**EFEITO DE SISTEMAS DE PREPARO SOBRE A
MATÉRIA ORGÂNICA E ALGUMAS PROPRIEDADES
FÍSICAS EM SOLO GLEI POUCO HÚMICO DA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

EDUARDO JORGE MAKLOUF CARVALHO

Engenheiro Agrônomo

orientador: Prof. Dr. KLAUS REICHARDT

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
novembro - 1994

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Carvalho, Eduardo Jorge Maklouf

C331e Efeito de sistemas de preparo sobre a matéria orgânica e algumas propriedades físicas em solo Glei pouco húmico da Amazônia oriental. Piracicaba, 1994. .
184p. ilustr.

Tese - ESALQ
Bibliografia.

1. Arroz irrigado - Cultivo 2. Matéria orgânica do solo 3. Solo de várzea - Preparo 4. Solo de várzea - Propriedade físico-química 1. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.4

**EFEITO DE SISTEMAS DE PREPARO SOBRE A
MATÉRIA ORGÂNICA E ALGUMAS PROPRIEDADES
FÍSICAS EM SOLO GLEI POUCO HÚMICO DA
AMAZÔNIA ORIENTAL**

EDUARDO JORGE MAKLOUF CARVALHO

Aprovada em: 02. 05. 1995

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Klaus Reichardt

ESALQ/USP

Prof. Dr. Geraldo Victorino de França

ESALQ/USP

Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova

ESALQ/USP

Dr. Ariovaldo Lucchiari Júnior

EMBRAPA/CNPMA

Dr. Manoel Dornerlas de Souza

EMBRAPA/CNPMA

Prof. Dr. KLAUS REICHARDT

orientador

**Aos meus pais e irmãos
minha gratidão**

**À esposa Socorro e aos filhos Michel e Michelle,
dedico este trabalho em reconhecimento
a tudo que representam para mim.**

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente na realização deste trabalho, expresso meus sinceros agradecimentos, em especial:

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” (ESALQ), pela oportunidade de realizar este curso;

Ao Prof. Dr. Klaus Reichard, pela orientação, compreensão e amizade;

Ao Prof. Dr. Geraldo Victorino França, coordenador do curso de Solos e Nutrição de Plantas, pela forma sempre amistosa, sincera e acima de tudo profissional com que sempre me atendeu;

Ao Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (CPATU), pelo apoio concedido;

Aos companheiros de curso Amarindo Fausto Soares, Marcos Cabral de Vasconcellos Barretto, Milcíades Gadelha de Lima, Newton Paulo de Souza Falcão, Visêlto Ribeiro de Oliveira e Washington Luiz Cotrin Duete, pelo convívio acadêmico.

Ao Técnico em Informática Milton César Ribeiro, pelo auxílio na análise estatística dos dados;

Aos Técnicos Agrícolas Fernando Shikama, Edilson da Conceição de Souza, Raimundo Claudio Mendes da Silva e aos demais colegas do CPATU, que ajudaram neste trabalho;

Às Bibliotecárias Kátia M. de Andrade Ferraz pelo apoio;

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE APÊNDICES.....	xii
RESUMO	xv
SUMMARY	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Caracterização e classificação das várzeas da Amazônia.....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Classificação das várzeas da Amazônia	8
2.1.2.1. Várzeas litorâneas	9
2.1.2.2. Várzeas do Rio Pará.....	11
2.1.2.3. Várzeas do Estuário do Amazonas	12
2.1.2.4. Várzeas do Baixo Amazonas	14
2.1.2.5. Várzeas do Rio Solimões e seus afluentes	15
2.1.3. Vegetação.....	17
2.1.4. Tipos de solos de várzea	19
2.1.4.1. Solo Glei Húmico.....	19
2.1.4.2. Solo Glei Pouco Húmico	21
2.1.4.3. Solos Aluviais	22
2.2. Características dos solos	23
2.2.1. Matéria orgânica.....	24
2.2.2. Características físicas.....	29

2.3. Resultados de Pesquisa nas várzeas da Amazônia	39
2.3.1. Pesquisa em manejo e física de solos.....	39
2.3.2. Algumas pesquisas em outras áreas	40
3. MATERIAL E MÉTODOS	45
3.1. Área de estudo	45
3.1.1. Localização	45
3.1.2. Clima.....	47
3.1.3. Vegetação.....	47
3.1.4. Solo	53
3.2. Instalação e condução do experimento	53
3.3. Delineamento experimental	55
3.4. Amostragem e determinações	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
4.1. Matéria orgânica	72
4.2. Densidade do solo.	80
4.3. Porosidade total, macro e microporosidade.	88
4.3.1. Porosidade total.....	88
4.3.2. Macroporosidade	96
4.3.3. Microporosidade	104
4.4. Retenção de água.	110
5. CONCLUSÕES	141
6. CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS	143
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
APÊNDICES	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. Tipos de vegetação da Amazônia.	18
2. Mapa de localização da área onde foi realizado o estudo.	46
3. Tipos climáticos da Amazônia segundo Köppen.....	48
4. Isotermas anuais da região Amazônica.	49
5. Isoietas anuais para a região Amazônica.....	50
6. Balanço hídrico seg. THORNTHWITE 1955. Belém - Pará.....	52
7. Fotografia de parcela que utilizou tração animal com búfalo.....	53
8. Fotografia de parcela com uso de microtrator.	58
9. Fotografia de parcela onde ocorreu preparo manual.....	59
10. Fotografia de parcela que ficou em pousio.	60
11. Fotografia mostrando a largura das ruas, com 10 m.	61
12. Fotografia mostrando uma visão geral do experimento	62
13. Valores médios de matéria orgânica, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	73
14. Valores médios de densidade do solo, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	81
15. Valores médios de porosidade total, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	89
16. Valores médios de macroporosidade, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	97
17. Valores médios de microporosidade, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	105

18. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento tração animal com emprego de duas gradagens, nas diferentes profundidades.....	131
19. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento tração animal com emprego de três gradagens, nas diferentes profundidades.	132
20. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento tração animal com emprego de quatro gradagens, nas diferentes profundidades.....	133
21. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento microtrator com emprego de duas gradagens, nas diferentes profundidades.	134
22. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento microtrator com emprego de três gradagens, nas diferentes profundidades.	135
23. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento microtrator com emprego de quatro gradagens, nas diferentes profundidades.....	136
24. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento manual, nas diferentes profundidades.....	137
25. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento pousio, nas diferentes profundidades.....	138
26. Valores médios de água disponível, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	140

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1. Dados da Estação meteorológica da EMBRAPA/CPATU (Belém-Pará), no período de 1967/83.	51
2. Espécies de plantas daninhas predominantes no extrato arbustivo e arboreo da área experimental, em várzea do Rio Guamá.	54
3. Parâmetros físicos do solo Glei Pouco Húmico, referentes à amostragem inicial realizada na área experimental.	65
4. Parâmetros químicos do solo Glei Pouco Húmico, referentes à amostragem inicial realizada na área experimental.	66
5. Valores médios de matéria orgânica (%), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.	74
6. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável matéria orgânica, nas profundidades estudadas.	79
7. Valores médios de densidade do solo (g/cm^3), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.	82
8. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referentes a variável densidade do solo, para as diferentes profundidades estudadas.	87
9. Valores médios de porosidade total (%), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.	90
10. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável porosidade total, para as diferentes profundidades estudadas.	94

11. Valores médios de macroporosidade (%), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados...	98
12. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referentes a variável macroporosidade, para as diferentes profundidades estudadas..	103
13. Valores médios de microporosidade (%), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados...	106
14. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referentes a variável microporosidade, para as diferentes profundidades estudadas..	108
15. Valores médios de umidade (cm^3/cm^3), na tensão de 6 Kpa, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	111
16. Valores médios de umidade (cm^3/cm^3), na tensão de 10 Kpa, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	112
17. Valores médios de umidade (cm^3/cm^3), na tensão de 30 Kpa, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	113
18. Valores médios de umidade (cm^3/cm^3), na tensão de 100 Kpa, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	114
19. Valores médios de umidade (cm^3/cm^3), na tensão de 1500 Kpa, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	115
20. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referentes a variável umidade do solo na tensão de 6 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.....	120
21. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referentes a variável umidade do solo na tensão de 10 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.....	121

22. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referentes a variável umidade do solo na tensão de 30 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.....	122
23. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referentes a variável umidade do solo na tensão de 100 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.....	123
24. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referentes a variável umidade do solo na tensão de 1500 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.....	124
25. Parâmetros referentes a equação de VAN GENUCHTEN (1980), para os diferentes tratamentos e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de umidade foram fixados em: $\theta_s = \theta_{\max}$ e $\theta_r = \theta_{\min}$, com n dependente de m.....	126
26. Parâmetros referentes a equação de VAN GENUCHTEN (1980), para os diferentes tratamentos e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de umidade foram fixados em: $\theta_s = \theta_{\max}$ e $\theta_r = 0$, com n dependente de m.....	128
27. Valores médios de água disponível (mm), considerando o ajuste ao modelo de VAN GENUCHTEN pelo método em que a umidade residual foi igual a zero, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.....	140

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE	Página
1. Descrição morfológica do perfil do solo.....	161
2. Características físicas e químicas do solo Glei Pouco Húmico, referente ao perfil de solo descrito na área experimental.....	163
3. Resumo das análises de variância para a variável matéria orgânica, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	164
4. Resumo das análises de variância para a variável densidade do solo, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	165
5. Resumo das análises de variância para a variável porosidade total, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	166
6. Resumo das análises de variância para a variável macroporosidade, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	167
7. Resumo das análises de variância para a variável microporosidade, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	168
8. Resumo das análises de variância para a variável umidade do solo na tensão de 6 Kpa, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	169
9. Resumo das análises de variância para a variável umidade do solo na tensão de 10 Kpa, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	170

10. Resumo das análises de variância para a variável umidade do solo na tensão de 30 Kpa, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	171
11. Resumo das análises de variância para a variável umidade do solo na tensão de 100 Kpa, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	172
12. Resumo das análises de variância para a variável umidade do solo na tensão de 1500 Kpa, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).....	173
13. Resultado da Análise de Correlação de Pearson entre as variáveis, com o valor do coeficiente de correlação e a probabilidade	174
14. Dados brutos de matéria orgânica, em %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	175
15. Dados brutos de densidade do solo, em g/cm ³ , utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	176
16. Dados brutos de porosidade total, em %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	177
17. Dados brutos de macroporosidade, em %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	178
18. Dados brutos de microporosidade, em %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	179

19. Dados brutos de umidade na tensão de 6 Kpa, em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	180
20. Dados brutos de umidade na tensão de 10 Kpa, em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	181
21. Dados brutos de umidade na tensão de 30 Kpa, em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	182
22. Dados brutos de umidade na tensão de 100 Kpa, em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho	183
23. Dados brutos de umidade na tensão de 1500 Kpa, em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho.....	184

EFEITO DE SISTEMAS DE PREPARO SOBRE A MATÉRIA ORGÂNICA E ALGUMAS PROPRIEDADES FÍSICAS EM SOLO GLEI POUCO HÚMICO DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Autor: EDUARDO JORGE MAKLOUF CARVALHO

Orientador: PROF. DR. KLAUS REICHARDT

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido em área de várzea do rio Guamá, em Belém-PA, no período de 1989 a 1992, tendo como objetivo avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e o teor de matéria orgânica de um solo Glei Pouco Húmico.

Foi utilizado delineamento experimental em blocos ao acaso com oito tratamentos e três repetições. Os tratamentos contemplaram: 1. Tração animal com duas gradagens; 2. Tração animal com três gradagens; 3. Tração animal com quatro gradagens; 4. Microtrator com duas passagens; 5. Microtrator com três passagens; 6. Microtrator com quatro passagens; 7. Preparo manual; 8. Pousio.

Os tratamentos de 1 a 3 foram aplicados utilizando-se grade de oito discos tracionada por búfalo, enquanto que para os tratamentos de 4 a 6 utilizou-se a enxada rotativa tracionada por microtrator. No tratamento 7, o preparo do solo foi feito manualmente, enquanto que no 8, referente ao

pousio, não há preparo do solo e nem plantio, tendo como objetivo servir como testemunha para efeito de comparação com os demais, em relação à avaliação das propriedades físicas e da matéria orgânica do solo.

Os resultados obtidos permitiram concluir que: a) não houve diferenças entre os sistemas de manejo com uso de tração animal, microtrator e manual; b) Ocorreu elevada redução nos teores de matéria orgânica da camada superficial do solo com o manejo e o cultivo; c) Com o manejo e o cultivo ocorreu elevação nos valores de densidade do solo e microporosidade e diminuição da porosidade total e macroporosidade, na camada superficial do solo; d) o manejo e o cultivo reduziram os valores de água disponível do solo.

EFFECT OF SOIL PREPARATION SYSTEMS ON ORGANIC MATTER AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF A HUMIC GLEY SOIL OF THE ORIENTAL

Author: EDUARDO JORGE MAKLOUF CARVALHO

Adviser: PROF. DR. KLAUS REICHARDT

SUMMARY

The presente work was developed at a floodplain of the Guamá river, Belém, PA, during the period 1989-1992, with the objective of evaluating the effect of different soil preparation systems on soil organic matter and some soil physical properties, of a floodplain humic gley soil.

The experimental design consisted of randomized blocks with eight treatments and three replicates: 1. Animal traction with two harrowings; 2. Animal traction with three harrowings; 3. Animal traction with four harrowings; 4. Microtractor with two passages; 5. Microtractor with three passages; 6. Microtractor with four passages; 7. Manual preparation and 8. Fallow.

Treatments 1 to 3 were prepared using an eight disk harrow pulled by buffalo, and treatments 4 to 6 with rotative how pulled by microtractor. Treatment 7 was manually harrowed and treatment 8 was left fallow in order to have a standard to compare with others treatment.

Results indicate no differences among animal traction, microtractor and manual soil preparation systems. Significant organic matter reduction was observed for the top soil layer, for the cropped plots. Soil cultivation also promoted an increase in soil bulk density and in microporosity, whereas a decrease in total

porosity and macroporosity, all in the top soil layer. Soil cultivation reduced available soil water in the profiles.

1. INTRODUÇÃO

A parte do vale de um rio que é coberta pela água durante o processo de inundação, constitui-se numa planície de inundação, popularmente conhecida como várzea. Este termo é usado na Amazônia brasileira, para identificar as terras baixas que marginam os rios e os lagos e apresentam-se planas.

Diante da problemática da produção de alimentos, a utilização racional dos solos de várzea, surge como uma das alternativas mais viáveis, e que merece maior atenção por parte do governo, principalmente na Amazônia brasileira, que tem sido, apenas, timidamente incluída nas políticas de incentivo à agricultura.

A importância desses solos para o processo produtivo, prende-se ao fato de abrangerem, na Amazônia, uma área de aproximadamente 25 milhões de hectares, constituindo-se, deste modo, numa grande reserva potencial de terras, a fim de atenderem à crescente demanda regional e mundial de alimentos.

Estas áreas estão localizadas ao longo dos rios da Amazônia, estando sujeitas a um período de enchente, durante o qual a água transborda de seus leitos e invade as áreas marginais, inundando-as em diferentes graus de intensidade. Muitos desses rios arrastam em suas águas apreciáveis quantidades de sedimentos minerais e orgânicos que se depositam sobre as margens, dando-lhes grande fertilidade e valor para a produção intensiva de alimentos (LIMA, 1986).

Outro aspecto que não pode ser esquecido quando se refere ao potencial dos solos de várzea, é a viabilidade do seu cultivo durante todo o ano, quando devidamente sistematizadas, permitindo, deste modo, vários cultivos, com aumento substancial da produtividade.

Entretanto, é necessário não apenas incorporar esses solos ao processo produtivo, mas também conhecer as variáveis envolvidas na produção dos mesmos, pois os solos de várzea apresentam uma diversidade muito grande de características físicas, químicas e biológicas, uma vez que são originados de sedimentos com grande heterogeneidade quanto à composição granulométrica e mineralógica.

Neste aspecto, os órgãos de pesquisa da região têm que se empenhar mais, intensificando as pesquisas básicas e aplicadas, nas diversas linhas de interesse, de modo a fornecer subsídios a uma exploração mais racional das várzeas da Amazônia.

A exploração racional das áreas de várzea com a cultura de arroz irrigado tem sido feita em dois níveis: um em que se utiliza elevada tecnologia e outro, de baixo nível tecnológico. No primeiro caso, tem-se as várzeas sistematizadas, onde o custo de implantação é elevado, sendo este processo inviável ao pequeno produtor da região. No segundo caso, tem-se as várzeas úmidas, onde a simples derrubada, queimada e abertura de pequenos drenos tornam utilizáveis estas áreas a um custo assimilável pelo pequeno produtor.

Neste trabalho, optou-se pelo estudo de várzea úmida levando-se em conta o pequeno agricultor ribeirinho, que não tem condições próprias e nem apoio governamental para arcar com o elevado custo de sistematização da área de várzea, onde o custo de produção é baixo, com perspectivas de boa produtividade, desde que se empregue um sistema de manejo adequado.

O presente estudo teve por objetivo avaliar o efeito de diferentes sistemas de preparo do solo sobre as propriedades físicas e o teor da matéria orgânica de um solo Glei Pouco Húmico de várzea úmida do Rio Guamá-PA, de modo a fornecer subsídios à indicação de uma forma mais adequada de preparo do solo, procurando criar alternativas para o pequeno produtor da região.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização e classificação das várzeas da Amazônia

2.1.1. Generalidades

As primeiras tentativas de utilização agrícola nas várzeas da Amazônia brasileira datam dos séculos XVII e XVIII e foram realizadas pelos padres jesuítas, carmelitas e franciscanos nas fazendas fundadas por esses missionários em diversos trechos do estuário, onde todas eram dotadas de engenho e plantações de cana-de-açúcar e cacau. As ruínas da fazenda Murutucu, fundada pelos padres carmelitas, em área pertencente ao Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (EMBRAPA - CPATU), ainda apresentam hoje, nítidos vestígios dessa utilização (LIMA, 1956).

De modo geral, as várzeas são oriundas principalmente da deposição de materiais transportados pelos rios e, secundariamente, de materiais carreados pelas chuvas das encostas dos morros. Geralmente são planas e facilmente irrigáveis, o que permite combater os problemas da seca e/ou veranicos em certas regiões. Porém, as várzeas apresentam muitas vezes, umidade excessiva, necessitando drenagem artificial, razão principal do atraso no seu aproveitamento racional (BASTOS 1993).

Na Amazônia, as várzeas em geral são instáveis, de origem recente, e devem sua formação a um processo de sedimentação de partículas em suspensão trazidas de outras regiões (geralmente da Cordilheira dos Andes) pela água (SIOLI, 1951). É um processo que persiste com plena intensidade, permanecendo essas áreas inundadas durante certo tempo, quando são fertilizadas naturalmente a partir da colmatagem das partículas (PIMENTEL & CHAVES, 1993).

Os solos de várzea são normalmente muito heterogêneos, devido a sua gênese sedimentar com decomposição de materiais de diferentes composições granulométricas, mineralógicas e orgânicas. Geralmente são encontrados dois tipos de várzeas no delta amazônico, as ditas várzeas altas e várzeas baixas. As várzeas altas possuem cotas mais elevadas em relação ao nível dos rios, correspondendo ao dique marginal da planície de inundação, onde são depositadas partículas maiores transportadas pelas

águas, e somente inundáveis durante o equinócio. Excepcionalmente, podem medir até 1600 m de largura, como acontece no Rio Guamá em frente à cidade de São Miguel do Guamá-PA, porém a largura média é de 150 m (LIMA, 1956).

Por sua vez, a várzea baixa apresenta cota menor com uma diferença de nível de 30 cm em relação à várzea alta; apresenta-se umedecida ou invadida parcialmente durante todo o ano por marés de lua cheia e nova, ocorrendo aí a deposição de partículas mais finas. Durante a estação chuvosa está quase completamente alagada, porém, com o avanço da estação seca, adquire consistência mais firme. A largura da várzea baixa pode alcançar alguns quilômetros e a sua área é bem maior do que a das várzeas altas (LIMA, 1956).

Uma característica importante do emprego dessas áreas, em vários países da faixa tropical, reside no fato de, mesmo quando utilizadas intensivamente, os seus níveis de produtividade mantêm-se constantes ao longo dos anos (TEIXEIRA & CARDOSO, 1991). Entretanto, essa afirmativa deixa a idéia de que todos os solos de várzea apresentam elevada fertilidade natural, o que não é verdade; e mesmo que assim fosse, tem que se levar em conta o aspecto da exportação de nutrientes pelas culturas, o que diminuiria a fertilidade desses solos, a não ser que a fertilização natural dos

mesmos pelas enchentes fosse igual ou maior que a perda pela exportação, o que nem sempre deve ocorrer.

CORÁ (1991), referindo-se à generalização de que os solos de várzea são férteis, cita que muitos trabalhos em regiões tropicais têm mostrado grande complexidade nas suas propriedades físicas e químicas, apresentando fertilidade diversificada.

Segundo LIMA (1984), nem todas as várzeas da Amazônia brasileira são férteis e para que se possa compreender melhor as diferenças existentes, torna-se necessário ressaltar que os principais rios que compõem a bacia do rio Amazonas têm suas nascentes em três regiões bem distintas: na vertente oriental da Cordilheira dos Andes, no Planalto Central Brasileiro e na sucessão de montanhas que formam o divisor de águas entre o Brasil, as Guianas e a Venezuela.

Os rios desses dois últimos grupos, são classificados por SIOLI (1951), respectivamente, como rios de água limpa e água preta, formando várzeas de baixa fertilidade, pois os trechos inundáveis não recebem sedimentos. Entre os rios de água preta destaca-se o rio Negro, e entre os de água limpa incluem-se o Paru, o Trombetas, o Xingu e o Tapajós.

Entre os rios do primeiro grupo, ou seja, aqueles cujas nascentes estão localizadas na Cordilheiras dos Andes, estão o próprio Amazonas, o Madeira, o Purus, o Juruá, o Içá e o Japurá, os quais são

classificados por SIOLI (1951), como rios de água branca ou barrenta.

Estes, são assim denominados, porque nesta região existem condições propícias para a formação de água barrenta, devido a sua característica topográfica de superfície terrestre geologicamente recente e ao intenso processo de decomposição desse material, influenciado pelo clima, além da acentuada erosão condicionada pela quantidade do solo, forma do terreno, quantidade de chuva, etc. Essa forte atividade faz com que os rios que aí se originam, tenham bastante materiais em suspensão, mantendo a sua água barrenta, com todas as conseqüências típicas, ao longo dos seus cursos. Essas várzeas possuem solos mais férteis, o que é compreensível por se tratar de sedimentos oriundos da decomposição recente da crosta terrestre e que se depositam quando das inundações periódicas, formando uma nova camada de solo (SIOLI, 1951).

