PROPRIEDADES DE SOLOS SOB FLORESTA NATURAL E SUA ALTERAÇÃO EM CONSEQUÊNCIA DO DESMATAMENTO E CULTIVO, NA AMAZÔNIA ORIENTAL

PAULO FERNANDO DA SILVA MARTINS

Orientador: Prof. Dr. CARLOS CLEMENTE CERRI

**Tese apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de
concentração: Solos e Nutrição
de Plantas.**

**PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Março - 1987**

Aos meus pais e irmãos

À minha esposa

Aos meus filhos

Ao caboclo da Amazônia

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições.

Ao Profº Dr. CARLOS CLEMENTE CERRI pela efetiva orientação ' prestada.

Aos pesquisadores da ORSTOM, ARMAND CHAUVEL, BORIS VOLKOFF e FRANCIS ANDREUX, pela ajuda e sugestões concedidas.

Aos amigos e colegas que sempre nos incentivaram.

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA " LUIZ DE QUEIROZ " pelo treinamento recebido.

COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES - pela bolsa de estudos concedida.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA pela ajuda financeira na execução deste trabalho.

A todos aqueles que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DA LITERATURA	03
2.1. Ecossistema Natural de Floresta de Terra Firme.	03
2.1.1. Fitomassa Aérea	04
2.1.2. Liteira	05
2.1.3. Solo	05
2.2. Alteração do Ecossistema Natural de Floresta de Terra Firme	07
2.2.1. Tipos de Exploração	07
2.2.2. Desmatamento	11
2.3. Consequências da Alteração sobre a Matéria Orgâ nica do Solo	13
2.3.1. Modificações da Fitomassa	14
2.3.2. Modificações no Solo	19
2.4. Implicações Ecológicas e Agronômicas	25
2.4.1. Transferência de Carbono para a Atmosfera	26
2.4.2. Conservação do Solo	27
2.4.3. Fertilidade do Solo	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. Caracterização do Meio Físico.....	33
3.1.1. Localização	33
3.1.2. Clima	33
3.1.3. Vegetação	35

3.1.4. Geomorfologia e Relevo	37
3.1.5. Geologia	37
3.1.6. Solos.....	38
3.2. Descrição das condições do Ecossistema	38
3.2.1. Ecossistema Natural	38
3.2.1.1. Pedon Imperfeitamente Drenado ..	40
3.2.1.2. Pedon Moderadamente Drenado...	42
3.2.1.3. Pedon Bem Drenado.....	44
3.2.2. Ecossistema Alterado	45
3.2.2.1. Área Recém-Queimada.....	47
3.2.2.2. Área Cultivada por 1 Ano.....	48
3.2.2.3. Área Cultivada por 5 Anos.....	50
3.2.2.4. Área em Pousio de 3 Anos após 2 Anos de Cultivo.....	52
3.3. Amostragem	54
3.3.1. Resíduos Vegetais sobre o Solo.....	54
3.3.2. Solo.....	55
3.4. Preparo das Amostras	57
3.4.1. Amostras da Liteira e Resíduos Vegetais.	57
3.4.2. Amostras de Solo	57
3.5. Análises.....	58
3.5.1. Matéria Orgânica do Solo.....	58
3.5.1.1. Carbono e Nitrogênio Totais...	59
3.5.1.2. Fracionamento Granulométrico..	59
3.5.1.3. Fracionamento do Húmus.....	59
3.5.2. pH	60

	Página
3.5.3. Complexo de Troca Iônica.....	60
3.5.4. Granulometria	60
3.5.5. Relações Massa/Volume	61
3.5.5.1. Densidade de Partículas.....	61
3.5.5.2. Densidade do Solo.....	61
3.5.6. Micromorfologia	62
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1. Ecossistema Natural.....	63
4.1.1. Liteira.....	63
4.1.1.1. Peso.....	64
4.1.1.2. Decomposição	71
4.1.1.3. Quantidades de Carbono e Nitro gênio.....	75
4.1.2. Horizontes Minerais.....	77
4.1.2.1. Carbono e Nitrogênio.....	79
4.1.2.2. pH e Complexo de Troca Iônica.	85
4.1.2.3. Textura.....	89
4.1.2.4. Densidade e Porosidade.....	89
4.1.2.5. Micromorfologia	92
4.2. Ecossistema Alterado.....	102
4.2.1. Resíduos Vegetais sobre o Solo.....	102
4.2.1.1. Recém-queimado	102
4.2.1.2. Cultivado por 1 Ano	105
4.2.1.3. Cultivado por 5 Anos.....	107
4.2.1.4. Pousio de 3 Anos após 2 Anos de Cultivo.....	108

4.2.2. Solo.....	109
4.2.2.1. Recém-Queimado.....	114
4.2.2.1.1. Carbono e Nitrogênio	115
4.2.2.1.2. pH.....	116
4.2.2.1.3. Complexo de Troca Iônica.....	116
4.2.2.1.4. Densidade e Porosi- dade	119
4.2.2.2. Cultivado por 1 Ano	121
4.2.2.2.1. Carbono e Nitrogê- nio.....	122
4.2.2.2.2. pH.....	123
4.2.2.2.3. Complexo de Troca Iônica.....	124
4.2.2.2.4. Densidade e Porosi- dade.....	125
4.2.2.3. Cultivado por 5 Anos.....	125
4.2.2.3.1. Carbono e Nitrogênio	125
4.2.2.3.2. pH.....	126
4.2.2.3.3. Complexo de Troca Iônica	127
4.2.2.3.4. Densidade e Porosida de.....	128
4.2.2.4. Pousio de 3 Anos após 2 Anos de Cultivo	129
4.2.2.4.1. Carbono e Nitrogênio	129

	Página
4.2.2.4.2. pH.....	130
4.2.2.4.3. Complexo de Troca Iônica.....	130
4.2.2.4.4. Densidade e Porosida de.....	131
4.3. Consequência da Alteração do Ecosistema	132
4.3.1. Mudanças na Vegetação	132
4.3.2. Mudanças nos Resíduos Vegetais sobre o Solo	134
4.3.2.1. Efeitos da Queimada.....	134
4.3.2.1.1. Peso dos Resíduos...	134
4.3.2.1.2. Distribuição dos Com ponentes.....	135
4.3.2.1.3. Perdas por Volatili- zação.....	136
4.3.2.2. Efeitos do Cultivo e do Pousio.	137
4.3.2.2.1. Peso dos Resíduos...	137
4.3.2.2.2. Distribuição dos Com ponentes	138
4.3.2.2.3. Quantidade de Carbo- no e Nitrogênio.....	139
4.3.3. Mudanças no Solo.....	141
4.3.3.1. Carbono e Nitrogênio.....	141
4.3.3.1.1. Efeitos da Queimada.	142
4.3.3.1.2. Efeitos do Cultivo do Pousio.....	145
4.3.3.2. Complexo de Troca Iônica	148
4.3.3.2.1. Efeitos da Queimada	148

4.3.3.2.2. Efeitos do Cultivo e do Pousio.....	150
4.3.3.3. Densidade e Porosidade.....	155
4.3.3.3.1. Efeitos da Queimada.	156
4.3.3.3.2. Efeitos do Cultivo e do Pousio.....	157
4.3.3.4. Micromorfologia.....	160
4.3.3.4.1. Área Cultivada por 1 Ano	160
4.3.3.4.2. Área Cultivada por 5 Anos.....	162
4.3.3.4.3.. Área de Pousio de 3 Anos após 2 Anos de Cultivo.....	162
4.3.3.4.4.. Mudanças na Sequên- cia Floresta-Culti- vo-Pousio.....	166
4.4. Dinâmica da Matéria Orgânica da Parte Superior do Solo ...	168
4.4.1. Fracionamento Granulométrico	169
4.4.1.1. Ecossistema Natural.....	169
4.4.1.2. Ecossistema Alterado.....	173
4.4.2.. Fracionamento do Húmus.....	175
4.4.2.1. Ecossistema Natural.....	175
4.4.2.2. Ecossistema Alterado.....	178

4.4.3. Evolução da Matéria Orgânica =.....	180
5. CONCLUSÕES.....	186
6. LITERATURA CITADA.....	190
7. APÊNDICE.....	202

ÍNDICE DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
1 Peso do material úmido, peso do material seco, quantidade de carbono, nitrogênio e relação C/N dos diversos componentes da liteira no ecossistema natural.....	65
2 Índices de desagregação da liteira e de seus componentes considerando duas fases de decomposição.	72
3 Teores de carbono e nitrogênio totais, relação C/N, valores de pH - em água e KCl - e Δ pH dos horizontes minerais do ecossistema natural	80
4 Distribuição do carbono até 200cm de profundidade do solo no ecossistema natural	82
5 Cátions trocáveis, soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T) e valor de saturação em bases (V%) dos horizontes minerais do ecossistema natural	87
6 Classes de textura e valores de densidade e porosidade do solo no ecossistema natural	90
7 Peso do material úmido, peso do material seco, quantidade de carbono, nitrogênio e relação C/N dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo no ecossistema alterado	103
8 Distribuição percentual das frações granulométricas nas classes de 0-50 (subdividida em 0-2 e 2-50), 50-200, 200-2000 μ m e grau de floculação do horizonte A do solo sob diferentes condições do ecossistema	111

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
9 Teores de carbono e nitrogênio totais, relação C/N, valores de pH - em água e KCl - e Δ pH do solo no ecossistema alterado	113
10 Conteúdo de carbono e nitrogênio até 100cm de profundidade do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado	114
11 Câtions trocáveis, soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T) e valor de saturação em bases (V%) do solo no ecossistema alterado	117
12 Classes de textura e valores de densidade e porosidade do solo no ecossistema alterado	120
13 Quantidade de carbono distribuída por classe de diâmetro dos galhos existentes no ecossistema natural e na área recém-queimada	136
14 Distribuição do carbono até 100 cm de profundidade do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado	142
15 Distribuição do carbono nas frações F 200 - 2000 (200 a 2000 μ m), F 50-200 (50-200 μ m) e F 0-50 (0-50 μ m) do horizonte A do solo sob diferentes condições do ecossistema	170
16 Distribuição dos compartimentos húmicos da fração F 0-50 (0 a 50 μ m) do horizonte A do solo: AFL-ácido fúlvico livre, H - humina, AHS - ácido húmico extraído pela soda, AFS-ácido fúlvico extraído pela	

TabelaPágina

	soda, AHP - ácido húmico extraído pelo pirofosfato de sódio, AFP - ácido fúlvico extraído pelo pirofosfato de sódio, AH - ácido húmico total, AF - ácido fúlvico total.	176
17	Distribuição do carbono contido na parte superior do solo (littera - ou resíduos vegetais sobre a superfície - mais horizonte A) sob diferentes condições do ecossistema.....	181

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Indicação do local do estudo	34
2	Balanco hídrico do município de Capitão Poço-Parã .	36
3	Esquema da parte superior do solo sob ecossistema natural: imperfeitamente drenado, moderadamente drenado e bem drenado	41
4	Esquema da parte superior do solo sob ecossistema alterado: recém-queimado, cultivado por 1 ano, cultivado por 5 anos e pousio de 3 anos (após 2 anos de cultivo)	46
5	Distribuição relativa dos componentes da liteira no ecossistema natural	68
6	Distribuição relativa dos fragmentos da liteira no ecossistema natural	70
7	Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A_{12} (6-10cm) do Pedon Imperfeitamente Drenado do Ecossistema Natural: Distribuição enaulic com um esqueleto constituído principalmente de quartzo, um plasma bruno escuro com distribuição irregular bastante microagregado e a presença de raízes e resíduos vegetais	94
8	Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A_3 (10-18cm) do Pedon Imperfeitamente Drenado do Ecossistema Natural: Plasma regularmente distribuído, envolvendo grande parte do esqueleto, exibindo uma macroporosidade relativamente pouco desenvolvida. À direita aparece um nódulo fêrrico	94

FiguraPágina

- 9 Fotomicrografia (53X) relativa ao horizonte B₂₁ (32-50cm) do Pedon Imperfeitamente Drenado do Ecossistema Natural: Distribuição porfiric onde o plasma se apresenta contínuo, a macroporosidade muito reduzida e os grãos de quartzo agrupados os quais contêm grande quantidade de óxido de ferro encrustado. Vazios do tipo fissural são limitados por argilans amarelo alaranjado 95
- 10 Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A₁₂ (4-8cm) do Pedon Moderadamente Drenado do Ecossistema Natural: Distribuição heterogênea do plasma de cor bruno muito escuro, muito microagregado e com um padrão enaulic. Numerosas raízes e elevada porosidade intersticial entre os grãos do esqueleto e os microagregados 95
- 11 Fotomicrografia (53X) relativa ao horizonte B₁₁ (15-30cm) do Pedon Moderadamente Drenado do Ecossistema Natural: Presença de pequenos agregados milimétricos de forma relativamente arredondada delimitados por vazios policôncavos de aproximadamente 1 mm de diâmetro. Note-se também a distribuição agrupada do esqueleto e a forte incrustação de óxido de Fe nos grãos de quartzo ... 96
- 12 Fotomicrografia (33X) relativa ao horizonte B₂₂ (60-70cm) do Ecossistema Natural: Em um padrão de distribuição porfiric distingue-se, à direita, se

FiguraPágina

	tores de plasma muito claro com macroporosidade muito reduzida devido o preenchimento dos vazios por cutans argilosos, associados a pequenas manchas avermelhadas e violáceas com limites difusos; à esquerda a ocorrência de vazios policôncavos, também com manchas avermelhadas com limites difusos, e grãos de quartzo agrupados	96
13	Fotomicrografia (24X) relativa ao horizonte B_{23} (110-170cm) do Pedon Moderadamente Drenado do Ecossistema Natural: Aspectos da degradação de um material endurecido muito rico em plasma de coloração bruno, muito associado aos vazios	97
14	Fotomicrografia (13X) relativa ao horizonte B_{32} (210-230cm) do Pedon Moderadamente Drenado do Ecossistema Natural: Degradação de nódulos fêrricos que parecem fundir-se à matriz constituída principalmente de um plasma bruno amarelo que envolve os grãos de quartzo em um padrão tipicamente porfiric	97
15	Fotomicrografia (33X) relativa ao horizonte A_3 (10-20cm) do Pedon Bem Drenado do Ecossistema Natural: Sobre um fundo matricial de padrão de distribuição enaulic tendendo a monic e contendo um plasma de coloração bruno escuro destaca-se, à direita, um pedotubo com orientação vertical contendo pequenos grãos de quartzo (areia fina e silte grosso) .	99

FiguraPágina

16	Fotomicrografia (53X) relativa ao horizonte B ₁₂ (50-75cm) do Pedon Bem Drenado do Ecossistema Natural: Padrão de distribuição porfiric onde o plasma é pouco agregado, os grãos de quartzo apresentam-se relativamente agrupados, e a macroporosidade é muito reduzida. Note-se depósitos argilosos com limites difusos em torno dos vazios e, à esquerda, a presença de um grão verde de hornblenda	99
17	Distribuição percentual das frações granulométricas nas classes de 0-50 (subdividida em 0-2 e 0-50), 50-200, 200-2000 µm e grau de floculação do horizonte A no ecossistema natural e no ecossistema alterado	112
18	Distribuição percentual do carbono do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado	144
19	Distribuição dos valores de pH (em água) do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado.	152
20	Distribuição dos valores de capacidade de troca de cátions no ecossistema natural e no ecossistema alterado	153
21	Distribuição dos valores de saturação em bases no ecossistema natural e no ecossistema alterado	154
22	Distribuição dos valores de densidade do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado ...	159

FiguraPágina

- 23 Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A_{12} (6-15cm) do solo na área Cultivada por 1 ano: Aspecto do plasma bruno distribuído em uma massa contínua em consequência dos efeitos do desmatamento após 1 ano de cultivo, acentuando o padrão de distribuição agrupada do esqueleto. Note-se a variação acentuada na cor do plasma próximo aos vazios 161
- 24 Fotomicrografia (24X) relativa ao horizonte A_3 (15-25cm) do solo na área Cultivada por 1 ano: Presença de pequenos cutans argilosos de cor bruno amarelo claro no centro da foto. Note-se também ao centro e à esquerda setores onde o plasma exibe fraca microagregação 161
- 25 Fotomicrografia (33X) relativa ao horizonte B_{12} (35-75cm) do solo na área Cultivada por 1 ano: Distingue-se o contato de dois fundos matriciais diferentes: à esquerda onde o plasma é bruno acinzentado, o esqueleto é abundante e existem microagregados e resíduos vegetais; à direita onde o plasma é bruno mais claro, mais abundante, formando uma massa contínua, e a macroporosidade é muito reduzida 163
- 26 Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A_1 (0-7cm) do solo na área Cultivada por 5 anos: Ocorrência de um plasma pouco abundante que ten-

FiguraPágina

- de a se concentrar em torno dos vazios de origem biológica. No centro da fotografia observa-se um fragmento de carvão vegetal proveniente da queimada da vegetação 163
- 27 Fotomicrografia (33X) relativa ao horizonte A_3 (7-17cm) do solo na área Cultivada por 5 anos: Plasma bruno irregularmente distribuído, separado por meta vazios revestidos por cutans de argila ladeados por uma bordadura de cor vermelha. No centro da fotografia aparece um grão de staurolita 164
- 28 Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte B_{12} (32-45cm) do solo na área Cultivada por 5 anos: Aspecto da heterogeneidade do fundo matricial e da descontinuidade textural decorrente da alteração da estrutura do solo. Note-se a alternância de setores arenosos de contornos festonados com setores onde os grãos de quartzo estão envolvidos por um plasma de cor bruno 164
- 29 Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A_{12} (2-7cm) do solo na área em Pousio: Em um fundo matricial enaulic, muito semelhante ao da área cultivada por 5 anos, destacam-se peletes fecais de diâmetro de aproximadamente 1 mm que se anastomosam formando agregados compostos 165

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
30	Fotomicrografia (53X) relativa ao horizonte B ₁₂ (30-40cm) do solo na área em Pousio: Nos limites de um canal, que se dispõe transversalmente na foto, observa-se grande quantidade de peletes fecais oriundos de intensa pedoturbação	165
31	Distribuição relativa do carbono nas frações 0-50 µm, 50-200 µm e 200-2000 µm do horizonte A do solo. Ecosistema natural: N ₁ - imperfeitamente drenado, N ₂ - moderadamente drenado, N ₃ - bem drenado. Ecosistema alterado: Q - recém-queimado, A - cultivado 1 ano; I - cultivado 5 anos, P - pousio de 3 anos (após 2 anos de cultivo) ..	171
32	Distribuição relativa dos compartimentos húmicos da fração 0-50 µm do horizonte A do solo sob diferentes condições do ecossistema	177
33	Distribuição do carbono contido na parte superior do solo (liteira - ou resíduos vegetais sobre a superfície - mais horizonte A) sob diferentes condições do ecossistema	182

PROPRIEDADES DE SOLOS SOB FLORESTA NATURAL E SUA ALTERAÇÃO EM CONSEQUÊNCIA DO DESMATAMENTO E CULTIVO, NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Candidato: PAULO FERNANDO DA SILVA MARTINS

Orientador: Prof. Dr. CARLOS CLEMENTE CERRI

RESUMO

Foram avaliadas as propriedades físicas e químicas dos solos de um ecossistema natural de terra firme e sua alteração em decorrência do desmatamento e do cultivo.

O estudo foi realizado na Amazônia Oriental, Estado do Pará (Brasil), município de Capitão Poço, na Estação Experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, e adjacências, em Latossolo Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo.

Tomando-se por base os solos sob condições naturais, verificou-se as modificações ocorridas na sequência queimada-cultivo-pousio. Foram estudados os seguintes aspectos: evolução da matéria orgânica, alteração do complexo de troca iônica e alteração da estrutura, incluindo análise micromorfológica.

Constatou-se que no ecossistema estudado os solos possuem originalmente uma organização pedológica caracte-

rizada por um adensamento natural que é agravado onde a textura é mais fina. Embora localizado em cotas elevadas e apresentando relevo plano, possuem drenagem variável e muitas vezes deficiente. Com o desmatamento e o cultivo, a ausência de vegetação que propicie adições constantes de resíduos acarretam mudanças na quantidade e na qualidade da matéria orgânica, as quais afetam a organização estrutural do solo.

As modificações do solo se traduzem principalmente através do aumento do teor de ácidos fúlvicos acompanhado da diminuição do teor de ácidos húmicos, provocando a destabilização do complexo organo mineral no horizonte A do solo. Em consequência, há maior dispersão das frações finas que migram e obstruem os macroporos, o plasma torna-se denso, a densidade do solo aumenta e a porosidade diminui.

Após o segundo ano quando o cultivo é interrompido devido a baixa produtividade, o desenvolvimento da vegetação natural favorece o acúmulo de resíduos que aliados a forte atividade da fauna causam a inversão do processo de alteração, com a recuperação parcial da quantidade de ácidos húmicos e diminuição do teor de ácidos fúlvicos. Ocorre a reorganização da estrutura: a microagregação reaparece, a densidade do solo diminui.

Conclui-se finalmente que o desmatamento provoca a degradação física do solo após o primeiro ano de cultivo, e que o pousio, ao contrário, promove a sua recuperação.

SOIL PROPERTIES UNDER NATURAL FOREST AND ITS ALTERATION AFTER CLEARING AND TILLAGE IN THE ORIENTAL AMAZON

Author: PAULO FERNANDO DA SILVA MARTINS

Adviser: Prof. Dr. CARLOS CLEMENTE CERRI

SUMMARY

Physical and chemical soil properties under "terra firme" natural forest were appraised besides changes occurred when the forest was cleared and soil cultivated.

The study was performed in the Oriental Amazon region, Par State (Brazil), Capito Poo Country, in the experimental center of the Centro de Pesquisas Agropecurias do Trpico mido (EMBRAPA) and surrounding areas of Yellow Latosol and Red Yellow Podzolic.

Taking the soil of the forest as a base, the changes occurred in the sequential management, burning, tillage and fallow-land, were observed. The following aspects were studied in the soil: organic matter evolution, alteration in the ionic exchange as well as in the structure, including the micromorphological analyses.

It was observed that in this kind of ecosystem the soils have an original pedological organization characterized by natural compactation, which increases as texture becomes

finer. Although located on higher quote with flat sat-off the soil has variable drainage and deficient drainage in some cases.

With forest clearing and tillage, the absence of vegetation which is responsible for a constant addition of residuals were responsible for the changes in the quality and quantity of organic matter, which affects soil structure.

Soil modification was expressed mainly through fulvic acid increase, which is followed by a decrease of the humic acid content, giving rise to a desestabilization of the organo mineral complex in the A horizon. As a result, there is greater dispersion and migration of fine fraction which causes the obstruction of macropores, increasing soil plasma and bulk density, and lowering soil porosity.

After a second year, when the tillage was interrupted due to a lowering of productivity, the development of a natural vegetation gave rise to an accumulation of residues which together with strong soil fauna activity reversed the process of degradation, with parcial recovery of the ammount of humic acid and a decrease in the level of fulvic acids with soil structural reorganization, followed by microaggregation and lower bulk density.

Finally, it could be concluded, that forest clearing induces the soil physical degradation after first year of tillage and that fallow land acts in an inverse way, causing its recovery.

SOLS SOUS FORÊT EN AMAZONIE ORIENTALE: PROPRIÉTÉS ET MODIFICATIONS
CAUSÉES PAR LA DEFORESTATION ET LA MISE EN CULTURE

Auteur: PAULO FERNANDO DA SILVA MARTINS

Directeur d'études: Prof. Dr. CARLOS CLEMENTE CERRI

RÉSUMÉ

Cette étude est consacrée aux propriétés physiques et chimiques des sols d'un écosystème naturel non inondable et à leurs modifications par suite de la déforestation et de la mise en culture. Elle a été réalisée en Amazonie Orientale, Etat de Pará, commune de Capitão Poço (Brésil), dans la Station Expérimentale du Centre de Recherche sur le Tropique Humide (CPATU) et ses environs. Les sols ont été classés comme Latosols Jaune et Rouge et Jaune Podzoliques.

En prenant comme référence les sols en conditions naturelles les modifications survenant dans la séquence brûlis-culture-jachère ont été étudiées sous les aspects suivants: évolution de la matière organique, modifications du complexe d'échange et changements dans la structure, y compris par analyse micromorphologique.

On a constaté que les sols possèdent à l'origine une organisation pédologique caractérisée par une densité

naturellement élevée, en particulier là où la texture est plus fine. Bien que situés en position élevée et plane, ils possèdent un drainage variable et souvent déficient. Après déforestation et mise en culture, l'absence de végétation assurant un apport continu de résidus provoque des changements quantitatifs de matière organique, qui à leur tour affecte l'organisation structurale du sol.

Les modifications du sol se manifestent principalement par l'augmentation de la teneur en acides fulviques et la diminution de la teneur en acides humiques, provoquant la destabilisation du complexe organo-minéral dans l'horizon A du sol. Il en résulte une augmentation de la dispersion des fractions fines qui migrent et obstruent les macropores, ainsi qu'un accroissement de la densité du plasma, et donc de celle du sol.

Après la seconde année, lorsque la culture est interrompue en raison de trop fortes baisses de rendement, une nouvelle végétation naturelle se développe et l'accumulation de résidus, alliée à une forte activité de la faune, provoque une inversion des processus. On assiste à la reconstitution partielle des quantités initiales d'acides humiques et fulviques, à la réorganisation de la structure en micro-agrégats et à une baisse de densité du sol.

On peut conclure de cette étude que la déforestation provoque la dégradation physique du sol dès la première année de culture et que la jachère, au contraire, tend à favoriser le retour aux propriétés initiales.

1. INTRODUÇÃO

O desmatamento e o cultivo provocam, inevitavelmente, modificações no solo, influenciando sobre a sua produtividade. Na amazônia o cultivo tradicional é insustentável após 1 ou 2 anos porque a produtividade diminui drasticamente.

Devido ao rigor do clima, o desmatamento na amazônia deve causar maior vulnerabilidade do solo às modificações. Isto, contudo, ainda não foi suficientemente discutido por falta de pesquisas sobre o assunto. Além disto, há, por parte de alguns segmentos da sociedade a preocupação de que o desmatamento provoque alterações ecológicas de custos sociais e econômicos inaceitáveis.

Muitas áreas de terra firme na amazônia oriental, embora apresentem, a primeira vista, condições favoráveis à exploração agrícola, tais como: cota elevada, relevo plano, disponibilidade de água e fácil acesso; possuem problemas de drenagem. Este fato cria restrições a sua exploração agrícola,

além de oferecer riscos de degradação do solo caso o seu manejo não seja adequado.

Os solos da Estação Experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU - de Capitão Poço (Estado do Pará), onde se instalam projetos de pesquisas sobre sistemas de produção, embora tenham sido classificados como Latosolo Amarelo (EMBRAPA, 1981), apresentam problemas de drenagem. Com o objetivo de avaliar as modificações que ocorrem nas propriedades físicas e químicas destes solos em consequência do desmatamento e do cultivo, estudou-se, tendo como base de comparação as condições naturais, o solo de áreas próximas submetidas à queimada, ao cultivo e ao pousio. Considerando a variação de drenagem existente, selecionaram-se três pedons sob vegetação de floresta primária, correspondentes as classes imperfeitamente, moderadamente e bem drenados, a fim de servirem de padrão.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Ecossistema Natural de Floresta de Terra Firme

As florestas de terra firme ocupam 80% da área da Amazônia e englobam vários tipos de formações florestais: mata alta, mato de cipó, mata seca, mata de bambu, campinara - na, matas serranas e de neblina (SHUBART, 1983).

A predominância é de matas altas e a maioria dos dados aqui apresentados referem-se a áreas de sua ocorrência.

As matas altas em geral são densas, apresentam grande biomassa e elevado número de espécies.

Segundo TAKEUCHI (1960) nas áreas de maior altitude (terra firme alta, 60m acima do nível do mar) a floresta é multiestratificada e as espécies mais comuns no estrato superior pertencem as famílias Leguminosae, Lecythidaceae, e Sapotaceae e é muito reduzido o número de palmeiras de estipe alta. Nas áreas de menor altitude (terra firme baixa, 40m aci

ma do nível do mar) não se formam estratos e é elevado o número de palmeiras com estipe alta. Entre as espécies de maior porte aparecem as Moraceae ao invés das Lecythidaceae.

As florestas da Amazônia, em geral, e as florestas de terra firme, em particular, apresentam grande diversidade de espécies. Rodrigues (1967), citado por KLINGE et alii (1975), encontrou na Amazônia Central uma média de 65 espécies por hectare pertencentes a 47 famílias. DANTAS et alii (1980) encontrou, na Amazônia Oriental (região periférica meridional, segundo FITTKAU et alii, 1975) em 1 ha, mais de 1000 indivíduos distribuídos entre 52 famílias e 188 espécies. Na Guiana Francesa, LESCURE (1981) verificou uma média de 217 árvores/ha com DAP acima de 20 cm, distribuídas entre 45 famílias e 161 espécies, enquanto PUIG (1979a) verificou a existência de uma média de 6222 árvores/ha.

2.1.1. Fitomassa Aérea

A fitomassa da floresta Amazônica varia em função das condições edafoclimáticas. Expressa em peso seco, por exemplo, encontrou-se 467ton/ha perto de Manaus (KLINGE et alii, 1975) e 589ton/ha na região de Sta. Elie, na Guiana Francesa (LESCURE et alii, 1982).

São produzidas anualmente 20 toneladas de matéria seca das quais 8 toneladas se deve à queda de folhas mortas, galhos, flores e frutos (SHUBART, 1983).

2.1.2. Liteira

A armazenagem de matéria seca na liteira é bastante variável mesmo dentro de uma mesma área. KLINGE et alii (1975) encontrou na Amazônia Central 25,4 toneladas de matéria seca sendo 72% constituído de galhos (49%) e folhas (23%) e os 28% restantes de flores e frutos (1%) e fragmentos de galhos e folhas (27%).

Estimativas da produção anual de liteira (em peso seco) feitas na Amazônia Central (KLINGE e RODRIGUES, 1968) na Amazônia Oriental (EMBRAPA, 1981) e na Guiana Francesa (PUIG, 1979b) indicaram, respectivamente, os valores de 7,4, 9,0 e 8,7 toneladas. Neste último exemplo, ao contrário dos outros dois, a produção máxima de liteira não coincidiu com a estação seca.

A liteira decompõe-se rapidamente devido as condições favoráveis de temperatura e umidade. KLINGE et alii (1975) considera que na Amazônia Central 80% das folhas das árvores retorna anualmente ao solo.

2.1.3. Solo

Duas são as ordens de solos onde em maior extensão estão situadas as florestas densas de terra firme: Latossolos (Oxisol) e Podzólicos distróficos (Ultisol). Estas duas ordens correspondem a cerca de 75% da área da bacia amazônica (SAN-

CHEZ et alii, 1982). São solos profundos, bem drenados, avermelhados ou amarelados e com boas propriedades físicas, embora muito ácidos e deficientes em nutrientes (SANCHEZ e BUOL, 1975).

Estudos do solo sob floresta de terra firme tem mostrado que a camada de 0-10 cm contém em média até 5% de matéria orgânica, ou seja, até 60 ton/ha onde a maior parte (95% ou mais) se encontra na forma de humus (VOLKOFF e CERRI, 1981).

A maior parte do carbono constituinte do humus encontra-se na forma de ácidos fúlvicos livres (30%) e humina (50%) enquanto o restante se distribui entre as frações alcalino-solúveis (ácidos húmicos e fúlvicos extraíveis pela soda e pirofosfato de sódio). Os primeiros centímetros a partir da superfície do solo possuem maior quantidade de frações alcalino-solúveis e muito pouco ácido fúlvico livre. Conforme se aumenta a profundidade diminuem as quantidades da fração alcalino-solúveis enquanto aumentam as de ácido fúlvico livre. A humina permanece relativamente constante nas diferentes profundidades do perfil (VOLKOFF e CERRI, 1981; VOLKOFF et alii, 1982; MANARINO et alii, 1982).

É devido a predominância de ácidos fúlvicos nos horizontes subsuperficiais que os mesmos se apresentam com valores (Mulsell) elevados. Contudo, embora a cor do horizonte B não seja escura existe quantidade importante de matéria orgânica que pode ultrapassar a 2% do peso total do horizonte.

Como em todo ecossistema natural terrestre, na floresta Amazônica existe estreita relação entre a vegetação

e o solo. Contudo em termos de nutrientes a vegetação depende muito mais de si mesmo e da liteira que do solo, chegando mesmo a se nutrir, em parte, diretamente dos produtos de decomposição da liteira (Stark, citado por VOLKOFF e CERRI, 1981). A vegetação possui, armazenados na fitomassa, 4 vezes mais ba-ses (K, Na, Ca, Mg) do que existe até 1 metro de profundidade (274 kg/ha) e pelo menos 4% dessas bases são transferidas anualmente para o solo através de decomposição da liteira (SHU-BART, 1983) enquanto são transferidos 5% do Ca mais Mg, por lavagem das copas e do caule (considerando precipitação anual de 2.500mm e dados de SANTOS et alii, 1981). Ambos os proces-sos são mais intensos no período chuvoso.

As características da vegetação dependem das condições do solo, especialmente do seu regime hídrico. BOULET (1981) refere-se a variações na fitomassa em função da drena-gem do solo assinalando a ocorrência de árvores com DAP supe-rior a 90cm em número três vezes maior em uma área com drena-gem vertical livre, em relação a outra, adjacente, com drena-gem vertical bloqueada.

2.2. Alteração do Ecossistema Natural de Floresta de Terra Firme

2.2.1. Tipos de Exploração

A maior parte da alteração dos ecossistemas de terra firme Amazônica visa a implantação de atividades agrícolas, florestais ou pastoris.

A atividade agrícola inclui várias formas de cultivo: cultivo itinerante, cultivo intensivo, cultivo de plantas perenes, com ou sem consórcio.

O cultivo itinerante é a forma tradicional e já vem sendo utilizada há muito tempo pois iniciou com as tribos indígenas da região. Consiste em se derrubar e queimar áreas de florestas primárias para cultivar a terra por poucos anos usando cultivos de subsistência e depois deixá-la em pousio por vários anos. O número de anos de cultivo é variável em função da fertilidade natural do solo, mas na maioria das vezes é de 2 a 4 anos. Quando a atividade deixa de ser compensadora, a área é abandonada e busca-se outra área de floresta primária. Se o agricultor porventura não dispõe de áreas de floresta primária, passa a utilizar áreas de floresta secundária com 10 anos ou mais de pousio, a cuja vegetação denomina "capoeira".

O cultivo itinerante se restringe a mão-de-obra familiar e por isto mesmo abrange pequenas áreas onde basicamente são produzidos mandioca, feijão, arroz e milho, utilizados em maior parte na alimentação da própria família.

Os outros tipos de utilização agrícola são restritos a pequeno número de proprietários.

O cultivo intensivo refere-se a produção de culturas de ciclo curto de maneira contínua e permanente, ao contrário do cultivo itinerante. Basicamente existem duas modalidades de cultivo intensivo: monocultivo e rotação de culturas. Ambas as modalidades podem adotar o preparo da terra

do tipo manual ou do tipo mecanizado, incluir controle de er-vas daninhas através de herbicida ou de capina com enxada.

Este tipo de cultivo é muito difícil de se empreender nas áreas de terra firme de Amazônia devido não se ter estabelecido, ainda, sistemas de manejo capazes de torná-lo economicamente viável. Contudo se tem feito referência a algumas formas bem sucedidas de cultivo durante vários anos. BATISTA (1969) cita dois empreendimentos, um perto de Manaus e outro próximo de Belém, os quais adotaram o desmatamento mecânico, enterrio dos galhos e folhas e queima dos tocos. Toda via não fornece detalhes sobre as operações.

Sabe-se que na região Amazônica algumas áreas tem sido cultivadas intensivamente por vários anos com grandes adições de fertilizantes químicos e utilização de máquinas e/ou herbicidas no controle das ervas daninhas.

SANCHEZ et alii (1982) relata uma experiência de cultivo contínuo durante 8 anos, após desmatamento de uma área de floresta secundária de 17 anos em Yurimaguas, na Amazônia Peruana, tendo sido realizados 21 plantios em rotação de arroz, milho e soja e obtida uma produção média de 7,8 ton/ha/ano de grãos.

O cultivo de plantas perenes é diversificado pois pode ser de monoculturas ou de cultivos em consórcio, sendo que estes podem incluir consórcio com plantas de ciclo curto ou mesmo essenciais florestais.

O Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU - está desenvolvendo pesquisas de consórcio de

várias plantas perenes na maioria nativas da região. Uma das pesquisas consiste em substituir parcialmente o subbosque da floresta por culturas de pimenta do reino, cacau e guaraná (EMBRAPA, 1981).

As atividades florestais incluem o extrativismo e o plantio de essências florestais. O extrativismo, assim como o cultivo itinerante, desde há muito vem sendo praticado pelo cabloco da região. Sua maior participação na alteração do ecossistema consistia, até algumas décadas atrás, na retirada de poucas árvores que eram utilizadas na construção de casas. Com o crescimento de várias cidades da região, empresas de diversos portes passaram a explorar intensamente grandes áreas.

Por outro lado, o plantio de essências florestais é restrito a grandes empresas. Esta atividade inclui, na maior parte, o plantio homogêneo de essências nativas ou mesmo exóticas como é o caso dos plantios da Jari Agroflorestal e Industrial.

Outras formas de exploração florestal são o enriquecimento da floresta, que consiste em se abrir clareiras alinhadas para plantar essências nativas, e a erradicação completa com retirada de material vegetal para fabricação de papel e posterior regeneração natural. Esta última forma praticamente não tem sido realizada na Amazônia brasileira porém existem experiências realizadas por vários organismos da França na Guiana Francesa.

A instalação de pastagens artificiais nas terras firmes da Amazônia é a atividade que mais tem contribuído

com a alteração do ecossistema natural na América Latina (FEARNSIDE, 1979) e mesmo na Amazônia. O desmatamento de 8 milhões de hectares no período de 1966 a 1979 deve-se a grandes projetos onde foram implantados extensas áreas de pastagem (MEYERS, 1982).

Todavia, a nível experimental tem-se tentado outras formas de criação de gado. Desde o início da década de 70 criadores de gado no Estado do Pará utilizam o consórcio de pecuária com cultivo de seringueira (Hevea brasiliense). Mais recentemente a EMBRAPA (UEPAE-Manaus) tem testado a implantação de pastagem sem eliminar completamente a floresta, ou seja, com desmatamento parcial.

2.2.2. Desmatamento

As atividades agrícolas em geral, o plantio de floresta e pastos artificiais requerem a erradicação da floresta.

O desmatamento nas terras firmes da Amazônia se intensificou a partir da década de 60, sob o incentivo do governo quando se instalaram grandes empresas tais como JARI, SUIA-MISSU, BRUMASA e outras. No período de 1966 a 1979 foram desmatados 8 milhões de hectares para a implantação de projetos agropecuários incentivados pela SUDAM - Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (MEYERS, 1982). O IBDF contudo, assume que até 1981 haviam sido desmatados 8 milhões de hectares de floresta densa (BAIARDI, 1983). Isto corresponde a

1,6% da Amazônia legal e a 32,3% da área do Estado de São Paulo.

