,6 | 0,39 | 0,57 | 0,28 |
| Pecuária PM | Grossa | 12,5 | 7,75 | 10,7 | 0,68 | 0,58 | 1,03 | 0,45 | 0,38 | 0,59 | 1388 | 1584 | 712 | 34,6 | 35,2 | 33,4 | 68 | 74,7 | 56,7 | 0,29 | 0,27 | 0,31 |
| | Fina | 13,4 | 7,91 | 21,1 | 1,44 | 1,27 | 2,92 | 1,02 | 1,22 | 1,63 | 2137 | 2057 | 2433 | 52,4 | 44,8 | 47,4 | 133 | 139 | 141 | 0,41 | 0,39 | 0,48 |
| Pecuária RN | Grossa | 16,4 | 11,4 | 11,9 | 0,82 | 0,75 | 1,24 | 0,68 | 0,42 | 0,85 | 3774 | 4303 | 2679 | 86 | 81,3 | 96,2 | 147 | 199 | 220 | 0,37 | 0,33 | 0,33 |
| | Fina | 27 | 9,6 | 14,2 | 2,49 | 0,84 | 1,38 | 2,04 | 1,23 | 0,99 | 4511 | 5157 | 6190 | 89,3 | 102 | 108,9 | 212 | 303 | 428 | 0,47 | 0,46 | 0,51 |
| Desvio Padrão | | 4,87 | 1,522 | 3,31 | 0,61 | 0,52 | 0,65 | 0,59 | 0,92 | 0,38 | 1238 | 1371 | 1686 | 22,9 | 23,5 | 32,9 | 41,4 | 78,4 | 120 | 0,08 | 0,11 | 0,10 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= regeneração natural.

Tabela 7. Teste Tukey a 5% e análise discriminante entre os tratamentos para química dos três tempos de coletas de liteira e entre os tempos de coletas, para os compartimentos liteira grossa e liteira fina do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas, onde s é significativo e ns não significativo.

| Liteira | Tratamentos | Tempo 0 | Tempo 1 | Tempo 2 | 0 vs 1 | 0 vs 2 | 1 vs 2 |
|---------|------------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| Grossa | Apm-ARN ⁽¹⁾ | s | s | s | ns | ns | s |
| | Apm-Ppm | s | s | s | ns | ns | ns |
| | Apm-PRN | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | ARN-Ppm | s | s | s | ns | ns | s |
| | ARN-PRN | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| | Ppm-PRN | ns | ns | ns | ns | ns | s |
| Fina | Apm-ARN | s | ns | s | s | ns | s |
| | Apm-Ppm | s | s | ns | s | s | ns |
| | Apm-PRN | ns | s | ns | s | s | ns |
| | ARN-Ppm | ns | s | ns | s | s | ns |
| | ARN-PRN | ns | s | ns | s | s | ns |
| | Ppm-PRN | ns | s | ns | s | s | ns |

⁽¹⁾Apm representa agricultura em pousio melhorado, ARN agricultura em regeneração natural, Ppm é pecuária em pousio melhorado e PRN é pecuária em regeneração natural.

Tabela 8. Estoque médio de nutrientes da liteira (grossa + fina) em kg ha⁻¹ entre cinco amostras de 25 cm x 25 cm por pseudo-repetição, a primeira coleta foi realizada antes da implantação do experimento (tempo 0), a segunda 4 meses após a implantação (tempo 1) e a terceira 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

| Tempo | Tratamento | | Ca | Mg | K | Fe | Zn | Mn | P |
|-------|-------------|----|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 0 | Agricultura | PM | 1.30 | 0.18 | 0.17 | 0.12 | 0.003 | 0.012 | 0.040 |
| | | RN | 0.73 | 0.09 | 0.04 | 0.09 | 0.003 | 0.006 | 0.017 |
| | Pecuária | PM | 0.72 | 0.05 | 0.03 | 0.09 | 0.002 | 0.005 | 0.018 |
| | | RN | 1.01 | 0.07 | 0.06 | 0.21 | 0.004 | 0.009 | 0.021 |
| 1 | Agricultura | PM | 0.93 | 0.15 | 0.11 | 0.13 | 0.004 | 0.011 | 0.031 |
| | | RN | 0.65 | 0.10 | 0.06 | 0.12 | 0.003 | 0.007 | 0.027 |
| | Pecuária | PM | 0.23 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0.001 | 0.003 | 0.009 |
| | | RN | 0.30 | 0.02 | 0.02 | 0.13 | 0.002 | 0.007 | 0.011 |
| 2 | Agricultura | PM | 1.71 | 0.28 | 0.15 | 0.29 | 0.764 | 0.507 | 0.046 |
| | | RN | 1.19 | 0.14 | 0.06 | 0.15 | 0.689 | 0.195 | 0.027 |
| | Pecuária | PM | 0.51 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 1.719 | 0.615 | 0.013 |
| | | RN | 0.26 | 0.03 | 0.02 | 0.09 | 2.703 | 0.795 | 0.008 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= regeneração natural.

Tabela 9. Porcentagem, relação C/N e acúmulo médio de Carbono e Nitrogênio na primeira e terceira coleta de liteira (grossa + fina) entre cinco amostras de 25 cm x 25 cm por pseudo-repetição na implantação do experimento e 15 meses após a implantação (tempo 0 e 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas.

| Tratamento | Tempo 0 | | | | | Tempo 2 | | | | |
|----------------------------|---------|------|------|-------|------|---------|------|------|-------|------|
| | N | | C/N | C | | N | | C/N | C | |
| | % | | | kg/ha | | % | | | kg/ha | |
| Agricultura PM | 1,64 | 45,9 | 30,3 | 4,93 | 136 | 1,55 | 43,2 | 27,8 | 11,7 | 321 |
| Agricultura RN | 1,80 | 45,0 | 26,2 | 3,17 | 78,1 | 1,50 | 43,1 | 29,6 | 8,53 | 247 |
| Pecuária PM ⁽¹⁾ | 1,82 | 41,5 | 22,9 | 2,20 | 50,3 | 1,78 | 42,7 | 24,1 | 1,62 | 39,4 |
| Pecuária RN | 1,82 | 41,6 | 23,0 | 2,14 | 49,7 | 1,77 | 40,5 | 23,7 | 1,42 | 34,0 |

¹⁾PM= pousio melhorado; RN= regeneração natural.

Tabela 10. Atributos químicos médios do solo (n= 5 para cada uma das 9 pseudo-repetições) da camada de 0–5 cm de profundidade dos quatro tratamentos do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

| Coleta | K | | | Ca | | | Mg | | | Al ³⁺ | | | Fe | | | Zn | | | Mn | | | pH | | |
|----------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
| | cmol _c /kg | | | | | | | | | mg/kg | | | | | | | | | em água | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| Agricultura PM | 0,21 | 0,06 | 0,65 | 2,4 | 1,9 | 5,02 | 0,69 | 0,48 | 0,55 | 0,66 | 1,11 | 0,8 | 159 | 186 | 122 | 13,3 | 2,69 | 1,68 | 19,8 | 12,7 | 13,8 | 5,07 | 4,69 | 4,93 |
| Agricultura RN | 0,11 | 0,05 | 0,65 | 2,31 | 1,35 | 3,69 | 0,61 | 0,34 | 0,44 | 0,71 | 1,67 | 0,84 | 122 | 148 | 117 | 7,87 | 2,89 | 1,64 | 17,3 | 11,7 | 7,66 | 4,37 | 4,57 | 4,27 |
| Pecuária PM | 0,11 | 0,09 | 0,64 | 1,87 | 1,76 | 5,22 | 0,52 | 0,52 | 0,64 | 0,72 | 0,83 | 0,34 | 159 | 193 | 151 | 14,8 | 3,48 | 2,44 | 11,9 | 10,3 | 7,61 | 4,85 | 4,76 | 5,1 |
| Pecuária RN | 0,11 | 0,04 | 0,56 | 1,98 | 1,63 | 3,72 | 0,52 | 0,46 | 0,4 | 0,65 | 0,79 | 0,54 | 140 | 169 | 147 | 12,2 | 2,49 | 1,87 | 14,2 | 12,8 | 6,23 | 4,87 | 4,86 | 4,97 |
| Desvio Padrão | 0,05 | 0,02 | 0,04 | 0,25 | 0,23 | 0,82 | 0,08 | 0,08 | 0,11 | 0,03 | 0,40 | 0,23 | 17,7 | 20,0 | 17,2 | 2,98 | 0,43 | 0,37 | 3,46 | 1,16 | 3,38 | 0,29 | 0,12 | 0,37 |

| Coleta | Pdispo | | | Ntotal | | | SB | | | CTC | | | m | | | V | | | | | | | | | | |
|----------------|--------|------|------|--------|------|------|------|------|------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|---|--|--|--|--|--|
| | mg/Kg | | | | | | | | | cmol _c /Kg | | | | | | | | | % | | | | | | | |
| | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | | | | | |
| Agricultura PM | 6,44 | 6,78 | 3,8 | 2653 | 2495 | 2958 | 3,29 | 2,45 | 6,22 | 9,93 | 11,1 | 13,4 | 16,7 | 31,2 | 11,4 | 33,1 | 22 | 46,6 | | | | | | | | |
| Agricultura RN | 3,79 | 5,58 | 2,59 | 3139 | 2872 | 2561 | 3,03 | 1,74 | 4,78 | 9,44 | 14,7 | 11,9 | 19,1 | 48,9 | 15 | 32,1 | 11,9 | 40,2 | | | | | | | | |
| Pecuária PM | 3,54 | 3,55 | 2,16 | 1940 | 2393 | 2413 | 2,51 | 2,38 | 6,51 | 8,88 | 11,9 | 12,6 | 22,3 | 25,9 | 4,97 | 28,2 | 20 | 51,5 | | | | | | | | |
| Pecuária RN | 2,7 | 2,99 | 1,89 | 2432 | 2488 | 2431 | 2,6 | 2,14 | 4,68 | 8,19 | 8,46 | 11 | 20 | 27,1 | 10,3 | 31,8 | 25,3 | 42,4 | | | | | | | | |
| Desvio Padrão | 1,62 | 1,76 | 0,84 | 497 | 211 | 253 | 0,36 | 0,32 | 0,95 | 0,75 | 2,57 | 1,02 | 2,31 | 10,6 | 4,15 | 2,14 | 5,70 | 4,98 | | | | | | | | |

⁽¹⁾PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural. ⁽²⁾SB é a Soma de Bases (Ca, Mg e K), Al³⁺+H é a saturação, P_{dispo} é o fósforo disponível e N_{total} é a quantificação do Nitrogênio Total, CTC= capacidade de troca de cátions (SB+H+Al); m= saturação por alumínio (Al³⁺/SB+Al).100; V= saturação por bases (100,SB/T).

Figuras

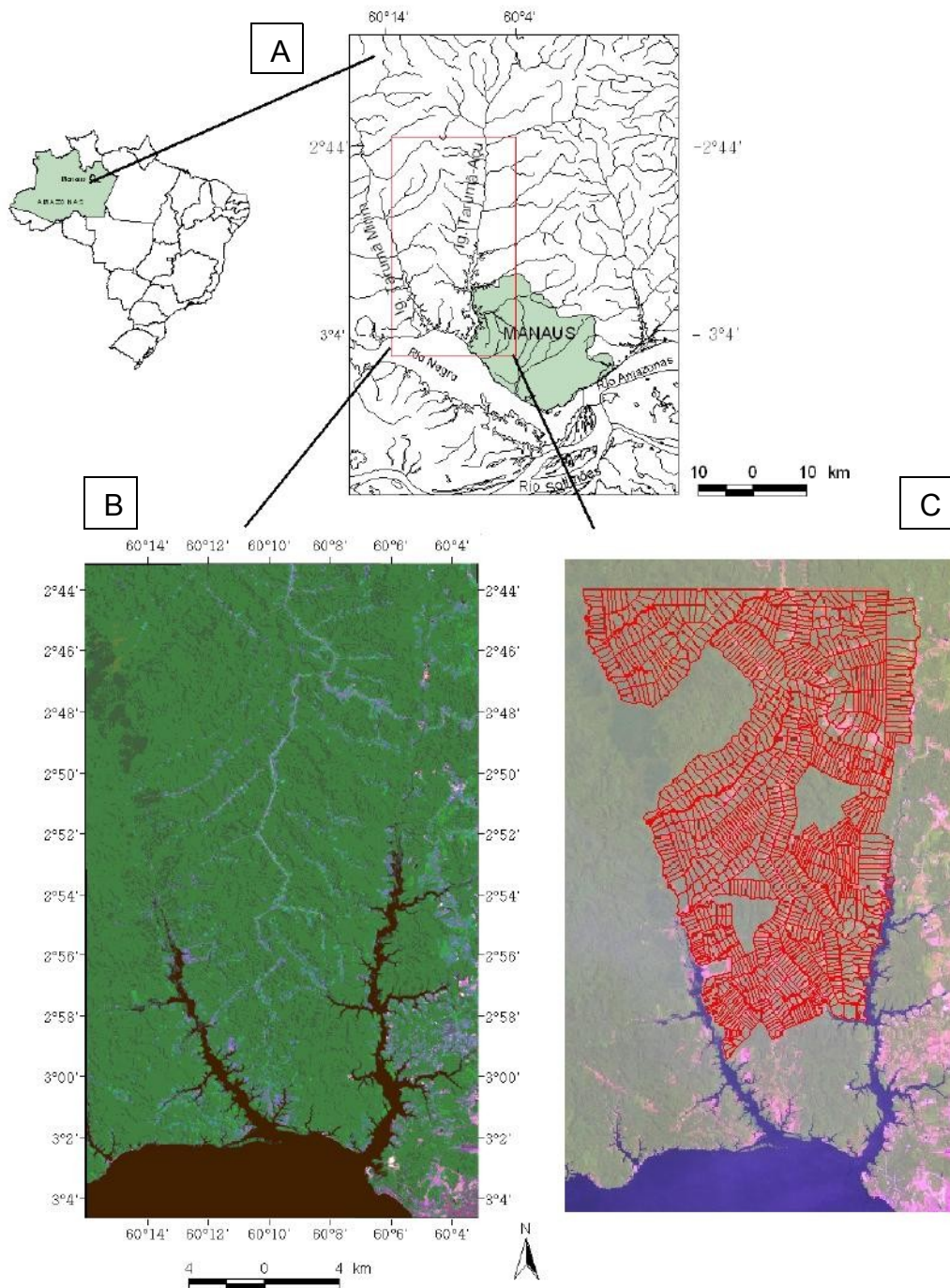


Figura 1. Localização da região do Assentamento Tarumã-Mirém em relação ao Brasil e área urbana de Manaus, Amazonas (A), imagem satélite land-sat de 2001 (B) e malha fundiária do Assentamento (C).

Manaus(CPAA) - 01/11/2007 até 01/02/2009

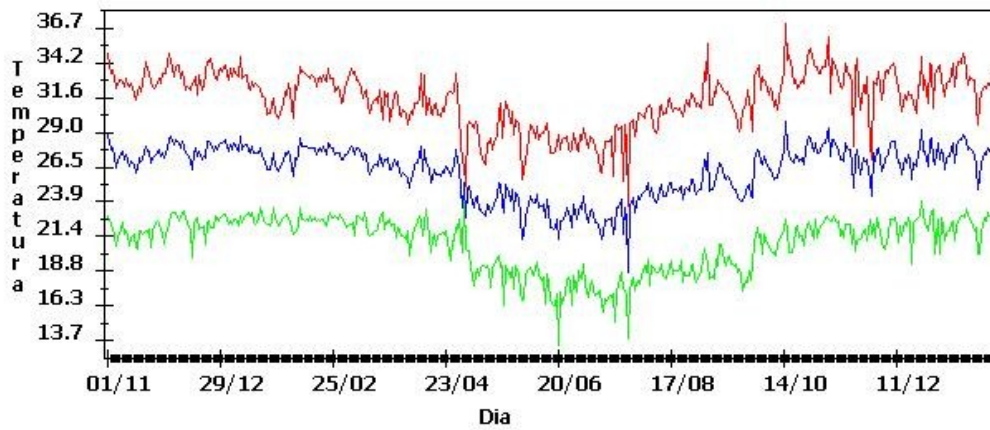


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas e médias diárias (°C) no campo experimental da Embrapa no Km 54 da BR 174 no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.

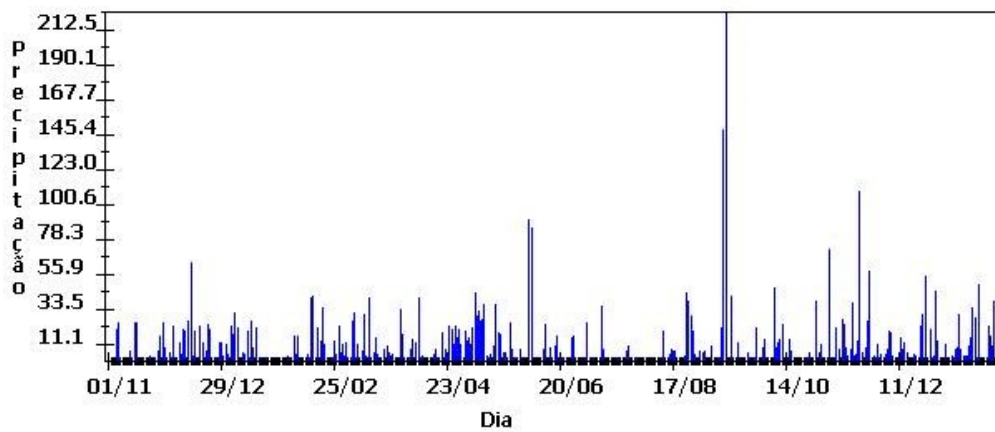


Figura 3. Precipitação média diária (mm) no campo experimental da Embrapa no Km 54 da BR 174 no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.