2.1.2. Classificação das várzeas da Amazônia

Reportando-se que as diferentes fontes de variação determinam desigualdades significativas nas características físicas e químicas, e na potencialidade do solo nas áreas inundáveis pelos rios de água barrenta, LIMA (1984) achou por bem estudar as várzeas classificando-as em cinco

grupos, com característica homogêneas: Várzeas Litorâneas, do Rio Pará, do Estuário do Rio Amazonas, do Baixo Amazonas e do Rio Solimões e seus afluentes. Em cada grupo, serão a seguir resumidamente enfocados aspectos referentes aos principais fatores hidrográficos, climáticos, edáficos e florísticos que interferem na potencialidade das várzeas.

2.1.2.1. Várzeas litorâneas

Entende-se por várzeas litorâneas, as que se formam no baixo curso dos rios que deságuam diretamente no Oceano Atlântico, tendo as suas nascentes próximas ou distantes da orla marítima. Estão localizadas tanto na costa amapaense, como no nordeste do Estado do Pará e noroeste do Estado do Maranhão.

No estado do Pará, esse tipo de várzea ocorre ao longo das margens dos rios Piriá, Umarajó, Caeté, Maracanã e Marapamim. A várzea é inundada periodicamente pelas marés, cujas águas, além de serem muito barrentas, contém apreciável teor de cloretos, mostrando assim que a água do Amazonas que penetra neles, mesmo apresentando a sua cor característica, vem misturada com a água do mar.

Deste modo, dependendo do regime pluviométrico, da intensidade das marés e da sua localização em relação ao mar, podem prejudicar a utilização dessas áreas para o cultivo agrícola. Essa salinidade é mais intensa nas localidades situadas próximas à foz e também nos meses correspondentes ao período seco, principalmente no final do verão, onde se observa, após a evaporação da água, vestígios de sais sobre o solo ou na folhagem, que havia ficado submersa. Nessas condições verifica-se uma menor incidência de plantas daninhas e total eliminação de restos da cultura anterior, o que reduz os gastos com a limpeza da área para posterior cultivo (LIMA, 1986).

No período climático correspondente ao início das chuvas, as águas pluviais, juntamente com a dos rios que inundam essas áreas, promovem a lavagem do excesso de sal, tornando-as aptas para o cultivo do arroz. Os próprios agricultores da região constataram que o primeiro cultivo realizado em áreas recentemente desmatada, apresentaram rendimentos inferiores aos cultivos subsequentes, em virtude da existência de resíduos de sais retidos pela vegetação primitiva. Alguns produtores de arroz dessa região, já conseguem até duas safras por ano, ao anteciparem o plantio quando ocorrem as primeiras chuvas (TEIXEIRA, 1989 e TEIXEIRA & CARDOSO, 1991).

2.1.2.2. Várzeas do Rio Pará

Segundo LIMA (1984), o rio Pará não é propriamente um rio, mas sim um conjunto hidrográfico sem nascente própria, com mais de 300 km de extensão e 20 km de largura média, formado por diversos rios cujas águas nele desembocam, dando origem a uma sucessão de baías e enseadas que se estendem ao longo de toda costa sul da ilha do Marajó, desde o limite meridional dos furos de Breves até ao mar.

O Rio Pará é formado pela reunião do Rio Tocantins, que vem do sul, como coletor orientado de oeste a leste, de diversos canais derivados do Amazonas e de uma série de rios que correm a oeste do Tocantins destacando-se: o Anapu, o Pacajá, o Jacundá, o Araticú, o Moju, o Acará, o Guamá e o Capim (LE COINTE, 1945).

O Rio Pará está sujeito à constante influência das marés, principalmente nos meses de menor precipitação pluvial, ou seja, de julho a novembro. Suas águas apresentam uma considerável quantidade de sedimentos em suspensão, que se depositam de forma diferenciada de acordo com o tamanho e o peso desses sedimentos. Desta forma, na faixa próxima ao rio, os detritos maiores ou mais pesados sedimentam primeiro, enquanto que as partículas menores e mais leves são transportadas muito além,

depositando-se nos pontos mais centrais. Esta sedimentação, cada vez menor à proporção que a água vai se distanciando do rio, acarreta um desnível suave, da margem para o centro originando as várzeas altas, baixas e igapós (TEIXEIRA, 1989).

O presente trabalho foi realizado neste tipo de várzea, a qual tem sido a mais intensamente estudada, talvez pela proximidade das instituições de pesquisa e ensino como o Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental (EMBRAPA - CPATU) e a Faculdade de Ciências Agrárias do Estado do Pará (FCAP), com resultados conclusivos e já publicados.

Em função dos resultados de pesquisa já divulgados e da boa fertilidade desses solos , a sua utilização agrícola tem se intensificado nos últimos anos, principalmente com cultivo do arroz. Merecem ainda citação, o cultivo da cana-de-açúcar, a formação de pastagens e a pecuária leiteira com bubalinos e bovinos.

2.1.2.3. Várzeas do Estuário do Amazonas

Estas várzeas estão localizadas no trecho do Rio Amazonas, à jusante de sua confluência com o rio Xingu. Sua gênese guarda uma estreita

relação com a pressão do Amazonas sobre o mar, com a influência das marés e com o destino das águas que o rio lança no Atlântico. Devido à grande abundância de água no leito do rio, provocada por diversos fatores, a vazão do Amazonas é suficiente para não permitir a entrada de água salgada em sua foz, expulsando o mar para leste até muitos quilômetros de distância. Mesmo no período que o rio atinge o mínimo de vazão, esta é ainda suficiente para repelir a água do oceano atlântico (LIMA, 1984).

Essas várzeas se assemelham bastante às do Rio Pará no que tange as suas possibilidades agropecuárias, porém, as pesquisas realizadas nessa região são bastante escassas, de modo a impossibilitar um melhor referencial técnico-científico de sua utilização (TEIXEIRA, 1989 e TEIXEIRA & CARDOSO, 1991).

Entretanto, de acordo com LIMA (1984), as várzeas da região setentrional dos furos de Breves, sujeitos ao fluxo e refluxo das marés que penetram pela embocadura do Amazonas, são de elevada fertilidade e nelas cultiva-se, com sucesso, cana-de-açúcar, arroz, milho, jerimum (abóbora) e melancia.

2.1.2.4. Várzeas do Baixo Amazonas

A região do Baixo Amazonas compreende o trecho situado entre a foz do Rio Xingu e a foz do Rio Negro. Essa denominação é bastante discutida e designada em publicações mais recentes, de Médio Amazonas, como designaram PIMENTEL (1991) e PIMENTEL & CHAVES (1993). Entretanto, segundo LIMA (1984) essa denominação é discutível, não tendo sido aceita pelos moradores da região, que continuam chamando-a de Baixo Amazonas, tanto no Estado do Amazonas, onde ela começa, como no Estado do Pará, onde termina.

Essas várzeas diferem das demais no que diz respeito ao regime de inundação, pois são cobertas por um longo período de cheia do rio, sendo que a atividade agrícola está condicionada a esse regime de enchente, onde dois períodos distintos são identificados: um período correspondente à subida das águas e outro coincidindo com a descida das águas, quando ocorre a exploração agropecuária (LIMA, 1956).

Por se tratar de rio de água barrenta e considerando a grande quantidade de sedimentos em suspensão, a fertilidade desses solos é de média a elevada, o que permite cultivos de espécies vegetais com elevada

probabilidade de sucesso (VIEIRA et al, 1984). Segundo LIMA (1984), a elevada produtividade dessas várzeas é de conhecimento publico, onde cultivam-se com sucesso, juta e malva, caupi, milho, fumo, mandioca de ciclo curto, jerimum (abóbora) e melancia.

2.1.2.5.Várzeas do Rio Solimões e seus Afluentes

Este tipo de várzea situa-se ao longo do Rio Solimões, no trecho que vai desde a foz do Javari até a foz do Rio Negro, com extensão de 1500 km. Por ter origem na Região Andina, essas várzeas apresentam águas extremamente barrentas, transportando consideráveis quantidades de materiais em suspensão. Nas enchentes periódicas os rios modificam permanentemente a estrutura das várzeas, depositando anualmente novos sedimentos férteis, adubando assim as áreas inundáveis (JUNK, 1983).

Segundo LIMA (1984), os solos de várzea do alto Solimões apresentam elevados teores de bases trocáveis, principalmente cálcio e magnésio, e pH variando de 6,2 a 6,6.

VICTORIA et al. (1987), estudando a concentração de cátions básicos em amostras de sedimentos coletados em vários locais ao longo do Rio Solimões, Amazonas e nos seus principais tributários, em três épocas

distintas (período de seca, início da subida das águas e início da descida das águas), constataram que essa concentração foi invariavelmente maior em comparação à dos solos que predominam nas regiões de terra firme da Amazônia. O mesmo fato ocorreu com o pH, sendo que a concentração de alumínio foi mais elevada nos solos de terra firme. Esses fatos são explicados pelos autores como sendo devidos provavelmente à diversidade na composição geológica e o regime de erosão atuante na bacia de drenagem de cada tributário.

Segundo LIMA (1956), a maior proximidade da Cordilheira dos Andes proporciona uma textura menos argilosa a essas várzeas, porque sendo os sedimentos daí oriundos, mais grosseiros, eles se depositam mais depressa que os de menor diâmetro, que são transportados com mais facilidade rio abaixo. Por essa razão, conclui este autor, que as várzeas do Solimões e afluentes apresentam textura menos argilosa do que as do Baixo Amazonas e estas, por sua vez, são menos argilosas do que as várzeas do estuário e do Rio Pará.

No tocante às possibilidades agropecuárias, as várzeas do alto Solimões, por apresentarem elevada fertilidade, possuem um elevado potencial para a produção de culturas alimentares, sendo mais expressivo o cultivo da mandioca e da macaxeira (TEIXEIRA, 1989 e TEIXEIRA & CARDOSO, 1991). Entretanto, segundo LIMA (1984), no baixo curso do

rio Solimões, nos municípios próximos de Manaus-AM, alguns produtores dedicam-se ao plantio de hortaliças, em escala comercial, na várzea alta, especialmente de repolho, couve, alface, coentro e cebolinha. Encontram-se, também, extensas áreas com plantações de cacau e banana, que se ressentem de assistência técnica, principalmente a fitossanitária.

2.1.3. Vegetação

Pode-se distinguir na floresta Amazônica, as florestas inundáveis e as não inundáveis. As florestas inundáveis recebem o nome de Floresta Hidrófila, sendo mais conhecida, na terminologia regional, como Floresta de Várzea. PANDOLFO (1986) estima que ocupem de 18 a 20 milhões de hectares, com um potencial madeireiro em torno de 90 m³ / ha. A Figura 1 apresenta a distribuição das formações florestais da Amazônia.

A cobertura vegetal primária das áreas inundáveis difere muito das de terra firme, variando, ainda, para os diferentes tipos de várzea.

Para as várzeas alta e baixa do estuário Amazônico Pires & Kouri¹, citados por BASTOS (1972) encontraram como espécies de maior ocorrência as seguintes: *Euterpe oleracea*, *Astrocarpum murumuru*,

¹ PIRES, J. M. & KOURY, H. M. Estudo de um trecho de mata de várzea próximo a Belém. *Boletim técnico do Instituto Agrônomo do Norte*. 36 : 3-46, 1959. (Conforme citado por BASTOS (1972))

Fonte: SUDAM, Departamento de Recursos Naturais.

Figura 1. Tipos de vegetação da Amazônia.

Bacthis sp, Virola surinamensis, Hernanda sonora, Inga capitata, Inga cinamomea, Pentaclethra macroloba, Macrolobium pendulum, Swartzia racemosa, Carapa guianensis, Trichilia lecoitei, Hevea brasiliensis, Hura crepitans, Spondia lutea, Quaribea guianensis, Theobroma cacao, Guazuma ulmifolia.

Quanto ao igapó, área constantemente encharcada, as espécies geralmente encontradas são aquelas providas de "sapopemas" e raízes peneumatóforas, sendo este fato uma adaptação ao ambiente.

2.1.4. Tipos de Solos de Várzea

Dentre as principais unidades taxonômicas encontradas nas várzeas da Amazônia brasileira destacam-se os solos Glei Húmico, Glei Pouco Húmico e os Aluviais. A seguir são apresentadas as principais características desses solos.

2.1.4.1. Solo Glei Húmico

Esta unidade de solos hidromórficos, que podem ser eutróficos e distróficos, reúne solos pouco evoluídos, organo-minerais, de espessura variável, assentados sobre um horizonte gleizado mineral. Apresentam na

camada superficial teor elevado de carbono orgânico, sempre acima de 2,5% e características morfológicas no perfil típicas de condições redutoras proporcionadas pela influência do lençol freático próximo ou mesmo à superfície, durante parte do ano. São mal drenados, com características determinadas pela ação do clima e da vegetação e cujo desenvolvimento é grandemente influenciado pela ação da água no solo, do relevo e da natureza do material de origem. Dessa maneira, os solos formados apresentam horizontes superficiais de cores neutras (geralmente mosqueados) em virtude da redução dos compostos de ferro que se processa em meio anaeróbio, devido ao encharcamento do terreno (VIEIRA, 1988).

Possuem perfil do tipo A₁, A₃, B_g e C_g, com o horizonte A apresentando espessura oscilando entre 20 e 45 cm, com cores escuras e textura geralmente argilosa e o horizonte B, em desenvolvimento, aparece com gleização moderada e é como uma transição entre o horizonte A bem desenvolvido, e o C de gleização acentuada (VIEIRA et al, 1971).

São solos que têm pouca representação geográfica por unidade de área e são utilizados para criatório bovino quando recobertos por vegetação de campo natural (FALESI, 1972).

2.1.4.2. Solo Gleí Pouco Húmico

Esta unidade está representada por solos formados a partir de deposições recentes. São mal drenados, fortemente ácidos quando distróficos, pouco profundos e de textura argilosa dominante. Possuem bastante/semelhança com os solos Gleí Húmicos, diferindo destes por apresentarem no horizonte A, coloração bem mais clara e menor conteúdo de matéria orgânica, com valores que não excedem 2,5% de carbono. Possuem perfil do tipo A₁, A_{3g} B_g e C_g, com profundidade em torno de 90 cm. Apresentam o horizonte A com espessura variando de 20 a 46 cm, geralmente dividido em A₁ e A₃, podendo ocorrer solos com desenvolvimento do A₂ quando os teores de sais se tornam mais elevados. O horizonte B possui uma espessura variando de 33 a 74 cm, formado principalmente por B_g. Quanto ao horizonte C_g, este é bastante argiloso, com profundidade média variando de 50 a 70 cm (VIEIRA et al, 1971).

A CTC desses solos é fortemente influenciada pela matéria orgânica encontrada no perfil, podendo ser eutróficos ou distróficos, sendo que no primeiro caso a CTC média ao longo do perfil é de 26,57 meq/100 g. Nos distróficos a CTC média é de 14,94 meq/100 g no A₁, 10,37 meq/100 g no A₃ e 9,38 meq/100 g no C_g (VIEIRA & VIEIRA, 1981).

Não raras vezes, nas regiões litorâneas do delta amazônico estes solos apresentam-se salinos, daí a designação de Gleis Salinos, aqui incluídos como fazendo parte dos Gleis Pouco Húmicos. Tratam-se de solos com perfil gleizado bastante estruturados e fendidos quando secos, nos quais o conteúdo de elementos alcalinos e alcalino-terrosos é bastante elevado (VIEIRA & SANTOS, 1987).

Segundo KITAGAWA & MÖLLER (1979) e MOLLER (1986), o solo Gleis Pouco Húmico apresenta argilas tipo 2:1, como montmorilonita e vermiculita .

Esses solos ocorrem em toda a Amazônia, normalmente próximos aos rios e lagos encontrados na planície aluvial, sob vegetação de floresta aluvial de campo e pioneira (VIEIRA, 1988).

2.1.4.3. Solos Aluviais

Estes solos são pouco evoluídos, moderadamente a bem drenados, algumas vezes mal drenados, pouco profundos a profundos, argilosos, silte-argilosos ou de textura média, amarelados ou acinzentados, sem diferenciação aparente de horizontes e desprovidos de horizontes subsuperficiais (VIEIRA & VIEIRA, 1981). Nestes solos os horizontes não são bem diferenciados, com exceção do A, que, normalmente se encontra

presente, mas exibem camadas estratificadas, não apresentando, por conseguinte, verdadeiros horizontes pedogenéticos, pois os agentes de formação, principalmente o clima e os fatores biológicos, ainda não tiveram tempo suficiente para agirem sobre os sedimentos e assim transformá-los em horizontes (DEMATTE, 1978).

2.2. Características dos solos

Toda atividade humana provoca mudanças no solo, mas a intensidade varia com o grau de distúrbio causado. As transformações podem ser positivas ou negativas. Quando se faz uma adubação ou correção química, normalmente há melhoria das propriedades químicas do solo, por isso considera-se que houve uma alteração positiva nele. Como alterações negativas citam-se as propriedades físicas de solos submetidos à mecanização intensiva (COSTA, 1985).

A substituição das matas naturais por culturas agrícolas vem ocorrendo ao longo dos anos, causando um desequilíbrio no ecossistema, modificando as propriedades do solo, as quais variam, dentre outros fatores, com as condições de clima, espécie vegetal e natureza do próprio solo.

Deste modo, o estudo das características físicas, químicas e biológicas dos solos contribui significativamente para a explicação de certos

fenômenos ou características que podem refletir de forma positiva ou negativa na produção das culturas. Essas características associadas, seja tanto no solo sob condições naturais, quanto também após o seu manejo e uso com as culturas, são necessárias e importantes para a interpretação de resultados experimentais (OLIVEIRA & PAULA, 1983).

2.2.1. Matéria orgânica

Segundo COSTA (1983), a matéria orgânica tem influência direta e / ou indireta sobre os atributos do solo, provocando nítidas modificações nas características e propriedades físicas e químicas, isoladamente ou, como geralmente ocorre, em conjunto. A capacidade de troca de cátions, também chamada de C.T.C efetiva, e a soma de bases, são aumentadas pela sua mineralização e posterior liberação de cátions e ânions, trocáveis e adsorvidos pelos colóides do solo.

Ainda, segundo COSTA (1983), a matéria orgânica afeta a estrutura do solo, favorecendo a sua aeração e aumentando a capacidade de retenção de água. Além disso, com a alteração da estrutura, a densidade do solo é diminuída, favorecendo a exploração de maior volume de solo pelas raízes das plantas. Para KIEHL (1979), como a densidade da matéria

orgânica varia entre 0,6 e 1,0 g / cm³, sua presença sugere a redução nos valores de densidade do solo.

Segundo COSTA (1979), a matéria orgânica tende a se acumular na camada mais superficial do solo, variando o seu teor com a profundidade mais ou menos regularmente, mas em alguns casos a distribuição é bimodal com um segundo pico no horizonte B₂ (horizonte espódico, por exemplo). A taxa de variação do teor de matéria orgânica com a profundidade, é diferente de solo para solo, sendo que para alguns casos ela é suficientemente regular para essa variação poder ser expressa por relações matemáticas, como foi estabelecido por exemplo para solos de Angola em que se verificou que para os solos ferralíticos friáveis:

$$C = 1,58e^{-0,0125p}$$

e para os calcialíticos:

$$C = 0,873e^{-0,0055p}$$

onde C é o teor em carbono orgânico expresso em percentagem e p a profundidade em centímetros.

Segundo (COSTA, 1979), a aceleração das perdas de matéria orgânica como resultado do aproveitamento agrícola é particularmente

acentuada nas regiões tropicais, dada a grande intensidade dos processos de decomposição. Continua o autor que, por via de regra, se verifica um período inicial de diminuição relativamente rápida, que se torna seguidamente mais lenta, tendendo a estabilizar-se dependendo das condições de clima e solo e do tipo de agricultura

De acordo com MILLER et al. (1982), nos sistemas agrícolas dos trópicos úmidos, a substituição de mata nativa por culturas, acarreta uma diminuição de aproximadamente de 75 % da matéria orgânica dos solos, enquanto que BORGES (1993), encontrou valores variados de acordo com a cobertura vegetal e / ou manejo utilizado , com decréscimo de 47 % quando o solo foi cultivado com manga e média de 25 %. É bom salientar, a importância do manejo no percentual de diminuição e / ou manutenção dos teores de matéria orgânica dos solos. MIRANDA, (1993), em experimento onde testou modos e doses de aplicação de calcário na sucessão soja-trigo em solo Glei Pouco Húmico, encontrou teores de 2,8 e 3 % , respectivamente para a avaliação inicial e após quatro anos de cultivo.

Essa redução no teor de matéria orgânica pode ser justificada, segundo SÁNCHEZ (1981), pela elevação na taxa de decomposição da matéria orgânica, devido a aplicação de sistemas de preparo com mobilização do solo, bem como, segundo STEVENSON (1982), pela melhoria da aeração e pela alternância de umedecimento e secagem,

fenômenos que podem levar ao aumento da atividade microbiana e, assim, à redução do teor de matéria orgânica.

SANCHEZ (1981) discorda de diversos autores que afirmam que o conteúdo de matéria orgânica nos solos tropicais é menor que nos solos de clima temperado, devido às altas temperaturas e conseqüente elevada taxa de decomposição, ao citar diversos trabalhos com valores similares aos encontrados nas zonas temperadas.

Ao estudar o efeito de diferentes sistemas de manejos sobre as propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho Amarelo Câmbico fase terraço, CARVALHO (1984) constatou que o tratamento pousio foi superior aos demais com acúmulo de matéria orgânica na camada superficial.

O acúmulo de matéria orgânica na camada superficial é de conhecimento geral, tendo sido constatado em diversos trabalho envolvendo manejo de solos (ALVES, 1992; BORGES, 1993; BEZERRA, 1978; CARVALHO, 1984; PIMENTEL, 1991; PIMENTEL & CHAVES, 1993).

Segundo FAGÉRIA et al. (1994), existe uma grande variabilidade no conteúdo de matéria orgânica nos solos de várzea. Segundo este autor, os teores encontrados para 18 amostras coletadas em 17 municípios dos Estados do Paraná, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Piauí e Maranhão variaram, respectivamente, de 0,6 a 16,8 % na camada

de 0- 20 cm e de 0,4 a 10,9 % na de 20-40 cm, com tendência em todas as amostras de diminuição dos teores com a profundidade.