Considera-se que, apesar da grande intensidade de desmatamento na última década, a Amazônia ainda é um sistema em equilíbrio (SALATI e VOSE, 1984).

Existem dados que corroboram com a hipótese do crescimento exponencial do desmatamento (FEARNSIDE, 1982; BAIARDI, 1983). Contudo, BAIARDE (1983) afirma que se tal ocorresse a floresta densa da Amazônia brasileira desaparecia até o início do próximo século.

Muito embora os dados de desmatamento sejam extremamente discutíveis, sabe-se que são derrubadas áreas de 10 mil hectares por ano em uma só propriedade (SHUBART, 1983) principalmente para a implantação de pastagens artificiais e plantios homogêneos de essências florestais.

Caso os desmatamentos continuem em grande escala como vem acontecendo ultimamente nos Estados de Rondônia, Acre e Mato Grosso, indiscutivelmente o equilíbrio ecológico será fortemente afetado.

Na forma tradicional de desmatamento é feita a erradicação da vegetação de pequenas áreas e realizadas as operações de broca, derrubada, queimada e coivara.

A broca consiste no corte, com terçado - uma espécie de facão - das plantas do estrato arbustivo, é iniciada no fim da estação chuvosa ou início da estação seca e visa facilitar a derrubada das árvores maiores. A derrubada destas é feita com o auxílio do machado após o que espera-se a secagem

dos resíduos vegetais quanto então são queimados. Conforme a intensidade da queimada há necessidade de utilizar a coivara que consiste em amontoar os galhos e troncos pequenos e queimá-los visando a limpeza do terreno para o cultivo.

Contudo com a implantação de grandes projetos agropecuários tanto o tamanho das áreas aumentaram como as técnicas de desmatamento se modificaram. Já em 1968 no Estado do Mato Grosso em apenas um projeto 1.000 homens derrubaram a mata durante três meses e meio usando machado e foice. Atualmente são bastante comuns o uso de moto-serra e do trator para não se falar nos desfolhantes (3,4D) cujos os efeitos são evidentes no Estado do Acre (VALVERDE, 1981).

2.3. Consequências da Alteração sobre a Matéria Orgânica do Solo

A matéria orgânica do solo é afetada pelas alterações do ecossistema tanto pelas mudanças climáticas decorrentes da modificação da cobertura vegetal quanto pela própria natureza dos compostos orgânicos, provenientes de fitomassa, que são adicionadas ao solo.

Serão considerados a seguir as modificações que ocorrem sobre a superfície do solo, ou seja, na fitomassa, e as mudanças no perfil do solo.

2.3.1. Modificações na Fitomassa

A fitomassa se modifica consideravelmente, tanto qualitativa como quantitativamente, de acordo com o tipo de utilização adotado.

Inicialmente a fitomassa aérea da floresta primária é bastante elevada (vide item 2.1.1.) e constituída de dicotiledôneas.

Com a derrubada a fitomassa é reduzida a restos vegetais que podem ser queimados ou retirados total ou parcialmente do local. Contudo persistem na área sementes e gemas dormentes que se desenvolvem logo que existam condições favoráveis de temperatura e umidade: é a regeneração da floresta, que por sua vez é fortemente modificada com o cultivo do solo.

As modificações com o desmatamento são drásticas, ao contrário da regeneração que é gradativa.

A forma de desmatamento tradicional, através da queimada, transforma em um curto período de tempo toda a fitomassa da floresta em detritos vegetais constituídos de troncos, galhos, fragmentos de folhas, de galhos, de flores, de frutos, carvão e cinzas.

Parte da liteira também sofre combustão e torna-se difícil distinguir os restos vegetais que a constituíam e os provenientes da fitomassa.

Até o momento não foram feitos estudos na Amazônia brasileira que indiquem a conversão da fitomassa em car

vão e cinzas após a queimada. Contudo, dados sobre a quantidade desses resíduos encontrados por DANTAS e MATOS (1981) após a queimada de floresta densa na Amazônia Oriental, indicam uma quantidade de 17ton/ha, bastante inferior a 26,8ton/ha encontrado por Silva (1978), citado Por DANTAS e MATOS (1981), no litoral do Estado da Bahia.

Os resíduos vegetais, principalmente as cinzas, passam ao solo pela ação das chuvas e da atividade biológica promovendo modificações no pH e na quantidade de nutrientes.

Quanto à regeneração tratar-se-á aqui de duas formas, as quais denominaremos: regeneração natural e pousio. A diferença entre elas é que o pousio corresponde à regeneração após o solo haver sido cultivado, nos moldes do cultivo itinerante.

A regeneração natural foi assim chamada pelo fato de não haver influência do homem após a derrubada, sendo que pode ocorrer depois que o material vegetal é queimado ou quando é em parte retirado do local com o auxílio de tratores. O primeiro caso ocorre quando por algum motivo alheio à vontade do agricultor não é possível instalar o cultivo (anticipação das chuvas, por exemplo). O segundo corresponde à uma forma de exploração florestal do tipo papeleiro e, embora ocorra apenas em áreas experimentais (FLORESTA, 1982), é importante conhecer sua influência para melhor avaliar os benefícios e prejuízos causados pelo fogo.

Na regeneração natural a vegetação reaparece alguns meses depois de derrubada, quer através da germinação

como da brotação de tocos e raízes. O período de tempo varia principalmente em função do início das chuvas após a estação seca.

LESCURE e PREVOST (1979) observaram que na região da Estrada de Sta. Elie (Guiana Francesa) no ano de 1976 as primeiras plântulas apareceram 2 a 3 meses após a derrubada, tanto quando o material vegetal foi queimado como quando foi transportado do local. A densidade naquele estágio era de 8 a 10 indivíduos/m². Um ano após o desmatamento, havia preponderância das plântulas sobre as brotações havendo tanto espécies tipicamente florestais como espécies pioneiras (MAURI, 1979). Comparando locais que sofreram queimada com outros, insentos, este autor verificou que o fogo não impediu a brotação e parecia mesmo favorecer a germinação de algumas plantas.

Contudo, na mesma área, três anos e meio após o desmatamento, a vegetação evidenciava não só os efeitos das novas condições microclimáticas como também os efeitos do fogo. Os locais onde a passagem do fogo foi intensa apresentaram retardamento no processo de regeneração. Por outro lado, locais onde foi diminuta a ação do fogo e estavam próximos à floresta primária apresentaram maior velocidade de regeneração. A fitomassa aérea nestes locais foi estimada em quase 40 ton/ha de peso seco.

As espécies mais frequentes na regeneração são as do gênero Cecropia. Nas pesquisas da região de Sta. Elie as espécies deste gênero correspondiam a 48% e 50%, respectivamente, 1 mês e meio e 6 meses após a derrubada (FLORESTA, 1982).

Aos 3 anos as árvores do gênero Cecropia continuavam dominando, chegando a atingir de 10-12m de altura e mais de 90% de indivíduos com mais de 5cm de diâmetro (PREVOST, 1981a).

Por outro lado aos 6 anos o gênero Cecropia divide com o gênero Vismia a hegemonia do domínio. Dentre 283 indivíduos com diâmetro superior a 5cm existentes em 100m², 81 eram do gênero Cecropia (49 Cecropia obtusa e 32 Cecropia sciadophylla) e 60 do gênero Vismia. Do 6º para o 7º ano ocorreu diminuição para 255 indivíduos/1000m², e essa diminuição deveu-se sobretudo a morte de indivíduos das espécies Cecropia obtusa e do gênero Vismia. Contudo a área basal aumentou de 21,4 para 22,2m²/ha (PREVOST, 1981b).

A regeneração nos solos utilizados pelo cultivo é mais lenta que a regeneração natural. Na Guiana Francesa a área basal, obtida por LESCURE (1978) em uma área de pousio de 4 anos, era equivalente à encontrada por PREVOST (1981b) em área de regeneração natural com 3 anos de idade.

A regeneração durante o pousio dá-se, conforme demonstraram estudos realizados em outras regiões do trópico úmido, com a colonização rápida através da invasão de plantas herbáceas, formando uma fase realmente distinta após a qual se instalam arbustos e árvores heliôfilas que são posteriormente substituídas (20-25 anos) por espécies das fases mais avançadas do silvogênese (FLORESTA, 1982).

Não se dispõe, ainda, de dados referentes à quantidade de fitomassa em diferentes fases da regeneração da vegetação secundária durante o pousio na Amazônia. Contudo é de se esperar, como em outras regiões tropicais, um aumento

progressivo da fitomassa.

Com 4 anos e meio na região de Manaus a vegetação atingiu 15m de altura, apresentava baixa diversidade e dominância da espécie Cecropia sciadophylla (MANARINO et alii 1982).

Após 10 ou 15 anos a vegetação pode chegar a 10m de altura. Com 50 anos já apresenta um caráter tipicamente florestal sendo difícil ao observador inexperiente distingui-la da floresta primária. Depois de 100 anos, tempo estimado para renovação completa da floresta primária, existe total semelhança florística e fisionômica (SHUBART, 1983).

No alto Oiapoque após 4 anos de pouso o estrado mais alto, constituído de Cecropia spp. e Laetria procera, chegava a 8m de altura. Após 10 anos a vegetação atingia 20m e a flora era visivelmente composta de espécies florestais. Aos 30 anos atingia 35m de altura (TURENNE, 1977).

Outra área com vegetação secundária de 35 anos da região de Manaus apresentou dossel superior fechado com até 20m de altura onde dominavam as espécies do gênero Goupia, Glabra e Vismia, algumas Melastomataceas e espécies colonizadoras em extinção tais como Cecropia sciadophylla e Purpurea spp. Os estratos intermediários apresentavam espécies características de floresta primária e algumas palmeiras (MANARINO et alii, 1982).

A evolução da regeneração todavia pode ser completamente desordenada caso sejam impostas outras perturbações na floresta secundária. Quando a pressão antrópica é forte

e contínua, com utilização repetida do fogo, pode ocorrer para lização do processo com o desenvolvimento de espécies herbáceas agressivas. Sob condições severas, o processo pode ser conduzido de uma savanização (FLORESTA, 1982; SHUBART, 1983).

A contínua queima da vegetação e o cultivo do solo, segundo LIMA (1954), conduz à inversão do processo normal de regeneração propiciando a instalação de uma vegetação predominantemente herbácea denominada na Amazônia brasileira de "macega".

2.3.2. Modificações no Solo

A liteira corresponde a parte superior do perfil e tanto a sua quantidade como a sua composição influem diretamente na matéria orgânica do perfil do solo.

Sob cultivo a quantidade de restos vegetais sobre o solo é relativamente pequena ou de curta permanência devido às condições de intensa decomposição e operações agrícolas.

Poucos são os dados sobre a quantidade de liteira existente sob vegetação secundária em áreas de pousio.

No alto Rio Oiapoque, na Guiana Francesa, TURENNE (1977) assinalou que nos dois primeiros anos de pousio a liteira era ausente, porém, a partir do 4º ano o peso das folhas da mesma eram, em média, equivalentes ao da floresta primária, não obstante extremamente variável (155 a 1067g/m²) devido a própria heterogeneidade da vegetação. Aos 10 e 31 anos

o coeficiente de variação é pequeno indicando maior homogeneidade (TURENNE, 1977).

A produção da liteira varia sobretudo com o estágio da vegetação secundária e as condições climáticas. Na Amazônia Oriental, no período de 2,5 a 3 anos de regeneração natural foi observada uma média mensal de 567kg/ha o que correspondia a 75,7% da produção na floresta primária adjacente (EMBRAPA, 1981).

No estudo realizado por TURENNE (1977) no alto Rio Oiapoque a composição da liteira em termos de C e N sob floresta primária e pousio eram idênticas. Somente após 4 anos a fração fina da liteira, a esse altura bastante enriquecida de partículas minerais, apresentou-se relativamente mais rica em N e conseqüentemente uma relação C/N mais baixa (16). Com a evolução da regeneração esta diferença tende a desaparecer (TURENNE, 1977).

Por outro lado, na região de Manaus, MANARINO et alii (1982) verificaram algumas diferenças entre a liteira de floresta primária e as de floresta secundária sob pousio. A vegetação secundária tendeu a apresentar maiores teores de C total porém menores de C extraível e menor acidez trocável.

Os restos vegetais provenientes da fitomassa e da liteira são incorporados naturalmente ao solo após o desmatamento e afetam a quantidade e mesmo a natureza da matéria orgânica do solo.

Depois do desmatamento pode-se encontrar pequenos aumentos de C e N no solo devido à combustão incompleta de

restos vegetais e a ocorrência de partículas de carvão (MILLER et alii, 1982).

No Nordeste do Estado do Pará, FALESI et alii (1980) não encontrou diferenças estatísticas entre o teor de C de solos em áreas cultivadas e solos de floresta primária.

Em Yurimaguas, na Amazônia peruana, SANCHEZ et alii (1982) assinalam que em 8 anos de cultivo intensivo, utilizando adubação mineral e rotação de cultura, houve decréscimo do total de C praticamente apenas no primeiro ano.

Na Guiana Francesa não foram observadas diferenças marcantes no teor de C total do horizonte superficial nos dois primeiros anos após o desmatamento (cultivo seguido de 1 ano de pousio), em relação à floresta primária, em dois locais, mesmo sob regimes hídricos diferentes. Onde havia impedimento de drenagem no horizonte B e um pequeno período seco, embora existissem elevados teores de C, não ocorreu variação. O mesmo aconteceu sob condições de melhor drenagem, ausência de Mês ecologicamente seco (limite de 30 mm) e menores teores de C (TURENNE, 1977).

Ao contrário, entre Sinnamary e Sta. Elie, Betsch et alii (1981) citados por TURENNE (1982) verificaram uma diminuição no teor de C nos 3,5 cm superiores do solo, após o desmatamento, tanto sob condição de drenagem livre do solo como de drenagem impedida.

TURENNE (1977) verificou que durante vários anos de pousio o teor de C no horizonte superficial tendeu a diminuir, não havendo recuperação mesmo após 31 anos. Por ou-

tro lado, nos horizontes subsuperficiais ocorreu diminuição desde o primeiro ano, por ocasião do cultivo.

O teor de N total diminui logo após o desmatamento, tanto na superfície como em profundidade, elevando a relação C/N. Depois, durante o pousio, os valores da relação C/N ficam semelhantes aos da floresta (TURENNE, 1977). A diminuição do teor de N após o desmatamento também foi constatada por TURENNE (1982).

No estudo realizado na região de Manaus (MANARINO et alii, 1982) os solos da área em pousio também apresentaram uma relação C/N mais elevada no horizonte superficial tendo decrescido menos bruscamente com a profundidade na área de 4 anos, que na de 35 anos de pousio.

SANCHEZ (1976) considera que o cultivo itinerante não reduz para menos que 75% o nível de matéria orgânica existente em equilíbrio na floresta.

A quantidade de matéria orgânica leve não humificada é muito pequena (1 a 2% do C total) tanto no solo de floresta primária, quanto no solo sob pousio (MANARINO et alii 1982).

A fração extraível do humus pouco se modifica com o cultivo (TURENNE, 1977) ou com o pousio (TURENNE, 1977; MANARINO et alii, 1982). Por outro lado os diversos componentes da fração extraível variam depois do desmatamento quer com o cultivo quanto com o tempo de pousio.

Após o desmatamento TURENNE (1977) verificou que na sequência cultivo-pousio ocorria uma diminuição marcante

te na quantidade de ácidos fúlvicos livres e ligados na superfície do solo, sem um correspondente aumento no teor de ácidos húmicos. O mesmo não ocorreu nos horizontes subsuperficiais (50cm) os quais desde o início praticamente sō contêm ácidos fúlvicos.

A mesma diminuição foi observada por MANARINO et alii (1982) em solo de 4 anos de pousio, sendo que na superfície ocorreu um aumento relativo na quantidade de ácidos húmicos e em profundidade ele estava completamente ausente. Verificaram ainda que as modificações, causadas pelo desmatamento no fracionamento do humus tendem a desaparecer com o tempo de pousio.

As frações ligadas (ácidos húmicos e ácidos fúlvicos) sendo mais estáveis tendem a desaparecer com o tempo de pousio enquanto a fração livre (ácidos fúlvicos) tendem a aumentar (TURENNE, 1977).

O aumento da quantidade de ácidos fúlvicos é acompanhada da diminuição da relação C/N o que levou TURENNE (1977) a concluir que o aparecimento dos ácidos fúlvicos está ligado a dinâmica do N.

Finalmente, TURENNE (1977) considera que durante um curto período após o desmatamento (1 ano), correspondente ao cultivo, ocorre uma policondensação de ácidos húmicos. A partir desse período (2º ano em diante) há um aumento na quantidade de ácidos fúlvicos provavelmente às custas dos ácidos húmicos ou humina. De outro lado MANARINO et alii (1982) justificaram o aumento da quantidade de ácidos fúlvicos nos so

los sob pousio com a presença de precursosres que migram após a decomposição da liteira, paralelamente à incorporação de matéria orgânica e concentração da atividade biológica ao nível do solo, em consequência do desmatamento.

Os microrganismos são os principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

A biomassa microbiana pode ser determinada através da diferença da quantidade de CO_2 produzida entre uma amostra de solo esterilizada e incubada, e outra amostra não esterilizada (JENKINSON e POWLSON, 1976).

Em áreas onde a derrubada da floresta incluiu a queimada foram observadas quantidades de microrganismos tão elevadas (BETSCH, 1979) ou mesmo maiores (SANTOS e CRISI, 1981) que na floresta primária.

A queimada exerce pelo menos inicialmente um efeito benéfico à atividade da microflora o que provavelmente está relacionado ao aporte de grandes quantidades de nutrientes (BETSCH, 1979). Estes efeitos se ^{grr}prolonga durante os primeiros meses de regeneração natural (SANTOS e CRISI, 1981).

Mesmo com desmatamento sem queimada SANTOS e CRISI (1981) observaram aumentos na biomassa microbiana em relação à floresta primária na Amazônia Central, não tendo sido verificado o mesmo na Guiana Francesa (BETSCH, 1979).

CERRI et alii (1983) observaram na Amazônia Oriental que enquanto na floresta primária a biomassa microbiana do solo se restringe aos primeiros 25 cm do solo, após a queimada passa a se concentrar entre 10 e 20 cm. Sob pousio de cur

ta duração (3 anos) se apresentou em quantidade um pouco menor que no solo sob floresta porê m ocorria em maior profundidade (30-40cm).

Hã portanto maior taxa de decomposição nas áreas em curto período de regeneração do que na floresta primã-ria alê m do que naquelas áreas hã evidências da participação de invertebrados na degradação da matéria orgânica, nos primeiros centímetros do solo (SANTOS e CRISI, 1981).

Muito embora existam diferenças na quantidade e distribuição da biomassa microbiana, causadas pela queimada, não ocorrem no início (1º ano) diferenças marcantes nos tipos de bactérias encontradas o que BETSCH (1979) atribuiu à manutenção do teor de matéria orgânica e nutrientes do solo, alê m do mecanismo de proteção das bactérias. Contudo, apô s esse o período inicial verifica-se a eliminação parcial de algumas espécies e o aparecimento de outras.

2.4. Implicações Ecológicas e Agronômicas

Existem várias implicações ecológicas e agronômicas, causadas pelo desmatamento e utilização agrícola, que se encontram vinculadas às modificações da matéria orgânica. Dentre elas abordaremos a transferência de C para a atmosfera, a conservação e a fertilidade do solo.

2.4.1. Transferência de Carbono para a Atmosfera

A quantidade de carbono existente na biomassa das florestas do planeta (83×10^{10} ton) equivale praticamente a quantidade existente na atmosfera (70×10^{10} ton). O solo, por outro lado, armazena de 117 a 217×10^{10} ton (SALATI, 1983), portanto quantidade equivalente a contida na biomassa e na atmosfera juntas.

Com a eliminação da floresta parte do C existente na fitomassa é transferido para a atmosfera.

A floresta amazônica é a maior, mais complexa e mais cobiçada floresta do globo (SALATI, 1983). É também o último reduto das grandes florestas tropicais ainda relativamente intacto (VALVERDE, 1981).

SALATI (1983), considerando uma quantidade de 320 ton/ha de C (200 toneladas na parte aérea e 120 toneladas no solo) estima a existência de $19,2 \times 10^{10}$ ton desse elemento na bacia amazônica (600 milhões de ha). Somente o carbono armazenado na parte aérea equivale, segundo os dados apresentados, a 12×10^{10} toneladas, 14% da biomassa de todas as florestas e 17% do carbono da atmosfera do planeta.

Quanto se realiza a queimada, a maior parte do C, S e N existente na fitomassa é rapidamente transferida, por volatilização, para a atmosfera (MILLER et alii, 1982). Caso a derrubada não inclua a queimada há uma transferência mais lenta, através da decomposição da matéria orgânica, para a atmosfera e para o solo.

As queimadas, portanto, contribuem, juntamente com a queima de combustíveis fósseis, para o aumento da quantidade de CO_2 na atmosfera do planeta a qual vem crescendo a uma taxa de 1,5 ppm por ano, com tendências a incrementos na razão de 3 a 5%. Com este aumento prevê-se o aquecimento da terra com reflexos na variação das zonas climáticas, afetando, conseqüentemente, a agricultura. Outro efeito provável é o aumento do nível dos oceanos (SALATI, 1983), em consequência do degelo das calotas polares.

Outras conseqüências prejudiciais ao equilíbrio dos ecossistemas amazônicos poderão ser causadas pelo desmatamento: redução da precipitação pluviométrica, aumento dos períodos de estiagem, déficit de água no solo, maiores oscilações de temperatura (SALATI, 1983), destruição dos estoques genéticos e modificação do solo (SHUBART, 1983).

Contudo, após o desmatamento, a vegetação secundária que se instala, por estar em franco crescimento, incorpora mais C do que o elimina através da respiração (BAIARDI 1981). Este fato ocorre normalmente mesmo sob condições naturais devido à queda de árvores que abrem clareiras, onde as modificações do ecossistema são drásticas, embora localizadas (SHUBART, 1983).

2.4.2. Conservação do Solo

A queimada acarreta pequenos efeitos na matéria orgânica do solo (SEUBERT et alii, 1977). Durante a com -

bustão raramente a temperatura é superior a 100°C a 1 cm de profundidade e a 50°C a 2 cm (EWEL et alii, 1981).

Contudo a retirada da cobertura vegetal expõe o solo à ação direta da intempérie possibilitando processos erosivos, tanto pelo arraste dos horizontes superficiais como pela destruição dos agregados com o impacto das chuvas, causando compactação.

Na região de Sta. Elie, a uma declividade de 12% onde sob floresta a erosão era de 0,5 ton/ha, após o desmatamento chegou até 45 ton/ha, diminuindo posteriormente, quando da implantação de pastagem, com a cobertura do solo, para valores próximos ao encontrado sob floresta (SARRAILH, 1982).

Um ano depois do desmatamento a temperatura do ar, medida às 12 horas, aumentou de 4°C à sombra (26°C a 30°C) e 6°C ao sol (31 a 37°C) (MAURI, 1979).

DINIZ e BASTOS (1980) constataram na região de Belém que a temperatura do solo desprovido de vegetação era sempre maior que no solo sob floresta, mesmo em profundidade (100cm). As diferenças foram maiores nos primeiros 20cm e nos meses de menor precipitação pluviométrica (diferença de $11,8^{\circ}\text{C}$ no mês de outubro às 15 hs).

No solo sob vegetação em regeneração, aproximadamente 1 ano e 4 meses depois da queimada, a temperatura é maior, até 10cm de profundidade, que na área onde a vegetação foi apenas derrubada e sob a floresta primária adjacente (SANTOS e CRISI, 1981).

O regime hídrico se altera devido a maior quantidade de água que não é interceptada e se infiltra no solo, causando lixiviação. WOLFRAN et alii (1982) verificaram que a floresta interceptou 20% do total da precipitação.

Todavia, esses efeitos são acentuados ou mesmo eliminados à medida que a vegetação secundária se instala protegendo o solo.

Observa-se que o solo em área de pousio de curta duração (4 anos) na região de Manaus apresenta melhor distribuição da matéria orgânica com maior quantidade de ácidos húmicos na superfície que o solo sob floresta primária (MANARINO et alii, 1982).

Por outro lado a atividade biológica mais intensa causa aumentos na macroporosidade (CHAUVEL, 1982) podendo favorecer, com o aumento da drenagem, a translocação de argila e a remoção de nutrientes.

A medida que o tempo de pousio aumenta o solo retorna as condições iniciais. Após 35 anos de pousio o solo apresenta pequenas diferenças em relação ao da floresta, como é o caso da porosidade (MANARINO et alii, 1982).

O desmatamento com trator afeta drasticamente o solo. A lâmina remove totalmente a liteira e grande parte dos horizontes superficiais onde se encontram a maior parte da matéria orgânica e dos nutrientes. A pressão das rodas causa compactação.

Na região de Sta. Elie, nos locais mais compactados pelas rodas do trator, após 1 ano ainda não havia vegetação (MAURI, 1979).

SEUBERT et alii, 1977 verificaram aumentos de 10 a 18% na densidade do solo em uma área onde a floresta foi eliminada com trator, em comparação com a que havia sido queimada.

2.4.3. Fertilidade do Solo

A matéria orgânica é um dos principais contri-buintes da fertlidade dos solos da Amazônia especialmente nos solos de terra firme que, na maioria, possuem fração mineral a-tiva com baixa capacidade de retenção de cations.

A matéria orgânica é responsável em parte pela retenção de cations além de liberar, através da decomposição, os diversos nutrientes.

Segundo Nicholaides et alii (1982) citados por MILLER et alii (1982) a matéria orgânica pode melhorar diver-sos fatores limitantes que afetam grande parte dos solos da bacia amazônica, tais como deficiência de N, P, S, K, Ca, Mg, Zn e Cu, toxidez de alumínio, baixa capacidade de troca de cations e riscos de erosão.

Segundo DABIN (1982) tanto os fatores físicos quanto os fatores químicos da fertilidade do solo apresentam correlações com o carbono total e os equilíbrios das frações hūmicas.

Melhor distribuição da matéria orgânica e aumento do teor de ácidos hūmicos podem ocorrer na superfície do solo após o desmatamento (MANARINO et alii, 1982) porém não

está claro porque ocorre e em que condições.

Em estudos realizados na África (Costa do Marfim) a melhoria da estrutura do solo correspondeu a modificações qualitativas do humus. Os ácidos húmicos extraídos pela soda apresentaram, na estação de Adiopodoumê, na Costa do Marfim, correlação positiva com a estrutura, ao contrário dos ácidos fúlvicos (DABIN, 1982).

De uma forma geral o teor de carbono está correlacionado positivamente com os fatores químicos da fertilidade do solo. É o caso do N total, do teor de cátions trocáveis e do P total (DABIN, 1982).

As diversas frações do humus, entretanto, possuem correlações diversificadas com os citados fatores.

Em uma revisão sobre a relação e a evolução dos compartimentos húmicos sob cultura DABIN (1982) destaca que no Togo (1000 a 1200 mm) e no Alto Volta (área irrigada) havia correlação positiva entre a humina (% relativa) e os teores de cátions trocáveis, principalmente Ca e Mg.

A porcentagem relativa de humina e os ácidos húmicos (soda) estão frequentemente correlacionados positivamente com o P total enquanto o P assimilável pode estar correlacionado positivamente tanto com ácidos fúlvicos livres como com ácidos húmicos (soda) (DABIN, 1982).

Inexistem, até o momento, dados tentando correlacionar a qualidade da matéria orgânica com os fatores químicos da fertilidade dos solos cultivados na Amazônia.

Todavia, experiências realizadas em Yurimaguas mostraram resultados animadores com cultivo intensivo, usando adubo mineral e rotação de cultura. A matéria orgânica cresceu inicialmente (1º ano), na superfície (0-15 cm) e depois se manteve estável, enquanto a capacidade de troca de cátions quase dobrou (2,78 para 5,51 mE/100 cm³). Em oito anos de cultivo foi obtida uma produção média de 7,8 ton/ha de grãos (SANCHEZ et alii, 1982).

A aplicação de "mulch" (resíduos de soja, milho, arroz, amendoim e capim colônia) tiveram efeitos muito variáveis na produção embora favorecessem a densidade do solo. A excessiva umidade do solo causada pelos resíduos, os de milho particularmente, reduziram a produção (MILLER et alii, 1982).

A produtividade obtida com a utilização de composto ("Kudzu" e "corn stover"), em comparação à obtida com adubo inorgânico, reduziu lentamente com a continuidade do cultivo, e voltou a crescer com a adição de K, embora sem chegar as produções iniciais (MILLER et alii, 1982).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização do Meio Físico

3.1.1. Localização

O estudo foi desenvolvido na Amazônia Oriental, Nordeste do Estado do Pará, microrregião homogênea 22 denominada Guajarina (Fundação IBGE, 1968), Município de Capitão Poço, trecho compreendido entre as calhas do rio Guamã e seu afluente, rio Irituia, nos Campos Experimentais do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA) e PLANALSUCAR. Referidos campos experimentais estão situados na estrada PA-242 que liga a cidade de Irituia a cidade de Capitão Poço, respectivamente, a 14 e 16 quilômetros destas (Figura 1).

3.1.2. Clima

O clima da Região Amazônica é quente e possui vários regimes de umidade, sendo que o Nordeste Paraense apre

Figura 1. Indicação do local do estudo.

senta, na maior parte, subdomínio climático úmido com 1 a 2 meses secos (NIMER, 1977).

Na microregião Guajarina as chuvas se iniciam no fim de novembro ou início de dezembro e são mais frequentes a partir de janeiro (Fundação IBGE, 1968). Segundo REGO et alii (1973), o município de Capitão Poço possui precipitação normal anual em torno de 2.500 mm, sendo o período mais chuvoso o de janeiro a junho, onde março é o mês mais chuvoso

(423 mm) e outubro o mais seco (45 mm); a temperatura média anual é de 26,9°C, com amplitude de variação entre o mês mais quente (julho) e o mais frio (janeiro), na ordem de 2,4°C, enquadrando-se, portanto, no tipo climático Am da classificação de Köppen.

A Figura 2 mostra o balanço hídrico do município de Capitão Poço, segundo REGO et alii (1973).

3.1.3. Vegetação

A vegetação primária da microregião Guajarina é de floresta, que nas áreas de terra firme corresponde à Floresta Perenifólia Higrófila Hileiana Amazônica (KUHLMANN, 1977), ou Floresta Ombrófila de Baixo Platô com cobertura de emergentes (GOES FILHO et alii, 1973).

A região do estudo se apresenta na maior parte ocupada por Floresta Secundária Latifoliada e atividades agropecuárias, pertencendo, segundo GOES FILHO et alii (1973), à Região da Floresta Densa, sub Região dos Baixos Platôs do Pará/Maranhão, Área alterada da zona Bragantina. Contudo, possui áreas remanescentes com vegetação de Floresta Densa de terra firme, com árvores emergentes e estrato inferior aberto (EMBRAPA, 1981) onde, segundo DANTAS et alii (1980), as espécies de maior frequência são Eschweilera odora (matamatã branco) Theobroma subincanum (cupuã), Eschweilera amara (matamatã vermelho), Apeiba burchelli (pente de macaco), Protium decandrum (breu vermelho) e Tetragastris altissima (breu grande).

Figura 2. Balanço hídrico do Município de Capitão Poço - PA (REGO et alii, 1973).

3.1.4. Geomorfologia e Relevo

O local estudado está incluído na unidade morfoestrutural e morfoclimática do Planalto Rebaixado da Amazônia, que exhibe superfícies pediplanadas com aplainamentos em retomada de erosão recente elaborado em rochas sedimentares (BARBOSA e PINTO, 1973).

Apresenta topografia horizontal com desnivelamentos pequenos sendo o relevo considerado plano (REGO et alii, 1973).

3.1.5. Geologia

O local estudado se encontra próximo a área de contato entre o Pré-Cambriano Indiviso e o Terciário Médio/Superior (FRANCISCO et alii, 1971). Está incluído na área de Ocorrência da Formação Barreiras onde as rochas se apresentam na forma de sedimentos clásticos mal selecionados, variando de siltito a conglomerado e ocorrem arenitos brancos e róseo-a-vermelhado, de granulação variada além de leitos de argila creme e lentes de caolim (NUNES et alii, 1973). Contudo, por estar próximo a área de contato os processos de rebaixamento do planalto propiciaram a ocorrência de sedimentos inconsolidados atuais e subatuais do Quaternário antigo e recente (REGO et alii, 1973) onde estão presentes minerais primários pouco resistentes.

3.1.6. Solos

Segundo ARAÚJO et alii (1973) a parte do Planalto Rebaixado da Amazônia que inclui o local estudado possui as seguintes unidades de solos: Latossolo Amarelo textura média, Latossolo Amarelo cascalhento e Areia Quartzosa.

REGO et alii (1973) constataram, em locais próximos ao deste estudo, a ocorrência de Latossolo Amarelo textura média, Concrecionário Laterítico, Grey Hidromórfico e Latossolo Amarelo Podzolizado.

No local estudado, morfologicamente, o solo possui horizonte B latossólico que se apresenta com características podzólicas, especialmente nos pedons de textura mais argilosa.

3.2. Descrição das Condições do Ecossistema

O estudo foi realizado em um ecossistema natural e em um ecossistema alterado. Este encerra vários tipos de modificações causadas pelo desmatamento e pelo cultivo e é adjacente àquele.

3.2.1. Ecossistema Natural

O ecossistema natural possui vegetação de floresta primária, com mais de 1.000 espécies por hectare, cons-

tituida de árvores emergentes com fuste maior que 20 m, estrato superior dominado por plantas com altura em torno de 10 m, sendo de maior frequência a espécie Euchweilera odora (matamãtã branco).

De acordo com DANTAS et alii (1980), baseado em estudos de parte deste ecossistema, a maior densidade de plantas está na classe com menos de 2 m de altura (47%) sendo de maior ocorrência, nesta classe, a espécie Bauhinia guianensis Aubl., havendo entretanto, grande diversidade (mais de 70 espécies com apenas um indivíduo por hectare). A diversidade é maior na classe de árvores com mais de 30 cm de circunferência (64%), as quais somam mais de 500 espécies por hectare.

A liteira se apresenta subdividida em dois estratos ou camadas que, adotando-se a nomenclatura proposta por Babel (1971), citado por TOUTAIN (1981), podem ser designados como: L, liteira inteira e pouco modificada e F, liteira fragmentada.

O estrato L é mais superficial, possui de 1 a 3 cm de espessura e constitui-se de folhas e galhos que ainda guardam sua estrutura original. Abaixo deste está o estrato F (2 a 4 cm) que mantém contato com os horizontes minerais e é constituído de fragmentos vegetais, em vários estágios de decomposição, e raízes vivas que penetram e se nutrem diretamente do material em decomposição, além de se prolongarem para o interior do solo.

O solo no ecossistema natural possui pedons de diferentes classes de drenagem. Para efeito de caracterização

tomou-se três áreas de 900 m² correspondentes a três pedons pertencentes as principais classes de drenagem que ocorrem: Pedon Imperfeitamente Drenado, Pedon Moderadamente Drenado e Pedon Bem Drenado. A designação das classes de drenagem foi estabelecida em função das características morfológicas e não deve ser tomada como a diferença exclusiva entre os pedons, mas como o caráter dominante. No apêndice se encontra a descrição dos perfis correspondentes a cada um dos referidos pedons e na Figura 3 a representação esquemática da sua parte superior.

3.2.1.1. Pedon Imperfeitamente Drenado

Neste pedon a liteira possui maior quantidade de galhos no estrato L que corresponde a 84% do peso total da liteira. A parte composta de folhas é relativamente uniforme em quantidade enquanto a constituída de galhos é bastante variável devido a ocorrência de galhos mais pesados em algumas partes.

O estrato F apresenta-se constituído de quantidades idênticas entre raízes vivas, fragmentos de folhas e frutos, sendo maior a quantidade de fragmentos de galhos.

Este pedon possui um horizonte misturado com 2 cm de espessura, designado F/A₁₁, constituído de uma parte organomineral idêntica a do horizonte A₁₁ e uma parte orgânica idêntica a do estrato F.

O horizonte A₁₁ possui 4 cm de espessura, cerca de 5% (em peso) constituído de partes vegetais, incluindo raízes em menor quantidade e fragmentos de folhas e galhos em

Figura 3. Esquema da parte superior do solo sob ecossistema natural: imperfeitamente drenado, moderadamente drenado e bem drenado.

quantidades equivalentes. A parte mineral é composta de 90% de agregados e 10% de areia em grãos simples. A cor dos agregados é bruno (10YR 4/4) e bruno amarelado escuro (10YR 4/4) e a areia bruno muito claro acinzentado (10YR 7/3). Os agregados possuem textura franco arenosa, são na maioria de 0,2 a 2 cm, tipo granular, ocorrendo agregados compostos, oriundos provavelmente da coalescência de grumos, produto de atividade animal.

O horizonte A_{12} tem 4 cm de espessura, quantidade bem menor de partes vegetais constituídas principalmente de raízes. A parte mineral é composta de 60% de agregados e 40% de areia em grãos simples. A cor dos agregados é bruno (10YR 5/3 e 10YR 4/3) e da areia bruno muito claro acinzentado (10YR 7/3). Os agregados tem textura areia franca, são de 0,1 a 4 cm, tipo bloco subangular.

O horizonte A_3 possui 8 cm de espessura cor bruno amarelado (10YR 5/4) com mosqueados pequeno e distinto, bruno forte (7,5YR 5/8), textura franco argilo arenosa e estrutura fraca em blocos subangulares.

3.2.1.2. Pedon Moderadamente Drenado

A liteira neste pedon possui maior quantidade de folhas que de galhos no estrato L que corresponde a cerca de 90% (em peso) da mesma. A parte composta de folhas é mais uniforme e maior que a da área com perfil imperfeitamente drenado, enquanto a constituída de galhos é ainda mais variável e menor.

O estrato F é composto de 5% de raízes de 2 a 5 mm e 95% de fragmentos, sendo que os fragmentos são, na maior parte, menores que 1 cm e os fragmentos de galhos estão em maior quantidade que os de folhas.

O horizonte A_{11} possui 4 cm, cerca de 3% (em peso) constituído de partes vegetais, sendo que estão em maior quantidade, as raízes e os fragmentos de folhas, e em menor, os fragmentos de galhos e frutos. A parte mineral é constituída de 80% de agregados e 20% de areia em grãos simples cujas cores são idênticas as da área com perfil imperfeitamente drenado. Os agregados possuem textura franco arenosa, variam de 0,1 a 3 cm, sendo a maioria menor que 0,2 cm, também do tipo granular, e com ocorrência de agregados coalescentes, porém em menor quantidades que no pedon anteriormente descrito.

O horizonte A_{12} possui 4 cm de espessura e muito pouca quantidade de fragmentos vegetais. A parte mineral é constituída de cerca de 50% de agregados, na maioria de tamanho superior a 2 mm, e 50% de areia em grãos simples. A cor e a textura são idênticas ao do horizonte correspondente no pedon imperfeitamente drenado, porém a estrutura é granular.

O horizonte A_3 possui cerca de 7 cm de espessura, cor bruno amarelado (10YR 5/6), sem mosqueado, textura franco argilo arenosa e estrutura fraca em blocos subangulares.