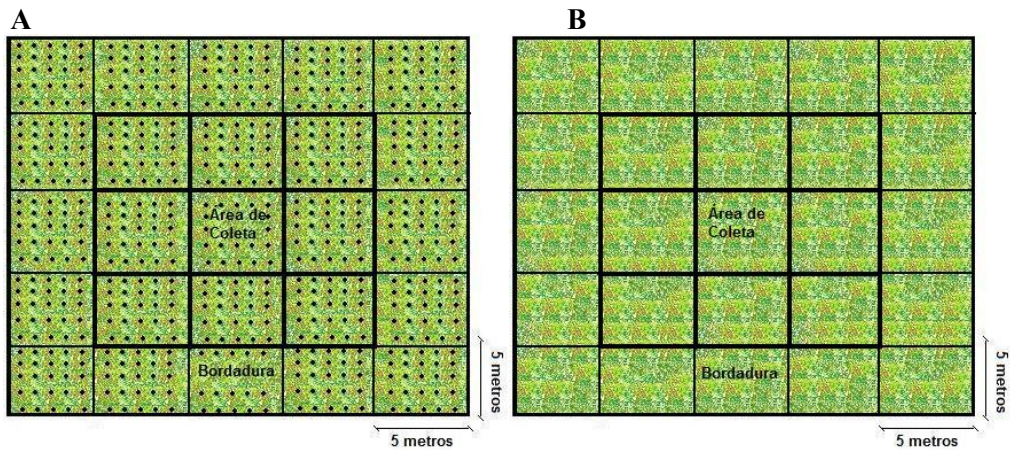


Figura 4. A) Área de regeneração natural enriquecida com ingá, onde os pontos pretos representam as mudas de ingá plantadas e a área colorida a regeneração natural. B) Área de controle constituída pela regeneração natural do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas.

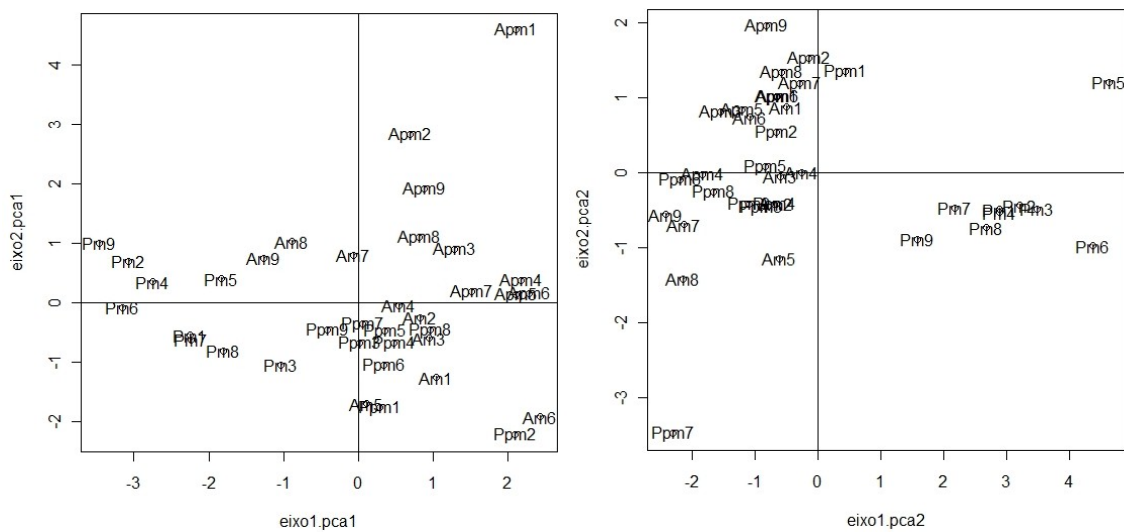


Figura 5. Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química de liteira na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural; o primeiro gráfico é referente ao componente liteira grossa e o segundo ao componente liteira fina (Eixo 1= 40% da variância explicada; Eixo 2= 24% da variância explicada para o gráfico 1 e Eixo 1= 56% da variância explicada; Eixo 2= 15% da variância explicada para o gráfico 2).

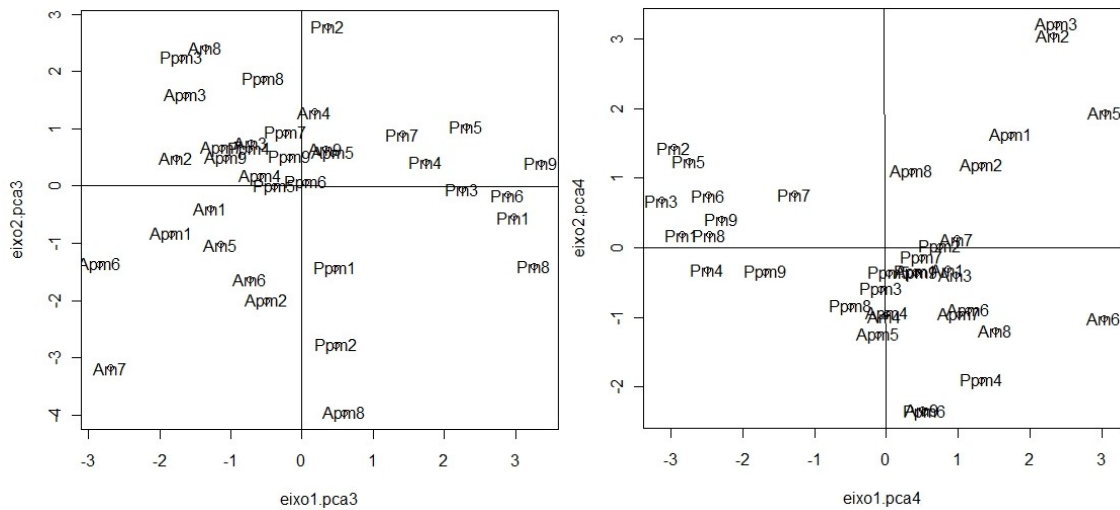


Figura 6. Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química de liteira 4 meses após a implantação (tempo 1) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural; o primeiro gráfico é referente ao componente liteira grossa e o segundo ao componente liteira fina (Eixo 1= 38% da variância explicada; Eixo 2= 33% da variância explicada para o gráfico 1 e Eixo 1= 44% da variância explicada; Eixo 2= 24% da variância explicada para o gráfico 2).

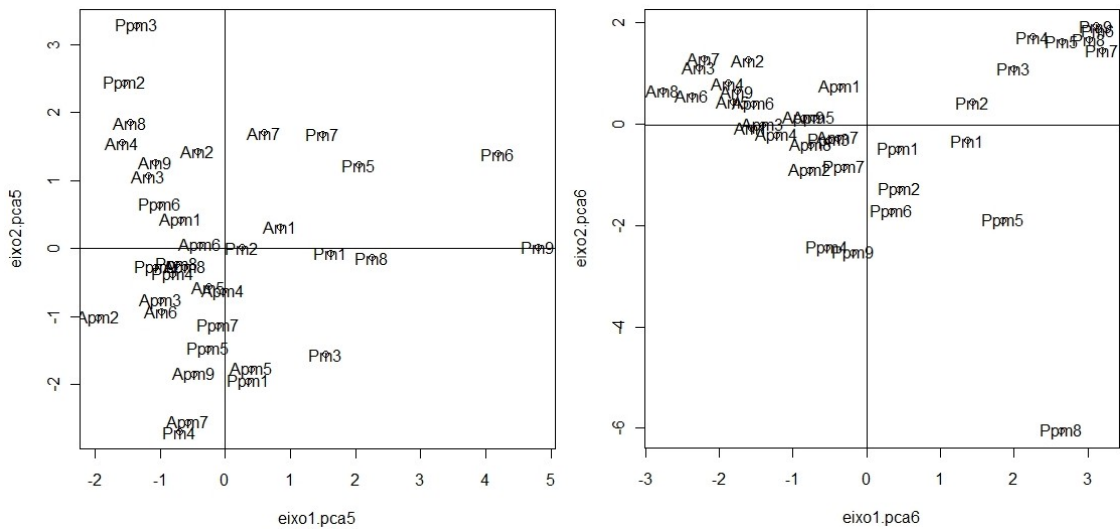


Figura 7. Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química de liteira 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím, em Manaus, Amazonas de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural; o primeiro gráfico é referente ao componente liteira grossa e o segundo ao componente liteira fina (Eixo 1= 33% da variância explicada; Eixo 2= 29% da variância explicada para o gráfico 1 e Eixo 1= 47% da variância explicada; Eixo 2= 35% da variância explicada para o gráfico 2).

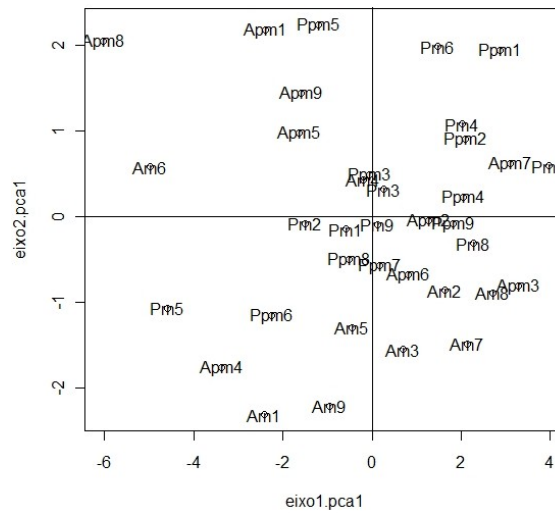


Figura 8. Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas, de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 49% da variância explicada; Eixo 2= 17% da variância explicada).

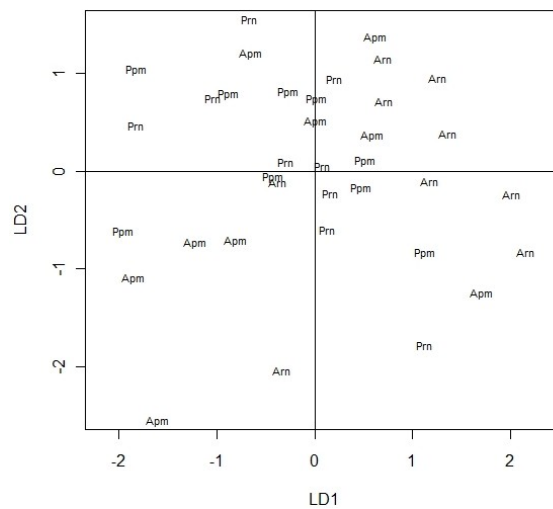


Figura 9. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise discriminante para caracterização dos vetores 1 e 2 da PCA de química do solo na implantação (tempo 0) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim, em Manaus, Amazonas, de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural.

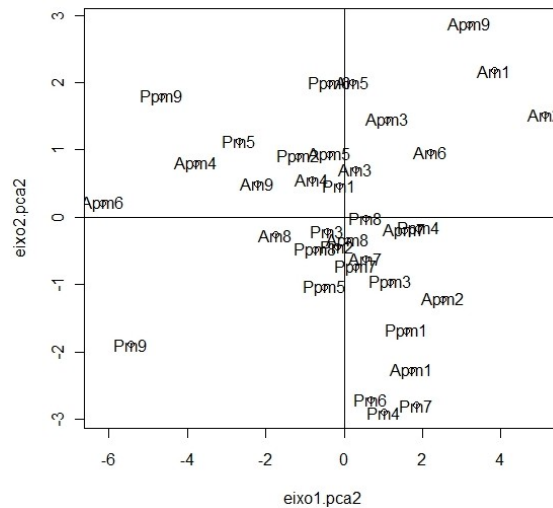


Figura 10. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Componentes principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo 4 meses após a implantação (tempo 1) do experimento no Assentamento Tatumã-Mirim, em Manaus, Amazonas, de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 48% da variância explicada; Eixo 2= 17% da variância explicada).

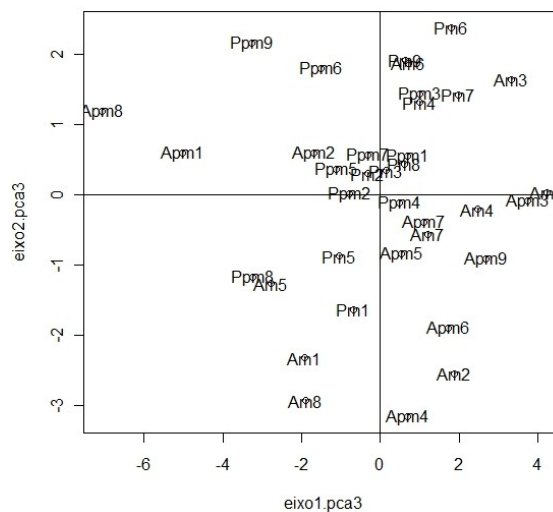


Figura 11. Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Componentes principais (PCA) para caracterização dos dados de química do solo 15 meses pós a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tatumã-Mirim, em Manaus, Amazonas, de acordo com os tratamentos: Apm = agricultura em pousio melhorado; Arn= agricultura em regeneração natural; Ppm= pecuária em pousio melhorado; Prn= pecuária em regeneração natural (Eixo 1= 47% da variância explicada; Eixo 2= 18% da variância explicada).

ARTIGO III³

Aspectos físico-químicos e biológicos do solo sob pousio melhorado com *Inga edulis* Martius em área de pastagem e agricultura abandonadas no assentamento Tarumã-Mirim – AM

Thelma Mendes PONTES³, Flávio Jesus LUIZÃO⁴, Elisa Vieira WANDELLI⁵,
Tiago Souza CATIQUE⁶

Resumo

*Após a fragmentação, exploração e conversão ao uso agrícola, as áreas desmatadas da Floresta Amazônica são usualmente abandonadas para que haja a regeneração natural da vegetação e restabelecimento natral da produtividade do solo. Estes ciclos levam a uma progressiva redução no potencial produtivo das capoeiras, causada principalmente pela redução de tempo de repouso. Este efeito pode ser atenuado com o enriquecendo dessa vegetação com árvores leguminosas de rápido crescimento. O objetivo deste estudo foi avaliar a melhoria das condições do solo em uma área de agricultura e outra de pecuária no Assentamento Tarumã- Mirim em Manaus, Amazonas, após o plantio de *Inga edulis* Martius. Em cada área foram delimitadas duas parcelas tratamento, uma com plantio de *Inga edulis* e outra apenas deixada para regeneração natural. Nas análises dos valores para os três tempos de coleta de N-mineral houve diferença significativa entre pecuária em pousio melhorado e pecuária em regeneração natural nos três tempos de coleta. Não houve diferença significativa entre os tempos de coleta e os tratamentos de biomassa microbiana. A análise dos dados para os três tempos de coletas de*

³ A ser submetido à revista ACTA AMAZONICA.

³ Aluna de pós-graduação nível mestrado em Ecologia pelo Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, Av. André Araújo, 2936, Bairro Aleixo, CEP 69060-001, Manaus /AM.

⁴ Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- Embrapa Amazônia Oriental, Rodovia AM-10, Km 29, CEP 69010-970, Manaus/AM

⁵ Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia - INPA, Av. André Araújo, 2936, Bairro Aleixo, CEP 69060-001, Manaus /AM. E-mail: fluizao@inpa.gov.br. Tel.: (92) 3643 3618

⁶ Graduando em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 3000, Campus Universitário, Bairro Coroado I. CEP 69077-000, Manaus/AM.

N-mineral indica um consumo de N-mineral pelas espécies vegetais. Das características físicas do solo estudadas a densidade do solo foi maior nas áreas com histórico de uso prévio pecuária. As maiores médias para os dados de biomassa microbiana foram obtidas nos tratamentos agricultura em pousio melhorado e pecuária em regeneração natural e as biomassas, densidades e grupos funcionais da macrofauna do solo foram maiores nas áreas com histórico de uso prévio pecuária.

Palavras-chave: Recuperação de área degradada, sucessão secundária, N-mineral, macrofauna, biomassa microbiana.

Introdução

A Bacia Amazônica abrange uma área de aproximadamente 4,5 milhões de m² no território brasileiro (Sanchez *et al.*, 1982), dos quais 75 % apresentam solos de baixa fertilidade química natural (Jordan, 1985; Davidson & Artaxo, 2004), o que resulta num problema para qualquer tipo de cultivo a médio ou longo prazo. A dinâmica de uso da terra na região geralmente consiste no desmatamento, remoção da madeira com expressividade econômica e a posterior utilização de queimadas; a seguir, pode ocorrer a introdução de culturas anuais, perenes ou a formação de pastagens (Andreaux & Cerri, 1989). Após esta fragmentação, exploração e conversão ao uso agrícola, dentro de poucos anos estas áreas são usualmente abandonadas para que haja a regeneração natural da vegetação e restabelecimento da produtividade do solo (sistema de pousio) (Pereira & Vieira, 2001). Os efeitos das mudanças do uso da terra sobre a quantidade e a qualidade da Matéria orgânica (MO) sob cultivos itinerantes ou pastagens ainda não são completamente compreendidos, embora sejam reconhecidos alguns benefícios resultantes para a fertilidade do solo. Além disso, o manejo adequado poderá

ser visto como um promotor da sustentabilidade da agricultura nos trópicos (Cerri *et al.*, 1985).