CALHEIROS et al. (1991) encontraram teores de 1,5 a 1,26 %, respectivamente, para as profundidades de 0-10 e 30-40 cm, em solo Glei Pouco Húmico do Estado do Paraná. CALHEIROS (1992) encontrou valores semelhantes, para o mesmo tipo de solo, em Londrina (PR).

FERREIRA (1993), ao estudar a caracterização dos solos de dois lagos de várzea da Amazônia central, encontrou valores que variaram de 1,2 a 6,0 %, para a camada de 0-10 cm, dependendo da classe textural do solo, sendo os teores mais elevados para os solos mais argilosos.

TEIXEIRA (1989), ao estudar cinco solos de várzea do Estado do Pará encontrou valores entre 1,06 e 8,19 % de matéria orgânica, na camada de 0-20 cm, respectivamente, para os solos Aluvial e Glei Salino. O solo Glei Pouco Húmico apresentou teores de 5,54 %.

PIMENTEL (1991) e PIMENTEL & CHAVES (1993), ao estudarem o efeito de diferentes sistemas de manejo nas propriedades físicas e químicas e na produção de caupi, encontraram teores de matéria orgânica entre 1,91 e 0,92 %, respectivamente, para as camadas de 0-10 e 20-30 cm, em um solo Glei Pouco Húmico eutrófico, franco-siltoso, do médio amazonas paraense.

Como se pode observar pelos resultados apresentados, os teores de matéria orgânica nos solos de várzea são bastante variáveis, em função das características de cada solo e das condições à que cada solo está submetido, não se podendo extrapolar, generalizadamente, os resultados obtidos.

2.2.2. Características físicas

As características físicas de um solo são modificadas de acordo com o tipo de uso e cultivo a que o mesmo é submetido. Algumas mudanças ocorrem num período curto de tempo ou mesmo em uma simples prática de preparo; outras, apenas com um manejo contínuo, serão visíveis ou mensuráveis. Assim, se as relações de massa e volume de solo na camada arável variam a cada revolvimento, os processos de deterioração da estrutura são mais demorados (VIEIRA, 1981).

A densidade do solo é uma propriedade relativamente instável, variando de solo para solo e dentro de um mesmo solo, em função, principalmente, do grau de compactação, do teor de matéria orgânica do solo, da ausência ou presença de cobertura vegetal, do sistema de cultivo empregado e da profundidade e época de amostragem (KIEHL, 1979; GAVANDE, 1976; BRADY, 1989).

De acordo com TABATABAI & HANWAI (1968), existe uma relação inversa entre a densidade do solo e teores de carbono orgânico, sendo que, para cada acréscimo de 1 % no teor de carbono orgânico, a densidade do solo decresce em 0,25 %.

Existe uma estreita relação entre a densidade do solo, e outros atributos como porosidade total, macroporosidade, teor de matéria orgânica, etc. Tal fato é assinalado por KIEHL et al. (1972), que reportam-se que para uma correta interpretação dos resultados de densidade do solo, é indispensável compara-la com outras informações como densidade de partículas, distribuição dos poros por tamanho, teor de matéria orgânica e grau de agregação.

Segundo GROHMAN (1972), dentre as propriedades físicas do solo, sujeitas às alterações pelo cultivo, a porosidade total, por estar relacionada com volume e distribuição dos espaços porosos, merece especial atenção, visto que nesses espaços se processam os principais fenômenos que regulam o crescimento e a produção vegetal. Para BAYER(1956), a variação da porosidade total é função do tamanho das partículas e grau de agregação, tendo a matéria orgânica papel importante, pois favorece a formação de grandes agregados, com conseqüente maior porosidade total.

De acordo com BRADY (1989) e COSTA (1979), a porosidade, tal como a densidade do solo, varia apreciavelmente com a

textura, a estrutura e o teor de matéria orgânica. Nos solos de textura média a fina, é geralmente de 40 a 60 %, podendo exceder esse valor nos casos de agregação bem desenvolvidos e teor elevado de matéria orgânica. Em igualdade de textura, a porosidade é em geral menor em níveis subsuperficiais ou subjacentes, podendo ser inferior a 30 % em alguns solos compactados, devido ao menor teor de matéria orgânica, a piores condições de estrutura e ao peso dos níveis superiores.

De acordo com BRADY (1989) e VIEIRA (1985), uma redução na macroporosidade ocasiona um aumento na microporosidade, sem que haja alteração nos valores de porosidade total. No entanto, OLIVEIRA(1979), comparando pastagens com solos cultivados, encontrou uma redução na porosidade total, uma vez que foi maior a redução na macroporosidade e menor o acréscimo da microporosidade.

O solo é um reservatório de água para as plantas, e todas as práticas de manejo de água em agricultura visam à manutenção de seu nível de água em condições ideais para o desenvolvimento das culturas. Apesar de ser um reservatório aberto para a atmosfera e para os horizontes mais profundos do perfil, ele retém água através de sua interação com a matriz do solo (REICHARDT, 1988).

Segundo CASSEL & NIELSEN (1986), a capacidade de retenção de água pelo solo está diretamente relacionada a sua matriz e a

distribuição espacial dos poros. Esta interação sofre também influência de fatores como: taxas de evaporação e transpiração local, tipo de cultura estabelecida, densidade de plantio, profundidade de raízes, natureza do perfil do solo em profundidade e impedimentos à drenagem.

Segundo COSTA (1979), a influência da textura do solo é muito grande na retenção de água. Entretanto, continua o autor, solos da mesma classe de textura podem ter curvas de tensão de umidade diferentes, não só devido as diferenças de granulometria nas mesmas classes de textura, mas também como resultado de diferenças de teor em matéria orgânica, tipo de argila, etc., e diferenças de microestrutura com elas relacionadas. BRADY (1989) complementa, comentando que os solos de textura mais fina retêm maior percentagem de água, ao longo de toda a faixa de energia. Tal condição é prevista por possuírem maior percentagem de material coloidal, maior espaço poroso e superfície adsortiva muito maior. SANCHEZ (1981) também mostra a importância da textura na retenção de água, ao comparar curvas de retenção de umidade para diferentes classes texturais.

Segundo EL-SWAIFY & HENDERSON (1967), nos solos com argilas expansivas, como o Glei Pouco Húmico utilizado neste trabalho, a composição e a concentração de solutos na solução do solo, afetam, também, a retenção de água.

FERREIRA (1993), trabalhando na caracterização de sedimentos e solos de dois lagos de várzea na Amazônia central, encontrou valores elevados de retenção de água, principalmente para as amostras de textura mais fina. Esses valores variaram de 0,39 a 0,62 cm^3/cm^3 na tensão de 6 Kpa, e de 0,16 a 0,31 cm^3/cm^3 para 1500 Kpa, respectivamente, para as classes texturais franco-arenosa e franco argilo siltosa. PIMENTEL (1991) e PIMENTEL & CHAVES (1993), encontraram valores entre 0,47 e 0,14 cm^3/cm^3 , em solo de várzea franco siltoso do médio amazonas paraense, respectivamente para as tensões de 6 a 1500 Kpa.

A água do solo pode ser caracterizada como um estado de energia, definido pelo que se convencionou chamar de potencial total da água no solo Ψ_{tot} . Este potencial é formado pela somatória dos componentes gravitacional, de pressão, osmótico e matricial. Esses componentes podem ser descritos analiticamente, à exceção do componente matricial, que só pode ser determinado experimentalmente (REICHARDT, 1985).

Em estudos de comportamento do solo quanto à retenção de água em condições de laboratório, o potencial matricial é o que apresenta efetivo interesse, visto que o potencial osmótico só é considerável em solos salinos em contato com paredes semipermeáveis, o de pressão só aparece em solos saturados e o gravitacional pode ser negligenciável (FREITAS JUNIOR, 1981).

O potencial matricial da água do solo Ψ_{mat} , é resultado da forças capilares e de adsorção que surgem devido à interação entre a água e as partículas sólidas, isto é, matriz do solo. Estas forças atraem e fixam a água no solo, diminuindo sua energia potencial com relação a água livre (REICHARDT, 1985). Deste modo, o valor de Ψ_{mat} é função da umidade da matriz sólida, sendo o seu valor sempre negativo. A exceção ocorre quando o solo apresenta-se saturado, com Ψ_{mat} igual a zero.

Diversos fatores contribuem influenciando a retenção de água pelos solos. Segundo GROHMAN & MEDINA (1962), a quantidade de água retida pelo solo está na dependência do teor e natureza da fração argila e da porcentagem de matéria orgânica presente.

BRADY (1989), ao examinar curvas características da umidade do solo, verificou que elas variam especificamente com a textura. Os solos de textura mais fina retém maior percentagem de água ao longo de toda faixa de energia.

Para REICHARDT (1985), o principal fator é a textura, pois ela influencia diretamente a área de contato entre as partículas sólidas e a água pelas proporções estabelecidas de diferentes tamanhos de poros.

Segundo MORAES (1991), a estrutura do solo através do arranjo das partículas, exerce influência na distribuição dos poros e conseqüentemente na retenção de água. Complementa o autor, reportando-se

que a matéria orgânica afeta diretamente a retenção de água devido a sua natureza e sucessivas adições, as quais podem alterar as características de retenção do solo.

EL-SWAIF & HENDERSON (1967) mostram que a retenção da água depende da composição mineral, quantidade de sal e espécies iônicas.

A capacidade de campo (CC) é definida por VEIHMEYER & HENDRICKSON (1931), como a quantidade de água retida, sob condições de campo, para solos permeáveis, de textura e estrutura uniformes, depois que o excesso tenha drenado e a taxa de movimento descendente tenha decrescido acentuadamente, o que ocorre 2 ou 3 dias após a irrigação. Posteriormente, esses autores (VEIHMEYER & HENDRICKSON, 1949), complementaram o conceito, relacionando o estado da energia da água neste ponto de umidade, com a tensão de $-1/3$ de atm ($-0,033$ Mpa), para condições de laboratório. Esse fato foi generalizado, de forma a tornar o valor de $1/3$ atm, universal.

Diversos pesquisadores têm procurado determinar a capacidade de campo em condições de laboratório, com respostas que mostram grande variabilidade nos resultados, o que prova que a capacidade de campo não é um ponto definitivo e universal de umidade correspondente a $0,033$ Mpa.

Segundo MARSHALL (1959), não existe nenhum método de laboratório que possa ser um real substituto da determinação da capacidade de campo, em condições de campo, em função de vários fatores, entre eles, as propriedades físicas e as condições iniciais de umidade do solo.

Para REICHARDT (1988), a capacidade de campo é o resultado de um comportamento dinâmico da água no perfil do solo, e não uma característica intrínseca de sua matriz. Variações nas condições iniciais e de contorno do processo de drenagem interna levam a valores distintos de capacidade de campo, não sendo portanto um conceito universal.

Outro ponto clássico do estado de energia da água no solo é o ponto de murchamento permanente (PMP), definido por VEIHMEYER & HENDRICKSON (1949) como sendo a umidade em um solo onde a planta, em certo estágio de desenvolvimento, murcha e, mesmo quando colocada em câmara escura e úmida, não recupera o seu turgor. O PMP foi definido para estabelecer o limite inferior de disponibilidade de água pelas plantas. Esse ponto é normalmente considerado como sendo a umidade dos solos a uma tensão de - 15 atm (- 1,5 Mpa).

A diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murchamento permanente, é definido por VEIHMEYER & HENDRICKSON (1949), como sendo a “água disponível” para as plantas.

As dificuldades em caracterizar medidas que representem a capacidade de campo, têm feito surgir modelos teóricos que buscam uma previsibilidade da relação potencial mátrico versus umidade de forma dinâmica, através de dados obtidos em outros momentos da relação.

De acordo com DOURADO NETO et al. (1990), o conhecimento da relação funcional entre umidade do solo e seu potencial mátrico na zona radicular das culturas, conhecida pelo nome de curva de retenção da água, é fundamental na irrigação, visando um aproveitamento racional no uso da água.

Diversos trabalhos têm procurado ajustar a curva de retenção de água no solo. Atualmente tem-se utilizado o modelo matemático empírico proposto por VAN GENUCHTEN (1980), o qual considera o potencial mátrico como variável independente, e a umidade volumétrica à base de volume ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$) como variável dependente. Este modelo é representado pela equação:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\psi_m|)^n\right]^m} \quad (1)$$

onde:

θ_r = umidade volumétrica residual ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$)

θ_s = umidade volumétrica saturada ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$)

ψ_m = potencial mátrico (Kpa)

α , m e n = parâmetros empíricos da equação

DOURADO NETO et al. (1990), desenvolveram um programa computacional para o ajuste da curva de retenção de água no solo. Este programa permite diversos métodos de ajuste ao modelo de Van Genuchten, como o da extrapolação (LIER & DOURADO NETO, 1993), e o da regressão, podendo-se fixar θ_r e θ_s . Além disso, pode-se ter a relação de dependência entre m e n ($m = 1 - n^{-1}$), que segundo LIER & DOURADO NETO (1993), apresenta a vantagem de requerer menor tempo de processamento de cálculos e maior número de graus de liberdade do resíduo, com nível de significância, pelo teste F, menor. Entretanto, segundo os autores, apresenta a desvantagem de minimizar menos a soma dos quadrados dos desvios residuais, resultando num menor coeficiente de ajuste.

De acordo com MARCOS (1971), o ponto de inflexão da curva de retenção de água de um solo, é a sua capacidade de campo, em função da mudança da relação entre as variáveis dependente e independente, e indica o potencial matricial de 6 Kpa como a melhor estimativa para o conceito. FERREIRA & MARCOS (1983), em trabalho semelhante, ratifica essas colocações.

2.3. Resultados de Pesquisa nas Várzeas da Amazônia

2.2.1. Pesquisas em manejo e física de solos

Investigando o efeito do preparo do solo na produtividade de arroz nas várzeas do Rio Guamá CHAVES et al. (1979) testaram os sistemas de manejo: a) queima da vegetação após roçagem; b) incorporação da cobertura vegetal; c) mobilização do solo sem a cobertura vegetal; e d) limpeza da área utilizando herbicida. Constataram que o sistema com a incorporação dos restos culturais teve um comportamento superior aos demais, com uma produtividade média de 3.057 kg/ha, sendo que o tratamento com queima da vegetação proporcionou a menor produtividade, 1814 kg/ha.

PIMENTEL (1991) e PIMENTEL & CHAVES (1993), ao testarem os sistemas: a) manual com queima; b) manual sem queima; c) tração animal com queima; d) tração animal sem queima; e) microtrator com queima e f) microtrator sem queima, em solo de várzea do Médio Amazonas Paraense, concluíram que a queima apresentou efeito de redução da macroporosidade e aumento da produção de caupi. Citam os autores, que o trabalho foi executado por apenas um ano, o que certamente contribuiu para que não se obtivesse resultados mais consistentes.

FERREIRA (1993), em estudo objetivando a caracterização de sedimentos e solos de dois lagos de várzea da Amazônia central, conclui que sedimentos e solos têm elevada capacidade de reter água, com valores máximos de 45 mm, para uma camada de 0-10 cm, considerando-se a água disponível entre os potenciais de - 10 e - 1500 KPa.

3.2.2. Algumas pesquisas em outras áreas do conhecimento

Em experimento instalado em solo de várzea sistematizada do Rio Caeté, no município de Bragança-PA com marachas e comportas simples de tubo de PVC, CHAVES (1983) obteve uma produtividade de 5.292 kg/ha de arroz, em uma única safra, constatando também uma melhoria na consistência do solo, maior facilidade nos tratos culturais e menor incidência de plantas daninhas.

LOPES et al. (1971), objetivando testar a resposta do arroz apura a adubação NPK sob regime de irrigação natural na várzea do rio Caeté, município de Bragança-PA, concluíram que o emprego da adubação nitrogenada promoveu um aumento na ordem de 1594 kg/ha de arroz, sendo que a aplicação concomitante de N e P aumentou a produtividade em mais

de 2.000 kg/ha, sendo esse acréscimo não economicamente viável pelo elevado preço desses insumos na região.

Avaliando o comportamento de cultivares de arroz em condições de várzea úmida do Rio Caeté, LOPES & MASCARENHAS (1974) concluíram que as cultivares GA-4782 (4,97 t/ha) e GA -3970 (4,25 t/ha) foram superiores a apura (3,34 t/ha) e BR-1, comumente utilizadas na região.

KASS et al. (1973), em pesquisa realizada nas várzeas do Rio Guamá, no município de Belém-PA, onde avaliaram 25 cultivares de arroz, das quais quinze procederam do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), concluíram ser possível obter até três safras, com produtividade média de 20 t/ha/ano de arroz em casca. Das cultivares testadas, a mais produtiva foi a IR-665-33-2-5 com produtividade de 8.432 kg/ha em 105 dias.

PONTE et al. (1977), em estudos feitos na várzea alta do Município de Igarapé-Miri-Pa somente com a aplicação de adubo nitrogenado, comprovaram um acréscimo de produtividade em torno de 2.200 kg/ha.

Em estudos feitos nos solos de várzea alta do Rio Guamá (Belém-PA) no qual foram testados diversos níveis de nitrogênio usando como fontes o sulfato de amônio e a uréia, PONTE et al. (1981) constataram

que o sulfato de amônio foi o adubo que apresentou melhores resultados com produtividades de 4.528 e 4.749 kg/ha nas dosagens de 150 a 200 kg/ha de N as quais proporcionaram aumentos de 250 e 262%, respectivamente, em relação a testemunha.

MASCARENHAS et al. (1974), estudando a sistematização de uma área de várzea do Rio Guamá (Belém-PA) para cultivo de arroz com irrigação controlada concluíram, com base nos aspectos econômicos, que há grandes possibilidades de que a rizicultura regional adote a sistematização através de esquemas racionais de irrigação e drenagem.

Objetivando determinar a resposta da cultura do arroz, com relação à produtividade e os componentes de produção, quando submetida a diferentes manejos e água de irrigação por inundação, MASCARENHAS (1987) concluiu que: a) a drenagem intermediária por um período de 15 aos 40 dias após a germinação do arroz proporcionou uma aumento de produção da ordem de 26,49% em relação à testemunha (tratamento sem irrigação); b) a irrigação por inundação contínua com uma lâmina de água de 15 cm de espessura exerceu um ótimo controle sobre as plantas daninhas e que, considerando-se apenas as condições edafoclimáticas das várzeas do Estuário Amazônico, semelhantes às do Rio Guamá, há possibilidade do desenvolvimento de uma rizicultura altamente produtiva sem o emprego da irrigação por inundação.

CARDOSO et al. (1987) observaram elevação do pH de 4,24 para 6,20 quando inundaram por 30 dias, sob condições de laboratório, o solo Glei Pouco Húmico da Várzea do Rio Guamá, (Belém-PA). Para esse mesmo tipo de solo, porém, sob diferentes condições de uso ou seja, cultivado e com cobertura de floresta, MORAES & BASTOS (1971) encontraram que após 25 dias de submersão o pH variou de 5,4 a 7,3 no solo sob cultivo e de 4,6 a 6,9 sob cobertura vegetal. Esses resultados confirmam que, em geral, nos solos ácidos, o pH aumentou devido a liberação de íons OH^- quando $\text{Fe}(\text{OH})_3$ e compostos similares, são reduzidos a $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ou $\text{Fe}_3(\text{OH})_8$ (SANCHES, 1981).

TEIXEIRA (1989), com o objetivo de avaliar a disponibilidade de alguns macronutrientes em cinco solos de várzeas do Estado do Pará, comparando os resultados com os de três solos de terra firme, concluiu que o solo Glei Salino do Rio Caeté foi o solo que apresentou as maiores disponibilidades de nutrientes e de matéria seca, superando em 40% a produção do Latossolo Húmico Antropogênico.

Como se pode constatar, pela revisão acima apresentada, o número de pesquisas existentes na região Amazônica, bem como no Brasil, em áreas de várzea são muito poucas, concentrando-se mais em pesquisas aplicadas, onde o resultado obtido é assimilado pelos agricultores. Entretanto, as pesquisas mais básicas no campo da física, química e

biologia, etc., que deveriam subsidiar as pesquisas aplicadas, praticamente inexistem.

Deste modo, a realização deste trabalho está plenamente justificado pela ausência de trabalhos voltados para esta linha de pesquisa, bem como pela sua originalidade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de Estudo

3.1.1. Localização

O presente estudo foi realizado na várzea do Rio Guamá, área experimental do Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental - CPATU, unidade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, em Belém-PA, no período de janeiro de 1989 a dezembro de 1992.

A área geográfica onde se desenvolveu este trabalho localiza-se na região fisiográfica do Estuário do Rio Amazonas, a 1°28' de latitude sul e 48°27' de longitude Oeste de Greenwich e a uma altitude de aproximadamente 24 m. O mapa de localização é apresentado na Figura 2.

Figura 2. Mapa de localização da área onde foi realizado o estudo.

3.1.2. Clima

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, pertence ao tipo Afi - tropical chuvoso, Figura 3, sem estação fria, sem período seco e com temperatura do mês menos quente acima de 18°C, exibindo em todos os meses, totais de chuvas superiores a 60 mm.

As figuras 4 e 5 apresentam, respectivamente, as isotermas e as isoetas anuais para a região Amazônica.

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios das principais variáveis climáticas correspondentes ao período de 1967 a 1983, correspondentes a Estação Agrometeorológica da EMBRAPA / CPATU-Belém - Pará, enquanto que, a Figura 6 mostra o balanço hídrico pelo método de Thornthwhite-Matter 1955 com retenção hídrica de 50 mm, para o mesmo período (BASTOS, 1986).

3.1.3. Vegetação

A vegetação primária da área é floresta equatorial perenifólia de várzea, sendo a vegetação atual quando da escolha da área, uma capoeira de aproximadamente dez anos.

Figura 3. Tipos climáticos da Amazônia segundo Köppen.

Figura 4. Isotermas anuais para a região Amazônica.

Figura 5. Isoietas anuais para a região amazônica.

