

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

EFEITOS DO CULTIVO E DO POUSSO SOBRE O SOLO E A VEGETAÇÃO  
SECUNDÁRIA NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Mariella Camardelli Uzêda

Enga. Agrônoma

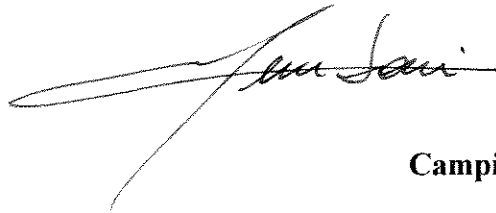
Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de Mestrado defendida por Mariella Camardelli Uzêda e aprovada pela Comissão Julgadora em 30 de agosto de 1995. Campinas, 23 de outubro de 1995.

Orientador: Prof. Dr. Newton Roberto Boni

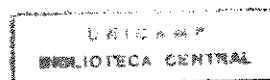
Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Água e Solos.

Presidente da Banca



Campinas

1995



UNIDADE	70C
N.º CHAMADA:	TI UNICAMP
	Uz 3 e
V.	0 Ex.
TOMBO BC	26962
PROC.	66796
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	12/3/96
N.º CPD	

CM-0 0084801-6

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Uz3e Uzêda, Mariella Camardelli  
Efeitos do cultivo e do pousio sobre o solo e a  
vegetação secundária da Amazônia oriental / Mariella  
Camardelli Uzêda.--Campinas, SP: [s.n.], 1995.

Orientador: Newton Roberto Boni.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Ecologia agrícola. 2. Amazônia. 3. Solos - Manejo.  
I. Boni, Newton Roberto. II. Universidade Estadual de  
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

## **DEDICO**

A Lya e Zeco, os melhores pais do mundo;  
Duva, Giottinho e Mirella, irmãos de corpo e alma;  
Guilherme, Amanda e Mariana, quanta saudade;  
a Vovó Lourdes, pela paz e sabedoria.  
Todos sempre tão longe, mas nunca longe demais

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Newton Roberto Boni, pela confiança, compreensão e paciência no convívio durante a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Roberto Espíndola e a Profa. Maria Alice Garcia, membros do meu comitê de orientação, pelas valiosas contribuições e por toda a atenção dispensada.

Ao Dr. Manfred Denich, coordenador do projeto Studies on Human Impact on Forest and Floodplains in the Tropics (SHIFT), pela confiança e pela ajuda no delineamento da hipótese básica deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia Agrícola que me deu liberdade e apoio em todo o processo que envolve a realização de uma tese.

Ao CNPq, FAEP e projeto SHIFT pelo apoio financeiro e a EMBRAPA/CPATU e ao CENA/USP pelo apoio logístico.

À Elizabeth Ying Chu, Areolino de Oliveira Matos e Regina Möller pesquisadores da EMBRAPA/CPATU pelo auxílio na resolução das dúvidas metodológicas durante a execução do trabalho.

À Martina Löding pelo empenho e boa vontade em transmitir sua experiência, poupando-me um tempo e esforço enormes.

Ao amigo Milton Kanashiro, pesquisador da EMBRAPA/CPATU envolvido na coordenação do projeto SHIFT, pelo apoio e paciência durante o período que estive em Belém.

A Dra. Brigitte J. Feiel por me permitir utilizar os laboratórios do CENA e pelas valiosas sugestões.

Às Secretárias Mara e Suzi (DAGSOL) e a Martinha (PG) pelo carinho de todos os dias.

Ao pessoal de laboratório, Célia Maria Braga Sarmiento, Mauro José dos Santos da Silva, Izaías Nascimento Leite, José Antonio de Oliveira Malcher e Raimundo Almeida de

Carvalho da EMBRAPA/CPATU, ao Robert (CENA/USP) e a Célia Gonçalves (FEAGRI/UNICAMP) por tornarem mais leves e agradáveis as intermináveis horas de laboratório

Ao pessoal de campo. "Seu" Domingos, quase Curupira das capoeiras de Igarapé-Açu, Rinaldo e seu primo, que jamais achavam muito qualquer trabalho apesar de acharem tudo estranho e dispensável. E ao "Seu" Luiz, motorista que pilotou com a mesma desenvoltura e disposição uma caminhonete e uma enxada.

À Drica Martini, grande amiga, irmãzinha que encontrei buscando pelas mesmas respostas. Um dia a gente chega lá, Tia Di, porque a gente merece.

À Baybinha, pela grande força de momentos super difíceis e risadas maravilhosas de outros melhores. E a Los Margueritas: Paulo Ricardo, Williams (o Gringolito), Pôlist, Yamília, Adolfo e Adolfito. Nada me fará tan feliz como "Los Margueritas".

Ao Marcelinho, só por ele estar aqui.

À Galera da Casa do Pavão e da Luzitania & Luzitania Empreendimentos - Lagras, Rê, Fernandinho, Solange e Paulão. Grandes sonhos, Grandes Negócios...

À Ninha (Ana Paula, Ana "for windows") por todo o carinho.

À todos os outros amigos da pós- graduação, que tornaram agradáveis os meus dias de FEAGRI.

À Dé, Sil, Drii, Isabelê, Malu. Lá de baixo, da pós da Eco, pelas vigílias vitoriosas e pela companhia. A flor de maio da Sil tá linda, vocês viram...

A D. Vilma, Cau e Ninha, que me adotaram, ou foram adotadas por mim, não sei...

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	iii
SUMÁRIO .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUÇÃO .....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
1. A Agricultura Migratória .....	3
2. Efeito do Manejo Sobre a Dinâmica de Alguns Atributos Químicos e da Matéria Orgânica do Solo.....	5
3. As Alterações Quantitativas da Biomassa Microbiana do Solo .....	9
3.1. Definição e Efeito do Cultivo e do Pousio Sobre a Biomassa Microbiana .....	9
3.2. Considerações Sobre os Métodos de Determinação .....	11
4. Efeito do Manejo Sobre a Estabilidade dos Agregados dos solos .....	12
4.1. Definição e Efeito do Cultivo e do Pousio .....	12
4.2. Considerações Sobre os Métodos de Determinação .....	15
5. Efeito Manejo Sobre a Regeneração da Vegetação Nativa .....	16
III. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
1. Descrição da Região de Estudo .....	17
1.1. Localização .....	17
1.2. O clima, o Solo e a Vegetação Natural .....	18
1.3. O Uso da Terra na Região Bragantina.....	19
2. Descrição dos Experimentos .....	21
2.1. Instalação dos Ensaios .....	21

2.2. Período e Forma de Amostragem .....	31
2.3. Métodos .....	32
2.3.1. Granulometria .....	32
2.3.2. Caracterização Química .....	32
2.3.3. Caracterização Bioquímica .....	33
2.3.4. Biomassa Microbiana .....	33
2.3.6. Estabilidade de Agregados .....	36
2.3.7. Fitomassa .....	37
2.3.8. Riqueza de Espécies .....	37
3. Tratamento Estatístico .....	38
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
1. Características Granulométricas e Alterações Químicas do Solo, Decorrentes dos Diferentes Manejos e do Pousio.....	39
2. Alterações do C Orgânico e do N do Solo em Função dos Manejos Adotados e do Pousio.....	45
3. Resposta da Biomassa Microbiana aos Diferentes Métodos de Determinação .....	47
4. Resposta da Biomassa Microbiana aos Diferentes Tratamentos Testados .....	49
5. Estabilidade de Agregados .....	56
6. Fitomassa e Riqueza de Espécies .....	61
V. CONCLUSÕES .....	65
VI. BIBLIOGRAFIA .....	68
VII. APÊNDICE .....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de Localização dos Experimentos nos Municípios de Castanhal e Igarapé-Açu .....	17
Figura 2. Croqui do Experimento 1 .....	23
Figura 3. Tratamento Tradicional do Experimento 1 .....	23
Figura 4. Tratamento "adubado" do Experimento 1 .....	24
Figura 5. Tratamento "mecanizado" do Experimento 1 .....	24
Figura 6. Croqui do Experimento 2A .....	26
Figura 7. Croqui do Experimento 2B .....	26
Figura 8. Capoeira de 5 anos do Experimento 2B .....	28
Figura 9. Tratamento Tradicional do Experimento 2B .....	28
Figura 10. Tratamento "sem queima" do Experimento 2 .....	29
Figura 11. Tratamento "com Canavalia" do Experimento 2 .....	29
Figura 12. Capoeira de 2 anos do Experimento 2B .....	30
Figura 13. Capoeira de 15 anos do Experimento 2B .....	30
Figura 14. Relação entre o C microbiano obtido pelos reagentes de ninidrina e o C microbiano obtido por oxidação, para os experimentos 1 e 2A.....	48
Figura 15. Relação entre o C microbiano obtido pelos reagentes de ninidrina e a biomassa de liteira.....	53
Figura 16. Relação Entre o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) Avaliado em Água e DMP avaliado em Benzeno.....	57
Figura 17. Relação Entre o Diâmetro Médio Ponderado (DMP) Avaliado em Água e DMP avaliado em Álcool.....	57



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise Granulométrica dos solos dos experimentos .....	39
Tabela 2. Efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio nos atributos químicos do solo .....	41
Tabela 3. Efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio sobre os teores de sulfato e fósforo do solo .....	43
Tabela 4. Percentagem e quantidades de C orgânico e N total do solo sob efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio .....	45
Tabela 5. Carbono microbiano do solo determinado pelo método da titulação e pelo método dos reagentes de ninidrina, sob efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio .....	49
Tabela 6. Biomassa microbiana N medida pelos reagentes de Ninidrina, sob efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio .....	50
Tabela 7. Relação entre C orgânico, N total e C e N microbianos determinados pelos reagentes de Ninidrina .....	54
Tabela 8. Diâmetro médio ponderado (DMP) avaliado em água, benzeno e álcool, sob efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio .....	58
Tabela 9. Fitomassa de liteira, de monocotiledôneas, dicotiledôneas, fitomassa total e número de espécies encontradas nos tratamentos sob cultivo .....	62
Tabela 10. Número de espécies dominantes e sua distribuição por hábito de crescimento sob os tratamentos nas áreas cultivadas .....	63

## RESUMO

No cultivo itinerante, comumente utilizado na Amazônia brasileira, o corte e queima da vegetação nativa é seguido pelo cultivo, que dura entre 3 e 4 anos. A área é então abandonada e deixada em pousio para que se restabeleça. Entretanto a necessidade de intensificar a produção tem obrigado os agricultores a reduzirem o período de pousio, e a retornarem a uma mesma área antes que esta tenha se recuperado. Foram montados 3 experimentos buscando-se alternativas ao cultivo migratório, tradicionalmente utilizado, que causassem menores danos ao solo e a vegetação secundária.

No experimento 1, os tratamentos adubado e mecanizado tiveram como testemunha o cultivo migratório (tratamento tradicional). Nos experimentos 2A e 2B, instalados em solos diferentes, foram testados o tratamento tradicional, o sem queima e ainda o consórcio com a *Canavalia ensiformis*, foi também avaliada uma sequência cronológica de áreas sob pousio a 2, 5 e 15 anos.

Os tratamentos mecanizado e adubado minimizaram a capacidade de retenção de nutrientes do solo em função da aceleração da mineralização, redução da biomassa microbiana e diminuição da estabilidade dos agregados. O tratamento mecanizado alterou também a capacidade de restabelecimento da vegetação nativa e portanto da recuperação dos solos durante o pousio. Nas áreas sob pousio os mecanismos de retenção de nutrientes dependem mais da vegetação em si do que de outros mecanismos como o C microbiano, sempre menor nas capoeiras que nas áreas sob cultivo. A estabilidade dos agregados por sua vez foi sempre maior no solo sob pousio. O tratamento sem queima foi o que pareceu causar menores impactos aos solos dos experimentos 2A e 2B, apresentando aumento da biomassa microbiana e do diâmetro médio dos agregados do solo, além de favorecer o aumento da fitomassa total e o estabelecimento de um maior percentual de espécies arbustivas e arbóreas.

## ABSTRACT

In the shifting cultivation, cultivation system prevalent in the Brazilian Amazon, the native vegetation is slashed and burned and after that the cropping is implanted for 3 or 4 years. Then, the area is abandoned and placed in fallow for regeneration. However, the necessity of the production intensity induced the farmers to reduce the fallow period, coming back to the same area before the complete regeneration. In this work 3 experiments was maked looking for alternatives to the shifting cultivation, traditional farming system, that achieves less damage to the soil and to the secondary vegetation.

In the experiment 1 the manure and mechanized treatements had the shifting cultivation (traditional treatment) lake witness. In the experiments 2A and 2B, maked in diferent soils, was researched the traditional treatment, the cultivation without burning and the *Canavalia ensiforis* association, was researched also a chronosequence of 2, 5 and 15 years old fallow areas.

The manure and the mechanized treatments, acelerated the soil nutrients losing processes by the microbial biomass reducing and cause the aggregates stability decrease and thus the soil recovery during the fallow period. On the fallow areas, retainment of nutrients mechanisms depend of the vegetation itself farther than other mechanisms like microbial C, constantly showed lesser to the fallow areas than to the cultivated areas. The soil aggregate continuously most stables to the falow areas. The cultivation without burnig treatment provoked lesser impacts to the experimnts 2A and 2B soils, showed retainments mechanisms and cycling of nutrients more efficient than others. Thus it help both, the microbial biomass increase and the mean diameter of soil aggregates enlargement.

## I. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade da agricultura tem sido uma questão bastante discutida nos últimos tempos e se torna ainda mais urgente quando se pensa na Amazônia, onde a agricultura migratória ainda é o modelo dominante, fazendo a necessidade de áreas agricultáveis cada vez maiores.

A agricultura praticada nos trópicos úmidos tem como característica principal o corte seguido da queima da vegetação primária (floresta) ou secundária (capoeira). O cultivo da área dá-se por três ou quatro anos e posteriormente a mesma é abandonada para que a capoeira se refaça e o solo se recupere através do pousio, com o reestabelecimento da vegetação secundária.

De um modo geral, o tempo de pousio não tem sido suficiente para a recuperação dos solos das áreas de pequena agricultura do Estado do Pará. No Nordeste paraense (Zona Bragantina), onde os solos vêm sendo cultivados há quase um século, a capoeira tem papel fundamental no manejo adotado pelos agricultores como recuperadora dos solos, normalmente pouco férteis.

Algumas formas alternativas de cultivo e manejo têm sido propostas para áreas tropicais. Entretanto, não foram testados os seus impactos sobre o ecossistema como um todo, e fundamentalmente sobre o solo, que, mais do que suporte, tem influência

determinante na formação da vegetação futura. Portanto, a mecanização, a adubação, a utilização de consórcio com leguminosa e a queima são práticas bastante polêmicas, cujos resultados serão testados neste trabalho.

Pretende-se comparar os resultados do manejo tradicional do solo com o de práticas alternativas, através do levantamento de alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo, bem como sobre a vegetação futura, através da avaliação da formação de fitomassa e riqueza de espécies, visando a recomendação de um procedimento adequado às condições locais.

Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram:

- Verificar as variações químicas em termos de estoque de C, N e outros macronutrientes disponíveis no solo, decorrentes de diferentes tipos de manejo;
- Caracterizar as variações biológicas em termos de biomassa microbiana do solo (por dois métodos de quantificação), decorrentes do emprego de diferentes tipos de manejo;
- Verificar as alterações da estabilidade dos agregados do solo decorrentes do emprego de diferentes tipos de manejo;
- Caracterizar as variações na produção de fitomassa e riqueza de espécies alcançada pela vegetação secundária, decorrentes do emprego de diferentes tipos de manejo.

## II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1. A Agricultura Migratória e Suas Alternativas

SIOLI (1984) caracteriza a pequena agricultura da Amazônia como fundamentalmente baseada no corte e queima. Acrescenta que este sistema seria o ideal para áreas pequenas e locais, onde o pousio pode ser suficientemente longo para a recuperação da fertilidade dos solos.

BURGUER E KITAMURA (1986) afirmam que este tipo de agricultura está se tornando insustentável sob as atuais condições socioeconômicas da região amazônica, alteradas em função da rápida ocupação das terras e pelo rápido crescimento da população. Conseqüentemente, os períodos de pousio tornaram-se curtos e a produção vem sofrendo uma queda constante. NYE & GREELAND (1964) apontam como um dos principais motivos para o abandono da área cultivada o declínio da produtividade, sendo necessárias práticas de manejo que permitam o alongamento do período de cultivo sem que ocorram prejuízos à regeneração da vegetação secundária, ou ao período de cultivo seguinte.

TRENBATH et al. (1990) classificam o encurtamento do período de pousio, ou mesmo o prolongamento do período de cultivo, como intensificações temporais e acrescentam que uma intensificação deste tipo na prática do cultivo itinerante, baseado no

corte e queima, pode ocasionar danos à capacidade regenerativa da vegetação secundária, por obstruir a sobrevivência de espécies não domesticadas necessárias à recuperação da fertilidade do solo, favorecendo o estabelecimento de gramíneas, de forma geral.

Tentativas de intensificação temporais têm sido experimentadas, sem sucesso. OKALI (1992), trabalhando na Nigéria, observou que o aumento dos períodos de cultivo e a redução dos períodos de pousio, em função do aumento populacional e da necessidade de maiores produções, provocaram o declínio na fertilidade e a degradação dos solos. Na Amazônia brasileira a introdução de cultivos permanentes e de pastagens tem falhado, aparentemente devido à baixa fertilidade e a degradação dos solos (FEARNSIDE, 1990).