Inúmeras modificações das propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas do solo ocorrem após os processos de derruba e queima (Brinkmann & Nascimento, 1973; Mannarino *et al.*, 1982), que contribuem para o aumento do pH do solo, do teor de cátions trocáveis e redução da acidez trocável (Martins *et al.*, 1991). Porém, ao mesmo tempo induzem uma quebra nos ciclos do carbono e dos nutrientes, os quais operam graças à entrada fotossintética do gás carbônico e à decomposição acelerada e continuada da MO do solo, realizada pelos macro e microorganismos (Malavolta, 1987). Assim, a produtividade dos ecossistemas naturais e de agrossistemas introduzidos, e raramente fertilizados, depende da reciclagem dos nutrientes minerais contidos na liteira e da matéria orgânica do solo. (Moreira & Malavolta, 2004). Esta reciclagem depende basicamente da ação dos organismos da fauna e da biomassa microbiana do solo.

A biomassa microbiana do solo é definida por Jenkinson & Ladd (1981) como o componente microbiano vivo, composto de fungos, bactérias, microfauna e algas, com participação fundamental nos ciclos biogeoquímicos de interesse para a produtividade agrícola, pois são responsáveis pelos processos de mineralização da matéria orgânica, contendo uma quantidade considerável de nutrientes (N, P, S, Cu e Zn) potencialmente disponíveis para as plantas (Jenkinson, 1988). Os microrganismos do solo assimilam as formas inorgânicas de nitrogênio (N) para formar os constituintes orgânicos de suas células e tecidos. Os compostos sintetizados pelos microrganismos podem ser parcialmente mineralizados e tornar-se disponíveis para as plantas. Estudos

sobre os mecanismos relacionados com a imobilização e mineralização de fertilizantes nitrogenados têm sido relatados por diversos autores (Broadbend & Taylor, 1962; Young *et al.*, 1990; Jacquin *et al.*, 1992; Sulce *et al.*, 1996). O nitrogênio encontra-se no solo essencialmente na forma orgânica (aproximadamente 98%); a outra pequena parte encontra-se nas formas minerais de amônio, nitrato e nitrito (Vieira, 1988). A mineralização é a transformação biológica do N orgânico do solo em N inorgânico, executada pelos microrganismos heterotróficos do solo. A imobilização refere-se ao processo inverso, ou seja, é a transformação do N inorgânico em orgânico.

O nitrogênio é um dos principais nutrientes que limita a produtividade nos sistemas agrícolas e agrossilviculturais introduzidos após a derruba da floresta natural, pois a maioria do N utilizado pelas plantas em ecossistemas sobre solos pobres é derivado da decomposição da matéria orgânica. Portanto, a perda generalizada de matéria orgânica durante a conversão da floresta em áreas de cultivo é crucial na perda subsequente da fertilidade do solo, incluindo problemas de baixa mineralização do N (Luizão *et al.*, 1999)

Além dos microrganismos do solo, que são fortemente influenciados pelas práticas agrícolas, a macrofauna é também afetada pelas práticas agrícolas que modificam a abundância e a diversidade da comunidade, principalmente pela perturbação do ambiente físico e pela modificação da quantidade e qualidade da matéria orgânica que chega à superfície do solo (Aquino *et al.*, 2000). A macrofauna é composta por animais invertebrados maiores que 2,0 mm e que utilizam a interface solo-liteira-vegetação como habitat, atuando na fragmentação da matéria orgânica e na estruturação do solo. A retirada da liteira e a manipulação da sua quantidade e qualidade

promovem a modificação da estrutura do hábitat e dos recursos alimentares (Correia & Andrade, 1999). Assim, a cobertura do solo exerce efeito importante sobre a macrofauna, influenciando até mesmo os grupos taxonômicos que são capazes de colonizar o solo (Barros *et al.*, 2003). Além disso, em última análise, determinam as funções que esta fauna vai exercer nos processos físicos, químicos e biológicos do solo. Blanchart *et al.* (2004) constataram experimentalmente que a atividade de minhocas proporcionou um aumento na estabilidade de agregados do solo em pastagens. Por outro lado, Barros *et al.* (2001) observaram que um aumento desproporcional da população da minhoca *Pontoscolex corethrurus*, em uma pastagem na região amazônica, promoveu a compactação superficial do solo, pelo acúmulo excessivo de coprólitos acima do solo.

As propriedades biológicas e bioquímicas do solo, tais como, a atividade enzimática, a taxa de respiração, a diversidade, a biomassa e densidade da macrofauna e a biomassa microbiana, assim como algumas propriedades físicas do solo são indicadores sensíveis que podem ser utilizados no monitoramento de alterações ambientais decorrentes do uso agrícola do solo (Sparling & Ross, 1993; Anjos *et al.*, 1994; Turco *et al.*, 1994; Doran & Parkin, 1996; Santana & Bahia Filho, 1998).

Na Região Amazônica a queda na produtividade agrícola poucos anos após o desmatamento tem sido atribuída às pequenas reservas de nutrientes no solo, à toxicidade de Al e à fixação do P, bem como à redução da porosidade total e da infiltração de água, e à degradação da estrutura do solo (Teixeira *et al.*, 1996). Assim, mensurar alguns aspectos físicos do solo como, estabilidade dos agregados, a densidade do solo e das partículas e a

porosidade total, além das propriedades biológicas, pode ser uma ferramenta essencial para orientar o planejamento e a avaliação das práticas de manejo utilizadas.

O uso principal da densidade do solo (DS) é como um indicador da compactação, indicando alterações da estrutura e porosidade do solo. Valores de Ds associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de $1,65 \text{ g cm}^{-3}$ para solos arenosos e $1,45 \text{ g cm}^{-3}$ para solos argilosos (Reinert & Reichert, 2006).

A densidade de partículas (Dp) depende primariamente da composição química e mineralógica do solo. Os componentes que predominam em solos minerais apresentam valores de Dp em torno de $2,65 \text{ g cm}^{-3}$, exceto quando os teores de matéria orgânica ou óxidos de Fe e Al são altos (Reinert & Reichert, 2006). As informações referentes à densidade de partículas são consideradas de grande importância para o estabelecimento de estudos específicos para caracterização do solo e para a determinação da porosidade das principais classes de solos da Amazônia central. A inexistência destas informações, de forma direta, impossibilita a utilização efetiva de modelos de estimativa de porosidade e, conseqüentemente, de fluxos de água e nutrientes no solo. (Macedo & Teixeira, 2004)

A porosidade do solo (Pt) é inversamente proporcional à Ds e de grande importância direta para o crescimento de raízes e movimentos de ar, água e solutos no solo. A textura e a estrutura dos solos explicam em grande parte o tipo, o tamanho, a quantidade e a continuidade dos poros. A determinação da porosidade total (Pt) em laboratório é feita, principalmente, de

dois modos: 1) saturando-se uma amostra de solo e medindo-se o volume de água contido e; 2) por cálculo conhecendo-se a D_s e a D_p pela fórmula $P_t \% = (1 - D_s/D_p) * 100$.

A rápida degradação do solo sob exploração agrícola, especialmente nos países tropicais em desenvolvimento, despertou, nas últimas décadas, a preocupação com a qualidade do solo e a sustentabilidade da exploração agrícola (Sanchez, 1976; Lal & Pierce, 1991). Em decorrência do reduzido conhecimento do comportamento da estrutura dos agregados nas principais classes de solos e sistemas de uso na Amazônia Ocidental, surge a necessidade de uma caracterização dos referidos solos e sistemas. O estudo dos agregados pode explicar modificações ligadas ao uso, ao manejo e à conservação do solo (Moraes *et al.*, 2001). Altos índices de estabilidade dos agregados podem diminuir a tendência de dispersão do solo, reduzindo o escoamento superficial de água e o risco de erosão. A estabilidade de agregados é o mais importante dos vários fatores que estão envolvidos na degradação do solo. De acordo com Santos (1993) e Silva (2000), ela influencia a infiltração e retenção de água, aeração e resistência à penetração de raízes. O estado de agregação do solo, definido como sendo a porcentagem de agregados em uma dada massa de solo, pode ser uma limitação para o desenvolvimento vegetal (Freire, 1972). Segundo Siqueira (1994), um bom crescimento vegetal depende da presença de agregados estáveis com diâmetros entre 1 e 10 mm estáveis, que contenham grande quantidade de poros com mais de 75 μm de diâmetro (condições normais de aeração) e de poros com diâmetro entre 02 e 30 μm em número suficiente para reter água para o crescimento de microrganismos e raízes.

A matéria orgânica do solo é proveniente, em sua maior parte, da vegetação e seus resíduos que, em grandes quantidades e manejados adequadamente, exercem ação protetora contra a desagregação do solo pela chuva, por aumentarem a formação e a estabilidade dos agregados (Carpenedo & Mielniczuk, 1990; Silva & Mielniczuk, 1997). A influência da matéria orgânica sobre a agregação do solo ocorre por um processo dinâmico. Ao se adicionar grande quantidade do material orgânico no solo, a atividade microbiana é intensificada, resultando em produtos (agentes cimentantes) que proporcionam a formação e estabilização de agregados (Campos *et al.*, 1995).

Segundo Da Ros *et al.* (1997), os sistemas de manejo com menor revolvimento do solo e que proporcionam acúmulo de resíduos vegetais na sua superfície promovem a manutenção e a recuperação de suas características físicas. Além disso, grandes quantidades de resíduos vegetais com relação C/N moderada podem ajudar a estabilizar a estrutura do solo por períodos maiores, atribuindo-se esse efeito ao reforço interno dos agregados originados das secreções bacterianas (Nóbrega, 1999). Esse fato foi constatado por Campos *et al.* (1995), os quais relataram que os compostos orgânicos e a ação microbiana têm atuação na estabilidade de agregados, pela alta correlação apresentada entre o conteúdo de carbono orgânico (CO) e a atividade microbiana com o diâmetro médio geométrico dos agregados. Os diferentes sistemas de manejo exercem também efeitos na formação e estabilização dos agregados de forma diferenciada, dependendo do tipo de cultura e do preparo de solo (Silva & Mielniczuk, 1997). Considerando que plantas diferenciam-se entre si quanto ao seu efeito sobre a agregação do solo, Da Ros *et al.* (1997), Amado *et al.* (2001) e Aita *et al.* (2001) constataram que a fitomassa de

leguminosas têm potencial para suprir, não só o CO₂, mas também contribuir para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo.

Na Amazônia Oriental, a prática do uso do fogo no preparo da área é associada à vitalidade da capoeira (vegetação secundária), que cresce durante o período de repouso entre dois ciclos de cultivo. A pressão populacional e a implantação de pastagens e de cultivos semi-permanentes e permanentes, com adoção de preparo mecanizado do solo, contribuem para reduzir a vitalidade da capoeira e, conseqüentemente, a produtividade do sistema. Seria possível atenuar essa progressiva redução no potencial produtivo das capoeiras causada pela redução de tempo de repouso, enriquecendo essa vegetação com árvores leguminosas de rápido crescimento (Leitão-Lima & Teixeira, 2002). De modo particular, alguns estudos têm mostrado que a presença de leguminosas arbóreas em pastagens tem um efeito benéfico sobre a abundância e a diversidade da macrofauna do solo, que se potencializa ao longo do tempo (Alonso *et al.*, 2005, Lok *et al.*, 2005). Portanto, a adição de coberturas mortas ao solo pode aumentar consideravelmente a infiltração, reduzir a evapotranspiração e a perda de matéria orgânica do solo, além de estimular as comunidades microbianas (Wardle, *et al.*, 1995; Cortés-Tarrá, 2003). Segundo Takeda (1995), no sistema do solo as coberturas substituem a liteira original, sendo um misto de fonte de carbono, energia e habitat.

O objetivo geral deste estudo foi avaliar a melhoria das condições do solo, analisando aspectos físicos, químicos e biológicos, em áreas de agricultura e pecuária que estavam sendo deixadas para pousio, após o plantio de *Inga edulis*, em sistema denominado pousio melhorado.

Material e Métodos

Caracterização da área experimental

O experimento foi implantado no ano de 2007 em duas pequenas propriedades agrícolas do Assentamento Tarumã-Mirím localizado na micro-bacia do Tarumã Açu, cujo acesso dá-se pelo km 21 da BR-174, na zona noroeste do município de Manaus, estado Amazonas, Brasil. A floresta original dessa região da Amazônia Central é classificada como densa de terra firme (Braga, 1979) e o solo predominantemente é o Latossolo Amarelo álico, muito argiloso (Oxisol) (IPEAAOc, 1971) da Formação Alter do Chão, que tem de baixo a muito baixo potencial para atividades agrícolas e de criação de gado (RADAMBRASIL, 1987). O clima é do tipo *Ami*, com médias anuais de pluviosidade em torno de 2.200 mm, com estação seca curta, em torno de três meses. O projeto de assentamento Tarumã-Mirím, foi criado pelo INCRA, em 1992 pelo processo do INCRA/SR (15) AM. No 687/86 e efetivado em 1996, em domínio de terras da União (Figura 1). A área do assentamento é de 41.911 ha com um perímetro de 111 km e com 1042 lotes de 25 ha destinados a agricultura familiar. Há cinco reservas florestais descontínuas totalizando 7.089 ha, o que equivale a 16,6% da área (PROAMBIENTE 2002).

Para obtenção dos gráficos de chuva e temperatura da região de estudo foram utilizados dados da estação meteorológica do campo experimental da Embrapa/DAS – Distrito Agropecuário da SUFRAMA, obtidos no site www.agritempo.gov.br (Figuras 2 e 3), esta estação fica a 30 km de distância em linha reta da área experimental.

Para o presente estudo, foram escolhidas duas propriedades do assentamento Tarumã-Mirím, uma com histórico de uso como pastagem e outra com histórico de uso de agricultura de mandioca. A escolha de cada lote se deu pelo interesse do proprietário em deixar as áreas em pousio e de participar da pesquisa. O lote 412 é situado no ramal da Cooperativa (2°48'11"S e 60°09'20"W) é, de propriedade do Sr. Francisco José de Oliveira Sales, foi desmatado em 1999 e onde se cultiva mandioca (*Manihot esculenta*) numa área de 0,5 ha, sempre deixando um intervalo de 1 a 2 anos em pousio a cada três ciclos de cultivo. Após 1-2 anos, a regeneração natural (capoeira, juquira) é então cortada e queimada no início de cada ciclo de cultivo. O lote 262, que está localizado no ramal do Pau Rosa (2°47'23"S e 60°07'36"W), teve a floresta primária desmatada em 1983 e, é de propriedade do Sr. Jair Vilaça de Abreu desde 1990, tem uma pastagem de 4 ha bastante degradada com forte predominância de vassourinha-de-botão (*Borreria verticillata*). As duas áreas passaram por diversas aplicações de calcário em quantidades não registradas para correção da acidez do solo ao longo dos cultivos.

Delinamento Experimental

O experimento foi implantado em área com histórico de agricultura (lote 412) que estava cultivada há um ano com mandiocas/macaxeiras submetida a duas capinas manuais, em área de pastagem (lote 262) implantada há 25 anos e que foi queimada e roçada inúmeras vezes, hoje encontrando-se bastante degradada com domínio de plantas invasoras.

Em cada propriedade delimitaram-se duas parcelas de 25 m x 25 m, distantes, aproximadamente, 8 m uma da outra. Uma parcela foi submetida à regeneração natural (parcela controle) e outra ao pousio melhorado (parcela tratamento), onde foram plantadas mudas de *Inga edulis* com 10 meses de idade e altura média de 40 cm, em um espaçamento de 1m x 1m. Cada parcela de 25 m x 25 m foi subdividida em 25 pseudo-repetições de 5 m x 5 m. A faixa de 5 m externa foi utilizada como borda e as 9 pseudo-repetições centrais foram utilizadas para coleta. Em cada uma das duas áreas plantou-se 625 mudas de ingá-cipó, 25 por pseudo-repetição (Figura 4).

Variáveis avaliadas

Para avaliar o experimento foram comparadas características físicas (densidade e estabilidade dos agregados) e químicas (N-mineral) do solo, a biomassa microbiana e a densidade, diversidade e biomassa da macrofauna, após 15 meses de instalação do experimento, em cada tratamento. As amostras foram coletadas na implantação do experimento (tempo 0), em novembro de 2007; durante a estação chuvosa (tempo 1), em março de 2008 e após 15 meses de implantação (tempo 2), conforme metodologias descritas abaixo.

Física do solo

As propriedades físicas do solo foram avaliadas através dos parâmetros densidade, estabilidade dos agregados e densidade das partículas. Foi coletada uma amostra não deformada, com auxílio de anéis volumétricos, e uma deformada, com auxílio de um enxadeco, por subparcela de 5 m x 5 m.

A densidade do solo D_s (g m^{-3}) foi determinada a partir de amostras com estrutura indeformada, utilizando anéis volumétricos. A determinação da densidade dos sólidos D_p (g m^{-3}) foi feita pelo método do picnômetro conforme descrito no manual de métodos de análise física da Embrapa (1997).

A estabilidade de agregados em água foi determinada pelo método descrito por Tisdall *et al.* (1978), na profundidade de 0-20 cm, cujo diâmetro médio de agregados (DMG) e porcentagem de agregação foram calculados conforme Van Bavel (1949).