3.2.1.3. Pedon Bem Drenado

No pedon bem drenado a liteira possui quantidades aproximadas de folhas e galhos, sendo que os galhos ocorrem com menor variação que nos outros pedons, em maior quantidade que no pedon moderadamente drenado, e em menor que no pedon imperfeitamente drenado. Por outro lado, a quantidade de folhas é maior que nos demais pedons, sendo que, juntamente com os galhos, formando o 1º estrato, corresponde a 80% (em peso) da liteira.

O estrato F possui menos raízes que fragmentos vegetais. As raízes variam de 2 a 10 mm.

O horizonte A₁₁ possui 4 cm de espessura, aproximadamente 3% (em peso) de partes vegetais sendo que as raízes estão presentes em maior quantidade. A parte mineral se compõe de 50% de agregados de 0,1 a 2cm e 50% de areia em grãos simples. A cor é idêntica a do horizonte A₁₁ dos outros pedons, a textura é areia franca e os agregados tipo granular, na maioria menores que 0,2 cm.

O horizonte A₁₂ tem 6 cm de espessura, muito poucas raízes e fragmentos vegetais praticamente ausentes. A parte mineral possui 60% de areia e 40% de agregados de cor bruno (10YR 4/3) com manchas bruno (10YR 5/3) e bruno acinzentado escuro (10YR 4/2). A textura é franco arenosa e a estrutura granular com unidades de 0,5 a 2 cm.

O horizonte A_3 possui 10 cm de espessura cor amarelo brunado (10YR 6/6) com manchas bruno amarelado (10YR 5/6) textura franco arenosa e estrutura fraca em blocos sub-angulares.

3.2.2. Ecossistema Alterado

O ecossistema alterado inclui quatro áreas das matadas em diferentes e sequenciadas fases de utilização. Em cada uma delas foi caracterizado um pedon, designados como segue: recém queimado, cultivado por 1 ano, cultivado por 5 anos, pousio de 3 anos após 2 anos de cultivo, cujas descrições dos perfis correspondentes se encontram no apêndice e a representação esquemática da parte superior na Figura 4.

As referidas áreas se encontram próximas, no máximo 200 m uma da outra, a exceção da recém queimada. Esta fica adjacente a área do ecossistema natural onde foi caracterizado o pedon bem drenado e está localizada a aproximadamente 2 km das demais.

Através do estudo dessas áreas se pretende estabelecer a sequência de transformações do solo relacionadas à evolução da matéria orgânica até cinco anos de utilização - cultivo ou pousio - após o desmatamento.

Nas quatro áreas a vegetação foi eliminada através das práticas da broca, derrubada e queimada, comuns na

Figura 4. Esquema da parte superior do solo sob ecossistema alterado: recém-queimado, cultivado 1 ano, cultivado 5 anos e pousio de 3 anos (após 2 anos de cultivo).

região e realizadas nos meses de outubro e novembro.

A broca consiste no corte, com terçado - uma espécie de facão - das árvores de pequeno porte, visando facilitar a derrubada das árvores maiores. A derrubada é feita com o auxílio do machado, e a queimada realizada após 1 a 2 meses quando a vegetação estiver secado.

Todas as áreas cultivadas tiveram o 1º plantio instalado após o desmatamento.

3.2.2.1. Área Recém-Queimada

Está área possui cerca de 50 x 100 m e está localizada a 100m da área do pedon bem drenado. Se encontra com a vegetação derrubada e queimada. A queimada nela efetuada ocorreu em intensidade regular.

A superfície está coberta por troncos, pedaços de caules, tombadas e em pé, e raízes superficiais, os quais se encontram parcialmente queimados.

A parte superior do horizonte A₁₁ está alterada e constitui uma camada de 0,5 a 2 cm, cujas partes vegetais se compõem de muitos fragmentos vegetais em vias de decomposição, muitas raízes não decompostas, estando enriquecida com grande quantidade de cinza e carvão proveniente da queimada. A parte mineral é formada por cerca de 75% de areia em grãos simples e o restante de agregados, sendo cerca de 4/5 deles menores que 2 mm.

O horizonte A_{11} , excluindo a camada já descrita, possui espessura em torno de 3 cm, cerca de 2% (em peso) de partes vegetais incluindo muitas raízes não decompostas, muitos fragmentos vegetais em decomposição e muito pouco carvão. A parte mineral é formada por 70% de areia e o restante de agregados tipo granular sendo 2/3 deles menores que 2mm. A cor dos agregados é bruno acinzentado (10 YR 5/2) e cinza escuro (10 YR 4/1) e da areia cinza brunado claro (10YR 6/2). A textura é areia.

O horizonte A_{12} tem 6cm de espessura, composição idêntica a do horizonte A_{11} , porém possui textura areia franca e maior quantidade de agregados. A cor dos agregados é bruno acinzentado (10 YR 5/2) e bruno (10 YR 5/3), e a da areia bruno amarelado claro (10 YR 6/4).

O horizonte A_3 ocupa a profundidade de 10 - 20 cm, possui cor amarelo brunada (10 YR 6/6) com manchas abundantes de tamanho médio e contraste distinto, de cor bruno acinzentada (10YR 5/2), textura franco arenosa e estrutura fraca em blocos subangulares.

3.2.2.2. Área Cultivada por 1 Ano

Esta área está localizada a 70m da área do pedon imperfeitamente drenado e possui cerca de 80 X 130m. Após a queimada a madeira foi serrada e os caules menores, juntamente com os galhos maiores, encoivados em uma faixa de cerca de 5m de largura, no centro da área, onde foram queimados. Os caules mais grossos (maior que 80cm de circunferên-

cia), foram dispostos de modo a ocuparem as ruas do posterior cultivo. Apenas foram destocados os troncos mais grossos.

Três meses após a queimada efetuou-se o plantio de arroz e daí a 5 meses o plantio de caupi, tendo sido realizadas várias capinas manuais.

A superfície se apresenta bastante exposta, coberta pelos troncos situados nas antigas ruas de plantio, por galhos e carvão da vegetação antiga e palha proveniente das culturas e capinas.

Os galhos estão parcialmente queimados e a palha, que é predominante de gramíneas, em diversos estágios de decomposição, sendo que a parte mais fragmentada desses componentes (menor que 1cm) está misturada a agregados do tipo granular, na maioria de tamanho superior a 2 mm. A proporção em peso é de aproximadamente 1 parte de carvão para 25 partes de fragmentos vegetais (galhos e palha) e 270 de solo.

Já iniciam a brotar, espaçadamente, algumas espécies pioneiras que, todavia, não ultrapassam de 15cm de altura.

O horizonte A_{11} tem 6 cm, se apresenta com cerca de 2% (em peso) de partes vegetais. Na parte superior (0 - 2 cm), bastante influenciada pelas operações de cultivo, possui os mesmos componentes encontrados na área recém queimada, sendo que a quantidade de raízes é muito menor, a quantidade de carvão é muito maior e a quantidade de fragmentos vegetais é maior. Na parte inferior (2-6cm) possui cerca de 1% (em peso) de partes vegetais, incluindo raízes, fragmentos vegetais, e carvão, todos em pouca quantidade.

de. Neste horizonte a parte mineral é composta de 50% de areia em grãos simples e 50% de agregados de até 3cm, na maioria menores que 2 mm. A cor dos agregados é bruno (10 YR 4/3) com manchas cinza muito escuro (10 YR 3/1) na parte superior do horizonte e a textura é franco argilo arenosa.

O horizonte A_{12} possui 9 cm de espessura, estrutura moderada em blocos subangulares de 1 a 4cm. A cor é bruno amarelado (10 YR 5/4) com mosqueado comum pequeno e distinto, amarelo avermelhado (7,5 YR 6/6) e a textura franco argilo arenosa.

O horizonte A_3 está na profundidade de 15 - 25 cm, possui cor bruno amarelado claro (10 YR 6/4) com mosqueado abundante médio e distinto, bruno forte (7,5 YR 5/8), textura franco argilo arenosa e estrutura em blocos subangulares com agregados de até 5 cm.

3.2.2.3. Área Cultivada por 5 Anos

Nesta área a eliminação da vegetação foi feita de forma idêntica a das áreas já descritas e a queima dos troncos e galhos ao invés de concentrada, como na área cultivada por 1 ano, foi distribuída em diversos locais.

Possui 12 X 24 m, todavia é remanescente de uma área maior (50 X 50 m) que foi cultivada intensivamente por 4 anos, com dois cultivos anuais, alternando arroz, milho e caupi. Está localizada a cerca de 450 m das áreas dos pedons

imperfeitamente e moderadamente drenados e a aproximadamente 2,5 km da área do pedon bem drenado.

Pelo fato da produção ter se tornado insignificante no quarto ano, foram feitas modificações no tratamento original (cultivo intensivo), sendo introduzidas diversas práticas de manejo visando a recuperação do solo, reservando-se, todavia, esta área, onde, no quinto ano, foi feito um cultivo de milho.

Atualmente, alguns meses após a colheita do milho, a área se encontra com vegetação secundária constituída de dois estratos.

O 1º estrato, corresponde a cerca de 10% da superfície e é composto de núcleos esparsos de 3 a 5 embaubeiras (Cecropia sp) com 2 a 3 m de altura.

O 2º estrato possui menos que 1 m de altura e se compõe de plantas herbáceas das famílias Compositae e Gramineae, principalmente desta, que cobrem totalmente a superfície.

Sobre o solo se encontram fragmentos de galhos parcialmente queimados e carvão, ambos da vegetação primária, e folhas em decomposição da vegetação atual.

Ocorrem depositados sobre a superfície quantidades variáveis de excrementos de oligoquetas que ultrapassam a $0,5 \text{ kg/m}^2$ em alguns locais.

O horizonte A, nesta área se subdivide apenas em A_1 e A_3 .

O horizonte A_1 tem 7 cm, cor bruno (10 YR 5/3) com manchas bruno amarelado claro (10 YR 6/4), bruno acinzentado (10 YR 5/2) e mosqueado bruno vermelho amarelado (5 YR 5/8). A textura é areia franca e a estrutura em blocos subangulares de 1 a 5 cm. A parte vegetal é constituída praticamente de raízes de gramíneas, que são finas e muito finas e ocorrem em grande quantidade principalmente no topo do horizonte.

O horizonte A_3 tem 10 cm de espessura, cor bruno amarelado (10 YR 5/6) com manchas bruno (10 YR 4/3) e mosqueado vermelho amarelado (5 YR 5/8), textura franco arenosa e estrutura fraca em bloco subangulares. A parte vegetal também é constituída de raízes finas e muito finas, porém em menor quantidade que no horizonte A_1 .

3.2.2.4. Área em Pousio de 3 Anos após 2 Anos de Cultivo

Esta área possui 100 X 100 m é adjacente a área cultivada por 5 anos e teve tratamento igual ao dela até o 2º ano de cultivo. A partir do 3º ano, ficou em pousio para sofrer regeneração natural da vegetação, e conseqüentemente do solo.

Atualmente, 3 anos após o último cultivo, a área possui vegetação secundária constituída de quatro estratos.

O 1º estrato é formado pela Cecropia sp (embau beira) que forma núcleos dispersos na área. O 2º estrato é for

mado principalmente pelas espécies Vismia sp (lacre), Cochlospermum Orinocensis Stend (periquiteira), Ingã sp (ingã), Lantana canescens H.B.K. (cidreira brava) e Vitex polygama Cham (Maria preta), sendo estas duas últimas, arbustos com hábitos de cipô, portanto de menor porte, porém de maior ocorrência. Este estrato é sombreado em parte pelo 1º estrato.

O 3º estrato é formado de arbustos onde dominam as espécies cidreira brava e Maria preta que, por não disporem de suporte, se desenvolvem formando torceiras e, quando secam, dão origem a um cipoal de difícil transposição.

O 4º estrato é, na maioria, de natureza herbácea, formado principalmente por gramíneas.

Sobre o solo se encontram pedaços de galhos parcialmente queimados e carvão da vegetação primária, folhas, galhos e fragmentos (de folhas, galhos e frutos) da vegetação atual.

Existem, depositados, excrementos de oligoquetas, ocorrendo nos locais de menor influência do 3º estrato. São idênticos aos encontrados na parcela cultivada por 5 anos, porém em maior quantidade.

O horizonte A está dividido em A_{11} , A_{12} e A_{13} .

O horizonte A_{11} varia de 1 a 2 cm de espessura e possui aproximadamente 2,5% de partes vegetais, incluindo mais raízes do que fragmentos vegetais os quais estão em proporção equivalente de folhas, galhos e carvão. A parte mineral é constituída de 75% de areia e 25% de agregados tipo granular, na maioria maiores que 2mm. A cor dos agregados é bruno (10 YR 5/3) e bruno acinzentado (10 YR 5/2) e da areia é

bruno muito claro acinzentado (10 YR 7/3). A textura é areia franca.

O horizonte A₁₂ possui 5 ou 6 cm de espessura e quantidade muito pequena de partes vegetais, representada praticamente pelas raízes. A parte mineral tem 60% de areia em grãos simples e 40% de agregados sendo cerca de 3/4 maiores que 2mm. Os agregados são bruno acinzentado (10 YR 5/2) e bruno amarelado (10 YR 5/6), tipo granular e em bloco subangular, e a areia bruno (10 YR 5/3). A textura é franco arenosa.

O horizonte A₃ tem 13 cm de espessura, cor bruno amarelado (10 YR 5/6) com manchas bruno acinzentado (10 YR 5/2) e mosqueado (pouco e pequeno) bruno forte (7,5 YR 5/6), textura franco argilo arenosa e estrutura fraca em bloco subangular.

3.3. Amostragem

Em cada uma das áreas estudadas foi feita amostragem dos resíduos vegetais depositados na superfície (littera no caso da floresta), durante o mes de dezembro de 1982.

3.3.1. Resíduos Vegetais sobre o Solo

A coleta destes elementos foi realizada em três diferentes locais de cada área, com o auxílio de um quadro de madeira de 1 X 1m.

Nas áreas de ecossistema natural foram coletadas separadamente, folhas e galhos do 1º estrato da liteira. As raízes vivas e os fragmentos vegetais, que associados compõem o 2º estrato, foram coletados juntos.

Na área recém queimada coletou-se os galhos parcialmente queimados separadamente do carvão e das cinzas os quais foram coletados juntos.

Já nas áreas cultivadas, além dos galhos e do carvão, provenientes da vegetação primária, foram amostrados folhas secas da vegetação atual juntamente com a fitomassa (viva) sempre que existia, e fragmentos de partes vegetais em de composição tanto de vegetação atual quanto da primária.

A coleta desses componentes foi realizada em três diferentes locais dentro de cada área, com o auxílio de um quadro de madeira de 1 x 1m, à exceção da área cultivada por 5 anos onde utilizou-se dois locais. Na área em pousio, por existir dominância localizada dos três estratos inferiores da vegetação, cada local foi situado sob a influência de cada um desses estratos.

3.3.2. Solo

A amostragem do solo foi feita nos perfis obtidos através de trincheiras, sendo um perfil por área, e, tam-

bem, na época e nos locais onde foram coletados a liteira e os resíduos vegetais sobre o solo.

Em cada área, na trincheira, após a descrição do perfil, foram coletadas amostras com estrutura deformada e amostras indeformadas orientadas (em torrões), sempre abrangendo uma faixa de 10cm correspondente a parte central de cada horizonte de limitado, ou, no caso do mesmo ser muito espesso, em duas ou mais faixas equidistantes.

Após a coleta do material existente sobre o solo, em cada um dos 2 ou 3 locais de amostragem, dentro de cada área, procedeu-se a coleta de amostras do horizonte superficial do solo (horizonte A).

No horizonte A_{11} a amostragem foi feita retirando-se, com o auxílio de uma faca, todo o material do horizonte sob 1 m^2 delimitado pelo quadro de madeira de $1 \times 1\text{ m}$.

No horizonte A_{12} , ausente na área cultivada por 5 anos, e no horizonte A_1 , presente nesta área, as amostras foram coletadas retirando-se, também com o auxílio de uma faca, todo o material do horizonte contido no volume abaixo de superfícies de $0,01\text{ m}^2$, delimitadas por um quadro de ferro de $10 \times 10\text{ cm}$. Estas superfícies variaram de 3 a 5 dentro de cada área de 1 m^2 e a amostragem foi realizada logo após a do horizonte A_{11} .

As amostras do horizonte A_3 foram obtidas do mesmo modo que as do horizonte A_{12} , porém, em números que variaram de 1 a 3 dentro de cada área de 1 m^2 . Na área cultivada por 1 ano não coletou-se o horizonte A_3 o qual está representado pela amostra coletada na trincheira.

3.4. Preparo das amostras

3.4.1. Amostras da Liteira e Resíduos Vegetais

Estas amostras correspondem aos componentes da liteira, obtido nas áreas do ecossistema natural, e do material de origem vegetal existente sobre o solo nas áreas do ecossistema alterado.

Em determinados estratos, devido a íntima associação com elementos de outros estratos, as amostras foram coletadas contendo material estranho, havendo necessidade de purificá-las.

Assim, as amostras do 2º estrato da liteira, constituídas de raízes vivas e fragmentos vegetais em decomposição, coletadas nas parcelas de mata, continham agregados de solo. As amostras de folhas secas da vegetação atual da parcela cultivada por 1 ano possuíam agregados de solo, areia, carvão e fragmentos vegetais em decomposição, enquanto estes, coletados nas parcelas cultivadas por 2 e 5 anos, estavam contaminados por carvão, agregados e areia.

Nestas amostras procedeu-se a purificação através de catação manual até separação de pelo menos 95% da amostra.

Após essa providência, cada amostra de material de origem vegetal foi seca em estufa a 60°C, depois pesada e acondicionada.

3.4.2. Amostras de solo

Estas correspondem as amostras dos diversos

horizontes do solo, coletadas nos perfis e nas suas proximidades (em áreas de 1 e $0,01\text{m}^2$).

As amostras coletadas em mais de uma área de $0,01\text{m}^2$, dentro de cada 1m^2 , foram fundidas de modo a se obter uma amostra composta, correspondente a cada local de amostragem.

De cada amostra de solo foram retiradas duas subamostras, sendo uma para determinação da umidade atual e a outra para se efetuar as demais análises.

Em seguida as amostras secaram ao ar e depois foram peneiradas em tamiz de 2mm para obtenção da TFSA, da fração grosseira do solo e dos fragmentos vegetais maiores que 2mm. A fração grosseira do solo (maior que 2mm) por ser muito reduzida e as vezes até inexistente não foi considerada.

3.5. Análises

Foram analisadas as amostras do material de origem vegetal (liteira e resíduos) depositados na superfície e as amostras deformadas (fração inferior a 2mm) e indeformadas de solo.

As análises efetuadas permitiram a caracterização da matéria orgânica do solo, do seu complexo de troca e das suas relações massa/volume. Além disto procedeu-se a análise micro morfológica das amostras dos diversos horizontes do solo coletadas nos perfis.

3.5.1. Matéria Orgânica do Solo

Procedeu-se à determinação do C e N totais dos

diversos resíduos depositados na superfície e do solo, ao fracionamento granulométrico da matéria orgânica, ao fracionamento do húmus.

3.5.1.1. Carbono e Nitrogênio Totais

A determinação do C total feita por via seca utilizando-se o aparelho Carbon Biological Oxider e a do N pelo método Kjeldahl.

3.5.1.2. Fracionamento Granulométrico

O fracionamento granulométrico da matéria orgânica foi efetuado nas amostras correspondentes ao horizonte A, através de reconstituição a partir das amostras dos subhorizontes, e constou de dispersão com agitação em água destilada, aplicação de ultrassom, separação em tamizes de 0,05 e 0,2 mm e determinação do C nas frações de 0-50, 50-200 e 200-2000 μm (FELLER, 1979). A determinação de C neste caso também foi feita por via seca por rem utilizando-se o aparelho "Carmograph 12 A".

3.5.1.3. Fracionamento do Húmus

O fracionamento do húmus foi feito na fração de 0-50 μm , obtida através do fracionamento granulométrico já citado, que pode ser considerada como detentora da maior parte da matéria orgânica humificada do solo. Este fracionamento constou da separação das frações húmicas (ácido húmico ligado, ácido fúlvico livre e ligado, e humina) utilizando-se H_3PO_4 2M, $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 0,1 M, NaOH 0,1 M e centrifugação (DABIN, 1971).

3.5.2. pH

O pH foi determinado em água e KCl 1N utilizando-se 25ml de água ou da solução para 10g de solo.

3.5.3. Complexo de Troca Iônica

Foram determinados os teores de Ca, Mg, Na, K, H e Al trocáveis das amostras de solo dos horizontes A_{11} e A_{12} - A_1 e A_3 no caso da área cultivada por 5 anos - coletas fora do perfil e das amostras dos demais horizontes, coletados nos sete perfis.

A extração do Ca, Mg, H e Al trocáveis foi feita utilizando-se KCl e a do Na e K utilizando-se HCl 0,5N.

A dosagem do Ca, Mg, Na e K foi feita no espectrofotômetro de absorção atômica, a de H + Al por titulação com NaOH e a de Al por titulação com HCl.

Estas determinações permitiram o cálculo dos valores de S (Ca + Mg + Na + K, em emg/100g), T (S + H + Al, em emg/100g) e V% ($S/T \times 100$). O valor T neste caso corresponde a capacidade de troca catiônica efetiva.

3.5.4. Granulometria

A granulometria foi avaliada a partir dos dados obtidos no fracionamento granulométrico da matéria orgânica do

horizonte A onde se considerou as classes 0-2, 2-50, 50-200 e 200-2000 μm de diâmetro, e da análise granulométrica das amostras de diversos horizontes pelo método modificado da pipeta (ORSTOM, sd) procedendo-se a eliminação prévia da matéria orgânica com água oxigenada e a dispersão com hexametáfosfato de sódio e agitação lenta. O grau de floculação foi obtido através da relação entre argila natural e argila total havendo se considerado argila natural a fração de 0-2 μm dispersa em água e argila natural a dispersa em hexametáfosfato de sódio após eliminação da matéria orgânica.

3.5.5. Relações Massa/Volume

As relações massa/volume foram caracterizadas através da densidade de partículas, da densidade do solo e do cálculo da porosidade total.

3.5.5.1. Densidade de Partículas

A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1979) utilizando-se álcool metílico para completar o volume.

3.5.5.2. Densidade do Solo

A determinação da densidade do solo foi feita pelo método do torrão impermeabilizado com parafina (KIEHL, 1979)

utilizando-se amostras com estrutura indeformada coletada nos perfis. No horizonte A, de natureza arenosa, onde a variação da densidade é maior utilizou-se o método da escavação (EMBRAPA, 1979). Este método consiste em se preencher, com um volume conhecido de areia, os vazios decorrentes da retirada das amostras contidas no volume abaixo de superfícies de $0,01 \text{ m}^2$ (ver item 3.3.2.). Na parte superior do horizonte A, correspondente ao horizonte A_{11} — e F/A_{11} , no caso do pedon imperfeitamente drenado do ecossistema natural —, onde não foi possível se utilizar o método da areia, ou do torrão impermeabilizado, em virtude da natureza quase solta da estrutura do horizonte além do sua reduzida espessura, fez-se a simulação do arranjo do horizonte, no laboratório, utilizando-se provetas de 250 ml para se estimar a densidade do solo.

3.5.6. Micromorfologia

O exame micromorfológico foi feito utilizando-se lâminas delgadas obtidas de amostras indeformadas, observadas em uma lupa com aumentos de 9 a 40 vezes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão caracterizados e discutidos os solos sob condição do ecossistema natural e do ecossistema alterado. O estudo do solo no ecossistema nas condições naturais servirá de base para a avaliação das modificações que ocorrem em consequência do desmatamento e da utilização agrícola.

4.1. Ecossistema Natural

No ecossistema natural serão estudados a liteira e os horizontes minerais nas três diferentes classes de drenagem no solo já descritas no capítulo 3: Imperfeitamente drenado, Moderadamente drenado e Bem drenado. A drenagem foi o principal fator de diferenciação morfológica detectado no estudo de campo. Outras diferenças foram observadas posteriormente, a partir dos resultados analíticos.

4.1.1. Liteira

A liteira de cada pedon já foi caracterizada no

capítulo 3. Neste ítem se discutirá a distribuição de seus componentes e respectivos conteúdos de C e N.

4.1.1.1. Peso

A espessura da liteira é variável e em geral está associada ao microrelevo. Devido a existência de pequenas bacias de 1 a 3 metros de diâmetro e flexa variável, a espassura da liteira depende de sua localização no microrelevo. Quanto maior a espessura da liteira, havendo idêntica distribuição dos componentes, em geral maior o seu peso.

Na Tabela 1 estão apresentados os pesos úmido e seco da liteira e de seus componentes. Adiante do peso úmido da liteira estão indicados, entre parêntesis, os coeficientes de variação obtidos entre três amostras por pedon pertencente à cada classe de drenagem.

O peso da liteira do pedon bem drenado é de 23985 kg/ha, úmido e 21046 kg/ha, seco. Estes valores são maiores que os da liteira do pedon imperfeitamente drenado (21288 kg/ha, úmido e 18257 kg/ha, seco) os quais são superiores ao da liteira do pedon moderadamente drenado (16052 kg/ha, úmido e 13805 kg/ha, seco).

Observa-se que os pesos tanto diferem entre os pedons como também entre amostras do mesmo pedon, conforme evidenciam os coeficientes de variação do peso úmido, os quais são de 30, 43 e 20% respectivamente aos pedons imperfeitamente, moderadamente e bem drenados.

TABELA 1 - Peso do material úmido, peso do material seco, quantidade de carbono, nitrogênio e relação C/N dos diversos componentes da lixeira no ecossistema natural:

Horizonte	Componentes	Peso do material úmido	Peso do material seco kg/ha	CARBONO	NITROGÊNIO	C/N
PEDON IMPERFEITAMENTE DRENADO						
L	Folhas	5698	5071(15) ^{2/}	1762	57,80	30
	Galhos	12170	10218(63)	3701	48,37	76
	<1 cm Ø	8032	6744	2476	43,16	57
	1-3 cm Ø	4138	3474	1225	5,21	235
F	Raízes vivas	141	120(103)	41	1,87	22
	Fragmentos	3279	2848(23)	987	44,46	22
	folhas	305	265	-	-	-
	galhos	1016	883	-	-	-
	frutos	171	148	-	-	-
	Indiferenciados	1787	1552	-	-	-
Total		21288	18257(30)	6491	152,50	43
PEDON MODERADAMENTE DRENADO						
L	Folhas	7775*	6695(14)	2373	99,83	24
	Galhos	6675	5713(70)	1936	32,08	60
	<1 cm Ø	3671	3142	1078	22,31	48
	1-3 cm Ø	3004	2571	858	9,77	88
F	Raízes vivas	80	70(77)	22	1,19	18
	Fragmentos	1522	1327(94)	447	20,63	21
	folhas	204	178	62	-	-
	galhos	362	316	111	-	-
	frutos	113	98	32	-	-
	Indiferenciados	843	735	242	-	-
Total		16052	13805(43)	4778	153,98	31
PEDON BEM DRENADO						
L	Folhas	9484	8864(18)	3062	104,55	29
	Galhos	9333	7842(59)	2661	35,41	75
	<1 cm Ø	3267	2745	944	21,14	45
	1-3 cm Ø	6066	5097	1717	14,17	120
F	Raízes vivas	491	408(136)	128	7,95	16
	Fragmentos	4677	3931(70)	1236	68,76	18
	folhas	1253	1053	-	-	-
	galhos	919	772	-	-	-
	frutos	0	0	-	-	-
	Indiferenciados	2505	2106	-	-	-
Total		23985	21046(20)	7087	216,67	33
MÉDIA DOS TRÊS PEDOS						
L	Folhas	7652	6877	2399	87,39	27
	Galhos	9393	7924	2766	38,62	72
	<1 cm Ø	4990	4210	1499	28,87	52
	1-3 cm Ø	4403	3714	1267	9,75	130
F	Raízes vivas	237	199	64	3,67	17
	Fragmentos	3159	2702	890	44,70	20
	folhas	587	499	-	-	-
	galhos	766	667	-	-	-
	frutos	95	62	-	-	-
	Indiferenciados	1711	1464	-	-	-
Total		20441	17702	6119	174,38	35

^{2/} Os números entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação entre três amostras.

A elevada variação no peso da liteira, observada nas amostras do mesmo pedon, poderia ser explicada pela influência do microrelevo. Já que o peso da liteira depende de sua localização, se estiver situada no interior da bacia será maior que se estiver fora dela. Além do mais, será sempre maior nas bacias de maior flexa e quando localizada mais próxima do centro da bacia.

Como as classes drenagem são determinadas em maior intensidade pelo microrelevo, os pedons localizados nas cotas mais elevadas apresentam perfis bem drenados. Ao contrário, os localizados nas cotas mais baixas apresentam perfis moderadamente e imperfeitamente drenados, cujas condições podem ser agravadas pela ocorrência das microbacias.

Portanto, as microbacias influem, simultaneamente, no peso da liteira e na drenagem acarretando a existência de pedons que pertencem a mesma classe de drenagem e apresentam liteiras com peso diferentes.

A comparação entre o peso médio da liteira dos três pedons está em parte prejudicada pela elevada variação entre as amostras do mesmo pedon. Além disso, não há uma relação uniforme entre o peso e a classe de drenagem já que o pedon moderadamente drenado possui liteira com peso menor que o pedon imperfeitamente drenado.

Os componentes da liteira também, possuem, nos três pedons, pesos com variação relativamente elevada. Dentre esses componentes, as folhas possuem os pesos com menor variação: 14 a 18%; e as raízes vivas com os de maior: 77 a 136%.

A Figura 5, contém a distribuição relativa dos principais componentes da liteira. Através dela verifica-se que os galhos constituem o componente de maior precipitação no peso da liteira. Juntamente com as folhas correspondem, em média, a 84% do peso da liteira enquanto os fragmentos correspondem a 15% e, por último, as raízes vivas a 1%.

Não existe relação uniforme entre o peso das folhas e fragmentos com a classe de drenagem. Observa-se que a quantidade de raízes diminui nitidamente nos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados. Embora o mesmo aconteça com o peso total dos galhos, verifica-se que a drenagem se correlaciona com o tamanho dos galhos.

Os galhos possuem diâmetro de até 3cm. Sua subdivisão nas classes de 1-3cm e de menos que 1cm de diâmetro indica determinada relação com as classes de drenagem. Na Figura 5 observa-se que no pedon imperfeitamente drenado a maior parte (66%) dos galhos da liteira possuem diâmetro menor que 1cm e a menor parte (34%) diâmetro de 1-3cm. Esta distribuição se inverte no pedon bem drenado: a menor parte (35%) dos galhos tem menos de 1cm de diâmetro e a maior parte (65%) diâmetro de 1-3 cm. A distribuição dos galhos no pedon moderadamente drenado ocupa uma posição intermediária entre a dos dois outros pedons, possuindo percentuais idênticos entre as duas classes de diâmetro.

A explicação para a relação inversa existente entre o diâmetro dos galhos e a drenagem do solo deve estar ligada ao fato de o impedimento da drenagem influ-

Figura 5. Distribuição relativa dos componentes da liteira nos pedons representativos do ecossistema natural: imperfeitamente drenado, moderadamente drenado e bem drenado.

ir no crescimento das árvores. Segundo BOULET (1981) uma área de floresta, na Guiana Francesa, com drenagem vertical bloqueada apresentou árvores de maior diâmetro em número três vezes menor que em outra área com drenagem vertical livre.

Além dos componentes folhas, galhos e raízes vivas, os quais se pode considerar componentes primários, a liteira possui fragmentos em vários estágios de decomposição. Estes provem da decomposição dos componentes primários e, por isso, podem ser chamados de componentes secundários. Os componentes secundários de maior expressão em peso, e que podem ser reconhecidos, são os fragmentos de folhas, de galhos e de frutos (Tabela 1).

A maior parte dos fragmentos não pode ser separada devido os mesmos terem perdido sua estrutura original. Por esse motivo, foram denominados fragmentos indiferenciados sendo considerados como componentes terciários da liteira. Eles possuem, na maioria, tamanho inferior a 2mm e são oriundos das diversas partes dos vegetais.

A distribuição relativa dos fragmentos da liteira está representada na Figura 6. Verifica-se que a proporção dos fragmentos indiferenciados é praticamente a mesma nas três classes de drenagem. Por outro lado, a proporção dos demais fragmentos é semelhante nos pedons das classes imperfeitamente e moderadamente drenados, diferindo da encontrada no pedon da classe bem drenado. Nos dois primeiros pedons citados há relativamente mais fragmentos de galhos que de folhas enquanto no terceiro pedon, o bem drenado, ocorre um percentu

Figura 6. Distribuição relativa dos fragmentos da liteira nos pedons representativos do ecossistema natural: imperfeitamente drenado, moderadamente drenado e bem drenado.

al maior de fragmentos de folhas, o que se atribui à maior ocorrência de galhos de diâmetro mais grosso (Tabela 1) e por isso, de maior resistência à decomposição. A ocorrência de fragmentos de frutos é reduzida nos três pedons.

4.1.1.2. Decomposição

A quantidade de fragmentos da liteira, além de depender da quantidade de folhas, galhos e raízes, depende da velocidade de decomposição do material que os constituem.

A velocidade de decomposição, por sua vez, tanto depende do tipo de material que constitui a liteira como das condições do meio, especialmente do clima (FASSBENDER, 1975).

Como as condições macroclimáticas são as mesmas nos três pedons, comparativamente são mais relevantes as condições de microclima de cada um deles

A Tabela 2, contém o que foi aqui denominado de Índices de desagregação da liteira e de seus componentes. No caso das folhas e dos galhos estes Índices foram obtidos dividindo-se o peso dos seus fragmentos pelo resultado da adição entre esse mesmo peso e o peso do componente que lhe originou.

Exemplificando, indica-se como foi feito o cálculo do Índice de desagregação das folhas (Id) no pedon imperfeitamente drenado.

$$Id = \frac{\text{Peso seco fragmentos folhas}}{\text{Peso seco folhas} + \text{peso seco fragmentos folhas}}$$

$$Id = \frac{265}{5071 + 265} \therefore Id = 0,05$$

Tabela 2 - Índices de desagregação da liteira e de seus componentes, considerando duas fases de decomposição.

Fase de Decompo sição	Componente	Índice de desagregação a/		
		Imperfei- tamente Drenado	Moderada- mente Drenado	Bem Drenado
1ª	Folhas	0,05	0,03	0,10
	Galhos	0,08	0,05	0,09
	Todos	0,16	0,10	0,19
2ª	Fragmentos (Indiferenciados)	0,55	0,55	0,54

a/ explicações sobre a obtenção dos índices no texto.

Os demais índices de desagregação foram calculados de forma análoga aos das folhas e galhos, sempre relacionando o componente de nível mais avançado de desagregação com o componente que lhe originou, portanto, de nível imediatamente anterior. Desta forma, o índice de desagregação de todos os componentes, correspondente à primeira fase do processo de decomposição, relacionou o total dos fragmentos-componentes secundários - com os demais componentes - os primários. Já o índice de desagregação correspondente à segunda fase do proces-

so de decomposição relacionou os fragmentos indiferenciados - componentes terciários - ao total dos fragmentos (Tabela 2).

Os Índices de desagregação assim obtidos passam a expressar o grau de decomposição dos componentes da liteira caso se assuma como verdadeira a existência de correlação estreita, e sempre positiva, entre a intensidade de decomposição e o índice de desagregação, em todas as fases do processo de decomposição da liteira; ou seja, sob mesmas condições, quanto menor o tamanho dos fragmentos, maior a intensidade de sua decomposição. Ou ainda, que a liteira, tende cada vez mais a maior desorganização, isto é, para a máxima entropia, de acordo com o segundo princípio da termodinâmica.

Estabelecida esta hipótese deduz-se que do ponto de vista físico, o processo de decomposição se dá inicialmente pela desagregação das folhas, galhos e frutos originando os fragmentos ainda diferenciados que, por sua vez, dão origem aos fragmentos indiferenciados. Logo o índice de desagregação dos componentes primários, tais como folhas e galhos, reflete o efeito parcial da primeira fase do processo de decomposição. Os índices de desagregação referentes a todos os componentes corresponde aos efeitos integrais da primeira fase, e por fim, o índice relativo aos fragmentos indiferenciados, corresponde os efeitos da segunda fase do processo de decomposição. Note-se contudo que, como a liteira é heterogênea e a adição de restos vegetais é praticamente constante, as referidas fases ocorrem simultaneamente.

Com base nas considerações expostas e no exame da Tabela 2, conclui-se que o grau de decomposição das folhas

e dos galhos segue a seguinte ordem: bem drenado > imperfeitamente drenado > moderadamente drenado. A mesma sequência ocorre com o grau de decomposição dos fragmentos o qual expressa os efeitos acumulados da primeira fase do processo. Portanto, os demais componentes primários são influenciados pela drenagem de forma semelhante à dos galhos e folhas.

Por outro lado, o grau de decomposição dos fragmentos correspondente à segunda fase é praticamente o mesmo nos três pedons evidenciando que, nesta fase, o processo de decomposição não sofre influência de drenagem do solo.

Observa-se, também, que nos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados os galhos estão sujeitos à decomposição mais intensa que as folhas, ocorrendo o inverso no pedon bem drenado, o que se pode atribuir a sua mais elevada quantidade de galhos de maior diâmetro, mais resistentes à decomposição.

O fato do pedon bem drenado apresentar, na primeira fase, maior grau de decomposição que os demais pode ser explicado pelas condições mais favoráveis à atividade biológica se considerarmos que nesta fase de decomposição é intensa a participação de pequenos animais, especialmente artoprosos, na fragmentação da liteira.

Por outro lado, o fato do pedon imperfeitamente drenado possuir maior grau de decomposição que o pedon moderadamente drenado, pode ser explicado por, na estação chuvosa, quando ocorre maior taxa de decomposição (SCHUBART et alii, 1984), a saturação do solo acarretar a concentração da ativi-

dade biológica ao nível da liteira e dos primeiros centímetros do solo, aumentando o grau de decomposição. Essa explicação é reforçada pela existência de um horizonte, misturado F/A₁₁, no pedon imperfeitamente drenado (ver item 4.1.2.).

4.1.1.3. Quantidades de Carbono e Nitrogênio

As quantidades de C e N da liteira e de seus componentes (Tabela 1) são, em geral, proporcionais aos respectivos pesos.

Existe no ecossistema natural, em média, 17.700 kg/ha de liteira, 6.120 kg/ha de C e 174 kg/ha de N (Tabela 1).

Considerando-se a variação da drenagem do solo, observa-se que o pedon bem drenado apresenta a liteira de maior peso e com as maiores quantidades de C e N. O pedon moderadamente drenado possui a liteira de menor peso e com a menor quantidade de C. Contudo seu conteúdo em N é intermediário entre os outros dois pedons enquanto o da liteira do pedon imperfeitamente drenado é menor.

Logo as quantidades de N não acompanham o peso das liteiras. Embora no pedon moderadamente drenado a liteira seja a de menor peso, a mesma não possui a menor quantidade de N. Por outro lado, a liteira do pedon imperfeitamente drenado contém a menor quantidade, de N sem ser a de menor peso, conforme é evidenciado pelos respectivos valores de relação C/N.