Tabela 1. Dados mensais da Estação meteorológica da EMBRAPA/CPATU (Belém-Pará), no período de 1967/83.

meses	Temperatura do ar (°C)				vento		evaporação		precipitação		pressão atmosférica (mm)	
	médias comp.	médias máximas	médias mínimas	U.R. absoluta (%)	direção	veloc. (m/s)	insolação (horas)	(litros)	(mm)			
Januário	25,9	31,0	22,7	33,2	21,3	87,5	NE	1,5	146,7	56,1	357,8	6,8
Fevereiro	25,7	30,6	22,7	33,8	21,6	89,0	NE	1,5	109,4	43,3	412,2	7,2
Março	25,8	30,7	22,9	32,9	21,7	83,8	NE	1,5	119,5	47,2	421,8	7,2
Abril	26,1	31,2	23,1	33,0	22,0	83,3	NE	1,4	143,6	46,6	361,0	6,9
Maior	26,3	31,7	23,0	33,0	22,0	85,0	SE	1,5	194,3	56,7	304,8	6,3
Junho	26,3	31,8	22,7	33,1	21,6	83,2	SE	1,8	235,5	71,7	159,4	5,4
Julho	26,1	31,8	22,4	32,9	21,3	81,7	SE	2,0	262,4	81,0	168,7	4,9
Agosto	26,3	32,2	22,4	33,4	21,4	81,5	NE	2,2	268,0	89,7	135,3	5,2
Setembro	26,4	32,2	22,4	33,2	21,2	81,6	NE	2,2	237,2	82,8	140,6	5,3
Outubro	26,7	32,4	22,4	33,7	21,3	83,0	NE	2,4	243,4	94,1	110,6	5,5
Novembro	26,8	32,6	22,6	33,9	21,3	79,0	NE	2,5	219,7	95,1	107,2	5,8
Dezembro	26,6	32,2	22,7	33,7	21,5	83,9	NE	2,1	190,8	78,2	198,8	6,3
SOMA									2370,5	844,5	2878,2	
MÉDIA	26,6	31,7	22,7	33,3	21,5	84,1	NE	1,9			239,8	6,1

Figura 6. Balanço hídrico seg. THORNTHWHITE 1955. Belém - Pará.

3.1.4. Solo

O solo onde foi realizado este estudo é classificado como Glei Pouco Húmico, compreendendo solos minerais hidromórficos pouco desenvolvidos, de deposição recente e imperfeitamente drenados, originados de uma mescla de materiais recentes do holoceno conduzidos em suspensão aquosa, sendo que as variações freqüentes do regime hídrico condicionam a oscilação do lençol freático e/ou sua permanência temporária próximo à superfície, impedem o seu desenvolvimento (EMBRAPA-SNLCS, 1981).

3.2. Instalação e condução do experimento

O experimento, instalado em solo Glei Pouco Húmico que, anteriormente, estava sob uma capoeira de aproximadamente dez anos, no período de 1989 a 1992, utilizou o arroz (*Oryza sativa* L.) como planta-teste, o qual foi cultivado por três anos consecutivos.

Antes da derrubada da vegetação, objetivando caracterizar a área experimental, foi efetuado levantamento botânico e descrito um perfil do solo. Os resultados do levantamento botânico são apresentados na Tabela 2, enquanto que a descrição morfológica e a caracterização física e química do solo encontram-se nos Apêndices 1 e 2, respectivamente.

Tabela. 2. Espécies de plantas daninhas predominantes no extrato arbustivo e arboreo da área experimental, em várzea do rio Guamá.

Nome científico	Família	Nome vulgar
<i>Bombax munguba</i> Mart.	Bombacaceae	Munguba
<i>Cecropia obtusa</i> Trecul	Moraceae	Imbaúba branca
<i>Diffembachia</i> sp.	Araceae	Aninga-para
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Palmae	Açaí
<i>Hura crepitans</i> L.	Euphorbiaceae	Assacú
<i>Jacobina</i> sp.	Acanthaceae	-
<i>Manihot brachyloba</i> M.Arg	Euphorbiaceae	Maniva de veado
<i>Merremia umbelata</i> (L.)Halier.	Convolvulaceae	Batarana
<i>Miconia longifolia</i> (Aubl)DC.	Melastomataceae	Tinteiro
<i>Montrichardia Linifera</i> (Air)Schott	Araceae	Aninga
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	Pimenta longa

3.3. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com oito tratamentos e três repetições, em esquema de parcela subdividida (“Split plot”). As parcelas compreenderam os tratamentos, e as subparcelas as profundidades de coleta de amostras de solo, que foram de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. A área das parcelas foi de 200 m², com ruas de 10 m.

É importante que se saliente que, independente da interação tratamento versus profundidade ser significativa, procedeu-se ao desdobramento tratamentos dentro de profundidades e profundidades dentro de tratamento.

Esta iniciativa fundamentou-se na afirmação de BANZATO & KRONKA (1990), de que quando se aplica um teste F em uma análise de variância para tratamentos com mais de um grau de liberdade, pode-se obter apenas informações muito gerais, relacionadas com o comportamento médio dos tratamentos, representando portanto, um teste médio de diversas comparações independentes. Além disso, quando se faz o desdobramento, estamos interessados em obter informações mais específicas relacionadas com o comportamento de cada um dos componentes do desdobramento.

Os tratamentos implantados correspondem aos seguintes:

1. Tração animal com duas gradagens cruzadas (TA-2g).

2. Tração animal com três gradagens cruzadas (TA-3g).
3. Tração animal com quatro gradagens cruzadas (TA-4g).
4. Microtrator com duas passagens cruzadas (MI-2g).
5. Microtrator com três passagens cruzadas (MI-3g).
6. Microtrator com quatro passagens cruzadas (MI-4g).
7. Preparo manual (MA).
8. Pousio (PO).

Os tratamentos de 1 a 3 foram aplicados utilizando-se grade de oito discos tracionada por búfalo, enquanto que para os tratamentos de 4 a 6 usou-se a enxada rotativa tracionada por microtrator. No tratamento 7, o preparo do solo foi feito manualmente, enquanto que no 8, referente ao pousio, não há preparo do solo e nem plantio, tendo como objetivo servir como testemunha para efeito de comparação com os demais, em relação à avaliação das propriedades físicas e da matéria orgânica do solo.

Nas Figuras 7 a 12 são apresentadas fotografias que mostram, respectivamente, a utilização da tração animal com búfalos, o uso do microtrator, o preparo manual, a parcela em pousio, o aspecto do tamanho das ruas em experimentos com manejo, e uma visão geral da área com a cultura do arroz já implantada. As figuras 9, 10, 11 e 12, mostram, também, ao fundo, aspectos da vegetação existente na área antes que a mesma fosse derrubada.

Figura 7. Fotografia de parcela que utilizou **tração animal com búfalo**.

Figura 8. Fotografia de parcela com uso de **microtrator**.

Figura 9. Fotografia de parcela onde ocorreu **preparo manual**.

Figura 10. Fotografia de parcela que ficou em **pousio**.

Figura 11. Fotografia mostrando a largura das ruas, com 10 m. .

Figura 12. Fotografia mostrando uma **visão geral do experimento**.

Foram analisados, também, por profundidade, contrastes não ortogonais, previamente selecionados. A escolha recaiu em contrastes não ortogonais, porque esses eram os contrastes de interesse. Os contrastes foram montados considerando o agrupamento dos tratamentos do seguinte modo:

- TA-2g + TA-3g + TA-4g $\Rightarrow$ TA (tração animal)
- MI-2g + MI-3g + MI-4g $\Rightarrow$ MI (microtrator)
- MANUAL $\Rightarrow$ MA (manual)
- POUSIO $\Rightarrow$ PO (pousio)
- TA + MI + MA $\Rightarrow$ MNJ (manejos)

Desta forma foram criados os seguintes contrastes:

- TA versus MI
- TA versus MA
- TA versus PO
- MI versus MA
- MI versus PO
- MA versus PO
- MNJ versus PO

Foram também efetuadas correlações simples entre as variáveis.

4.3. Amostragem e determinações

A amostragem foi efetuada em duas etapas sendo a primeira antes da instalação do experimento e a segunda após a 2ª colheita de arroz.

Na primeira etapa de coleta, em 1989, com o objetivo de caracterizar física e quimicamente o solo, antes da implantação propriamente dita do experimento, foi efetuada uma amostragem inicial da área, sendo esta dividida em doze quadras, onde foram coletadas amostras deformadas e indeformadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. Os resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Na segunda etapa de coleta, o material de solo para as determinações físicas e químicas foi amostrado em dois locais da área útil da parcela, ao acaso, em pequenas trincheiras, sendo coletadas duas amostras por ponto, perfazendo um total de 12 amostras por tratamento e por profundidade.

Para ambas as etapas, coletaram-se amostras indeformadas e deformadas, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

As amostras de solo indeformadas foram coletadas utilizando-se anéis volumétricos de 100 cm³, sendo estas utilizadas para determinação de retenção de água nas pressões de 6; 10; 30 e 100 Kpa, e densidade do solo.

Tabela 3. Parâmetros físicos do solo Glei Pouco Húmico, referentes amostragem inicial realizada na área experimental.

Variáveis	Profundidades (cm)			
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
- Granulometria (%)				
. areia grossa	-	-	-	-
. areia fina	-	-	-	-
. silte	64	66	62	58
. argila total	36	34	38	42
. argila dispersa em água	16	21	25	30
- Umidade do solo ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$)				
6 Kpa	0,401	0,436	0,458	0,468
10 Kpa	0,392	0,425	0,446	0,464
30 Kpa	0,369	0,396	0,417	0,427
100 Kpa	0,332	0,357	0,378	0,386
1500 Kpa	0,204	0,235	0,260	0,275
- Densidade (g / cm^3)				
. do solo	0,78	1,06	1,11	1,16
. de partículas	2,57	2,47	2,36	2,47
Porosidade (%)				
. Total	67	57	53	53
. macroporosidade	27	13	07	06
. microporosidade	40	44	46	47

Tabela 4. Parâmetros químicos do solo Glei Pouco Húmico, referentes à amostragem inicial realizada na área experimental.

Variáveis	Profundidades (cm)			
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40
- Matéria orgânica (%)	8,58	1,43	0,96	0,79
- P ₂ O ₅ (ppm)	6,18	2,51	2,06	1,64
- K (ppm)	118	49	49	51
- pH (H ₂ O)	3,8	4,0	4,2	4,3
- Ca (meq / 100 g)	3,25	1,59	1,56	1,48
- Mg (meq / 100 g)	4,22	4,65	6,05	6,94
- Na (meq / 100 g)	0,43	0,31	0,37	0,41
- Al (meq / 100 g)	4,74	4,77	4,49	4,61
- Saturação por bases (meq / 100 g)	8,22	6,69	8,13	8,96
- Saturação por Al (%)	37	42	36	34

Nos mesmos pontos e nas mesmas profundidades, foram retiradas amostras deformadas para determinação de granulometria, densidade de partículas, retenção de água na pressão de 1500 Kpa e carbono orgânico.

As análises foram feitas no Laboratório de solos da EMBRAPA-CPATU. A descrição detalhada dos métodos utilizados nas análises do presente trabalho, está contida no Manual de Métodos de Análises de Solos (EMBRAPA-SNLCS, 1979).

O carbono orgânico foi determinado pelo método que utiliza o dicromato de potássio, ácido sulfúrico concentrado e solução fosfórica a 5 %, sendo a titulação feita com sulfato ferroso amoniacal.

Dessa forma, tendo-se os teores de carbono orgânico, calculou-se a matéria orgânica pela fórmula:

$$M.O = \% \text{ de } C_{org} \cdot 1,724 \quad (\%) \quad (2)$$

A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta, em que o agente dispersor foi o hidróxido de sódio (NaOH) 1 N.

A densidade de partículas (D_p) foi determinada pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico, como líquido penetrante, para medir o volume do solo, sendo calculada pela fórmula:

$$Dp = \frac{m}{Vb - Va} \quad (\text{ g / cm}^3) \quad (3)$$

onde:

- m = massa da amostra de solo em g.
- Vb = volume do balão, em cm^3 .
- Va = volume total de álcool, em cm^3 .

A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico com capacidade para conter amostra indeformada de 100 cm^3 , sendo calculada pela fórmula:

$$Ds = \frac{m}{V} \quad (\text{ g / cm}^3) \quad (4)$$

onde:

- m = massa de solo seco, em g.
- V = volume do cilindro, em cm^3

A porosidade total (Pt) foi determinada pela fórmula:

$$Pt = \left(1 - \frac{Ds}{Dp} \right) * 100 \quad (\%) \quad (5)$$

onde:

- D_s = densidade do solo, em g / cm^3 .
- D_p = densidade de partículas, em g / cm^3

A microporosidade foi obtida através dos resultados das amostras submetidas a aplicação de tensão equivalente 6 Kpa.

A macroporosidade foi determinada por diferença entre porosidade total e a microporosidade.

A retenção de água nas pressões 6; 10; 30 e 100 Kpa foi determinada com amostras indeformadas, previamente saturadas com água, sobre placa de cerâmica porosa, mediante aplicação das referidas pressões, em equipamento apropriado conhecido como panela de pressão. A água retida a 1500 Kpa foi obtida em amostras deformadas, previamente saturadas com água, sobre placa de cerâmica porosa, também em panela de pressão.

Com esses pontos (θ , ψ_m) determinados, procedeu-se ao ajuste das curvas de retenção de água, de acordo com o modelo proposto por VAN GENUCHTEN (1980), de acordo com a equação 1, a qual é novamente apresentada:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha \cdot |\psi_m|)^n\right]^m} \quad (1)$$

onde:

θ_r = umidade volumétrica residual ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$)

θ_s = umidade volumétrica saturada ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$)

ψ_m = potencial mátrico (Kpa)

α , m e n = parâmetros empíricos da equação

Esse ajuste foi efetuado por dois métodos: o método 1, onde considerou $\theta_s = \theta_{\max}$, com $\psi_m = 0$ e, $\theta_r = \theta_{\min}$, com $\psi_m = -1500$ Kpa, e o método 2, utilizou a mesma umidade de saturação, fazendo $\theta_r = 0$.

A umidade θ_i correspondente ao ponto de inflexão da curva característica de retenção de água no solo, foi obtida através da equação:

$$\theta = \left(\frac{m}{1-m} \right)^m (\theta_s - \theta_r) + \theta_r \quad (6)$$

obtida através da derivada da equação (1).

Neste trabalho, o ponto de inflexão foi considerado como capacidade de campo (MARCOS, 1971; FERREIRA & MARCOS, 1983), sendo utilizado para o cálculo da água disponível (AD, mm). A fórmula utilizada para o calculo desta variável, foi:

$$AD = (CC - PMP) * 10 \text{ h} \quad (7)$$

Para estes cálculos, utilizaram-se os resultados obtidos do ajuste ao modelo de Van Genuchten, pelo método 2, que considerou a umidade residual como sendo zero.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Matéria orgânica

Na Figura 13 e na Tabela 5 são apresentados os resultados médios obtidos para a variável matéria orgânica. A análise estatística mostrou haver diferenças significativas a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto quando se consideram os efeitos principais de tratamento (*letras maiúsculas em itálico e em fundo destacado*) e de profundidade (*letras minúsculas em itálico e em fundo destacado*), representados na tabela pelas médias, como quando se consideram os desdobramentos de tratamento dentro de profundidade (*colunas em letras maiúsculas*) e de profundidade dentro de tratamento (*linhas em letras minúsculas*). O resumo da análise de variância e os dados brutos utilizados na mesma, são apresentados nos Apêndices 3 e 14.

Figura 13. Valores médios de matéria orgânica, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tabela 5 - Valores médios de **matéria orgânica** (%), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	3,77 B a	1,72 A b	1,08 A b	0,88 A b	1,95 AB
2. Tração animal- 3g	4,45 B a	1,77 A b	0,78 A b	0,70 A b	2,03 AB
3. Tração animal- 4g	3,83 B a	1,67 A b	0,84 A c	0,80 A c	1,87 B
4. Microtrator- 2g	4,15 B a	1,54 A b	0,91 A b	0,78 A b	1,93 B
5. Microtrator- 3g	4,83 B a	1,48 A b	0,89 A c	0,73 A c	1,98 AB
6. Microtrator- 4g	4,11 B a	1,39 A b	1,08 A b	0,72 A b	1,82 B
7. Manual	4,48 B a	1,49 A b	0,77 A b	0,84 A b	1,74 B
8. Pousio	7,71 A a	1,58 A b	1,08 A c	0,96 A c	2,47 A
Média	4,54 a	1,58 b	0,94 c	0,80 c	

-nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

-nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Em uma análise global dos resultados, observa-se a diminuição dos teores de matéria orgânica com o aumento da profundidade do solo, independente do tratamento utilizado. Este comportamento é bem mais evidente da camada superficial para a subsequente, podendo ser claramente visualizado na Figura 13. Esse maior teor de matéria orgânica no horizonte superficial já era esperado, estando relacionado a deposição superficial de resíduos animais e vegetais que a matéria orgânica representa, (BRADY, 1989), bem como, pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais, SÁNCHEZ (1981).

Ao se comparar estes resultados com os obtidos na avaliação inicial da área, apresentados na Tabela 4, é notório que houve diminuição nos teores de matéria orgânica na camada superficial do solo com o cultivo. Essa redução foi de 50,68 % considerando a média dos tratamentos de 1 a 7, onde ocorreu preparo de solo e cultivo de arroz, e de 10,14 % para o pousio, no qual as parcelas experimentais foram mantidas somente com roçagens manuais periódicas, havendo acúmulo de restos vegetais. A redução média foi de 47,09 %. Essa redução pode ser justificada, segundo SÁNCHEZ (1981), pela elevação na taxa de decomposição da matéria orgânica, devido a aplicação de sistemas de preparo com mobilização do solo, bem como, segundo STEVENSON (1982), pela melhoria da aeração e pela alternância de umedecimento e secagem, fenômenos que podem levar

ao aumento da atividade microbiana e, assim, à redução do teor de matéria orgânica.

De acordo com MILLER et al. (1982), nos sistemas agrícolas dos trópicos úmidos, a substituição de mata nativa por culturas, acarreta uma diminuição de aproximadamente de 75 % da matéria orgânica dos solos, enquanto que BORGES (1993), encontrou valores variados de acordo com a cobertura vegetal e / ou manejo utilizado , com decréscimo de 47 % quando o solo foi cultivado com manga e média de 25 %. É bom salientar, a importância do manejo no percentual de diminuição e / ou manutenção dos teores de matéria orgânica dos solos. MIRANDA (1993), em experimento onde testou modos e doses de aplicação de calcário na sucessão soja-trigo em solo Glei Pouco Húmico, encontrou teores de 2,8 e 3 % , respectivamente para a avaliação inicial e após quatro anos de cultivo.

A análise do efeito principal para tratamento, representado na Tabela 5 pelas médias em letras maiúsculas no sentido coluna (em *itálico com fundo destacado*), indica que não houve diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, entre os tratamentos em que ocorreu preparo do solo, seja este manual ou mecanizado com utilização de tração animal e microtrator. Entretanto, ocorreram diferenças significativas entre o pousio e os tratamentos tração

animal com quatro gradagens, microtrator com duas e quatro gradagens e manual.

Quanto ao desdobramento tratamento dentro de profundidade, representado pelas colunas em letras maiúsculas, como seria de esperar, o tratamento pousio diferiu dos demais na camada superficial, em função do manejo aplicado nestas parcelas, como já comentado anteriormente. O mesmo foi também comprovado por CARVALHO (1984), em trabalho que contemplou tratamento semelhante.

Ao se analisar o efeito principal profundidade, representado na Tabela 5 pelas médias em letras minúsculas no sentido linha (com fundo destacado), se observa que a camada superficial diferiu da subsequente e esta das demais, que são estatisticamente iguais. O mesmo foi verificado por vários autores (ALVES, 1992; BORGES, 1993; BEZERRA, 1978; CARVALHO, 1984; PIMENTEL, 1991; PIMENTEL & CHAVES, 1993).

Para o desdobramento profundidade dentro de tratamento (letras minúsculas, sentido linha), o comportamento é quase idêntico, sendo que para alguns tratamentos a diferença ocorre só para o horizonte superficial, sendo os demais estatisticamente iguais. Isto deve-se ao elevado coeficiente de variação, como ocorre, por exemplo, com os tratamento 5 e 7 nas profundidades 10-20 e 20-30 cm, onde os valores são praticamente os mesmos, mas com coeficientes de variação de 6,82 e 26,68 % (Apêndice

3), o que torna os tratamentos 5 e 7 significativo e não significativo, respectivamente. O coeficiente de variação geral para esta variável foi de 19,91 %.

A análise de variância para os contrastes não ortogonais previamente escolhidos, apresentados na Tabela 6, indicou que as diferenças só existiram para a camada superficial, pelo teste de F a 1 % de probabilidade, para os contrastes que envolvem o pousio, o que demonstra que entre os manejos em que houve preparo de solo e plantio, não há diferenças, como já foi constatado pela análise estatística apresentada na Tabela 5.

A análise de correlação (Apêndice 13) , indicada pelo coeficiente de correlação de Pearson, mostra que a matéria orgânica se correlacionou significativamente com as seguintes variáveis : densidade do solo ($r = -0,78$; $P = 0,01$); porosidade total ($r = 0,78$; $P = 0,01$); macroporosidade ($r = 0,62$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 1500 Kpa ($r = -0,66$; $P = 0,01$); água disponível ($r = -0,52$; $P = 0,01$).

Tabela 6. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável matéria orgânica, para as diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm					
- TA * MI	1	0,5408000	1,03	0,3309	16,00
- TA * MA	1	0,2525261	0,48	0,5018	16,00
- TA * PO	1	20,5868522	39,09 **	0,0001	16,00
- MI * MA	1	0,0047348	0,01	0,9260	16,00
- MI * PO	1	16,8392348	31,97 **	0,0001	16,00
- MA * PO	1	10,4006250	19,75 **	0,0008	16,00
- MNJ * PO	1	20,4772509	38,88 **	0,0001	16,00
10 - 20 cm					
- TA * MI	1	0,2862722	4,24	0,0601	16,46
- TA * MA	1	0,1144694	1,70	0,2155	16,46
- TA * PO	1	0,0376459	0,56	0,4685	16,46
- MI * MA	1	0,0016000	0,02	0,8800	16,46
- MI * PO	1	0,0150089	0,22	0,6451	16,46
- MA * PO	1	0,0058733	0,09	0,7727	16,46
- MNJ * PO	1	0,0003571	0,01	0,9431	16,46
20 - 30 cm					
- TA * MI	1	0,0189896	0,56	0,4700	19,59
- TA * MA	1	0,0203288	0,60	0,4551	19,59
- TA * PO	1	0,0829422	2,45	0,1461	19,59
- MI * MA	1	0,0645461	1,90	0,1951	19,59
- MI * PO	1	0,0360906	1,06	0,3244	19,59
- MA * PO	1	0,1380167	4,07	0,0687	19,59
- MNJ * PO	1	0,0869932	2,57	0,1376	19,59
30 - 40 cm					
- TA * MI	1	0,0126859	0,85	0,3754	15,39
- TA * MA	1	0,0017942	0,12	0,7352	15,39
- TA * PO	1	0,0541926	3,62	0,0814	15,39
- MI * MA	1	0,0127815	0,85	0,3737	15,39
- MI * PO	1	0,1034694	6,91 *	0,0220	15,39
- MA * PO	1	0,0180023	1,20	0,2944	15,39
- MNJ * PO	1	0,0813832	5,44 *	0,0380	15,39

(*) F significativo a 5 % de probabilidade.