Nitrogênio Mineral do solo (N-mineral)

O nitrogênio mineral foi avaliado através da determinação dos teores de amônio (N-NH_4^+) e nitrato (N-NO_3^-) de cinco amostras simples, formando uma composta de solo à profundidade de 5 cm em cada uma das nove subparcelas dos quatro tratamentos. Os cinco pontos amostrais de cada subparcela foram determinados por sorteio a partir de uma grade imaginária com espaçamento de 1 m. Para evitar coleta de solo nos pontos onde houve entrada externa de solo, nos pontos de plantio das mudas, as linhas imaginárias situaram-se a meio metro da linha de plantio. As amostras foram extraídas do solo com o auxílio de um trado, colocadas em sacos plásticos, armazenadas em uma caixa de isopor com gelo e levadas para laboratório para extração com K_2SO_4 2 mol L^{-1} . As determinações foram feitas por colorimetria, seguindo os métodos de Anderson & Ingram (1993) para o nitrato e de Koroleff (1976) para o amônio.

Biomassa Microbiana do solo (Bio-C)

A biomassa microbiana foi medida através de três coletas simples de solo de 0-10 cm de profundidade, obtidas com trado, para formar uma amostra composta para cada uma das nove subparcelas. As amostras de solo foram armazenadas em caixa de isopor com gelo para o transporte do campo até o laboratório. O método escolhido para extração do carbono presente na biomassa microbiana do solo foi o de Witt *et al.* (2000), que consiste na adição direta de 1 ml de clorofórmio livre de etanol em 30 g de solo fresco, nos tratamentos fumigados, seguida de extração com solução 0,5 M de sulfato de potássio, tanto para as amostras fumigadas quanto para as amostras controle. O clorofórmio residual foi removido por meio de volatilização em capela.

A determinação do carbono microbiano foi realizada por meio de digestão em solução ácida, sulfúrico/fosfórica (Brookes *et al.*, 1985), seguida de titulação com solução padronizada de sulfato ferroso amoniacal.

Macrofauna do solo

A densidade, diversidade e a biomassa da macrofauna foram determinadas através de um monólito de solo de 50x50x30 cm de profundidade (método TSBF - Tropical Soil Biology and Fertility, IUBS/UNESCO) (Anderson & Ingram, 1993) por subparcela. Os macro-invertebrados (> 2 mm de diâmetro) foram separados por triagem manual diretamente no campo, com auxílio de pinça e pincel, sobre uma bandeja plástica. Os animais foram armazenados em frascos com álcool 70% + 1 % de formol. As coletas foram realizadas durante a estação chuvosa, quando a atividade biológica do solo geralmente é mais completa (Tapia-Coral, 2004). Os organismos do solo foram classificados pelo menos no nível de ordem, contados para estimar sua densidade (ind.m⁻²) e

pesados para obter a biomassa fresca em álcool (g.m^{-2}) com ajuda de uma balança analítica.

Para as análises físicas do solo (11 meses após implantação do experimento) e de macrofauna foi realizada apenas uma coleta; para a análise de bio-C foram realizadas duas coletas (tempo 1 e tempo 2) e para a análise de N-mineral foram realizadas as três coletas (tempo 0,1 e 2).

Análise dos dados

Os resultados de bio-C e N-mineral foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias dos quatro tratamentos e dos tempos 1 e 2 avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Uma Análise de Principais Componentes (PCA) foi utilizada para agrupar os dados de física do solo, e posterior submissão à MANOVA e análise linear de dissimilaridade. A Análise de Coordenadas Principais (PCoA) foi também utilizada para resumir a composição de ordens da macrofauna dos tratamentos. A matriz de dissimilaridade foi calculada com índice de Bray-Curtis relativo (por repetição) e como o primeiro eixo da PCoA explica uma porcentagem adequada dos dados, este eixo foi submetido à análise de variância e às diferenças entre tratamentos avaliadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. As análises dos dados foram efetuadas utilizando o ambiente R (versão 2.7.1).

Resultados e Discussão

Nitrogênio Mineral do Solo (N-mineral)

Os valores de N-mineral (amônio + nitrato) do solo (Tabela 1) foram submetidos a ANOVA que evidenciou haver diferença significativa entre os tratamentos no tempo 0 ($F = 5,525$ e $Pr(>F) = 0,003579$) e entre os tempos 1 e 2 ($F = 5,1659$ e $Pr(>F) = 0,005183$). O tratamento agricultura com pousio melhorado apresentou a maior média de n-mineral no tempo 0 e o tratamento pecuária em regeneração natural no tempo 1. No tempo 2 não se verifica diferenças significativas entre as médias (Figura 5). Pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade (Figura 6) no tempo 0 e entre o tempo 1 e 2 não houve diferença significativa entre os tratamentos pecuária em pousio melhorado e pecuária em regeneração natural, para os demais tratamentos e tempos de coleta houve diferença significativa.

As plantas absorvem nitrogênio na forma de nitrato ou amônio, as duas formas de nitrogênio disponível no solo, que, em conjunto, representam o N-mineral do solo. As concentrações de N-mineral deste estudo foram menores do que as encontradas por Tapia-Coral (2004) em capoeira sobre pastagem abandonada na terra firme da Amazônia Peruana (21,3 mg/Kg). Este maior valor de N-mineral na Amazônia Peruana pode ser devido ao fato de que esta coleta foi realizada no término da época seca, quando geralmente ocorre uma maior liberação do nitrato na superfície do solo (Lehmann & Schroth, 2003 *apud* Tapia-Coral, 2004), e pelo fato da capoeira estudada ter aproximadamente 16 anos. Em áreas de pastagens e florestas estudadas por Garcia-Montiel *et al.* (2001) em Rondônia, os valores de N-mineral variaram entre 3,12 a 12,4 $\mu\text{g/g}$ na área de floresta e 4,72 a 9 $\mu\text{g/g}$ na área de pastagem com predominância de *Brachiaria brizantha* de 9 anos, valores próximos aos encontrados por este estudo nas áreas com histórico de agricultura e pecuária.

Em estudo realizado por Davidson *et al.* (2007) em uma cronosequência de florestas em regeneração natural (3 a 70 anos) a florestas maduras no Pará, observou-se que as concentrações de nitrato aumentaram com a idade da regeneração, indicando um aumento de N no solo com a maturação da floresta. Amônia (que tendeu a decrescer com a idade da regeneração, mas não significativamente) é freqüentemente a forma dominante de N inorgânico no solo nos sistemas limitados por N, mas, neste estudo, acúmulos de nitrato onde o N foi avaliado foram mais abundantes. A proporção de nitrato para amônio extraído aumentou de valores menores que 1 para florestas menores de 20 anos a valores maiores que 1 em florestas de mais de 40 anos.

A sustentabilidade da agricultura de corte e queima depende do acúmulo de nutrientes da vegetação secundária que é a fonte de nutrientes para o próximo ciclo de corte e queima (Davidson *et al.*, 2007). As taxas de crescimento da floresta secundária na Amazônia são inversamente correlacionadas com o número de queimas durante a fase de agricultura (Zarin *et al.*, 2005). Uma larga fração da biomassa de N é freqüentemente perdida durante a queima (Kauffman *et al.*, 1995), depredando o nível de atividade do ciclo ecossistêmico de N provocando uma limitação por N e um ciclo conservativo de N no próximo ciclo de fogo. Apesar de encontrarmos neste estudo evidências de que as vegetações sob pousio melhorado e sob regeneração natural consumiram o N-mineral do solo, recentes evidências isotópicas sugerem que a fixação biológica de N pode contribuir significativamente para a recuperação do ciclo de N durante os primeiros 25 anos de sucessão secundária da Floresta Amazônica (Gehring, 2005)

Física do solo

Os minerais predominantes no solo (quartzo, feldspatos, micas, silicatos coloidais) apresentam densidade média de $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$ (Donahue *et al.*, 1983), os valores de densidade das partículas (D_p) encontrados neste estudo variou de 2,47 a $2,56 \text{ g.cm}^{-3}$ refletindo esta composição mineralógica (Tabela 2).

Os valores de diâmetro médio geométrico (DMG) e da percentagem dos agregados maiores que 2 mm (Agr) que mensuram a estabilidade dos agregados do solo, encontrados na área de estudo foram próximos ao encontrado por Costa & Martins (2004) após um ano em um Latossolo Amarelo que passou por corte e trituração (DMG= 3,44 e Agr > 2mm= 83,5). Porém, foram mais baixos do que os encontrados em capoeira com 20 anos (DMG= 4,05 e Agr > 2mm= 89,7) e maiores do que os encontrados pelos mesmos autores em áreas manejadas por um ano com leguminosas: Tefrosia (DMG= 2,03 e Agr > 2mm= 47,5) e Puerária (DMG= 2,84 e Agr > 2mm= 72).

Os valores de densidade do solo (D_s) encontrados foram próximos aos encontrados na área de capoeira com 20 anos (D_s = 1,06) e nas áreas com leguminosas: Tefrosia (D_s = 1,06) e Puerária (D_s = 0,9). A D_s é sensivelmente mais elevada na parcela com uso prévio como Pecuária; em conseqüência, a parcela com uso prévio como agricultura apresenta maior porosidade total. Essa diferença pode ser explicada pelo maior pisoteio pelo gado, o que compacta o solo, com conseqüente aumento da D_s e decréscimo nos valores de porosidade total e pela presença de população da minhoca *Pontosclex corethrurus*, que nesta região promove a compactação superficial do solo, pelo acúmulo excessivo de coprólitos (Barros *et al.*, 2001).

A análise de Principais Componentes (PCA) foi utilizada para os dados de física do solo (Figura 7), e posterior submissão à análise de correlação entre as variáveis e os eixos 1 e 2 da PCA, que juntos explicam 79% da variação; por esta análise concluímos que o eixo 1 está correlacionado com a variável Ds e o eixo 2 com as variáveis Ds, DMG e Agr. A seguir, foi feita uma Análise Multivariada da Variância (MANOVA), onde a hipótese H_0 foi refutada pelo teste de Pillai ($\text{Pr}(> F) = 1.46e^{-6}$), mostrando existir pelo menos um vetor que diferiu dos demais. Por isso, os vetores de médias dos tratamentos foram submetidos a uma análise discriminante que confirmou haver diferença significativa entre os tratamentos agricultura pousio melhorado, pecuária pousio melhorado e pecuária regeneração natural.

Biomassa Microbiana do solo (Bio-C)

Os dados obtidos pela extração da Bio-C do solo (Tabela 3) foram submetidos a uma ANOVA, que evidenciou não haver diferença significativa entre os tratamentos ($F = 0,27$ e $\text{Pr}(> F) = 0,84$ no tempo 1 e $F = 1,29$ e $\text{Pr}(> F) = 0,30$ no tempo 2) e as coletas ($F = 0,47$ e $\text{Pr}(> F) = 0,49$).

No tempo 1, não se verifica diferenças expressivas entre as médias, já no tempo 2 os tratamentos agricultura pousio melhorado e pecuária regeneração natural apresentam as maiores médias (Figura 8). As repetições tiveram que ser diminuídas de 9 para 6, porque em algumas repetições os valores se apresentaram negativos por problemas metodológicos ou de manipulação.

Os valores observados ficaram abaixo dos observados por Moreira & Malavolta (2004) em áreas manejadas, com agricultura perene em histórico de uso sem queima e agricultura perene com histórico de pecuária e queima, no

município de Manaus, mas foram mais altos do que os obtidos por Cerri *et al.* (1985) em área de pousio de dois anos, após cultivo de milho e mandioca, no Pará.

Macrofauna do solo

As densidades (ind.m⁻²) dos grupos selecionados da macrofauna do solo foram maiores nas parcelas do tratamento agricultura com pousio melhorado (densidade média de 538 ind.m⁻²) e de Pecuária com regeneração natural (732 ind.m⁻²)(Tabela 4).

Em experimento realizado por Leitão-Lima & Teixeira (2002), no Projeto SHIFT-Capoeira (Fase II - ENV-25), no Pará, a capoeira enriquecida com *Inga edulis* apresentou igual diversidade, menor densidade (168 ind.m⁻²), comparado aos tratamentos, deste estudo em pousio melhorado. A capoeira (6 anos) utilizada como controle apresentou a ocorrência de 15 grupos taxonômicos, maior do que a encontrada no presente trabalho nos tratamentos com regeneração natural e uma densidade menor, de 137 ind.m⁻².

As maiores biomassas encontradas ocorreram nos tratamentos com histórico de uso com pastagens. A alta biomassa deve-se à grande presença de Oligochaeta (*Pontoscolex corethrurus*, principalmente), sendo 29,0 g.m⁻² na área de pousio melhorado e 66,9 g.m⁻² na área de regeneração natural.

Os valores de biomassa encontrados no tratamento agricultura pousio melhorado foram próximos aos encontrados por Lins-Teixeira *et al.* (2007) em capoeiras de 2 anos trituradas na mesma área de estudo (7,2 g.m⁻² na capoeira triturada no início da estação chuvosa). No tratamento agricultura regeneração natural a biomassa foi maior do que a encontrada por estes mesmo autores na capoeira controle de 2 anos (1,9 g.m⁻²).

O grupo funcional predominante nas áreas controle e tratamento foi o dos engenheiros-do-solo (Oligochaeta, Hymenoptera e Isoptera), que são assim denominados devido à capacidade de cavar eficientemente o solo e produzir uma grande variedade de poros (galerias, câmaras e vazios), que podem facilitar significativamente o funcionamento do solo ao privilegiar estes locais com a funcionalidade de seus processos básicos, como infiltração da água e do ar (Lavelle *et al.*, 1994). Outros grupos encontrados foram os decompositores (Diplopoda, Isopoda, Díptera imaturos e Coleoptera imaturos), herbívoros (Orthoptera, Homoptera e Hemiptera) e predadores (Arachnida, Chilopoda e Dermaptera), estes em menor abundância (Tabela 5). Nas florestas tropicais, a mudança no uso da terra produz mudanças muito significativas na biodiversidade do solo, e conseqüentemente na importância relativa de diferentes grupos funcionais. Estes efeitos são provavelmente gerais para todas as áreas convertidas deste modo sem restrições de zona ecológica (Swift *et al.*, 1998).

Em um estudo realizado por Cortés-Tarrá (2003) no solo adjacente a 11 espécies arbóreas implantadas em um Sistema Agroflorestal em Manaus foram encontradas maior número de taxa (14), densidade de decompositores (576 ind.m⁻²), engenheiros-do-solo (2635 ind.m⁻²) e densidade total (3413 ind.m⁻²) e biomassa (106 g.m⁻²) da macrofauna no solo próximo a *Inga edulis*, mostrando que esta espécie melhora as propriedades químicas do solo para ela própria e também para os organismos do solo, produzindo assim, um efeito biológico favorável no solo (Ferraz, 1977 *apud* Cortés-Tarrá , 2003).

A análise de Coordenadas Principais (PCoA) foi utilizada para resumir a composição de ordens da macrofauna nos tratamentos (Figura 9). A matriz

de dissimilaridade foi calculada o índice de Bray-Curtis relativo (por subparcela). Pela PCoA foi verificado que existe correlação entre os tratamentos no histórico de uso agricultura e no histórico de uso pecuária. Para verificar se havia diferença entre estes tratamentos o primeiro eixo da PCoA, que explica 60% da variação, foi submetido à análise de variância ($F = 10,1$ e $\text{Pr}(> F) = 7,59 \cdot 10^{-5}$), mostrando alto índice de significância pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade. Há, então, uma diferença significativa entre os tratamentos em cada histórico de uso.

Conclusões

- As maiores concentrações de N-mineral, foram encontradas no tratamento agricultura em pousio melhorado, na implantação do experimento (tempo 0) e no tratamento pecuária em regeneração natural aos quatro meses da implantação do experimento (tempo 1). Aos quinze meses da implantação do experimento (tempo 2) as diferenças não foram significativas, o que indica um consumo de N-mineral pelas espécies vegetais e pelo *Inga edulis*.
- A densidade do solo foi mais elevada nas áreas com histórico de uso prévio com pecuária devido ao pisoteio do gado e à presença expressiva de uma espécie de Oligochaeta amplamente predominante (*Pontoscolex corethrurus*). A maior porosidade total foi encontrada nas áreas com histórico de uso prévio com agricultura.
- Não houve diferença significativa entre os tempos de coleta e os tratamentos de biomassa microbiana.

- Encontramos um total de 15 grupos taxonômicos constituintes da macrofauna do solo na área de agricultura em pousio melhorado e 11 grupos taxonômicos na área de pecuária em pousio melhorado.
- Maior densidade de macrofauna do solo foi encontrada na área de agricultura em pousio melhorado e de pecuária em pousio melhorado, porém uma maior biomassa da macrofauna do solo foi encontrada nas áreas com histórico de pecuária, devido a forte dominância de Oligochaeta.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia do INPA, a CAPES, pela bolsa concedida, ao projeto LBA e seus funcionários, pelo financiamento e apoio e à Embrapa, em especial ao Dr. Silas Garcia. Aos funcionários do LTSP e do Lab. de Triagem do INPA, à Dona Branca, Seu Zé, Roberto, Seu Jair e Dona Ana, pela oportunidade de poder trabalhar em suas propriedades e aos comunitários do Assentamento Tarumã-Mirím.