As diferenças de valores da relação C/N da liteira dos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados provavelmente tem sua explicação na constituição de seus componentes. De fato, as folhas e os galhos, componentes de maior quantidade na liteira, possuem relação C/N mais baixa no pedon moderadamente drenado que nos demais. Os fragmentos e as raízes vivas embora constituam menor porção de N que as folhas, possuem menor relação C/N, especialmente no pedon bem drenado.

Assim, as diferenças na quantidade de N das liteiras se deve principalmente ao maior ou menor conteúdo desse elemento encontrado nas folhas e nos galhos.

Teoricamente os conteúdos de N encontrados nas folhas e nos galhos das liteiras dos diferentes pedons pode ser atribuída a duas causas: a constituição original dessas partes vegetais e a evolução diferencial no processo de sua decomposição.

É de se esperar variações no conteúdo de N e, conseqüentemente, na relação C/N das folhas e dos galhos de acordo com sua origem e idade (FASSBENDER, 1975). Embora nada se possa afirmar, nesse tocante, com relação às folhas, os galhos apresentam variações substanciais de relação C/N em função da sua espessura.

É plausível que os galhos de maior espessura tenham maiores valores de relação C/N em virtude de serem mais velhos e possuírem teores mais elevados de celulose e ligninas, sendo mais baixos os de proteínas. Este fato pode ser constatado claramente através da Tabela 1. Os galhos da classe de

1 - 3cm de diâmetro apresentam, nas três classes de drenagem, valores de relação C/N nitidamente superiores aos da classe com menos de 1 cm de diâmetro.

Observa-se também, que é marcante a influência da relação C/N dos galhos de 1 - 3cm de diâmetro no valor da relação C/N calculado para o total dos galhos.

Quanto ao processo de decomposição, deve-se ressaltar que as folhas e galhos, por terem sofrido apenas os efeitos do início da primeira fase de decomposição, guardam sua estrutura original e sua constituição não está substancialmente modificada. Por outro lado, as folhas possuindo relação C/N mais baixa constituem a maior fonte de compostos nitrogenados susceptíveis à decomposição.

Desta forma as variações do conteúdo de N das folhas e galhos da liteira dos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados tendem a confirmar os dados sobre decomposição já discutidos (item 4.1.1.2.). A liteira do pedon imperfeitamente drenado, esta mais decomposta e, por isso, possui menor quantidade de N.

Em seguida serão discutidas as principais características físicas, químicas e micromorfológicas dos horizontes minerais.

4.1.2. Horizontes Minerais

Nas Tabelas 3, 4 e 5 encontram-se os dados analíticos referentes as principais características químicas e na

Tabela 6 às características físicas dos pedons correspondentes às três principais classes de drenagem do solo que ocorrem no ecossistema natural.

As três classes de drenagem do solo são: imperfeitamente drenado, moderadamente drenado e bem drenado e foram assim denominadas com base na morfologia do perfil (ver A pêndice, páginas 207 a 216).

Além da diferença na drenagem, verifica-se a existência de um horizonte misturado, designado F/A₁₁, no pedon imperfeitamente drenado (Figura 3). Este horizonte é proveniente da mistura de parte dos fragmentos do horizonte F da liteira com parte do horizonte A₁₁. Sua existência no pedon imperfeitamente drenado indica uma atividade biológica mais intensa que nos demais pedons, ao nível dos primeiros centímetros do solo.

Devido a sua origem, o horizonte F/A₁₁ do pedon imperfeitamente drenado possui elevado teor de C e N, é menos ácido (Tabela 3), tem baixa densidade de partículas e é mais poroso (Tabela 6).

Embora haja variação entre os valores que expressam as características dos diferentes pedons, o padrão é semelhante nas três classes de drenagem. Os teores de C e N decrescem progressivamente com a profundidade e a relação C/N em geral é mais elevada nos horizontes mais superficiais. O pH diminui com a profundidade no horizonte A e aumenta no horizonte B, ocorrendo o inverso com os valores de Δ pH (Tabela 3). A densidade de partículas é, em um mesmo pedon, pouco variável e a densidade global tende a aumentar com a profundi

dade até o horizonte B₂, diminuindo daí em diante. A variação da porosidade total praticamente está condicionada à variação da densidade do solo nos horizontes superficiais, e à variação de densidade de partículas nos horizontes mais profundos (Tabela 6). O estudo micromorfológico também revela aspectos comuns entre os três pedons.

4.1.2.1. Carbono e Nitrogênio

Na Tabela 3 constam os conteúdos de C e N e a relação C/N dos três pedons e na Tabela 4 a distribuição do C até 200 cm de profundidade.

Observa-se que o pedon imperfeitamente drenado possui maior teor de C nos dois primeiros centímetros devido à ocorrência do horizonte F/A₁₁. A partir de seis centímetros de profundidade o pedon moderadamente drenado apresenta sempre o maior teor desse elemento. O pedon bem drenado possui os mais baixos teores, à exceção da profundidade compreendida entre 0 - 30 cm onde são mais elevados que os do pedon imperfeitamente drenado.

Em média o ecossistema natural possui, até as profundidades de 10, 50, 100 e 200 cm, respectivamente, 1,83, 4,55, 6,57 e 9,44 Kg/m² de C.

Embora os ecossistemas naturais em clímax estejam, no todo, em equilíbrio dinâmico, onde as perdas devem ser iguais as adições, pode-se esperar a ocorrência de variações internas que se anulam globalmente já que os diversos componentes do ecossistema são heterogêneos.

TABELA 3 - Teores de carbono e nitrogênio totais, relação C/N, valores de pH - em água e KCl-e Δ pH dos horizontes minerais do ecossistema natural.

Horizonte	Profundidade cm	C (%)	N (%)	C/N	pH		
					H ₂ O	KCl	Δ
<u>PEDON IMPERFEITAMENTE DRENADO</u>							
F/A ₁₁	0 - 2	4,77	0,360	13,2	4,90	4,05	-0,85
A ₁₁	2 - 6	1,42	0,143	9,9	4,45	3,60	-0,85
A ₁₂	6 - 10	0,80	0,083	9,6	4,20	3,75	-0,45
A ₃	10 - 18	0,51	0,060	8,5	4,30	3,80	-0,50
B ₁	18 - 32	0,38	0,050	7,6	4,50	3,90	-0,60
B ₂₁	32 - 50	0,34	0,030	11,3	4,90	4,05	-0,85
B ₂₂	50 - 80	0,26	0,030	8,7	4,90	4,00	-0,90
B ₂₃	80 - 110	0,25	0,028	8,7	4,95	4,00	-0,95
B ₃₁	110 - 180	0,20	0,020	10,0	5,00	4,05	-0,95
B ₃₂	180 - 230	0,16	0,017	9,4	5,10	4,10	-1,00
<u>PEDON MODERADAMENTE DRENADO</u>							
A ₁₁	0 - 4	2,01	0,166	12,1	4,35	2,55	-0,80
A ₁₂	4 - 8	1,12	0,087	12,9	4,00	3,50	-0,50
A ₃	8 - 15	0,67	0,054	12,4	4,00	3,70	-0,30
B ₁₁	15 - 30	0,53	0,040	13,2	4,50	3,95	-0,55
B ₁₂	30 - 45	0,36	0,034	10,6	4,60	4,00	-0,60
B ₂₁	45 - 60	0,34	0,030	11,3	4,80	4,00	-0,80
B ₂₂	60 - 70	0,32	0,024	13,3	4,75	4,00	-0,75
B ₂₂	70 - 110	0,28	0,024	11,7	4,75	4,00	-0,75
B ₂₃	110 - 170	0,23	0,015	15,3	5,00	4,05	-0,95
B ₃₁	170 - 210	0,21	0,013	16,2	5,05	4,05	-1,00
<u>PEDON BEM DRENADO</u>							
A ₁₁	0 - 4	2,59	0,218	11,9	4,65	3,95	-0,70
A ₁₂	4 - 10	1,10	0,109	10,1	4,20	3,55	-0,65
A ₃	10 - 20	0,67	0,065	10,3	4,30	3,70	-0,60
B ₁₁	20 - 30	0,46	0,041	11,2	4,15	3,75	-0,40
B ₁₁	30 - 50	0,33	0,035	9,4	4,30	3,85	-0,45
B ₁₂	50 - 75	0,26	0,029	9,0	4,35	3,85	-0,50
B ₁₂	75 - 100	0,21	0,022	9,5	4,40	3,90	-0,50
B ₂₁	100 - 150	0,15	0,015	10,7	4,35	3,85	-0,50
B ₂₂	150 - 180	0,16	0,017	9,4	4,60	3,95	-0,45
B ₃	180 - 210	0,16	0,020	7,5	4,45	4,00	-0,45

Portanto, a quantidade de C armazenada no solo em determinada parte do ecossistema depende do balanço entre as adições e as perdas, e estas ao longo de um ciclo de variação nunca podem ser superiores às aquelas.

As adições se dão em consequência da migração, em profundidade, de substâncias húmicas que se formam ao nível da littera (MANARINO et alii, 1982) da incorporação de parte dos seus fragmentos, da biomassa microbiana e dos dejetos e cadáveres dos animais.

As perdas ocorrem por erosão, oxidação e lixiviação do material orgânico (GREENLAND e NYE, 1959) e são influenciadas pelo clima, textura, drenagem e cobertura vegetal (BUCKMAN e BRADY, 1976), além de outros fatores que atuam na atividade dos organismos tais como pH e disponibilidade de nutrientes (FASBENDER, 1975).

No ecossistema natural em estudo são adicionados anualmente à littera cerca de 9 t/ha (peso seco) de partes vegetais (EMBRAPA 1981) enquanto a quantidade de C armazenada é, em média, 6,1 t/ha (peso seco) na littera (Tabela 1), 66 t/ha até 1 metro e 94 t/ha até 2 metros de profundidade. Verifica-se, portanto, que as perdas de C, embora inferiores às adições, são muíto intensas, impedindo que haja maior acumulação.

Considerando-se que nesse ecossistema a variação do clima e da cobertura vegetal seja irrelevante e a erosão desprezível, restam a textura e a drenagem como fatores responsáveis pela oxidação e lixiviação do C.

Os solos arenosos e os bem drenados, em geral ,

possuem menores quantidades de C e N que os solos argilosos e os de drenagem deficiente. Já a relação C/N tende a aumentar nos primeiros em comparação aos últimos (BUCKMAN e BRADY, 1967).

Através da Tabela 4 verifica-se que o pedon moderadamente drenado contém uma quantidade de C maior que a dos pedons bem e imperfeitamente drenados, e estas quantidades idênticas.

Considerando-se que o processo de armazenamento de C está em equilíbrio dinâmico no ecossistema natural, o que não exclui a ocorrência de variações internas, tomou-se as profundidades de 10, 50, 100 e 200cm como referencial para comparação da distribuição do C conforme consta da Tabela 4.

Tabela 4. Distribuição do carbono até 200cm de profundidade do solo no ecossistema natural.

Pedon	Quantidade de C (Kg/m ²)				Total
	0-10cm	10-50 cm	50-100cm	100-200cm	
Mal Drenado	1,81	2,52	1,96	2,80	9,09
Moderadamente	1,68	2,90	2,26	3,36	10,20
Bem Drenado	1,99	2,75	1,83	2,47	9,04
Média	1,83	2,72	2,02	2,83	9,44

Verifica-se que de 0-10cm, embora as diferenças não sejam elevadas, o pedon bem drenado possui maior quantidade de C armazenada que os outros dois pedons.

A partir de dez centímetros, nos intervalos consi

derados, o pedon moderadamente drenado possui quantidade de C sempre mais elevada que os demais pedons.

Na profundidade de 10-50 cm o pedon bem drenado ainda possui quantidade maior que o imperfeitamente drenado, porém, a partir daí os valores são sempre menores.

Portanto, o pedon moderadamente drenado acumula as maiores quantidades de C embora apresente menor quantidade na superfície (0-10cm). O pedon bem drenado acumula mais C na parte superior (0-50cm) que o imperfeitamente drenado enquanto na parte inferior (50-200cm) ocorre o inverso.

A maior quantidade de C encontrada na profundidade de 0-10cm do pedon bem drenado parece indicar uma maior adição de matéria orgânica. Com efeito verifica-se que a liteira correspondente a este pedon possui um maior valor de peso (Tabela 1) e maior índice de desagregação na primeira fase do seu processo de decomposição (Tabela 2). Enquanto isso, o pedon moderadamente drenado tem a liteira de menor peso e o menor índice de desagregação.

Comparando-se os pedons moderadamente e bem drenados, as diferenças entre a quantidade de C armazenada podem ser explicadas do seguinte modo: embora as adições sejam maiores no pedon bem drenado as perdas também o são devido as condições de textura e drenagem propícias a oxidação e lixiviação da matéria orgânica, de tal modo que a diferença entre as adições dos dois pedons é menor que a diferença entre as perdas. Em consequência a quantidade de C armazenada é menor no pedon bem drenado.

No pedon imperfeitamente drenado as adições e as perdas são de magnitude intermediárias entre os outros dois pedons. A diferença entre as adições do pedon imperfeitamente e do pedon bem drenado é semelhante a diferença entre as perdas, daí estes pedons possuírem quantidades idênticas de C armazenada.

Observa-se então que existe relação direta entre o peso da liteira e a quantidade de C armazenada nos dez primeiros centímetros. E ainda mais, se considera-se que o peso da liteira determina a magnitude das adições e que o índice de desagregação na primeira fase de decomposição da liteira pode indicar a magnitude das perdas o balanço entre as adições e perdas é perfeitamente compatível com as quantidades de C armazenada em cada um dos pedons. Ou seja, as adições e as perdas seguem a ordem de crescente, pedon bem > imperfeitamente > moderadamente drenado. Restaria contudo explicar porque no pedon imperfeitamente drenado as perdas são maiores que no moderadamente drenado.

Ressalte-se contudo que, apesar das diferenças entre a magnitude das adições e das perdas dos três pedons, a quantidade de C armazenada não varia muito mais que 10%.

A quantidade de N armazenada no ecossistema natural, assim como a de C, varia com a classe de drenagem porém de forma diferente.

O pedon moderadamente drenado possui a maior quantidade de C armazenada e a menor de N o que é evidenciado pelos valores de relação C/N, nitidamente mais elevados nos diversos horizontes em comparação aos outros dois pedons (Tabela 3).

O pedon bem drenado, que possui a menor quantidade de C, armazena mais N que o pedon moderadamente drenado, e menos N que o imperfeitamente drenado. Contudo, a relação C/N é semelhante nos pedons imperfeitamente e bem drenados.

A existência de valores de maior relação C/N no pedon moderadamente drenado indica que a oxidação da matéria orgânica é menor que nos demais pedons, o que reforça a ocorrência de maior quantidade de C armazenada.

A diferença entre a quantidade de N armazenada nos pedons bem e imperfeitamente drenados, do mesmo modo que a de C, é pequena e se deve igualmente a um balanço final idêntico entre adições e perdas, embora suas intensidades sejam diferentes nesses pedons. Como as quantidades de C e N armazenadas também são proporcionais, os valores de relação C/N são semelhantes.

4.1.2.2. pH e Complexo de Troca Iônica

Os valores de pH em água são idênticas nos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados e estão em tor-

no de $4,65 \pm 0,35$. No pedon bem drenado estão em torno de um valor cerca de 0,3 unidade mais baixo ($4,35 \pm 0,15$). Essa diferença, porém, praticamente desaparece no pH em KCl, estando os três pedons com valores próximos a $3,90 \pm 0,20$ (Tabela 3).

Portanto, no complexo de troca iônica dos três pedons predominam as cargas negativas.

Nos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados, ao contrário do bem drenado, a presença de cargas negativas é mais acentuada na parte superior (30cm) sendo sua influência atenuada no horizonte A_{11} onde também é mais elevado o teor de matéria orgânica.

Portanto o complexo de troca iônica é fortemente influenciado nos horizontes superficiais pela maioria orgânica, especialmente no horizonte que está em contato com a li-teira.

Verifica-se, através da Tabela 5 que os teores de Ca, Mg, Na e K trocáveis, bem como os valores S, T e V%, são mais elevados nos horizontes superficiais, o que se deve exclusivamente ao maior conteúdo de matéria orgânica.

Por outro lado, nos horizonte onde é muito reduzida a quantidade de matéria orgânica observa-se variações no complexo de troca que são decorrentes da fração mineral do solo.

Considerando todo o perfil, o pedon imperfeitamente drenado possui os maiores valores de S. O pedon moderadamente drenado possui menor valor S no horizonte A que o pe-

TABELA 5 - Cátions trocáveis, soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T) e valor de saturação em bases (V%) dos horizontes minerais do ecossistema natural.

Hori- zonte	Profundi- dade (cm)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹	K ⁺¹	S	H ⁺¹	Al ⁺³	T	V%
		emg/100g solo				emg/100g solo	emg/100g solo		emg/100g solo	
<u>PEDON IMPERFEITAMENTE DRENADO</u>										
F/A ₁₁	0 - 2	5,47	1,22	0,19	0,38	7,26	0,58	0,10	7,94	91
A ₁₁	2 - 6	2,88	0,36	0,03	0,06	3,33	0,66	0,21	4,20	79
A ₁₂	6 - 10	0,29	0,13	0,02	0,04	0,48	0,83	0,40	1,71	28
A ₃	10 - 18	0,09	0,06	0,03	0,03	0,21	0,72	0,38	1,31	16
B ₁	18 - 32	0,12	0,04	0,02	0,02	0,20	0,74	0,37	1,31	15
B ₂₁	32 - 50	0,13	0,22	0,05	0,04	0,44	0,60	0,26	1,30	34
B ₂₂	50 - 80	0,63	0,22	0,06	0,01	0,92	0,40	0,14	1,46	63
B ₂₃	80 - 110	0,33	0,12	0,06	0,02	0,53	0,64	0,32	1,49	36
B ₃₁	110 - 180	0,30	0,15	0,04	0,01	0,50	0,60	0,24	1,34	37
B ₃₂	180 - 230	0,25	0,13	0,06	0,01	0,45	0,51	0,18	1,14	40
<u>PEDON MODERAMENTE DRENADO</u>										
A ₁₁	0 - 4	1,23	0,57	0,13	0,19	2,12	0,77	0,25	3,14	68
A ₁₂	4 - 8	0,28	0,12	0,05	0,08	0,53	0,98	0,38	1,89	28
A ₃	8 - 15	0,06	0,07	0,03	0,04	0,20	0,92	0,47	1,59	13
B ₁₁	15 - 30	0,28	0,04	0,03	0,04	0,39	0,96	0,32	1,67	23
B ₁₂	30 - 45	0,14	0,03	0,03	0,02	0,22	0,88	0,32	1,42	15
B ₂₁	45 - 60	0,15	0,07	0,04	0,02	0,28	0,84	0,32	1,44	19
B ₂₂	60 - 70	0,06	0,09	0,03	0,02	0,20	0,82	0,34	1,36	15
B ₂₂	70 - 110	0,04	0,07	0,04	0,02	0,17	0,84	0,41	1,42	12
B ₂₃	110 - 170	0,01	0,06	0,03	0,04	0,14	0,66	0,28	1,08	13
B ₃₁	170 - 210	0,01	0,05	0,06	0,02	0,14	0,56	0,26	0,96	15
B ₃₂	210 - 230	0,01	0,04	0,03	0,02	0,10	0,54	0,28	0,92	11
<u>PEDON BEM DRENADO</u>										
A ₁₁	0 - 4	2,94	0,74	0,08	0,21	3,97	0,52	0,10	4,59	86
A ₁₂	4 - 10	0,66	0,22	0,04	0,08	1,00	0,72	0,28	2,00	50
A ₃	10 - 20	0,23	0,08	0,02	0,03	0,36	0,91	0,48	1,75	21
B ₁₁	20 - 30	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	1,37	0,69	2,15	4
B ₁₂	30 - 50	0,03	0,02	0,01	0,01	0,07	1,44	0,79	2,30	3
B ₂₁	50 - 75	0,01	0,02	0,02	0,01	0,06	1,60	0,48	2,14	3
B ₂₂	75 - 100	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	1,22	0,43	1,70	3
B ₂₃	100 - 150	0,02	0,02	0,02	0,01	0,07	1,12	0,34	1,53	5
B ₃₁	150 - 180	0,01	0,01	0,02	0,01	0,05	0,88	0,34	1,27	4
B ₃₂	180 - 230	0,02	0,02	0,05	0,01	0,10	0,78	0,41	1,29	8

don bem drenado, ocorrendo o inverso no horizonte B. Quanto aos teores de H + Al trocáveis, são maiores no pedon bem drenado e menores no imperfeitamente drenado (Tabela 5).

Até o horizonte A_{12} os valores médios ponderados de V (em relação a espessura dos horizontes) são de 61,48 e 64, respectivamente aos pedons imperfeitamente, moderadamente e bem drenados, todos visivelmente correlacionados aos teores de C. No horizonte A_3 , onde é menor a influência da matéria orgânica e a fração mineral está muito intemperizada, os valores de V são relativamente semelhantes - 16, 13 e 21, respectivamente.

Já no horizonte B, onde a influência da matéria orgânica é muito menor, os valores correspondentes à média aritmética entre os subhorizontes são de 38, 15 e 4%, respectivamente aos pedons imperfeitamente, moderadamente e bem drenado. Verifica-se portanto, que onde não há influência marcante da matéria orgânica a saturação de bases é compatível com a classe de drenagem. Assim, quanto mais deficiente a drenagem maior a saturação em bases. Isso é plenamente justificável já que quanto maior a drenagem do perfil maiores são as perdas das bases as quais são substituídas pelo H e Al.

Calculando-se a média aritmética de T, entre os subhorizontes do horizonte B constata-se que embora semelhantes - 1,34, 1,28 e 1,77 emg/100g de solo, respectivamente aos pedons imperfeitamente, moderadamente e bem drenado, dife-

rem consideravelmente quanto a quantidade de bases e $H + Al$ trocáveis, acarretando as variações encontradas no valor V .

4.1.2.3. Textura

A Tabela 6 apresenta a textura, obtida através do tato, dos diferentes horizontes dos perfis correspondentes a cada um dos pedons.

Os pedons imperfeitamente e moderadamente drenados possuem textura semelhante: franco arenosa nos horizontes A_{11} e A_{12} , franco argilosa nos horizontes A_3 e B_1 , argilo arenosa nos horizontes B_{21} e B_{22} e argila nos horizontes B_{23} , B_{31} e B_{32} .

O pedon bem drenado possui textura mais arenosa que os demais: areia franca no A_{11} , franco arenosa nos horizontes A_{12} e A_3 , e franco argilo arenosa no restante do perfil.

4.1.2.4. Densidade e Porosidade

Excluindo os horizontes que possuem altos teores de matéria orgânica, observa-se que as variações na densidade de partículas, densidade do solo e porosidade total dos horizontes do mesmo pedon não são muito acentuadas (Tabela 6).

A densidade de partículas, excluindo os horizontes que estão em contato com a liteira, varia em torno de $2,79 \pm 0,08 \text{ g/cm}^3$ no pedon bem drenado e $2,82 \pm 0,06 \text{ g/cm}^3$ no

Tabela 6. Classes de textura e valores de densidade e porosidade do solo no ecossistema natural.

Horizonte	Profundidade (cm)	Textura (U.S.D.A)	Densidade (g/cm ³)		Porosidade (cm ³ / cm ³)
			Partículas	global	
<u>PEDON IMPERFEITAMENTE DRENADO</u>					
F/A ₁₁	0 - 2	Franco arenosa	2,42	0,70	0,71
A ₁₁	2 - 6	Franco arenosa	2,67	1,15	0,57
A ₁₂	6 - 10	Franco arenosa	2,68	1,53	0,43
A ₃	10 - 18	Franco argilo arenosa	2,69	1,60	0,40
B ₁	18 - 32	Franco argilo arenosa	2,73	1,62	0,40
B ₂₁	32 - 50	Argilo arenosa	2,78	1,64	0,41
B ₂₂	50 - 80	Argilo arenosa	2,71	1,55	0,43
B ₂₃	80 - 110	Argila	2,64	1,50	0,43
B ₃₁	110 - 180	Argila	2,79	1,41	0,50
B ₃₂	180 - 230	Argila	2,66	1,40	0,47
<u>PEDON MODERADAMENTE DRENADO</u>					
A ₁₁	0 - 4	Franco arenosa	2,68	1,07	0,60
A ₁₂	4 - 8	Franco arenosa	2,75	1,35	0,49
A ₃	8 - 15	Franco argilo arenosa	2,79	1,56	0,44
B ₁₁	15 - 30	Franco argilo arenosa	2,80	1,60	0,43
B ₁₂	30 - 45	Franco argilo arenosa	2,79	1,56	0,44
B ₂₁	45 - 60	Argilo arenosa	2,80	1,53	0,45
B ₂₂	60 - 70	Argilo arenosa	2,81	1,55	0,45
B ₂₂	70 - 110	Argilo arenosa	2,93	1,48	0,50
B ₂₃	110 - 170	Argila	2,79	1,44	0,48
B ₃₁	170 - 210	Argila	2,86	1,48	0,48
B ₃₂	210 - 230	Argila	2,92	1,46	0,50
<u>PEDON BEM DRENADO</u>					
A ₁₁	0 - 4	Areia franca	2,62	1,02	0,62
A ₁₂	4 - 10	Franco arenosa	2,68	1,41	0,47
A ₃	10 - 20	Franco arenosa	2,74	1,52	0,44
B ₁₁	20 - 30	Franco argilo arenosa	2,70	1,55	0,42
B ₁₁	30 - 50	Franco argilo arenosa	2,81	1,55	0,45
B ₁₂	50 - 75	Franco argilo arenosa	2,77	1,57	0,43
B ₂₁	75 - 100	Franco argilo arenosa	2,80	1,55	0,45
B ₂₁	100 - 150	Franco argilo arenosa	2,91	1,59	0,45
B ₂₂	150 - 180	Franco argilo arenosa	2,90	1,50	0,48
B ₃	180 - 230	Franco argilo arenosa	2,80	1,52	0,46

pedon moderadamente drenado. No pedon imperfeitamente drenado ela varia em torno de um valor cerca de $0,1\text{g/cm}^3$ menor que os primeiros, ou seja, $2,71 \pm 0,05\text{g/cm}^3$.

Nos três pedons a influência da matéria orgânica sobre a densidade do solo é marcante nos dois primeiros horizontes, não acontecendo o mesmo do terceiro horizonte em diante (Tabelas 3 e 6).

Excluindo o horizonte A_1 , onde é mais elevado o conteúdo de matéria orgânica, os valores de densidade do solo são semelhantes nos três perfis e estão em torno de $1,53 \pm 0,06\text{g/cm}^3$.

A porosidade total é mais alta nos horizontes que possuem elevado teor de matéria orgânica devido à influência da densidade global. Todavia, nos demais horizontes há influência maior da densidade de partículas acarretando variações entre os pedons.

Comparando-se a média ponderada em função da espessura, embora com variações entre os horizontes A_{11} e A_{12} , o horizonte A_1 possui valores de porosidade muito semelhantes nas três classes de drenagem.

Excluindo o horizonte A_1 , a porosidade total varia ao redor de $0,45 \pm 0,02\text{cm}^3/\text{cm}^3$ no perfil bem drenado e $0,46 \pm 0,03\text{cm}^3/\text{cm}^3$ no perfil moderadamente drenado. No perfil imperfeitamente drenado os valores são menores e estão em torno de $0,44 \pm 0,04\text{cm}^3/\text{cm}^3$.

Verifica-se, portanto que, excluindo a influência da matéria orgânica, os perfis possuem variações na densi

dade de partículas que por sua vez influem na porosidade total. O perfil imperfeitamente drenado possui fração mineral de menor densidade que os demais acarretando menor porosidade já que a densidade do solo é pouco variável quando não há elevado conteúdo de matéria orgânica.

As diferenças entre os valores de densidade de partículas dos pedons bem e moderadamente drenados são pequenas e justificam a menor diferença de porosidade entre esses pedons a partir dos horizontes menos influenciados pela matéria orgânica. Contudo, o fato do pedon bem drenado apresentar valores menores pode ser atribuído ao seu menor conteúdo de argila.

Não se observa relação estreita entre a porosidade total e a classe de drenagem dos pedons, o que é justificável já que os valores de porosidade não são muito diferentes e há variação na granulometria. Contudo a relação entre a classe de drenagem e a microporosidade deve ser estreita. Nos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados o horizonte B₂₁ apresenta-se fortemente adensado onde o plasma é interrompido por uma quantidade reduzida de vazios do tipo fissural que ocorrem relativamente isolados, o que foi constatado através da análise micromorfológica.

4.1.2.5. Micromorfologia

A seguir são apresentadas as principais diferenças bem como as características mais comuns entre os três pedons do ecossistema natural.

O pedon imperfeitamente drenado possui no horizonte A_1 considerável quantidade de macroporos de aproximadamente 1 mm de diâmetro associados a uma matriz com abundante quantidade de quartzo, um plasma bruno escuro microagregado, irregularmente distribuído e numerosa quantidade de raízes e resíduos orgânicos (Figura 7). No horizonte A_3 o plasma envolve grande parte do esqueleto, é bem distribuído e a macroporosidade é mais reduzida que no horizonte A_1 (Figura 8). Já no horizonte B o plasma é contínuo e em maior quantidade, a macroporosidade é muito reduzida, constituída principalmente de vazios do tipo fissural, os quais na parte superior deste horizonte estão associados a argilans de cor amarelo alaranjado (Figura 9).

O pedon moderadamente drenado possui no horizonte A uma distribuição heterogênea do plasma que apresenta-se microagregado e de cor bruno muito escuro. Observa-se ainda neste horizonte numerosas raízes e elevada porosidade intersticial entre os grãos de quartzo e os microagregados (Figura 10). O horizonte B apresenta-se pouco uniforme; na parte superior (B_1) o plasma é formado por pequenos agregados de forma arredondada, delimitados por vazios policoncavos (Figura 11). A parte central (B_2) apresenta vazios em quantidade reduzida, embora predominem os vazios policoncavos e não os do tipo fissural, preenchidos em parte por argilans associados a pequenas manchas avermelhadas com limites difusos e possui distribuição irregular do esqueleto (Figura 12). Na parte inferior (B_{23} e B_3) ocorrem concentrações de plasma (Figura 13) e de nódulos fêrricos que se apresentam com limites difusos. Estes módulos contêm grãos de quartzo parcialmente imersos no plasma do fundo matricial (Figura 14).

Figura 7 - Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A₁₂ (6-10cm) do Pedon Imperfeitamente Drenado do Ecossistema Natural: Distribuição enaulic com um esqueleto constituído principalmente de quartzo, um plasma bruno escuro com distribuição irregular bastante microagregado e a presença de raízes e resíduos vegetais.

Figura 8 - Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A₃ (10-18cm) do Pedon Imperfeitamente Drenado do Ecossistema Natural: Plasma regularmente distribuído, envolvendo grande parte do esqueleto, exibindo uma macroporosidade relativamente pouco desenvolvida. À direita aparece um nódulo fêrrico.

Figura 9 - Fotomicrografia (53X) relativa ao horizonte B₂₁ (32-50cm) do Pedon Imperfeitamente Drenado do Ecossistema Natural: Distribuição porfiric onde o plasma se apresenta contínuo, a macroporosidade muito reduzida e os grãos de quartzo agrupados os quais contêm grande quantidade de óxido de ferro encrustado. Vazios do tipo fissural são limitados por argilans amarelo alaranjado.

Figura 10 - Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A₁₂ (4-8cm) do Pedon Moderadamente Drenado do Ecossistema Natural: Distribuição heterogênea do plasma de cor bruno muito escuro, muito microagregado e com um padrão enaulic. Numerosas raízes e elevada porosidade intersticial entre os grãos do esqueleto e os microagregados.

Figura 11 - Fotomicrografia (53X) relativa ao horizonte B₁₁ (15-30cm) do Pedon Moderadamente Drenado do Ecossistema Natural: Presença de pequenos agregados milimétricos de forma relativamente arredondada delimitados por vazios policôncavos de aproximadamente 1 mm de diâmetro. Note-se também a distribuição agrupada do esqueleto e a forte incrustação de óxido de Fe nos grãos de quartzo.

Figura 12 - Fotomicrografia (33X) relativa ao horizonte B₂₂ (60-70cm) do Ecossistema Natural: Em um padrão de distribuição porfirica distingue-se, à direita, setores de plasma muito claro com macro-porosidade muito reduzida devido o preenchimento dos vazios por cutans argilosos, associados a pequenas manchas avermelhadas e violáceas com limites difusos; à esquerda a ocorrência de vazios policôncavos, também com manchas avermelhadas com limites difusos, e grãos de quartzo agrupados.

Figura 13 - Fotomicrografia (24X) relativa ao horizonte B₂₃ (110-170cm) do Pedon Moderadamente Drenado do Ecossistema Natural: Aspectos da degradação de um material endurecido muito rico em plasma de coloração bruno, muito associado aos vazios.

Figura 14 - Fotomicrografia (13X) relativa ao horizonte B₃₂ (210-230cm) do Pedon Moderadamente Drenado do Ecossistema Natural: Degradação de nódulos fêrricos que parecem fundir-se à matriz constituída principalmente de um plasma bruno amarelo que envolve os grãos de quartzo em um padrão tipicamente porfirico.

O horizonte A do pedon bem drenado possui parte do plasma concentrado na forma de enchimentos de pedutubos com orientação predominantemente vertical, contendo grãos de esqueleto. A parte grosseira do esqueleto por vezes forma agrupamentos frouxos tendendo a um padrão de distribuição monic, com porosidade intersticial entre grãos de quartzo elevada, contendo pequenos agregados de plasma bruno e partículas orgânicas (Figura 15). No horizonte B o plasma é bruno, denso, contínuo, distribuído de forma relativamente homogênea envolvendo os grãos de esqueleto. A macroporosidade é reduzida e ocorrem pequenos depósitos argilosos com limites difusos em torno dos vazios (Figura 16).

Nos três pedons o padrão de distribuição relativa entre as partículas fina e grosseira (STOOPS e JONGERIUS, 1975) é enaulic (1) no horizonte A_1 (Figuras 7 e 10) enaulic/porfiric no horizonte A_3 (Figuras 8 e 15) e porfiric no horizonte B (Figuras 9, 14 e 16). O esqueleto é formado principalmente por grãos de quartzo juntamente com pequenas quantidades de magnetita, zirconita, hornblenda (Figura 16) e stauroлита. Os grãos de quartzo apresentam-se muito arredondados, com muitas cavernas de corrosão e fissuras preenchidas por óxidos de Fe (Figuras 9 e 11). Frequentemente aparecem grãos de quartzo que, reunidos,

(1) Para melhor compreensão do leitor menos familiarizado com a terminologia utilizada em micromorfologia oferecemos no Apêndice (página 206) uma relação dos significados dos termos aqui empregados.

Figura 15 - Fotomicrografia (33X) relativa ao horizonte A₃ (10-20cm) do Pedon Bem Drenado do Ecossistema Natural: Sobre um fundo matricial de padrão de distribuição enaulic tendendo a monic e contendo um plasma de coloração bruno escuro destaca-se, à direita, um pedotubo com orientação vertical contendo pequenos grãos de quartzo (areia fina e silte grosso)

Figura 16 - Fotomicrografia (53X) relativa ao horizonte B₁₂ (50-75cm) do Pedon Bem Drenado do Ecossistema Natural: Padrão de distribuição porfiric onde o plasma é pouco agregado, os grãos de quartzo apresentam-se relativamente agrupados, e a macroporosidade é muito reduzida. Note-se depósitos argilosos com limites difusos em torno dos vazios e, à esquerda, a presença de um grão verde de hornblenda.

originam um padrão básico de distribuição tipicamente agrupado (Figuras 9, 11 e 16). O plasma possui coloração variável; próximo a superfície é geralmente bruno escuro (Figuras 7, 10 e 15) e em subsuperfície torna-se bruno amarelo com variações entre o alaranjado e o vermelho (Figuras 9, 14 e 16). Portanto, apesar das diferenças de textura e drenagem entre os pedons do ecossistema natural, a organização microestrutural é semelhante. A quantidade de plasma aumenta rapidamente com a profundidade e ocorrem minerais pouco resistentes ao intemperismo tais como a hornblenda e a staurolita, evidenciando uma alteração mineral ainda incompleta.

A atividade biológica é intensa no horizonte A e o plasma se distribui em função de organizadores biológicos. No horizonte B a microagregação é muito reduzida e a estrutura é contínua, apresentando reduzida macroporosidade (Figura 16), especialmente nos pedons de textura mais fina (Figuras 9 e 12).

A ocorrência de concentrações plásmicas do tipo argilans ao nível do horizonte B evidenciam a migração gravitacional de partículas finas que preenchem parte dos vazios. As manchas avermelhadas (Figura 12) indicam a segregação entre os compostos de Fe e os minerais de argila decorrente de condições de redução provocada pela lenta circulação da água no reduzido sistema de macroporos. Este processo está praticamente ausente no pedon bem drenado o que pode ser atribuído a sua maior macroporosidade decorrente da textura mais grosseira.

A presença de concentrações endurecidas ricas em plasma e de nódulos fêrricos ricos em quartzo com limites difusos indicam haver um processo de evolução. O fato de existirem grãos de quartzo participando da estrutura dos nódulos e do fundo matricial simultaneamente reforça a idéia de que os nódulos' sofrem um processo de fusão que alimenta o fundo matricial (Figura 14). Este processo contribui em parte para a formação do padrão básico de distribuição do tipo agrupado (Figura 12).

A degradação dos nódulos fêrricos, a movimentação de partículas finas e a segregação do Fe indicam que a estrutura do solo sofre um processo de desestabilização.

A ausência de microagregação no horizonte B e a presença de minerais pouco resistentes ao intemperismo impedem de se considerar este solo como pertencente ao grupo dos latossolos. Além disto a falta de quantidade adequada de macroporos' que possibilitem o pronto escoamento do excesso de água das chuvas, agravado pelo processo de destabilização da estrutura, indica que o solo possui um frágil estado de equilíbrio.

4.2. Ecossistema Alterado

No ecossistema alterado foram quantificados os diversos resíduos vegetais depositados na superfície e caracterizados os horizontes minerais nas seguintes fases: recém-queimado, cultivado por 1 ano, cultivado por 5 anos e em pouso de 3 anos depois de 2 anos de cultivo.

4.2.1. Resíduos Vegetais sobre o Solo

Na Tabela 7 estão apresentados os pesos dos resíduos vegetais encontrados nas quatro fases anteriormente referidas, bem como seus conteúdos de C, N e sua relação C/N.

4.2.1.1. Recém Queimado

Após a derrubada e queimada da vegetação do ecossistema natural, a superfície do solo fica coberta por troncos e galhos parcialmente queimados além dos caules e raízes superficiais que não foram destacados do solo.

Do modo como foi efetuada a queimada da área em estudo a superfície do solo ficou coberta em 35%, sendo que 5% correspondia a árvores com mais de 60cm de circunferência. Mais de 2/3 da superfície coberta se devia a caules e galhos tomabados e o restante a caules em pé, de diversos diâmetros, e raízes superficiais que por vezes ultrapassam a 5cm de diâmetro.

TABELA 7. Peso do material úmido, peso do material seco, quantidade de carbono, nitrogênio e relação C/N dos resíduos vegetais depositados na superfície do solo no ecossistema alterado.