(**) F significativo a 1 % de probabilidade.

4.2. Densidade do solo

A Figura 14 e a Tabela 7 apresentam os resultados médios alcançados para o parâmetro densidade do solo. A análise estatística mostrou haver diferenças significativas a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto quando se consideram os efeitos principais de tratamento e de profundidade, representados na Tabela pelas médias, em fundo destacado, como quando na análise observam-se os desdobramentos de tratamento dentro de profundidade (colunas em maiúsculas), e de profundidade dentro de tratamento (linhas em minúsculas). O resumo da análise de variância e os dados que foram utilizados na mesma, são apresentados nos Apêndices 4 e 15.

Em uma análise global dos resultados, dois aspectos merecem comentários: O primeiro refere-se aos baixos valores de densidade observados, e o segundo é a nítida tendência de aumento da densidade do solo com a profundidade de amostragem.

Quanto aos baixos valores de densidade, estes são mais evidentes na camada superficial do solo, sendo devidos aos altos valores de matéria orgânica (Tabelas 4 e 5), que apresenta densidade variando de 0,6 a 1,0 g / cm³, sugerindo, conseqüentemente, redução nos valores para este parâmetro, KIEHL (1979). Além disto, este solo é da classe textural

Figura 14. Valores médios de densidade do solo, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tabela 7 - Valores médios de **densidade do solo** (g / cm^3), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Profundidade					Média			
	(cm)								
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40					
1. Tração animal- 2g	0,93 B	b	1,07 A	ab	1,15 A	a	1,20 AB	a	1,09 ABC
2. Tração animal- 3g	0,86 B	b	1,14 A	a	1,20 A	a	1,20 AB	a	1,10 AB
3. Tração animal- 4g	1,04 B	a	1,16 A	a	1,11 A	a	1,14 AB	a	1,11 AB
4. Microtrator- 2g	0,98 B	b	1,15 A	a	1,20 A	a	1,22 A	a	1,14 A
5. Microtrator- 3g	0,80 B	b	1,11 A	a	1,13 A	a	1,15 AB	a	1,04 BC
6. Microtrator- 4g	0,83 B	b	1,10 A	a	1,10 A	a	1,05 B	a	1,02 C
7. Manual	0,82 B	b	1,12 A	a	1,14 A	a	1,20 AB	a	1,07 ABC
8. Pousio	0,70 A	b	1,06 A	a	1,15 A	a	1,18 AB	a	1,02 C
Média	0,87 c	1,11 a	1,15 ab	1,17 a					

-nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

-nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

franco-argilo-siltoso, apresentando ausência da fração areia e elevados teores de silte e argila, conforme apresentado na Tabela 3, com conseqüente elevada porosidade total, estando estes valores de acordo com os apresentados por BRADY (1989).

Quanto ao segundo aspecto, isto é, o aumento da densidade do solo com a profundidade amostrada, se observa que isto é mais evidente da camada superficial para a subsequente, sendo provável que esta tendência esteja ligada aos teores de matéria orgânica (Tabela 5), os quais apresentam comportamento inverso, ou seja, decrescem com a profundidade. Esta correlação negativa foi verificada neste trabalho (Apêndice 14), onde o coeficiente de correlação de Pearson foi de ($r = - 0,78$ e $P = 0,01$). O mesmo foi constatado por KIEHL (1985), em trabalho realizado com solos do Estado de São Paulo, o qual complementa que a matéria orgânica reduz a densidade do solo diretamente por ela apresentar baixa densidade, e indiretamente, pelo seu efeito na estruturação do solo, tornando-o mais “solto”. TABATABAI & HANWAI (1968), verificaram que, para cada acréscimo de 1 % no teor de carbono orgânico, a densidade do solo diminuía $0,25 \text{ g / cm}^3$. Segundo BRADY (1989), a elevação da densidade do solo com o aprofundamento do perfil, é conseqüência, além do menor teor de matéria orgânica, da menor agregação e penetração de raízes, e da compacidade ocasionada pelo peso das camadas sobrejacentes.

Comparando-se esses resultados com os obtidos na avaliação inicial, apresentada na Tabela 3, observa-se que não houve grandes alterações entre os valores de densidade. Entretanto, há uma tendência de aumento desses valores com a aplicação de manejos ao solo, tendência essa que pode ser significativa com o tempo.

Ao se analisar o efeito principal para tratamento, representado na Tabela 7 pelas médias em letras maiúsculas no sentido coluna (em *itálico com fundo destacado*), infere-se, que os tratamentos pousio e microtrator com aplicação de 4 gradagens apresentaram as menores densidades, sendo estatisticamente diferentes de tração animal com 2 e 3 gradagens e microtrator com 2 gradagens, sendo que este difere de microtrator com aplicação de 3 gradagens. Vale salientar que estas diferenças são pequenas e, foram significativas devido ao coeficiente de variação de 5,37 % (Apêndice 4), considerado baixo para as condições experimentais.

Para o desdobramento tratamento dentro de profundidade, representado na Tabela 7 pelas colunas em letras maiúsculas, na camada superficial, de 0-10 cm, o tratamento pousio foi significativamente inferior aos demais, com menores valores de densidade. Isto pode ser explicado, considerando que neste tratamento não ocorreu preparo de solo e nem plantio, sendo ele implantado com o objetivo de servir de testemunha para

comparação no que se refere às características do solo avaliadas. Neste contexto, ocorreu acúmulo de matéria orgânica na superfície, como é observado na Tabela 5, o que não ocorreu com os demais sistemas de manejo estudados, onde o preparo do solo e o cultivo contribuíram para a redução nos teores de matéria orgânica e conseqüente aumento nos valores de densidade do solo. Para a camada de 30-40 cm, onde não era esperado haver diferenças, os tratamentos com microtrator com 2 e 4 gradagens diferiram entre si, sendo os que apresentaram a maior e a menor densidade, respectivamente, para esta profundidade.

Com relação ao efeito principal profundidade, representado na Tabela 7 pela linha com as médias em letras minúsculas (com fundo destacado), a camada superficial é significativamente inferior as demais, havendo também diferenças entre 10-20 e 30-40 cm. Tal fato está relacionado à diminuição do teor de matéria orgânica com o aprofundamento no perfil, como já mencionado acima.

Para o desdobramento profundidade dentro de tratamento (linhas em letras minúsculas), observa-se, de modo geral, que a camada superficial difere das demais, sendo estas estatisticamente iguais entre si. A exceção ocorre para os tratamentos tração animal com emprego de quatro gradagens, onde não há diferenças entre profundidades. Entretanto, não se pode perder de vista, que entre os tratamentos testados, foi o que apresentou

a maior densidade na camada superficial, não tendo sido apontadas diferenças significativas entre os manejos, devido ao coeficiente de variação de 11,24 % (Apêndice 4), obtido para esta profundidade, o qual foi o mais elevado deste parâmetro. Pelo exposto, tem-se uma menor diferença nos valores de densidade do solo entre o horizonte superficial e o subsequente, com conseqüente igualdade estatística entre eles.

A análise de variância obtida para os contrastes, apresentada na Tabela 8, mostra que só ocorreram diferenças significativas na profundidade de 0 - 10 cm, onde os contrastes Tração animal vs Pousio (TA vs PO) e Manejos vs Pousio (MNJ vs PO), apresentaram diferenças significativas pelo teste de F a 1 % e, para o contraste Microtrator vs Pousio (MI vs PO), a diferença ocorreu a 5 % de probabilidade. Esta diferença ocorrida somente entre as comparações envolvendo pousio, vem ratificar os resultados já apresentados na Tabela 7.

Pela análise de correlação, apresentada no Apêndice 13, observa-se que a densidade do solo correlacionou-se significativamente com os seguintes parâmetros: matéria orgânica ($r = -0,78$; $P = 0,01$); porosidade total ($r = -0,99$; $P = 0,01$); macroporosidade ($r = -0,77$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 1500 Kpa ($r = 0,74$; $P = 0,01$); água disponível ($r = -0,58$; $P = 0,01$).

Tabela 8. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável densidade do solo, nas diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm					
- TA vs MI	1	0,02347222	2,46	0,1392	11,24
- TA vs MA	1	0,03610000	3,78	0,0722	11,24
- TA vs PO	1	0,12780625	13,39 **	0,0026	11,24
- MI vs MA	1	0,00666944	0,70	0,4172	11,24
- MI vs PO	1	0,06208403	6,50 *	0,0231	11,24
- MA vs PO	1	0,01870417	1,96	0,1833	11,24
- MNJ vs PO	1	0,09405134	9,85 **	0,0072	11,24
10 - 20 cm					
- TA vs MI	1	0,00005000	0,01	0,9397	8,26
- TA vs MA	1	0,00010000	0,01	0,9148	8,26
- TA vs PO	1	0,00950625	1,13	0,3064	8,26
- MI vs MA	1	0,00002500	0,00	0,9574	8,26
- MI vs PO	1	0,00855625	1,01	0,3310	8,26
- MA vs PO	1	0,00510417	0,61	0,4496	8,26
- MNJ vs PO	1	0,01029301	1,22	0,2879	8,26
20 - 30 cm					
- TA vs MI	1	0,00050139	0,11	0,7405	5,78
- TA vs MA	1	0,00050625	0,12	0,7393	5,78
- TA vs PO	1	0,00000000	0,00	1,0000	5,78
- MI vs MA	1	0,00004444	0,01	0,9213	5,78
- MI vs PO	1	0,00025069	0,06	0,8147	5,78
- MA vs PO	1	0,00033750	0,08	0,7857	5,78
- MNJ vs PO	1	0,00011667	0,03	0,8729	5,78
30 - 40 cm					
- TA vs MI	1	0,00720000	2,76	0,1189	4,38
- TA vs MA	1	0,00050625	0,19	0,6663	4,38
- TA vs PO	1	0,00005625	0,02	0,8853	4,38
- MI vs MA	1	0,00680625	2,61	0,1285	4,38
- MI vs PO	1	0,00275625	1,06	0,3214	4,38
- MA vs PO	1	0,00060000	0,23	0,6389	4,38
- MNJ vs PO	1	0,00026250	0,10	0,7558	4,38

(*) F significativo a 5 % de probabilidade.

(**) F significativo a 1 % de probabilidade.

4.3. Porosidade total, macro e microporosidade

4.3.1. Porosidade total

Os valores médios obtidos para porosidade total, nos sistemas de manejo estudados, em diferentes profundidades, são apresentados na Figura 15 e na Tabela 9. A análise estatística mostrou haver diferenças significativas a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto quando se consideram os efeitos principais de tratamento (colunas em letras maiúsculas, *itálico* e em fundo destacado) e de profundidade (linhas em letras minúsculas, *itálico* e em fundo destacado), representados na tabela pelas médias, como quando se consideram os desdobramentos de tratamento dentro de profundidade (colunas em letras maiúsculas) e de profundidade dentro de tratamento (linhas em letras minúsculas). O resumo da análise de variância e os dados que foram utilizados na mesma, são apresentados nos Apêndices 5 e 16.

Os valores obtidos para porosidade total são elevados, para todos os tratamentos e em todas as profundidades, podendo ser explicado em função deste solo não apresentar em sua composição textural fração areia, com conseqüentes elevados teores de silte e argila, conforme apresentado na Tabela 3. Na camada superficial, os valores são ainda maiores,

Figura 15. Valores médios de porosidade total, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tabela 9 - Valores médios de porosidade total (%), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	63,7 AB a	58,6 A ab	55,4 A b	53,4 B b	57,8 ABC
2. Tração animal- 3g	66,8 AB a	56,0 A b	53,4 A b	52,9 B b	57,3 ABC
3. Tração animal- 4g	59,6 B a	54,8 A a	56,6 A a	55,8 AB a	56,7 BC
4. Microtrator- 2g	62,1 AB a	55,3 A b	53,2 A b	52,7 B b	55,8 C
5. Microtrator- 3g	68,7 AB a	57,0 A b	56,1 A b	55,4 AB b	59,3 AB
6. Microtrator- 4g	67,6 AB a	57,1 A a	57,0 A a	58,9 A a	60,1 A
7. Manual	68,3 AB a	56,4 A b	55,5 A b	53,6 AB b	58,4 ABC
8. Pousio	72,7 A a	58,6 A b	55,0 A b	54,2 AB b	60,1 A
Média	66,1 a	56,7 b	55,2 bc	54,6 c	

- nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

decrecendo em profundidade, sendo devidos, além dos fatores já mencionados, aos elevados teores de matéria orgânica, os quais podem ser observados nas Tabelas 4 e 5.

Resultados elevados de porosidade total foram também obtidos por FERREIRA (1993), ao estudar solos de dois lagos de várzea da Amazônia central, o qual encontrou valores que variaram de 51 a 72 %, para a profundidade de 0 - 10 cm, dependendo da classe textural. PIMENTEL (1991) e PIMENTEL & CHAVES (1993), encontraram valores de aproximadamente 50 %, para solo Glei Pouco Húmico franco-siltoso do médio amazonas paraense.

Em uma análise conjunta com os resultados obtidos para matéria orgânica (Figura 4 e Tabela 5), e densidade do solo (Figura 5 e Tabela 7), e bem como, pela análise de correlação apresentada no Apêndice 13, observa-se que ocorre uma correlação positiva da porosidade total com a matéria orgânica ($r = 0,78$; $P = 0,01$) e negativa com a densidade do solo ($r = - 0,99$; $P = 0,01$). Além dessas, existem também correlações com as seguintes variáveis: macroporosidade ($r = 0,77$; $P = 0,01$); macroporosidade ($r = 0,77$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 1500 Kpa ($r = - 0,74$; $P = 0,01$) e água disponível ($r = 0,58$; $P = 0,01$).

Na comparação desses dados com os obtidos na avaliação inicial da área, apresentados na Tabela 3, observa-se que não ocorreram alterações entre eles.

Pela análise do efeito principal para tratamento, representado na Tabela 9 pelas médias em letras maiúsculas (na coluna, em itálico com fundo destacado), observa-se que as diferenças numéricas ocorridas, apesar de pequenas foram significativas, influenciadas pelo baixo coeficiente de variação apresentado, de 3,91 % (Apêndice 5). Essas diferenças ocorreram nos mesmos tratamentos apontados para densidade do solo, o que comprova à correlação negativa existente entre essas variáveis.

Com relação ao desdobramento tratamento dentro de profundidade, representado na Tabela 9 pelas colunas em letras maiúsculas, observa-se que ocorreram diferenças significativas para as profundidades extremas. Para a camada superficial, o comportamento entre os tratamentos de 1 a 7, nos quais efetuou-se o preparo do solo e o plantio, foi estatisticamente eqüivalente, tendo ocorrido diferenças entre os tratamentos tração animal com aplicação de 4 gradagens e o pousio, com valores de 72,7 e 59,6 %, os quais corresponderam, respectivamente, aos valores de 1,04 e 0,70 g / cm³ para densidade do solo, o que confirma a correlação negativa existente entre essas variáveis. Para a profundidade de 30-40 cm, o tratamento microtrator 4 gradagens foi significativamente diferente de

tração animal com aplicação de 2 e 3 gradagens, e microtrator com 2 gradagens.

Com relação ao efeito principal profundidade, representado na Tabela 9 pela linha com as médias em letras minúsculas (com fundo destacado), observa-se a tendência já mencionada de decréscimo da porosidade total com o aprofundamento no perfil, com a camada superficial diferindo estatisticamente das demais.

Para o desdobramento profundidade dentro de tratamento (linhas em letras minúsculas), observa-se que a profundidade de 0-10 cm difere estatisticamente das demais, sendo estas iguais entre si. A exceção ocorre para os tratamentos tração animal e microtrator com emprego de quatro gradagens, onde não há diferenças entre as profundidades, e para o tratamento tração animal com uso de duas gradagens, onde as duas primeiras camadas são estatisticamente iguais.

A análise de variância para os contrastes não ortogonais previamente escolhidos, apresentados na Tabela 10, mostra que só ocorreram diferenças significativas na profundidade de 0 - 10 cm, onde os contrastes Tração animal vs Pousio (TA vs PO) e Manejos vs Pousio (MNJ vs PO), apresentaram diferenças significativas pelo teste de F a 1 % e, para o contraste Microtrator vs Pousio (MI vs PO), a diferença ocorreu a 5

Tabela 10. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável porosidade total, nas diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm					
- TA vs MI	1	34,1551125	2,34	0,1482	5,77
- TA vs MA	1	53,9490250	3,70	0,0750	5,77
- TA vs PO	1	197,2620250	13,53 **	0,0025	5,77
- MI vs MA	1	10,3201563	0,71	0,4143	5,77
- MI vs PO	1	98,2576563	6,74 *	0,0211	5,77
- MA vs PO	1	29,9266667	2,05	0,1739	5,77
- MNJ vs PO	1	146,9913751	10,08 **	0,0067	5,77
10 - 20 cm					
- TA vs MI	1	0,0006125	0,00	0,9945	6,27
- TA vs MA	1	0,0033062	0,00	0,9873	6,27
- TA vs PO	1	10,4329000	0,82	0,3792	6,27
- MI vs MA	1	0,0016000	0,00	0,9912	6,27
- MI vs PO	1	10,5462562	0,83	0,3767	6,27
- MA vs PO	1	7,2051042	0,57	0,4629	6,27
- MNJ vs PO	1	12,2904381	0,97	0,3410	6,27
20 - 30 cm					
- TA vs MI	1	0,3930889	0,06	0,8083	4,59
- TA vs MA	1	0,4085340	0,06	0,8047	4,59
- TA vs PO	1	0,0556117	0,01	0,9272	4,59
- MI vs MA	1	0,0383507	0,01	0,9395	4,59
- MI vs PO	1	0,4612674	0,07	0,7927	4,59
- MA vs PO	1	0,5104167	0,08	0,7823	4,59
- MNJ vs PO	1	0,3120095	0,05	0,8288	4,59
30 - 40 cm					
- TA vs MI	1	11,5600347	3,26	0,09	3,45
- TA vs MA	1	0,4601361	0,13	0,72	3,45
- TA vs PO	1	0,0807507	0,02	0,88	3,45
- MI vs MA	1	9,5018062	2,68	0,12	3,45
- MI vs PO	1	4,4944000	1,27	0,28	3,45
- MA vs PO	1	0,6176042	0,17	0,68	3,45
- MNJ vs PO	1	0,4918339	0,14	0,71	3,45

(*) F significativo a 5 % de probabilidade.

(**) F significativo a 1 % de probabilidade.

% de probabilidade. Este comportamento foi idêntico ao obtido para densidade do solo.

4.3.2. Macroporosidade

Os resultados obtidos para macroporosidade são apresentados na Figura 16 e na Tabelas 11. A análise estatística mostrou haver diferenças significativas a nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey, tanto quando se consideram os efeitos principais de tratamento (letras maiúsculas, em itálico e em fundo destacado) e de profundidade (letras minúsculas, em itálico e em fundo destacado), representados na Tabela pelas médias, como quando se consideram os desdobramentos de tratamento dentro de profundidade (colunas em letras maiúsculas) e de profundidade dentro de tratamento (linhas em letra minúsculas). O resumo da análise de variância e os dados brutos utilizados na mesma, são apresentados nos Apêndices 6 e 17.

Observa-se, em primeiro plano, que os valores de macroporosidade são baixos, variando, em termos médios, de 18,2 a 7,2 %, respectivamente, para as camadas de 0-10 e 30-40 cm. Esse valores, à partir da subsuperfície, chegam a ser menores que os 10 % estabelecidos por BAVER et al. (1973), como limite crítico para o crescimento das raízes. Esses baixos valores de macroporosidade são consequência da composição granulométrica deste solo, apresentada na Tabela 3, o qual não apresenta

Figura 16. Valores médios de macroporosidade, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tabela 11 - Valores médios de macroporosidade (%), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	16,7 AB a	10,1 A ab	7,0 A ab	6,3 A b	10,0 BC
2. Tração animal- 3g	18,0 AB a	10,4 A b	8,8 A b	6,7 A b	11,0 ABC
3. Tração animal- 4g	11,8 B a	8,6 A a	7,4 A a	8,5 A a	9,0 BC
4. Microtrator- 2g	13,1 AB a	7,9 A ab	4,6 A b	5,0 A b	7,7 C
5. Microtrator- 3g	19,3 AB a	7,9 A b	6,7 A b	7,7 A b	10,4 BC
6. Microtrator- 4g	13,8 AB a	9,0 A a	9,2 A a	9,4 A a	10,4 BC
7. Manual	23,5 AB a	13,0 A ab	8,5 A b	7,4 A b	13,1 AB
8. Pousio	29,4 A a	14,2 A b	10,4 A b	6,6 A b	15,1 A
Média	18,2 a	10,1 b	7,8 bc	7,2 c	

- nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

fração areia na sua constituição, com conseqüentes elevados teores de silte e argila.

Convém ressaltar, a importância do teor de matéria orgânica deste solo, Tabelas 4 e 5, responsável direta pelos mais elevados percentuais de macroporos da camada superficial. Nesse aspecto, é claro o comportamento diretamente proporcional com a matéria orgânica e, em conseqüência, inversamente proporcional com a densidade do solo (Tabela 7). Essas correlações foram confirmadas através de análise, apresentada no Apêndice 13, a qual indicou que a macroporosidade apresentou correlação significativa com as seguintes variáveis: matéria orgânica ($r = 0,62$; $P = 0,01$); densidade do solo ($r = - 0,77$; $P = 0,01$); porosidade total ($r = 0,77$; $P = 0,01$); microporosidade ($r = - 0,51$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 6 Kpa ($r = - 0,51$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 10 Kpa ($r = - 0,51$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 30 Kpa ($r = - 0,55$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 100 Kpa ($r = - 0,58$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 1500 Kpa ($r = - 0,51$; $P = 0,01$).