TRENATH et al. (1990) apontam como outra alternativa de intensificação o uso de insumos químicos e mecânicos, que eles classificam como intensificação espacial. AHN (1970) sugeriu que a mecanização é uma alternativa viável para o cultivo de zonas de florestas tropicais.

OKALI (1992), entretanto, afirma que, em geral, práticas de adubação e mecanização tornam o ambiente muito homogêneo e reduzem a sua resiliência, sugerindo como práticas adequadas aquelas que se baseiam no manejo da matéria orgânica e adotam alternativas para a proteção do solo contra a erosão.

DICK (1992) afirma que os processos mediados biologicamente são centrais para a função ecológica dos solos, sendo a atividade biológica a força motriz na degradação de material exógeno, transformação da matéria orgânica e evolução e manutenção da estrutura do solo. Portanto, além dos nutrientes e da matéria orgânica, também a biomassa microbiana e a estrutura dos solos espelham a sustentabilidade das formas de manejo adotadas.

## **2. Efeito do manejo sobre a dinâmica de alguns atributos químicos e da matéria orgânica do solo.**

NYE & GREELAND (1960) acreditam que a simples aplicação de fertilizantes poderia resolver a baixa fertilidade dos solos tropicais. Entretanto OKALI (1992) chama a atenção para a pequena atividade das argilas 1:1 que dominam os ambientes dos trópicos úmidos, sendo, conseqüentemente, a fertilidade dos solos garantida especialmente pelo conteúdo de matéria orgânica.

MORAES (1991) mostrou que o conteúdo de carbono e de nitrogênio nos solos da Bacia Amazônica, está concentrado principalmente na camada entre 0 e 20 cm, significando que 45,6% do C estocado estão nos primeiros 100 cm de solo e que o nitrogênio dos primeiros 20 cm representa 41,8% do total estocado. CERRI (1989), trabalhando em Latossolos Amarelos da região de Manaus, quantificou o conteúdo total de C dos primeiros 20 cm do solo como sendo de 90 ton/ha. O C e o N são, portanto, bastante vulneráveis ao cultivo, por estarem concentrados na camada mais superficial do solo.

GREENLAND & NYE (1959) concluíram que na maioria das regiões florestadas a decomposição da matéria orgânica não muda significativamente depois da retirada da floresta, não provocando um distúrbio muito grande ao solo.

HERRERA et al. (1978) descreveram o ciclo de nutrientes das florestas de terra firme como sendo ciclos diretos, onde os nutrientes liberados pela decomposição da matéria orgânica vão diretamente para a vegetação nativa através de fungos micorrizicos. HERRERA et al. (1981), em experimento realizado em San Carlos de Rio Negro, na amazônia venezuelana, mostraram que este equilíbrio é quebrado com o cultivo, passando o



ciclo de nutrientes a ser indireto, aumentando a possibilidade de perdas devido a picos de aumento de cálcio, potássio e magnésio na solução do solo, seguido de declínios vertiginosos devidos às perdas por lixiviação.

MUELLER - HARVEY et al. (1985) observaram a liberação de nutrientes através da mineralização da matéria orgânica após a queima com a absorção desses nutrientes pela planta cultivada e estimaram que a demanda da cultura estaria suprida por 4 anos. Entretanto no primeiro ano a mineralização do nitrogênio foi maior que a demanda da cultura e este Nitrogênio foi lixiviado para fora do sistema.

A dinâmica dos nutrientes é alterada também em função do método de preparo do solo. HERNANI et al. (1987), estudando a influência de métodos de limpeza de um Latossolo Amarelo sob floresta, no Vale do Ribeira, encontraram que no 30º mês ainda havia o efeito da queima sobre o Ca, apesar de no 4º mês iniciar um forte declínio do pH e das bases trocáveis, que no 8º mês praticamente se igualaram aos valores iniciais. Entretanto a destoca sempre causou um aumento da velocidade de mineralização da matéria orgânica, resultando em valores de V% e CTC inferiores aos demais tratamentos.

EDEN et al. (1991), em trabalho realizado em Roraima, observaram haver aumento do pH e das bases trocáveis após a derruba e a queima da floresta. Entretanto, no fim do primeiro ano de cultivo tanto o pH como as bases voltaram a seus níveis originais.

EWEL et al. (1981), na Costa Rica, mostraram haver um aumento de P e K no solo no período em que a vegetação nativa permaneceu sobre o solo, antes da queima. Esta provocou uma nova adição de P e K ao solo, embora tenha provocado também volatilização de C, N e S. TOKY & RAMAKRISHNAN (1983), em trabalho realizado na Índia,

relataram haver perda do N durante a queima, bem como a inibição de sua fixação após a queima.

POWLSON et al. (1987), testando alternativas de cultivo em solos arenosos da Dinamarca, constataram um maior teor de C quando havia incorporação de palha no solo, comparado ao teor de C quando a palha era queimada.

MARTINS et al. (1990) mostraram que na Amazônia Oriental, os ecossistemas naturais têm menores quantidades de C ligadas às frações da matéria orgânica entre 200 - 2000 e entre 50 - 200  $\mu\text{m}$ , ou seja, a alteração do ecossistema afetaria mais o estoque de C nos resíduos vegetais do solo, e não tanto o complexo organomineral. Constataram também haver uma queda do teor de C do solo após o primeiro ano de cultivo.

EWEL et al. (1991), em trabalho realizado na Costa Rica, comparando a vegetação secundária com a monocultura, verificaram que esta tende a perder mais nutrientes que a vegetação secundária.

NYE & GREELAND (1960) sugerem que as perdas dos nutrientes trocáveis do solo durante o cultivo causam um desequilíbrio nas reservas de nutrientes lábeis e não lábeis sendo que nos períodos de pousio os nutrientes da reserva não lábil seriam transferidos para a reserva acessível às plantas, reestabelecendo o equilíbrio, com a maior parte do fósforo e dos cátions perdidos pela lixiviação durante o período de cultivo recuperados do subsolo na fase de pousio. NYE & FOSTER (1961) mostraram que uma vegetação secundária composta de arbustos obtém em torno de 30% do fósforo que necessita dos horizontes mais profundos do perfil, enquanto que as plantas cultivadas conseguem apenas entre 7 e 16%.

UHL & JORDAN (1984), trabalhando na Amazônia venezuelana, em uma área abandonada após corte e queima, encontraram valores altos de K, Mg, e  $\text{NO}_3\text{-N}$  após a queima. Entretanto, no segundo ano de pousio estes valores já haviam declinado e não diferiam significativamente dos valores encontrados na floresta.

TOKY & RAMAKRISHNAN (1983) concluíram que no 1º ano de pousio a concentração dos nutrientes é maior no solo do que na vegetação, exceto o N. O rápido declínio desses nutrientes que ocorre entre o 5º e o 10º ano é devido ao rápido crescimento da vegetação, havendo acúmulo dos mesmos no solo após o 10º ano.

Alguns nutrientes, como o nitrogênio e o enxofre, não podem ser recuperados da mesma forma que os demais, quando volatizados. Portanto a fixação deve assumir um importante papel na regeneração do N disponível. VITOUSEK & DENSLOW (1986) atribuem as altas taxas da mineralização e os níveis de nitrato e amônio encontrados no solo das florestas da Costa Rica à grande quantidade de leguminosas que compõem estas florestas. Portanto, talvez a utilização de leguminosas em consórcio com os cultivos seja aconselhável para o encurtamento do período de pousio, além de beneficiar as plantas cultivadas através do N mineralizado.

UHL (1987) argumenta que uma das razões pelas quais o pousio é capaz de regenerar a produtividade depois do cultivo é uma grande tolerância de algumas espécies da vegetação secundária à baixa disponibilidade de nutrientes. O autor chama a atenção para o fato de que as espécies secundárias não podem adicionar nutrientes ao sistema, porém elas aumentam o "pool" de nutrientes envolvidos no ciclo de nutrientes, permitindo um rápido estabelecimento da cobertura vegetal e da liteira, reduzindo as perdas. Portanto a liberação gradual de nutrientes pode promover um equilíbrio mais rápido entre o conjunto de

nutrientes acessíveis às plantas e aquele não acessível, pois minimiza as perdas por lixiviação.

AWETO (1981) em solos da Nigéria, mostrou que o pH, numa área em pousio sob vegetação nativa, sofreu declínio até o 10º ano, quando se igualou ao da floresta. A CTC, ao contrário, passou a crescer a partir do 3º ano de pousio, por estar vinculada à matéria orgânica. O fósforo, por sua vez, declinou até o 3º ano de pousio, quando passou a crescer até o 10º ano, atingindo valores mais altos que o da floresta. JUO & LAL (1977) confirmaram os resultados de Aweto, mostrando que a concentração de matéria orgânica tende a decrescer durante os 3 primeiros anos de pousio, a partir de quando passa a crescer.

BRUBACHER et al. (1989) trabalhando em Molissolos da América Central encontraram um pequeno aumento do C orgânico e do N total durante o pousio e afirmam que os níveis de nutrientes acumulados durante o pousio dependerão do estado de fertilidade dos solos quando abandonados. NYE & GREELAND (1960) também notaram que o aumento da matéria orgânica durante o pousio dependerá de quanto o seu equilíbrio foi afetado durante o cultivo.

### **3. As alterações quantitativas da biomassa microbiana do solo**

#### **3.1. Definição e Efeito do Cultivo e do Pousio Sobre a Biomassa Microbiana**

JENKINSON & LADD (1981) definem biomassa como a parte viva da matéria orgânica do solo, excluindo raízes e animais maiores que  $5 \times 10^{-15}$  cm, tendo papel fundamental nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica, sendo parte determinante na produtividade dos ecossistemas.

SPARLIG & ROSS (1993) relatam que a proporção do C microbiano no C orgânico do solo tem sido sugerido como um índice para o monitoramento de mudanças no solo sob diferentes formas de cultivo.

POWLSON et al. (1987) afirmam que a biomassa microbiana é um bom indicador das mudanças do C orgânico e do N do solo, dando uma perspectiva do que acontecerá com a matéria orgânica do solo durante o cultivo.

GREENLAND & NYE (1959) encontraram uma baixa taxa de decomposição da matéria orgânica de solos sob cultivo há 50 anos, quando comparados aos da floresta. Essas mudanças se refletem na população microbiana do solo, que também declina com o tempo de cultivo (SANCHEZ, 1976).

CARTER (1986) observou haver uma redução do C e N microbianos quando o cultivo contínuo é utilizado, por comparação com uma área em pousio; e reduções foram também observadas em áreas onde houve cultivo mecanizado, em comparação ao cultivo mínimo, sem o uso de máquinas.

INSAN et al. (1991), em solos do Alabama (EUA), apontaram como principal fator limitante para os microorganismos do solo o C orgânico, concluindo que o efeito da fertilização sobre eles é indireto, atuando nas entradas de C no ecossistema. Notaram também que a relação C microbiano /C orgânico é maior quando se utiliza adubação verde ou esterco.

BREMMER & VAN KESSEL (1992), trabalhando em solos arenosos, perceberam que o aumento do C e do N microbianos foi menor com o uso de adubo verde do que com palha de trigo ou de leguminosa, devido ao pouco C adicionado ao solo pelo adubo verde.

YANG & INSAN (1991), nas florestas tropicais da China, encontraram maior concentração da biomassa microbiana no horizonte superficial do solo, variando de 350 a 700 $\mu$ g de C microbiano /g de solo, na época chuvosa.

CERRI et al. (1985), trabalhando na Amazônia Oriental, mostraram que a derruba e a queima ocasionaram uma queda drástica na biomassa microbiana e uma inversão na sua distribuição no perfil, ao longo do tempo. Notaram ainda, que a quantidade relativa de C microbiano no C orgânico de solos sob pousio é maior do que a dos solos sob floresta.

SANTOS & GRISI (1981), em Latossolo Amarelo da região de Manaus, encontraram um efeito benéfico da queima sobre a biomassa microbiana, em função do aumento da mineralização da matéria orgânica, quando comparada à área sob floresta.

BONDE et al. (1988) sugerem que a biomassa microbiana pode ser uma fração potencialmente mineralizável no solo. Portanto, nas áreas sob cultivo ocorre a mineralização da matéria orgânica da liteira e dos restos florestais, e posteriormente, com a redução das entradas de matéria orgânica, a biomassa seria mineralizada e se reduziria.

### **3.2. Considerações Sobre os Métodos de Determinação**

Para a determinação da biomassa microbiana normalmente são utilizados métodos baseados no princípio de fumigação e incubação (FI), ou baseados no princípio de fumigação e extração (FE). Entretanto, em solos ácidos o método de fumigação e extração

exige cuidados especiais para que não haja uma superestimativa da biomassa mensurada. VANCE et al. (1987a) acreditam que os métodos baseados no princípio de fumigação e extração proporcionam uma maior precisão de resultados.

O princípio do método FE está baseado na medida do conteúdo que é liberado das células dos microorganismos durante a fumigação com clorofórmio. Entre os métodos baseados no princípio da fumigação e extração, há o método descrito por VANCE et al. (1987b), que obtém as medidas de C microbiano a partir da oxidação com dicromato de potássio. AMATO & LADD (1988) sugeriram a medida dos compostos reativos da ninidrina (CRN) como indicadores do C e N microbianos. JOERGENSON & BROOKS (1990) revisaram o método proposto por AMATO & LADD e propuseram que os extratos utilizados fossem obtidos a partir de soluções de 0,5M  $K_2SO_4$ . SPARLING & ROSS (1993) coloca que a principal vantagem do método utilizando os CRN é que o mesmo extrato pode ser utilizado para medir N e C microbianos.

AZAN et al (1989) apontaram uma superestimativa da biomassa microbiana recentemente incorporada quando utilizado o método FE, através da oxidação de carbono, mostrando que talvez o método FE baseado no CRN produzisse resultados mais confiáveis, sendo importante a sua comparação.

#### **4. Efeito do Manejo Sobre a Estabilidade dos Agregados dos Solos**

##### **4.1. Definição e Efeito do Cultivo e do Pousio**

A interação entre microorganismos, raízes de plantas, polissacarídeos e compostos húmicos aromáticos com partículas minerais primárias (areia, silte e argila) dá origem aos macro e microagregados, base da estrutura do solo. A vulnerabilidade do solo à lixiviação,

erosão e outros impactos está intimamente relacionada à sua estrutura, que se torna espelho dos impactos positivos ou negativos das práticas de manejo adotadas. O cultivo do solo altera sua estabilidade estrutural e reduz a quantidade de matéria orgânica (VAN VEEN & PAUL, 1981), onde a biomassa microbiana tem um importante papel, como produtora de agentes cimentantes dos agregados.

A estrutura propicia condições essenciais ao desenvolvimento vegetal, afetando disponibilidade de água e minerais, a aeração, a atividade da fauna e flora do solo e o crescimento de raízes. Sua alteração provoca modificações na relação solo/ planta, afetando o crescimento das culturas e a sua produtividade (OADES, 1984).

A importância da qualidade da matéria orgânica na estabilidade dos agregados, tem sido comprovada por diversos pesquisadores (BAVER, 1930; MORACHAN et al., 1972). MCCALLA (1945) salienta que a qualidade da matéria orgânica parece ser mais importante do que a quantidade. MARTIN et al. (1955) citam diversos autores que afirmam unanimemente que materiais de extrema resistência à decomposição apresentam pouco ou nenhum efeito sobre a agregação.

SIQUEIRA (1986) menciona que o efeito agregante de materiais orgânicos rapidamente decompostos pelos microorganismos, tais como glicose e polissacarídeos, aumentam a estabilidade estrutural, mas têm efeito pouco duradouro. Materiais com decomposição mais lenta conferem um caráter mais duradouro à agregação.

A ação da matéria orgânica na agregação está intimamente ligada à atividade microbiana do solo. BAVER et al. (1972) citam que somente o material orgânico, sem transformação biológica, não tem qualquer efeito sobre a estrutura do solo. Os microorganismos do solo participam da agregação tanto aproximando partículas entre si,



como produzindo polissacarídeos e outras substâncias orgânicas que atuam como goma ou cimento. O primeiro mecanismo de aproximação forma os agregados e o segundo lhes dá estabilidade (ALISSON, 1973).

COSTA et al. (1985) chamam a atenção para o fato de a matéria orgânica atuar também indiretamente sobre a agregação, agindo como fonte energética para os microorganismos do solo.

GUPTA & GERMIDA (1988), trabalhando em solos Chernozênicos, observaram haver uma redução dos agregados, ao compararem solos cultivados com solos sob vegetação nativa. Afirmaram também que existe uma forte relação entre o tamanho dos agregados do solo e sua biomassa microbiana, sendo os macroagregados mais ricos em C, N e S microbianos do que os microagregados.

ARAÚJO (1993), em trabalho realizado em um Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una, mostrou que a queima provocou uma redução dos agregados maiores que 1,00 mm de diâmetro.

MBAGWU (1991) observou, em um Ultisol da Nigéria, que o "mulch" (cobertura morta) aumentou o percentual de agregados estáveis em água devido à sua proteção contra o impacto das chuvas, bem como ao secamento rápido do solo.

KHAN & DATTA (1991), em solos lateríticos da Índia, mostraram haver um aumento na taxa de difusão do oxigênio quando foi utilizado "mulch", por comparação com o solo descoberto. Os autores chamaram a atenção para a forte relação existente entre as trocas gasosas e estrutura do solo.

NORTCLIFF et al. (1990) demonstraram que a estabilidade da estrutura do solo é levada a níveis semelhantes ao da floresta quando uma cobertura vegetal mais densa é utilizada.

ROTH et al. (1991) encontraram maior diâmetro médio ponderado de agregados nos solos onde foi adotado o plantio direto, comparados àqueles onde se utilizou o preparo convencional.