Referências Bibliográficas

- Aita, C.; Basso, C.J.; Ceretta, C.A.; Gonçalves, C.N.; Da Ros, C.O. 2001. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:157-165.
- Alonso, J.; Febles, G.; Rodriguez, I.; Achang, G.; Fraga, S. 2005. Effects of the evolution of a system leucaenaguinea grass on the soil macrofauna. **Cuban Journal of Agricultural Science**, 39: 83-89.
- Amado, T.J.C.; Bayer, C.; Eltz F.L.F.; Brum, A.C.R. 2001. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a

melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:189-197.

Anderson, J.M.; Ingran, J.S. 1993. *Tropical biology and fertility, a handbook of methods*. 2ª ed. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureau. 221 p.

Andreux, F.; Cerri, C.C.1989. Current trends in the research on soil changes due to deforestation, burning and cultivation in the Brazilian tropics. *Toxicological and Environmental Chemistry*, v.20/22, p.275-283.

Anjos, J.T.; Uberti, A.A.A.; Vlizzoto, V.T.; Leite, G.B.; Krieger, M. 1994. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 139-145.

Aquino, A.M., Merlim, A.O., Correia, M.E.F; Mercante, F.M. 2000. Diversidade da macrofauna do solo como indicadora de sistemas de plantio direto para a região oeste do Brasil. In: Reunião Brasileira sobre Biologia do Solo (FERTBIO 2000), 3., Santa Maria. Anais. Santa Maria: **Sociedade Brasileira da Ciência do Solo**, p.60.

Barros, E.; Curmi, P.; Hallaire, V.; Cahuvel, A.; Lavelle, P. 2001. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, 100: 193-213.

Barros, E.; Neves, A.; Blanchart, E.; Fernandes, E.C.M.; Wandelli, E.V.; Lavelle, P. 2003. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, 47: 273-280.

Blanchart, E.; Albrecht, A.; Chevallier, T.; Hartmann, C. 2004. The respective roles of roots and earthworms in restoring physical properties of Vertisol under a *Digitaria decumbens* pasture (Martinique, WI). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, 103: 343-355.

- Braga, P.I.S. 1979. Subdivisão Fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário Florístico da Floresta Amazônica. **Acta Amazonica**, 9(4): 53-80.
- Brinkmann, W.L.F.; Nascimento, J.C.T. 1973. The effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary Region of Central Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, 355-61.
- Broadbent, F.E.; Taylor, K.B. 1962. Laboratory and greenhouse investigations of nitrogen immobilization. **Soil Science Society American Proceedings**, 26: 459-462.
- Brookes, P.C.; Landman, A.; Pruden, G.; Jenkinson, D. S. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method for microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, 17:837-842.
- Campos, B.C.; Reinert, D.J. & Nicolodi, R. 1995. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:121-125.
- Carpenedo, V.; Mielniczuk, J. 1990. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxo submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:99-105.
- Cerri, C.C.; Volkoff, B.; Eduardo, B.P. 1985. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.1-4.
- Correia, M.E.F; Andrade, A.G. 1999. Formação de liteira e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G.A. & Camargo, F.A. de. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, p.209-214.
- Cortés-tarrá, I. L. 2003. *Relações entre os grupos funcionais da macrofauna e o volume dos macro-poros do solo em sistemas agrossilviculturais da Amazônia central*. Dissertação de mestrado, Manaus, Amazonas. 80p.il..

- Costa, C.C.; Martins, G.C. 2004. Estabilidade de agregados como indicador da qualidade física do solo em sistemas de uso de terra da Amazônia Ocidental In: Gomes, L.C. *et al. Anais da I Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental* - Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 137 p. (. Documento 35).
- Da Ros, C.O.; Secco, D.; Florinn, J.E.; Petrere, C.; Cadore, M.A.; Pasa, L. 1997. Manejo do solo a partir de campo nativo: Efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:241- 247.
- Davidson, E. A.; Artaxo, P. 2004. Globally significant changes in biological processes of the Amazon Basin: results of the Large-scale Biosphere-Atmosphere Experiment. **Global Change Biology**, v. 10, p. 519-529.
- Davidson, E. A.; Carvalho, A. J. R.; Figueira, A. M.; Ishida, F. Y.; Ometto, J. P. H. B.; Nardoto, G. B.; Sabá, R. T.; Hayashi, S. N.; Leal, E. C.; Vieira, I. C. G. V.; Martinelli, L. A. 2007. Recuperation of cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. **Nature**. Vol 447. 995-999p.
- Donahue, R.L.; Miller, R.W.; Shickluna, J.C. 1983. *Soils: an introduction to soils and plant growth*. 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall. 57 p.
- Doran, J.W. 1997. Soil quality and sustainability. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 26 - Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.
- Doran, J.W.; Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdiek, D.F.; Stewart, B.A., eds. *Defining soil quality for sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 3-21. (Special Publication, 35)
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. 1997. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo*. Manual de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p.

- Freire, W.J.1972. O efeito do preparo sobre a agregação do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 1, p. 25-30.
- Garcia-Montiel, D.C.; Steudler, P.A.; Piccolo, M.C.; Melillo, J.M.; Neill, C.; Cerri, C. 2001. Controls on soil nitrogen oxide emissions from forest and pasture in the Brazilian Amazon. **Global Biogeochem. Cycles**, 15:1021-1030.
- Gehring, C. 2005. Biological nitrogen fixation in secondary regrowth and matura rainforest of central Amazonia. **Agr. Ecosyst. Environ.** 111, 237-252.
- IPEAAOc, 1971. **Solos do Distrito Agropecuário da SUFRAMA**. Convênio para levantamento da área do Distrito Agropecuário da SUFRAMA, IPEAN e IPEAAOc, Manaus, Amazonas. 99pp.
- Jacquín, F. ; Cheloufi, H. ; Vong, P.C. 1992. Immobilization and mineralization kinetics of a nitrogen fertilizer in calcareous clayey soil (rendzina). **The Science Total Environment**, 117/118: 271- 278.
- Jenkinson, D.S. 1988. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.B. (Ed.). *Advances in nitrogen cycling*. Wallingford: CAB International, 1988. p.368-386.
- Jenkinson, D.S.; Ladd, J.N. 1981. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Dekker, 1981. v.5.
- Jordan, C.F.1985. *Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their application in management and conservation*. John Wiley & Sons. New York. 190p.
- Kauffman, J. B.; Cummings, D. L.; Ward, D. E.; Babbitt, R. 1995. Fire in the Brazilian Amazon: biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests. **Oecologia** 104, 397-409.
- Koroleff, F.1976. Determination of ammonia. In: K.Grasshoft, (ed.) *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, pp.126-133.

- Lal, R.; Pirce, F. J. 1991. The vanishing resource. In: Lal, R. & Pirce, F. J. (Ed.). *Soil management for sustainability*. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, p. 1- 5.
- Lavelle, P.; Dangerfield, M.; Fragoso, C. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Swift, M.J.; Wooster, P. (Eds). *Tropical Soil Biology and Fertility*. John Wiley & Sons. New York. pp. 137-169.
- Leitão-Lima, P. S.; Teixeira, L. B. 2002. *Distribuição Vertical e Abundância da Mesofauna do Solo em Capoeiras* – Embrapa Amazônia Oriental: Belém -PA. ISSN 1517-2244.4p. (Comunicado técnico 63)
- Lins-Teixeira, A.; Tapia-Coral, S.C.T.; Luizão, F.J.; Moraes, J.W. 2007. Macroinvertebrados do solo em capoeiras trituradas usadas como alternativa ao uso do fogo no Assentamento Tarumã-Mirim. In: *VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, Caxambu- MG. Ecologia no Tempo de Mudanças Globais, 2007.
- Lok, S.; Crespo, G.; Frometa, E.; Fraga, S.. 2005. Evaluation of the performance of some agrophysical, biological and productive indicators in two grassland agroecosystems with or without the utilization of *Leucaena leucocephala*. **Cuban Journal of Agricultural Science**, 39: 351-356.
- Luizão, R.C.C.; Costa, E.S.; Luizão, F.J. 1999. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma seqüência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia Central. **Revista Acta Amazônica** 29(1): 43-56.
- Macedo, R.S. & Teixeira, W.G. 2004. Determinação da densidade de partículas de diferentes solos da Amazônia. In: Gomes, Levy de Carvalho *et al.* *Anais da I Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental* - Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. 137 p. (Documento 35).
- Malavolta, E. 1987. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: Vieira, L.S.; Santos, P.C.T.C. (Ed.). *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p.374-416.

- Manarino, R.P.; Volkoff, B.; Cerri, C.C. 1982. Comparação do húmus de capoeira e de floresta natural em Latossolos Amarelos da região amazônica, Brasil. In: *Colóquio Regional sobre Matéria Orgânica do solo*, I., Piracicaba. Anais. Piracicaba, CENA, São Paulo, PROMOCET, 1982. p.51-57.
- Martins, P.F. da S.; Cerri, C.C.; Volkoff, B.; Andreux, F.; Chauvel, A. 1991. Consequences of clearing and tillage on the soil of a natural Amazonian ecosystem. **Forest Ecology and Management**, v.38, p.273-282.
- Moraes, M.H.; Muller, M.M.L.; Foloni, J.S.S. 2001. *Qualidade física do solo: métodos de estudo- sistemas de preparo e manejo do solo*. Jaboticabal: FUNEP. 225P.
- Moreira, A.; Malavolta, E. 2004. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.11, p.1103-1110.
- Nóbrega, J.C.A. 1999. *Adição de fosfato e de micorriza, e estabilidade de agregados em amostras de Latossolos cultivados e não cultivados*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 64p.
- Pereira, C.A.; Vieira. 2001. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia - Caracas Venezuela, **Revista Interciencia**, 26(8):337-341.
- PROAMBIENTE. Programa de Desenvolvimento Sustentável da Produção Familiar Rural da Amazônia. *Diagnóstico Rápido e Participativo do Pólo Pioneiro do PROAMBIENTE no Estado do Amazonas – Município de Manaus (Projeto de Assentamento Tarumã- Mirim) e Município Rio Preto da Eva*. Manaus, 2002. 52p.
- RADAMBRASIL, 1978. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. DNPM, Rio de Janeiro, Vol. 18.

- Reinert, D. J. & Reichert J. M. 2006. *Propriedades física do solo*. Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais. Santa Maria-RS.18p.
- Sanchez, P. A. 1976. *Properties and management of soils in the tropics*. New York: John Wiley. 618 p.
- Sanchez, P.A.; Bandy, D.E.; Villachica, J.H.; Nicholaides, J.J. 1982. Amazon basin soils: Management for continuous crop production. **Science**, 216: 821-827.
- Santana, D.F.; Bahia-Filho, A.F.C. 1998. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: *World Congress of Soil Science*, 16., Montpellier, França. Proceedings. Montpellier, ISS. CD-ROM
- Santos, D. 1993. *Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (Epiático) dos campos da Mantiqueira, MG*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 99pp.
- Silva, I.F. & Mielniczuk, J. 1997. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:313-319.
- Silva, M.L.N.; Curi, N. & Blancaneaux, P. 2000. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolos Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(12).
- Siqueira, J.O.; Moreira, F.M.; Grisi, B.M.; Hungria, M.; Araujo, R.S. 1994. *Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental*. Brasília, DF: Embrapa. 142pp. (Documento 45)
- Sulçe, S.; Palma-Lopez, D.; Jacquín, F.; Vong, P.C. & Guiraud, G. 1996. Study of immobilization and remobilization of nitrogen fertilizer in cultivated soils by hydrolytic fraction. **European Journal of Soil Science**, 47(2): 249-255.
- Swift, M.J.; Andrén, O.; Brussard, L.; Briones, M.; Couteaux, M.; Ekschmitt, K.; Kjoller, A.; Loiseau, P. ; Smith, P. 1998. Global change, soil biodiversity and nitrogen cyclin in terrestrial ecosystems: three case studies. **Global change Biology**, 4: 729-743.

- Takeda, H. 1995. Templates for the organization of collembolan communities. In: EDWARDS, C.A. (Ed.). *Structure and function of soil communities*. Kyoto: Kyoto University Press, p.5-20.
- Tapia-Coral, Sandra Celia. 2004. Macro invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia peruana. Dissertação de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazônia, 134p.
- Teixeira, W. G.; Pereira, E. G.; Cruz, L. A.; Bueno, N.1996. Influência do uso nas características físico-químicas de um Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, Manaus, AM. In: *Congresso Latino-americano de Ciência do Solo*, 12, Águas de Lindóia. Anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Latino-Americana de Ciência do Solo. 1 CD-ROM.
- Tisdall, J.M.; Cockroft, B.; Uren, N.C. 1978. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical disruption. **Aust. J. Soil Res.**, 16:9-17.
- Turco, R.F.; Kennedy, A.C.; Jawson, M.D. 1994. Microbial indicators of soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicsek, D.F. & Stewart, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, **Soil Science Society of America**. p.73-90
- Van Bavel, C.H.M. 1949. Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. **Soil Science Society of America**, 38:826-830.
- Vieira, L.S. 1988. *Manual de Ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais*. Agronômica Ceres, São Paulo, 464pp.
- Wardle, D.A.; Yets, G.W.; Watson, R.N.; Nicholson, K.S. 1995. Development of the decomposer food web, trophic relationships and ecosystem properties during a three-year primary succession of sawdust. **Oikos**, (73): 155-166.
- Witt, C.; Gaunt, J. L.; Galicia, C. C.; Ottow, J.C.G. Neue, H. U. 2000. A rapid chloroform-fumigation extraction method for measuring soil microbial

biomass carbon and nitrogen in flooded rice soils. **Biology and Fertility of Soils**, 30: 510-519.

Young, P.C.; Kabibou, I.; Jacquin, F. 1990. Etudes des correlations entre biomasse microbienne et differentes fractions d'azote organique presentes dans deux sols lorrains. **Soil Biology Biochemistry**, 22(3): 385-392.

Zarin, D. J. et al. 2004. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Front. Ecol. Appl.**, 14: 150-163.

Lista de tabelas e figuras do artigo III

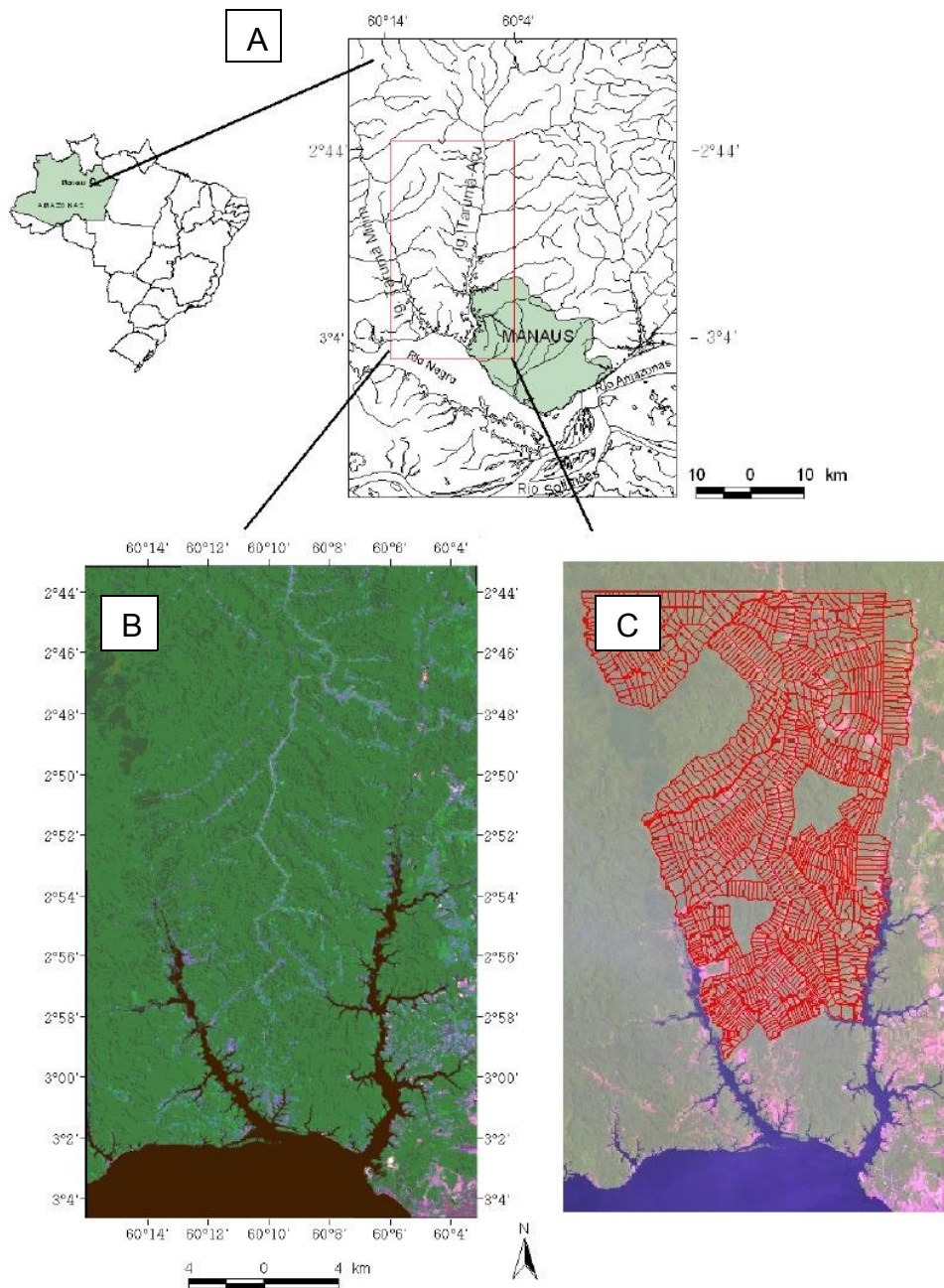


Figura 1 - Localização da região do Assentamento Tarumã-Mirím em relação ao Brasil e área urbana de Manaus, Amazonas (A), imagem satélite land-sat de 2001 (B) e malha fundiária do Assentamento (C).