Pela comparação desses resultados com os obtidos na avaliação inicial, apresentados na Tabela 3, observa-se que para os tratamentos onde foram aplicados os manejos com uso de tração animal e microtrator ocorreu redução nos valores de macroporosidade na camada superficial. Essa redução ocorreu conjuntamente com um aumento de densidade do solo e

diminuição da matéria orgânica e porosidade total. Este fato, como já comentado anteriormente, pode tornar-se um sério problema com um maior tempo de cultivo, tendo em vista que as patas dos búfalos podem estar compactando este solo.

Com relação à análise do efeito principal para tratamento, representado na Tabela 11 pelas médias em letras maiúsculas no sentido coluna (em itálico com fundo destacado), observa-se, como esperado, que o pousio apresentou a maior macroporosidade, igualando-se estatisticamente aos tratamentos manual e tração animal com aplicação de 3 gradagens. Entretanto, vale salientar, o elevado coeficiente de variação geral apresentado por essa variável, da ordem de 31,18 % (Apêndice 6), influenciando deste modo, que mais diferenças fossem detectadas.

Para o desdobramento tratamento dentro de profundidade, representado na Tabela 11 pelas colunas em letras maiúsculas, a análise indica que entre os manejos estudados, só há diferenças significativas, pelo teste de Tukey à 5 % de probabilidade, para a camada superficial, onde os tratamentos tração animal - 4 grd e pousio são estatisticamente diferentes, apresentando, para esta profundidade, o menor e o maior valor de macroporosidade, respectivamente. O valor mais baixo de macroporosidade para o tratamento TA- 4 grd, coincide com o mais alto de densidade do solo (Figura 5 e Tabela 7) e, os mais baixos de matéria orgânica (Figura 4 e

Tabela 5) e porosidade total (Figura 6 e Tabela 9). Em contrapartida, os mais altos de macroporosidade para o pousio, correspondem ao valor de densidade do solo mais baixo e, aos mais elevados para porosidade total e matéria orgânica. Essas colocações reforçam a correlação existente entre essas variáveis, como já comentado anteriormente.

Mesmo não havendo grandes diferenças significativas na camada superficial, vale ressaltar que, com o emprego de manejo, com utilização de tração animal e microtrator, houve redução nos valores de macroporosidade, os quais não foram detectados estatisticamente, em função dessa variável ter apresentado valores elevados de coeficiente de variação, como pode ser constatado no Apêndice 6.

Ao se analisar o efeito principal profundidade, representado na Tabela 11 pelas médias em letras minúsculas no sentido linha (com fundo destacado), observa-se comportamento semelhante ao ocorrido para matéria orgânica (Tabela 5), densidade do solo (Tabela 7) e porosidade total (Tabela 9), onde a camada superficial foi estatisticamente diferente das demais.

Para o desdobramento profundidade dentro de tratamento (letras minúsculas sentido linha), observa-se, de modo geral, que a camada superficial é significativamente diferente das demais. A exceção, como ocorreu para densidade do solo e porosidade total, foi para os tratamentos

tração animal e microtrator com a aplicação de quatro gradagens, onde não há diferenças entre as profundidades.

A análise de variância para os contrastes não ortogonais , apresentados na Tabela 12, mostra que ocorreram diferenças significativas na profundidade de 0 - 10 cm, onde os contrastes Tração animal vs Pousio (TA vs PO), Microtrator vs Pousio (MI vs PO), e Manejos vs Pousio (MNJ vs PO), apresentaram diferenças significativas pelo teste de F a 1 % de probabilidade. Para a profundidade de 10 - 20 cm, o contraste Microtrator vs Pousio (MI vs PO) a diferença ocorreu a 5 % de probabilidade. Vale ressaltar, o elevado coeficiente de variação obtido.

Tabela 12. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável macroporosidade, nas diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm					
- TA vs MI	1	0,0485681	0,00	0,9716	33,43
- TA vs MA	1	143,8600340	3,88	0,0690	33,43
- TA vs PO	1	431,7737674	11,64 **	0,0042	33,43
- MI vs MA	1	147,6225000	3,98	0,0659	33,43
- MI vs PO	1	438,2742250	11,81 **	0,0040	33,43
- MA vs PO	1	51,4508167	1,39	0,2585	33,43
- MNJ vs PO	1	427,0613156	11,51 **	0,0044	33,43
10 - 20 cm					
- TA vs MI	1	9,4540013	0,68	0,4219	36,69
- TA vs MA	1	24,0426777	1,74	0,2082	36,69
- TA vs PO	1	44,7672506	3,24	0,0934	36,69
- MI vs MA	1	50,0910062	3,63	0,0776	36,69
- MI vs PO	1	78,5882250	5,69 *	0,0317	36,69
- MA vs PO	1	2,1301041	0,15	0,7004	36,69
- MNJ vs PO	1	55,9020720	4,05	0,0639	36,69
20 - 30 cm					
- TA vs MI	1	3,2215680	0,51	0,4859	32,02
- TA vs MA	1	1,3129340	0,21	0,6548	32,02
- TA vs PO	1	16,2274694	2,58	0,1305	32,02
- MI vs MA	1	5,8322250	0,93	0,3519	32,02
- MI vs PO	1	28,0635062	4,46	0,0531	32,02
- MA vs PO	1	5,5392041	0,88	0,3639	32,02
- MNJ vs PO		22,6747523	3,61	0,0784	32,02
30 - 40 cm					
- TA vs MI	1	0,2005555	0,04	0,8497	32,17
- TA vs MA	1	0,0950694	0,02	0,8961	32,17
- TA vs PO	1	0,8220444	0,15	0,7018	32,17
- MI vs MA	1	0,0000694	0,00	0,9972	32,17
- MI vs PO	1	1,4965444	0,28	0,6062	32,17
- MA vs PO	1	0,9841500	0,18	0,6754	32,17
- MNJ vs PO	1	1,3770482	0,26	0,6208	32,17

(*) F significativo a 5 % de probabilidade.

(**) F significativo a 1 % de probabilidade.

4.3.3. Microporosidade

A Figura 17 e a Tabela 13 apresentam os valores médios obtidos para microporosidade. Como se pode observar, pela análise desta Tabela e do Apêndice 7, a interação tratamento versus profundidade não foi significativa. Entretanto, o efeito principal tratamento foi significativo pelo teste de F a 5 % de probabilidade. Os dados utilizados para esta análise encontram-se no Apêndice 18.

Os valores de microporosidade foram elevados para todos os tratamentos, em todas as profundidades, em função da composição granulométrica deste solo, onde há ausência da fração areia e elevados teores de silte e argila (Tabela 3).

Vale considerar, que existe uma tendência de aumento dos valores de microporosidade com a aplicação dos manejos com uso de tração animal e microtrator. Isso torna-se bem evidente quando se comparam esses resultados com os obtidos na avaliação inicial (Tabela 3), onde obtiveram-se 40 % de microporosidade para a camada superficial. Neste aspecto, ocorreu uma redução nos teores de matéria orgânica na camada superficial, com conseqüente redução da porosidade não capilar e aumento da microporosidade. Tal fato é comentado por BRADY (1989).

Figura 17. Valores médios de microporosidade, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tabela 13 - Valores médios de microporosidade (%), em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	47,0 A a	48,5 A a	48,4 A a	47,1 A a	47,7 AB
2. Tração animal- 3g	48,7 A a	45,6 A a	44,5 A a	46,2 A a	46,3 AB
3. Tração animal- 4g	47,8 A a	46,2 A a	49,2 A a	47,3 A a	47,6 AB
4. Microtrator- 2g	48,9 A a	47,4 A a	48,5 A a	47,6 A a	48,1 AB
5. Microtrator- 3g	49,4 A a	49,1 A a	49,3 A a	47,6 A a	48,9 AB
6. Microtrator- 4g	53,7 A a	48,1 A a	47,7 A a	49,4 A a	49,8 A
7. Manual	44,7 A a	43,5 A a	47,1 A a	46,2 A a	45,4 B
8. Pousio	43,3 A a	44,5 A a	44,5 A a	47,6 A a	45,0 B
Média	48,0 a	46,6 a	47,4 a	47,4 a	

- nas coluna, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- nas linha, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A análise do efeito principal para tratamento, representado na Tabela 13 pela coluna com médias em letras maiúsculas (em itálico, em fundo destacado), mostra que os tratamentos manual e pousio, os quais apresentaram as menores microporosidades, diferiram de microtrator com aplicação de 4 gradagens, o qual apresentou o maior valor para este parâmetro, de acordo com o Teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Entretanto, essas diferenças foram pequenas, sendo que a significância deve-se ao baixo coeficiente de variação obtido na análise para esta variável, o qual foi de 7,13 %, Apêndice 7.

Utilizando tratamentos semelhantes em área de várzea do Médio Amazonas Paraense, PIMENTEL (1991) e PIMENTEL & CHAVES (1993) não encontraram diferenças significativas para esta variável, mas os valores encontrados também foram elevados.

A análise de variância para os contrastes não ortogonais previamente escolhidos, apresentados na Tabela 14, mostra que não ocorreram diferenças significativas entre os contrastes. A exceção ocorre para a camada de 10-20 cm, onde houve diferença para MI versus MA.

Pela análise de correlação, apresentada no Apêndice 13, observa-se que a microporosidade correlacionou-se significativamente com os seguintes parâmetros: macroporosidade ($r = - 0,51$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 6 Kpa ($r = 1,00$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 10 Kpa

Tabela 14. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável microporosidade, nas diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	G.L.	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm					
- TA vs MI	1	36,7796056	1,16	0,2993	11,73
- TA vs MA	1	21,6147507	0,68	0,4224	11,73
- TA vs PO	1	45,3490007	1,43	0,2512	11,73
- MI vs MA	1	79,8789063	2,52	0,1345	11,73
- MI vs PO	1	21,4955062	3,84	0,0703	11,73
- MA vs PO	1	2,8981500	0,09	0,7666	11,73
- MNJ vs PO	1	72,9565720	2,31	0,1512	11,73
10 - 20 cm					
- TA vs MI	1	9,3096125	1,11	0,3103	6,22
- TA vs MA	1	24,6264062	2,93	0,1089	6,22
- TA vs PO	1	11,9716000	1,43	0,2524	6,22
- MI vs MA	1	50,6944000	6,03 *	0,0277	6,22
- MI vs PO	1	31,5563062	3,76	0,0730	6,22
- MA vs PO	1	1,5050041	0,18	0,6785	6,22
- MNJ vs PO	1	15,7626881	1,88	0,1923	6,22
20 - 30 cm					
- TA vs MI	1	5,8596055	0,68	0,4252	6,21
- TA vs MA	1	0,2567111	0,03	0,8659	6,21
- TA vs PO	1	18,1831173	2,09	0,1698	6,21
- MI vs MA	1	4,9210027	0,57	0,4639	6,21
- MI vs PO	1	35,7105840	4,11	0,0620	6,21
- MA vs PO	1	9,4125375	1,08	0,3154	6,21
- MNJ vs PO	1	28,3023334	3,26	0,0925	6,21
30 - 40 cm					
- TA vs MI	1	8,7153125	1,11	0,3090	5,90
- TA vs MA	1	0,9702250	0,12	0,7299	5,90
- TA vs PO	1	1,4220562	0,18	0,6763	5,90
- MI vs MA	1	9,4402562	1,21	0,2905	5,90
- MI vs PO	1	0,8010250	0,10	0,7537	5,90
- MA vs PO	1	3,1610041	0,40	0,5352	5,90
- MNJ vs PO	1	0,2244024	0,03	0,8679	5,90

(*) F significativo a 5 % de probabilidade.

($r = 0,97$; $P = 0,01$); umidade na tensão de 30 Kpa ($r = 0,96$; $P = 0,01$);
umidade na tensão de 100 Kpa ($r = 0,86$; $P = 0,01$); umidade na tensão
de 1500 Kpa ($r = -0,21$; $P = 0,01$); água disponível ($r = 0,74$; $P = 0,01$).

Vale lembrar, que os valores obtidos para microporosidade são os mesmos de umidade na tensão de 6 Kpa, estando deste modo explicado o valor de $r = 1,00$.

4.4. Retenção de água

Nas Tabelas 15, 16, 17, 18 e 19, são apresentados os dados médios obtidos para retenção de água às tensões de 6, 10, 30, 100 e 1500 Kpa, respectivamente.

A análise estatística mostrou, para todas as tensões aplicadas, que a interação tratamento versus profundidade não foi significativa pelo teste F. Entretanto, o efeito principal tratamento apresentou-se significativo pelo teste F a 5 % de probabilidade para as tensões de 6, 30 e 100 Kpa, e a 1 % para 10 e 1500 Kpa. Nesta tensão, ocorreu, também, significância para o efeito principal profundidade a 1 % de probabilidade. O resumo das análises de variância são apresentados nos Apêndice 8, 9, 10, 11 e 12. Os dados utilizados nesta análise são apresentados nos apêndices 19, 20, 21, 22, e 23.

A análise global dos dados de retenção de água mostram valores elevados para todos os tratamentos e profundidades, independente da tensão aplicada, devendo-se observar entretanto, que quanto menor a tensão maiores os valores de retenção de água. Esses elevados valores, ocorrem em função da composição granulométrica deste solo, apresentada na Tabela 3 e no Apêndice 2, que não apresenta a fração areia, com conseqüentes elevados teores de silte e argila total, bem como, pela predominância de minerais do

Tabela 15 - Valores médios de **unidade** ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$), na **tensão de 6 Kpa**, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	0,470 A a	0,485 A a	0,484 A a	0,471 A a	0,477 AB
2. Tração animal- 3g	0,487 A a	0,456 A a	0,445 A a	0,462 A a	0,463 AB
3. Tração animal- 4g	0,478 A a	0,462 A a	0,492 A a	0,473 A a	0,476 AB
4. Microtrator - 2g	0,489 A a	0,474 A a	0,485 A a	0,476 A a	0,481 AB
5. Microtrator- 3g	0,494 A a	0,491 A a	0,493 A a	0,476 A a	0,489 AB
6. Microtrator - 4g	0,537 A a	0,481 A a	0,477 A a	0,494 A a	0,498 A
7. Manual	0,447 A a	0,435 A a	0,470 A a	0,462 A a	0,454 B
8. Pousio	0,433 A a	0,445 A a	0,445 A a	0,476 A a	0,450 B
Média	0,480 a	0,466 a	0,474 a	0,474 a	

- nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 16 - Valores médios de unidade ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$), na tensão de 10 Kpa, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	0,457 A a	0,475 A a	0,442 A a	0,460 A a	0,458 AB
2. Tração animal- 3g	0,474 A a	0,447 A a	0,431 A a	0,451 A a	0,451 AB
3. Tração animal- 4g	0,470 A a	0,454 A a	0,486 A a	0,465 A a	0,469 AB
4. Microtrator - 2g	0,471 A a	0,467 A a	0,475 A a	0,468 A a	0,470 AB
5. Microtrator - 3g	0,480 A a	0,485 A a	0,485 A a	0,470 A a	0,480 AB
6. Microtrator - 4g	0,528 A a	0,471 A a	0,469 A a	0,485 A a	0,488 A
7. Manual	0,431 A a	0,419 A a	0,456 A a	0,446 A a	0,439 B
8. Pousio	0,412 A a	0,433 A a	0,434 A a	0,465 A a	0,437 A
Média	0,466 a	0,456 a	0,460 a	0,464 a	

- nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 17 - Valores médios de **unidade** ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$), na **tensão de 30 Kpa**, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	0,430	A a 0,456	A a 0,431	A a 0,437	A a 0,439 AB
2. Tração animal- 3g	0,439	A a 0,425	A a 0,411	A a 0,433	A a 0,427 AB
3. Tração animal- 4g	0,445	A a 0,430	A a 0,459	A a 0,436	A a 0,442 AB
4. Microtrator- 2g	0,443	A a 0,445	A a 0,459	A a 0,447	A a 0,449 AB
5. Microtrator- 3g	0,444	A a 0,461	A a 0,457	A a 0,446	A a 0,452 AB
6. Microtrator- 4g	0,488	A a 0,446	A a 0,445	A a 0,461	A a 0,460 A
7. Manual	0,405	A a 0,405	A a 0,445	A a 0,426	A a 0,420 AB
8. Pousio	0,399	A a 0,412	A a 0,410	A a 0,441	A a 0,416 B
Média	0,437	a 0,435	a 0,440	a 0,441	a

- nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 18 - Valores médios de unidade ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$), na tensão de 100 Kpa, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Profundidade (cm)			Média
	0 - 10	10 - 20	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	0,403 A a	0,428 A a	0,388 A a	0,407 A
2. Tração animal- 3g	0,397 A a	0,397 A a	0,377 A a	0,393 A
3. Tração animal- 4g	0,411 A a	0,400 A a	0,430 A a	0,413 A
4. Microtrator - 2g	0,403 A a	0,412 A a	0,418 A a	0,411 A
5. Microtrator - 3g	0,392 A a	0,436 A a	0,425 A a	0,416 A
6. Microtrator - 4g	0,433 A a	0,411 A a	0,401 A a	0,416 A
7. Manual	0,357 A a	0,379 A a	0,413 A a	0,384 A
8. Pousio	0,365 A a	0,383 A a	0,374 A a	0,380 A
Média	0,395 a	0,406 a	0,403 a	0,407 a

- nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Tabela 19 - Valores médios de **umidade** ($\text{cm}^3 / \text{cm}^3$), na **tensão de 1500 Kpa**, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
1. Tração animal- 2g	0,204 A a	0,254 A a	0,265 A a	0,272 A a	0,249 AB
2. Tração animal- 3g	0,168 A a	0,234 A a	0,277 A a	0,269 A a	0,237 AB
3. Tração animal- 4g	0,244 A b	0,266 A ab	0,282 A ab	0,320 A a	0,278 A
4. Microtrator- 2g	0,218 A c	0,257 A b	0,288 A a	0,288 A a	0,263 AB
5. Microtrator- 3g	0,172 A a	0,239 A a	0,265 A a	0,235 A a	0,228 B
6. Microtrator- 4g	0,170 A b	0,240 A a	0,284 A a	0,269 A a	0,241 AB
7. Manual	0,195 A b	0,267 A ab	0,283 A a	0,293 A a	0,259 AB
8. Pousio	0,162 A b	0,256 A a	0,278 A a	0,275 A a	0,243 AB
Média	0,192 c	0,251 b	0,278 a	0,278 a	

- nas colunas, médias seguidas das mesmas letras maiúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

- nas linhas, médias seguidas das mesmas letras minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

tipo 2:1, como montmorilonita e vermiculita, segundo KITAGAWA & MÖLLER (1979) e MOLLER (1986).

Segundo COSTA (1979), a influência da textura do solo é muito grande na retenção de água. Entretanto, continua o autor, solos da mesma classe de textura podem tem curvas de tensão de umidade diferentes, não só devido as diferenças de granulometria nas mesmas classes de textura, mas também como resultado de diferenças de teor em matéria orgânica, tipo de argila, etc., e diferenças de microestrutura com elas relacionadas. BRADY (1989) complementa, comentando que os solos de textura mais fina retêm maior percentagem de água, ao longo de toda a faixa de energia. Tal condição é prevista por possuírem maior percentagem de material coloidal, maior espaço poroso e superfície adsortiva muito maior. SANCHEZ (1981) também mostra a importância da textura na retenção de água, ao comparar curvas de retenção de umidade para diferentes classes texturais.

Segundo EL-SWAIFY & HENDERSON (1967), nos solos com argilas expansivas, como o Glei Pouco Húmico utilizado neste trabalho, a composição e a concentração de solutos na solução do solo, afetam, também, a retenção de água.

FERREIRA (1993), trabalhando na caracterização de sedimentos e solos de dois lagos de várzea na Amazônia central, encontrou valores elevados de retenção de água, principalmente para as amostras de

textura mais fina. Esses valores variaram de 0,39 a 0,62 cm^3/cm^3 na tensão de 6 Kpa, e de 0,16 a 0,31 cm^3/cm^3 para 1500 Kpa, respectivamente, para as classes texturais franco-arenosa e franco argilo siltosa. PIMENTEL (1991) e PIMENTEL & CHAVES (1993), encontraram valores entre 0,47 e 0,14 cm^3/cm^3 , em solo de várzea franco siltoso do médio amazonas paraense, respectivamente para as tensões de 6 a 1500 Kpa.

A comparação desses resultados com os obtidos na avaliação inicial, apresentados na Tabela 3, mostra que houve uma tendência de aumento na retenção de água da camada superficial, principalmente para os tratamentos de 1 a 6, onde ocorreu revolvimento do solo com utilização de tração animal e microtrator. Esse fato torna-se menos evidente na tensão de 1500 Kpa. Estes resultados estão de acordo com os verificados por ELTZ et al. (1989) e SIDIRAS et al. (1983).

A análise do efeito principal tratamento, representado nas Tabelas 15, 16, 17, 18 e 19 pelas médias em letras maiúsculas no sentido coluna (em *itálico com fundo destacado*), mostra que o tratamento microtrator - 4 grd diferiu dos tratamentos manual e pousio para às tensões de 6 e 10 Kpa e, somente do pousio na tensão de 30 Kpa. Para 1500 Kpa, tração animal - 4 grd difere de tração animal - 3g e microtrator - 3 grd. Convém salientar que essas diferenças são numericamente pequenas. Para 100 Kpa, apesar de o teste F ter sido significativo para tratamento a 5 % de

probabilidade, o teste de Tukey, também, a 5 %, não apontou essas diferenças, como pode ser observado na Tabela 18 e Apêndice 11.

Quando se analisa o efeito principal profundidade, observa-se que o teste F apontou diferenças significativas a 1 % de probabilidade, para a variável umidade na tensão de 1500 Kpa, como mostra o Apêndice 12. Pela análise da Tabela 19, observa-se uma clara tendência de aumento na retenção de água com o aumento da profundidade amostrada, onde as camadas 0-10 e 10-20 cm diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade, sendo diferentes de 20-30 e 30-40 cm, que são iguais entre si. Essa diminuição da retenção de água com a profundidade pode ser explicada em virtude da diminuição e do aumento dos teores de silte e de argila total (Tabela 3), respectivamente, bem como, pelo aumento da densidade do solo (Tabela 7) e diminuição da porosidade total (Tabela 9), macroporosidade (Tabela 11) e matéria orgânica (Tabela 5).

É importante salientar que, para todas as variáveis envolvidas neste trabalho, optou-se por se fazer o desdobramento tratamento dentro de profundidade e profundidade dentro de tratamento, independentemente da interação tratamento versus profundidade ser significativa.