Após o estabelecimento do pousio um novo equilíbrio é encontrado entre a vegetação e o solo. ROTH et al. (1991) encontraram maiores índices de estabilidade de agregados nos solos sob mata natural e nos solos sob pousio após a queima. MAAS et al. (1988) demonstraram que a cobertura do solo ("mulch") encontrada na floresta reduz a erosão do solo, quando comparado às áreas sob cultivo.

#### **4.2. Considerações Sobre os Métodos de Determinação**

O principal fator que determina a distribuição do tamanho dos agregados é a maneira como a massa do solo é rompida (KEMPER & CHEPIL, 1965). ANGULO et al. (1984) propõem que a determinação da estabilidade de agregados deve utilizar no laboratório, forças de desintegração da massa do solo semelhantes àquelas existentes no campo. Acrescentam que o método mais adequado parece ser o de peneiramento em água. KEMPER (1965) observou que no método da imersão direta simulam-se as forças de desintegração encontradas em condições de inundação e de erosão laminar, sendo estas as formas de desintegração que comumente ocorrem nos solos dos trópicos, sujeitos a fortes chuvas durante grande parte do ano.

CAMARGO et al. (1986) acreditam que o embebimento da amostra em álcool permite inferências acerca do efeito das cargas do solo sobre a agregação, e que o embebimento em benzeno proveria uma maior compreensão do papel desempenhado pela matéria orgânica e seus compostos.

### **5. Efeito do Manejo Sobre a Regeneração da Vegetação Nativa**

EWEL et al.(1991) apontam como alternativa para cultivos adequados aos trópicos úmidos a adoção de práticas culturais que permitam um funcionamento dos ciclos de nutrientes semelhantes aos das florestas. A adoção de modelos de cultivo que promovam maior proteção ao solo, através de cobertura viva e morta, bem como maiores níveis de nutrientes, sem que haja o comprometimento da regeneração da vegetação secundária, para que o período de pousio possa reestabelecer os solos em um período mais curto que o tradicionalmente utilizado, pode ser um possível caminho para uma agricultura mais sustentável na Amazônia.

MIYANISH & KELLMAN (1986), na América Central, mostraram que a destoca leva à diminuição das reservas dos rebrotos que restam no solo e à perda da capacidade de regeneração. O reestabelecimento de árvores e arbustos dá-se principalmente por rebrota, e a rápida recuperação do componente arbóreo nos locais de pousio é importante no controle de ervas e no acúmulo de nutrientes (BRUBACHER et al., 1989).

UHL & JORDAN (1984) observaram que nas parcelas queimadas nos primeiros anos de sucessão havia apenas metade do número de espécies/unidade de área do que o encontrado na área controle. Salientam que muitas sementes de espécies da vegetação primária têm poucas chances de se estabelecerem em locais que sofreram distúrbios.

EWEL et al. (1981) notaram que o estoque de sementes sofreu uma redução de 24% durante o período posterior à derruba, reduzindo-se ainda mais quando os restos vegetais acumulados sobre o solo foram queimados. Estas perdas no banco de sementes podem provocar o retardamento no crescimento e regeneração da vegetação secundária.

### III. MATERIAL E MÉTODOS

#### 1. Descrição da Região de Estudo

##### 1.1. Localização

Os estudos de campo foram realizados nos municípios de Igarapé-Açu e Castanhal, ambos localizados na micro região Bragantina (Nordeste paraense). O município de Igarapé-Açu localiza-se a leste de Belém, entre os paralelos  $0^{\circ}45'$  e  $1^{\circ}39'$  de latitude sul e  $46^{\circ}16'$  e  $48^{\circ}15'$  de longitude oeste; o município de Castanhal localiza-se entre os paralelos  $0^{\circ}50'$  e  $1^{\circ}9'$  de latitude sul e  $46^{\circ}20'$  e  $48^{\circ}45'$  de longitude oeste (figura 1).

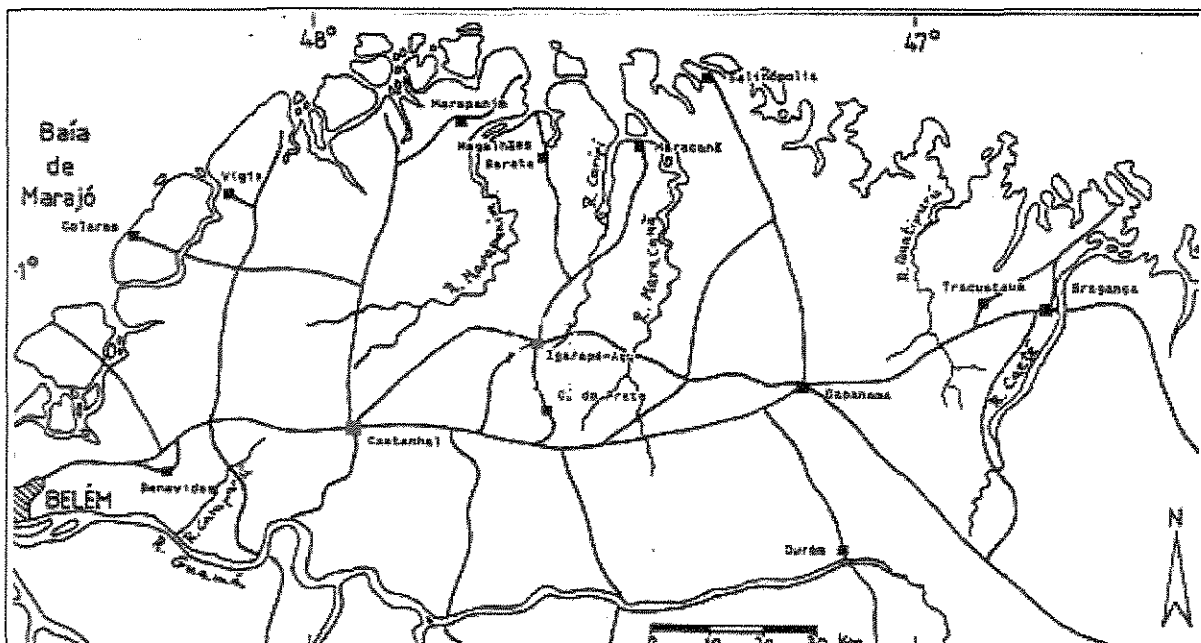


Figura 1. Mapa de localização dos Experimentos 1, 2A e 2B, nas Cidades de Igarapé-Açu e Castanhal, no Estado do Pará

## 1.2. O Clima, o Solo e a Vegetação Natural

O clima da região Bragantina tem a temperatura média anual variando entre 25 e 26°C, precipitações entre 2000 e 3000 mm e uma média anual de horas de insolação de 2200 a 2400 h (DINIZ, 1986).

DENICH (1991) considera o clima predominante como Am, da classificação de Köppen, tendo as temperaturas mensais médias acima de 18°C, com breves períodos secos, com as camadas mais profundas do solo mantendo-se sempre úmidas, devido à quantidade de precipitação anual.

O relevo é plano a levemente ondulado, onde as elevações mais altas não passam dos 60 m de altitude acima do nível do mar. Os solos desenvolveram-se no terciário e quaternário, através de sedimentos continentais de água doce, produtos da meteorização do granito, do gnaisse e do arenito do escudo guianense e brasileiro, que foram depositados durante o plioceno e pleistoceno. Devido às características do material original e em virtude dos processos de lixiviação, os sedimentos são extremamente oligotróficos, dando origem a solos com suprimento extremamente baixo de nutrientes (DENICH, 1991).

A classe de solos dominante na região é o Latossolo Amarelo (VIEIRA, 1967), que é também a unidade presente nas áreas onde foram instalados os três experimentos de campo utilizados na realização deste trabalho.

A vegetação original dos locais onde se encontram montados os experimentos é de floresta primária de terra firme. Formação fisionômica dominante na Amazônia, esta floresta de alta diversidade geralmente tem de 500 a 700 árvores e 100 a 280 espécies de árvores por hectare. A superfície do dossel é irregular, com 25 a 30 metros de altura, com poucas

árvores emergentes excedendo a 40 m (NELSON, 1992). Entretanto, são poucas as manchas de vegetação natural restante, sendo dominante uma vegetação secundária de origem antrópica.

### **1.3. O uso da terra na Região Bragantina**

A região Bragantina, após um século de agricultura, sofre dos males das práticas de cultivo inadequadas e da demanda por mais áreas dedicadas à produção, que, além de degradarem o solo reduziram drasticamente a vegetação de mata natural. Burger (1986) classifica a microrregião como zona de agricultura intensiva com desmatamento avançado, e ressalta que, apesar de representar apenas 2% da Amazônia Oriental, abriga 1/6 da população, chegando a ter 30 habitantes por km<sup>2</sup>. A área ocupada por florestas primárias e secundárias representa apenas 31% dos estabelecimentos.

O desmatamento na região aumentou de 50,6% em 1970 para 87,9% em 1986. As lavouras anuais vêm apresentando uma ligeira queda em áreas plantadas, enquanto que a pastagem tem avançado bastante, o que pode ser atribuído à baixa produtividade daquelas (ROCHA et al., 1992 dados não publicados).

De acordo com dados do Censo Agropecuário do IBGE (1985), praticamente toda a região encontra-se ocupada, sendo que 44% da área acupada é de pequenos estabelecimentos (tab. 1).

**Tabela 1. Estrutura Fundiária da Região Bragantina. Dados retirados dos Censo Agropecuário do IBGE, 1970 e 1985.**

Classes de Tamanho	Total		< 20 ha		20 a 50 ha		50 a 200 ha		> 200 ha	
	área (ha)	%	área (ha)	%	área (ha)	%	área (ha)	%	área (ha)	%
1970	615.366	100	57616	9	2248114	40	210134	34	99502	16
1985	714049	100	63228	9	250009	35	181671	25	219135	31

As culturas perenes, como maracujá, laranja e dendê, têm crescido significativamente principalmente entre 1985 e 1990. A pecuária, entretanto, é quem mais tem ganho importância, ocupando os locais onde anteriormente eram capoeira (ROCHA et al. 1992).

FLORHSCHUTZ & KITAMURA (1986) caracterizam a agricultura da região como tendo uma agricultura com forte envolvimento familiar, onde os roçados (cultivos de ciclo curto) têm como finalidade principal o auto abastecimento. Os roçados de inverno começam a ser implantados no período seco, quando a capoeira é derrubada e deixada para secar até o final da estação, quando é queimada e as sobras amontoadas em coivaras e requeimadas. Normalmente, planta-se primeiro o milho, seguido do arroz, e por último, a mandioca. No cultivo de verão são aproveitados períodos de estiagem onde são feitas a queima e a requeima, e plantados o feijão, o caupi, o algodão e a mandioca. De forma geral, para a realização de todas as etapas do cultivo são utilizadas ferramentas manuais como foice, machado, facão e enxada.

A melhoria da produtividade dessa região requer o estudo de práticas agrícolas que se adequem às características do ecossistema, permitindo a utilização mais intensiva da terra sem que isso implique em perda de produtividade ou degradação do solo.



## **2. Descrição dos Experimentos**

Para atender aos objetivos desse trabalho, foram conduzidos três experimentos que se situam em dois diferentes locais no município de Igarapé-Açu (experimentos 1 e 2B) e ainda na Comunidade de Iracema (experimento 2A), pertencente ao município de Castanhal. No experimento 1 foram avaliados os impactos da mecanização e da adubação, tendo como testemunhas as práticas de cultivo tradicionais da região. Nos experimentos 2A e 2B foram avaliadas as práticas tradicionais, o consórcio com leguminosas e o abandono da queima, tendo como testemunhas uma sequência cronológica de áreas sob pousio há 2, 5 e 15 anos. A diferença entre as áreas dos experimentos 2A e 2B consiste em o primeiro possuir solos menos férteis do que o segundo.

### **2.1. Instalação dos Ensaios**

Para montagem dos experimentos foi derrubada uma vegetação secundária de 5 anos de idade. A derruba foi feita em setembro de 1992, e no mês seguinte foi realizada a queima nos tratamentos, onde o efeito desta prática iria ser avaliado.

O corte foi realizado manualmente e o material originado da derruba foi amontoado e deixado por um mês para secar até a queima. No tratamento 3 do experimento 1 a destoca ocorreu no início de dezembro (dias 4 a 7) e a mecanização ocorreu no final do mesmo mês (dias 28 a 30).

O milho foi plantado em janeiro de 1993 e colhido em julho de 1993; a mandioca foi plantada em fevereiro de 1993 e colhida em fevereiro de 1994, perfazendo um total de 15

meses de cultivo, se o início do cultivo for considerado a partir da data de queima. Todos os tratamentos sofreram uma roçagem antes do plantio.

No experimento 1 foi utilizada a cultivar de mandioca Olho Verde e nos experimentos 2A e 2B a cultivar d Maniva Inha. A cultivar de milho utilizada em todos os experimentos foi a BR106.

### **- Experimento 1**

Localização: Ramal do Prata, município de Igarapé-Açu

Delineamento Experimental : Tratamento com 6 repetições, parcelas de 8X15m, ruas de 2 a 3 m (fig. 2).

#### **Tratamentos:**

1. Tradicional (fig. 3)
2. Adubado (fig. 4)
3. Mecanizado (fig. 5)

Experimento 1  
Parcelas : 8 X 15 m de largura  
ruas: 2 - 3 m  
delineamento experimental : Blocos ao acaso

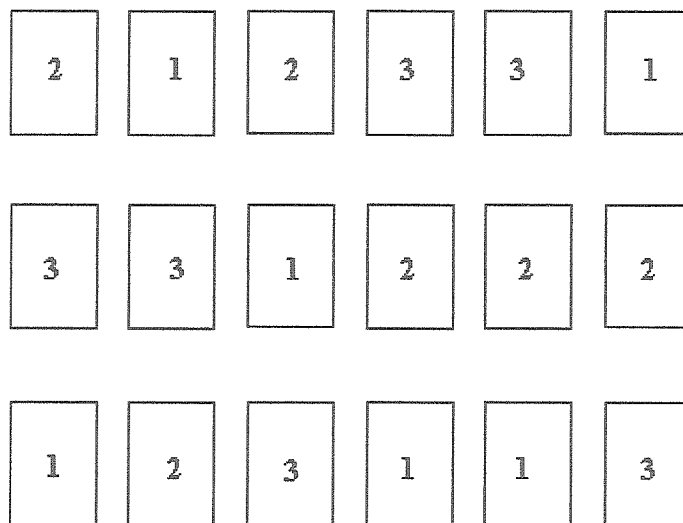
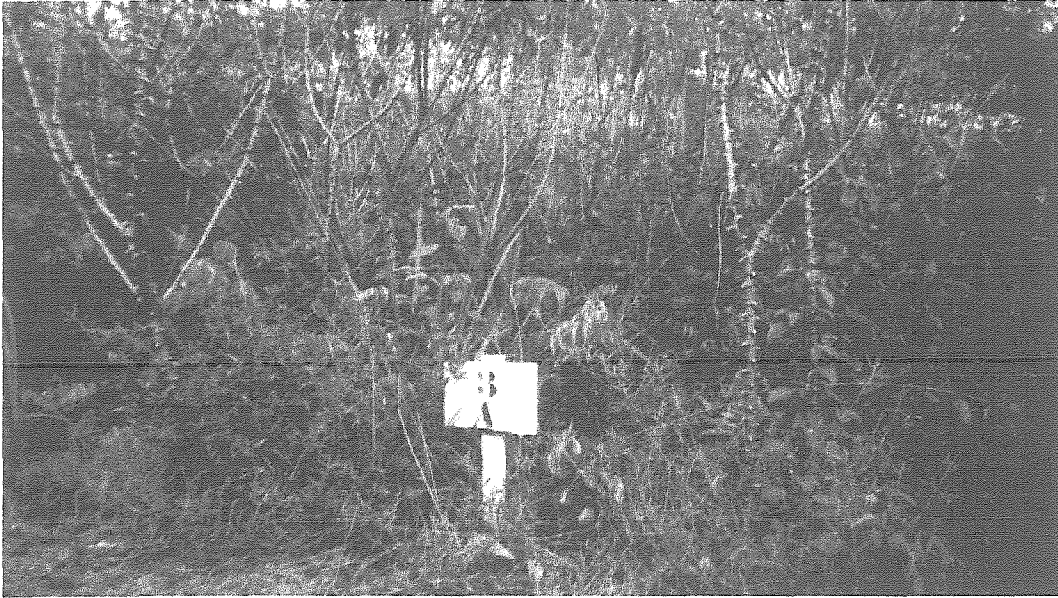


Figura 2 . Croqui do experimento 1 onde: 1. Tratamento tradicional; 2. Tratamento Adubado; 3. Tratamento Mecanizado



Figura 3. Tratamento tradicional do Experimento 1: derruba manual + queima + plantio [milho seguido de mandioca, seguindo o sistema tradicional de corte e queima para a implantação, com uma adubação de 100 kg/ha de adubo composto NPK 10-28-20 (sendo aplicadas 1,2 Kg/parcela durante o plantio)]



**Figura 4. Tratamento Adubado do Experimento 1 derruba manual + queima + plantio [semelhante ao tratamento tradicional sendo que com uma maior dosagem de fósforo na forma de fosfato de rocha, 180kg/ha de P antes do plantio sendo incorporados 8 kg/parcela, o N na forma de uréia (266,67 g/parcela) e 30 kg/ha de K na forma de cloreto de potássio, (400 g/parcela)]**



**Figura 5. Tratamento Mecanizado do Experimento 1. derruba manual + queima + destocamento manual + aração e gradagem mecanizada + plantio e adubação a semelhança do tratamento 1.**

### **-Experimento 2A e 2B**

Localização: O experimento IIA localiza-se próximo a Vila de Iracema, no município de Castanhal e o experimento IIB localiza-se no Ramal do Cumarú, no município de Igarapé-Açu.