Manaus(CPAA) - 01/11/2007 até 01/02/2009

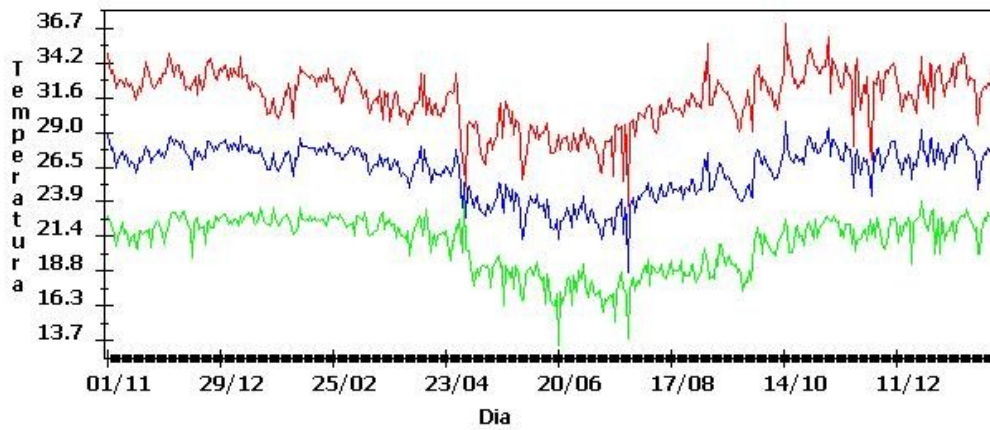


Figura 2 - Temperaturas máximas, mínimas e médias diárias no campo experimental da Embrapa localizada no Km 54 da BR 174, no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.

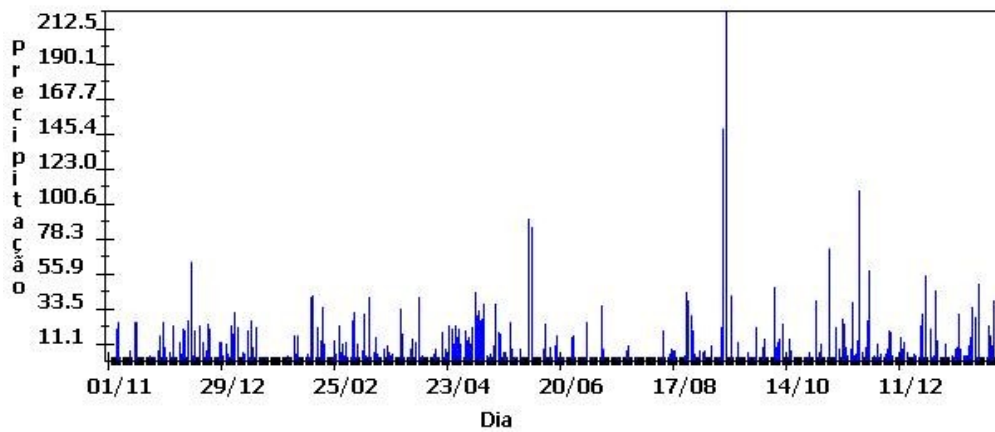


Figura 3 - Precipitação média diária no campo experimental da Embrapa localizada no Km 54 da BR 174, no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.

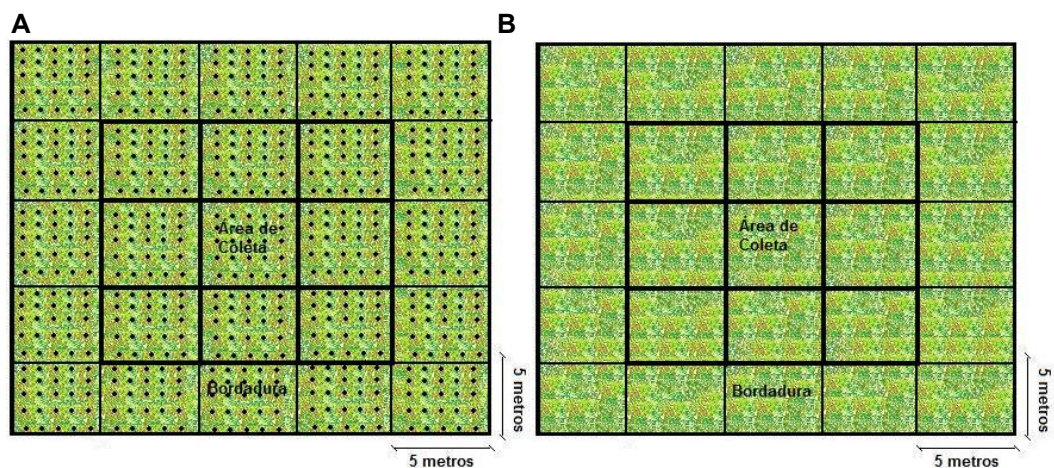


Figura 4 – A) Área de regeneração natural enriquecida com *Inga edulis*, onde os pontos pretos representam as mudas de ingá plantadas e a área colorida a regeneração natural. B) Área controle constituída pela regeneração natural do experimento implantado no Assentamento Tatumã-Mirim em Manaus, Amazonas.

Tabela 1 - Média de N-mineral ($\mu\text{g/g}$) por tratamento (n=9) na camada de 0-5 cm do solo para as coletas feitas na implantação do experimento (tempo 0), 4 meses após a implantação (tempo 1) e 15 meses após a implantação (tempo 2) do experimento no Assentamento Tatumã-Mirim em Manaus, Amazonas.

| Tratamento/Temp | 0 | 1 | 2 |
|-------------------------------|---------|--------|--------|
| Agricultura PM ⁽¹⁾ | 12,53aA | 4,99bB | 3,54cC |
| Agricultura RN | 9,76dD | 5,41bB | 4,03eE |
| Pecuária PM | 9,04bB | 6,49bB | 4,16bB |
| Pecuária RN | 9,08bB | 7,76bB | 3,74bB |
| Desvio Padrão | 1,65 | 1,24 | 0,28 |

⁽¹⁾PM= pousio melhorado; RN= regeneração natural. ⁽²⁾Dados seguidos por letras distintas minúsculas diferem entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; médias seguidas por letras distintas maiúsculas diferem entre as coletas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

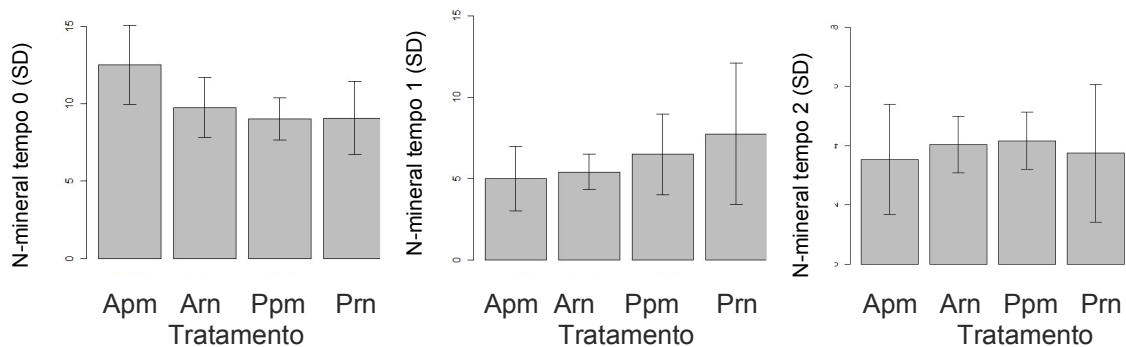


Figura 5 - Média das coletas de N-mineral ($\mu\text{g/g}$) por tratamento ($n=5$ por cada uma das 9 pseudo-repetições) do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas, onde as barras representam os desvios padrões e Apm= área abandonadas de agricultura em pousio melhorado; Arn= área abandonada de agricultura em regeneração natural; Ppm= área abandonada de pecuária em pousio melhorado e Prn= área abandonada de pecuária em regeneração natural.

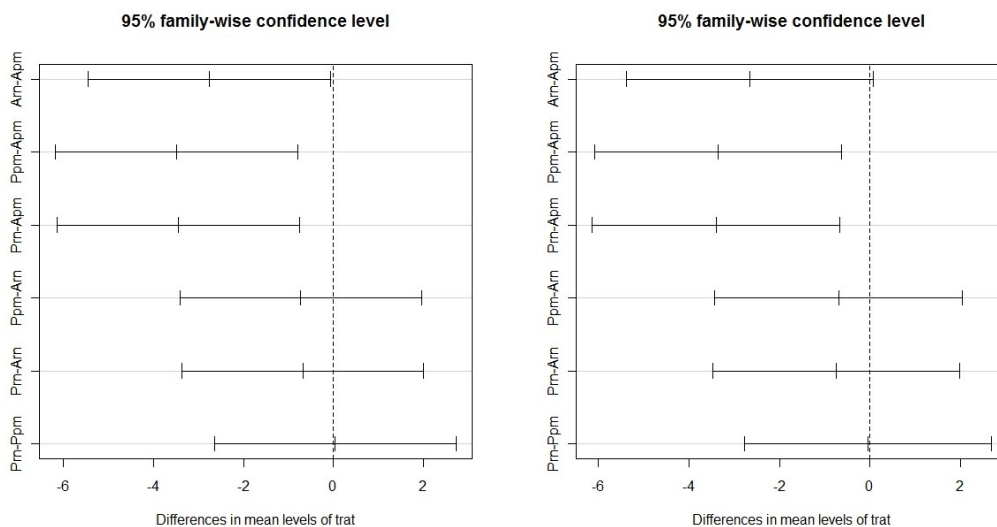


Figura 6 - Teste Tukey a 5% de probabilidade para o tempo 0 (implantação do experimento) de N-mineral e entre o tempo 1 (4 meses após a implantação) e tempo 2 (15 meses após a implantação) do experimento no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas. Apm= área abandonadas de agricultura em pousio melhorado; Arn= área abandonada de agricultura em regeneração natural; Ppm= área abandonada de pecuária em pousio melhorado e Prn= área abandonada de pecuária em regeneração natural.

Tabela 2 – Valores Médios dos parâmetros físicos do solo (n=9) em cada tratamento do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim em Manaus, Amazonas.

| Parcela | Coleta | Dp(g.cm ⁻³) | Ds(g.cm ⁻³) | PT % | DMG | Agr % |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|------|-------|-------|
| Agricultura PM | Entre planta | 2,53b | 0,974c | 61f | 3,23b | 83b |
| | Entre linha | 2,54b | 0,997c | 61f | 2,91b | 79b |
| Pecuária PM | Entre planta | 2,47b | 1,075b | 56e | 3,01i | 80m |
| | Entre linha | 2,52b | 1,092b | 57e | 3,02i | 81m |
| Agricultura RN | Regeneração Natural | 2,56b | 0,973d | 62h | 3,67j | 89n |
| Pecuária RN ⁽¹⁾ | Regeneração Natural | 2,54b | 1,173b | 54g | 3,06k | 81p |
| Desvio padrão | | 0,03 | 0,08 | 3,27 | 0,28 | 3,60 |

⁽¹⁾PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural. ⁽²⁾ Dp é a densidade entre as partículas; Ds é a densidade do solo; DMG é o diâmetro médio de agregados; PT é a Porosidade Total calculada pela fórmula: $Pt \% = (1 - Ds/Dp) * 100$ e Agr. é a porcentagem de agregação. ²⁾Dados seguidos por letras distintas minúsculas diferem entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

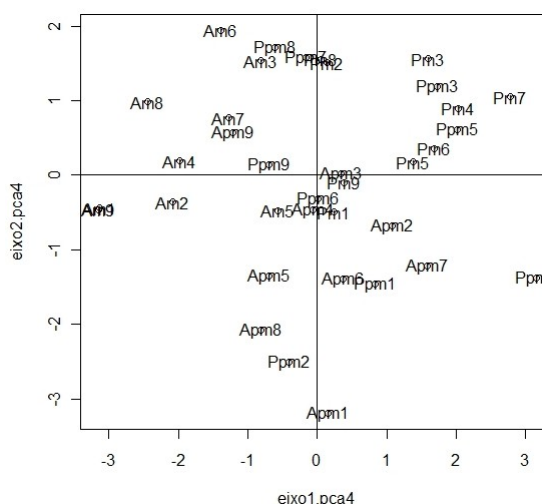


Figura 7 - Diagrama de ordenamento obtido a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) para caracterização dos parâmetros físicos do solo de acordo com os tratamentos do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim em Manaus, Amazonas (Eixo 1= 47% da variância explicada; Eixo 2= 32% da variância explicada).

Tabela 3 - Valores médios de biomassa microbiana ($\mu\text{g/g}$) quatro meses após a implantação (tempo 1) e quinze meses (tempo 2) após a implantação do experimento no Assentamento Tarumã-Mirim em Manaus, Amazonas, por tratamento (n= 5 para cada uma das 9 pseudo-repetições).

| Tempo | 1 | 2 |
|-------------------|----------|----------|
| Agricultura PM(1) | 310 a | 498 a |
| Agricultura RN | 440 a | 208 a |
| Pecuária PM | 414 a | 337 a |
| Pecuária RN | 376 a | 621 a |

⁽¹⁾PM= pousio melhorado e RN= regeneração natural. ⁽²⁾ Valores seguidos da mesma letra não apresentam diferenças significativas, após ANOVA.

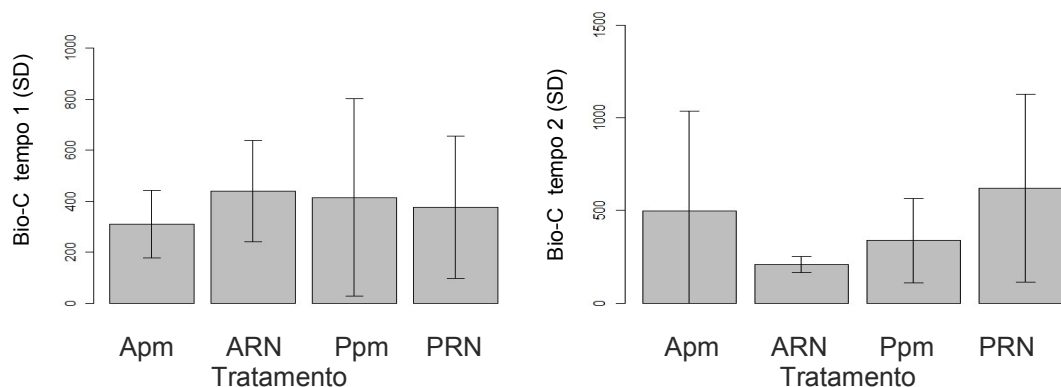


Figura 8 - Médias das coletas de biomassa microbiana ($\mu\text{g/g}$) por tratamento (n= 5 para cada uma das 9 pseudo-repetições) do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim em Manaus, Amazonas, onde as barras representam os desvios padrões. Apm= área abandonadas de agricultura em pousio melhorado; ARN= área abandonada de agricultura em regeneração natural; Ppm= área abandonada de pecuária em pousio melhorado e PRN= área abandonada de pecuária em regeneração natural..

Tabela 4 - Densidade média (ind.m⁻²) e biomassa fresca em álcool média (g.m⁻²) dos grupos taxonômicos da macrofauna de solo por tratamento (n=9) do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim em Manaus, Amazonas.

| Grupos taxonômicos | Agricultura PM ⁽¹⁾ | | Agricultura RN | | Pecuária PM | | Pecuária RN | |
|--------------------|-------------------------------|------|----------------|------|-------------|------|-------------|-------|
| | Bio ⁽²⁾ | Dens | Bio | Dens | Bio | Dens | Bio | Densi |
| Coleoptera | 0,32 | 28 | 0,16 | 10 | 0,15 | 20 | 0,55 | 34 |
| Hymenoptera | 0,53 | 324 | 0,33 | 92 | 0,25 | 114 | 0,67 | 184 |
| Homoptera | 0,23 | 20 | NA | NA | 0,55 | 22 | 0,26 | 14 |
| Isopoda | 1,22 | 48 | 0,11 | 2 | 0,05 | 2 | NA | NA |
| Larvas | 0,46 | 12 | 1,20 | 18 | 0,11 | 8 | 0,17 | 4 |
| Oligochaeta | 4,29 | 70 | 1,84 | 14 | 29,0 | 266 | 66,9 | 478 |
| Orthoptera | 1,12 | 14 | 1,36 | 22 | 1,14 | 12 | 1,40 | 8 |
| Outros | 0,62 | 22 | 0,47 | 6 | 4,14 | 10 | 0,21 | 10 |
| Total | 8,79 | 538 | 5,48 | 164 | 35,42 | 454 | 70,13 | 732 |
| Nº de grupos | | 15 | | 9 | | 11 | | 10 |

⁽¹⁾PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural. ⁽²⁾ Onde Bio. representa a biomassa e dens. a densidade.