COMPONENTE	Peso do material úmido	Peso do material seco kg / ha	CARBONO	NITROGENIO	C/N
RECEM QUEIMADO					
Galhos	6474	5837(52) ^{a/}	2024	29,12	70
<1cm Ø	453	409	148	5,24	28
1-3cm Ø	2719	2451	1187	23,88	179
3-6cm Ø	3302	2977			
Fragmentos	4720	4570(47)	817	47,53	15
folhas	52	50	15	-	-
galhos	425	411	118	-	-
raízes	24	23	7	-	-
frutos	24	23	7	-	-
carvão	906	878	366	-	-
indiferenciados	3289	3185	304	-	-
Total	11194	10407(21)	2741	76,65	36
CULTIVADO POR 1 ANO					
Restos de cultura	847	665(66)	209	6,25	33
Galhos (vegetação prim.)	2135	1896(32)	664	14,22	47
Fragmentos	807	744(78)	216	9,45	23
folhas	149	136	38	-	-
galhos	374	342	106	-	-
raízes	18	17	5	-	-
carvão	99	97	28	-	-
indiferenciados	167	152	39	-	-
Total	3789	3305(19)	1089	29,92	36
CULTIVADO POR 5 ANOS					
Galhos (vegetação prim.)	563	500(142)	178	3,15	56
Fragmentos	1149	1037(48)	325	7,98	41
folhas	388	350	96	-	-
galhos	40	36	13	-	-
carvão	257	232	63	-	-
indiferenciados	464	419	153	-	-
Total	1712	1537(80)	503	11,13	45
POUSIO DE 3 ANOS APÓS 2 DE CULTIVO					
Folhas	6658	5751(29)	1879	78,21	24
Galhos	6124	5820(64)	2043	27,89	73
vegetação primária	557	493	205	1,43	143
vegetação secundária	5567	5327	1838	26,46	70
Fragmentos	2107	1857(20)	553	20,98	26
folhas	1005	886	-	-	-
galhos	59	52	-	-	-
carvão	157	138	-	-	-
indiferenciados	886	781	-	-	-
Total	14889	13428(20)	4475	127,08	35

a/ Os números entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação entre três amostras nas fases Recem queimado, Cultivado por 1 ano e Pousio de 3 anos após 2 anos de cultivo, e entre duas amostras na fase Cultivado por 5 anos.

Nesta fase foram quantificados os galhos de até 6cm de diâmetro os quais correspondem a 5837kg/ha em peso seco.

Após a queimada, além das partes vegetais parcialmente queimadas, fica sobre o solo uma camada contínua, embora variável, composta de carvão e fragmentos vegetais além de grande quantidade de cinzas. Esta camada é proveniente da queima de folhas e galhos da vegetação derrubada e dos próprios fragmentos da liteira (Figura 4).

A queimada reduz, conforme a sua intensidade, uma maior ou menor quantidade de resíduos vegetais a carvão e cinzas. Na área aqui estudada a queimada não foi tão intensa e permitiu a permanência de grande quantidade de material que não chegou a queimar.

Os fragmentos perfazem um total de 4570kg/ha em peso seco e são constituídos de cinzas e pedaços de folhas, galhos, raízes, frutos e carvão. A maior parte deles não foi possível identificar a origem, porém, em média, 1/3 é constituído de cinzas. A parte indenticável possui mais carvão e fragmentos de galhos.

Excluindo os galhos de diâmetro maior que 6cm, os quais não foram quantificados, os restos vegetais sobre a superfície do solo correspondem, em peso seco, a 1040kg/ha. Os mesmos contêm 2742kg/ha de C, 76,6kg/ha de N e uma relação C/N de 36.

A maior parte do C está contida nos galhos, principalmente nos de 3-6cm de diâmetro, e a menor nos fragmentos,

especialmente nos fragmentos de raízes e frutos os quais constituem a menor porção dos fragmentos.

Ao contrário do C, o N está contido mais nos fragmentos que nos galhos pois aqueles apresentam uma relação C/N de valor 15, consideravelmente mais baixa que a dos galhos que é de valor 70.

A relação C/N dos galhos com menos de 1cm de diâmetro também é nitidamente mais baixa que a dos galhos de 1-6cm de diâmetro (28 contra 78).

Com o objetivo de cultivar o solo, o agricultor, após retirar a madeira de lei, efetua a queima dos troncos e galhos, aumentando ainda mais a quantidade de fragmentos.

Como a queimada é realizada no final da estação seca, com o início das chuvas os fragmentos se decompõem mais intensamente e seus produtos se misturam ao solo juntamente com os minerais contidos nas cinzas.

4.2.1.2. Cultivado por 1 Ano

O solo sob cultivo apresenta condições propícias à decomposição dos resíduos vegetais e ao transporte dos compostos minerais.

Depois de 1 ano de cultivo, grande parte dos troncos e galhos remanescentes após a queima sofreram intensa decomposição.

Na área aqui utilizada, ao invés da queima dos troncos mais grossos (mais de 80cm de circunferência) os mesmos haviam sido dispostos em fileiras de modo a ocuparem as futuras ruas do plantio. Contudo, após 1 ano, a superfície apresentava-se bastante exposta, coberta em menos da metade. Dez por cento da superfície coberta era ocupada pelos troncos, situados nas antigas ruas de plantio, e menos de 40% por galhos da vegetação primária e restos de cultura.

Nesta fase a quantidade de resíduos vegetais sobre o solo é de 3305kg/ha, em peso seco, dos quais 1896 kg/ha correspondem aos galhos remanescentes da vegetação primária, 665kg a folhas secas, caulículos e radículas provenientes da última cultura instalada, e 744kg a fragmentos vegetais.

Os fragmentos vegetais incluem pedaços de caulículos e folhas - estas oriundas da última cultura -, de galhos da vegetação primária, de raízes e de carvão, além de uma porção indiferenciada que corresponde a 20% do peso total dos fragmentos.

A maior parte dos fragmentos que podem ser diferenciados é de galhos (342kg/ha) e de folhas (136kg/ha). A quantidade de carvão proveniente da queima de vegetação primária é de 97kg/ha, consistindo em uma quantidade mais baixa do que se esperaria, o que se deve porém ao fato do encoivramento não haver sido feito de forma dispersa como nas demais áreas.

A maior quantidade de C está contida nos galhos (664kg/ha). Quantidades idênticas deste elemento estão contidas nos restos de cultura (209kg/ha) e nos fragmentos (216kg/ha).

Embora os galhos contenham mais N que os restos de cultura e os fragmentos, estes dois componentes possuem em relação C/N mais baixa indicando que, relativamente, a quantidade de N é maior nestes componentes.

4.2.1.3. Cultivado por 5 Anos

Depois de 5 anos de cultivo ainda se encontram sobre o solo galhos da vegetação primária, embora em quantidade de bastante reduzida.

Os fragmentos, que também são encontrados, incluem pedaços de folhas, galhos e carvão, além de uma parte indiferenciada.

Os fragmentos de folhas provem da vegetação secundária, composta principalmente de gramíneas, que permanentemente invade a área requisitando do agricultor capinas constantes. Os fragmentos de galhos e carvão provem da vegetação primária.

Nesta fase quantificou-se em peso seco, 500kg/ha de galhos e 1037kg/ha de fragmentos. Dentre os fragmentos de origem reconhecível estavam em maior quantidade os de folhas (350kg/ha) e os de carvão (232kg/ha). Os fragmentos indiferenciados correspondiam a 40% do total dos fragmentos.

A quantidade de C encontrada nos componentes segue a mesma ordem dos seus pesos, contudo, os fragmentos possuem conteúdos relativamente menores desse elemento que os galhos.

Os galhos e os fragmentos embora contendo quantidades de C proporcionais aos seus pesos possuem relação C/N diferentes. Nos galhos esta relação é maior (56) que nos fragmentos (41).

4.2.1.4. Pousio de 3 Anos Após 2 Anos de Cultivo

Com o pousio o desenvolvimento da vegetação secundária não é interrompida e, em consequência, aumenta a quantidade de resíduos vegetais depositados na superfície.

Dentre estes resíduos encontram-se, nas áreas em pousio, folhas da vegetação secundária, galhos da vegetação primária e da vegetação secundária e fragmentos diversos.

Os fragmentos incluem pedaços de folhas, galhos e carvão, além da parte indiferenciável.

Nesta fase encontrou-se, em peso seco, 5751kg/ha de folhas, 493kg/ha de galhos da vegetação primária, 5327kg/ha de galhos da vegetação secundária e 1857kg/ha de fragmentos.

Entre os fragmentos diferenciáveis, ocorriam em maior quantidade os de folhas (886kg/ha) e em menor quantidade os de carvão (138kg/ha) e os de galhos (52kg/ha). Os fragmentos indiferenciados correspondiam a 42% do total de fragmentos.

A maior parte do C e do N concentram-se nas folhas e nos galhos, respectivamente 88 e 83% do total.

A relação C/N é menor nas folhas e nos fragmentos, respectivamente 24 e 26, e maior nos galhos, especialmente nos galhos da vegetação primária que é 143. Nos galhos da vegetação secundária esta relação é de 70.

4.2.2. Solo

Conforme já foi discutido (item 4.1.2), o solo do ecossistema natural não é homogêneo, apresentando variações que certamente interagem com os efeitos da alteração do ecossistema. Por este motivo, se procederá a comparação das características do solo nas diversas fases de alteração levando em conta as variações no ecossistema natural. Para tanto, depois de caracterizados os pedons representativos de cada fase será feita a comparação entre as condições de cada um deles com as do pedon do ecossistema natural selecionado para lhe servir de padrão. A escolha do padrão foi feita com base na textura obtida através do tato durante a descrição morfológica, complementada pelos dados de granulometria do horizonte A através da análise granulométrica.

Os pedons das fases recém queimado, cultivado por 5 anos e pousio de 3 anos após 2 anos de cultivo possuem texturas semelhantes a do pedon bem drenado: areia franca ou franco arenosa no horizonte A e franco arenosa no horizonte B. O pedon da fase cultivado por 1 ano possui textura franco argilo arenosa no horizonte A e argilo arenosa a argilosa no horizonte B, mais semelhante portanto, a do pedon imperfeitamente drenado do ecossistema natural (Tabela 6).

Na Figura 17 consta a variação percentual das frações granulométricas nas classes de 0-50, 50-200, 200-2000 μm e o grau de floculação do horizonte A no ecossistema natural e no ecossistema alterado, obtido a partir dos dados da Tabela 8. Observa-se através da figura citada que a semelhança entre o pedon da fase recém queimado e o pedon bem drenado do ecossistema natural ocorre nas três classes de frações. Por outro lado, os pedons das fases cultivado por 5 anos e pousio de 3 anos se assemelham ao pedon bem drenado na classe de 0-50 μm e ao pedon imperfeitamente drenado na classe de 200-2000 μm ; contudo, com relação a fração 0-50 μm se aproximam mais ao pedon moderadamente que ao imperfeitamente drenado. Já o pedon da fase cultivado por 1 ano é idêntico ao pedon moderadamente drenado na fração de 50-200 μm enquanto na fração de 0-50 μm está mais próximo do pedon imperfeitamente drenado, ainda que com maior quantidade.

Considerando-se a separação da fração 0-50 μm em frações de 0-2 e 2-50 μm (Figura 17) observa-se que os teores da fração 2-50 μm são baixos e semelhantes enquanto os teores da fração 0-2 μm revelam que o pedon da fase cultivado por 1 ano apresenta maior teor desta fração que os demais.

Quanto ao grau de floculação do horizonte A verifica-se que existe variações entre os pedons do ecossistema natural: o pedon bem drenado possui maior grau de floculação (54) que os pedons imperfeitamente (48) e moderadamente (36) drenados. Muito embora não haja modificação neste parâmetro na área recém queimada (53), ele decresce sensivelmente nas áreas cultivada por 1 e 5 anos (30 e 22 respectivamente). Na área onde o cultivo foi interrompido e esteve em pousio por 3 anos o grau de floculação é 41, equiparável portanto ao do ecossistema natural.

TABELA 8. Distribuição percentual das frações granulométricas nas classes 200-2000 μm , 50-200 μm , 2-50 μm , 0-2 μm e grau de floculação do horizonte A do solo sob diferentes condições de ecossistema.

Pedon	Fração Granulométrica (μm)				0-50 (μm)		Grau de Flo -
					2-50 (1)	0-2 (1)	culação (1)
	200-2000	50-200	0-50				
			%				
		ECOSSISTEMA	NATURAL				
Imperfeitamente drenado	42	31	27	17	10		48
Moderadamente drenado	46	29	25	14	11		36
Bem drenado	34	46	20	14	6		54
		ECOSSISTEMA	ALTERADO				
Recém-queimado	34	45	21	14	7		53
Cultivado por 1 ano	37	27	36	16	20		30
Cultivado por 5 anos	42	36	22	10	12		22
Pousio de 3 anos	43	36	21	11	10		41

(1) Valores calculados para a amostra composta do horizonte A a partir da média ponderada (em relação a profundidade) dos valores contidos nas tabelas A1 e A2 (apêndice, páginas 204 e 205).

Figura 17. Distribuição percentual das frações granulométricas nas classes de 0-50 μm (subdividida em 0-2 e 2-50 μm), 50-200 μm , 200-2000 μm e grau de floculação do horizonte A no ecossistema natural e no ecossistema alterado.

Tabela 9 - Teores de carbono e nitrogênio totais, relação C/N, valores de - pH em água e KCl - e Δ pH do solo no ecossistema alterado.

Horizonte	Profundidade (cm)	C (%)	N (%)	C/N	pH		
					H ₂ O	KCl	Δ
RECÉM QUEIMADO							
A ₁₁	0 - 1	2,80	0,262	10,7	7,20	6,90	- 0,30
A ₁₁	1 - 4	1,64	0,150	10,9	6,70	6,15	- 0,55
A ₁₂	4 - 10	0,90	0,098	9,4	5,00	4,10	- 0,90
A ₃	10 - 20	0,58	0,063	9,2	4,55	3,90	- 0,60
B ₁₁	20 - 32	0,39	0,040	9,8	4,65	4,00	- 0,65
B ₁₂	32 - 64	0,29	0,034	8,5	4,75	4,30	- 0,45
B ₂₁	64 - 85	0,27	0,029	9,3	4,70	3,90	- 0,80
B ₂₂	85 - 100	0,21	0,022	9,5	4,90	3,90	- 1,00
CULTIVADO POR 1 ANO							
A ₁₁	0 - 2	1,77	0,181	9,8	6,15	5,55	- 0,60
A ₁₁	2 - 6	1,46	0,155	9,4	5,95	5,40	- 0,55
A ₁₂	6 - 15	0,70	0,080	8,0	5,80	4,80	- 1,00
A ₃	15 - 25	0,52	0,064	8,1	5,00	4,25	- 0,75
B ₁₁	25 - 35	0,39	0,040	9,8	5,00	4,20	- 0,80
B ₁₂	35 - 75	0,37	0,043	8,6	5,10	4,35	- 0,75
B ₂	75 - 100	0,23	0,036	6,4	5,20	4,75	- 0,45
CULTIVADO POR 5 ANOS							
A ₁	0 - 7	0,89	0,082	10,8	5,75	4,95	- 0,80
A ₃	7 - 17	0,59	0,059	10,0	5,85	4,90	- 0,95
B ₁₁	17 - 32	0,36	0,036	10,0	4,80	4,05	- 0,75
B ₁₂	32 - 45	0,30	0,034	8,8	4,70	3,95	- 0,75
B ₁₃	45 - 70	0,24	0,021	11,4	4,55	3,95	- 0,60
B ₂₁	70 - 95	0,21	0,016	13,1	4,60	3,95	- 0,65
B ₂₂	95 - 100	0,20	0,019	10,5	4,70	4,00	- 0,70
POUSIO DE 3 ANOS APÓS 2 DE CULTIVO							
A ₁₁	0 - 2	1,99	0,162	12,3	5,70	4,90	- 0,80
A ₁₂	2 - 7	1,06	0,095	11,2	5,10	4,20	- 0,90
A ₃	7 - 20	0,72	0,067	10,8	4,90	4,15	- 0,75
B ₁₁	20 - 30	0,63	0,044	12,0	4,85	3,95	- 0,90
B ₁₂	30 - 40	0,45	0,037	12,4	4,65	4,05	- 0,60
B ₁₃	40 - 55	0,36	0,033	10,6	4,85	4,10	- 0,75
B ₂₁	55 - 75	0,26	0,021	11,9	4,75	4,05	- 0,70
B ₂₂	75 - 100	0,21	0,024	8,8	4,60	4,00	- 0,60

Em que pesem as variações na granulometria, se pode estabelecer, com base principalmente na quantidade das frações mais finas (silte mais argila), certa semelhança entre cada um dos pedons correspondentes às quatro fases do ecossistema alterado e um ou mais pedons do ecossistema natural. Assim, a escolha dos padrões foi estabelecida como segue: pedon imperfeitamente drenado como padrão do pedon referente a fase cultivada por 1 ano, pedon bem drenado como padrão do pedon da fase recém queimado; pedons bem e moderadamente drenados como padrões dos pedons referentes as fases cultivado por 5 anos e pousio de 3 anos. Sempre que possível são feitas comparações considerando-se as três classes de drenagem do solo no ecossistema natural.

4.2.2.1. Recém Queimado

Na Tabela 9 encontram-se os teores de C, N e a relação C/N do solo após a queimada e nas demais fases do ecossistema alterado e na Tabela 10 o conteúdo de C e N até 100 cm de profundidade do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado.

Tabela 10. Conteúdo de carbono e nitrogênio até 100cm de profundidade do solo. Ecossistema natural: N₁ - Imperfeitamente drenado; N₂ - Moderadamente drenado; N₃ - Bem drenado. Ecossistema alterado: Q - recém-queimado; A - cultivado 1 ano; I - cultivado 5 anos; P - pousio de 3 anos (após 2 anos de cultivo).

ELEMENTO	NATURAL			ALTERADO			
	N ₁	N ₂	N ₃	Q	A	I	P
	Kg/m ²						
Carbono	6,29	6,84	6,58	6,33	6,74	5,65	6,50
Nitrogenio	0,67	0,58	0,65	0,68	0,81	0,53	0,59

4.2.2.1.1. Carbono e Nitrogênio

O teor de C é bem mais elevado na superfície que em profundidade. O horizonte superficial (A_{11} , 0-4cm) apresenta um valor maior que 1,64% e sua parte superior, de 1cm de espesura, mais rica em resíduos vegetais, possui 2,80% de C total (Tabela 9).

Nos horizontes seguintes (A_{12} e A_3) e o teor de C diminui sensivelmente para 0,90 e 0,58 (respectivamente) e daí em diante diminui gradualmente até o valor de 0,21% no horizonte B_{22} a 85-100cm de profundidade.

A quantidade de C armazenada até 100cm é de 6,33 Kg/ha enquanto no pedon correspondente do ecossistema natural, o bem drenado, é 6,58Kg/ha (Tabela 10).

O teor de N também é mais elevado no horizonte superficial (superior a 0,150% no A_{11}) especialmente na parte superior (0,262%), devido a maior quantidade de resíduos vegetais (Tabela 9).

Nos horizontes A_{12} e A_3 , diminui para 0,098 e 0,063%, respectivamente, e daí em diante o decréscimo é gradual até atingir o valor de 0,022% no horizonte B_{22} .

A quantidade de N armazenada até 100cm é de 0,679Kg/m², aproximada a encontrada no pedon bem drenado do ecossistema natural (0,651Kg/m²).

A relação C/N também apresenta valores mais elevados na superfície. No horizonte A_{11} está em torno de 10,8 e nos demais é pouco variável em torno do valor $9,28 \pm 0,44$ (Tabela 8), não diferindo substancialmente da encontrada no ecossistema na

tural, no pedon bem drenado (Tabela 3).

4.2.2.1.2. pH

A Tabela 9 contém os valores de pH tanto na fase recém queimado como nas demais fases de alteração do ecossistema.

Na fase recém queimado também o pH do horizonte superficial apresenta-se bastante alterado em consequência da incorporação das cinzas, ricas em bases, provenientes da queimada. O primeiro centímetro do horizonte A_{11} possui um valor de pH em H_2O de 7,20 e o restante do horizonte 6,7. Estes valores são consideravelmente mais elevados que os encontrados no ecossistema natural, especialmente os do pedon bem drenado (Tabela 3).

A partir do horizonte A_{12} ocorre um decréscimo de 2 unidades. Deste horizonte até o horizonte B_{22} os valores de pH em H_2O oscilam em torno de $4,75 \pm 0,20$ ainda mais elevados que os do pedon bem drenado do ecossistema natural.

O padrão de distribuição dos valores de pH em KCl é idêntico ao do pH em H_2O , porém há diferenças na magnitude de variação dos valores do ΔpH . Estes são menos negativos na superfície e há tendência de aumento ao nível do horizonte A_{12} . A partir daí torna a decrescer até o horizonte B_{12} (32-64cm) passando a aumentar daí até o horizonte B_{22} (85-100 $\pm$ cm) (Tabela 9).

4.2.2.1.3. Complexo de Troca Iônica

Na Tabela 11 encontram-se os dados referentes ao complexo de troca iônica do ecossistema alterado.

O complexo de troca iônica na fase recém queimado

Tabela 11 - Cátions trocáveis, soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (T) e valor de saturação em bases (V%) do solo no ecossistema alterado.

Hori- zonte	Profundi- dade (cm)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹	K ^{%1}	S	H ⁺¹	Al ⁺³	T	V%
		emg/100g solo				emg/100g solo	emg/100g solo	emg/100g solo		
RECÉM QUEIMADO										
A ₁₁	0 - 1	5,14	2,21	0,61	1,01	8,97	0,23	0,02	9,22	97
A ₁₁	1 - 4	3,02	0,83	0,14	0,37	4,36	0,22	0,02	4,60	95
A ₁₂	4 - 10	0,69	0,29	0,05	0,12	1,15	0,25	0,03	1,43	80
A ₃	10 - 20	0,21	0,11	0,06	0,16	0,54	0,77	0,19	1,50	36
B ₁₁	20 - 32	0,07	0,05	0,06	0,12	0,30	0,78	0,28	1,36	22
B ₁₂	32 - 64	0,10	0,06	0,03	0,05	0,24	0,80	0,28	1,32	18
B ₂₁	64 - 85	0,08	0,07	0,04	0,07	0,26	0,94	0,34	1,54	17
B ₂₂	85 - 100	0,06	0,10	0,02	0,01	0,19	1,02	0,31	1,49	13
CULTIVADO POR 1 ANO										
A ₁₁	0 - 2	4,38	0,91	0,04	0,48	5,81	0,26	0,04	6,11	95
A ₁₁	2 - 6	3,81	0,60	0,03	0,28	4,72	0,25	0,04	5,01	94
A ₁₂	6 - 15	1,79	0,52	0,02	0,08	2,41	0,25	0,04	2,70	89
A ₃	15 - 25	1,22	0,23	0,02	0,13	1,60	0,30	0,20	2,10	76
B ₁₁	25 - 35	0,37	0,13	0,02	0,13	0,65	0,38	0,23	1,26	52
B ₁₂	35 - 75	0,59	0,20	0,02	0,06	0,87	0,30	0,14	1,31	66
B ₂	75 - 100	0,63	0,42	0,02	0,06	1,13	0,25	0,02	1,40	81
CULTIVADO POR 5 ANOS										
A ₁	0 - 7	2,01	0,28	0,03	0,08	2,40	0,21	0,02	2,63	91
A ₃	7 - 17	1,64	0,12	0,02	0,02	1,80	0,26	0,04	2,10	86
B ₁₁	17 - 32	0,20	0,02	0,02	0,02	0,26	0,78	0,34	1,38	19
B ₁₂	32 - 45	0,05	0,01	0,02	0,02	0,10	0,72	0,37	1,19	8
B ₁₃	45 - 70	0,04	0,01	0,02	0,01	0,08	0,83	0,39	1,30	6
B ₂₁	70 - 95	0,05	0,02	0,02	0,01	0,10	0,81	0,53	1,40	7
B ₂₂	95 - 100	0,04	0,02	0,02	0,01	0,09	0,98	0,52	1,59	6
POUSIO DE 3 ANOS APÓS 2 ANOS DE CULTIVO										
A ₁₁	0 - 2	2,70	0,71	0,08	0,43	3,92	0,24	0,04	4,20	93
A ₁₂	2 - 7	1,43	0,25	0,03	0,09	1,80	0,42	0,18	2,40	75
A ₃	7 - 20	1,03	0,12	0,02	0,04	1,21	0,47	0,24	1,92	63
B ₁₁	20 - 30	0,37	0,07	0,02	0,02	0,48	0,65	0,40	1,53	31
B ₁₂	30 - 40	0,18	0,06	0,02	0,02	0,28	0,72	0,53	1,53	18
B ₁₃	40 - 55	0,19	0,05	0,02	0,01	0,27	0,74	0,45	1,46	18
B ₂₁	55 - 75	0,10	0,04	0,02	0,01	0,17	0,64	0,44	1,26	14
B ₂₂	75 - 100	0,07	0,03	0,02	0,01	0,13	0,57	0,46	1,16	11

ainda acha-se influenciado pela matéria orgânica, contudo há também um efeito marcante das cinzas incorporadas no solo, especialmente nos horizontes superficiais.

Os teores de bases trocáveis são muito mais elevados no horizonte A_{11} . Calculando-se a média ponderada - em função da espessura das camadas onde foram coletadas as amostras que representam este horizonte - obtém-se um valor de 5,51 emg de bases por 100g de solo. A partir do horizonte A_{12} a soma de bases decresce progressivamente de um valor de 1,15 para 0,19 emg/100g de solo no horizonte B_{22} .

Com os teores de H + Al trocáveis ocorre o inverso: os valores são mais baixos nos horizontes A_{11} (0,24 emg/100g) e A_{12} (0,28 emg/100g) que nos demais horizontes. Contudo os aumentos a partir do horizonte A_3 até o horizonte B_{22} são graduais.

Em decorrência da distribuição nos teores de cátions trocáveis, o valor T é bem mais elevado no horizonte A_{11} (5,76 emg/100g - média ponderada), além de fortemente influenciado pelas bases. Por outro lado, a partir do horizonte A_{12} está em torno de $1,44 \pm 0,09$ emg/100g (média aritmética) e é mais influenciado pelo H e Al trocáveis, especialmente por este último.

O balanço entre a soma das bases e a soma do H+Al trocáveis acarreta a ocorrência de valores V elevados nos horizontes A_{11} (96%, média ponderada) e A_{12} (80%), muito embora neste último o valor T seja bem mais baixo (1,43 emg/100g) que naquele (5,76 emg/100g). Nos demais horizontes, onde os valores de T também são equiparáveis ao do horizonte A_{12} , os valores de

V decrescem progressivamente de 36%, no horizonte A_3 , até 13%, no horizonte B_{22} .

Em comparação ao ecossistema natural, o complexo de troca iônica do pedon na fase recém queimado possui mais bases e menos H + Al trocáveis no horizonte A_{11} (0-4cm) que os três pedons do ecossistema natural. No horizonte B os valores S e V são superiores aos do pedon bem drenado; idênticos aos do pedon moderadamente drenado e inferiores aos pedon imperfeitamente drenado.

Comparando-se os dados apresentados com os do pedon correspondente no ecossistema natural, verifica-se que o horizonte A_{11} do solo nesta fase possui 1,54 emg/100g a mais de bases, o que, em termos relativos é menos que os 0,17 emg/100 g de aumento encontrado no horizonte A_{12} em diante. Quanto ao teor de H + Al trocáveis, embora não haja grande variação, em termos absolutos, nos decrêscimos, em termos relativos, a redução é maior nos horizontes A_{11} e A_{12} . Em consequência, o valor T aumenta em termos absolutos cerca de 1,2 emg/100g, no horizonte A_{11} e diminui discretamente no horizonte A_{12} . Em termos relativos, tanto o aumento no horizonte A_{11} quanto a diminuição nos demais horizontes não são acentuados. Portanto, o fato do valor S ser mais elevado - especialmente no horizonte A_{11} - e o teor de H + Al trocáveis mais baixo - principalmente no horizonte A_{12} - indica que os efeitos da mudança de pH se refletem imediatamente sobre o complexo de troca iônica.

4.2.2.1.4. Densidade e Porosidade

A Tabela 12 contém os dados referentes a textura,

Tabela 12 - Classes de textura e valores de densidade e porosidade do solo no ecosistema alterado.

Horizonte	Profundidade (cm)	Textura (U.S.D.A)	Densidade (g/cm ³)		Porosidade (cm ³ /cm ³)
			Partículas Global		
RECÉM QUEIMADO					
A ₁₁	0 - 1	Areia	2,64	1,06	0,60
A ₁₁	1 - 4	Areia	2,68	1,22	0,54
A ₁₂	4 - 10	Areia franca	2,72	1,42	0,48
A ₃	10 - 20	Franco arenosa	2,75	1,58	0,42
B ₁₁	20 - 32	Franco argilo arenosa	2,75	1,70	0,38
B ₁₂	32 - 64	Franco argilo arenosa	2,76	1,65	0,40
B ₂₁	64 - 85	Franco argilo arenosa	2,79	1,62	0,42
B ₂₂	85 - 100	Franco argilo arenosa	2,77	1,60	0,42
CULTIVADO POR 1 ANO					
A ₁₁	0 - 2	Franco argilo arenosa	2,69	1,16	0,57
A ₁₁	2 - 6	Franco argilo arenosa	2,70	1,20	0,56
A ₁₂	6 - 15	Franco argilo arenosa	2,73	1,62	0,41
A ₃	15 - 25	Franco argilo arenosa	2,77	1,62	0,42
B ₁₁	25 - 35	Argilo arenosa	2,78	1,66	0,40
B ₁₂	35 - 75	Argilo arenosa	2,77	1,52	0,45
B ₂	75 - 100	Argilo arenosa	2,79	1,51	0,46
CULTIVADO POR 5 ANOS					
A ₁	0 - 7	Areia franca	2,71	1,58	0,42
A ₃	7 - 17	Franco arenosa	2,75	1,74	0,37
B ₁₁	17 - 32	Franco argilo arenosa	2,76	1,74	0,37
B ₁₂	32 - 45	Franco argilo arenosa	2,78	1,73	0,38
B ₁₃	45 - 70	Franco argilo arenosa	2,77	1,66	0,40
B ₂₁	70 - 95	Franco argilo arenosa	2,74	1,65	0,40
B ₂₂	95 - 100	Franco argilo arenosa	2,75	1,65	0,40
POUSIO DE 3 ANOS APÓS 2 ANOS DE CULTIVO					
A ₁₁	0 - 2	Areia franca	2,64	1,09	0,59
A ₁₂	2 - 7	Franco arenosa	2,72	1,46	0,47
A ₃	7 - 20	Franco argilo arenosa	2,75	1,56	0,43
B ₁₁	20 - 30	Franco argilo arenosa	2,89	1,56	0,46
B ₁₂	30 - 40	Franco argilo arenosa	2,97	1,56	0,48
B ₁₃	40 - 55	Franco argilo arenosa	2,84	1,45	0,49
B ₂₁	55 - 75	Franco argilo arenosa	2,82	1,45	0,49
B ₂₂	75 - 100	Franco argilo arenosa	2,81	1,53	0,46

densidade e porosidade do ecossistema alterado.

Na fase recém queimado a densidade de partículas é ligeiramente mais baixa no horizonte A_{11} ($2,68 \text{ g/cm}^3$), especialmente na parte superior ($2,64 \text{ g/cm}^3$) devido ao conteúdo de matéria orgânica ser maior neste horizonte, contudo não se afasta muito do valor médio calculado entre todos os horizontes ($2,73 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$) (Tabela 6). Em comparação ao pedon correspondente no ecossistema natural estes valores são mais baixos.

A densidade do solo é nitidamente mais baixa no horizonte A_{11} ($1,22 \text{ g/cm}^3$) igualmente influenciada pelo mais elevado teor de matéria orgânica. No horizonte A_{12} ainda é ligeiramente menor ($1,42 \text{ g/cm}^3$) que nos demais horizontes os quais variam em torno de $1,63 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ (Tabela 6).

Quanto a porosidade, se observa a ocorrência de valores mais elevado nos horizontes A_{11} e A_{12} , os quais correspondem a um valor médio ponderado - em relação a espessura - de $0,51 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. A partir do horizonte A_3 os valores da porosidade estão em torno de $0,41 \pm 0,02 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. No pedon bem drenado do ecossistema natural o horizonte A_{11} tem uma porosidade de $0,61 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ (Tabela 6), enquanto nos demais está em torno de $0,45 \pm 0,02 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$, portanto mais elevados que os do pedon da fase recém queimado.

4.2.2.2. Cultivado por 1 Ano

Em comparação ao ecossistema natural observa-se diferenças mais acentuadas na quantidade de N armazenada (Tabela 10), no pH (Tabela 9), nos cátions trocáveis e no valor V% (Tabela 11).

4.2.2.2.1. Carbono e Nitrogênio

Nesta fase o teor de C continua mais elevado na superfície embora em um nível mais baixo do que no pedon imperfeitamente drenado do ecossistema natural. O horizonte A_{11} possui 1,77% de C na parte superior (0-2cm) e 1,64% na inferior (2-6cm), enquanto a A_{12} (6-15cm) 0,70%. A partir do horizonte A_3 (15-25cm) o teor desse elemento decresce de 0,52 a 0,23% no horizonte B_2 (75-100⁺ cm) (Tabela 11).

A quantidade de C armazenada de 0 a 100 cm é de 6,74 Kg/m², superior a encontrada no pedon imperfeitamente drenado (6,29 Kg/m²) que lhe é adjacente e serve de padrão. Isto se deve a uma maior acumulação desse elemento na faixa de 20-100cm do perfil na fase de 1 ano de cultivo. Observa-se todavia que nos dez primeiros centímetros houve uma diminuição de 0,24 Kg/m² de C em relação ao pedon citado (Tabela 14).

Após um ano de cultivo os teores de N do solo são, na maioria dos horizontes, superiores aos do ecossistema natural, resultando uma quantidade armazenada até 100cm de profundidade também maior (0,81 contra 0,67 Kg/m² no perfil imperfeitamente drenado) (Tabela 10). Contudo deve-se considerar que o pedon representativo desta fase possui teores mais elevados de partículas finas que o do ecossistema natural (Tabela 8).

Do mesmo modo que o pedon do ecossistema natural que lhe é correspondente, a relação C/N é mais elevada na superfície do solo cultivado por 1 ano, contudo os valores são mais baixos. A partir do horizonte A_{12} a média aritmética é de $8,18 \pm 1,23$, enquanto no pedon imperfeitamente drenado do ecossistema natural até 100cm é $9,07 \pm 1,27$.

A ocorrência de valores relativamente menores de relação C/N nesta fase em comparação ao ecossistema natural é consequência do maior teor de N (Tabelas 3 e 9).

4.2.2.2.2. pH

Em relação ao ecossistema natural o pH ainda permanece elevado após 1 ano de cultivo. No horizonte A_{11} é 6,00, em água, e 5,45 em KCl, enquanto no horizonte A_{12} é 5,80 e 4,80 (Tabela 9).

A partir do horizonte A_3 os valores de pH oscilam em torno de $5,10 \pm 0,10$, em água, e $4,40 \pm 0,25$ em KCl, acusando, portanto, valores mais elevados na superfície que em profundidade, ao contrário do solo no ecossistema natural (Tabelas 3 e 9). Isto se deve a permanência dos efeitos causados pelas bases contidas nas cinzas incorporadas após a queimada.

Os valores de pH aumentam até o horizonte A_{12} e decrescem daí em diante (Tabela 9), configurando um padrão contrário ao do ecossistema natural que diminui até o horizonte A_3 e aumenta a partir do horizonte B (Tabela 3).

4.2.2.2.3. Complexo de Troca Iônica

Os valores de S, do mesmo modo que no ecossistema natural, são mais elevados na superfície que em profundidade. Contudo os valores são maiores no pedon representativo de 1 ano de cultivo, especialmente em profundidade.

Os valores de T também são mais elevado, todavia a diferença encontrada em profundidade é menor que a verificada com as dos valores de S.

A ocorrência de valor T maior no horizonte A em comparação ao do ecossistema natural se deve à liberação de cargas dependentes do pH.

Os valores de V são maiores tanto na superfície e como em profundidade sendo que as maiores diferenças ocorrem em nos horizontes compreendidos entre 6 - 50cm. O valor médio de V entre estes horizontes é de 71% (Tabela 11), bem mais elevado que os do pedon correspondente no ecossistema natural onde este valor é de 23% (Tabela 5).

Os aumentos verificados no valor V provavelmente são decorrentes ainda da adição das bases na fase recém queimado e cuja a remoção não é facilitada nesta condição de drenagem.

A diminuição do teor de H + Al trocáveis se dá em consequência da adição das bases, contudo na superfície a ausência da acidez causada pela decomposição da liteira também contribui para isto.

4.2.2.2.4. Densidade e Porosidade

A densidade de partículas é pouco variável. A média entre os horizontes é de $2,75 \pm 0,04 \text{g/cm}^3$ (Tabela 12), ligeiramente maior que a do pedon imperfeitamente drenado do ecossistema natural (Tabela 6).

A densidade do solo é semelhante a obtida no ecossistema natural - pedon imperfeitamente drenado - em profundidade, o mesmo não acontecendo na parte superior do perfil. O horizonte A_1 (0-15cm) possui valores de densidade do solo maiores (Tabelas 6 e 12).

Com relação a porosidade total também ocorrem variações: apresenta-se maior que no ecossistema natural na parte superior do horizonte A_{11} (0-2cm) e nos horizontes B_{12} e B_2 . No horizonte A_{12} embora tenha havido um aumento de densidade do solo não ocorreu uma maior diminuição na porosidade devido ao fato da densidade de partículas ser maior que a do ecossistema natural.

4.2.2.3. Cultivado por 5 Anos

Nesta fase, embora persistam mudanças ocorridas no pH, as diferenças mais acentuadas são no teor de C (Tabela 9), na densidade global, na porosidade (Tabela 12), na soma de bases e consequentemente no valor V (Tabela 11).

4.3.2.3.1. Carbono e Nitrogênio

Após 5 anos de cultivo os teores de C são nitidamente mais baixos que os encontrados no ecossistema natural. Até a profundidade de 100cm existe armazenado $5,65 \text{ Kg/m}^2$ de C enquanto no pedon moderadamente drenado do ecossistema natural é de $6,84 \text{ Kg/m}^2$. Mesmo nos pedons correspondentes as clas-

ses bem e imperfeitamente drenados do ecossistema natural, cujas quantidades de C armazenada são menores que a do pedon moderadamente drenado (respectivamente 6,58 e 6,29kg/m² até 100 cm) ainda assim são consideravelmente mais elevadas que no pedon desta fase.

A quantidade de N armazenada também é inferior a do ecossistema natural, porém, não tanto quanto a de C. Até 100cm existem armazenados nesta fase 0,53kg/m². No ecossistema natural a menor quantidade encontrada até a referida profundidade foi no pedon moderadamente drenado: 0,58kg/m².