Delineamento Experimental : Tratamentos com 6 repetições, parcelas de 8X12m, ruas de 2m (fig.6 e fig. 7).

Os tratamentos em ambos os experimentos são os mesmos.

#### **Tratamentos:**

1. Capoeira de 5 anos (fig. 8).
2. Tradicional (fig. 9)
3. Sem Queima (fig. 10)
4. Com *Canavalia* (fig. 11)

Experimento 2A  
 Parcelas : 8 X 12m de largura  
 ruas: 2 - 3 m  
 delineamento experimental : Blocos ao acaso

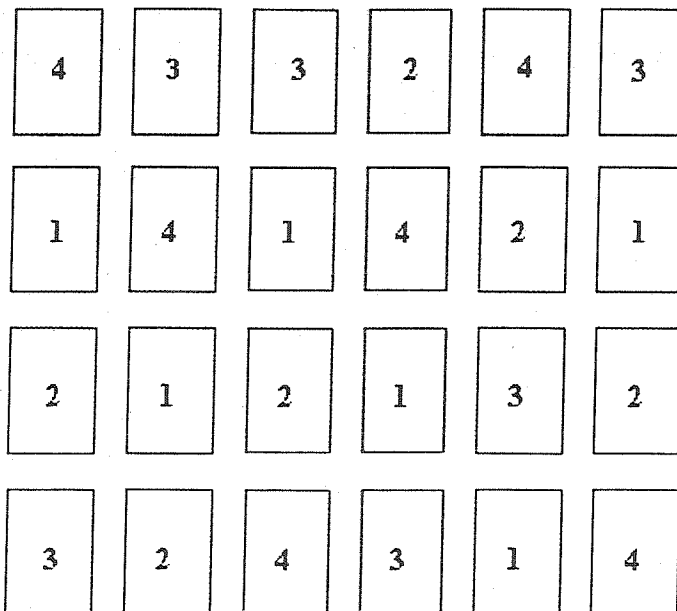


Figura 6 . Croqui do experimento 2A onde: 1. Capoeira de 5 anos; 2. Tratamento Tradicional; 3. Tratamento sem queima; 4. Tratamento com *Canavalia*

Experimento 2B  
 Parcelas : 8 X 12 m de largura  
 ruas: 2 - 3 m  
 delineamento experimental : Blocos ao acaso

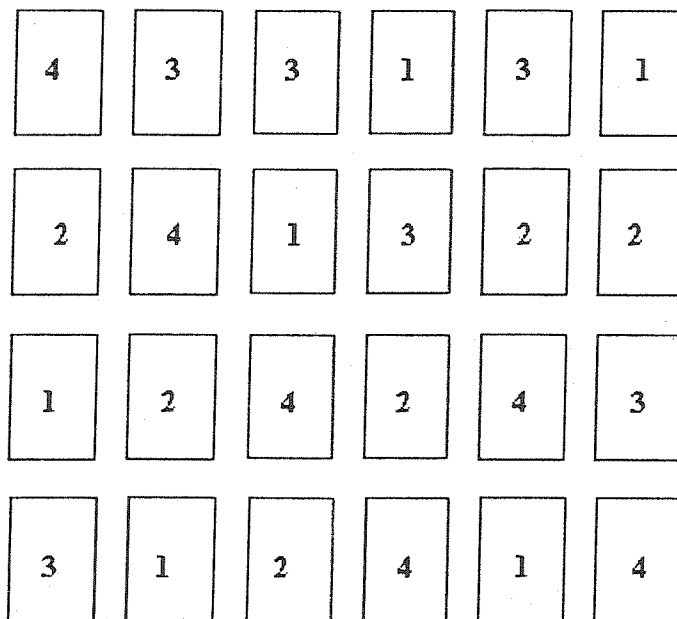


Figura 7 . Croqui do experimento 2B onde: 1. Capoeira de 5 anos; 2. Tratamento Tradicional; 3. Tratamento sem queima; 4. Tratamento com *Canavalia*.



**Figura 8. Capoeira de 5 anos do Experimento 2B. Área com vegetação secundária, sob pousio a 5 anos**



**Figura 9. Tratamento Tradicional do Experimento 2B. derruba manual + queima + plantio (milho seguido de mandioca estabelecidos a 2 anos seguindo o sistema tradicional de corte e queima para a implantação, com uma adubação de 100kg/ha de adubo composto NPK, de formulação 10-28-20)**



Figura 10. Tratamento "sem queima" do Experimento 2A: derruba manual, sem queima (foi retirado o material remanescente da capoeira derrubada com mais de 2 cm de diâmetro) + plantio e adubação (conforme o efetuado no tratamento 2)



Figura 11. Tratamento "com *Canavalia*" do Experimento 2B: derruba manual + queima + plantio e adubação (conforme o efetuado no tratamento 2) + cobertura viva (utilizando *Canavalia ensiformis*, ou feijão de porco)



### **- Sequências Cronológicas de Capoeiras**

São chamadas sequências cronológicas, áreas de mesmo solo e com o mesmo histórico de cultivo, porém com tempo de pousio diferenciado.

Localização: A primeira sequência cronológica localiza-se nas proximidades a vila de Iracema, no município de Castanhal e a segunda localiza-se no Ramal do Cumaru, no município de Igarapé-Açu.

Delineamento Experimental: Foram amostradas parcelas ao acaso, de 8x15 metros, sendo 4 repetições por tratamento.

Tratamentos:

1. Capoeira de 2 anos de idade (fig. 12)
2. Capoeira de 15 anos de idade (fig. 13)

As sequências cronológicas foram completadas pelo tratamento 1 dos experimentos IIA e IIB, formando sequências cronológicas de 2, 5 e 15 anos, tendo como histórico de uso apenas o cultivo tradicional.



**Figura 12. Capoeira de 2 anos do Experimento 2B**



**Figura 13. Capoeira de 15 anos do Experimento 2B**

## 2.2. Período e Forma de Amostragem:

A amostragem realizou-se no período entre 16 e 25 de janeiro de 1994, quando a mandioca se encontrava próxima ao ponto de colheita. Em cada parcela foi estabelecido um transeito diagonal, demarcada uma bordadura de 1 metro, sendo então retiradas amostras de metro em metro, de uma extremidade a outra, nos primeiros 10 cm de profundidade, formando 10 pontos amostrais por parcela. Os pontos amostrais formaram amostras compostas por parcela.

Para avaliação de umidade, caracterizações química e bioquímica e biomassa microbiana aliquotas do mesmo conjunto de amostras foram utilizadas. Para a sua coleta utilizaram-se 2 anéis de 5 cm de diâmetro por 5 cm de profundidade a cada ponto amostrado, atingindo o ponto médio dos 10 cm de profundidade. A terra contida nos anéis foi passada para um saco plástico por parcela, formando amostras compostas. No laboratório, essas amostras foram peneiradas em malha de 2mm e divididas para os seus diferentes fins.

No caso da caracterização química e bioquímica, as aliquotas das amostras compostas de cada parcela foram acondicionadas em sacos plásticos com respiradouros. Os 100 g destinados à avaliação da biomassa microbiana foram levados a ambiente refrigerado, onde permaneceram em câmara fria a 4°C por cinco dias, quando foram iniciadas as análises.

Para a retirada das amostras que se destinavam à avaliação da estabilidade de agregados foi utilizada uma pá e posteriormente as amostras foram embaladas em caixas de papelão, de forma a não se alterar a condição estrutural das mesmas.

Para a análise da fitomassa viva e do material vegetal que se encontrava sobre o solo foi demarcada uma bordadura de três metros e estabelecido um transecto diagonal, onde foram retiradas três amostras, utilizando um quadrado de  $1\text{m}^2$ , distanciadas um metro uma da outra.

## **2.3. Métodos**

### **2.3.1. Granulometria**

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta, descrito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)/ Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS)(1979), sendo determinada no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP

### **2.3.2 Caracterização Química**

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química do Solo do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), onde as amostras foram secas ao ar, peneiradas a 2mm e moídas a 100 meshes.

Aquele laboratório usou como base metodológica:

- Raij & Quaggio (1983) para determinação do pH em  $\text{CaCl}_2$  (0,01 M); determinação do Al + H em solução tampão SMP; P e bases trocáveis através da extração com resina.

-Williams & Stenberg (1959) para a extração dos sulfatos com  $\text{CaCl}_2$  (0,15%) e Vitti (1988) para determinação por turbidimetria.

A CTC foi obtida por método indireto, através da soma de bases mais Al + H

### 2.3.3. Caracterização Bioquímica

As análises bioquímicas também foram realizadas no Laboratório de Fertilidade de Solos do CENA, utilizando-se dos métodos:

C orgânico: digestão com Ácido Sulfúrico e  $\text{NaCr}_2\text{O}_7$

N: pelo método de Kjeldahl (Bremmer, 1965)

Para o cálculo da quantidade de C orgânico e N total da camada de 0 a 10 cm do solo, foi considerada a densidade de  $1,54\text{g/cm}^3$  para os experimentos 1 e 2A e a densidade de  $1,41\text{ g/cm}^3$  para o experimento 2B, citadas por Vieira et al. (1967) como densidades médias para aqueles solos.

### 2.3.4. Biomassa Microbiana

A biomassa foi mensurada tanto pelo método do nitrogênio reativo da Ninidrina, descrito por Jørgensen & Brookes (1990), como pelo método da digestão do carbono, descrito por Vance et al. (1987b).

Ambos os métodos baseiam-se no princípio da fumigação e extração (por  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , 0,5M). Para o início da análise cada amostra composta foi representada por seis subamostras de 10 g cada e três delas foram fumigadas, enquanto que as outras três prestaram-se como testemunhas. A fumigação foi feita em dessecadores fechados a vácuo, contendo 25 ml de etanol ( $\text{CHCl}_3$ ), no escuro, por 24 horas.

Completado o tempo da fumigação as amostras (fumigadas e não fumigadas) foram passadas para frascos de 300ml e receberam 40 ml de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (0,5 M), sendo então levadas

ao agitador por 30 min. Após 8 horas de repouso foram filtradas, colocadas em frascos de 20 ml, e levadas para o congelador, prontas para serem efetuadas as medidas de C e N microbiano.

Pelo método de Vance et al. (1987) o carbono microbiano foi determinado pela digestão de 8 ml do extrato filtrado com 2ml de  $K_2Cr_2O_7$  (66,7 mM), 10 ml de  $H_2SO_4$  concentrado e 5 ml de  $H_3PO_4$  concentrado, por 1 hora. O excesso de dicromato foi determinado por oxidação com Sulfato Ferroso de Amônio (33,3 mM) em  $H_2SO_4$  (0,4 M), sendo a fenolftaleína o indicador. O carbono extraído foi calculado assumindo que 1 ml de  $K_2Cr_2O_7$  (66,7 mM) é equivalente a 1200 ugC.

Para o cálculo da biomassa microbiana foi feita a seguinte relação:

$$\text{Biomassa C} = \text{EC} / K_{ce}$$

onde

EC: diferença entre a média do carbono extraído dos tratamentos fumigados e a média das testemunhas, expressos em ug C/ g de solo.

$K_{ce}$ : fator de correção para a extração do carbono microbiano (0,33)

Pelo método de Brookes & Jørgensen (1990) é medido o N reativo da Ninidrina, e a partir dessa medida o C e o N microbiano foram calculados. Do extrato filtrado retirou-se 0,6 ml e, em tubo de ensaio, a ele foram adicionados 1,4 ml de Ác. Cítrico, 1,0 ml de Reagente de Ninidrina que então foram levados para o banho-maria por 20 min a 100°C. Depois de esfriar foram adicionados 4 ml de Etanol

Paralelamente ao preparo da solução descrita anteriormente foi feita uma curva padrão de leucina para calibração do espectrofotômetro, variando a concentração de 0 a 500

$\mu\text{m}$ , que foi levada ao banho-maria junto com a solução preparada de cada amostra. Posteriormente foi feita a leitura no espectrofotômetro, com o comprimento de onda de 570 nm.

O cálculo do N da ninidrina, considerando o solo seco ( $105^{\circ}\text{C}$ , 24h), foi feito utilizando-se a seguinte relação:

$$N_{\text{nin}} [\mu\text{g Nnin/g solo}] = (DA \times E \times M \times 100) / (C \times P \times \%ms)$$

onde

DA: diferença entre a média da absorbância dos tratamentos fumigados e a média da absorbância das testemunhas.

E: quantidade de extrator = 40 ml (0,5 M  $\text{K}_2\text{SO}_4$ )

M: peso molecular do nitrogênio = 14

C: coeficiente de absorbância, obtido através da média aritmética das medidas de absorbância da curva padrão de Leucina multiplicada por 1000 (nM)

P: peso da amostra de solo 10 g

100/%ms: fator de conversão em matéria seca

Para o cálculo da biomassa N :  $N_{\text{nin}} (\mu\text{g Nnin/g solo}) \times KeN = \mu\text{g N mic/ g de solo}$

Para o cálculo da biomassa C :  $N_{\text{nin}} (\mu\text{g Nnin/g solo}) \times KeC = \mu\text{g C mic/ g de solo}$

onde

KeN: Eficiência da extração do nitrogênio microbiano (6,5)

KeC: Eficiência da extração do carbono microbiano (40,0)

Estes coeficientes foram propostos por Sparling & Zhu (trabalho inédito), como os mais adequados para fumigações com duração de 24 h.

### 2.3.5. Estabilidade de Agregados

A estabilidade dos agregados foi medida através do seu diâmetro médio ponderado (DMP) em 3 condições: embebidos em água, benzeno e álcool, conforme o método descrito em Camargo et al. (1986). Esta análise baseia-se no princípio de que o umedecimento da amostra causa-lhe uma expansibilidade diferencial interna, provocando ruptura nos locais de força de união menos intensa entre as partículas.

As amostras foram passadas por peneiras de 7 e 2 mm. Da fração retida entre as peneiras foram pesados 20 g, colocados em um béquer e adicionada água para um total umedecimento. Esperados 5min. foram despejados 200 ml de água e a amostra foi colocada para agitar por 30 min. a 40 rpm, em água, no topo de um jogo de peneiras com malha de 4,0, 2,0, 1,0, 0,5, 0,25, 0,105 mm. Foram obtidos, então, agregados com diâmetros entre 6,35 e 2mm; 2,00 e 1,00mm; 1,00 e 0,50mm; 0,25 e 0,125mm e menores que 0,125 mm. O conteúdo de cada peneira foi seco a 105°C e então pesado. A fração que passa pela última peneira é obtida por diferença.

No caso da avaliação da influência dos cátions na estabilidade dos agregados foram adicionados 20 ml de álcool à fração retida entre as peneiras de 7 e 2 mm, e após os 5 min. foram adicionados 200ml de água, seguindo-se a agitação. Para avaliação da influência da matéria orgânica o álcool foi substituído por benzeno.

O índice de estabilidade em água, álcool e benzeno foi obtido da seguinte forma:

$CC \times Pi = X$ , para cada peneira

onde:

CC: centro de classe ou diâmetro médio do agregado retido entre duas peneiras (4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,105 mm)



Pi: peso da fração que ficou na peneira

Índice de Estabilidade :  $\Sigma X_i = (X_4 + X_2 + X_1 + X_{0,5} + X_{0,25} + X_{0,105})$

### 2.3.6. Fitomassa

Foi avaliado o peso seco das subamostras coletadas no campo, das quais foram separadas frações de maior interesse:

- Monocotiledôneas
- Dicotiledôneas
- Liteira
- *Canavalia ensiformes* (para os experimentos 2A e 2B)

Este material foi levado a estufa a 60°C e colocado para secar até peso constante.

### 2.3.7. Riqueza de Espécies

O Número de espécies por parcela foi avaliado em campo com a ajuda de um auxiliar técnico em botânica e uma equipe de campo, sendo que aquelas plantas não identificadas foram herborizadas e levadas para identificação no herbário da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecária (EMBRAPA) / Centro de Pesquisa Agroflorestral do Trópico Úmido (CEPATU). A divisão por hábito de crescimento foi realizada conforme Denich (1991).

As espécies dominantes em cada parcela foram determinadas através de análise visual da área ocupada por cada espécie.

### 3. Tratamento Estatístico

Para a comparação entre os tratamentos foi utilizado teste de Tukey a 5% de probabilidade e as médias diferentes entre si estão diferenciadas nas tabelas por letras distintas.

Para a determinação da existência de relações entre os parâmetros avaliados foi utilizado o recurso da regressão linear simples.

#### IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 1. Características granulométricas e alterações químicas do solo, decorrentes dos diferentes manejos e do pousio

Os dados granulométricos dos solos utilizados nos experimentos constam da tabela 1, onde se pode notar que todos os experimentos se incluem em solos de classificação textural areia.

Tabela 1. Análise granulométrica dos solos dos experimentos

	Argila	Silte	Areia
<b>Tratamentos</b>			
<b>Experimento 1</b>			
Tradicional	7,2	1,5	91,3
Aduado	7,8	2,2	90,3
Mecanizado	10,0	1,8	88,2
<b>Experimento 2A</b>			
Tradicional	7,2	2,0	90,9
Sem queima	5,5	3,0	91,5
Com <i>Canavalia</i>	6,3	2,3	91,3
Capoeira 2 anos	7,8	1,5	90,8
Capoeira 5 anos	5,8	3,0	91,3
Capoeira 15 anos	4,3	1,0	94,8
<b>Experimento 2B</b>			
Tradicional	6,0	2,0	92,0
Sem queima	6,8	2,2	91,0
Com <i>Canavalia</i>	7,8	1,2	89,3
Capoeira 2 anos	7,3	1,8	91,0
Capoeira 5 anos	6,8	2,8	88,3
Capoeira 15 anos	7,8	1,3	91,8

No experimento 1, apesar das altas doses de adubo adicionadas, as diferenças entre este tratamento e o tradicional foram bastante pequenas, chegando a não ser significativas, como no caso do pH, da saturação de bases, do potássio e do cálcio, como se observa na tabela 2. Este resultado deve-se principalmente aos altos índices pluviométricos da região, que tornam desaconselhável a aplicação de fertilizantes em doses únicas, pois os mecanismos de retenção de nutrientes para aquela situação não tornam essa prática viável.