Tabela 5 - Densidade média (ind.m⁻²) e biomassa fresca em álcool média (g.m⁻²) dos grupos funcionais da macrofauna de solo por tratamento (n=9) do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirim em Manaus, Amazonas.

| Tratamentos Grupos funcionais | Agricultura PM ⁽¹⁾ | | Agricultura RN | | Pecuária PM | | Pecuária RN | |
|----------------------------------|-------------------------------|------|----------------|------|-------------|------|-------------|------|
| | Dens. ⁽²⁾ | Bio. | Dens. | Bio. | Dens. | Bio. | Dens. | Bio. |
| Predadores | 0,09 | 6 | NA | NA | NA | NA | 0,01 | 2 |
| Herbívoros | 1,75 | 68 | 1,53 | 32 | 1,85 | 60 | 2,21 | 56 |
| Decompositores | 1,62 | 60 | 1,31 | 20 | 4,22 | 8 | 0,19 | 8 |
| Engenheiros do solo | 4,85 | 396 | 2,17 | 106 | 29,3 | 380 | 67,5 | 662 |
| Outros | 0,49 | 8 | 0,57 | 8 | 0,09 | 10 | 0,19 | 4 |
| Total | 8,80 | 538 | 5,58 | 166 | 35,4 | 458 | 70,1 | 732 |

⁽¹⁾ PM= pousio melhorado; RN= Regeneração Natural. ⁽²⁾ Onde Bio. representa a biomassa e dens. a densidade.

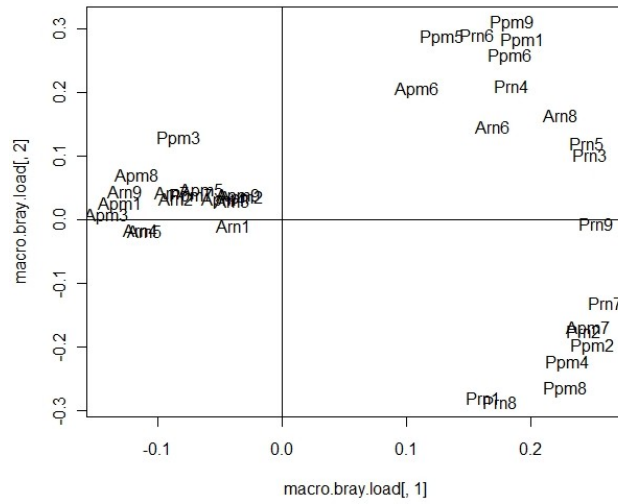


Figura 9 - Diagrama de ordenamento obtido a partir da análise de Coordenadas principais (PCoA), utilizando as biomassas dos grupos taxonômicos da macrofauna como variáveis para caracterização dos tratamentos do experimento implantado no Assentamento Tarumã-Mirím em Manaus, Amazonas (Eixo 1= 60% da variância explicada; Eixo 2= 18% da variância explicada).

CONCLUSÕES

- Quinze meses após o enriquecimento com *Inga edulis*, a biomassa de plantas espontâneas foi maior na área de agricultura em pousio melhorado do que na área de agricultura em regeneração natural.
- A biomassa aérea total foi maior na área de agricultura em pousio melhorado e em regeneração natural, do que nas áreas de pecuária em pousio melhorado e em regeneração natural.
- A biomassa e altura média de *Inga edulis* encontrada na área de agricultura em pousio melhorado, foi superior a de pousio melhorado em área de pecuária.
- Os tratamentos pousio melhorado e regeneração natural, durante os 15 meses de avaliação do experimento, não tiveram efeito sobre a fertilidade do solo em nenhuma das áreas estudadas, porém há indicações de que o efeito positivo do pousio melhorado será significativo a curto prazo adicional.
- Os tratamentos em pousio melhorado produziram maior estoque de liteira e de melhor qualidade química do que os tratamentos em regeneração natural, tanto na área de uso prévio agricultura quanto pecuária.
- O estoque de nutrientes na liteira entre a implantação do experimento (tempo 0) e quinze meses após a implantação (tempo 2) diminuiu, mas se compararmos o estoque entre o tempo 1 (4 meses após implantação do experimento) e o tempo 2 houve um acréscimo o que indica que a partir destes 15 meses pode haver uma melhoria na qualidade da liteira.
- As maiores concentrações de N-mineral, foram encontradas no tratamento agricultura em pousio melhorado, na implantação do experimento (tempo 0) e

no tratamento pecuária em regeneração natural aos quatro meses da implantação do experimento (tempo 1). Aos quinze meses da implantação do experimento (tempo 2) as diferenças não foram significativa, o que indica um consumo de N-mineral pelas espécies vegetais e pelo *Inga edulis*.

- A densidade do solo foi mais elevada nas áreas com histórico de uso prévio com pecuária devido ao pisoteio do gado e à presença expressiva de uma espécie de Oligochaeta amplamente predominante (*Pontoscolex corethrurus*). A maior porosidade total foi encontrada nas áreas com histórico de uso prévio com agricultura.
- Não houve diferença significativa entre os tempos de coleta e os tratamentos de biomassa microbiana.
- Encontramos um total de 15 grupos taxonômicos constituintes da macrofauna do solo na área de agricultura em pousio melhorado e 11 grupos taxonômicos na área de pecuária em pousio melhorado.
- Maior densidade de macrofauna do solo foi encontrada na área de agricultura em pousio melhorado e de pecuária em pousio melhorado, porém uma maior biomassa da macrofauna do solo foi encontrada nas áreas com histórico de pecuária, devido a forte dominância de Oligochaeta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aita, C.; Basso, C.J.; Ceretta, C.A.; Gonçalves, C.N.; Da Ros, C.O. 2001. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:157-165.
- Alonso, J.; Febles, G.; Rodriguez, I.; Achang, G.; Fraga, S. 2005. Effects of the evolution of a system leucaenaguinea grass on the soil macrofauna. **Cuban Journal of Agricultural Science**, 39: 83-89.
- Altieri, M.A. et al. 1978. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. **Field Crops Res.**, 1: 33-49.
- Alvarez, V.H.; Melo, J.W.V.; Dias, L.E. 1996. Acidez e calagem do solo. In: *Fertilidade e manejo do solo*. Brasília: ABEAS. 67p. (Módulo 4).
- Alves, D.S.; Soares, J.V.; Amaral, S.; Mello, E.M.K.; Almeida, S.A.S.; Da Silva, O.F.; Silveira, A.M. 1997. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondônia, Western Brazilian Amazon. **Global Change Biology**, 3, 451–461.
- Amado, T.J.C.; Bayer, C.; Eltz F.L.F.; Brum, A.C.R. 2001. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25:189-197.
- Anderson, J.M.; Ingran, J.S. 1993. *Tropical biology and fertility, a handbook of methods*. 2^a ed. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureau. 221 p.
- Andreux, F.; Cerri, C.C. 1989. Current trends in the research on soil changes due to deforestation, burning and cultivation in the Brazilian tropics. *Toxicological and Environmental Chemistry*, v.20/22, p.275-283.
- Anjos, J.T.; Uberti, A.A.A.; Vlizzoto, V.T.; Leite, G.B.; Krieger, M. 1994. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, p. 139-145.

- Aquino, A.M., Merlim, A.O., Correia, M.E.F; Mercante, F.M. 2000. Diversidade da macrofauna do solo como indicadora de sistemas de plantio direto para a região oeste do Brasil. In: Reunião Brasileira sobre Biologia do Solo (FERTBIO 2000), 3., Santa Maria. Anais. Santa Maria: **Sociedade Brasileira da Ciência do Solo**, p.60.
- Barros, E.; Curmi, P.; Hallaire, V.; Cahuvel, A.; Lavelle, P. 2001. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, 100: 193-213.
- Barros, E.; Neves, A.; Blanchart, E.; Fernandes, E.C.M.; Wandelli, E.V.; Lavelle, P. 2003. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, 47: 273-280.
- Blanchart, E.; Albrecht, A.; Chevallier, T.; Hartmann, C. 2004. The respective roles of roots and earthworms in restoring physical properties of Vertisol under a *Digitaria decumbens* pasture (Martinique, WI). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, 103: 343-355.
- Brienza-Junior, S. 1999. Biomass dynamics of fallow vegetation enriched with leguminous trees in the Eastern Amazon of Brazil. Dissertação de Doutorado, Alemanha, 134p.
- Brinkmann, W.L.F.; Nascimento, J.C.T. 1973. The effect of slash and burn agriculture on plant nutrients in the Tertiary Region of Central Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, 355-61.
- Broadbent, F.E.; Taylor, K.B. 1962. Laboratory and greenhouse investigations of nitrogen immobilization. **Soil Science Society American Proceedings**, 26: 459-462.
- Brookes, P.C.; Landman, A.; Pruden, G.; Jenkinson, D. S. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method for microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, 17:837-842.

- Brown, I.F.; Martinelli, L.A.; Thomas, W.; Moreira, M.Z.; Ferreira, C.A.; Victoria, R.A. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonia forests: an example from Rondônia. Brazil. **Forest Ecology and Management.**, 75(1-3): 175-189.
- Brown, S.; Gillespie, A.J.R.; Lugo, A. 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. **Forest Science**, 35(4): 881-902.
- Brown, S.; Lugo, A.E. 1984. Biomass of tropical forests: a new estimate based on forest volumes. **Science** 223:1290-1293.
- Caldeira, M.V.W.; Schumacher, M.V.; Pereira, J.C.; Della-Flora, J.B.; Santos, E.M. 1999. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e o folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild no Ri Grande do Sul. **Ciência Florestal**, 9(1): 19-24.
- Caldeira, M.V.W.; Soares, R.V.; Marques, R.; Wisniewski, C. 2003. Biomassa e nutrientes em *Myrsine ferruginea* (Ruiz & Pav.) Mez e *Myrsine umbellata* Mart. **Revista Floresta**, 33(3): 265-273.
- Calegaril, A.; Mondardo, A.; Bulisani, E.A.; Wildner, L. do P.; Costa, M.B.B. da; Alcântara, P.B.; Miyasaka, S.; Amado, J.T. 1993. Aspectos gerais da adubação verde. In: Costa, M.B.B. da. (Coord.). *Adubação verde no sul do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro, RJ. 346pp.
- Campos, B.C.; Reinert, D.J. & Nicolodi, R. 1995. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:121-125.
- Carpenedo, V.; Mielniczuk, J. 1990. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolo Roxo submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:99-105.
- Cerri, C.C.; Volkoff, B.; Eduardo, B.P. 1985. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.1-4.

- Correia, M.E.F; Andrade, A.G. 1999. Formação de liteira e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G.A. & Camargo, F.A. de. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, p.209-214.
- Cortés-tarrá, I. L. 2003. *Relações entre os grupos funcionais da macrofauna e o volume dos macro-poros do solo em sistemas agrossilviculturais da Amazônia central*. Dissertação de mestrado, Manaus, Amazonas. 80p.il..
- Costa, C.C.; Martins, G.C. 2004. Estabilidade de agregados como indicador da qualidade física do solo em sistemas de uso de terra da Amazônia Ocidental In: Gomes, L.C. et al. *Anais da I Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental - Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental*.137 p. (. Documento 35).
- Cuecas, E.; Medina, E. 1986. Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. I.Nutrient Flux in fine literfall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia**. 68:466-472.
- Da Ros, C.O.; Secco, D.; Florinn, J.E.; Petreere, C.; Cadore, M.A.; Pasa, L. 1997. Manejo do solo a partir de campo nativo: Efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:241- 247.
- Davidson, E. A.; Artaxo, P. 2004. Globally significant changes in biological processes of the Amazon Basin: results of the Large-scale Biosphere-Atmosphere Experiment. **Global Change Biology**, 10: 519-529.
- Davidson, E. A.; Carvalho, A. J. R.; Figueira, A. M.; Ishida, F. Y.; Ometto, J. P. H. B.; Nardoto, G. B.; Sabá, R. T.; Hayashi, S. N.; Leal, E. C.; Vieira, I. C. G. V.; Martinelli, L. A. 2007. Recuperation of cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. **Nature**. 447: 995-999.
- Denich, M.; Kanashiro, M.; Vlek, P.L.G. 2000. The potential and dynamics of carbon sequestration in traditional and modified fallow systems of the eastern Amazon region, Brazil. In: Lal, R.; Kimble, J.M.; Stewart, B.A. (edi): *Global climate change and tropical ecosystems*. CRC Press. Boca Raton, FL. 213-229pp

- Donahue, R.L.; Miller, R.W.; Shickluna, J.C. 1983. *Soils: an introduction to soils and plant growth*. 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall. 57 p.
- Doran, J.W. 1997. Soil quality and sustainability. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*, 26 - Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1 CD-ROM.
- Doran, J.W.; Parkin, T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdiek, D.F.; Stewart, B.A., eds. *Defining soil quality for sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 3-21. (Special Publication, 35)
- Durigan, J.C.; Almeida, F.L.S. 1974. *Noções sobre alelopatia*. Jaboticabal: FUNEP, 28 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro. EMBRAPA-CNPS. 412 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. 1997. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo*. Manual de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 212p.
- Falcão, M.A.; Clement, C.R. 2000. Fenologia e produtividade do ingá-cipó (*Inga edulis*) na Amazônia Central. **Acta Amazonica** 30(2): 173-180.
- Fearnside, P. M. 2003. *A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais* – Manaus: INPA, 134p.:il.
- Fearnside, P.M. 1984. Brazil's Amazon Forest and the global carbon problem. **Interciencia** 10(4):179-186.
- Fearnside, P.M. 1986. *Human Carrying Capacity of the Brazilian Rainforest*. Columbia University Press. New York. NY. 293 pp.
- Fearnside, P.M. 1992. Forest biomass in Brazilian Amazonia: Blackwell Science Ltd. *Global Change Biology*. 7. 731±746 Comments on the estimate by Brown and Lugo. **Interciencia**, 17: 19-27.

- Fearnside, P.M. 1993. *Tropical Silvicultural Plantations as a Means of Sequestering Atmospheric Carbon Dioxide*. ms.. Manaus. 29 June.
- Freire, W.J.1972. O efeito do preparo sobre a agregação do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 1, p. 25-30.
- Fuerst, E.P.; Putnan, A.R. 1983. Separating the competitive and allelopathic components of interference: theoretical principles. **J. Chemical col.**, 9: 937-944.
- Gama, J.R.N.P. 2004. *Solos: manejo e interpretação* – Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 1ª edição.183p.il.
- Garcia-Montiel, D.C.; Steudler, P.A.; Piccolo, M.C.; Melillo, J.M.; Neill, C.; Cerri, C. 2001. Controls on soil nitrogen oxide emissions from forest and pasture in the Brazilian Amazon. **Global Biogeochem. Cycles**, 15:1021-1030.
- Gehring, C. 2005. Biological nitrogen fixation in secondary regrowth and matura rainforest of central Amazonia. **Agr. Ecosyst. Environ.** 111, 237-252.
- Geraldes, A.P.A. 1993. *Carbono, nitrogênio e biomassa microbiana do solo em uma cronosseqüência floresta-pastagem em Paragominas, Pará (Amazônia Oriental)*. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo. 68pp.
- Gianluppi, D.; Schwengber, D.R. et al. 1999. Desenvolvimento de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas de mata abandonadas de Roraima . In: *Resultados (Fase Emergencial e Fase 1) - Programa Piloto para a proteção das florestas*, Manaus. Anais do Seminário Resultados (Fase Emergencial e Fase 1) - Programa Piloto para a proteção das florestas. p. 289-308.
- Graça, P.M.L.A. 1997. *Conteúdo de carbono na biomassa florestal da Amazônia e alterações após a queima*. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo. 105pp.
- Hands, M.R. 1995. Phosphorus dynamics in slash and burn and alley cropping systems on ultisols in the humid tropics: options for manegement. In: H. Tiessen

(ed.) *Phosphorus dynamics in terrestrial and aquatic ecosystems: a global perspective*. Proceedings of Scope Workshop. John Wiley & Sons.

Hardy, D.H.; Rapper, C.D.; Miner, G.S. 1990. Chemical restrictions of roots in ultisol subsoils lessened by long-term management. **Soil Science Society of America Journal**. 54: 1657-1660.

Hirsch, A. I.; Little, W. S.; Houghton, R. A.; Scott, N. A.; White, J. D. 2004. The net carbon flux due to deforestation and forest re-growth in the Brazilian Amazon: analysis using a process-based model. **Glob. Change Biol**, 10: 08-92.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2004. Monitoramento ambiental da Amazônia por satélite. ([HTTP://www.obt.inpe.br/prodes/apresentacao_prodes.ppt](http://www.obt.inpe.br/prodes/apresentacao_prodes.ppt)). Acesso: 10/06/09.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2009. Monitoramento da Cobertura Florestal da Amazônia Brasileira por Satélites.(http://www.obt.inpe.br/deter/avaliacao/Avaliacao_DETER_novembro2008_janeiro2009.pdf) acesso: 22/06/09.

Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – IMAZON, 2009. Qual o efeito das novas políticas contra o desmatamento da Amazônia? (http://www.imazon.org.br/novo2008/arquivosdb/164523_desmatamento_resultados_preliminares.pdf) acesso: 18/09/2009.

Jacquín, F.; Cheloufi, H.; Vong, P.C. 1992. Immobilization and mineralization kinetics of a nitrogen fertilizer in calcareous clayey soil (rendzina). **The Science Total Environment**, 117/118: 271- 278.