Deste modo, foram feitos os desdobramentos para as variáveis umidade em diferentes tensões, o qual mostrou para 1500 Kpa, que apesar da interação tratamento versus profundidade não ser significativa, o

desdobramento profundidade dentro de tratamento mostrou-se significativo para os tratamentos 3, 4, 6, 7 e 8, como pode ser observado na Tabela 19 e Apêndice 12. De modo geral, a camada superficial difere estatisticamente das demais, com menor retenção de água. Essa tendência ocorre mesmo nos tratamentos onde não há diferenças significativas entre as profundidades. Para as demais variáveis, o desdobramento só foi significativo quando a interação tratamento versus profundidade foi significativa.

A análise de variância para os contrastes não ortogonais previamente escolhidos, apresentados nas Tabelas 20, 21, 22, 23 e 24, respectivamente para as tensões de 6, 10, 30, 100 e 1500 Kpa, mostram, de modo geral, que não ocorreram diferenças significativas entre os contrastes estudados, nas diferentes profundidades. Algumas exceções ocorrem para as tensões de 6, 10 e 30 Kpa, sem entretanto terem maior significado técnico.

Os resultados de retenção de água nas tensões de 6, 10, 30, 100 e 1500 Kpa, bem como, os dados de porosidade total, utilizados como umidade de saturação, foram usados como pontos observados na confecção das curvas características de retenção de umidade, as quais foram ajustadas pelo modelo de VAN GENUCHTEN (1980).

Dois métodos foram escolhidos para a realização do ajuste. O primeiro fixou os valores extremos de umidade, de modo que as umidades de saturação e residual corresponderam, respectivamente, ao potencial

Tabela 20. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável umidade do solo na tensão de 6 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm				
- TA vs MI	36,7796056	1,16	0,2993	11,73
- TA vs MA	21,6147507	0,68	0,4224	11,73
- TA vs PO	45,3490007	1,43	0,2512	11,73
- MI vs MA	79,8789063	2,52	0,1345	11,73
- MI vs PO	21,4955062	3,84	0,0703	11,73
- MA vs PO	2,8981500	0,09	0,7666	11,73
- MNJ vs PO	72,9565720	2,31	0,1512	11,73
10 - 20 cm				
- TA vs MI	9,30961250	1,11	0,3103	6,22
- TA vs MA	24,62640625	2,93	0,1089	6,22
- TA vs PO	11,97160000	1,43	0,2524	6,22
- MI vs MA	50,69440000	6,03 *	0,0277	6,22
- MI vs PO	31,55630625	3,76	0,0730	6,22
- MA vs PO	1,50500417	0,18	0,6785	6,22
- MNJ vs PO	15,76268810	1,88	0,1923	6,22
20 - 30 cm				
- TA vs MI	5,85960556	0,68	0,4252	6,21
- TA vs MA	0,25671111	0,03	0,8659	6,21
- TA vs PO	18,18311736	2,09	0,1698	6,21
- MI vs MA	4,92100278	0,57	0,4639	6,21
- MI vs PO	35,71058403	4,11	0,0620	6,21
- MA vs PO	9,41253750	1,08	0,3154	6,21
- MNJ vs PO	28,30233348	3,26	0,0925	6,21
30 - 40 cm				
- TA vs MI	8,7153125	1,11	0,3090	5,90
- TA vs MA	0,9702250	0,12	0,7299	5,90
- TA vs PO	1,4220562	0,18	0,6763	5,90
- MI vs MA	9,4402562	1,21	0,2905	5,90
- MI vs PO	0,8010250	0,10	0,7537	5,90
- MA vs PO	3,1610041	0,40	0,5352	5,90
- MNJ vs PO	0,2244024	0,03	0,8679	5,90

(*) F significativo a 5 % de probabilidade.

Tabela 21. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável umidade do solo na tensão de 10 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm				
- TA vs MI	30,4200000	0,94	0,3495	12,23
- TA vs MA	28,7564063	0,89	0,3626	12,23
- TA vs PO	54,5751562	1,68	0,2158	12,23
- MI vs MA	85,7939063	2,64	0,1264	12,23
- MI vs PO	127,4076562	3,92	0,0676	12,23
- MA vs PO	2,7337500	0,08	0,7760	12,23
- MNJ vs PO	80,2333929	2,47	0,1383	12,23
10 - 20 cm				
- TA vs MI	10,7030222	1,14	0,3041	6,72
- TA vs MA	35,1747840	3,74	0,0736	6,72
- TA vs PO	15,3925444	1,64	0,2215	6,72
- MI vs MA	67,9662840	7,23	0,0176	6,72
- MI vs PO	38,8960111	4,14	0,0614	6,72
- MA vs PO	2,6867041	0,29	0,6014	6,72
- MNJ vs PO	19,3019822	2,05	0,1739	6,72
20 - 30 cm				
- TA vs MI	24,0240013	2,82	0,1152	6,34
- TA vs MA	1,04210069	0,12	0,7317	6,34
- TA vs PO	8,4778027	1,00	0,3353	6,34
- MI vs MA	5,9780250	0,70	0,4161	6,34
- MI vs PO	40,6725062	4,78	0,0463	6,34
- MA vs PO	10,3097041	1,21	0,2897	6,34
- MNJ vs PO	24,0771429	2,83	0,1148	6,34
30 - 40 cm				
- TA vs MI	11,1549388	1,17	0,2974	6,65
- TA vs MA	3,6100000	0,38	0,5480	6,65
- TA vs PO	0,8695562	0,09	0,7670	6,65
- MI vs MA	18,1618027	1,91	0,1889	6,65
- MI vs PO	2,0425174	0,21	0,6504	6,65
- MA vs PO	5,3487042	0,56	0,4660	6,65
- MNJ vs PO	0,0429120	0,00	0,9474	6,65

Tabela 22. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável umidade do solo na tensão de 30 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm				
- TA vs MI	18,8600347	0,76	0,3969	11,38
- TA vs MA	24,8917840	1,01	0,3324	11,38
- TA vs PO	33,2832840	1,35	0,2651	11,38
- MI vs MA	64,9636000	2,63	0,1271	11,38
- MI vs PO	78,1456000	3,16	0,0970	11,38
- MA vs PO	0,4056000	0,02	0,8999	11,38
- MNJ vs PO	47,3768822	1,92	0,1877	11,38
10 - 20 cm				
- TA vs MI	8,1271680	0,83	0,3783	7,20
- TA vs MA	23,4659507	2,39	0,1444	7,20
- TA vs PO	14,5860340	1,49	0,2431	7,20
- MI vs MA	47,0596000	4,79	0,0460	7,20
- MI vs PO	34,0472250	3,47	0,0837	7,20
- MA vs PO	0,7004167	0,07	0,7933	7,20
- MNJ vs PO	18,5834263	1,89	0,1905	7,20
20 - 30 cm				
- TA vs MI	18,1704014	2,54	0,1330	6,08
- TA vs MA	3,0595840	0,43	0,5234	6,08
- TA vs PO	12,9300174	1,81	0,1999	6,08
- MI vs MA	1,6002250	0,22	0,6433	6,08
- MI vs PO	43,6921000	6,12	0,0268	6,08
- MA vs PO	19,0460167	2,67	0,1248	6,08
- MNJ vs PO	30,7928906	4,31	0,0568	6,08
30 - 40 cm				
- TA vs MI	12,2677556	1,47	0,2453	6,55
- TA vs MA	1,9044000	0,23	0,6402	6,55
- TA vs PO	0,7744000	0,09	0,7651	6,55
- MI vs MA	14,8738778	1,78	0,2031	6,55
- MI vs PO	2,5493444	0,31	0,5891	6,55
- MA vs PO	3,4050667	0,41	0,5332	6,55
- MNJ vs PO	0,0002881	0,00	0,9954	6,55

Tabela 23. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável umidade do solo na tensão de 100 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm				
- TA vs MI	1,4168055	0,07	0,8003	11,68
- TA vs MA	48,6390007	2,28	0,1531	11,68
- TA vs PO	33,4855111	1,57	0,2306	11,68
- MI vs MA	61,0872507	2,87	0,1126	11,68
- MI vs PO	43,9348028	2,06	0,1730	11,68
- MA vs PO	0,9401042	0,04	0,8367	11,68
- MNJ vs PO	30,9557930	1,45	0,2481	11,68
10 - 20 cm				
- TA vs MI	6,2540056	0,62	0,4446	7,84
- TA vs MA	19,2501562	1,90	0,1892	7,84
- TA vs PO	14,3262250	1,42	0,2536	7,84
- MI vs MA	37,8942840	3,75	0,0733	7,84
- MI vs PO	30,8395111	3,05	0,1025	7,84
- MA vs PO	0,2420042	0,02	0,8792	7,84
- MNJ vs PO	17,8915513	1,77	0,2046	7,84
20 - 30 cm				
- TA vs MI	11,7047347	1,06	0,3218	8,25
- TA vs MA	4,7705840	0,43	0,5226	8,25
- TA vs PO	13,0923361	1,18	0,2957	8,25
- MI vs MA	0,0552250	0,00	0,9448	8,25
- MI vs PO	36,4514062	3,29	0,0914	8,25
- MA vs PO	22,4460042	2,02	0,1768	8,25
- MNJ vs PO	28,7845929	2,59	0,1295	8,25
30 - 40 cm				
- TA vs MI	1,6200000	0,12	0,7331	8,99
- TA vs MA	10,1389174	0,76	0,3987	8,99
- TA vs PO	1,9646694	0,15	0,7073	8,99
- MI vs MA	16,6804174	1,25	0,2830	8,99
- MI vs PO	5,2976694	0,40	0,5393	8,99
- MA vs PO	2,1182042	0,16	0,6967	8,99
- MNJ vs PO	2,0714823	0,15	0,6999	8,99

Tabela 24. Resumo das análises de variância para os contrastes selecionados, referente a variável umidade do solo na tensão de 1500 Kpa, para as diferentes profundidades estudadas.

Profundidades/ Contrastes selecionados	Q.M	F	P > F	C.V (%)
0 - 10 cm				
- TA vs MI	15,0883556	1,40	0,2557	17,10
- TA vs MA	2,4466174	0,23	0,6406	17,10
- TA vs PO	41,9148340	3,90	0,0683	17,10
- MI vs MA	1,3983062	0,13	0,7237	17,10
- MI vs PO	13,8942562	1,29	0,2745	17,10
- MA vs PO	16,0720667	1,50	0,2415	17,10
- MNJ vs PO	30,0313149	2,80	0,1167	17,10
10 - 20 cm				
- TA vs MI	1,8272347	0,29	0,5980	9,96
- TA vs MA	5,1756250	0,82	0,3793	9,96
- TA vs PO	0,3844000	0,06	0,8082	9,96
- MI vs MA	10,4382840	1,66	0,2182	9,96
- MI vs PO	2,4832507	0,40	0,5396	9,96
- MA vs PO	1,8260167	0,29	0,5982	9,96
- MNJ vs PO	0,5792751	0,09	0,7658	9,96
20 - 30 cm				
- TA vs MI	0,8778125	0,13	0,7246	9,38
- TA vs MA	1,7248444	0,25	0,6222	9,38
- TA vs PO	0,2193361	0,03	0,8600	9,38
- MI vs MA	0,4235840	0,06	0,8065	9,38
- MI vs PO	0,0377007	0,01	0,9417	9,38
- MA vs PO	0,4760167	0,07	0,7951	9,38
- MNJ vs PO	0,0000120	0,00	0,9990	9,38
30 - 40 cm				
- TA vs MI	22,8488000	1,05	0,3225	16,78
- TA vs MA	0,8742250	0,04	0,8439	16,78
- TA vs PO	3,1684000	0,15	0,7083	16,78
- MI vs MA	18,6192250	0,86	0,3703	16,78
- MI vs PO	2,5600000	0,12	0,7365	16,78
- MA vs PO	4,9141500	0,23	0,6417	16,78
- MNJ vs PO	0,2522625	0,01	0,9157	16,78

matricial 0 e -15000 cm de coluna de água. O segundo, manteve igual umidade de saturação, fixando a umidade residual em zero.

Para esse ajuste foi adotado o programa computacional desenvolvido por DOURADO NETO et al. (1990). Testou-se também os métodos da extrapolação e da regressão, que, apresentaram como inconveniente principal, a estimativa da umidade residual como negativa, o que não tem significado físico. Para os demais parâmetros, as diferenças foram pequenas.

Adotou-se, também, em função do reduzido número de pontos, a relação de dependência entre os parâmetros m e n ($m = 1 - n^{-1}$), conforme LIER & DOURADO NETO (1993).

As Tabela 25 e 26 apresentam os valores dos parâmetros de ajuste ao modelo de VAN GENUCHTEN, para os diferentes tratamentos e profundidades e, respectivamente, para os métodos em que $\theta_r = \theta$ mínimo e $\theta_r = 0$, enquanto que, as Figuras 18 à 25 mostram as curvas ajustadas ao modelo, por tratamento e profundidade.

A análise comparativa das Tabelas 25 e 26 mostra que o método que utilizou $\theta_r = 0$ (Tabela 26), ajustou-se melhor ao modelo proposto por VAN GENUCHTEN, com maior coeficiente de ajuste (c.a), maior F e menor nível de significância, para todos os tratamentos e profundidades estudadas. Observa-se, também, que existe uma tendência de

Tabela 25. Parâmetros referentes a equação de VAN GENUCHTEN (1980), para os diferentes tratamentos e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de unidades foram fixados em: $\theta_s = \theta_{\max}$ e $\theta_r = \theta_{\min}$, com n dependente de m .

Tratamentos	Prof (cm)	Parâmetros da equação de VAN GENUCHTEN									
		α (1/cm)	m	n	θ_r (cm ³ / cm ³)	θ_s (cm ³ / cm ³)	θ_i	H_i (cm)	c.a	F	NSF
1. TA-2g	0-10	0,0661	0,2071	1,2612	0,204	0,637	0,505	52	0,901	36,32	0,0037
1. TA-2g	10-20	0,0313	0,2173	1,2776	0,254	0,586	0,482	105	0,878	28,73	0,0054
1. TA-2g	20-30	0,0259	0,2515	1,3360	0,265	0,554	0,458	108	0,937	59,67	0,0017
1. TA-2g	30-40	0,0179	0,2420	1,3192	0,272	0,534	0,448	163	0,901	36,43	0,0037
2. TA-3g	0-10	0,0504	0,2150	1,2739	0,168	0,668	0,512	66	0,906	38,45	0,0034
2. TA-3g	10-20	0,0353	0,2181	1,2789	0,234	0,560	0,458	93	0,890	32,42	0,0045
2. TA-3g	20-30	0,0432	0,2358	1,3085	0,277	0,534	0,451	69	0,941	63,68	0,0016
2. TA-3g	30-40	0,0209	0,2354	1,3079	0,269	0,529	0,445	144	0,897	34,65	0,0040
3. TA-4g	0-10	0,0214	0,2223	1,2858	0,162	0,596	0,459	150	0,857	23,96	0,0073
3. TA-4g	10-20	0,0275	0,2290	1,2970	0,256	0,548	0,455	113	0,902	36,62	0,0037
3. TA-4g	20-30	0,0190	0,2381	1,3126	0,278	0,566	0,472	157	0,895	34,13	0,0041
3. TA-4g	30-40	0,0300	0,2299	1,2986	0,275	0,558	0,467	103	0,910	40,67	0,0031
4. MI-2g	0-10	0,0395	0,2233	1,2875	0,218	0,621	0,494	81	0,912	41,43	0,0030
4. MI-2g	10-20	0,0207	0,2336	1,3048	0,257	0,553	0,458	147	0,890	32,29	0,0045
4. MI-2g	20-30	0,0095	0,2732	1,3759	0,289	0,532	0,448	269	0,910	40,33	0,0031
4. MI-2g	30-40	0,0124	0,2621	1,3551	0,288	0,527	0,446	217	0,913	42,22	0,0029

(continua...)

(...continuação da Tabela 25)

Tratamentos	Prof (cm)	Parâmetros empíricos					Parâmetros de comparação				
		α (1/cm)	m	n*	θ_r	θ_s	θ_i	Hi	c.a	F	NSF
5. MI-3g	0-10	0,0543	0,2187	1,2800	0,172	0,687	0,526	60	0,919	45,22	0,0026
5. MI-3g	10-20	0,0147	0,2366	1,3098	0,239	0,570	0,463	203	0,861	24,87	0,0069
5. MI-3g	20-30	0,0150	0,2476	1,3290	0,265	0,561	0,463	191	0,898	35,22	0,0039
5. MI-3g	30-40	0,0160	0,2394	1,3148	0,236	0,554	0,450	184	0,881	29,53	0,0052
6. MI-4g	0-10	0,0220	0,2320	1,3021	0,170	0,676	0,514	139	0,891	32,59	0,0044
6. MI-4g	10-20	0,0228	0,2315	1,3012	0,240	0,571	0,465	135	0,893	33,36	0,0043
6. MI-4g	20-30	0,0331	0,2386	1,3133	0,284	0,570	0,477	90	0,932	54,47	0,1972
6. MI-4g	30-40	0,0273	0,2332	1,3042	0,269	0,589	0,486	111	0,910	40,59	0,0031
Manual	0-10	0,1270	0,2166	1,2765	0,195	0,683	0,531	26	0,949	74,90	0,0012
Manual	10-20	0,0957	0,2145	1,2731	0,267	0,564	0,472	35	0,936	58,16	0,0018
Manual	20-30	0,0331	0,2235	1,2878	0,284	0,555	0,469	96	0,900	35,92	0,0038
Manual	30-40	0,0314	0,2480	1,3297	0,293	0,536	0,456	91	0,946	69,76	0,0014
Pousio	0-10	0,2172	0,1981	1,2470	0,162	0,727	0,558	16	0,934	57,04	0,0018
Pousio	10-20	0,0857	0,2155	1,2747	0,256	0,586	0,483	38	0,934	56,22	0,0019
Pousio	20-30	0,0537	0,2368	1,3102	0,278	0,550	0,462	55	0,951	77,27	0,0012
Pousio	30-40	0,0182	0,2533	1,3392	0,275	0,542	0,453	153	0,926	50,25	0,0022

Tabela 26. Parâmetros referentes a equação de VAN GENUCHTEN (1980), para os diferentes tratamentos e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de unidades foram fixados em: $\theta_s = \theta_{\max}$ e $\theta_r = 0$, com n dependente de m .

Parâmetros da equação de VAN GENUCHTEN											
Tratamentos	Prof (cm)	α (1/cm)	m	n	θ (cm ³ /cm ³)			Hi (cm)	c.a	F	NSF
					θ_r	θ_s	θ_i				
1. TA-2g	0-10	0,1060	0,1134	1,1279	0	0,637	0,492	65	0,938	60,84	0,0017
1. TA-2g	10-20	0,0450	0,0993	1,1102	0	0,586	0,462	178	0,932	54,83	0,0019
1. TA-2g	20-30	0,0478	0,0952	1,1052	0	0,554	0,439	175	0,978	178,69	0,0004
1. TA-2g	30-40	0,0262	0,0929	1,1024	0	0,534	0,425	329	0,959	93,29	0,0009
2. TA-3g	0-10	0,0689	0,1375	1,1595	0	0,668	0,500	80	0,939	61,35	0,0016
2. TA-3g	10-20	0,0533	0,1013	1,1127	0	0,560	0,440	146	0,941	63,37	0,0016
2. TA-3g	20-30	0,1027	0,0771	1,0835	0	0,534	0,436	103	0,983	237,75	0,0003
2. TA-3g	30-40	0,0312	0,0901	1,0990	0	0,529	0,423	286	0,955	84,71	0,1043
3. TA-4g	0-10	0,0238	0,1470	1,1723	0	0,596	0,441	215	0,900	36,06	0,0037
3. TA-4g	10-20	0,0428	0,0950	1,1050	0	0,548	0,434	196	0,955	84,57	0,0010
3. TA-4g	20-30	0,0273	0,0959	1,1061	0	0,566	0,448	305	0,953	81,02	0,1109
3. TA-4g	30-40	0,0513	0,0876	1,0960	0	0,558	0,448	179	0,962	101,69	0,0008
4. MI-2g	0-10	0,0601	0,1166	1,1319	0	0,621	0,477	111	0,954	82,17	0,0011
4. MI-2g	10-20	0,0289	0,1007	1,1120	0	0,553	0,435	272	0,947	71,47	0,0013
4. MI-2g	20-30	0,0138	0,0969	1,1073	0	0,532	0,421	597	0,969	126,98	0,0006
4. MI-2g	30-40	0,0185	0,0909	1,1000	0	0,527	0,420	478	0,972	137,72	0,0006

(continua...)

(...continuação da Tabela 26)

Tratamentos	Prof (cm)	Parâmetros empíricos					Parâmetros de comparação				
		α (1/cm)	m	n*	θ_r	θ_s	θ_i	Hi	c.a	F	NSF
5. MI-3g	0-10	0,0778	0,1379	1,1600	0	0,687	0,514	70	0,950	76,48	0,0012
5. MI-3g	10-20	0,0173	0,1184	1,1344	0	0,570	0,437	378	0,921	46,62	0,0025
5. MI-3g	20-30	0,0203	0,1055	1,1179	0	0,561	0,438	368	0,955	85,33	0,0010
5. MI-3g	30-40	0,0202	0,1156	1,1307	0	0,554	0,426	334	0,938	60,45	0,0017
6. MI-4g	0-10	0,0254	0,1557	1,1845	0	0,676	0,495	188	0,929	52,41	0,0021
6. MI-4g	10-20	0,0313	0,1096	1,1230	0	0,571	0,443	228	0,946	69,86	0,0014
6. MI-4g	20-30	0,0649	0,0860	1,0940	0	0,570	0,458	145	0,978	180,30	0,0004
6. MI-4g	30-40	0,0433	0,0978	1,1084	0	0,589	0,465	187	0,962	100,41	0,0008
Manual	0-10	0,2913	0,1157	1,1309	0	0,683	0,525	23	0,974	152,37	0,0005
Manual	10-20	0,2867	0,0755	1,0816	0	0,564	0,462	38	0,973	143,16	0,0005
Manual	20-30	0,0570	0,0820	1,0893	0	0,555	0,449	174	0,955	85,14	0,0010
Manual	30-40	0,0707	0,0761	1,0824	0	0,536	0,438	152	0,989	345,73	0,0002
Pousio	0-10	0,4311	0,1225	1,1396	0	0,727	0,554	14	0,956	85,91	0,0010
Pousio	10-20	0,2208	0,0845	1,0923	0	0,586	0,472	43	0,971	133,41	0,0006
Pousio	20-30	0,1495	0,0771	1,0835	0	0,550	0,449	71	0,988	332,59	0,0002
Pousio	30-40	0,0293	0,0939	1,1037	0	0,542	0,430	290	0,978	174,26	0,0004

melhor ajuste em profundidade. Esses fatos podem ser melhor observados nas Figuras 18 a 25, as quais mostram, também, para todas as profundidades e maior evidência para a camada superficial, que o ponto observado referente ao potencial matricial -15000 cm de coluna de água, não se ajustou a curva, principalmente para o método que considerou $\theta_r = \theta$ mínimo.