A mecanização, por sua vez, atuou indiretamente sobre a CTC e no teor de bases trocáveis, em função da redução do teor de matéria orgânica. Nos Latossolos Amarelos, onde a matéria orgânica tem grande responsabilidade sobre a CTC, qualquer prática que altere a velocidade do processo de mineralização terá forte influência sobre a capacidade de troca catiônica do solo. Neste caso, especificamente, houve um aumento na velocidade de mineralização e posteriormente uma queda no teor de matéria orgânica do solo reduzindo a CTC. (tabela 2). Resultados semelhantes foram encontrados por Hernani et al. (1987), que notaram que o solo que sofreu destoca apresentou sempre teve valores de V% e CTC inferiores aos demais tratamentos, após o 13º mês de cultivo.

**Tabela 2 :Efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio nos atributos químicos do solo (S: soma de bases; V: saturação de bases)**

Tratamentos	pH	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> +H	S	CTC	V	C
	meg/100g								%
<b>Experimento 1</b>									
Tradicional	5,28 a	2,74 a	0,55 ab	0,080 a	1,65 b	3,37	5,02 ab	67,13 a	1,2
Adubado	5,24 a	2,96 a	0,61 a	0,086 a	2,00 ab	3,65	5,67 a	64,37 a	1,2
Mecanizado	4,75 b	1,95 b	0,40 b	0,083 a	2,28 a	2,43	4,68 b	51,92 b	1,2
<b>Experimento 2A</b>									
Tradicional	4,73 a	1,67 a	0,36 a	0,068 a	2,98 a	2,09	5,09 a	41,06 a	1,2
Sem queima	4,41 abc	1,22 ab	0,33 a	0,066 a	3,48 a	1,61	5,10 a	31,56 ab	1,2
Com <i>Canavalia</i>	4,67 a	1,54 a	0,30 ab	0,066 a	2,71 a	1,90	4,63 a	41,03 a	1,0
Capocira 2 anos	4,45 ab	0,86 ab	0,23 bc	0,047 b	3,35 a	1,37	4,49 a	30,51 bc	1,1
Capocira 5 anos	4,27 bc	0,84 ab	0,20 c	0,060 a	3,32 a	1,10	4,43 a	24,83 bc	1,0
Capocira 15 anos	4,03 c	0,37 b	0,15 c	0,040 b	2,65 a	0,56	3,22 b	17,39 c	0,7
<b>Experimento 2B</b>									
Tradicional	5,25 a	3,03 a	0,51 a	0,070 ab	1,81 a	3,61	5,43 a	66,48 a	1,2
Sem queima	4,61 b	1,52 bcd	0,37 b	0,070 ab	2,73 a	1,96	4,70 ab	41,70 c	1,2
Com <i>Canavalia</i>	5,08 a	2,42 ab	0,51 a	0,080 a	2,11 a	3,01	5,13 ab	58,67 ab	1,4
Capocira 2 anos	4,64 b	1,47 cd	0,31 b	0,065 bc	2,25 a	1,84	4,10 b	44,87 c	1,3
Capocira 5 anos	5,17 a	2,21 abc	0,34 b	0,067 bc	2,15 a	2,61	4,78 ab	54,60 bc	0,9
Capocira 15 anos	4,17 c	0,97 d	0,34 b	0,052 c	3,37 a	1,36	4,75 ab	28,63 d	1,1

No experimento 2A observa-se que após 15 meses de cultivo os benefícios da queima, no que se refere a redução do alumínio e hidrogênio trocáveis, aumento das bases e da CTC, já não foi mais tão evidente, havendo diferenças significativas entre o tratamento tradicional e o sem queima apenas no pH e no teor de Cálcio do solo, por este ser menos móvel que as outras bases (tabela 2). Efeito semelhante foi encontrado por Silva (1981), em solos de tabuleiro na Bahia, e também por Ewel et al. (1981), que em trabalho feito na Costa Rica observaram que o K, C, N e S foram mais móveis, porém o Ca e o P só começaram a ser perdidos após a 11ª semana da queima.

No experimento 2B ainda se fez presente o efeito da queima sobre o pH, bases trocáveis, CTC, V% e o alumínio trocável, resultando o tratamento tradicional em valores

maiores que aqueles apresentados pelo tratamento sem queima (tabela 2). Hernani et al. (1987) e Brinkmann & Nascimento (1973a) igualmente encontraram um efeito duradouro da queima sobre o solo.

Nos experimentos 2A e 2B não foram encontradas diferenças significativas entre os teores de K dos tratamentos tradicional e sem queima. Apesar de as cinzas provenientes da queima fornecerem K para o solo, a grande mobilidade dessa base não permite sua permanência no solo por muito tempo. Fato semelhante, relacionado ao dinamismo do K no solo, foi verificado por Brinkmann & Nascimento (1973b), que constataram que na camada de 0 - 20 cm de um Latossolo Amarelo, quatro meses após a queima, o K já tinha retornado aos seus valores originais.

As áreas sob pousio apresentaram invariavelmente valores de CTC, pH e bases menores do que os tratamentos sob cultivo. Também Aweto (1981), em solos da Nigéria, mostrou que o pH, numa área em pousio sob vegetação nativa, sofreu declínio até o 10º ano, quando se igualou ao da floresta (tabela 2). Este comportamento pode ser atribuído ao fato de que nas áreas sob pousio a reserva de nutrientes é inicialmente transferida para a vegetação secundária que está se estabelecendo, além das perdas por lixivação e erosão, que também podem ter ocorrido em maior grau até o restabelecimento da vegetação. Estes dados ainda concordam com dados obtidos por Uhl & Jordan (1984), na Amazônia venezuelana, e com Toky & Ramakrishnan (1983), no nordeste da Índia.

Os resultados analíticos do sulfato e do fósforo do solo mostram que a mecanização provocou uma pequena redução no teor de sulfato do solo, como pode ser observado na tabela 3, concordando com os resultados de Hernani et al. (1987).

**Tabela 3 : Efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio sobre os teores de Sulfato e Fósforo do solo.**

Tratamentos	(SO <sup>2-</sup> ) <sub>4</sub>	(PO <sup>3-</sup> ) <sub>4</sub>
	ppm	meg/100g
<b>Experimento 1</b>		
Tradicional	3,89 a	4,65 b
Adubado	3,85 a	20,09 a
Mecanizado	3,76 a	3,77 b
<b>Experimento 2A</b>		
Tradicional	3,07 c	4,21 ab
Sem queima	3,46 c	5,53 a
Com <i>Canavalia</i>	3,24 c	4,38 ab
Capoeira 2 anos	5,14 a	2,62 b
Capoeira 5 anos	5,53 ab	3,04 b
Capoeira 15 anos	4,69 b	2,62 b
<b>Experimento 2B</b>		
Tradicional	3,76 b	5,69 ab
Sem queima	3,85 b	5,69 ab
Com <i>Canavalia</i>	3,85 b	5,09 ab
Capoeira 2 anos	3,59 b	2,70 c
Capoeira 5 anos	4,11 b	6,65 a
Capoeira 15 anos	5,66 a	3,44 bc

O teor de sulfato nos tratamentos sem queima e com *Canavalia* dos experimentos 2A e 2B são levemente superiores aos do tratamento tradicional. No tratamento tradicional as cinzas resultantes da queima fornecem, além dos sulfatos, fosfatos, que ocupam preferencialmente as posições de trocas aniônicas, aumentando a lixiviação dos sulfatos. Korentajer et al. (1983) discutiram estas relações entre perda de sulfatos com os ganhos de fosfato; Hernani et al (1987) também constataram que o tratamento queimado teve grande ganho de sulfato no primeiro mês após a limpeza do terreno, apresentando também perdas maiores do que as dos demais com o passar do tempo. Estas informações confirmam os dados encontrados e apontam o sulfato como um composto móvel e facilmente lixiviado quando fornecido em abundância.

A mecanização provocou uma pequena redução no P do solo, sendo este resultado coerente com aqueles obtidos por Silva (1981) e Hernani et al. (1987), para este tipo de manejo.

No experimento 2A a decomposição do material que não foi queimado produziu um aumento mais marcante sobre o P do solo, quando comparado com o efeito produzido pela queima no tratamento tradicional. No experimento 2B os tratamentos tradicional e sem queima igualaram-se (tabela 3). Existe uma coerência destes dados com aqueles mostrados por Ewel et al. (1981), que observaram haver aumento de P no solo, em função da derruba da floresta, mesmo antes da queima, e a queima provocou uma nova adição de P no solo.

Entretanto esses mesmos autores atribuíram índices de cerca de 40% de perda para este nutriente em função da lixiviação e da erosão. Estes fatores de perda podem ter atuado de forma mais decisiva no tratamento tradicional, em função do solo deste tratamento encontrar-se mais exposto às fortes chuvas comuns à região, reduzindo o teor de P do solo a valores iguais ou menores ao tratamento sem queima, cuja adição de P ocorreu apenas durante a derruba, tendo sofrido, entretanto, menos o efeito da lixiviação, devido à maior proteção recebida pelo solo.

As áreas sob pousio mostraram uma tendência de acúmulo de sulfatos com o passar dos anos. Essa tendência é mais nítida no experimento 2B, enquanto que no experimento 2A houve uma pequena queda no 15º ano de pousio.

Nestas mesmas áreas sob pousio o P tem menores valores em relação as áreas sob cultivo, alcançando o seu pico no máximo 5º ano e voltando a declinar no 15º, concordando com Ewel et al. (1991) e com Aweto (1981).



## 2. Alterações do C orgânico e do N do solo em função dos manejos adotados e do pousio

No experimento 1, apesar de não ocorrerem diferenças significativas no C orgânico e N total, entre o tratamento mecanizado e os demais, observou-se menor valor de C orgânico (18,94 ton/ha), quando comparado aos dos tratamentos adubado (21,25 ton/ha) e tradicional (21,56 ton/ha), como pode ser observado na tabela 4. A destoca, aliada à aração e a gradagem, provoca uma forte alteração no solo, tanto por retirar dele restos da vegetação anterior, como por inverter a camada superior do solo acelerando o processo de mineralização, em conformidade com os resultados obtidos por Hernani et al. (1981).

**Tabela 4: Percentagem e quantidades de C orgânico e N total do solo sob efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio.**

Tratamentos	C orgânico		N total	
	%	ton/ha	%	ton/ha
<b>Experimento 1</b>				
Tradicional	1,40 a	21,56	0,075 a	1,15
Adubado	1,38 a	21,25	0,082 a	1,26
Mecanizado	1,23 a	18,94	0,074 a	1,13
<b>Experimento 2A</b>				
Tradicional	1,20 a	16,92	0,076 a	1,07
Sem queima	1,28 a	18,05	0,082 a	1,15
Com <i>Canavalia</i>	1,08 a	15,22	0,075 a	1,06
Capocira 2 anos	1,13 a	15,92	0,072 a	1,02
Capocira 5 anos	1,08 a	15,22	0,067 a	0,94
Capocira 15 anos	0,74 b	10,43	0,045 b	0,63
<b>Experimento 2B</b>				
Tradicional	1,21 abc	18,63	0,076 ab	1,17
Sem queima	1,24 abc	19,10	0,072 ab	1,11
Com <i>Canavalia</i>	1,48 a	22,80	0,081 a	1,25
Capocira 2 anos	1,36 ab	20,90	0,071 ab	1,09
Capocira 5 anos	0,99 bc	15,25	0,064 b	0,99
Capocira 15 anos	1,13 c	17,41	0,075 ab	1,15

Nos experimentos 2A e 2B o tratamento sem queima revela maior teor de C orgânico e N no solo do que o tratamento tradicional. Esses resultados confirmam os de Ewel et al. (1981), Araújo (1993) e Hernani et al. (1987), que mostraram um pequeno aumento no teor de C nos locais onde houve apenas derruba da floresta e uma redução do C após a queima. As perdas de N e C orgânico ocorrem devido à volatilização do N e à combustão da matéria orgânica. Toky & Ramakrishnan (1983) chamam a atenção para a perda do N também pela inibição de sua fixação após a queima.

No experimento 2B o teor de C orgânico no tratamento com *Canavalia* foi superior aos demais, provavelmente devido aos exudatos radiculares e à maior incorporação de restos vegetais ao solo pela leguminosa, muito mais desenvolvida neste experimento do que no 2A, conforme se observa, adiante, na tabela 10.

As capoeiras, quando comparadas às áreas de cultivo, possuem menor teor de C orgânico e N no solo. Este fato é justificado porque os agroecossistemas, a princípio, acumulam o aporte de C orgânico remanescente da vegetação nativa derrubada, devido a combustão incompleta, decomposição de raízes e outros restos da vegetação, que são adicionados ao solo. Com o tempo, o C oriundo da floresta vai perdendo importância, em relação ao oriundo do agroecossistema implantado (Geraldes, 1993; Ewel et al., 1991). Estes dados confirmam os de Juo & Lal (1977), que também suportam esta hipótese por observarem decréscimo no teor de matéria orgânica durante os 3 primeiros anos de pousio.

A sequência cronológica do experimento 2A mostrou um padrão diferente daquele apresentado pela cronosequência do experimento 2B. Na primeira existe uma tendência de queda gradativa do C orgânico e do N total até o 15º ano de pousio. Na segunda o C orgânico e o N total sofrem um declínio do 2º para o 5º ano de pousio, voltando a aumentar no 15º ano, à semelhança dos dados obtidos por Toky & Ramakrishnan (1983), que

notaram haver decréscimo da concentração do N do 1º até o 10º ano devido ao rápido crescimento da vegetação. Este aumento de N seguido de estabilização pode ocorrer devido ao aumento da biomassa de liteira, que reestabelece o equilíbrio entre solo e vegetação (Aweto, 1981).

O aumento do C orgânico e do N total e dos níveis de nutrientes acumulados durante o pousio dependerão do nível de fertilidade dos solos quando abandonados (Brubacher et al., 1989). Nye e Greeland (1960) confirmam que o aumento da matéria orgânica durante o pousio dependerá de quanto o seu equilíbrio foi afetado durante o cultivo. Assim, o solo do experimento 2A, por ser menos fértil do que o solo do experimento 2B, sofreu maior impacto devido ao cultivo, não alcançando um novo equilíbrio até o 15º ano de pousio.

Os padrões de recuperação dos solos são variáveis e influenciados pelo grau de impacto do manejo adotado, sendo os tratamentos sem queima e com *Canavalia* possíveis alternativas de utilização do solo que permitiriam uma recuperação mais rápida do que seria possível com tratamento tradicional, permitindo a redução do tempo de pousio sem prejuízo da fertilidade do solo.

### **3. Resposta da Biomassa Microbiana aos Diferentes Métodos de Determinação**

É importante observar que os métodos que utilizam como base a fumigação /extração são tidos como os mais adequados para solos com baixo pH e uma relação C/N baixa (Sparling & Ross, 1993). Os métodos de fumigação/ extração para determinação da C microbiano utilizados, oxidação do C extraído (Vance et al. 1987) e determinação dos

reagentes de ninidrina (Joergensen & Brooks, 1990) foram relacionados através de regressão linear.

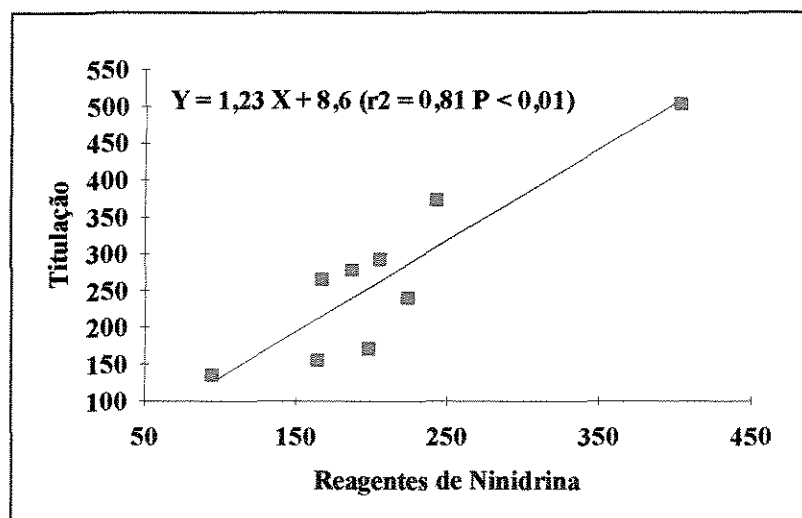
Para os tratamentos dos experimentos 1 e 2A foi encontrado um bom coeficiente de determinação ( $r^2 = 0,81$ ,  $P < 0,01$ ) e a equação calculada foi:

$$Y = 8,6 + 1,23 X \text{ (fig. 14)}$$

onde:

X: medidas de C microbiano pelos reagentes de ninidrina

Y: medidas de C microbiano por digestão de C



**Figura 14: Relação entre o C microbiano obtido pelos reagentes de ninidrina e o C microbiano obtido por oxidação, para os experimentos 1 e 2A**

No experimento 2B o coeficiente de determinação da regressão entre os métodos foi bastante baixo ( $r^2 = 0,25$ ). Entretanto, o método FE, baseado na oxidação, pode variar o seu coeficiente de extração ( $K_{ec}$ ) em função da solubilização de alguns compostos durante a fumigação e estes compostos podem interagir com o solo durante a extração, aumentando

os níveis de C e N solúveis (Sparling & Zhu, trabalho inédito). Sparling & Zhu também encontraram resultados anômalos em alguns solos quando compararam o método FE por oxidação do C com o método FE por reagentes da ninidrina e ainda com método da fumigação/ incubação, sendo que os dois últimos produziram resultados coerentes entre si.