A relação C/N é de 10,8 no horizonte A₁ (0-7cm) e está em torno de 10,6[±] 1,47 no horizonte B. Já no pedon bem drenado do ecossistema natural, os horizontes A₁₁ e A₁₂ possuem relação C/N de 11,9 e 10,1, respectivamente, enquanto no horizonte B está em torno de 9,78[±] 0,97.

4.2.2.3.2. pH

Mesmo após 5 anos de cultivo o pH continua mais elevado na superfície (horizonte A) que no ecossistema natural. Nos horizontes A₁ e A₃ os valores de pH são praticamente os mesmos: 5,80 em água e 4,90 em KCl. Nestes mesmos horizontes do ecossistema natural os valores mais altos encontrados foram 4,90 em água e 4,05 em KCl. No horizonte B o pH tanto em água como em KCl é, quando menos, igual ao do ecossistema natural.

Assim como no ecossistema natural, depois de 5 anos de cultivo os valores de pH dos diversos horizontes são pouco variáveis e seu padrão, semelhante: decresce com a profundidade até certo ponto para tender a aumentar em seguida.

4.2.2.3.3. Complexo de Troca Iônica

Em relação ao pedon bem drenado do ecossistema natural o pedon desta fase possui mais bases trocáveis tanto no horizonte A (2,04 contra 1,27 emg/100g, médias ponderadas em função da espessura dos subhorizontes) quanto no horizonte B ($0,13 \pm 0,08$ contra $0,07 \pm 0,01$ emg/100g, médias aritméticas entre os subhorizontes até a profundidade de 100cm). Já em relação ao pedon moderadamente drenado embora o teor de bases seja maior no horizonte A, é menor no horizonte B.

Com o teor de H + Al trocáveis ocorre o inverso no horizonte A: no ecossistema natural, principalmente no pedon moderadamente drenado, os valores são maiores que no pedon da fase de 5 anos de cultivo (1,29 contra 0,27 emg/100g, médias ponderadas em função da espessura dos subhorizontes até 100cm de profundidade).

Em consequência, o valor V é maior no horizonte A do pedon desta fase (91 e 86% respectivamente aos horizontes A_1 e A_3) que no pedon bem (86, 50 e 21% respectivamente aos horizontes A_{11} , A_{12} e A_3) e moderadamente drenado (68, 28 e 13% respectivamente aos horizontes A_{11} , A_{12} e A_3) do ecossistema natural. No horizonte B os valores de V são mais

elevados que no pedon bem drenado que lhe serve de padrão (9 contra 3%, média aritmética até 100cm) porém são menores que no pedon moderadamente drenado (17%).

4.2.2.3.4. Densidade e Porosidade

A densidade de partículas é cerca de $0,70\text{g/cm}^3$ mais baixa que no pedon moderadamente drenado e fica, em termos médios ($2,75 \pm 0,02\text{g/cm}^3$), em posição intermediária entre os pedons das duas outras classes de drenagem do ecossistema natural.

Quanto a densidade do solo, tanto o horizonte A quanto o horizonte B possuem valores consideravelmente mais elevados que os do ecossistema natural. No horizonte A_1 é $1,58\text{g/cm}^3$, do horizonte A_3 ao B_{12} (32-45cm) permanece em $1,74\text{g/cm}^3$, diminuindo para $1,65\text{g/cm}^3$ nos horizontes B_{13} (45-70cm), B_{21} (70-95cm) e B_{22} (95-100⁺cm). No ecossistema natural a densidade global no horizonte A_1 é sempre inferior a $1,54\text{g/cm}^3$ e no horizonte B a $1,65\text{g/cm}^3$.

A porosidade total é $0,42\text{cm}^3/\text{cm}^3$ no horizonte A_1 e varia em torno de $0,39 \pm 0,02\text{cm}^3/\text{cm}^3$ nos demais horizontes. Portanto, os valores de porosidade do solo são menores que os do ecossistema natural onde os valores são superiores a $0,46\text{g/cm}^3$ no horizonte A_1 e estão em torno de $0,44 \pm 0,02\text{cm}^3/\text{cm}^3$ considerando-se a profundidade de 100cm.

4.2.2.4. Pousio de 3 Anos após 2 Anos de Cultivo

Com o pousio de 3 anos após o solo haver sido cultivado durante 2 anos, as características do solo tendem a retornar às condições originais.

4.2.2.4.1. Carbono e Nitrogênio

Nesta fase a quantidade de C armazenada até 100 cm é de $6,50\text{kg/cm}^2$, idêntica a do ecossistema natural, especialmente a do pedon bem drenado ($6,58\text{kg/m}^2$). Contudo, observa-se que há variações na distribuição desse elemento: na faixa de 10-50cm a quantidade é mais elevada sob pousio, havendo uma compensação nas faixas de 0-10 e 50-100cm, onde a quantidade é maior no ecossistema natural (Tabela 14, página 142).

A quantidade de N armazenada é $0,59\text{kg/m}^2$, menor que no pedon bem drenado ($0,65\text{kg/m}^2$) e ligeiramente maior que a do pedon moderadamente drenado do ecossistema natural.

A relação C/N é maior que no ecossistema natural (pedon bem drenado), tanto na superfície como em profundidade. No horizonte A_{11} é 12,3 e no A_{12} , 11,2, enquanto no ecossistema natural (pedon moderadamente drenado) os valores correspondentes são 11,9 e 10,1. A partir do horizonte A_3 os valores oscilam em torno de $11,1 \pm 1,32$, enquanto na profundidade correspondente do ecossistema natural (pedon bem drenado) estão em torno de $9,9 \pm 0,9$.

4.2.2.4.2. pH

Os valores de pH são mais elevados que os do e cossistema natural até o horizonte A_3 , tanto em água como em KCl. No horizonte B os valores de pH são maiores do que os do pedon bem drenado, porém, se equivalem aos dos pedons imperfeitamente e moderadamente drenado.

Os valores de pH são mais negativos que no pe don bem drenado, embora em ambos sejam pouco variáveis, ao con trário do que ocorre nos outros dois pedons do ecossistema na tural onde os valores são mais variáveis e notadamente menores a altura dos horizontes A_{12} e A_3 .

4.2.2.4.3. Complexo de Troca Iônica

O teor de bases, embora decresça progressivamente ao longo do perfil, é maior a partir do horizonte A_{12} que no pedon bem drenado, e se equivale no horizonte B ao pedon moderadamente drenado.

O teor de $H + Al$ é menor, tanto no horizonte A como no horizonte B, que no pedon bem drenado e se equivale ao pedon moderadamente drenado apenas no horizonte B.

Em consequência os valores de V também são mais elevados que os do pedon bem drenado e idênticos aos do ho rizonte B do pedon moderadamente drenado.

Em comparação ao pedon moderadamente drenado, o valor T permanece mais elevado no horizonte A, embora também

não haja diferença no horizonte B.

O valor V , não obstante maior no horizonte A que no ecossistema natural, é menor que o encontrado depois de 5 anos de cultivo. Já no horizonte B o valor V é idêntico ao do ecossistema natural, porém mais elevado que no solo cultivado por 5 anos.

4.2.2.4.4. Densidade e Porosidade

A densidade de partículas está em torno de $2,70 \pm 0,06 \text{ g/cm}^3$ até o horizonte A_3 , aumenta nos dois horizontes seguintes (B_{11} e B_{12}) para 2,89 e $2,97 \text{ g/cm}^3$, respectivamente, e diminui nos demais horizontes para cerca de $2,82 \pm 0,02 \text{ g/cm}^3$. Em relação ao pedon bem drenado estes valores são idênticos na superfície (0-20cm) e na faixa de 40-100cm, sendo mais elevados na faixa de 20-40cm (2,93 contra $2,76 \text{ g/cm}^3$). Em comparação ao pedon moderadamente drenado são encontradas estas mesmas diferenças até 70cm. A partir daí os valores de densidade de partículas nesta fase são menores (2,81 contra $2,93 \text{ g/cm}^3$).

A densidade do solo é em geral semelhante a dos pedons bem e moderadamente drenados nos horizontes A_{11} , A_{12} e A_3 , e é ligeiramente menor no horizonte B, a exceção da faixa 20-40cm onde é semelhante.

Quanto a porosidade, apresenta-se com valores semelhantes aos do pedon bem drenado nos horizontes A_{12} e A_3 e aos do pedon moderadamente drenado nos horizontes A_{11} e

A₃. Em ambos os pedons a porosidade no horizonte B é ligeiramente menor que no solo em pousio.

4.3. Conseqüências da Alteração do Ecossistema

A seguir serão discutidas as alterações que o correm no ecossistema na sequência queimada-cultivo-pousio, com base nos resultados apresentados nos itens 4.1 e 4.2. deste capítulo.

Serão abordadas as mudanças na vegetação, nos resíduos vegetais depositados na superfície e, por fim, as modificações ocorridas no solo, incluindo as alterações micromorfológicas.

4.3.1. Mudanças na Vegetação

O corte e a queimada da vegetação é feito com o objetivo de preparar o solo para o cultivo. Com estas operações se elimina completamente a vegetação primária.

Depois da queimada recomeça novo ciclo silvogenético através da instalação de espécies heliófilas (FLORES - TA, 1982).

Com o cultivo, as permanentes capinas impedem que as espécies pioneiras se instalem. Posteriormente, quando a área de cultivo é abandonada se instala uma vegetação secundária onde é marcante a participação do gênero Cecropia no estrato arbóreo, e das gramíneas no estrato arbustivo, causando uma elevada densidade de espécies, ao contrário da vegetação

primária que se caracteriza por elevada diversidade (DANTAS et alii, 1980).

Após vários anos de cultivo a vegetação que se instala inicialmente é de natureza herbácea, constituída principalmente de espécies das famílias Gramineae e Compositae. Posteriormente se formam núcleos esparsos de Cecropia sp.

Caso não se prolongue o cultivo por muitos anos, há a regeneração da vegetação embora de forma muito mais lenta que se o solo não houvesse sido cultivado (LESCURE, 1978 ; PREVOST, 1981b).

Na regeneração da vegetação das áreas cultivadas as espécies do gênero Cecropia assumem papel muito importante.

Na área em pousio de 3 anos onde o solo havia sido cultivado durante 2 anos, a vegetação secundária se constituía de 4 estratos.

O primeiro estrato, constituído de Cecropia sp, era formado por núcleos dispersos de 4 a 6 árvores com 12 a 15m de altura, cobrindo 40% da superfície.

O segundo estrato, bastante heterogêneo, era formado por árvores de 5 a 10m de altura e correspondia a 30% da superfície.

O terceiro estrato era formado de arbustos que se reuniam em touceiras de 1 a 2m de altura.

O quarto e último estrato, praticamente de natureza herbácea, era formado principalmente de gramíneas com ocorrência de algumas espécies arbóreas ainda nos estágios ini-

ciais de desenvolvimento. Este estrato era exclusivo em relação ao terceiro, correspondia a 40% da superfície e ocorria na forma de núcleos dispersos com 2 a 3 metros de raio.

4.3.2. Mudanças nos Resíduos Vegetais sobre o Solo

Neste item serão discutidos os efeitos da queimada, do cultivo e do pousio sobre os resíduos vegetais depositados sobre a superfície.

4.3.2.1. Efeitos da Queimada

A queimada altera substancialmente a quantidade de resíduos vegetais que constituem a liteira. Esta alteração se dá através da combustão de parte dos componentes da liteira e do aporte de resíduos da vegetação derrubada.

4.3.2.1.1. Peso dos Resíduos

Considerando-se os dados anteriormente apresentados (tabela 7) verifica-se que permanecem 10.407kg/ha (peso seco) de resíduos, incluindo os galhos até 6cm de diâmetro. Este valor corresponde a um pouco mais da metade do peso total da liteira do ecossistema natural (tabela 1).

4.3.2.1.2. Distribuição dos Componentes

Os fragmentos vegetais depois da queimada incluem parte da liteira que não sofreu combustão além de galhos e fragmentos provenientes das árvores derrubadas. Estes últimos fragmentos são na maioria, carvão, cinzas e pedaços de galhos parcialmente queimados (tabela 7).

A produção de carvão e cinzas de uma queimada depende da fitomassa e da intensidade da própria queimada. Esta, por sua vez, varia, segundo DANTAS e MATOS (1981), em função da derrubada, da secagem do material e da velocidade do vento.

Estes mesmos autores estimaram em aproximadamente 17.000kg/ha a quantidade de cinzas e carvão após a queimada de uma área de floresta primária. Este valor é bem maior que o encontrado no presente estudo se considerarmos como tal os 4.063kg/ha correspondentes a soma das quantidades de carvão e fragmentos indiferenciados. Esta diferença pode ser atribuída a intensidade da queimada.

Pela ação do fogo as folhas e as raízes vivas encontradas na liteira do ecossistema natural desaparecem enquanto a quantidade de galhos de diâmetro idêntico ao do ecossistema natural (<3cm) diminui e a de fragmentos aumenta (tabelas 1 e 7).

4.3.2.1.3. Perdas por Volatilização

A combustão da vegetação derrubada acarreta a perda por volatilização de considerável quantidade de C e outros elementos.

Depois da queimada é difícil se distinguir os resíduos remanescentes da liteira dos que provem da vegetação derrubada. Por esse motivo não se pode realizar uma avaliação completa das perdas por volatilização.

Contudo, observando-se a distribuição por classe de diâmetros dos galhos, os quais constituem a maior parte dos resíduos, é possível se avaliar parcialmente as perdas por volatilização.

A Tabela 13 contém quantidade de carbono distribuída por classe de diâmetro dos galhos encontrados no ecossistema natural e na área adjacente recém-queimada.

TABELA 13 - Quantidade de carbono distribuída por classe de diâmetro dos galhos existentes no ecossistema natural e na área recém-queimada.

Diâmetro dos galhos (cm)	Quantidade de C (kg/ha)		Diferença
	Ecossist. Natural	Recém-queimado	
< 1	1.499	148	1.351
1 - 3	1.267	847	420
Galhos até 3 cm	2.766	995	1.771
3 - 6	0	1.029	- 1.029
Galhos até 6 cm	2.766	2.024	742

Através do exame da Tabela 13 se deduz que ocorre a combustão de pelo menos 5.000 kg/ha de liteira, ou seja, cerca de 64% da quantidade inicial dos galhos e 29% da liteira. Em termos de carbono estima-se que no mínimo 1.771 kg/ha desse elemento contido na liteira foram volatilizados durante a queimada.

Na liteira do ecossistema natural praticamente não se encontram galhos com mais de 3 cm de diâmetro e a classe que sofre maior combustão é a de galhos com menos de 1 cm de diâmetro.

Após a derrubada da vegetação, grande quantidade de galhos é depositada sobre a superfície e destes os que mais predominam após a combustão são os de mais de 3 cm de diâmetro.

Com a queima dos galhos e troncos pequenos que se costuma fazer após a queimada aumentam ainda mais as perdas por volatilização.

4.3.2.2. Efeitos do Cultivo e do Pousio

Depois da queimada os resíduos existentes sobre o solo se decompõem com velocidade que depende das condições de umidade e temperatura.

4.3.2.2.1. Peso dos Resíduos

Com o cultivo a quantidade desses resíduos diminui consideravelmente, podendo chegar a valores muito redu

zidos depois de vários anos de cultivo. Comparando-se os dados já apresentados a quantidade de resíduos que compõe a liteira no ecossistema natural é em média 17.700kg/ha (Tabela 1) e diminui para 3.305 e 1.537kg/ha (Tabela 7), após 1 e 5 anos de cultivo, respectivamente.

Por outro lado, o pousio possibilita a recuperação acelerada da litiera. Quando o solo foi cultivado por 2 anos e ficou em pousio por 3 anos a quantidade de resíduos foi 13.428kg/ha (Tabela 7), o que corresponde a 76% da liteira do ecossistema natural. Resultado idêntico a este último foi encontrado Por TURENNE (1977) na Guiana Francesa, no alto rio Oiapoque, o que levou-o a concluir ser muito ativa a dinâmica de regeneração da vegetação durante o pousio.

4.3.2.2.2. Distribuição dos Componentes

Quanto a distribuição dos componentes dos resíduos vegetais verifica-se que com o cultivo as folhas depositadas sobre o solo estão presentes apenas no período pós-colheita na forma de restos culturais que se decompõem rapidamente.

A quantidade de galhos diminui com o cultivo, chegando praticamente a desaparecer depois de vários anos de cultivo.

Os fragmentos diminuem acentuadamente após 1 ano de cultivo e tendem a se estabilizar posteriormente.

O pousio faz aumentar acentuadamente as quan -

tidades de folhas, galhos e fragmentos. As folhas, principalmente, aumentam consideravelmente alcançando maior percentual de participação no peso total dos resíduos sob pousio em comparação ao ecossistema natural (43% contra 38%).

4.3.2.2.3. Quantidade de Carbono e Ni trogênio

A quantidade de C armazenada nos resíduos vegetais da superfície também tende a diminuir com o cultivo em consequência ao decréscimo na quantidade de resíduos.

Segundo os dados aqui apresentados a quantidade de C armazenada nos resíduos vegetais depositados na superfície passa de 6.119kg/ha no ecossistema natural (tabela 1), para 1.089 e 503kg/ha após 1 e 5 anos de cultivo (tabela 7), respectivamente.

Contudo, sob pousio a quantidade de C armazenada tende a se recuperar, juntamente com o peso dos resíduos. Depois de 3 anos de pousio, havendo o solo sido cultivado por 2 anos, a quantidade de C armazenada nos resíduos vegetais é de 4.475kg/ha (tabela 7). Este valor corresponde a 73% da quantidade existente na liteira do ecossistema natural (tabela 1).

Considerando-se a quantidade de C armazenada no estrato herbáceo, o qual é de ciclagem bem mais rápida que o contido na vegetação do ecossistema natural, ter-se-ia que adicionar às quantidades já referidas cerca de 3.000 e 120kg / ha, respectivamente ao solo cultivado por 5 anos e ao solo sob pousio.

A quantidade de N armazenada também acompanha o decréscimo da quantidade de resíduos vegetais. Encontram-se armazenados nesses resíduos 29,92kg/ha de N após 1 ano de cultivo e 11,13kg/ha após 5 anos de cultivo. Sob pousio a quantidade existente é de 127,08kg/ha de N o que corresponde a 73% da média encontrada no ecossistema natural.

A relação C/N dos resíduos depositados também sofre alterações com o cultivo e com o pousio. O valor calculado para a totalidade dos resíduos na fase recém queimado é 36. A comparação com os valores encontrados nas demais fases do ecossistema alterado está prejudicada pelo fato de não haver galhos da vegetação primária em todos os locais de amostragem das aquelas fases, o que reduz a representatividade da amostra e, conseqüentemente, das quantidades totais de C e N calculadas.

Por outro lado, a relação C/N dos fragmentos que constituem parte dos resíduos vegetais indicam variações nos teores de C e N desses componentes nas diversas fases de alteração do ecossistema. Na fase recém-queimado, a relação C/N é mais baixa que a encontrada nos fragmentos da liteira no ecossistema natural, devido ao menor teor de C. A relação C/N aumenta após 1 ano de cultivo quando se encontra um maior teor de C. Na fase cultivado por 5 anos o teor de C tende a se elevar e o de N a diminuir, aumentando a relação C/N para um valor bem mais elevado que o do ecossistema natural. Finalmente, sob pousio a relação C/N diminui devido ao aumento no teor de N.

O menor teor de C encontrado na fase recém-queimado se deve provavelmente a grande quantidade de cinzas contidas entre os fragmentos indiferenciados. O aumento no teor desse elemento nos fragmentos da fase cultivado por 1 ano pode ser atribuído ao desaparecimento das cinzas que são em parte incorporadas ao solo. Com efeito verifica-se um abaixamento sensível na quantidade de fragmentos indiferenciados nesta fase.

A diminuição do teor de N nos fragmentos na fase cultivado por 5 anos pode ser atribuída a natureza desses fragmentos os quais são oriundos principalmente de folhas de gramíneas, reconhecidamente menos ricas em N

Já na fase de pousio o aporte e a decomposição contínua de folhas e ramos acarreta a ocorrência de fragmentos mais ricos em N.

4.3.3. Mudanças no Solo

Conforme foi abordado no item 4.2.2. as diversas fases de alteração do ecossistema provocam mudanças importantes nas propriedades do solo. A seguir será traçada a sequência de eventos que caracterizam as mudanças do solo em consequência da alteração do ecossistema em estudo.

4.3.3.1. Carbono e Nitrogênio

No ecossistema natural as quantidades de C e N são até 100cm de profundidade, em média, respectivamente 6,57

kg/m² e 0,63kg/m² (tabela 10). A distribuição destes elementos difere entre as três classes de drenagem em consequência das variações na adição de material orgânico, a qual varia inclusive dentro da mesma classe de drenagem conforme foi discutido no item 4.1.1.1.

4.3.3.1.1. Efeitos da Queimada

Na Tabela 14 e na Figura 18 consta a distribuição do C após a queimada, bem como nas demais fases do ecossistema alterado, e nas três classes de drenagem do ecossistema natural.

TABELA 14 - Distribuição do carbono até 100cm de profundidade do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado.

	QUANTIDADE DE C (kg/m ²)				TOTAL
	0-10cm	10-20cm	20-50cm	50-100cm	
<u>ECOSSISTEMA NATURAL</u>					
Imperfeitamente Drenado	1,81	0,78	1,74	1,96	6,29
Moderadamente Drenado	1,68	0,94	1,96	2,26	6,84
Bem Drenado	1,99	1,02	1,74	1,83	6,58
Média	1,83	0,91	1,81	2,02	6,57
<u>ECOSSISTEMA ALTERADO</u>					
Recém Queimado	1,66	0,92	1,66	2,09	6,33
Cultivado por 1 Ano	1,57	0,98	1,92	2,27	6,74
Cultivado por 5 Anos	1,29	0,91	1,63	1,82	5,65
Pousio 3 Anos	1,55	1,12	2,05	1,78	6,50

Após a queimada a quantidade de C armazenada é de $6,33\text{kg/m}^2$ e, em comparação ao ecossistema natural, até 100cm, pode ser considerada idêntica pois não chega a diminuir 4%. A distribuição desse elemento, contudo, apresenta-se diferente. Há nesta fase menor quantidade armazenada na faixa de 0-20cm, a qual é em parte compensada por uma maior quantidade na faixa de 50-100cm.

A diferença encontrada na faixa de 50-100cm não é tão grande e talvez possa ser explicada através das diferenças de textura, porosidade e drenagem. Já a diferença verificada de 0-20cm é mais acentuada, especialmente na camada de 0-10cm, e pode ser explicada através de duas hipóteses: menor adição de C, devido a uma menor produção de liteira nos locais de amostragem ou decréscimo do teor de C após a queimada.

A primeira hipótese é apoiada na possibilidade de haver correlação positiva significativa entre o peso da liteira e a quantidade de C armazenada nos 10 primeiros centímetros do pedon bem drenado do ecossistema natural, o qual serve de padrão de comparação.

A segunda hipótese tem sido constatada tanto de forma pouco acentuada, sem significação estatística (FALESI et alii, 1980; EMBRAPA, 1981), como de forma acentuada, embora restrita aos primeiros centímetros do solo [Betsch et alii (1981) citados por TURENNE (1982)]. Este fato é plausível de ocorrer considerando a mudança do microclima criada pela erradicação da vegetação (DINIZ e BASTOS, 1980; WOLFRAN et alii, 1982) a qual pode propiciar a rápida oxidação do C mesmo considerando um

Figura 18. Distribuição percentual do carbono do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado

curto intervalo de tempo.

Por outro lado, é de se esperar que o teor de C aumente em decorrência da adição de fragmentos vegetais oriundos da queimada (MILLER et alii, 1982). Isto, contudo, depende da intensidade da queimada.

4.3.3.1.2. Efeitos do Cultivo e do Pousio

Depois de 1 ano de cultivo a quantidade de C armazenada, embora seja menor na camada de 0-10cm, tende a aumentar em profundidade, especialmente de 50-100cm, o que pode ser atribuída a maior migração de compostos orgânicos. Este fato alia-se a uma atividade biológica mais intensa após o desmatamento (CHAUVEL, 1982) quando os animais passam a explorar maior volume do solo.

TURENNE (1977), ao contrário, verificou que o teor de C no horizonte superficial é igual ou maior que o encontrado sob floresta, tanto no primeiro ano de cultivo quanto no segundo, sob pousio. Essa discordância todavia pode estar ligada a diferenças decorrentes da quantidade de resíduos existentes após a queimada, além das condições de oxidação ligados à textura, à drenagem do solo e suas interações com as mudanças microclimáticas.

Muito embora após 1 ano de cultivo a diminuição da quantidade de C na superfície (0-10cm) não seja maior que 14% e haja até uma tendência de aumentos quando se considera a profundidade de 0-100cm, após vários anos de cultivo po

de haver decréscimos substanciais. Depois de 5 anos de cultivo a quantidade armazenada diminui em todo o perfil até 100cm de profundidade cerca de 1kg/m^2 , ou seja 14% menos que as quantidades encontradas no ecossistema natural, sendo a redução mais pronunciada na superfície (0-20cm).

Este fato se deve provavelmente ao favorecimento da mineralização dos compostos orgânicos em consequência da maior e mais prolongada exposição do solo à intempérie. CUNNINGHAM (1963) verificou em Ghana, na África, que em parcelas totalmente expostas a intempérie ocorreu diminuição do C orgânico e do N total.

Os efeitos do pousio são marcantes. Segundo TURLENNE (1977), a liteira se reconstituiu no terceiro ano de pousio quando o solo foi cultivado por 1 ano. No caso deste estudo, em que o solo foi cultivado por 2 anos e ficou em pousio por 3 anos a liteira correspondeu a 76% em peso da encontrada no ecossistema natural.

Portanto, é de se esperar que o pousio tenha forte influência na quantidade de C armazenada no solo, em consequência da decomposição da grande quantidade de resíduos vegetais que são depositados pelas espécies de rápido crescimento da vegetação secundária.

Comparando-se a quantidade de C armazenada no solo sob pousio de 3 anos após 2 anos de cultivo com a encontrada no solo cultivado durante 5 anos verifica-se que há uma diferença de quase 1kg/m^2 . Esta diferença se justifica tanto pela diminuição do teor de C sob tempo prolongado de cultivo

quanto pelo aumento sob pousio onde a quantidade de resíduos sobre a superfície é muito elevada.

Em comparação ao ecossistema natural a diferença de C armazenada até 100cm de profundidade não chega a ser maior que 5%. Logo, se pode deduzir que há diminuição acentuada no teor de C do solo entre o segundo e o quinto ano de cultivo. Como no solo sob pousio de 3 anos após 2 anos de cultivo a quantidade desse elemento pouco difere da encontrada no ecossistema natural se pode firmar uma das duas premissas seguintes: o decréscimo não é acentuado no segundo ano de cultivo e o pousio de 3 anos pouco contribui para a elevação do teor de C; ou o decréscimo é muito acentuado no segundo ano e o pousio de 3 anos promove sua recuperação.

TURENNE (1977) verificou que depois de 2 anos de cultivo há uma diminuição no teor de C no horizonte A, o qual tende a se reconstituir com o pousio.

Com base no exposto, é razoável se aceite que tenha havido um decréscimo acentuado na quantidade de C durante o segundo ano de cultivo.

Assim sendo, a quantidade de C armazenada pode até ter aumentado durante o primeiro ano de cultivo as expensas da forte decomposição da grande quantidade de resíduos remanescentes da queimada e das raízes das antigas árvores, aliado a maior atividade biológica. Todavia, como as mudanças microclimáticas favorecem a acelerada mineralização dos compostos orgânicos e não há suprimento em grande escala de resíduos para serem decompostos, a quantidade de C sofre uma redução acentuada du -

rante o segundo ano de cultivo e passa a diminuir menos nos anos seguintes, tendendo ao equilíbrio posteriormente.

Se após o segundo ano o cultivo é interrompido pelo pousio, há uma recuperação muito lenta da quantidade de C no primeiro ano, a qual tende a se acentuar no segundo e terceiro anos, de modo que após 3 anos já é quase equiparável a do ecos sistema natural.

4.3.3.2. Complexo de Troca Iônica

As Figuras 19, 20 e 21 contem, respectivamente, as variações dos valores referentes ao pH (em água), a capacidade de troca de cations e a saturação em bases na seqüência floresta-queimada-cultivo-pousio.

No ecossistema natural as bases se concentram ao nível do horizonte superficial (A_{11}), onde a capacidade de troca de cations é consideravelmente mais elevada que no restante do perfil. Isto ocorre devido ao alto teor de matéria orgânica en contrado na superfície o qual é, apesar da mineralização ser ele vada, constantemente suprido pela decomposição da liteira.

4 3.3.2.1. Efeitos da Queimada

Quando a vegetação é derrubada e queimada, grande quantidade de cinzas e resíduos vegetais é depositada na super fície. DANTAS e MATOS (1981) encontraram após a queimada, em um estudo realizado também em Capitão Poço-Pa, uma quantidade média de 1.724 Kg/m^2 de cinzas. Com base neste estudo, conside rando-se as quantidades dos elementos químicos extraídos das mes mas por dissolução em água deionizada, estima-se que

são adicionadas por m^2 , após as primeiras chuvas, 0,79g de Ca, 0,45g de Mg e 38,38g de K.

Como a vegetação é responsável pela interceptação de 20% do total da precipitação pluviométrica (WOLFRAN et alii, 1982), após o desmatamento tende a aumentar a quantidade de água que infiltra no solo. Nestas condições as bases liberadas das cinzas são translocadas modificando em curto intervalo de tempo o pH e o complexo de troca iônica do solo. Dependendo das condições de drenagem do solo as bases podem até serem lixiviadas. A lixiviação deve ser mínima ou mesmo inexistente nos pedons imperfeitamente drenados. Em contrapartida devem ser pelo menos razoáveis nos pedons bem drenados.

As bases ao se translocarem modificam o pH do perfil, especialmente nos horizontes superficiais. O complexo de troca iônica se altera inicialmente apenas na superfície (horizonte A₁₁) onde ocorre um pequeno aumento do valor T devido a liberação de cargas dependentes do pH.

O pH se eleva em pelo menos 2,5 unidades nos dez primeiros centímetros acarretando um aumento nesta camada de cerca de 1,5mg/100g nas cargas dependentes. O aumento das bases no complexo se dá na ordem $Ca > Mg > K > Na$ e as mesmas são responsáveis pela eliminação de pelo menos 0,5mg/100g de H^+ Al trocáveis do complexo. Em consequência há um aumento no valor V em torno de 2,5 vezes.

4.3.3.2.2. Efeitos do Cultivo do Pou - sio

No primeiro ano de cultivo as bases, liberadas das cinzas da queimada, mais concentradas no horizonte superficial, translocam para os horizontes subjacentes alterando o solo em maior profundidade.

O pH, embora mais elevado que no ecossistema natural, apresenta-se menor na superfície que o encontrado após a queimada devido a troca das bases da solução com o H e o Al adsorvidos pelo complexo coloidal.

O teor de bases trocáveis permanece pelo menos 1mg/100g mais elevado no horizonte A, em relação ao ecossistema natural, e aumenta pouco no horizonte B (0,36mg/100g). O teor de H + Al, ao contrário, diminui em todo o perfil, especialmente no horizonte A₁₂, elevando o valor V.

No decorrer do primeiro ano de cultivo parece haver nos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados apenas translocação das bases. O valor T tende a diminuir na superfície (horizonte A₁₁), embora permanecendo em níveis superiores ao do ecossistema natural, e a aumentar em profundidade. No horizonte A₁₁, não obstante a diminuição do valor T, ocorre maior substituição do H + Al trocáveis, o que é facilitado pela ausência da acidez provocada pela decomposição da liteira, a qual acarretaria também diminuição do pH. Em profundidade (horizonte A₁₂ em diante) o aumento do valor T é decorrente das bases presentes no complexo, antes mais concentradas na super-

fície, as quais passam a ocupar cargas dependentes liberadas em consequência do aumento do pH.

Deve-se esperar que mudanças idênticas ocorram na classe de solo bem drenado, porem, em maior velocidade, podendo haver perda de bases do perfil e diminuição de pH, inclusive atingindo maiores profundidades.

Nos cultivos subsequentes, mesmo sob condições de boa drenagem não ocorrem mudanças muito intensas no complexo de troca. Embora com uma tendência de diminuição no valor S e de aumento no teor de $H + Al$, depois de 5 anos de cultivo o valor T do horizonte A, a exceção dos primeiros centímetros superficiais, permanece maior que a do ecossistema natural. Em consequência, o valor V é, no horizonte A, maior que no ecossistema natural, porém semelhante ao de após 1 ano de cultivo.

A causa de manutenção no horizonte A do valor S e do teor de $H + Al$ em níveis mais adequados que os do ecossistema natural mesmo depois de 5 anos de cultivo pode ser atribuído a permanência dos efeitos da queimada já que o teor de C não justifica uma maior adição de bases em decorrência de decomposição da matéria orgânica.

Por outro lado, no horizonte B há lixiviação das bases em magnitude idêntica a da translocação hávida no primeiro ano, acarretando a ocorrência de valores idênticos aos do ecossistema natural.

Sabe-se que o pousio da terra propicia a regeneração da vegetação, acarretando depois de muitos anos, o restabelecimento das condições originais do solo. Segundo MANARINO et alii (1982) as diferenças entre o solo de floresta primária e

Figura 19. Distribuição dos valores de pH (em água) do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado.

Figura 20. Distribuição dos valores de capacidade de troca de cátions do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado.

Figura 21. Distribuição dos valores de saturação em bases (%) do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado.

o solo sob pousio desaparecem se este for mantido por longos períodos.

Sob pousio de curta duração após pouco anos de cultivo é de se esperar que as modificações do solo sejam ainda menores que as encontradas no solo que ao invés de entrar em pousio continua sendo cultivado. Com efeito, sob pousio de 3 anos após 2 anos de cultivo o valor T é ligeiramente maior, no horizonte A_1 , que a do solo cultivado por 5 anos, embora no horizonte A_3 ocorra o inverso e no horizonte B não haja diferença.

O valor V é menor no horizonte A e maior no horizonte B que o encontrado no solo que permaneceu sob cultivo. A diferença no horizonte A pode ser atribuída a acidez provocada pela decomposição da liteira que mesmo sob pousio de apenas 3 anos atinge um peso correspondente a 76% do encontrado na liteira do ecossistema natural. No horizonte B, já que não há modificações no valor T o aumento ocorrido no valor V deve-se provavelmente a menor lixiviação das bases adicionadas considerando-se que a vegetação secundária, a esta altura com um porte considerável, deve impedir a infiltração de parte da água da chuva protegendo o solo contra a lixiviação.

4.3.3.3. Densidade e Porosidade

As transformações estruturais do solo em consequência do desmatamento e do cultivo são de grande importância. Segundo CHAUVEL (1982), as mudanças mais importantes dizem respeito à porosidade.

Na sequência de alteração do ecossistema estudado as variações também se refletem na porosidade total e especialmente na densidade do solo. A Figura 22 mostra a variação dos valores de densidade do solo nas condições naturais e após a alteração do ecossistema.

4.3.3.3.1. Efeitos da Queimada

O pedon representativo desta fase, em comparação ao seu correspondente no ecossistema natural, apresenta valores de densidade do solo maiores, a exceção do horizonte A_{12} onde os valores são idênticos, e de densidade de partículas idênticos. Em consequência, os valores de porosidade são menores no pedon da fase recém-queimado.

Dois fatos podem explicar a ocorrência de valores de densidade do solo maiores no pedon desta fase: a ocorrência de valores de densidade originalmente maiores naquela área e a migração de partículas finas em consequência do desmatamento.

Do mesmo modo que é possível se aceitar que ocorreram aumentos na densidade após o desmatamento, devido a falta de proteção do solo contra o impacto da chuva (HUDSON, 1971), também o é que, em curto intervalo de tempo, sob condições de precipitações reduzidas (não chegou a chover 25 mm no intervalo entre o desmatamento e a coleta de amostras), as alterações não chegariam a ser importantes. Com efeito, o grau de floculação do horizonte A nesta fase não mudou em relação ao padrão.

Assim, é plausível se aceite a primeira hipótese para justificar as diferenças encontradas no horizonte B, e a segunda para a encontrada no horizonte A_{11} , já que no A_{12} praticamente não houve diferença.

4.3.3.3.2. Efeitos do Cultivo e do Pousio

Durante o cultivo o solo permanece desprotegido e as mudanças microclimáticas que ocorrem tendem a acelerar os procesos de modificação tais como a migração de compostos orgânicos (MANARINO et alii, 1982), lixiviação das bases e translocação de partículas finas (ROOSE, 1979).

Após o primeiro ano de cultivo, além do horizonte A_{11} , o horizonte A_{12} também é afetado, causando aumento na densidade do solo. O valor médio da densidade do solo do horizonte A_1 - obtido através de média ponderada em função da espessura dos subhorizontes - que era de $1,21 \text{ g/cm}^3$ no ecossistema natural aumenta para $1,45 \text{ g/cm}^3$. Este fato está relacionado com a dispersão no horizonte A pois enquanto a quantidade de partículas finas é menor, o grau de floculação é menor.

Por outro lado, a porosidade diminui apenas na parte superior do horizonte A_{11} e no horizonte B não há efeito restritivo na porosidade que chega até a aumentar na faixa de 35-100cm provavelmente em consequência de uma atividade biológica que explora mais profundamente o solo (MANARINO et alii, 1982).

Todavia, depois de 5 anos de cultivo as restrições na densidade do solo e na porosidade chegam a afetar drasticamente até o horizonte B. No horizonte A_1 , onde os efeitos são mais acentuados, há um aumento na densidade do solo de $0,33 \text{ g/cm}^3$, em relação ao ecossistema natural, e de $0,12 \text{ g/cm}^3$, em relação a fase de 1 ano de cultivo. Quanto ao grau de floculação no horizonte A, observa-se que diminui sensivelmente. Em

consequência há uma diminuição ainda maior na porosidade que passa para 42%. No horizonte A_3 a densidade do solo é $0,18 \text{ g/cm}^3$ maior que no ecossistema natural, e no horizonte B, $0,14 \text{ g/cm}^3$. A porosidade então diminui 7% no horizonte A_3 e 6% no B.

Como a densidade do solo e a porosidade são fortemente influenciadas pelo teor de matéria orgânica, com o pousio, por haver recuperação da quantidade de C armazenada, a densidade do solo tende a diminuir e a porosidade a aumentar.

Pode-se avaliar a interrupção dos efeitos prejudiciais do cultivo prolongado através dos dados da fase de pousio de 3 anos após 2 anos de cultivo. Nesta fase observa-se que os valores de densidade diminuem ao mesmo tempo que o grau de floculação aumenta. A porosidade dos horizontes A_{11} e A_{12} se aproxima muito da encontrada no ecossistema natural e a porosidade média do horizonte A_1 é 50%. No horizonte A_3 a porosidade é de 43%, também idêntica a do ecossistema natural, e no horizonte B corresponde a uma média de 47%, nitidamente superior a do ecossistema natural.

A ocorrência de valores de porosidade mais elevados no horizonte B na fase de pousio em comparação aos valores encontrados no ecossistema natural podem ser explicados através da intensa atividade biológica também existente neste horizonte. CHAUVEL (1982) também verificou a ocorrência de intensa atividade biológica afetando a porosidade do solo sob pousio na Região de Manaus embora com influência somente nos horizontes A_1 e A_3 .