Jenkinson, D.S. 1988. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. In: WILSON, J.B. (Ed.). *Advances in nitrogen cycling*. Wallingford: CAB International, 1988. p.368-386.

Jenkinson, D.S.; Ladd, J.N. 1981. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Dekker, 1981. v.5.

- Jipp, P.; Nepstad, D.; Cassle, K.; Carvalho, C.R. 1998. Deep soil moisture storage and transpiration in forests and pastures of seasonally-dry Amazonia. **Clim. Change** 39: 395±412.
- Johnson, C.M.; Vieira, I.C.G.; Zarin, D.J.; Frizano, T.; Johnson, A.H. 2001. Carbon and nutrient storage in primary and secondary Forest in eastern Amazônia. **Forest Ecology and Management**, 147:245-252.
- Jordan, C.F.1985. *Nutrient cycling in tropical forest ecosystems: principles and their application in management and conservation*. John Wiley & Sons. New York. 190p.
- Kauffman, J. B.; Cummings, D. L.; Ward, D. E.; Babbitt, R. 1995. Fire in the Brazilian Amazon: biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests. **Oecologia** 104, 397-409.
- Kluthcouski, J.; Aidar, H. 2003. Implantação, condução e resultados obtidos com o sistema Santa Fé. In: Kluthcouski, J.; Stone, L.F.; Alidar, H. (Eds.) *Integração lavoura-pecuária. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão*. p. 407-441.
- Koroleff, F.1976. Determination of ammonia. In: K.Grasshoff, (ed.) *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, pp.126-133.
- Lal, R.; Pierce, F. J. 1991.The vanishing resource. In: LaL, R. & Pirce, F. J. (Ed.). *Soil management for sustainability*. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1- 5pp.
- Lavelle, P.; Dangerfield, M.; Fragoso, C. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: Swift, M.J.; Wooper, P. (Eds). *Tropical Soil Biology and Fertility*. Jhon Wiley Sayce. New York. pp. 137- 169.
- Lawrence, A.; Pennington, T.D.; Hands, M.R.; Zuniga, R.A. 1995. Inga: high diversity in the neotropics. In: *Nitrogen fixing trees for acid soils*. Proceedings of a workshop held July 3-8, 1994. Turrialba, Costa Rica. Published by the Nitrogen fixing tree association (NFTA), Bangkok, Thailand.

- Leitão-Lima, P. S.; Teixeira, L. B. 2002. *Distribuição Vertical e Abundância da Mesofauna do Solo em Capoeiras* – Embrapa Amazônia Oriental: Belém -PA. ISSN 1517-2244.4p. (Comunicado técnico 63)
- Lima, A.J.N. 2001. Análise da estrutura e do estoque de fitomassa de florestas secundárias, resultantes de corte raso seguido de queimada, da região de Manaus (AM).71 p.Tese (mestrado) – INPA/UFAM.
- Lins-Teixeira, A.; Tapia-Coral, S.C.T.; Luizão, F.J.; Moraes, J.W. 2007. Macroinvertebrados do solo em capoeiras trituradas usadas como alternativa ao uso do fogo no Assentamento Tarumã-Mirím. In: *VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, Caxambu- MG. Ecologia no Tempo de Mudanças Globais, 2007.
- Lok, S.; Crespo, G.; Frometa, E.; Fraga, S.. 2005. Evaluation of the performance of some agrophysical, biological and productive indicators in two grassland agroecosystems with or without the utilization of *Leucaena leucocephala*. **Cuban Journal of Agricultural Science**, 39: 351-356.
- Luizão, F.J. 2007. Ciclos de nutrientes na Amazônia: Respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciênc. Cult.** 59(3): 31-36.
- Luizão, F.J.; Schubart, H.O.R. 1989. Litter production and mineral element input to the forest floor in a Central Amazonian forest. **Oeojournal**, 19: 407-417.
- Luizão, R.C.C.; Costa, E.S.; Luizão, F.J. 1999. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma seqüência de idades de pastagens após derruba e queima da floresta na Amazônia Central. **Revista Acta Amazônica** 29(1): 43-56.
- Macedo, R.S. & Teixeira, W.G. 2004.Determinação da densidade de partículas de diferentes solos da Amazônia.In: Gomes, Levy de Carvalho *et al.* *Anais da I Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental* - Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental.137 p. (Documento 35).
- Malavolta, E. 1987. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: Vieira, L.S.; Santos, P.C.T.C. (Ed.). *Amazônia: seus solos e outros recursos naturais*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p.374-416.

- Manarino, R.P.; Volkoff, B.; Cerri, C.C. 1982. Comparação do húmus de capoeira e de floresta natural em Latossolos Amarelos da região amazônica, Brasil. In: *Colóquio Regional sobre Matéria Orgânica do solo*, I., Piracicaba. Anais. Piracicaba, CENA, São Paulo, PROMOCET, 1982. p.51-57.
- Markewitz, D.; Davidson, E.A.; Moutinho, P.; Nepstad, D.C. 2004. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**. 14:S177-S199.
- 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. **Revista Acta Amazonica**. 34(2): 145 – 154.
- Martins, P.F. da S.; Cerri, C.C.; Volkoff, B.; Andreux, F.; Chauvel, A. 1991. Consequences of clearing and tillage on the soil of a natural Amazonian ecosystem. **Forest Ecology and Management**, v.38, p.273-282.
- McGrath, D.A.; Smith, C.K.; Gholz, H.L.; Oliveira, F.D. 2001 Effects of land-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia. **Ecosystems**, 4(7): 625-645.
- McKerrow, A.J. 1992. *Nutrient stocks in abandoned pastures of the Central Amazon Basin prior to and following cutting and burning*, 116p. Dissertação, North Carolina State University
- Mengel, K.; Kirkby, E.A. 1978. *Principles of plant nutrition*. Bem, International Potash institute, 593p.
- Mercante, F.M.; Fabrício, A.C.; Guimaraes, J.B.R. 2000. *Biomassa microbiana como parâmetro indicador da qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo*. Comunicado Técnico. EMBRAPA Agropec. Oeste, 27: 1-5.
- Mesquita, R.C.G.; Ickes, K.; Ganade, G.; Willianson, G.B. 2001. Alternative successional pathways in the Amazon Basin. **Journal of Ecology**, 89: 528-537.
- Moraes, M.H.; Muller, M.M.L.; FOLONI, J.S.S. 2001. *Qualidade física do solo: métodos de estudo- sistemas de preparo e manejo do solo*. Jaboticabal: FUNEP. 225P.

- Moreira, A.; Malavolta, E. 2004. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.11, p.1103-1110.
- Moutinho, P.R.S. 1998. Impactos da formação de pastagem sobre fauna de formigas: consequência para a recuperação florestal na Amazônia oriental. In: (Ed.) Gascon C, Moutinho P (1998) *Floresta Amazônica: dinâmica, regeneração e manejo*. Manaus - AM. pp.155-170.
- Murphy, R.J.; Yau, P.Y. 1998. Calorific value, basic density and ash content of Inga species. In: Pennington, T.D.; Fernandes, E.C.M. 1998. *The Genus Inga Utilization*. The Royal Botanic Gardens, Kew. European Union. P. 29-40.
- Nepstad, D.C., Moreira, A.; Alencar, A.A. 1999. *A Floresta em chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia. Programa piloto para proteção das florestas tropicais do Brasil*, Brasília, Brasil. 202 p., il.
- Nepstad, D.C.; Moutinho, P.R.S.; Markewitz, D. 2001. The recovery of biomass, nutrients stocks and deep soil functions i secondary forests. In: McClain, M.; Victoria, R.; Richey, J. (Eds) *Biogeochemistry of the Amazon*. Oxford University Press. London. 416pp.
- Nepstad, D.C.; Uhl, C.; Serrão, E.A.S. 1991. Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *AMBIO*, 20(6): 248-255.
- Nóbrega, J.C.A. 1999. *Adição de fosfato e de micorriza, e estabilidade de agregados em amostras de Latossolos cultivados e não cultivados*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 64p.
- Nogueira, E. M. 2007. Densidade da madeira e alometria das árvores nas florestas do Brasil "área de desmatamento": implicações para a biomassa e emissão de carbono a partir de mudanças de uso da terra no Brasil. Dissertação de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da *Amazonia*, Manaus, Amazonas. 148pp.ilust.

- Oliveira, J.M.F. & Schwengber, D.R. 2006. *Monitoramento do crescimento de leguminosas arbóreas em área de capoeira do estado de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima*. 14p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n. 4.
- Palheta, R.A. & Wandelli, E.V. 2002. Nodulação de *Gliricidia sepium* e *Inga edulis* em sistemas agroflorestais implantados em áreas degradadas por pastagem na Amazônia Central. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 4, Ilhéus. *Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida*. Anais. Ilhéus: CEPLAC: UESC.
- Pennington, T.D. 1998. Growth and biomass production of *Inga* species. In: Pennington, T.D.; Fernandes, E.C.M. 1998. *The Genus Inga Utilization*. The Royal Botanic Gardens, Kew. European Union. P. 15-28.
- Pereira, C.A.; Vieira. 2001. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia - Caracas Venezuela, **Revista Interciencia**, 26(8):337-341.
- Pinto, F.R. 2008. *Estimativa dos estoques de biomassa e nutrientes em florestas secundárias na Amazônia Central*. 161 p.ilust. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia
- PROAMBIENTE. 2002. *Programa de Desenvolvimento Sustentável da Produção Familiar Rural da Amazônia. Diagnóstico Rápido e Participativo do Pólo Pioneiro do PROAMBIENTE no Estado do Amazonas – Município de Manaus (Projeto de Assentamento Tarumã- Mirim) e Município Rio Preto da Eva*. Manaus, 52p.
- Proctor, J. 1983. Tropical Forest Literfall.I.Problens of data comparision. Tropical rainforest: Ecology on manegement. Eds. Sutton, S.I.; Chadwick, A.C. & Whitmore, T. C. *Blackwell Scientific Publications*, Oxford. Pp. 267-273.
- Puerta, R. 2000. *Regeneração arbórea em distâncias à Floresta contínua em pastagens abandonadas na região de Manaus*. Dissertação de mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazônia. 77pp.

- Raintree, JB, Warner K (1986) Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation. **Agroforestry System**, 4: 39-54.
- Reinert, D. J. & Reichert J. M. 2006. *Propriedades física do solo*. Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais. Santa Maria-RS.18p.
- Rice, E.L. 1974. *Allelopathy*. New York: Academic Press, 333 p.
- Saldarriaga, J.G.; West, D.C.; Thorp, M.L. 1986. Forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Environmental Sciences Division Publication**.Tennessee.USA.
- Salomão, R.P.; Nepstad, D.C.; Vieira, I.C. 1996. Biomassa e estrutura de florestas tropicais e o efeito estufa. **Ciência Hoje**, 21(22):38-47.
- Sampaio, E.V.S.B.; Araújo, E.L.; Salcedo, I.H.; Tiessen, H. 1998. Regeneração da vegetação de caatinga após corte e queima em Serra Talhada, PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. 33(5): 621-632.
- Sanchez, P. A. 1976. *Properties and management of soils in the tropics*. New York: John Wiley. 618 p.
- Sanchez, P.A.; Bandy, D.E.; Villachica, J.H.; Nicholaides, J.J. 1982. Amazon basin soils: Management for continuous crop production. **Science**, 216: 821-827.
- Sanchez, P.A.; Cochrane, T.T. 1980. *Soils constraints in relation to major farming systems of tropical America*. *International Rice Research Institute*. Los Banos. p.106-139.
- Sanchez, P.A.; Palm, C.A. 1996 Nutrient cycling and agroforestry in Agrica. *Unasyva*, 47: 24-28
- Santana, D.F.; Bahia-Filho, A.F.C. 1998. Soil quality and agricultural sustainability in the Brazilian Cerrado. In: *World Congress of Soil Science*, 16., Montpellier, França. Proceedings. Montpellier, ISS. CD-ROM
- Santos, D. 1993. *Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (Epiático) dos*

campos da Mantiqueira, MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 99p.

Schumacher, M.V. 1992. Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *E. grandis* Hill ex Maiden e *E. torelliana* F. Muell. 87p. Dissertação, Universidade de São Paulo.

Silva, I.F. & Mielniczuk, J. 1997. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:313-319.

Silva, M.L.N.; Curi, N. & Blancaneaux, P. 2000. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolos Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35(12).

Silva, R.M. 2004 *Influência de variáveis meteorológicas na produção e decomposição de liteira na estação científica Ferreira Penna*. Caxiuana. PA. 63p.il. Dissertação, Universidade Federal de Viçosa

Siqueira, J.O.; Moreira, F.M.; Grisi, B.M.; Hungria, M.; Araujo, R.S. 1994. *Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental*. Brasília, DF: Embrapa. 142pp. (Documento 45)

Steininger, M. K. 2000. Secondary Forest structure and biomass following short and extended land-use in central and southern Amazoniam. **Journal of Tropical Ecology**, 16:689-708.

Sulçe, S.; Palma-Lopez, D.; Jacquin, F.; Vong, P.C. & Guiraud, G. 1996. Study of immobilization and remobilization of nitrogen fertilizer in cultivated soils by hydrolytic fraction. **European Journal of Soil Science**, 47(2): 249-255.

Swift, M.J.; Andrén, O.; Brussard, L.; Briones, M.; Couteaux, M.; Ekschmitt, K.; Kjoller, A.; Loiseau, P. ; Smith, P. 1998. Global change, soil biodiversity and nitrogen cyclin in terrestrial ecosystems: three case studies. **Global change Biology**, 4: 729-743.

Takeda, H. 1995. Templates for the organization of collembolan communities. In: EDWARDS, C.A. (Ed.). *Structure and function of soil communities*. Kyoto: Kyoto University Press, p.5-20.

- Tapia-Coral, S. C. 2004. *Macro invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia peruana*. Dissertação de doutorado, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, Amazônia, 134p.
- Tapia-Coral, S.C.; Luizão, F.J.; Wandelli, E.V.; Fernandes, E.C.M. 2005. Carbon and nutrient stock in litter layer of agroforestry systems in central Amazonia, Brazil. **Agroforestry Systems**, 65: 33-42.
- Teixeira, W. G.; Pereira, E. G.; Cruz, L. A.; Bueno, N. 1996. Influência do uso nas características físico-químicas de um Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, Manaus, AM. In: *Congresso Latino-americano de Ciência do Solo*, 12, Águas de Lindóia. Anais. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Sociedade Latino-Americana de Ciência do Solo. 1 CD-ROM.
- Tisdall, J.M.; Cockroft, B.; Uren, N.C. 1978. The stability of soil aggregates as affected by organic materials microbial activity and physical disruption. **Aust. J. Soil Res.**, 16:9-17.
- Turco, R.F.; Kennedy, A.C.; Jawson, M.D. 1994. Microbial indicators of soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F. & Stewart, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, **Soil Science Society of America**. p.73-90
- Uhl, C. 1987. Factors Controlling Succession Following Slash-and-Burn Agriculture in Amazonia. *Journal of Ecology*, 75(2): 377-407
- Uhl, C.; Buschbacher, R.; Serrão, E.A. 1988. Abandoned pastures in Eastern Amazonia. I.Patterns of plant succession. **Journal of Ecology** 76: 663-681.
- Van Bavel, C.H.M. 1949. Mean weight-diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. **Soil Science Society of America**, 38:826-830.
- Vieira, I.C., Nepstad, D.C., Brienza Junior, S. Preira, C., 1993. A importância de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia. In *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia*. INPA, Manaus, 2: 43-53.

- Vieira, I.C.G. 1996. Forest succession after shifting cultivation in eastern Amazonia. Scotland. 205p. Dissertação, University of Stirling
- Vieira, L.S. 1988. *Manual de Ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais*. Agronômica Ceres, São Paulo, 464pp.
- Vieira, S.A. 1998. *Efeito das plantações florestais (Eucalyptus sp.) sobre a dinâmica de nutrientes em região de cerrado do Estado de São Paulo*. 73p. Dissertação, Escola Superior de Agricultura de “Luiz de Queiroz”.
- Wandelli, E.V. 2008. Estoques de biomassa em diferentes cenários de uso da terra ao norte de Manaus, Amazônia Central brasileira. Manaus: [s.n.], 162f. : il. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia.
- Wardle, D.A.; Yets, G.W.; Watson, R.N.; Nicholson, K.S. 1995. Development of the decomposer food web, trophic relationships and ecosystem properties during a three-year primary succession of sawdust. **Oikos**, (73): 155-166.
- Watrín, O.S.; Santos, J.R.; Valério Filho, M. 1996. Análise da dinâmica da paisagem do nordeste paraense através de técnicas de geoprocessamento. In: *Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 8., Salvador. Anais. São José dos Campos: INPE, 204.p.427-433. CD-ROM.
- Witt, C.; Gaunt, J. L.; Galicia, C. C.; Ottow, J.C.G. Neue, H. U. 2000. A rapid chloroform-fumigation extraction method for measuring soil microbial biomass carbon and nitrogen in flooded rice soils. **Biology and Fertility of Soils**, 30: 510-519.
- Young, P.C.; Kabibou, I.; Jacquín, F. 1990. Etudes des corrélations entre biomasse microbienne et différentes fractions d'azote organique présentes dans deux sols lorrains. **Soil Biology Biochemistry**, 22(3): 385-392.
- Zarin, D. J. et al. 2004. Legacy of fire slows carbon accumulation in Amazonian forest regrowth. **Front. Ecol. Appl.**, 14: 150-163.