**Tabela 5 : Carbono microbiano do solo determinado pelo método da oxidação e pelo método dos reagentes de ninidrina, sob efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio; os números entre parênteses mostram o desvio padrão.**

Tratamentos	C microbiano ( $\mu\text{g/g}$ de solo)	
	Oxidação	Reagentes de Ninidrina
<b>Experimento 1</b>		
Tradicional	292,6 (39,1) a	206,1 (72,1) a
Adubado	265,6 (99,5) a	167,5 (117,2) a
Mecanizado	278,6 (114,5) a	186,9 (129,0) a
<b>Experimento 2A</b>		
Tradicional	240,4 (140,4) bc	224,0 (35,2) ab
Sem queima	503,1 (145,4) a	403,1 (293,6) a
Com <i>Canavalia</i>	372,6 (205,8) ab	243,3 (45,5) ab
Capoeira 2 anos	171,6 (58,4) bc	198,3 (7,3) b
Capoeira 5 anos	135,0 (86,2) c	94,9 (39,4) b
Capoeira 15 anos	155,2 (60,7) c	164,1 (109,6) b
<b>Experimento 2B</b>		
Tradicional	155,3 (120,6) c	101,9 (69,0) b
Sem queima	126,2 (30,0) c	228,8 (79,8) ab
Com <i>Canavalia</i>	539,2 (129,3) a	275,1 (86,9) a
Capoeira 2 anos	176,2 (67,0) bc	133,5 (43,02) b
Capoeira 5 anos	302,3 (218,3) bc	217,3 (124,5) ab
Capoeira 15 anos	357,1 (185,1) ab	117,1 (65,5) b

#### 4. Resposta da Biomassa Microbiana aos Diferentes Tratamentos Testados

Nos tratamentos sob cultivo o C microbiano medido através dos reagentes de ninidrina variou entre 101,9 e 403,1  $\mu\text{g}$  de C /g de solo, enquanto que nas áreas sob pousio variaram entre 94,9 e 217,3  $\mu\text{g}$  de C /g de solo (tabela 5). O N microbiano, por sua vez,

variou entre 16,6 e 65,5  $\mu\text{g}$  de N /g de solo para as áreas sob cultivo e para as áreas sob pousio variou de 15,4 a 35,3  $\mu\text{g}$  de N /g de solo.(tabela 6)

**Tabela 6 . Biomassa microbiana N medida pelos reagentes de Ninidrina, sob efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio.**

Tratamentos	N microbiano $\mu\text{g/ g de solo}$
<b>Experimento 1</b>	
Tradicional	33,5 (11,7)
Aduado	27,2 (19,0)
Mecanizado	30,4 (21,0)
<b>Experimento 2A</b>	
Tradicional	58,3 (5,7)
Sem queima	65,5 (47,7)
Com <i>Canavalia</i>	39,5 (7,4)
Capoeira 2 anos	32,2 (1,2)
Capoeira 5 anos	15,4 (6,4)
Capoeira 15 anos	26,7 (17,8)
<b>Experimento 2B</b>	
Tradicional	16,6 (11,2)
Sem queima	37,2 (13,0)
Com <i>Canavalia</i>	44,7 (14,1)
Capoeira 2 anos	21,7 (7,0)
Capoeira 5 anos	35,3 (20,2)
Capoeira 15 anos	19,0 (10,6)

No experimento 1 a adubação provocou uma redução na biomassa microbiana, que pode ser explicada pela redução do C orgânico e a inibição de algumas simbioses que ocorrem preferencialmente em solos pobres. No caso do alto teor de P (tab. 3) do tratamento adubado pode ter ocorrido a inibição de simbioses micorrízicas entre as plantas e os fungos do solo.

A fertilização tem um efeito indireto sobre a biomassa microbiana, atuando sobre entradas de C no ecossistema (Insan et al., 1991). Portanto, supõe-se que em um primeiro momento a fertilização tenha provocado uma aceleração da mineralização da matéria

orgânica, e no momento seguinte tenha causado uma redução no conteúdo de C orgânico do solo e, conseqüentemente, no C microbiano.

A mecanização resultou em uma pequena redução no C e N microbianos, devido a uma série de alterações ocorridas no ambiente, como: redução da aeração do solo, redução do diâmetro médio dos agregados (observar tab. 8), redução do C orgânico e do N total (tab. 4).

De modo geral o experimento 2A apresentou valores de biomassa microbiana menores do que os valores apresentados pelo tratamento 2B, concordando com Dinwoodie & Juma (1988), que mostraram que os solos menos férteis têm maior biomassa microbiana.

Tanto no experimento 2A como no 2B, as maiores valores de biomassa foram encontrados nos tratamentos sem queima e com *Canavalia*, respectivamente; ambos os tratamentos foram os que tinham maiores teores de C orgânico e N total. O incremento de C orgânico implica no aumento do fornecimento de energia necessária para dirigir o processo microbiano, que resulta em picos de produção de nitrato e outros nutrientes (Ewel et al., 1991).

No experimento 2A, de solo menos fértil, o tratamento sem queima resultou em valores de biomassa superiores aqueles obtidos pelo tratamento com *Canavalia*. Bremmer & van Kessel (1992), trabalhando em solos arenosos, encontraram resultados semelhantes, que foram atribuídos à pequena quantidade C adicionado ao solo pelo adubo verde.

Essas discrepâncias observadas entre os tratamentos sem queima e com *Canavalia* dos experimentos 2A e 2B podem também se dever às diferenças entre a relação C/N do material depositado no solo do tratamento sem queima, oriundo da vegetação nativa, que é

diferente nos dois locais, e ainda à pouca adaptação da *Canavalia* ao solo do experimento 2A, onde se desenvolveu pouco. Na tabela 9 estão apresentados os resultados de fitomassa de *Canavalia* nos dois experimentos.

Em ambos os experimentos 2A e 2B, nas áreas sob cultivo, o tratamento tradicional que sofreu queima apresentou menores resultados de biomassa microbiana. Este resultado, supõe-se, deve-se ao aumento inicial da mineralização da matéria orgânica e à posterior escassez da mesma, havendo uma mineralização da própria biomassa microbiana, que, segundo Bonde et al. (1988), pode ser uma fração potencialmente mineralizável no solo. Portanto, nas áreas sob cultivo a mineralização da matéria orgânica da liteira e dos restos florestais ocorre mais rapidamente, e posteriormente com a redução das entradas de matéria orgânica, a biomassa seria mineralizada e se reduziria.

Nos tratamentos com *Canavalia* e sem queima o fornecimento contínuo de matéria orgânica para o solo permite a manutenção de um maior nível de biomassa microbiana por mais tempo.

A cobertura de resíduos da vegetação nativa deixada no solo do tratamento sem queima do experimento 2A e a *Canavalia* no experimento 2B provocaram um aumento proporcional muito maior na biomassa microbiana (80 e 124% respectivamente) do que no C orgânico do solo (6,7 e 22,4%), da mesma forma que o encontrado por Powlson et al. (1987), o que confirma ser a biomassa microbiana como um bom indicador para mudanças na matéria orgânica do solo.

De modo geral observa-se que as capoeiras apresentaram menor biomassa do que as áreas cultivadas, devido ao aumento da mineralização que ocorre nos primeiros anos de cultivo. Toky e Ramakrishnan (1983) salientam também o fato de que elementos



alelopáticos possam ter sido eliminados com a queima da vegetação, e que o aumento da biomassa passa a ser limitado apenas pelos nutrientes disponíveis.

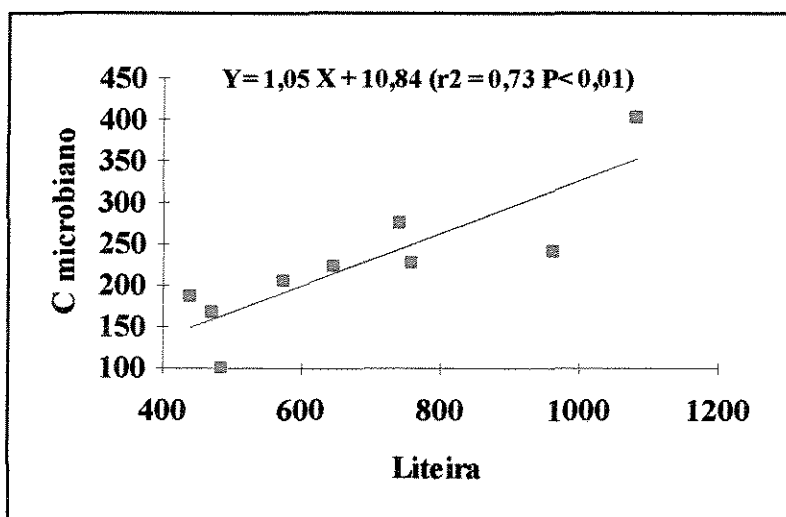
A importância da biomassa como compartimento de reserva é confirmada pela relação do C microbiano medido pelos reagentes de ninidrina com a biomassa da liteira, principal fornecedor de C orgânico e N para o solo.

$$Y = 1,05 X + 10,84 \quad (r^2 = 0,73 \quad P < 0,01) \quad (\text{fig. 15})$$

onde:

X : biomassa de liteira (tab. 9)

y : biomassa C, pelo método dos reagentes da Ninidrina



**Figura 15: Relação entre o C microbiano obtido pelos reagentes de ninidrina e a biomassa de liteira**

O experimento 2A, de modo geral, revelou maiores valores de biomassa medida pelos reagentes da ninidrina do que o experimento 2B. Isso se deve à maior biomassa de liteira acumulada sobre solo do experimento 2A.

Na capoeira de 15 anos do experimento 2B existe uma alta densidade de *Phenacospermum guianensis* (Sororoca), que pode ter exercido um efeito inibidor sobre a biomassa microbiana, pelo seu alto teor de tanino. Denich (1991) constatou o efeito inibidor do resto vegetal fresco de *Phenacospermum* sobre o crescimento de caupi.

A proporção do C microbiano no C orgânico do solo apresentada na tabela 8 foi sugerida por Sparlig & Ross (1993), como um índice para o monitoramento de mudanças no solo sob diferentes formas de cultivo.

**Tabela 7 . Relação entre carbono orgânico, N total e C e N microbianos determinados pelos reagentes da Ninidrina.**

Tratamentos	Cmicrob/C total x 100	N microb./N total x 100
	%	
<b>Experimento 1</b>		
Tradicional	1,47	4,47
Adubado	1,21	3,32
Mecanizado	1,51	4,10
<b>Experimento 2A</b>		
Tradicional	1,87	7,66
Sem queima	3,14	7,99
Com <i>Canavalia</i>	2,25	5,27
Capoeira 2 anos	1,76	4,47
Capoeira 5 anos	0,87	2,30
Capoeira 15 anos	2,22	5,90
<b>Experimento 2B</b>		
Tradicional	0,84	2,18
Sem queima	1,84	5,16
Com <i>Canavalia</i>	1,85	5,52
Capoeira 2 anos	0,98	3,05
Capoeira 5 anos	2,19	5,52
Capoeira 15 anos	1,03	2,54

Os tratamentos sem queima e com *Canavalia* aumentaram bastante o percentual de C e N microbianos no C orgânico e N total, respectivamente. Isan et al. (1991) notaram que a

relação C microbiano /C orgânico é maior quando se utiliza adubação verde ou esterco, o que pode justificar esta constatação.

Apesar de o tratamento com *Canavalia* do experimento 2B ter valores absolutos de C e N microbianos maiores do que o tratamento sem queima, percentualmente esses valores se igualam. As áreas sob pousio tiveram os percentuais de N e C microbianos menores do que os das áreas sob cultivo. A biomassa microbiana tende a servir como compartimento de reserva, evitando a perda imediata deste nutriente por lixiviação, conforme o relatado por Bremner & van Kessel (1992).

A sequência cronológica do experimento 2B mostrou um crescimento dos percentuais de C e do N microbianos, até o 5º ano de pousio; no 15º ano esses percentuais se reduzem. Resultados semelhantes foram encontrados por Cerri (1985), quando comparou áreas de floresta com áreas de 2 anos de pousio, mostrando que com o amadurecimento do ecossistema a biomassa microbiana perde sua importância como reserva de nutrientes.

A relação entre o C microbiano e o C orgânico do solo e aquela envolvendo o N microbiano e o N total assemelha-se a encontrada por Geraldine (1993).

## 5. Estabilidade dos Agregados

O diâmetro médio ponderado (DMP) dos agregados determinado em água tem forte relação com o DMP determinado com benzeno:

$$Y = 0,749 X + 0,556 (r^2 = 0,81 P < 0,01) \text{ (fig. 16)}$$

onde :

X : DMP determinado em benzeno

Y : DMP determinado em água

A relação entre o DMP determinado em água e aquele determinado em álcool não teve um coeficiente de determinação tão alto quanto o anterior:

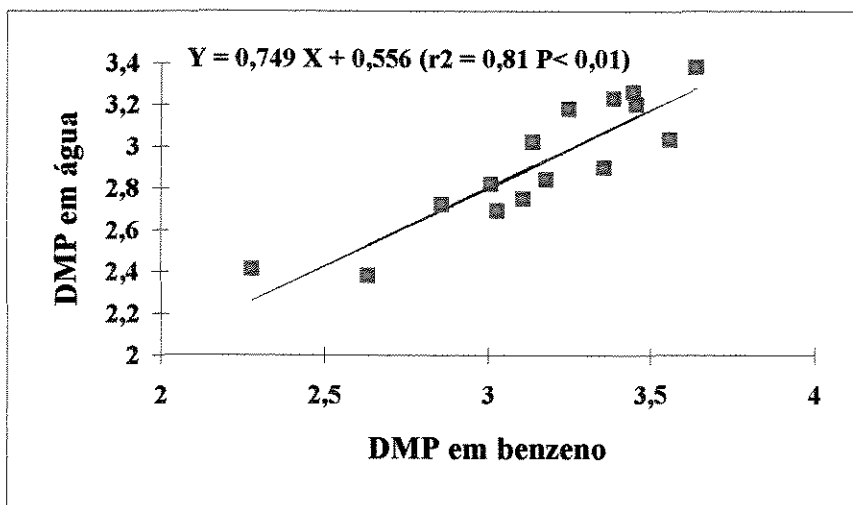
$$Y = 0,72 X + 0,85 (r^2 = 0,62 P < 0,01) \text{ (fig. 17)}$$

onde:

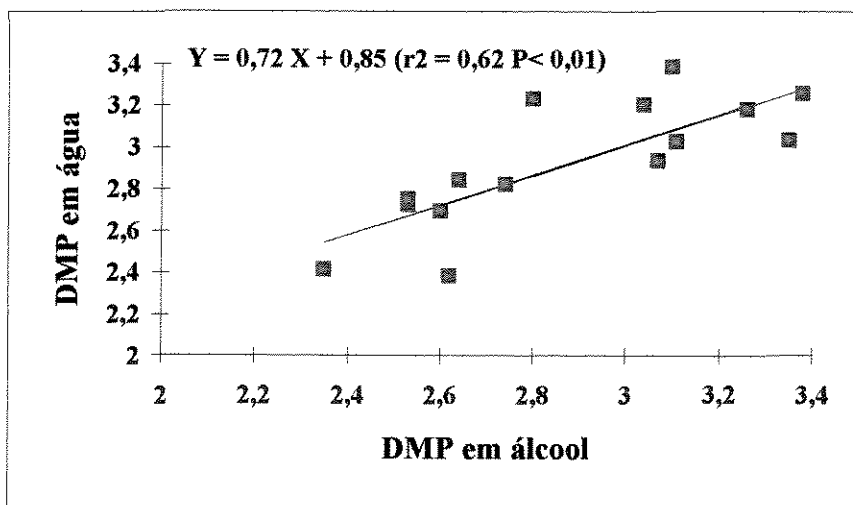
X : DMP determinado em álcool

Y : DMP determinado em água

A maior relação entre o DMP em água e aquele determinado em benzeno pode ser justificada pela matéria orgânica, que é a grande responsável pela resistência dos agregados desses solos.