Figura 22. Distribuição dos valores de densidade do solo no ecossistema natural e no ecossistema alterado.

4.3.3.4. Micromorfologia

As variações do solo podem ser observadas com mais detalhes através do estudo micromorfológico o qual permite, inclusive, explicar mudanças ocorridas em algumas das características físicas e químicas.

4.3.3.4.1. Área Cultivada por 1 Ano

O horizonte A_{12} do solo após 1 ano de cultivo possui um plasma bruno amarelado com fortes variações na cor e se apresenta em massa contínua que tende a segregar-se do esqueleto originando um padrão de distribuição tipicamente agrupado (Figura 23).

No horizonte A_3 embora persistam setores exibindo a microagregação original do ecossistema natural, constata-se que em geral o plasma está pouco agregado e que ocorrem pequenos cutans de argila bruno amarelo claro evidenciando uma redistribuição do plasma (Figura 24).

No horizonte B ocorrem dois fundos matriciais distintos : um de coloração bruno acinzentado, onde o esqueleto é relativamente abundante e aparecem microagregados e resíduos vegetais; outro de cor bruno mais claro, com dominância do plasma que forma uma massa contínua, envolve o esqueleto pouco abundante, apresenta macroporosidade reduzida e possui cutans de argila nos limites dos vazios que são predominantemente do tipo fissural (Figura 25). Há, portanto, justaposição no perfil, ao nível do horizonte B, de partes que apresentam características físicas diferentes.

Figura 23 - Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A₁₂ (6-15cm) do solo na área Cultivada por 1 ano: Aspecto do plasma bruno distribuído em uma massa contínua em consequência dos efeitos do desmatamento após 1 ano de cultivo, acentuando o padrão de distribuição agrupada do esqueleto. Note-se a variação acentuada na cor do plasma próximo aos vazios.

Figura 24 - Fotomicrografia (24X) relativa ao horizonte A₃ (15-25cm) do solo na área Cultivada por 1 ano: Presença de pequenos cutans argilosos de cor bruno amarelo claro no centro da foto. Note-se também ao centro e à esquerda setores onde o plasma exibe fraca microagregação.

4.3.3.4.2. Área Cultivada por 5 Anos

Depois de 5 anos de cultivo observa-se que no horizonte A_1 o plasma apresenta-se reduzido, se distribui irregularmente e se encontra em torno dos vazios de origem biológica (Figura 26).

No horizonte A_3 o plasma é mais abundante e também se distribui irregularmente. Os vazios, na maior parte, são de origem biológica, por vezes com paredes bastante alizadas (meta vazios) e revestidos por finos depósitos de argila bordejados por uma cinta vermelha (Figura 27).

No horizonte B observa-se acentuada heterogeneidade e descontinuidade da matriz do solo, onde se distinguem setores essencialmente arenosos, de contornos festonados, superpostos e alternados com setores onde os grãos de esqueleto são envolvidos por plasma de cor bruno (Figura 28).

4.3.3.4.3. Área em Pousio por 3 Anos após 3 Anos de Cultivo

O horizonte A do pedon sob pousio apresenta-se com um fundo matricial muito semelhante ao da área cultivada por 5 anos, todavia, destacam-se concentrações de plasma de coloração bruno, provenientes do horizonte B, na forma de peletes fecais contendo areia fina e silte grosso misturados a resíduos vegetais (Figura 29) que diferem na sua organização da encontrada no ecossistema natural (Figura 15).

Figura 25 - Fotomicrografia (33X) relativa ao horizonte B₁₂ (35-75cm) do solo na área Cultivada por 1 ano: Distingue-se o contato de dois fundos matriciais diferentes: à esquerda onde o plasma é bruno acinzentado, o esqueleto é abundante e existem microagregados e resíduos vegetais; à direita onde o plasma é bruno mais claro, mais abundante, formando uma massa contínua, e a macroporosidade.

Figura 26 - Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A₁ (0-7cm) do solo na área Cultivada por 5 anos: Ocorrência de um plasma pouco abundante que tende a se concentrar em torno dos vazios de origem biológica. No centro da fotografia observa-se um fragmento de carvão vegetal proveniente da queimada da vegetação.

Figura 27 - Fotomicrografia (33X) relativa ao horizonte A₃ (7-17cm) do solo na área Cultivada por 5 anos: Plasma bruno irregularmente distribuído, separado por meta vazios revestidos por cutans de argila ladeados por uma bordadura de cor vermelha. No centro da fotografia aparece um grão de staurolita.

Figura 28 - Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte B₁₂ (32-45cm) do solo na área Cultivada por 5 anos: Aspecto da heterogeneidade do fundo matricial e da descontinuidade textural decorrente da alteração da estrutura do solo. Note-se a alternância de setores arenosos de contornos festonados com setores onde os grãos de quartzo estão envolvidos por um plasma de cor bruno.

Figura 29 - Fotomicrografia (12X) relativa ao horizonte A₁₂ (2-7cm) do solo na área em Pousio: Em um fundo matricial enaulic, muito semelhante ao da área cultivada por 5 anos, destacam-se peletes fecais de diâmetro de aproximadamente 1 mm que se anastomosam formando agregados compostos.

Figura 30 - Fotomicrografia (53X) relativa ao horizonte B₁₂ (30-40cm) do solo na área em Pousio: Nos limites de um canal, que se dispõe transversalmente na foto, observa-se grande quantidade de peletes fecais oriundos de intensa pedoturbação.

No horizonte B o fundo matricial apresenta-se se melhante ao do pedon bem drenado do ecossistema natural, contudo, observa-se a presença de canais (channels, segundo BREWER, 1964) com abundante quantidade de peletes fecais (Figura 29) e não observa-se a heterogeneidade nem a descontinuidade existente no solo da área cultivada por 5 anos (Figura 28).

4.3.3.4.4. Mudanças na Sequência Floresta-Cultivo-Pousio

O desmatamento provoca alterações no solo que se expressam através da sua micromorfologia. É suficiente apenas 1 ano de cultivo para provocar a destruição dos microagregados observados no horizonte A_{12} do ecossistema natural (Figura 7) tornando a estrutura quase totalmente contínua (Figura 23), onde o plasma tende a segregar-se do esqueleto acentuando o padrão de distribuição agrupado (Figura 24).

A ocorrência de cutans de argila no horizonte A_3 revela que a desestabilização da estrutura verificada no ecossistema natural tende a ascender e afetar também a parte superior do perfil. Trata-se de uma degradação muito rápida da estrutura.

Por outro lado, a ocorrência de partes menos densas no horizonte B indicam os efeitos de uma reorganização estrutural deste horizonte, originariamente adensado. A agregação, a cor mais escura do plasma e os resíduos vegetais encontrados nas partes menos densas evidenciam a participação da fauna do solo no processo de reorganização da estrutura.

Depois de 5 anos de cultivo observa-se que além da diminuição da agregação ocorreu um empobrecimento do plasma

na parte superior do horizonte A e uma acentuada deposição de argila nas paredes dos vazios na parte inferior acarretando a obstrução dos mesmos. A presença de depósitos de argila ladeados por uma cinta vermelha evidencia a segregação entre compostos ferrícos e minerais de argila (Figura 27), consequência das condições redutoras causada pela lenta circulação da água. Este processo além de ocorrer com mais intensidade que no ecossistema natural está presente a menor profundidade do perfil. A presença de forte heterogeneidade e descontinuidade textural na matriz do horizonte B (Figura 28) provavelmente é decorrente da interação entre a desestabilização da estrutura e a atividade biológica e pode estar relacionada com o processo de reorganização detectado após 1 ano de cultivo. Constata-se, portanto, que a degradação da estrutura atinge o horizonte A e se intensifica no horizonte B.

A presença de peletes fecais no horizonte A e no horizonte B do solo submetido ao pousio, juntamente com resíduos vegetais misturados a material mineral oriundo de horizontes mais profundos, indica uma forte pedoturbação causada pela fauna do solo. A ausência de cutans, da heterogeneidade e descontinuidade existentes na área cultivada por 5 anos atestam os benefícios da pedoturbação.

Portanto, se a degradação é muito rápida após o primeiro ano de cultivo, a regeneração do solo com o desenvolvimento da vegetação secundária é igualmente espetacular. Com 3 anos de pousio, após 2 anos de cultivo, a atividade biológica aparece como o principal fator de regeneração do solo. A microagregação do horizonte A₁ é reconstituída (Figura 29), embora com padrão diferente ao do ecossistema natural (Figura 15), ao passo

que o restante do perfil é rehomogeneizado por uma intensa pedoturbação (Figura 30).

Conclui-se então que nas condições naturais a atividade biológica exerce um papel muito importante na manutenção ou na regeneração do estado de equilíbrio do solo, funcionando como uma espécie de anteparo protetor através do qual é realizado o controle da água das chuvas, a adição dos resíduos orgânicos e a pedoturbação, o que não ocorre quando o solo é mantido sem a abertura vegetal protetora.

4.4. Dinâmica da Matéria Orgânica da Parte Superior do Solo

É no horizonte A do solo que ocorrem com maior intensidade variações na matéria orgânica, especialmente se o ecossistema sofre alteração como ocorre quando a vegetação é queimada e o solo cultivado.

Grande parte da matéria orgânica existente até 100 cm de profundidade está contida no horizonte A (camada 0-20cm) : cerca de 42% no ecossistema natural de 40% no ecossistema alterado (Tabela 14).

Visando verificar o estado da matéria orgânica no ecossistema natural, e as alterações que ocorrem em consequência do desmatamento, foi analisada uma amostra composta do horizonte A (a partir das amostras dos seus sub-horizontes) de cada um dos perfis envolvidos neste estudo.

As variações da matéria orgânica do solo podem ser avaliadas através do conteúdo de C existente nas diversas classes

de frações granulométricas do solo, bem como da distribuição dos componentes do humus.

4.4.1. Fracionamento Granulométrico

A matéria orgânica contida nas frações granulométricas do solo varia qualitativamente: a contida na fração maior (200-2.000 μm) corresponde a resíduos vegetais pouco humificados; a existente na fração intermediária (50-200 μm) é constituída de resíduos vegetais humificados; finalmente a encontrada na fração menor (0-50 μm) compõe-se de compostos húmicos ligados a parte mineral (FELLER, 1979).

4.4.1.1. Ecossistema Natural

Na Tabela 15 constam as quantidades de C contidas no horizonte A dos três pedons do ecossistema natural, divididas em função das seguintes frações granulométricas: fração de 0-50 μm (F 0-50), fração de 50-200 μm (F 50-200) e fração de 200-2000 μm (F 200-2000); e na Figura 31 a distribuição relativa das referidas frações.

Verifica-se através da citada figura que no ecossistema natural cerca da metade do C está contida na fração F-0-50, um terço na fração F 200-2000 e um quinto na fração F 50-200. Portanto, considerando-se a variação em função da granulometria, a matéria orgânica do solo no ecossistema natural é principalmente de natureza húmica associada a frações minerais finas.

Observa-se através da Tabela 15 que os pedons imperfeitamente e moderadamente drenados possuem quantidades

TABELA 15. Distribuição do carbono nas frações F 200-2000 (200 a 2000 μm), F 50-200 (50 a 200 μm), e F 0-50 (0-50 μm) do horizonte A do solo sob diferentes condições do ecossistema.

Condição do Ecossistema		F 200-2000		F 50-200	F 0-50	F 0-50
		Orgânica	Mineral			mgc/g fração
mgc/g solo						
NATURAL	Imperfeitamente Drenado	3,41	0,48	2,19	6,42	25,19
	Moderadamente Drenado	1,75	2,10	2,13	5,49	30,00
	Bem Drenado	1,37	1,09	2,84	6,53	29,90
ALTERADO	Recém queimado	1,26	0,15	2,02	6,03	33,54
	Cultivado 1 ano	0,64	0,32	1,15	6,24(4,28)	20,24
	Cultivado 5 anos	0,72	0,47	0,78	5,17	31,03
	Pousio 3 anos	0,93	0,85	1,47	6,07	30,00
%						
NATURAL	Imperfeitamente Drenado	27	4	18	51	
	Moderadamente Drenado	15	18	19	48	
	Bem Drenado	12	9	24	55	
ALTERADO	Recém queimado	13	2	21	64	
	Cultivado 1 ano	8	4	14	74	
	Cultivado 5 anos	10	7	11	72	
	Pousio 3 anos	10	9	16	65	

N.B. O valor entre parenteses (referente à fração F 0-50 da condição cultivado 1 ano) corresponde ao calculado considerando-se que a massa da referida fração fosse idêntica das demais condições do ecossistema alterado.

Figura 31. Distribuição relativa do carbono nas frações 0-50 μm , 50-200 μm e 200-2000 μm do horizonte A do solo. Ecosistema natural: N₁ - Imperfeitamente drenado, N₂ - Moderadamente drenado, N₃ - Bem drenado. Ecosistema alterado: Q - recém-queimado, A - cultivado 1 ano, I - cultivado 5 anos, P - pousio de 3 anos (após 2 anos de cultivo).

idênticas de C nas frações F 50-200 e F 200-2000, diferindo todavia na proporção entre a parte orgânica e a parte mineral desta última fração e na fração F 0-50, onde o imperfeitamente drenado possui maior quantidade de C. O pedon bem drenado difere dos demais por apresentar mais C nas frações F 50-200 e F 0-50 e menos C na fração F 200-2000.

A variação existente entre o pedon bem drenado e os demais pode ser explicada pela diferença de drenagem. A drenagem desimpedida facilita a decomposição dos resíduos pouco alterados e a formação de compostos húmicos, que se associam ao complexo mineral, em virtude das condições favoráveis a atividade microbiana. Por isto o pedon bem drenado apresenta maior quantidade de C na fração fina (F 0-50). Este fato é reforçado quando verifica-se que, muito embora os demais pedons possuam maior quantidade de fração F 0-50 (Tabela 8), a quantidade de C por unidade de massa da fração é semelhante a do pedon bem drenado (Tabela 15); além do que também não há diferença considerável na quantidade de silte (fração 2-50 μ m) entre os dois pedons (Tabela 8). Isto significa que a maior quantidade de C da fração F 0-50 encontrada no pedon bem drenado não se deve a textura e sim a drenagem. Observa-se todavia que o pedon imperfeitamente drenado possui menor quantidade de C por unidade de massa da fração que os demais pedons, inclusive em comparação ao pedon moderadamente drenado, o qual possui textura semelhante a sua no horizonte A. Isto indica que há também variação na atração entre os compostos húmicos e a fração mineral, ou seja no pedon imperfeitamente drenado existe menor afinidade para a

formação do complexo organo-mineral. Note-se ainda que, mesmo na fração grosseira (F 200-2000), a associação entre a parte orgânica e a parte mineral é menor no pedon imperfeitamente drenado (Figura 31). Estes fatos podem explicar a razão pela qual as perdas de C são maiores no pedon imperfeitamente drenado (ver item 4.1.2.1.).

4.4.1.2. Ecossistema Alterado

Através do exame da Figura 31 observa-se que no ecossistema alterado aproximadamente dois terços do C está contido na fração F 0-50 enquanto em cada uma das demais frações há cerca de um sexto. Verifica-se, portanto, que, em geral, no ecossistema alterado o solo contém mais C na fração F 0-50 que no ecossistema natural, ocorrendo o inverso com a fração F 200-2000. Analizando-se a Tabela 15 verifica-se que o aumento relativo da fração F 0-50 no ecossistema alterado deve-se ao decréscimo das demais frações, constatando-se que a alteração do ecossistema afeta sobretudo o estoque de C nos resíduos vegetais e nem tanto o do complexo organo-mineral.

A variação na quantidade de C nas diversas frações da sequência queimada-cultivo-pousio pode também ser analisada através da Tabela 15 e da Figura 31.

Na fração F 0-50 há relativamente mais C após 1 e 5 anos de cultivo que nas demais fases. Contudo em termos absolutos observa-se que a quantidade de C na fração F 0-50 é seme

lhante a exceção da fase cultivada por 5 anos, na qual se apresenta mais baixa. Por outro lado, expressos os valores em quantidade de C por unidade de massa da fração, constata-se que a concentração de C é maior na fase recém-queimado e menor na fase cultivado por 1 ano. As fases cultivadas por 5 anos e pousio possuem valores próximos, compreendidos entre as outras fases e semelhantes ao dos pedons bem e moderadamente drenados do ecossistema natural. Em comparação ao pedon bem drenado do ecossistema natural o pedon da fase recém-queimado, possui menor quantidade absoluta de C porém valores relativos mais elevados.

A ocorrência de valores relativos de C mais elevado na fração F 0-50 após a queimada indicam que há nesta fase maior afinidade para a formação de complexos organo-minerais. Isto é evidente sobretudo se considerar-se os valores expressos em relação a massa da fração, e que a diferença entre as quantidades de silte do horizonte A dos diferentes pedons é pequena (Tabelas A₁ e A₂), o que, de outro modo, inviabilizaria esta conclusão. O contrário ocorre após 1 ano de cultivo: embora a quantidade absoluta de C seja mais elevada, o que se deve a maior quantidade da fração, a concentração de C por unidade de massa é bem menor, acusando, portanto, menor afinidade entre o complexo orgânico e o complexo mineral. Deste modo não se pode considerar que haja aumento a quantidade de compostos húmicos após 1 ano de cultivo.

Na fase cultivado por 5 anos há menos C na fração F 0-50 que na fase de pousio e no ecossistema natural.

A quantidade de C na fração F 50-200 diminui pro

gressivamente com a queimada e o cultivo, e aumenta com o pousio. Quanto a fração F 200-2000, observa-se que ela também de cresce com a queimada e após 1 ano de cultivo, porém aumenta após 5 anos de cultivo.

4.4.2. Fracionamento do Humus

A maior parte de C contido na câmada superficial do solo, quer do ecossistema natural quanto do ecossistema alterado, está na fração 0-50 μ m (Figura 31).

Com a finalidade de aprofundar o estudo da matéria orgânica do solo, determinou-se a distribuição qualitativa do humus contido na fração 0-50 μ m obtida pelo fracionamento granulométrico (item 4.4.1.). É esta fração que encerra a maior parte do humus do solo.

4.4.2.1. Ecossistema Natural

O humus do solo pode ser fracionado em âcido fúlvico livre, humina, âcido húmico extraído pela soda, âcido fúlvico extraído pela soda, âcido húmico extraído pelo pirofosfato de sódio e âcido fúlvico extraído pelo pirofosfato de sódio (DABIN, 1971) .

A Tabela 16 contém as quantidades de C encontrada nos diversos componentes húmicos e a Figura 32 a distribuição relativa destes componentes contidos na fração 0-50 μ m do horizonte A dos três pedons do ecossistema natural. Observa-se através da citada figura que menos de 20% do C está sob a forma de

TABELA 16 - Distribuição dos compartimentos húmicos da fração F 0-50 (0 a 50 μ m) do horizonte A do solo: AFL - ácido fúlvico livre, H - humina, AHS - ácido húmico extraído pela soda, AFS - ácido fúlvico extraído pela soda, AHP - ácido húmico extraído pelo pirofosfato de sódio, AFP - ácido fúlvico extraído pelo pirofosfato de sódio, AH - ácidos húmicos totais, AF - ácidos fúlvicos totais.

Condição do Ecossistema	AFL	H	AHS	AFS	mgc/g solo				TOTAL	AH	AF
					AHP	AFP	AHS	AFS			
N A T U R A L	0,97	2,70	1,28	0,58	0,35	0,54			6,42	1,63	2,09
Imperfeitamente Drenado											
Moderadamente Drenado	0,96	2,25	1,03	0,46	0,38	0,41			5,49	1,41	1,83
Bem Drenado	0,99	2,59	2,05	0	0,51	0,39			6,53	2,56	1,38
A L T E R A D O											
Recém-queimada	0,82	2,36	1,24	0,76	0,48	0,37			6,03	1,72	1,95
Cultivado 1 ano	0,97 (0,66)	2,88 (1,98)	1,01 (0,69)	0,81 (0,56)	0,37 (0,25)	0,20 (0,14)			6,24 (4,28)	1,38 (0,94)	1,98 (1,36)
Cultivado 5 anos	0,71	2,12	0,94	0,71	0,29	0,40			5,17	1,23	1,82
Pousio 3 anos	1,05	2,44	1,46	0,23	0,44	0,43			6,07	1,92	1,71
%											
N A T U R A L	15	42	20	9	6	8			100	25	33
Imperfeitamente Drenado											
Moderadamente Drenado	18	41	19	8	7	7			100	26	33
Bem Drenado	15	40	31	0	8	6			100	39	23
A L T E R A D O											
Recém-queimada	14	39	20	13	8	6			100	28	32
Cultivado 1 ano	16	46	16	13	6	3			100	22	32
Cultivado 5 anos	14	41	18	14	5	8			100	24	35
Pousio 3 anos	17	40	25	4	7	7			100	32	28

N.B. Os valores entre parênteses correspondem ao cálculo considerando-se que a massa da fração F 0-50 da condição cultivado 1 ano fosse idêntica as das demais condições do ecossistema alterado.

ECOSSISTEMA NATURAL

ECOSSISTEMA ALTERADO

ÁCIDO FÚLVICO LIVRE

ÁCIDO HÚMICO (SODA)

ÁCIDO FÚLVICO (SODA)

ÁCIDO HÚMICO (PIROFOSFATO)

ÁCIDO FÚLVICO (PIROFOSFATO)

HUMINA

Figura 32. Distribuição relativa dos compartimentos húmicos da fração 0-50 μ m do horizonte A do solo sob diferentes condições do ecossistema.

ácido fúlvico livre e pouco mais de 40% está sob a forma de humina. Os 40% restantes se distribui entre as demais frações, com variações na proporção de ácido húmico extraídos pela soda(AHS), o qual predomina sobre as demais frações, e ácido fúlvico extraído pela soda (AFS).

Os dados aqui apresentados acusam percentuais de ácido fúlvico livre e humina inferior aos já encontrados no solo de terra firme da amazônia (VOLKOFF e CERRI, 1981; VOLKOFF et alii, 1982; MANARINO et alii, 1982).

Verifica-se que a distribuição dos componentes hūmicos é idêntica nos pedons imperfeitamente e moderadamente drenados, diferindo da distribuição do pedon bem drenado. As diferenças ocorrem sobretudo com os ácidos húmicos e os ácidos fūlvicos ligados e se evidenciam quando se considera a distribuição percentual de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos (Tabela 16). O pedon bem drenado possui maior conteúdo de ácidos húmicos e menor de ácidos fúlvicos extraídos pelo pirofosfato de sódio, além de não possuir ácido fúlvico extraído pela soda. Portanto, parece haver um favorecimento da drenagem à manutenção do ácido hūmico em detrimento à manutenção do ácido fúlvico.

4.4.2.2. Ecossistema Alterado

Observa-se através da análise da Figura 32 que ocorrem modificações na distribuição das frações do humus do solo depois do desmatamento. Estas modificações acontecem mais precisamente nas frações extraíveis pela soda: o ácido hūmico dimi

nui com a queimada e o cultivo e aumenta com o pousio, ocorrendo o inverso com o ácido fúlvico.

Há também uma nítida variação na distribuição da humina e do ácido fúlvico extraído pelo pirofosfato de sódio após o primeiro ano de cultivo: aumenta a proporção de humina enquanto decresce a de ácido fúlvico extraído pelo pirofosfato. Excluindo esta ocorrência, constata-se que não há variação considerável da fração extraível no ecossistema alterado, o que também foi verificado por TURENNE (1977) e MANARINO et alii, 1982).

Quanto a variação entre os diversos componentes extraíveis, do mesmo modo que TURENNE (1977) detectou-se diminuição na quantidade de ácidos fúlvicos na sequência cultivo-pousio, porém apenas na fração extraível pela soda, e não nas demais frações de natureza fúlvica, e com um correspondente aumento de acidos húmicos, especialmente o extraído pela soda (Tabela 16). O aumento de ácidos húmicos também foi verificado por MANARINO et alii (1982), contudo envolvendo tanto o ácido húmico extraído pela soda, como, e principalmente, o extraído pelo pirofosfato de sódio.

O aumento na quantidade de ácidos fúlvicos observado por TURENNE (1977) a partir do segundo ano de cultivo foi aqui observado apenas na fração extraída pela soda e desde logo depois da queimada.

Em resumo, no ecossistema natural a drenagem menos impedida favorece a manutenção dos ácidos húmicos e a diminuição dos acidos fúlvicos sem diminuição na quantidade de matéria orgânica

total. Após o desmatamento, o solo sendo cultivado ocorre o inverso: há diminuição no teor de matéria orgânica total, na quantidade de ácidos húmicos e aumento na quantidade de ácido fúlvico extraído pela soda. Todavia, se após o cultivo a terra ficar em pousio, o desenvolvimento da vegetação acarreta aumentos no teor de matéria orgânica total, com consequente recuperação do nível de ácidos húmicos e abaixamento do teor de ácido fúlvico extraído pela soda.

4.4.3. Evolução da Matéria Orgânica

Com auxílio dos dados apresentados na Tabela 17 e na Figura 33 delinear-se-á o processo de evolução da matéria orgânica em consequência da queimada, do cultivo e do pousio.

Em decorrência da queimada parte da liteira sofre combustão, liberando cinzas ricas em bases que se incorporam ao solo. A quantidade de resíduos vegetais sobre o solo decrece, juntamente com os resíduos pouco alterados existentes no solo, enquanto há um discreto acrêscimo dos compostos húmicos do complexo. Isto deve-se sobretudo ao aumento da afinidade entre os compostos orgânicos e a fração mineral devido à liberação de cargas dependentes e a adição de bases (vide item 4.3.3.2.1). O ácido húmico extraído pela soda começa a decrescer e o ácido fúlvico extraído pela soda a aumentar. A quantidade de C existente no solo do ecossistema natural até 15cm de profundade passa de 3.205 para 2.396 g/m², ou seja há um decrescimo de 25% (Tabela 17).

TABELA 17 - Distribuição do carbono contido na parte superior do solo (liteira - ou resíduos vegetais sobre a superfície - mais horizonte A) sob diferentes condições do ecossistema

PARTE DO ECOSISTEMA	N A T U R A L			A L T E R A D O			
	IMPERFEITAMENTE DRENADO	MODERADAMENTE DRENADO	BEM DRENADO	RECÉM QUEIMADO	CULTIVADO 1 ANO	CULTIVADO 5 ANOS	POUSIO 3 ANOS
	gC/m ²						
Liteira	649	478	709	274	109	50	448
Folhas	176	237	306	0	21	0	188
Galhos	370	194	266	202	66	18	204
Fragmentos	99	45	124	82	22	32	55
Frag. folhas	n.d.(1)	6	n.d.(1)	2	4	10	n.d.(1)
Frag. Galhos	n.d.(1)	11	n.d.(1)	12	11	1	n.d.(1)
Outros(2)	n.d.(1)	28	n.d.(1)	68	7	21	n.d.(1)
Solo(0-15cm)	2219	2201	2496	2122	2132	1806	2106
F 200-2000	688	726	524	318	256	307	400
F 50-200	399	418	599	446	298	199	337
F 0-50	1132	1057	1373	1358	1578(1082)	1300	1369
Humina	475	433	549	543	726(498)	533	548
Ácidos Húmicos	283	275	536	380	347(238)	312	438
Ácidos Fúlvicos	374	349	288	435	505(346)	455	383
T O T A L	2868	2679	3205	2396	2241	1856	2554

(1) - não determinado

(2) - Principalmente fragmentos indiferenciados

N.B. - Os valores entre parênteses correspondem ao calculado considerando-se que a massa da fração F 0-50 da condição cultivado 1 ano fosse idêntica as das demais condições do ecossistema alterado.

Figura 33. Distribuição do carbono contido na parte superior do solo (liteira - ou resíduos vegetais sobre a superfície - mais horizonte A) sob diferentes condições do ecossistema.

Durante o primeiro ano de cultivo os resíduos da superfície se decompõem, porém, por não haver reposição dos resíduos em quantidade suficiente, como acontecia no ecossistema natural, ocorre pequeno decréscimo na quantidade de matéria orgânica total na parte superior do perfil, decorrente da mineralização dos resíduos vegetais e de uma provável reversão na afinidade entre os compostos orgânicos e minerais, provocada pela queimada, acompanhada da migração de compostos orgânicos em profundidade. Com efeito observa-se que há diminuição do pH e evidências da translocação de bases para os horizontes mais profundos (vide item 4.3.3.2.2). Além disto, continua ocorrendo variação nos compartimentos húmicos: o ácido húmico continua diminuindo, envolvendo também a fração extraída pelo pirofosfato de sódio, e o ácido fúlvico extraído pela soda continua aumentando; este aumento agora acompanhado pelo de humina. A quantidade de C contida no solo até 15 cm de profundidade passa para 2.241 g/m^2 , decrescendo portanto mais 5% em relação ao ecossistema natural, mesmo sem considerar-se a ocorrência do aumento da quantidade de C (Tabela 17) devido a textura do solo ser mais fina que a das demais fases (Tabela 8).

Não dispõe-se de dados referentes as fases intermediárias entre 1 e 5 anos de cultivo, porém, após este tempo observa-se que ocorre um decréscimo acentuado no teor de matéria orgânica total do solo: a quantidade de C existente até 15 cm de profundidade baixa para 1.856 g/m^2 , o que corresponde a 42% da encontrada no ecossistema natural sob condição de boa drenagem e a 69% da encontrada no pedon moderadamente drenado.

o qual menos acumula matéria orgânica. Há um ligeiro aumento da fração F 200-2000, provavelmente decorrente da capina da vegetação secundária efetuada antes do plantio, e um nítido decréscimo da fração F 50-200. Quanto a fração húmica verifica-se que tendem a se estabilizar as variações das frações extraídas pela soda e a variar as frações extraídas pelo pirofosfato de sódio, contudo segundo o mesmo padrão anterior: diminuição de ácido húmico e aumento de ácido fúlvico.

Em resumo, pode-se dizer que após o desmatamento não havendo mais deposição de resíduos vegetais em grande quantidade, a decomposição progressiva dos ainda existentes suprem a formação da fração F 50-200, que por sua vez alimenta a formação dos compostos húmicos, especialmente do ácido fúlvico extraído pela soda, denotando o predomínio da via de solubilização no processo de humificação. Após o primeiro ano começa a haver também a ocorrência da via de condensação e a humina tende a aumentar. Porém, a esta altura, o teor de matéria orgânica total inicia a decrescer, baixando consideravelmente após 5 anos de cultivo. Com isto o processo decomposição tende a estabilizar as frações extraídas pela soda devido a falta de resíduos vegetais que alimentem o processo global de decomposição, passando a haver conversão entre as frações extraídas pelo pirofosfato de sódio (Tabela 17).

Com o pousio, ao contrário, ocorre a produção elevada de resíduos pela vegetação secundária. A quantidade de C contida no solo, até 15 cm, aumenta para 2.554 g/m^2 o que correspondendo a 80% da encontrada no ecossistema natural (Tabela 17). Os novos resíduos realimentam o processo de decomposição, contri-

buindo tanto para o aumento do teor de matéria orgânica total do solo quanto para a formação dos ácidos húmicos e degradação dos ácidos fúlvicos. Em suma, com o desenvolvimento da vegetação natural secundária o sentido do processo de decomposição se inverte em relação ao que ocorre quando o solo é mantido sob cultivo (Figura 33).

5. CONCLUSÕES

Os solos sob ecossistema florestal estudados possuem drenagem variável, incluindo as classes imperfeitamente, moderadamente e bem drenados. Estes solos possuem em comum uma organização pedológica caracterizada por um adensamento natural ao nível do horizonte B, o qual é agravado nos pedons de textura mais fina, onde a macroporosidade é muito reduzida e as condições de encharcamento prolongado menos favorável à humificação. Portanto as variações nas condições da drenagem além de influírem na quantidade da liteira produzida pela vegetação, afetam o estoque de matéria orgânica da parte superior do perfil.

Os dados obtidos indicam que no ecossistema natural o adensamento do horizonte B é causado pela evolução de um material endurecido de composição granulométrica variável e concorre para a diminuição dos ácidos húmicos e aumento dos ácidos fúlvicos, causando a desestabilização do complexo organo-mineral, a migração de argila e a obstrução dos macro-

poros. Este processo parece ter seus efeitos atenuados pela presença de um horizonte A agregado mantido às custas de constante adição de matéria orgânica, causando, todavia, um estado propício as alterações físicas e químicas quando o solo é desmatado e cultivado.

A queimada, embora não cause prejuízos imediatos ao solo, chegando mesmo a melhorar suas características químicas, cria as condições favoráveis à fortes alterações físicas caso o desenvolvimento da vegetação natural seja impedido.

Não havendo mais a vegetação os resíduos provenientes da queimada, juntamente com os pré-existentes no solo, decompõem-se sem que haja reposição. Inicialmente não ocorre variação no teor de matéria orgânica total do solo. Todavia, a decomposição provoca variações na qualidade da matéria orgânica e começa a afetar a estrutura do solo, detectando-se na densidade do solo um aumento de $0,16 \text{ g/cm}^3$ nos quatro primeiros centímetros. Há a movimentação descendente de compostos orgânicos no perfil e, na camada superficial os resíduos vegetais humificados suprem a formação dos compostos ligados ao complexo mineral, ao mesmo tempo que são mantidos pela decomposição dos resíduos vegetais pouco alterados. Os compostos ligados aos colóides minerais também são afetados e a quantidade de ácido húmico passa a diminuir formando-se ácido fúlvico.

O processo de alteração evolui e, depois de 1 ano, após o solo haver sido cultivado, observa-se uma diminui

ção no teor de matéria orgânica nos dez primeiros centímetros do solo, bem como um aumento na densidade do solo da ordem de $0,15 \text{ g/cm}^3$, os quais estão associados a alterações microestruturais: o plasma fica denso e tende a segregar-se do esqueleto. A fração húmica do solo mantém-se suprida pela decomposição dos resíduos vegetais, porém o ácido húmico continua diminuindo sem um conseqüente aumento de ácido fúlvico mas sim de humina.

O que afeta o solo desmatado não é o cultivo em si, pois ele pouco mobiliza o solo além de não ser intensivo, mas sim a erradicação da vegetação, que expõe o solo às condições microclimáticas mais adversas, associada a ausência do suprimento adequado de matéria orgânica, especialmente de matéria orgânica humificada. Ocorre então uma maior desestabilização do complexo organo-mineral que aquela observada nos locais com drenagem deficiente no ecossistema natural. Verifica-se a migração de argila e a obstrução parcial dos poros ao nível do horizonte A, os quais concorrem para o aumento das perdas das partículas argilo-húmicas, além de limitarem o processo de humificação.

Caso se prolongue o cultivo, as alterações na estrutura são marcantes e, apesar de manter a maioria dos parâmetros químicos em níveis pelo menos idênticos ao do ecossistema natural, o solo torna-se improdutivo.

As alterações na estrutura estão sempre associadas à matéria orgânica. Após o quinto ano de cultivo, a

quantidade de matéria orgânica sofre um decréscimo acentuado, especialmente nos 10 primeiros centímetros, chegando a diminuir 14% até 1 metro de profundidade. A conversão de resíduos pouco alterados em compostos húmicos é interrompida pela falta de suprimento, bem como as alterações nas quantidades relativas das frações do humus.

Todavia, após o segundo ano, se o cultivo for interrompido, o desenvolvimento da vegetação natural secundária (capoeira) concorre para o progressivo aumento da quantidade de resíduos que associado à elevada atividade da fauna do solo depois de três anos é capaz de inverter a direção do processo de alteração provocado pelo desmatamento; em consequência o solo tende a retornar às condições originais.

6. LITERATURA CITADA

ARAUJO, J.V. et alii, 1973. Levantamento exploratório de solos da folha SA 23. São Luiz e parte da folha SA 24. Fortaleza. In: BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM . Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, DNPM, V.3.

BABEL, U., 1971. Gliederung und beschreibung des humus pro fil, in mitteleuropaschen Wäldern. Geoderma, Amsterdam , 5 : 297-324.

BAIARDI, A., 1981. Amazônia: uma região ferida de morte. Rev . Bras. Tecnol., Brasília, 12(4):17-29.

BAIARDI, A., 1983. Desmatamento: o caso da Amazônia brasileira. Rev.Bras. Tecnol., Brasília, 14(2):5-19.

BARBOSA, G.V. e M.N. PINTO, 1973. Geomorfologia da folha SA. São Luiz e parte da folha SA 24. Fortaleza. In: BRASIL, De partamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Le vantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, DNPM,v.3.

- BATISTA, D. da C., 1969. Inventário científico da Amazônia. In: LIMA, A.A. de A. et alii. Problemática da Amazônia. Rio de Janeiro, Casa do Estudante do Brasil, p.221-244.
- BETSCH, J.M., 1979. Biologie des sols. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'ecosysteme forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, p.54-56. (Bulletin de liaison du groupe de travaux n.2).
- BOULET, R., 1981. Etude pedologique des bassins versants ECEREX. Bilan de la cartographie. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'ecosysteme forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, p.33-44, (Bulletin de liaison du groupe de travaux n.4).
- BREWER, R., 1964. Fabric and Mineral Analysis of Soils. New York, John Willey & Sons, 470p.
- BUCKMAN, H.O. e N.C. BRADY, 1976. Natureza e propriedades dos solos. Compendio Universitário de edafologia. S. Paulo/Rio de Janeiro. Livraria Freitas Bastos, 594 p. 4ª. edição em português (traduzido do original "The nature and properties of soils" por Antonio B. Neiva Figueiredo Fº).
- CERRI, C.C.; B. de P. EDUARDO e B. VOLKOFF, 1983. Biomassa microbiana do latossolo amarelo sob vegetação natural e modificada pelo cultivo. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Campinas. Programa e Resumos do XIX Congresso Brasileiro de Ciência do solo. 126. (Resumo nº 38).

- CHAUVEL, A. (1982). Os latossolos amarelos, álicos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. Supl. Acta Amazonica. Manaus. 12(3):47 - 60.
- CUNNINGHAM, R.K., 1963. The effect of clearing a tropical forest soil. J. Soil Science, Oxford. 14(2): 334.345.
- DABIN, B., 1971. Etude d'une méthode de fractionnement des matières humiques du sol. Science du Sol. Paris, 1:47-63.
- DABIN, B., 1982. Relação entre a evolução dos compartimentos húmicos sob cultura e os fatores físicos e químicos da fertilidade em diferentes solos tropicais. In: CERRI, C. C. et alii, Ed. Anais do Colóquio Regional sobre Matéria Orgânica do Solo. Piracicaba, CENA-USP/PROMOCET, p.87-96.
- DANTAS, N.; I.A. RODRIGUES e N.R.M. MÜLLER, 1980. Estudos fitosociológicos do trópico húmido brasileiro. Aspectos fitosociológicos de mata sobre latossolo amarelo em Capitão Poço Parã, Belém. EMBRAPA/CPATU. 23p. (boletim de Pesquisa, nº 9).
- DANTAS, M. e A. de O. MATOS, 1981. Estudos fito-ecológicos do trópico úmido brasileiro. III Conteúdo de Nutrientes em cinzas de floresta e capoeira, Capitão Poço-PA. Belém, EMBRAPA/CPATU. 23p. (Boletim de Pesquisa, nº 24).
- DINIZ, T.D. de A.S. e T.X. BASTOS, 1980. Efeito do desmatamento na temperatura do solo em região equatorial úmida. Belém, EMBRAPA/CPATU, 14p. (Boletim de Pesquisa, nº 7).