**Figura 16. Relação entre o diâmetro médio ponderado (DMP) avaliado em água e o DMP avaliado em benzeno.**



**Figura 17. Relação entre o diâmetro médio ponderado (DMP) avaliado em água e o DMP avaliado em álcool.**

**Tabela 8. Diâmetro Médio Ponderado (DMP) avaliado em água, benzeno e álcool, sob efeito dos diversos tipos de manejo e dos diferentes períodos de pousio.**

Tratamentos	DMP (mm)		
	Água	Benzeno	Álcool
<b>Experimento 1</b>			
Tradicional	3,02 a	3,14 a	3,11 a
Adubado	2,72 ab	2,86 ab	2,53 ab
Mecanizado	2,41 b	2,28 b	2,35 b
<b>Experimento 2A</b>			
Tradicional	2,69 bc	3,03 bc	2,60 a
Sem Queima	2,84 abc	3,18 abc	2,64 a
Com <i>Canavalia</i>	2,75 abc	3,11 abc	2,53 a
Capoeira 2 anos	2,38 c	2,63 c	2,62 a
Capoeira 5 anos	3,38 a	3,64 a	3,10 a
Capoeira 15 anos	3,23 ab	3,39 ab	2,80 a
<b>Experimento 2B</b>			
Tradicional	3,18 a	3,25 ab	3,26 ab
Sem Queima	3,20 a	3,46 a	3,04 ab
Com <i>Canavalia</i>	2,93 a	3,36 ab	3,07 ab
Capoeira 2 anos	2,82 a	3,01 c	2,74 b
Capoeira 5 anos	3,03 a	3,56 a	3,35 a
Capoeira 15 anos	3,26 a	3,45 a	3,38 a

No experimento 1 a mecanização e a adubação tiveram efeito negativo sobre o DMP em todos os três métodos de determinação. O tratamento mecanizado, de DMP inferior a todos os demais, teve os seus agregados pulverizados, em função da aração e da gradagem. Além deste impacto físico, a redução da matéria orgânica, decorrente da aceleração do processo de decomposição (tabela 4), afetou a estabilidade dos agregados, como demonstra a avaliação do DMP em benzeno.

Também a redução no teor de cálcio (tab.2), que, de acordo com Roth et al. (1991), em pequenas doses tem efeito benéfico sobre a agregação, pode ter promovido um efeito adverso sobre o DMP avaliado em álcool.

A adubação, como já foi dito anteriormente, pode ter inibido a formação de simbioses vesículo-arbusculares, bem como o crescimento de outros fungos de solo, que, de acordo com Siqueira (1986), são importantes agentes de agregação.

No experimento 2A os resultados obtidos em água e em benzeno seguiram tendências semelhantes. O tratamento tradicional mostrou a menor estabilidade. Embora o tratamento com *Canavalia* também tivesse sofrido a queima, a própria leguminosa proporcionou uma maior proteção ao solo, diminuindo o impacto das gotas de chuva e da temperatura. O maior DMP foi observado no tratamento sem queima, pois esta atua sobre os agentes orgânicos de forma direta, principalmente sobre as raízes e radículas, causando a sua morte, além de provocar a combustão dos polissacarídeos, material facilmente decomponível que depende das raízes e dos microorganismos para a sua produção.

Avaliando a estabilidade dos agregados em álcool no mesmo experimento, nota-se que o tratamento com *Canavalia* apresenta menor DMP, apesar de não haverem diferenças significativas. Este tratamento sofreu corte e queima e a ele foi adicionada a leguminosa. A queima tem ação indireta sobre os agentes químicos da agregação, atuando através do rápido aumento do pH do solo, aumentando a quantidade de ânions no solo, produzindo um alargamento da dupla camada difusa e, conseqüentemente, provocando a dispersão dos colóides (Araújo, 1993). Aliada à queima, a liberação de prótons na mineralização da leguminosa provoca alterações no teor de cálcio (Roth et al., 1991), promovendo mais desagregação e reduzindo ainda mais o DMP, sendo este tratamento inferior a todos os demais.

No experimento 2B as determinações do DMP feitas em água não apresentaram diferenças significativas. Entretanto, a tendência observada foi semelhante às avaliações feitas em benzeno, onde o melhor tratamento foi aquele sem queima seguido pelo

tratamento com *Canavalia* e o tradicional, que se igualaram, concordando com Mbagwu (1991), que atribuiu ao "mulch" o aumento no percentual de agregados estáveis em água, devido à proteção contra o impacto da chuva, bem como o secamento rápido do solo.

Além da proteção física, a matéria orgânica fornecida ao solo pela cobertura morta talvez apresente uma relação C/N maior, que proporcione uma agregação mais duradoura. O efeito agregante de materiais orgânicos rapidamente decompostos pelos microorganismos, tais como glicose e polissacarídeos aumentam a estabilidade estrutural, mas têm efeito pouco duradouro; materiais com decomposição mais persistente dão um caráter mais duradouro à agregação (Siqueira, 1986).

Em ambos os experimentos a capoeira de 2 anos apresentou menores DMP do que os dos outros tratamentos, refletindo o efeito do período de normal de cultivo, que chega a até três anos. O tratamento tradicional foi avaliado no seu 15º mês de cultivo, apresentando um DMP maior que a capoeira de 2 anos.

As áreas em pousio de 5 e 15 anos apresentam sempre estabilidade de agregados maior do que as áreas sob cultivo, nas avaliações em água benzeno e álcool. No experimento 2B parece haver uma estabilização no DMP após o 5º ano. No experimento 2A as capoeiras no 15º ano de pousio chegam a mostrar uma pequena redução do DMP. Essa redução acompanha nitidamente a redução do percentual de C e N microbianos no C orgânico e N total (tab. 8), que ocorre no 15º ano de pousio, concordando com Gupta & Germida (1988), que afirmam que os macroagregados tem mais C e N microbiano do que os microagregados.

Wiesenmüller (1994, dados não publicados), em estudo realizado em Igarapé-Açu, mostrou haver um estabilização na biomassa de raízes menores que 1mm, quando comparou



capoeiras de 6 anos com capoeiras de 20 anos, o que também poderia explicar a estabilização do DMP dos agregados.

Distintamente ao encontrado por Haynes & Swift (1990), não foram encontradas relações matemáticas diretas entre a matéria orgânica e o DMP medido em benzeno e álcool. Entretanto Roth (1991) salienta que esta relação do DMP com a matéria orgânica deve-se ao seu teor em ácidos húmicos.

## **6. Fitomassa e Riqueza de Espécies**

A regeneração da vegetação secundária foi afetada pelos métodos de cultivo adotados. No experimento 1, apesar de a adubação haver provocado um pequeno decréscimo na fitomassa total e na fitomassa da liteira (tab.8), o tratamento adubado não afetou o padrão de sucessão da vegetação secundária, quando comparado com o tratamento tradicional, ficando ambos com percentuais semelhantes de arbusto e árvores (tab.9), entre as espécies dominantes.

**Tabela 9 . Fitomassa de liteira, de monocotiledôneas, dicotiledôneas e fitomassa total e número de espécies encontradas nos tratamentos sob cultivo. Os valores entre parênteses indicam a fitomassa de *Canavalia ensiformis*.**

Tratamentos	Fitomassa (kg/ha)			total	Nº de espécies
	Liteira	Monocotiledôneas	Dicotiledôneas		
<b>Experimento 1</b>					
Tradicional	573,6 a	112,7 b	317,3 a	1572,3 a	54,75 ab
Aubado	469,5 a	82,3 b	114,0 a	1214,2 a	58,25 a
Mecanizado	439,0 a	561,5 a	196,0 a	1607,1 a	49,25 b
<b>Experimento 2A</b>					
Tradicional	643,9 a	50,1 a	42,7 b	1709,9 a	50,0 a
Sem Queima	1083,2 a	95,4 a	108,0 a	2068,1 a	47,8 a
Com <i>Canavalia</i>	962,2 a	47,3 a	41,0 b (364,0)	2182,1 a	41,0 b
<b>Experimento 2B</b>					
Tradicional	483,0 a	27,4 a	16,8 b	1781,1 b	42,8 a
Sem Queima	757,2 a	62,8 a	110,0 a	2105,1 b	44,8 a
Com <i>Canavalia</i>	739,7 a	30,4 a	19,1 b(2168,7)	4054,2 a	44,0 a

A mecanização não alterou significativamente a fitomassa total, porém provocou uma redução na fitomassa da liteira e ainda um redução significativa no número de espécies. O aumento na fitomassa de monocotiledôneas deve-se principalmente ao aparecimento de espécies de gramíneas entre as espécies de maior dominância; 56% das espécies dominantes neste tratamento eram gramíneas, enquanto que 27% eram árvores e arbustos e 17% trepadeiras (tab. 10), concordando com Miyanih & Kellman (1986), que apontaram a destoca como redutora das reservas dos rebrotos que restam no solo e a perda da capacidade de regeneração.

**Tabela 10. Número de espécies dominantes e sua distribuição por hábito de crescimento sob os tratamentos nas áreas cultivadas. Dados sumarizados do anexo I.**

Tratamentos	Nº de espécies dominantes	Árvores/ arbustos		Trepadeiras		Pseudocaulé		Herbáceo	
		Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<b>Experimento 1</b>									
Tradicional	12	8	66,7	4	33,3	-	-	-	-
Aduado	12	8	66,7	4	33,3	-	-	-	-
Mecanizado	11	1	9,1	1	9,1	-	-	9	82,8
<b>Experimento 2A</b>									
Tradicional	7	3	42,8	1	14,3	1	14,3	2	28,6
Sem Queima	14	9	64,3	3	21,4	-	-	2	14,3
Com <i>Canavalia</i>	9	5	55,6	2	22,2	-	-	2	22,2
<b>Experimento 2B</b>									
Tradicional	10	7	70,0	3	30,0	-	-	-	-
Sem Queima	11	8	72,7	2	18,2	-	-	1	9,1
Com <i>Canavalia</i>	13	9	69,2	3	23,1	1	7,7	-	-

O reestabelecimento de árvores e arbustos dá-se principalmente por rebrota, e a rápida recuperação do componente arbóreo nos locais de pouso é importante no controle de ervas e no acúmulo de nutrientes (Brubacher et al., 1989); portanto, tanto a queima bem como a mecanização reduzem da capacidade regenerativa das árvores, permitindo o estabelecimento de gramíneas e retardando a regeneração.

Nos Experimentos 2A e 2B o tratamento sem queima mostrou um aumento na fitomassa de dicotiledôneas em relação aos demais; também o percentual de árvores e arbustos no tratamento sem queima foi superior aos dos demais, semelhante ao encontrado por Uhl & Jordan (1984) e por Ewel et al. (1981).

No experimento 2A a presença da *Canavalia* pareceu inibir algumas espécies nativas, havendo diferença significativa entre o número total de espécies encontradas entre este e os

demais tratamentos. Também o tratamento sem queima mostrou uma pequena redução do número de espécies; essa redução foi notada também por Ewel et al. (1981), principalmente no que se refere ao estoque de sementes, que sofreu uma redução de 24% durante o período posterior à derruba, quando a vegetação nativa permaneceu na forma de "mulch" sobre o solo.

## V. CONCLUSÕES

O aumento da sustentabilidade dos cultivos na Amazônia depende principalmente da manutenção da fertilidade do solo, através da potencialização do uso dos nutrientes durante o período de cultivo e da maximização da capacidade de recuperação dos solos durante o pousio. Neste trabalho foram montados três experimentos: no experimento 1 foram oferecidas alternativas insumistas ao cultivo tradicional, com o uso de mecanização e altos níveis de adubação; nos experimentos 2A e 2B foram oferecidas alternativas ao cultivo tradicional, com poucas necessidades de insumos, essas alternativas (cultivo sem queima e consórcio com leguminosa) e o cultivo tradicional foram comparadas a áreas de pousio de diferentes idades (2, 5 e 15 anos). A partir dos resultados obtidos, são possíveis as seguintes conclusões:

1. Tanto o tratamento adubado como o mecanizado aceleraram o processo de perdas de nutrientes do solo, em função da redução da biomassa microbiana (C e N microbianos) e da diminuição da estabilidade dos agregados, chegando ao 15º mês de cultivo com menores níveis de C orgânico e N total que o tratamento tradicional.

2. O tratamento mecanizado provocou um impacto ainda mais duradouro do que o adubado, alterando a capacidade de reestabelecimento da vegetação nativa, e portanto, da recuperação dos solo durante o pousio. A dominância de gramíneas e a presença

inexpressiva de árvores e arbustos reduziu a retenção de nutrientes no ambiente podendo vir a prolongar o período de pousio.

3. O tratamento adubado não provocou alterações significativas na sucessão secundária.

4. O padrão de recuperação do solo em função do tempo nas áreas sob pousio foi bastante variável. Entretanto, parece ter ficado evidente que os mecanismos de retenção de nutrientes nestas áreas dependem mais da vegetação, em si, do que de outros mecanismos, como o C microbiano, sempre menor nas capoeiras que nas áreas sob cultivo.

5. A estabilidade dos agregados, por sua vez, foi sempre maior no solo sob pousio, estando, provavelmente, vinculada à abundância de raízes, fungos de solo e materiais orgânicos agregantes, mais frequentes nestas áreas.

6. Nas áreas sob cultivo, a biomassa microbiana passou a atuar como mecanismo de retenção de nutrientes, havendo forte correlação entre a biomassa microbiana (C e N) e a biomassa de liteira.

7. Abordando a adequação dos métodos de cultivo ao ecossistema amazônico, o tratamento sem queima foi o que pareceu causar menores impactos aos solos dos experimentos 2A e 2B. Este tratamento apresentou mecanismos de retenção e ciclagem de nutrientes mais eficientes do que os demais, favorecendo o aumento do C e N microbianos e também o aumento do diâmetro médio dos agregados do solo. Apesar de não possuir níveis de nutrientes prontamente assimiláveis tão altos quanto o tratamento tradicional, implicando em menor produção, o tratamento sem queima promoveu um fornecimento gradual de nutrientes para o solo através da decomposição da biomassa da liteira e do aumento do

"pool" de nutrientes lábeis na biomassa microbiana, que permitiria um ciclo de cultivo mais prolongado em função das menores perdas de nutrientes. No que se refere à sucessão secundária, este tratamento favoreceu o aumento da fitomassa total e ainda permitiu o estabelecimento de um maior percentual de espécies arbustivas e arbóreas.

8. O tratamento com *Canavalia*, apresenta valores relativos (% de C e N microbianos no C orgânico e no N total) semelhantes, apesar de o experimento 2B ter apresentado valores de C e N microbianos maiores que o tratamento sem queima. Este tratamento também não conseguiu promover uma estabilidade de agregados tão significativa quanto o tratamento sem queima. Este mesmo tratamento no experimento 2A, além de apresentar parâmetros físicos e biológicos de solo menos desejáveis, reduziu o número total de espécies da sucessão.

9. Os efeitos da queima no tratamento tradicional foram mais duradouros no experimento 2B que no experimento 2A, onde no 15º mês de cultivo os teores de Al+H, K<sup>+</sup> e Mg já se mostravam semelhantes aos tratamentos sem queima. Apesar de se ter obtido maior produção, este tratamento foi o que causou maior impacto negativo sobre o C e N microbianos e a estabilidade de agregados.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Ahn, P. M. 1970 **West african soils**. Oxford University Press, London.
- Amato, M. & Ladd, J. N. 1988 Assay for microbial biomass based on ninhidrin-reactive nitrogen in extracts of fumigated soils. **Soil Biol. Biochem.**, 20: 107-114.
- Angulo, R. J.; Roloff, G.; Souza, M. L. P. 1984 Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resitência dos agregados do solo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 8:7-12
- Araújo, Q. R. de 1993 **Ação da queima e da percolação sobre a dinâmica de propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo variação una**. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 79p.
- Aweto, A. O. 1981 Secondary sccession and soil fertility restoration in south-western Nigeria. II. Soil fertility restoration. **Journal of Ecology**, 69: 609-614.
- Azan, F.; Stevenson, F. J.; Mulvaney, R. L. 1989 Chemical Extraction of newley imobilized 15N and native soil N as influenced by substrate addition rates and soil treatments. **Soil Biol. Biochem.** 21: 715-722.
- Baver, L. D. 1930 The effects of organic matter upon several properties of soils. **Journ. Am. Soc. Agron.**, Madison, 22: 703-708.
- Baver, L. D., Farworth, R. B. 1972 Soil sruture effects in the growth of sugar beets. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 5: 45-48.
- Bonde, T. A.; Schnürer, J.; Rosswall, T. 1988 Microbial Biomassas a fraction of potentially mineralizable nitrogen in soils from long-term field experiments. **Soil Biol. Biochem.** 20: 447-452.
- Bremer, E. & van Kessel, C. 1992 Seasonal microbial biomass dynamics after addition of lentil and wheat residues. **Soil Sci. Am. J.**, 56: 1141-1146.



- Bremner, J. M. 1965 **Total nitrogen**. In: C. A. Black et al., editors. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, p. 1149-1178.
- Brinkmann, W. L. F. & Nascimento, J. C. 1973 The effects of slash and burn agriculture on plant nutrients in tertiary region of Central Amazonia. **Turrialba**, San José, 23: 284-290.
- Brinkmann, W. L. F. & Nascimento, J. C. do 1973 The effect of slash and burning on plant nutrients in the tertiary region of central Amazonia. **Acta Amazonica**. 3: 55-61.
- Brubacher, D.; Arnason, J. T.; Lambert, J. D. H. 1989 Woody species and nutrients accumulation during the fallow period of milpa farming in Belize, C. A. **Plant and Soil**, 114: 165-172.
- Burger, D. 1986 **O uso da terra na Amazonia oriental**. In: Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia oriental. Relatório final do convênio EMBRAPA/CPATU/GTZ. p.p. 71-97.
- Burguer, D. & Kitamura, P. C. 1986 **Importância e viabilidade de uma pequena agricultura sustentada na Amazonia oriental**. In: Simpósio internacional e interdisciplinar "O homem e a natureza amazonica". Blaubeuren.
- Camargo, O. A.; Moniz, A. C.; Jorge, J. A.; Valadares, J. M. A. S. 1986 **Métodos de análises químicas, físicas e mineralógicas do solo usadas na Seção de Pedologia do IAC**. Campinas, Instituto Agrônomo. 94p. Boletim técnico 106.
- Carter, M. R. 1986 Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil & Tillage Research**, 7: 29-40.
- Cerri, C. C. 1989 **Dinâmica da matéria orgânica em solos de pastagem**. In: Simpósio sobre ecossistemas de pastagem. Anais. p. 135-147.
- Cerri, C. C.; Volkoff, B.; Eduardo, B. P. 1985 Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolos da Amazônia. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 9: 1-4.
- Costa, B. M. 1985 **Caracterização e constituição do solo**. 3 ed. Lisboa, Calouste Gulbenkian, 1985. 526p.
- Denich, M. 1991 **Estudo da Importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental brasileira**. Tese de Dourorado. Universidade Georg August de Göttingen. Alemanha. 284p.