- EMBRAPA, 1979. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos,
- EMBRAPA, 1981. Sistemas de Produção com plantas perenes em consórcio duplo para o trópico úmido brasileiro - Resultados preliminares. Belém, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, 117p.
- EWEL, J.; C. BERISH; B. BROWN, N. PRICE e J. RAICH, 1981. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. Ecology. Durham, N.C., 62(3): 816-819.
- FALESI, I.C.; A.R.C. BAENA e S. DUTRA, 1980. Consequências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do nordeste paraense. Belém, EMBRAPA/CPATU. 49p. (Boletim de pesquisa, nº 14).
- FASSBENDER, H.W., 1975. Química de Suelos com ênfasis en suelos de América latina. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 398p.
- FEARNSIDE, P.M., 1979. O desenvolvimento da floresta amazônica: problemas prioritários para a formulação de diretrizes. Acta Amazônica. Manaus, 9(4): 123-129 (suplemento).
- FEARNSIDE, P.M., 1982. Desmatamento na Amazônia brasileira : com que intensidade vem ocorrendo ? Acta Amazônica. Manaus , 12(3): 495-497.

- FELLER, C., 1979. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols, application aux sols tropicaux, à textures grossières, très pauvres en humus. Cah. ORSTOM; SÉR: Pedol. Paris, 17(4): 339-346.
- FITTKAU, E.J.; U. IRMLER; W.J. JUNK; F. REISS e G.W. SCHMIDT, 1975. Productivity, biomass, and population dynamics in amazonian water bodies. In: GOLLEY, F.B. e E. MEDINA, Ed. Tropical ecological systems. Trends in terrestrial and aquatic research. New York, Springer-Verlag, p.290. (Ecological Studies, V.11).
- FLORESTA, H., 1982. Premier temps de la régénération après coupe papetier: ARBOCEL. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'écosystème forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, P. 185-215. (Bulletin de liaison du groupe de travaux, n° 2).
- FRANCISCO, B.H.R.; P. LOEWENSTEIN; O.F. da SILVA e G.G. SILVA, 1971. Contribuição à geologia da folha São Luiz (SA 23) no estado do Pará. III. Estratigrafia. IV. Recursos Minerais. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi, 40p. (Boletim n° 17, série Geologia).
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1968. Divisão do Brasil em Micro-regiões Homogêneas. Rio de Janeiro, IBGE, 563p.

- GOES FILHO, F. et alii, 1973. Estudo fitogeográfico da folha SA 23 São Luiz e parte da folha SA 24 Fortaleza. In: BRASIL Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, DNPN v.3.
- GREENLAND D.J. e P.H. Nye, 1959. Increases in carbon and nítrogen contents of tropical soil under natural fallows. J. Soil. Sci, Londres, 9(2):284-299.
- HUDSON, N., 1971. Soil Conservation. New York, Cornell University Press, 320p.
- JENKINSON, D.S. e D.S. POWLSON, 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. Method for measuring soil biomass. Soil Biology and Biochemistry. Oxford, 8(3) : 209-213.
- KIEHL, E. J. , 1979. Manual de Edafologia. Relações solo-planta. S. Paulo, Editora Agronômica Ceres, 264 p.
- KLINGE, H. e W.A. RODRIGUES, 1968. Litter production in area of amazonian terra firme forest. I. Litter-fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. Amazôniana.Kiel, 1(4): 95-98.
- KLINGE, H.; W.A. RODRIGUES; E. BRUNIG e E.J. FITTKAU, 1975 . Biomass and structure in a central amazonian rain forest. In : GOLLEY, F.B. e E. MEDINA, Ed. Tropical ecological systems. Trends in terrestrial and aquatic research. New York, Springer-Verlag, p.115-122 (Ecological Studies, v. 11).

- KUHLMANN, E., 1977. Vegetação. In: FUNDAÇÃO DO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil, Região Norte. Rio de Janeiro, IBGE, p. 59-91.
- LESCURE, J.P., 1978. An architectural study of the vegetation's regeneration in French Guiana. Vegetatio, 37(1):53-60.
- LESCURE, J.P. e F. PREVOST, 1979. Etude de la forêt guyanaise et de sa regeneration: etat d'avancement des travaux. In : SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'ecosysteme forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, p. 35-38. (Bulletin de liaison du groupe de travaux, nº 2).
- LESCURE, J.P., 1981. La vegetation et la flore dans la region de la piste de St. Elie. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'ecosysteme forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne , ORSTOM, p. 4-24 (Bulletin de liaison du group de travaux, nº 3).
- LESCURE, J.P.; H. PUIG; B. RIERA; F. BEEKMAN; A. BENETEAU e D. LECLERC, 1982. La phytomasse épigée de la forêt dense en Guyane Française. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'ecosysteme forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, p.77-118. Bulletin de liaison du group de travaux, nº 6).
- LIMA, R.R., 1954. Os efeitos das queimadas sobre a vegetação dos solos arenosos da região da estrada de ferro de Bragança. Belém, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Norte, p.(Boletim nº 33).

- MANARINO, R.P.; B. VOLKOFF e C.C. CERRI, 1982. Comparação do humus de capoeira e de floresta natural em latossolo amarelo da região amazônica, Brasil. In: CERRI, C.C. et alii, Ed. Anais do Colóquio Regional sobre Matéria Orgânica do Solo. Piracicaba, CENA-USP/PROMOCET, p.51-58.
- MAURI, G., 1979. Plantulas et regeneration forestière en Guyane française: Premiêres constatations sur une coupe à blanc de 25 ha. In: SCHIRLE, A. et alii. Ed. L'ecosysteme forestier guyanais. Etude et mise en valeurs. Cayenne ORSTOM, p. 49-53. (Bulletin de liaison du groupe de travaux, nº 2).
- MEYERS, N., 1982. Depletion of tropical moist forest: A comparative review of rates and causes in three main regions. Acta Amazonica. Manaus, 12(4): 745-758.
- MILLER, R.H.; J.J. NICHOLAIDES; P.A. SANCHEZ e D.E. BANDY, 1982. Soil organic matter considerations in agricultural systems of the humid tropics. In: CERRI, C.C. et alii. Ed. Anais do Colóquio Regional sobre Matéria Orgânica do Solo. Piracicaba, CENA-USP/PROMOCET, p. 105-110.
- NIMER, E., 1977. Clima. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil, Região Norte. Rio de Janeiro, IBGE, p. 39-58.
- NUNES, et alii, 1973. Geologia da folha SA 23 São Luiz e parte da folha SA 24, Fortaleza. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro, DMPN, V.3.

ORSTOM (s.d.). Méthodes d'analyses utilisées au laboratoire de physique des sols. Bondy, 30p.

PREVOST, M.F., 1981a. Recrû de trois ans après coupe de type papetier. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'écosystème forestier guyanais, Etude et mise en valeur. Cayenne ORSTOM, p. 68-81. (Bulletin de liaison du groupe de travaux, n° 3).

PREVOST, M.F., 1981b. Evolution d'une jeune forêt secondaire entre six à sept ans après coupe, Pist de St. Elie, Guyane. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'écosystème forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, p. 82-92 (Bulletin de liaison du groupe de travaux, n° 3).

PUIG, H., 1979a. Productivité de la forêt primaire guyanaise : état d'avancement des travaux. In: SCHIRLE, A. et alii. Ed. L'écosystème forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, p. 49-53. (Bulletin de liaison du groupe de travaux n° 2).

PUIG, H., 1979b. Production de litière en forêt guyanaise : résultats préliminaires. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 115(3-4) : 338-346.

REGO, R.S. et alii, 1973. Estudo detalhado do solo de uma área do município de Capitão Poço. Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico-Social do Estado do Pará, 117p. (Série Cadernos Paraenses, n° 9).

- ROOSE, E.J., 1979. Dynamique actuelle d'un sol ferrallitique très désaturé sur sédiments argilo-sableux sous culture et sous forêt dense humide subéquatoriale du sud de la Côte d'Ivoire. Adiopodoumé 1964 a 1976. Cah. ORSTOM, sér. Pedol. Paris, 17(4):259-281.
- SALATI, E., 1983. O clima atual depende da floresta. In: SALATI, E, Coord. Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia. São Paulo, Editora Brasiliense/CNPq, p.15-44.
- SALATI, E. e P.B. VOSE (1984). Amazon basin: a system in equilibrium. Science. Washington, DC, 225: 129-138.
- SANCHEZ, P.A. e S.W. BUOL, 1975. Soil of the tropics and the world food crisis. Science. Washington, D.C., 188: 598-603.
- SANCHEZ, P.A., 1976. Properties and management of soils in the tropics. New York, John Wiley & Sons, 618p.
- SANCHEZ, P.A.; D.E. BANDY; J.H. VILLACHICA e J.J. NICHOLAIDES, 1982. Amazon basin soils. management for continuous crop. production. Science. Washington, D.C., 216: 821-827.
- SANTOS, A. dos; M. de N.G. RIBEIRO; J.S. RIBEIRO e S.R.B. BRIN GEL. 1981. Hidroquímica da Amazônia Central. III. Química da água de lavagem da floresta no ecossistema campina amazônica (stemflow). Acta Amazonica, Manaus, 11(2): 335-346.
- SANTOS, O.M. e B.B. CRISI, 1981. Efeito do desmatamento na atividade dos microrganismos de solo de terra firme na Amazônia. Acta Amazonica. Manaus, 11(1): 97-102.

- SARRAILH, J.M., 1982. Premières observations sur les pâturages des parcelles de ruissellement et d'érosion. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'écosystème forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, p. 7-18 (Bulletin de liaison du groupe de travaux, nº 6).
- SEUBERT, C.E.; P.A. SANCHEZ e C. VALVERDE, 1977. Effects of land clearing methods on soil properties of an ultisol and crop performance in the amazon jungle or Peru. Trop. Agric. Trinidad, 54(4): 307-322.
- SHUBART, H.O.R., 1983. Ecologia e utilização das florestas. In: SALATI, E., Coord. Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia. São Paulo, Editora Brasiliense/CNPq, p.101-143.
- SHUBART, H.O.R.; W. FRANZEN e F.J. LUIZÃO, 1984. Uma floresta sobre solos pobres. In: Ciência Hoje, 2(10): 26-32.
- STOOPS, G. e A. JONGERIUS, 1975. Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of the related distributions of fine and coarse particles. Geoderma. Amsterdam, 13: 189-199.
- TAKEUCHI, M., 1960. A estrutura da vegetação na Amazônia. I. Mata pluvial tropical. Belém, Museu Paraense Emílio Goeldi. 37p. (Boletim nº 6, Nova Série, Botânica).
- TOUTAIN, F., 1981. Les humus forestiers, structures et modes de fonctionnement. Revue forestière française, 23(6): 449-477.

- TURENNE, J.F., 1977. Culture itinerant et jachere forestier en Guyane. Evolution de la matière organique. Cah. ORSTOM, sér. Pedol. Paris, 15(4): 449-461.
- TURENNE, J.F., 1982. Evolution de la matière organique en milieu forestier guyanais. In: SCHIRLE, A. et alii, Ed. L'ecosysteme forestier guyanais. Etude et mise en valeur. Cayenne, ORSTOM, p. 33-46 (Bulletin de liaison du groupe de travaux nº 6).
- VALVERDE, O., 1981. Ecologia e desenvolvimento da Amazônia. Rev. Bras. Tecnol. Brasília, 12(4): 3-16.
- VOLKOFF, B. e C.C. CERRI, 1981. Humus em solos da floresta amazônica da região do Rio Madeira. Rev. bras. ci. do Solo, Campinas, 5(1):15-21.
- VOLKOFF, B.; E. MATSUI e C.C. CERRI, 1982. Discriminação isotópica do carbono nos humus de latossolo e podzol da região amazônica do Brasil. In: CERRI, C.C. et alii, Ed. Anais do Colóquio Regional sobre Matéria Orgânica do Solo. Piracicaba, CENA-USP/PROMOCET, p. 147-154.
- WOLFRAN, F.; P.R. LEOPOLDO; E. MATSUI e M. de N. RIBEIRO, 1982. Estudo da interceptação da água da chuva em cobertura florestal amazônica do tipo terra firme. Acta Amazônica, Manaus, 327-332.

7. APÊNDICE

APÊNDICE 1 - TABELAS

TABELA A₁ Percentuais de areia, silte, argila total e grau de flocculação do solo no ecossistema natural.

Horizonte	Profundi- dade (cm)	Areia		Silte	Argila Total	Grau de flo- culação ⁽¹⁾
		Grossa	Fina			
<hr/>						
<div style="text-align: center;">%</div> <hr/>						
<u>IMPERFEITAMENTE DRENADO</u>						
F/A ₁₁	0 - 2	31	36	11	22	40
A ₁₁	2 - 6	37	37	7	19	39
A ₁₂	6 - 10	36	35	8	21	60
A ₃	10 - 18	34	34	8	22	48
<u>MODERADAMENTE DRENADO</u>						
A ₁₁	0 - 4	37	38	9	16	55
A ₁₂	4 - 8	34	37	9	20	47
A ₃	8 - 15	30	34	10	26	20
B ₁₁	15 - 30	24	32	11	33	23
B ₁₂	30 - 45	28	29	9	34	16
B ₂₁	45 - 70	23	28	9	40	19
B ₂₂	70 - 110	20	22	7	51	96
B ₂₂	110 - 170	17	21	8	54	98
B ₂₃	170 - 210	15	18	5	62	98
<u>BEM DRENADO</u>						
A ₁₁	0 - 4	25	56	8	11	62
A ₁₂	4 - 10	23	53	10	14	49
A ₃	10 - 20	20	51	10	19	53

(1) Obtido através da fórmula: argila total - argila natural / argila total x 100

TABELA A₂ Percentuais de areia, silte, argila total e grau de floculação do solo no ecossistema alterado.

Horizonte	Profundi- dade (cm)	Areia		Silte	Argila Total	Grau de Flo- culação ⁽¹⁾
		Grossa	Fina			
%						
<u>RECÉM QUEIMADO</u>						
A ₁₁	0 - 1	37	49	6	8	62
A ₁₁	1 - 4	38	50	5	7	62
A ₁₂	4 - 10	29	53	7	11	54
A ₃	10 - 20	24	54	7	15	48
<u>CULTIVADO POR 1 ANO</u>						
A ₁₁	0 - 2	38	32	8	22	42
A ₁₁	2 - 6	38	30	8	24	34
A ₁₂	6 - 15	34	31	8	26	33
A ₃	15 - 25	28	30	9	33	24
B ₁₁	25 - 35	28	25	10	37	14
<u>CULTIVADO POR 5 ANOS</u>						
A ₁	0 - 7	34	45	8	13	23
A ₃	7 - 17	33	44	6	17	21
B ₁₁	17 - 32	26	45	7	22	10
B ₁₂	32 - 45	25	43	7	25	18
B ₁₃	45 - 70	24	40	10	26	03
B ₂₁	70 - 95	24	37	9	30	29
<u>POUSIO DE 3 ANOS APÓS 2 ANOS DE CULTIVO</u>						
A ₁₁	0 - 2	42	45	4	9	43
A ₁₂	2 - 7	35	45	5	15	28
A ₃	7 - 20	24	49	5	22	46
B ₁₁	20 - 30	28	42	5	25	32
B ₁₂	30 - 40	25	42	9	24	18
B ₁₃	40 - 55	24	41	8	27	11
B ₂₁	55 - 75	21	40	7	30	09

(1) Obtido através da fórmula : $\frac{\text{argila total} - \text{argila natural}}{\text{argila total}} \times 100$

APÊNDICE 2 - DESCRIÇÕES MORFOLÓGICAS DO SOLO

Perfil Imperfeitamente Drenado

CLASSIFICAÇÃO: Podzólico vermelho amarelo distrófico-Tb, A moderado, textura média/argilosa, fase floresta tropical densa de terra firme, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO - Estado do Pará, município de Capitão Poço, Campo Experimental do CPATU, em frente a parcela de cultivo de guaraná em sub bosque do Projeto CPATU 1, a 60m do canto esquerdo anterior, na direção sudoeste.

SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL DO PERFIL - Trincheira, situada em relevo plano, 2 a 3% declividade, vegetação de floresta natural.

ALTITUDE -

LITOLOGIA - Formação Barreiras

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-arenosos

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Não aparente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical densa de terra firme

USO ATUAL - Reserva florestal

CLIMA - Am de classificação de Köppen

F/A₁₁ - 0-2cm, grumos médios, bruno (10YR 4/3, úmido) misturados a abundantes fragmentos de folhas e galhos, e muitas raízes finas e médias.

- A₁₁ - 2-6cm, bruno (10YR 4/3, úmido) cinza brunado claro (10YR 6/2, seco), mosqueado abundante, pequeno e difuso, bruno amarelado escuro (10YR 4/4); franco arenosa; forte grande a muito grande granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- A₁₂ - 6-10cm, bruno (10YR 5/3 úmido), bruno claro acinzentado (10YR 6/3 seco), mosqueado abundante, pequeno e difuso, bruno (10YR 4/3); franco arenosa; moderada média a muito grande granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- A₃ - 10-18cm, bruno amarelado (10YR 5/4 úmido) bruno amarelado claro (10YR 6/4 seco), mosqueado pouco, pequeno e distinto, bruno forte (7,5 YR 5/8); franco argilo arenosa; fraca média blocos sub angulares; duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B₁ - 18-32cm, bruno amarelado (10YR 5/4, úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco), mosqueado pouco, pequeno e distinto, bruno forte (7,5YR 5/8); franco argilo arenosa; maciça; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₁ - 32-50cm, bruno amarelado claro (10YR 6/4 úmido) bruno

muito claro acinzentado (10YR 7/4 seco), mosqueado comum, médio e distinto, bruno forte (7,5YR 5/8), abundante, pequeno e proeminente, amarelo avermelhado (5YR 6/8), pouco, pequeno e proeminente, vermelho (2,5YR 6/8); argilo arenosa; maciça; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₂ - 50-80cm, bruno amarelado claro (10YR 6/4, úmido), bruno muito claro acinzentado (10YR 7/4, seco), mosqueado comum, grande e distinto, bruno forte (7,5YR 5/8); argilo arenosa; maciça; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₃ - 80-110cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido) bruno muito claro acinzentado (10YR 8/3 seco) mosqueado abundante, grande e distinto, bruno forte (7,5YR 5/8); argila; maciça; muito duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

B₃₁ - 110-180cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), bruno muito claro acinzentado (10YR 8/3, seco), mosqueado abundante, médio e difuso, amarelo (10YR 7/6), abundante, grande e distinto, amarelo brunado (7,5 YR 6/8); argila; maciça; muito duro, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

B₃₂ - 180-230⁺cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), bruno muito claro acinzentado (10YR 8/3, seco), mosqueado comum, médio e difuso, amarelo (10YR 7/6), comum, grande e distinto, amarelo avermelhado (7,5YR 6/8); argila; maciça; muito duro , friável, muito plástico e muito pegajoso.

Perfil Moderadamente Drenado

CLASSIFICAÇÃO: Podzólico vermelho amarelo distrófico - Tb, A moderado, textura média/argilosa fase floresta tropical densa de terra firme, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO - Estado do Pará, município de Capitão Poço, Campo Experimental do CPATU, a 100m do canto esquerdo anterior da parcela de cultivo de guaraná em sub-bosque do projeto CPATU 1, na direção noroeste.

SITUAÇÃO: Trincheira situada em relevo plano; 1 a 2% de declividade, vegetação de floresta natural.

ALTITUDE -

LITOLOGIA - Formação Barreiras

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-arenosos

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Não aparente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical densa de terra firme

USO ATUAL - Reserva florestal

CLIMA - Ami da classificação Koppen

- A₁₁ - 0-4cm, bruno (10YR 4/3, úmido) cinza brunado claro (10YR 6/2, seco), mosqueado abundante, pequeno e difuso, bruno amarelado escuro (10YR 4/4); franco arenosa; forte grande a muito grande granular; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.
- A₁₂ - 4-8cm, bruno (10YR 5/3, úmido) bruno claro acinzentado (10YR 6/3, seco) mosqueado abundante, pequeno e difuso, bruno (10YR 4/3); areia franca; moderada média a muito grande granular; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.
- A₃ - 8-15cm, bruno amarelado (10YR 5/4 úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4 seco); franco argilo arenosa; maciça; duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B₁₁ - 15-30cm, bruno amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco); franco argila arenosa; maciça; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₁₂ - 30-45cm, bruno amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno muito claro acinzentado (10YR 7/3, seco); franco argilo arenosa; maciça; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₁ - 45-60cm, bruno amarelado claro (10YR 6/4, úmido) bruno

✓ muito claro acinzentado (10YR 7/4, seco)argilo arenosas ;
maciça; duro muito friável, plástico e pegajoso; transição
difusa e plana.

B₂₂ - 60-110cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), amarelo(10YR
7/6 seco) mosqueado abundante, médio e proeminente, verme
lha (2,5YR 5/8); argilo arenosa; maciça; duro, friável ,
plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₃ - 110-170cm, coloração variegada, constituída de amarelo bruu
nado (10YR 6/6, úmido) amarelo (10YR 7/6) e vermelho(2,5
YR 5/8, úmido) vermelho claro, (2,5YR 6/8 seco); argila ;
maciça; duro, friável; muito plástico e muito pegajoso ;
transição difusa e plana.

B₃₁ - 170-210cm, vermelho amarelado (5YR 5/6 úmido) amarelo averu
melhado (5YR 6/6 seco); argila; maciça; duro, friável, mui-
to plástico e muito pegajoso.

Perfil Bem Drenado

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo amarelo distrófico, A moderado, textura média, fase floresta tropical densa de terra firme, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO - Estado do Pará, município de Capitão Poço, área experimental do Planalsucar, a 300m do barracão de alvenaria, na direção noroeste.

SITUAÇÃO - Trincheira situada em relevo plano; 1 a 2% de declividade, vegetação de floresta natural.

ALTITUDE -

LITOLOGIA - Formação Barreiras

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-arenosos

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Não aparente

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical densa de terra firme

USO ATUAL - Reserva florestal

CLIMA - Ami de classificação de Koppen.

- A₁₁ - 0-4cm, bruno (10YR 4/3 úmido) bruno claro acinzentado (10YR 6/3, seco) mosqueado abundante, pequeno e difuso amarelado escuro, (10YR 4/4) abundante pequeno e difuso, preto brunado (10YR 3/2); areia franca; moderada média a muito grande granular; macia a ligeiramente duro, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.
- A₁₂ - 4-10cm, bruno (10YR 4/3 úmido), bruno (10YR 5/3) seco, mosqueado abundante, médio e difuso bruno (10YR 5/3) abundante pequeno e difuso, acinzentado escuro (10YR 4/2); franco arenosa; fraca média a muito grande granular; macia, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- A₃ - 10-20cm, bruno amarelado (10YR 5/4 úmido) bruno amarelado claro (10YR 6/4 seco) mosqueado abundante, médio e difuso, bruno (10YR 4/3); franco arenosa; fraca pequena a média, blocos subangulares, ligeiramente duro, muito friãvel, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição gradual e plana.
- B₁₁ - 20-50cm, bruno amarelado (10YR 5/6 úmido) amarelo (10 YR 6/6 seco) mosquêado comum, grande e difuso, bruno (10 YR 5/3); franco argilo-arenosa; maciça; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₁₂ - 50-75cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), amarelo (10 YR 7/6, seco) mosqueado pouco grande e difuso bruno (10YR 5/3); Franco argilo arenosa; maciça; duro, muito friável ;

plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

B₂₁ - 75-150cm, amarelo brunado, (10YR 6/8, úmido) amarelo (10YR 7/8 seco) mosqueado pouco, grande e difuso, bruno amarelado (10YR 5/4); franco argilo arenosa; maciça; duro, friável, plástico e pegajoso, transição clara e gradual.

B₂₂ - 150-180⁺cm, amarelo avermelhado (7,5YR 6/8 úmido) amarelo avermelhado (7,5YR 7/8, seco); franco argilo arenosa; maciça; duro, muito friável, plástico e pegajoso.

Perfil da Área Recém-queimada

CLASSIFICAÇÃO: Latossolo amarelo distrófico, A moderado, textura média, fase floresta tropical densa de terra firme, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO.- Estado do Pará, município de Capitão Poço, Área experimental do Planalsucar, Km da estrada PA-242, a 200m do barracão de alvenaria, na direção Norte.

SITUAÇÃO; DECLIVE E COBERTURA VEGETAL DO PERFIL - Trincheira situada em relevo plano; 1 a 2% de declividade; sem cobertura vegetal.

ALTITUDE -

LITOLOGIA - Formação Barreiras

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-arenosos

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Não aparente

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta Tropical densa de terra firme

USO ATUAL - Área recém queimada

CLIMA - Am de classificação de Koppen

- A₁₁ - 0-4cm, cinza brunado claro (10YR 6/2, úmido), cinza claro , (10YR 7/2), mosqueado abundante, médio e difuso, bruno acinzentado (10YR 5/2), abundante pequeno difuso, cinza escuro ' (10YR 4/1); areia; grãos simples e fraca pequeno e grande ' granular; solto e macio, solto e muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.
- A₁₂ - 4-10cm, bruno amarelado claro (10YR 6/4, úmido) bruno muito claro acinzentado (10YR 7/4, seco), mosqueado abundante, médio e difuso, bruno acinzentado (10YR 5/2) e bruno (10YR 5/3); areia franca; grão simples e fraca pequena a muito grande ' granular; solto e macio, solto e muito friável, não plástico e não pegajoso, transição gradual e plana.
- A₃ - 10-20cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), bruno muito claro acinzentado (10YR 7/4, seco), seco, mosqueado abundante, grande e distinto bruno acinzentado (10YR 5/2); franco arenosa; maciça; ligeiramente duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.
- B₁₁ - 20-32cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), bruno muito claro acinzentado (10YR 7/4, seco), mosqueado abundante, grande e difuso, bruno (10YR 5/3), franco arenosa, maciça, duro, muito friável, plástico e pegajoso, transição gradual e plana.
- B₁₂ - 32-64cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), bruno muito claro acinzentado (10YR 7/4, seco); mosqueado pouco, grande e

difuso, amarelo avermelhado (7,5YR 6/6); franco argilo arenoso, maciço; duro, muito friável; plástico e pegajoso, transição difusa e plana.

B₂₁ - 64-85cm, amarelo avermelhado(7,5YR, úmido), amarelo avermelhado(7,5YR 6/8, seco), mosqueado abundante, gende e difuso, amarelo(10YR 7/6); franco argiloso; maciça, duro, friável , plástico e pegajoso, transição difusa e plana.

B₂₂ - 85-100⁺cm, amarelo avermelhado (7,5YR 6/6, úmido), marelo avermelhado (7,5 YR 6/8, seco), mosqueado comum amarelo (YR 7/6); franco argilosa; maciça; duro; friável, plástico e pegajoso.

Perfil da Área cultivada por 1 ano.

PERFIL - PCA₁

DATA - 08/12/82

CLASSIFICAÇÃO : Podzólico vermelho amarelo eutrófico - T , A moderado, textura média/argilosa, fase floresta tropical densa de terra firme, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS - A cerca de 120 m na direção oeste do canto anterior esquerdo do projeto CPATU 2 , Campo Experimental de Capitão Poço, lado esquerdo da estrada Irituia-Capitão Poço(PA-), Km , Capitão Poço(PA),

SITUAÇÃO; DECLIVE E COBERTURA VEGETAL DO PERFIL - Trincheira situada em relevo plano; 2 a 3% de declividade, sem cobertura vegetal.

ALTITUDE -

LITOLOGIA - Formação Barreiras

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-arenosos

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Laminar ligeira

DRENAGEM - Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO - Floresta tropical densa de terra firme

USO ATUAL - Cultivo anual

CLIMA - Ami de classificação de Koppen.

A₁₁ - 0-6cm, bruno(10YR 4/3, úmido), bruno claro acinzentado(YR10 6/3,seco); franco argilo arenosa, franca muito pequena a média blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

A₁₂ - 6-15cm, bruno amarelado (10YR 5/4, úmido), cinza brunado claro (10YR 6/2), mosqueado comum, pequeno e distinto, amarelo avermelhado (7,5YR 6/6); franco; argilo arenosa moderada média a grande blocos subangulares; muito duro, firme ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso transição clara e plana.

A₃ - 15-25cm, bruno amarelado claro (10YR 6/4, úmido), bruno claro acinzentado (10YR 6/3,seco), mosqueado abundante, médio' distinto, bruno-forte(7,5YR 5/8); franco argilosa arenosa; fraca grande blocos subangulares; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana

B₁₁ - 25-35, bruno amarelo claro (10YR 6/4, úmido), bruno claro acinzentado (10YR 6/3,seco) mosqueado abundante, médio e distinto, bruno forte (7,5YR 5/8), argilo arenosa; fraca ' grande blocos subangulares; extremamente duro, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

B₁₂ - 35-75⁺cm , bruno muito claro acinzentado (10YR 7.5/3, úmido), amarelo (10YR 7/6, mosqueado abundante, grande e proeminente, vermelho amarelado (5YR 5/8); franco argilosa; fraca grande blocos subangulares; extremamente duro, muito firme, plástico e pegajoso.

Perfil da Área cultivada por 5 anos

CLASSIFICAÇÃO : Latossolo amarelo distrófico, A moderado, textura média, fase floresta tropical densa de terra firme, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO - No interior da parcela de cultivo intensivo do Projeto CPATU-2, a 12m da cerca paralela à estrada e 8m da cerca mimita com a parcela de pousio 4 anos, Campo Experimental

SITUAÇÃO; DECLIVE E COBERTURA VEGETAL DO PERFIL - Trincheira aberta em relevo plano, 1-2% de declividade, vegetação secundária de macega, com alguns núcleos de embaubeira (Cecropia sp.)

LITOLOGIA - Formação Barreiras

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-arenosos

PEDREGOSIDADE - Não pedregoso

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELEVO LOCAL - Plano

RELEVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Laminar ligeira

DRENAGEM - Moderadamente drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical de terra firme

USO ATUAL - Cultivo intensivo

CLIMA - Ami da classificação de Köppen

- A₁ - 0-7cm, bruno (10YR 5/3, úmido), bruno claro acinzentado (10YR 6/3, seco), mosqueado abundante, grnade e distinto, bruno amarelado claro (10YR 6/4), abundante, grande e difuso, bruno acinzentado (10YR 5/2) com nucleo distinto, cinza escuro (10YR 4/1) comum, pequeno e proeminente, vermelho amarelado (5YR 5/8); areia franca; fraca média a grande blocos subangulares; duro friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.
- A₃ - 7-17cm, bruno amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno amarelado' claro (10YR 6/4, seco) mosqueado abundante, grande e distinto, bruno (10YR 4/3) com nucleo bruno acinzentado escuro (10YR 4/2), abundante, médio e proeminente, vermelho amarelado (5YR 5/8); franco arenosa; maciça, duro, friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.
- B₁₁ - 17-32cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), amarelo (10YR 7/6, seco), mosqueado abundante, grande e distinto, bruno (10YR 5/3), médio e distinto vermelho amarelado (5YR 5/8); franco argilo arenosa; maciça, duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.
- B₁₂ - 32-45cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido), amarelo (10YR 7/6, seco), mosqueado comum, pequeno e distinto, amarelo avermelhado (5YR 7/8), pouco, médio e distinto bruno (10YR 5/3); franco argilo arenosa; maciça; duro friável, plástico e pegajoso, transição difusa e plana.

- B₁₃ - 45-70 cm, amarelo brunado (10YR 6/8, úmido), amarelo avermelhado (8,5YR 7/8, seco), mosqueado pouco, pequeno e distinto, amarelo avermelhado (5YR 7/8); franco argilo arenosa, maciça; dura, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₁ - 70-95 cm, amarelo avermelhado (8,5YR 6/8, úmido) amarelo avermelhado (8,5YR 7/8, seco), franco argilosa arenosa; maciça ; duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.
- B₂₂ - 95-120⁺ cm, amarelo avermelhado (7,5YR 6/8, úmido), amarelo avermelhado (7,5YR 7/8, seco); argila arenosa; muito duro, friãvel.

Perfil da Área em Pousio de 3 Anos após 2 Anos de cultivo

CLASSIFICAÇÃO : Latossolo amarelo distrófico, A moderado, textura média, fase floresta tropical densa de terra firme, relevo plano.

LOCALIZAÇÃO - No interior da parcela de Pousio 14 anos do Projeto CPATU-2, a 30m da cerca limite com a parcela de cacau e 20m da cerca do fundo, Campo Experimental.

SITUAÇÃO; DECLIVE E COBERTURA VEGETAL DO PERFIL - Trincheira aberta em relevo plano; 1 a 2% de declividade, vegetação secundária de capoeira.

ALTITUDE -

LITOLOGIA - Formação Barreiras

FORMAÇÃO GEOLÓGICA - Terciário

MATERIAL ORIGINÁRIO - Sedimentos argilo-arenosos

PEDREGOSIDADE - Não pedregosa

ROCHOSIDADE - Não rochosa

RELÉVO LOCAL - Plano

RELÉVO REGIONAL - Suave ondulado

EROSÃO - Laminar ligeira

DRENAGEM - Bem drenado

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA - Floresta tropical densa de terra firme

USO ATUAL - Pousio

CLIMA - Ami da classificação de Köppen.

- A₁₁ - 0-2 cm, bruno muito claro acinzentado (10YR 7/3), mosqueado abundante, médio e distinto, bruno(10YR 5/3), bruno acinzentado (10YR 5/2) e cinza muito escuro (10YR 3/1); área franca; grãos simples e fraca pequena a grande granular, solto e muito friável, não plástico e não pegajoso; transição abrupta e plana.
- A₁₂ - 2-7 cm, bruno (10YR 5/3,úmido), bruno claro acinzentado(10YR 6/3,seco), mosqueado abundante,médio e difuso bruno acinzentado (10YR 5/2) com núcleo difuso, cinza escuro(10YR4/1) e bruno amarelado (10YR 5/6); franco arenosa; moderada pequena a grande granular, grande blocos subangulares; macio e ligeiramente duro, macio e muito friável, não plástico e não pegajoso; gradual e plana.
- Â₃ - 7-20 cm, bruno amarelado (10YR 5/6,úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4,seco), mosqueado abundante, grande e distinto bruno acinzentado (10YR 5/2), pouco, pequeno e distinto, bruno forte(7,5YR 5/6); franco argilo arenosa moderada média blocos subangulares; duro, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição gradual e plana.
- B₁₁ - 20-40 cm, bruno amarelado (10YR 5/6,úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4,seco); mosqueado comum, grande e distinto ' bruno acinzentado (10YR 5/2); franco argilo arenosa;maciço, duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

- B₁₂ - 40-55 cm, bruno amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno amarelado claro (10YR 6/4, seco); franco argilo arenosa, maciça; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.
- B₁₃ - 55-75⁺ cm, amarelo brunado (10YR 6/6, úmido) bruno muito claro acinzentado (10YR 7/4, seco), franca argilosa arenosa, maciça; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso.

APÊNDICE 3 - RELAÇÃO DE SIGNIFICADOS DE TERMOS
MICROMORFOLÓGICOS

RELAÇÃO DE SIGNIFICADOS DE TERMIS MICROMORFOLÓGICOS

Argilans - material cutânico constituído por argilo - minerais, geralmente misturados com outros constituintes (1).

Canais - Vazios constituídos de poros de forma tubular, maiores que os resultantes do empilhamento de grãos ou indivíduos compostos, tendo normalmente paredes alisadas (1).

Cutans - modificações na textura, estrutura ou trama em superfícies naturais do material de solo, devidas à concentração de determinados constituintes do solo ou a modificações "in loco" do plasma (1).

Distribuição agrupada - tipo de distribuição de base onde os indivíduos semelhantes se encontram formando agrupamentos (2).

Distribuição de base - tipo de distribuição que diz respeito ao arranjo de indivíduos semelhantes entre si (2).

Distribuição relativa - tipo de distribuição dos constituintes do fundo matricial que se refere ao arranjo de indivíduos semelhantes em relação a indivíduos diferentes - por exemplo: distribuição do esqueleto em relação ao plasma (2).

Esqueleto - conjunto de grãos.

Enaulic - distribuição relativa onde o esqueleto é formado de partículas grosseiras e agregados de material fino que se localizam nos espaços intergranulares (3).

Glêbulas - unidades tridimensionais que aparecem no interior da matriz, de forma aproximadamente elipsoidal, ou arredondada (1).

Grãos - partículas individuais minerais de tamanho superior ao coloidal, originalmente presentes no material de origem (1).

Matriz ou Fundo Matricial - material que se encontra no interior dos pedes primários, ou compondo materiais apêdicos. É o conjunto do plasma e/ou grãos primários e poros associados (1).

Metavazios - vazios cujo alisamento das paredes indica que outros fenômenos se somam a um simples "arranjo estático do plasma e dos grãos do esqueleto" (1).

Monic - distribuição relativa onde somente partículas de uma classe de tamanho estão presente (3).

Nódulos - glêbulas com trama interna indiferenciada, incluindo a trama de solo ou de rocha (1).

Orientação plásmica - arranjo do plasma onde os cristais de argila estão organizados em domínios de orientação relativa, que tem padrões diferenciados de extinção ótica (1).

Ped - agregado individual natural de solo, consistindo em um aglomerado de partículas separado de agregados adjacentes, quer por superfícies de fraquezas reconhecíveis como poros naturais, quer por ocorrência de cutans (1).

Pedotubos - estruturas associadas consistindo em grãos os grãos em plasma, tendo forma externa tabular, quer em tubos isolados, quer ramificados (1).

Plasma - todo material de solo de tamanho coloidal ($<1 \text{ m}$) não aglutinado e/ou retido nos grãos do esqueleto; consiste em material inorgânico (amorfo ou cristalino) e/ou orgânico que é capaz de ser, ou que tenha sido, movimentado e/ou concentrado pelos processos de formação do solo (1).

Porfiric - distribuição relativa onde as partículas grosseiras ocorrem em uma massa constituída de material fino (3).

Trama ou "fabric" - constituição física de um material de solo expressa pelo tamanho, forma e arranjo espacial das partículas sólidas e dos poros que estão associados às mesmas (1).

Vazios ou poros - partes do solo ocupadas por água ou por ar (1).

Vazio Fissural ou Fenda - vazio aplainado, com uma conformação muito complexa das paredes, por ser constituído de numerosos e pequenos poros aplainados e curvos. São os poros interpedais dos materiais de solo cujos pedos se acomodam uns aos outros. São também os vazios dos materiais apédicos que racham, formando fendas ao secar (1).

(1) baseado em CURI, N., et alii (1985) Coord. Terminologia de micromorfologia do solo. In: Boletim Informativo da So-

ciidade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 10
(2): 33-43.

(2) baseado em BREWER, R., (1964). Fabric and mineral analysis of soils. New York, John Wiley & Sons. 470p.

(3) baseado em STOOPS, G. e A. JONGERIJUS, (1975). Proposal for a micromorphological classification of soil materials. I. A classification of the related distributions of fine and coarse particles. Geoderma, Amsterdam, 13: 189-199.