- Dick, P. R. 1992 A review: long - term effects of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters. **Agricultural, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, 40: 25-36.
- Diniz, T. D. de A. S. 1986 **Caracterização Climática da Amazônia Oriental** In: Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia oriental. Relatório final do convênio EMBRAPA/CPATU/GTZ.
- Dinwood, G. D. & Juma, N. G. 1988 Allocation and microbial utilization of C in two soils cropped to barley. **Can. J. Soil Sci.** 68: 495-505.
- Eden, M. J.; Furley, P. A.; Mc Gregor, D. F. M.; Miliken, W.; Ratter, J. A. 1991 Effect of forest clearance and burning on soil properties in northern Roraima, Brazil. **Forest Ecology and Management**, 38: 283-290.
- Ewel, J. J.; Mazzarino, M. J.; Berish, C. W. 1991 Tropical soil fertility changes under monocultures and successional communities of different structure. **Ecological Applications**, 1: 289-302.
- Ewel, J.; Berish, C.; Brow, B. 1981 Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. **Ecology**. 62: 816 a 829.
- Fearnside, P. M. 1990 Estimation of human carrying capacity in rainforest areas. **Tree**, 5: 192-196.
- Floherschütz, G. H. H. & Kitamura, P. C. 1986 **A pequena agricultura na Amazônia brasileira**. In: Pesquisas sobre utilização e conservação do solo na Amazônia oriental. Relatório final do convênio EMBRAPA/CPATU/GTZ. p.p.99-117.
- Geraldes, A. P. A. 1993 **Carbono, nitrogênio e biomassa microbiana do solo em uma cronosequência floresta-pastagem em Paragominas, Pará (Amazônia Oriental)**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 68 p.
- Greeland, D. J.; Nye, P. H. 1959 Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soil under natural fallows. **J. Soil Sci.**, 10: 284-299.
- Gupta, V. V. S. R. & Germida, J. J. 1988 Distribution of soil microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. **Soil Biol. Biochem.** 20: 777-785.
- Haynes, R. J. & Swift, R. S. 1990 Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. **Journal of Soil Science**, 41: 73-83.

- Hernani, L. C.; Sakai, E.; Ishimura, I.; Lepsh, I. F. 1987 Influência do método de limpeza de terreno sob floresta secundária em Latossolo Amarelo do Vale do Ribeira, SP: I. Dinâmica de atributos químicos, físico e produção de milho. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 11: 205-213.
- Herrera, R.; Jordan C. F.; Medina, E.; Klinge, H. 1981 How humans activities disturb the nutrient cycles of a tropical rainforest in Amazonia. **Ambio**, 10: 109-114.
- Herrera, R.; Jordan, C. F.; Klinge, H.; Medina, E. 1978 Amazon ecosystems. Their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciência**, 3: 223-232.
- Insan, H.; Mitchel, C. C.; Dormaar, J. F. 1991 Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. **Soil Biol. Biochem.**, 23: 459- 464.
- Jenkison, D. S. & Ladd, J. N. 1981 **Microbial biomass in soil : measurement and turnover**. In: Soil Biochemistry, Vol.5 (E.A. Paul and J. N. Ladd, eds), p.p. 415-471.
- Joergensen, R. G. & Brooks, R. G. 1990 Ninhidrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0,5 M K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> soil extracts. **Soil Biol. Biochem.**, 22: 1023-1027.
- Juo, A. S. R. & Lal, R. 1977 The effect of fallow and continuous cultivation on the chemical and physical properties of an alfisol in the tropics. **Plant and Soil**. 47: 567-584.
- Kemper, W. D. 1965 **Agregate stability**. In: Black, C. A., ed. Methods in soil analysis. Madison, Wisconsin, America Society of Agronomy, Part 1, p. 511-519. (Agronomy, 9)
- Kemper, W. D. & Chepil, W. S. 1965 **Agregate stability**. In: Black, C. A., ed. Methods in soil analysis. Madison, Wisconsin, America Society of Agronomy, Part 1, p. 499-509. (Agronomy, 9)
- Khan, A. R. & Datta, B. 1991 The effect of mulch on oxygen flux. **Agrochimica**. 35: 390-395.
- Korentajer, L.; Byrner, B. H.; Helimus, D. T. 1983 The effect of liming on the sulphur-supplying capacity of soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, 47: 525-530.
- Maas, J. M.; Jordan, C. F.; Sarukhan, J. 1988 Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agrossystems under various management techniques. **J. Appl. Ecol.** 25: 595-607.
- Martin, J. P et alli. 1955 Soil agregation. **Adv. in Agronomy**. New York, 7: 2-37.

- Martins, P. F. da S.; Volkoff, B.; Cerri, C. C.; Andreux, F. 1990 Consequências do cultivo e do pousio sobre matéria orgânica do solo sob floresta natural na Amazônia Oriental. **Acta Amazônica** 20: 19-28.
- Mbagwu, J. S. C. 1991 Mulching an Ultisol in southern Nigeria: Effect on physical properties and maize and cowpea yields. **J Sci. Food Agric.** 57: 517-526.
- Mc Gill, W. B.; Cannon, K. R., Robertson, J. A.; Cook, F. D. 1986 Dynamics of soil microbial biomass and water soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. **Canadian Journal of Soil Science**, 66: 1-19.
- Miyaniishi, K. & Kellman 1986 The role of nutrient reserves in regrowth of two savanna shrubs. **Can. J. Bot.** 64: 1244-1248.
- Morachan, Y. B.; Moidenhaver, W. C.; Larson, W. E. 1972 Effects of increasing amounts of organic residues on continuous corn: Yields and soil physical properties. **Agronomy Journal**, Madison, 64: 199-203.
- Moraes, J. F. L. 1991 **Conteúdo de Carbono e Nitrogênio e tipologia de horizontes nos solo da Bacia Amazônica**. Dissertação de Mestrado. CENA/USP. Piracicaba. 84p.
- Muller-Harvey, I.; Juo, A. S. R.; Wilde, A. 1985 Soil organic C, N, S and P after clearance in Nigeria: mineralization rates and spatial variability. **J. Soil Sci.**, 36: 585 - 591.
- Nelson, B. W. 1992 Diversidade Florística de Ecossistemas Amazônicos. **Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas**
- Nortcliff, S.; Ross, S. M.; Thornes, J. B. 1990 **Soil moisture, runoff and sediment yield from differentially cleared tropical rainforest plots**. In: J. B. Thornes ed., *Vegetation and Erosion*, p.p. 419-436.
- Nye, P. H. & Foster, 1961 Relative phosphorus uptake to crop and natural fallow from different parts of their root zone, **J. Agric. Sci.**, 56: 299-315.
- Nye, P. H. & Greenland, D. J. 1960 **The soil under shifting cultivation**. Technical Communication, Nº51, Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden.
- Nye, P. H. & Greenland, D. J. 1964 Changes in the soil after clearing tropical forest. **Plant and Soil**, 21: 101-112.
- Oades, J. M. 1984 Soil organic matter and structural stability mechanisms and implications for management. **Plant and Soils**, 76: 319-337.

- Okali, D. U. U. 1992 Sustainable use of west African moist forest lands. *Biotropica*, 24: 335-344.
- Powlson, D. S.; Brooks, P. C.; Christensen, B. T. 1987 Measurement of soil microbial biomass provides a early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil Biol. Biochem*, Oxford, 19: 159-164.
- Raij, B. van & Quaggio, J. A. 1983 **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, Instituto Agronômico. 35p. Boletim técnico 81.
- Rocha, R., Uhl, C.; McGrath, D. 1992 **Desmatamento e usos da terra no Pará: Tedências das microrregiões e municípios de 1960 a 1985**. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia. Dados não publicados
- Roth, C. H.; Castro Filho, C. de; Medeiros, G. B. de 1991 Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latosolo Roxo distrófico. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 15: 241-248.
- Santos, O. M. & Crisi, B. M. 1981 Efeito do desmatamento na atividade dos microorganismos de solo de terra firme na Amazonia. *Acta Amazonica*, 11: 97-102.
- Silva, L. F. da 1981 Alterações edáficas em "solos de tabuleiro" ("Ha-plthox") por influência do desmatamento, queima e sistemas de manejo. *Theobroma*, Ilhéus, 11: 5-19.
- Sioli, H. 1984, **Present "development" of Amazonia in the light of the ecological aspects of life", an alternative concept**. In: Sioli, H. ed. *The Amazon. Liminology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Lancaster, W.
- Siqueira, J. O. 1986 **Microorganismos do solo: Só simbioses?**, Escola Superior de Lavras. Lavras/MG.
- Sparling, G. P. & Ross, D. J. 1993 **Biochemical methods to estimate soil microbial biomass: Current developments and applications**. In: *Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical Agriculture*. Munlogov, K. & Mercks, R. eds. IITA/K.U.p.p.21-37.
- Sparling, G. P. & Zhu, C. 1995 Evaluation and calibration of biochemical methods to measure microbial biomass C and N in soils from western Australia. Paper for submission to *Soil Biol. and Biochem*. Review. Unpublished.
- Toky, O. P. & Ramakrishnan, P. S. 1983 Secondary succession following slash and burn agriculture in north-eastern india. II. Nutrient cycling. *Journal of Ecology*, 71: 747-757.

- Trenbath, B. R.; Conway, G. R.; Craig, I. A. 1990 **Threats to sustainability in intensified agricultural systems : analysis and implications for management**. p.p. 337-365.
- Uhl, C. 1987 Factos controlling succession following slash - and - burn agriculture in Amazonia. **Journal of Ecology**, 75: 377-407.
- Uhl, C. & Jordan, C. F. 1984 Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. **Ecology**. 65: 1476-1490.
- Vance, E. D.; Brooks, P. C.; Jenkison, D. S. 1987 a Microbial biomass in forest soils: Determination of Kc values and tests of hypotheses to explain the failure of the chloroform fumigation-incubation method in acid soils. **Soil Biol. and Biochem.** 19: 689-96.
- Vance, E. D.; Brooks, P. C.; Jenkison, D. S. 1987 b An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol. and Biochem.** 19: 703-707.
- Vieira, L. S.; Santos, W. H. P.; Falesi, J. C.; Oliveira Filho, J. P. S. 1967 Levantamento e reconhecimento dos solos da região bragantina, Estado do Pará. **Pesq. agropec. bras.** 2:1-63.
- Vitousek, P. M. & Denslow, J. S. 1986 Nitrogen and phosphorus availability in treefall gaps of a low land tropical rainforest. **J. Ecol.**, 74: 1167-1178.
- Wiessenmüller, J. 1994 Tese de Doutorado realizada no Município de Igarapé-Açu, com a colaboração do Projeto "**Studies on Human Impact on Forest and Floodplains in the Tropics**". Dados Parciais.
- Williams, C. H. & Steinberg, A. 1989 Soil sulfur fractions as chemical indices of available sulphur in some Australian soils. **Australian Journal Agricultural Science**, 10: 340-352.
- Yang, J. C.; Insan, H. 1991 Microbial biomass and relative contributions of bacteria and fungi in soil beneath tropical rain forest, Hainan island, China. **Journal of Tropical Ecology**, 7: 385-396.

## **APÊNDICE**

### **ESPÉCIES DOMINANTES POR PARCELA E SUA DISTRIBUIÇÃO, POR HÁBITO DE CRESCIMENTO**

## EXPERIMENTO 1

PARCELA	ESPÉCIE	FAMÍLIA	Hábito de Crescimento
1B	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	árvore/arbusto
	<i>Myrcia deflexa</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Myrcia bracteata</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Cupania hirsuta</i>	Sapindaceae	árvore/arbusto
1C	<i>Cordia nodosa</i>	Boraginaceae	árvore/arbusto
	<i>Banara guianensis</i>	Flacourtiaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	árvore/arbusto
1D	<i>Machaerium lunatum</i>	Fabaceae	trepadeira
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
1E	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
2A	<i>Myrcia bracteata</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Davilla kunthii</i>	Dilleniaceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	árvore/arbusto
2B	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Myrcia deflexa</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Marsipianthes chamaedrys</i>	Labiatae	árvore/arbusto
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	árvore/arbusto
2C	<i>Lygodium venustum</i>	Schizaeceae	árvore/arbusto
	<i>Rollinia exsucca</i>	Annonaceae	árvore/arbusto



	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
2D	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Combretum rotundifolia</i>	Combretaceae	árvore/arbusto
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
3B	<i>Eragrostis ciliares</i>	Poaceae	herbáceo
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
3D	<i>Paspalum maritimum</i>	Poaceae	herbáceo
	<i>Eragrostis ciliares</i>	Poaceae	herbáceo
	<i>Digitaria fuscescens</i>	Poaceae	herbáceo
3E	<i>Cyperus flavus</i>	Cyperaceae	herbáceo
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Paspalum conjugatum</i>	Poaceae	herbáceo
3F	<i>Cyperus difuso</i>	Cyperaceae	herbáceo
	<i>Panicum pilosum</i>	Poaceae	herbáceo
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Homolepis aturensis</i>	Poaceae	herbáceo

## EXPERIMENTO 2A

PARCELA	ESPÉCIE	FAMÍLIA	Hábito de Crescimen
2C	<i>Rourea ligulata</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Myrciaria floribunda</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
2D	<i>Rourea ligulata</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Myrcia silvatica</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
2E	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Phenakospermum guianensis</i>	Strelitziaceae	pseudocaule
2F	<i>Rourea ligulata</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Paspalum maritimo</i>	Poaceae	herbáceo
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Phenakospermum guianensis</i>	Strelitziaceae	pseudocaule
3A	<i>Tabernaemontana angulata</i>	Apocynaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora consanguinea</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Myrcia silvatica</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Myrciaria tenella</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
3D	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Smilax aequatoriales</i>	Liliaceae	árvore/arbusto
	<i>Cecropia palmata</i>	Moraceae	árvore/arbusto
	<i>Moutabea guianensis</i>	Polygalaceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
3E	<i>Davilla kuntii</i>	Dilleniaceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Inga macrophila</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Abarema jupumba</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
3F	<i>Rourea ligulata</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Davilla kuntii</i>	Dilleniaceae	trepadeira

	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Borreria latifolia</i>	Rubiaceae	herbáceo
4A	<i>Davilla kuntii</i>	Dilleniaceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Myrcia silvatica</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
4B	<i>Guateria poepigiana</i>	Annonaceae	árvore/arbusto
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Myrcia silvatica</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Abarema jupumba</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
4E	<i>Guateria poepigiana</i>	Annonaceae	árvore/arbusto
	<i>Rourea ligulata</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Myrcia silvatica</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
4F	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Myrciaria tenella</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Brachiaria humidicola</i>	Poaceae	herbáceo
	<i>Borreria verticilata</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Abarema jupumba</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto

## EXPERIMENTO 2B

PARCELA	ESPÉCIE	FAMÍLIA	Hábito de Crescimento
2A	<i>Casearia javitensis</i>	Flacourtiaceae	árvore/arbusto
	<i>Banara guianensis</i>	Flacourtiaceae	árvore/arbusto
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
2D	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Myrciaria tenella</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignonoaceae	trepadeira
2E	<i>Casearia arborea</i>	Flacourtiaceae	árvore/arbusto
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Abarema cochleata</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
2F	<i>Casearia arboria</i>	Flacourtiaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Abarema cochleata</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	árvore/arbusto
3B	<i>Pavonia malacophylla</i>	Malvaceae	árvore/arbusto
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Abarema cochleata</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	Verbenaceae	árvore/arbusto
	<i>Solanum caavurana</i>	Solanaceae	árvore/arbusto
3C	<i>Abarema cochleata</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Inga heterophylla</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto

3E	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Borreria latifolia</i>	Rubiaceae	herbáceo
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Stylosanthes guianensis</i>	Fabaceae	árvore/arbusto
	<i>Urena lobata</i>	Malvaceae	árvore/arbusto
3F	<i>Cassia chrysocarpa</i>	Caesalpiaceae	árvore/arbusto
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignonoaceae	trepadeira
	<i>Abarema cochleata</i>	Mimosaceae	árvore/arbusto
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
4A	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Casearia arborea</i>	Flacourtiaceae	árvore/arbusto
	<i>Couratari guianensis</i>	Lecythidaceae	árvore/arbusto
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
	<i>Rollinia exsucca</i>	Annonaceae	árvore/arbusto
4C	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Memora favida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Myrciaria tenella</i>	Myrtaceae	árvore/arbusto
	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Rourea doniana</i>	Connaraceae	trepadeira
4D	<i>Memora flavida</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Eupatorium macrophyllum</i>	Compositae	árvore/arbusto
	<i>Phenakospermum guianensis</i>	Strelitziceae	pseudocaulé
	<i>Tabernaemontana angulata</i>	Apocynaceae	árvore/arbusto
	<i>Casearia javitensis</i>	Flacourtiaceae	árvore/arbusto
4E	<i>Lacistema pubescens</i>	Lacistemataceae	árvore/arbusto
	<i>Memora allamandiflora</i>	Bignoniaceae	trepadeira
	<i>Casearia javitensi</i>	Flacourtiaceae	árvore/arbusto
	<i>Cordia nodosa</i>	Boraginaceae	árvore/arbusto
	<i>Tabernaemontana angulata</i>	Apocynaceae	árvore/arbusto