Entretanto, os dois métodos utilizados não tiveram um bom ajuste, quando observa-se nas figuras 18 à 25 que as curvas, pelos dois métodos, tiveram um forma diferente do esperado, o que é fácil de visualizar, quando observam-se os pontos observados. Este comportamento pode dever-se a elevada umidade de saturação deste solo, que puxa a curva para cima, bem como pela falta de mais dados observados.

Outro aspecto que merece atenção, é o ponto de inflexão da curva de retenção, θ_i , o qual pode ser considerado como capacidade de campo, segundo MARCOS (1971) e FERREIRA (1983), e o potencial matricial em que este ocorre, H_i . Observa-se, pela análise das Tabelas 25 e 26, que os valores variaram de 16 à 269 na Tabela 25, e de 14 a 597 na Tabela 26. Apesar de bastante variáveis, para os dois métodos estudados, os dados apresentam, de modo geral, tendência de maiores θ_i na camada superficial e, conseqüentemente menores H_i .

Figura 18. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento tração animal com emprego de duas gradagens, nas diferentes profundidades

Figura 19. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento tração animal com emprego de três gradagens, nas diferentes profundidades

Figura 20. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento tração animal com emprego de quatro gradagens, nas diferentes profundidades

Figura 21. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento microtrator com emprego de duas gradagens, nas diferentes profundidades

Figura 22. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento microtrator com emprego de três gradagens, nas diferentes profundidades

Figura 23. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento microtrator com emprego de quatro gradagens, nas diferentes profundidades

Figura 24. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento manual, nas diferentes profundidades.

Figura 25. Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, referente ao tratamento pousio, nas diferentes profundidades.

Em função da grande discordância nos resultados sobre o potencial matricial que deve ser utilizado como capacidade de campo, optou-se em considerar o ponto de inflexão da curva de retenção de umidade ajustada pelo modelo de VAN GENUCHTEN (1980), pelo método que considerou $\theta_r = 0$ (Tabela 26), como sendo a capacidade de campo. Estes resultados foram utilizados no cálculo da água disponível do solo (AD, mm), que é a água retida pelo solo entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), considerado como a água retida a um potencial matricial de - 15000 cm de coluna de água, sendo apresentados na Figura 26 e na Tabela 27.

A análise desses resultados, mostra que os valores de retenção de água são elevados, principalmente na camada superficial, decrescendo em profundidade. Esses valores variaram de 34,0 à 12,0 mm, respectivamente, para as camadas de 0 -10 e 30 - 40 cm, e encontram-se próximos dos valores encontrados por FERREIRA (1993), para a camada de 0 - 10 cm, em solos de várzea da Amazônia central, com a mesma classe de textura. Vale salientar, que este valor mais elevado de água disponível, ocorreu para o tratamento pousio, provavelmente em função dos maiores teores de matéria orgânica (Tabela 5).

Figura 26. Valores médios de água disponível, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados

Tabela 27 - Valores médios de **água disponível** (mm), considerando o ajuste ao modelo de VAN GENUCHTEN pelo método em que a unidade residual foi igual a zero, em diferentes profundidades, para os sistemas de manejo estudados.

Tratamentos	Profundidade (cm)				Média
	0 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	
Tração animal- 2g	24,4	17,6	16,2	13,5	17,9
Tração animal- 3g	27,9	17,6	14,7	13,5	18,4
Tração animal- 4g	22,5	15,6	14,9	15,3	17,1
Microtrator- 2g	22,4	15,5	12,1	12,0	15,5
Microtrator- 3g	29,2	16,7	15,2	16,3	19,3
Microtrator- 4g	26,9	17,5	16,0	17,3	19,4
Manual	29,7	17,7	14,5	13,6	18,9
Pousio	34,0	19,5	16,0	14,2	20,9
<i>Média</i>	27,1	17,2	14,9	14,5	18,4

5. CONCLUSÕES

A análise e a interpretação dos resultados obtidos permitiu concluir que:

- a) houve alterações nas propriedades do solo com o preparo e o cultivo, porém essas diferenças não foram significativas estatisticamente;
- b) houve elevada redução nos teores de matéria orgânica da camada superficial do solo, com o preparo e o cultivo;
- c) com o preparo e o cultivo, ocorreu uma tendência de aumento da densidade do solo na camada superficial.
- d) existe uma tendência de diminuição dos valores da porosidade total do solo na camada superficial com o preparo e o cultivo;
- e) ocorreu uma redução dos valores de macroporosidade e aumento nos de microporosidade nos sistemas com emprego de preparo do solo e cultivo, até a profundidade de 10-20 cm;

f) ocorreu aumento nos valores de retenção da água no solo, para todos os tratamentos, nas tensões de 6, 10, 30 e 100 Kpa;

g) o preparo e o cultivo reduziram os valores de água disponível do solo.

6. CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS

A utilização do búfalo como animal de trabalho para o preparo do solo é uma alternativa plenamente viável para o pequeno produtor amazônida, por serem os seus preços e o seu funcionamento mais compatíveis com o nível econômico e cultural predominante na região Amazônica, devendo ser incentivado pelos órgãos competentes como as Secretarias de Agricultura, as EMATERES e as próprias unidades da EMBRAPA, através de programas de treinamento que objetivem esclarecer, instruir e treinar os agricultores na utilização do búfalo como animal de tração.

Outro aspecto que merece comentários, refere-se à utilização do microtrator nas operações de preparo do solo de várzea. Este equipamento é eficiente para as condições de várzea, desde que esteja equipado com a roda de ferro, porém apresenta um custo de aquisição e manutenção elevado, o que inviabiliza sua utilização pelos pequenos produtores ribeirinhos da Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.C. Sistemas de rotação de culturas com plantio direto em Latossolo Roxo: efeito nas propriedades físicas e químicas. Piracicaba, 1992. 173p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiróz “ / USP).
- BANZATTO, A. D. & KRONKA, S. N. do. **Experimentação agrícola** . Jaboticabal, FUNEP, 1992. 247p.
- BASTOS, F.J.M. Efeito do ferro, gesso agrícola e calcário na produção de arroz (*Oriza sativa* L.) em solos de várzea inundados. Lavras, 1993. 90p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- BASTOS, T.X. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da amazônia brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE. **Zoneamento agrícola da Amazônia**

(1ª aproximação). Belém, 1972. p.68-122. (IPEAN. Boletim Técnico, 54).

BASTOS, T.X.; CHAIB FILHO, H.; DINIZ, T.D. A.; LOBATO, V.H. de B. Flutuação das chuvas na região de Belém em distintos intervalos de tempo. Período 1967-1983. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, I, Belém, 1984. Anais. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986. v.1. p.37-43.

BAVER, L.D. **Soil physics**. New York, John Wiley, 1956. 489p.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.A.; GARDNER, W.R. **Física de suelos**. México, Hispano-Americana, 1973. 529 p.

BEZERRA, J.E.S. Influência de sistemas de manejo de solo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico distrófico, fase terraço, e sobre a produção de milho (*Zea mays*, L.). Viçosa, 1978. 61p. (M.S - Universidade Federal de Viçosa).

BORGES, A.L. Alteração das propriedades de um Latossolo Amarelo de Cruz das Almas, Bahia, pelo cultivo com frutíferas perenes e mandioca. Piracicaba, 1993. 161p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiróz “ / USP).

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. São Paulo, Freitas Bastos, 1989. 878p.

CALHEIROS, R. O. Sistema radicular de quatro culturas em solo Glei pouco húmico da região de Londrina (PR). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, **16** : 299-307, 1992.

CALHEIROS, R. O.; ROSSETO, R.; MACHADO, P. Características físico-hídricas de um solo Glei pouco húmico argiloso no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, **15** : 129-34, 1991.

CARDOSO, A.; TEIXEIRA, M.F.N.; TAXI, C.M.A.D. Avaliação da fertilidade de alguns solos de várzea do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21. Campinas, 1987. **Programa e resumos**. Campinas, SBCS, 1987. p.32.

CARVALHO, E.M.C. Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico distrófico, fase terraço e sobre a produção de soja. Viçosa, 1984. 73p. (Mestrado - Universidade Federal de Viçosa).

CASSEL, D.K. & NIELSEN, D.R. Field capacity and available water capacity. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis**. Madison,

- American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986.
Pt.1: Physical and mineralogical methods, p. 901-26.
- CHAVES, R. S. Sistematização e produção de arroz em solos de várzea do Rio Caeté.** Belém, FCAP, 1983. 7p. (FCAP. Nota Prévia, 9).
- CHAVES, R. S.; VIEIRA, L.S.; VIEIRA, M. N.F.; SANTOS, P.C.T.C.dos. Sistemas de preparo do solo para arroz (*Oryza sativa*) em área sistematizada de várzea.** Belém, FCAP, 1979. 8p. (FCAP. Nota Prévia, 1).
- CORÁ, J.E. Avaliação da disponibilidade de boro, cobre e zinco em solos de várzea do Estado de Minas Gerais.** Lavras, 1991. 135p. (MS - Escola Superior de Agricultura de Lavras)
- COSTA, J.B. Caracterização e constituição do solo.** 29.ed. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkion, 1979. 527p.
- COSTA, L.M. da. Aspectos de conservação do solo.** In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Aspectos de manejo do solo.** Campinas, 1986. p. 73-84.
- COSTA, M.P. Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo.** Piracicaba, 1983. 137p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz " / USP.).

DEMATÊ, J.L.I. **Curso de gênese e classificação de solos: teoria.** Piracicaba, ESALQ, 1978. 333p.

DOURADO NETO, D.; JONG-VAN-LIER, Q.; J.V.; BOTREL, T.A.; LIBARDI, P.L. Programa para confecção da curva de retenção de água no solo utilizando o modelo de Genuchten. **Engenharia Rural**, Piracicaba, 1 (2) : 92-102, 1990.

EL-SWAIFY, S.A. & HENDERSON, D.W. Water retention by osmotic swelling of certain colloidal clays with varying ionic composition. **Journal of Soil Science, Oxford**, 18 : 223-32, 1967.

ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G. & JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 13 (2): 259-67, 1989.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, 1979. n.p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos; 2ª aproximação.** Rio de Janeiro, 1981. 107p.

FAGÉRIA, N.D.; FILHO, M.P.B.; ZIMMERMANN, F.J.P. Caracterização química e granulométrica de solos de várzea de alguns Estados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, **29** (2) : 267-74, 1994.

FALESI, I.C. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO NORTE. **Zoneamento agrícola da Amazônia**. Belém, 1972. p.17-65 (IPEAN. Boletim técnico, 54.).

FERREIRA, M.M. & MARCOS, Z.Z. Estimativa da capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico e Regossolo através do ponto de inflexão da curva característica de umidade. **Ciência e Prática**, Lavras, **7** (1) : 96-101, 1983.

FERREIRA, S. J. F. Caracterização de sedimentos e solos de dois lagos de várzea na Amazônia Central. Piracicaba, 1993. 111p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz “ / USP).

FREITAS JUNIOR, E. de. Retenção e disponibilidade de água em dois solos da Amazônia Central. Piracicaba, 1981. 78p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz “ / USP.).

GAVANDE, S.A. **Física de suelos: principios e aplicaciones.** México, Ed. Limusa, 1976. 351p.

GENUCHTEN, M.T. & NIELSEN, D.R. On describing and predicting the hydraulic properties of insaturated soils. **Annales Geophysical.** Montrouge, **3** (5):615-28, 1985.

GROHMAN, F. Porosidade. In: MONIZ, A.C. **Elementos de pedologia.** São Paulo, Polígono, 1972. p.77-84..

GROHMAN, F. & MEDINA, H.P. Características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, **21** (18):285-95,1962.

GUPTA, S.C. & LARSON, W.E. A model for predicting packing density of soils using particle-size distribution. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, **53**: 145-50, 1979.

JONG-VAN-LIER, Q. & DOURADO NETO, D. Valores extremos de umidade do solo referentes ao modelo de Van Genuchten. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, **17**: 325-9, 1993.

JUNK, W.J. As águas da região amazônica. In: SALATI, E.; JUNK, J.W.; SHUBART, H.O.R.; OLIVEIRA, A.E.de. **Amazônia: desenvolvimento**,

- integração e ecologia. São Paulo, Brasiliense; Brasília, Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1983. p.45-100.
- KASS, D.L.; FURLAN JÚNIOR, J.; LOPES, A.M. **Cultivares de arroz irrigado capazes de produzir três safras por ano**. Belém, IPEAN, 1973. 16p. (IPEAN. Comunicado Técnico 33).
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- KIEHL, E.J.; KINJO, T.; MARCOS, Z.Z. **Caracterização e interpretação das propriedades do solo**. 2.ed. Piracicaba, ESALQ / Departamento de Solos e Geologia, 1972. 119p.
- KITAGAWA, Y. & MÖLLER, M.R.F. Clay mineralogy of some typical soils in the Brazilian Amazon region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 4 (3) : 201-28, 1979.
- KLAMT, E.; KAMPF, N.; SCHNEIDER, D. **Solos de várzea no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande

do Sul / Faculdade de Agronomia, 1985. 42p. (Boletim Técnico de Solos, 41)

LE COINTE, P. **O Estado do Pará: a terra, a água e o ar.** São Paulo, Ed. Nacional, 1945. 305p.

LIMA, R.R. A agricultura nas várzeas do estuário do Amazonas. **Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Norte**, Belém (33):1-164, 1956.

LIMA, R.R. Várzeas da Amazônia brasileira e sua potencialidade agropecuária. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém, 1984. **Anais.** Belém, EMBRAPA / CPATU, 1986. v1, p.141-64.(EMBRAPA / CPATU. Documentos, 36)

LOPES, A.M. & MASCARENHAS, R.E.B. Avaliação do comportamento de cultivares de arroz na região amazônica, condições de várzea úmida. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. **Relatório técnico anual-1984.** Belém, 1984. p.165.

LOPES, A.M.; CRUZ, E.S.; KASS, D.L. **Resposta do arroz "Apura" a adubação NPK sob regime de irrigação natural (várzea do rio**

Caeté - município de Bragança-Pa). Belém, IPEAN, 1971. 2p.
(IPEAN. Comunicado Técnico, 14).

MARCOS, Z.Z. Morphologic and phisical properties of fine texture oxisols
State of Sao Paulo. Columbus, 1971. 272p. (Ph. D - Ohio State
University).

MARSHALL, T.J. Distribuition of water in soil. In :----- **Relations
between water and soil.** Farnhan Royal, CAB, 1959. p. 39-
45(Commonwealth Bureau of Soils. Technical Comunication, 50).

MASCARENHAS, R.E.B. Manejo de água em arroz (*Oryza sativa* L.)
irrigado em várzea do rio Guamá, estuário amazônico, Belém-Pará.
Piracicaba, 1987. 73p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura “
Luiz de Queiróz” / USP).

MASCARENHAS, R.E.B; SANTOS FILHO, B.G. do; LOPES, A.M.
**Sistematização de uma área de várzea para cultivo de arroz com
irrigação controlada.** Belém, IPEAN, 1974. 18p. (IPEAN.
Comunicado Técnico, 47).

MILLER, R.H.; NICHOLAIDES, J.J.; SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.
Soil organic matter considerations in agricultural systems of the humid
propics. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA

ORGÂNICA DO SOLO. 1., Piracicaba, 1982. **Anais.** Piracicaba, CENA, 1982. p. 105-10.

MIRANDA, L. N. Resposta da sucessão soja-trigo a doses e modos de aplicação de calcário em solo Glei Pouco Húmico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 17 (1): 75-82, 1993.

MÖLLER, M.R.F. Mineralogia de argila de solos da região Amazônica. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1, Belém, 1984. **Anais.** Belém, EMBRAPA/CPATU, 1986. v.1. p. 214-23. (EMBRAPA/CPATU. Documentos, 36)

MORAES, S.O. Heterogeneidade hidráulica de uma Terra Roxa Estruturada. 1991. 141p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz " / USP.).

MORAES, V.H.F. & BASTOS, J.B. Variações de pH e da solubilidade do fósforo em solo de várzea inundado. **Boletim da Escola de Agronomia da Amazônia**, Belém (4):33-40, 1971.

OLIVEIRA, L.B.de & PAULA, J.L. de. **Contribuição da física de solos aos estudos sobre manejo e conservação do solo.** Rio de Janeiro. EMBRAPA/SNLCS, 1983. 23p. (EMBRAPA/SNLCS. Documentos, 6).

OLIVEIRA, M. de. Comportamento de características e propriedades físicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo, sob condições de pasto natural e cultivo na região de Lavras, MG. Lavras, 1979. 109p. (M.S -Escola Superior de Agricultura de Lavras).

PANDOLFO, C. Possibilidades e perspectivas do uso contínuo dos recursos florestais da Amazônia. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1. Belém, 1984. **Anais**. Belém, EMBRAPA/CPATU, 1986. v.6. p 177-86. (EMBRAPA/CPATU. Documentos, 36)

PIMENTEL, G.B.M. Sistemas de manejo de solos de várzea no médio Amazonas paraense. Belém, 1991. 106p. (Mestrado - Faculdade de Ciências Agrárias do Estado do Pará).

PIMENTEL, G.B.M. & CHAVES, R.S. Produtividade do caupi sob diferentes sistemas de manejo de um solo de várzea do médio Amazonas Paraense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, **17** (1):135-8, 1993.

PONTE, N.T.; MORAES, V.H.F.; KASS, D.L.; ANDERSON, S.C. **Cultura de arroz em várzea; trabalhos experimentais em Igarapé-Miri (Pará)**. Belém, SUDAM/FCAP, 1977. 15 p.

PONTE, N.T. da.; SAMPAIO, M.C.T.; SILVA, G.R. da.; DUTRA, S.
Efeitos de diferentes fontes e dosagens de nitrogênio na cultura do arroz
(*Oryza sativa* L.) irrigado. **Boletim da FCAP**, Belém (12):23-36, dez.
1981.

RASSINI, J.B.; REIS, A.E.G. dos.; MACEDO, J.; LEITE, J.C.
Caracterização de várzeas na região dos cerrados. Palnaltina :
EMBRAPA/CPAC, 1984. 16p. (EMBRAPA/CPAC. Boletim de
Pesquisa, 22).

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4. ed. Campinas, Fundação Cargill, 1985. 445p.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 12: 211-6, 1988.

SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópicos**: características y manejo. San José, IICA, 1981. 634p. (IICA. Libros y Materiales Educativos, 48).

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R.; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação de umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (oxisol). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 7 (1) : 103-6, 1983.

- SIOLI, H. Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. **Boletim Técnico do Instituto Agrônômico do Norte**, Belém (24):3-44, 1951.
- STEVENSON, J.F. **Humus**; chemistry, genesis, composition, reaction. New York, John Wiley, 1982. 443p.
- TABATABAI, M.A. & HANWAY, J.J. Some chemical and physical properties of different sized natural aggregates from Iowa Soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 32 (4) : 588-91, 1968.
- TEIXEIRA, M.F.N. Bioavaliação da disponibilidade de macronutrientes em solos de várzea do Estado do Pará sob diferentes condições de umidade. Belém, 1989.139p.(Mestrado - Faculdade de Ciências Agrárias do Estado do Pará).
- TEIXEIRA, M.F.N. & CARDOSO, A. **Várzeas da Amazônia**; caracterização e uso na produção agrícola. Belém, FCAP, 1991. 47p.
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 44 (5) : 892-8, 1980.

VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. **Soil Science**, New Brunswick, **32** : 181-93, 1931.

VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. Methods of measuring field capacity e permanent wilting percentage of soils. **Soil Science**, New Brunswick, **68** : 75-95, 1949.

VICTÓRIA, R.L.; MARTINELLI, L.A.; FORSBERG, B.R.; RICHEY, J.E.; DEVOL, A.H. Composição química de sedimentos de várzea do rio Amazonas e seus principais tributários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1987. **Programa e resumos**. Campinas, SBCS, 1987. p.121.

VIEIRA, L.S. **Manual da ciência do solo**: com ênfase aos solos tropicais. São Paulo, Agronômica Ceres, 1988. 464p.

VIEIRA, L.S. & SANTOS, P.C.T.C. dos. **Amazônia**: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo, Agronômica Ceres, 1987. 416p.

VIEIRA, L.S. & VIEIRA, M. N.F. **Manual de morfologia e classificação de solos**. Belém, FCAP, 1981. 580p.

VIEIRA, L.S.; OLIVEIRA, N.V. C.; BASTOS, T.X. **Os solos do Estado do Pará**, Belém, IDESP, 1971. 175p. (IDESP. Cadernos Paraenses, 8).

VIEIRA, L.S.; SANTOS, W.H.; FALESI, I.C.; OLIVEIRA FILHO, J.P.S. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região Bragantina, Estado do Pará**. Belém, IPEAN, 1967. 63p. (IPEAN. Boletim Técnico, 47).

VIEIRA, M.J. Propriedades físicas do solo. In : FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1981. cap. 2, p. 19-32. (IAPAR. Circular, 23).

VIEIRA, M. de N.F.; CARDOSO, A.; VIEIRA, L.S.; SANTOS, P.C.T.C. dos.; PEREIRA, L.C.; COSTA, M.F. da.; VALENTE, M.A. **Caracterização e recomendação para as várzeas do Médio Amazonas**. Belém, FCAP, 1984. 34p. (FCAP. Informe Extensão, 3).

APÊNDICES

Apêndice 1. Descrição morfológica do perfil do solo

Classificação: Glei Pouco Húmico

Umidade de mapeamento: Búfalo

Localização: Belém-Pará, área de várzea do rio Guamá, de propriedade do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental-CPATU / EMBRAPA, distante aproximadamente 200 m da estrada que dá acesso ao porto da CEASA e a 800 m da ponte do Igarapé Tucunduba, que dá acesso a área de várzea do CPATU através da FCAP.

Situação e declive: Várzea alta a aproximadamente 100 m das margens do rio Guamá apresentando declive plano.

Litologia: Sedimentos silto-argilosos do holoceno.

Formação geológica: Depósitos Flúvio marinhos.

Período: Holoceno quaternário.

Material originário: Sedimentos silto-argilosos do holoceno.

Pedregosidade: Nula

Rochosidade: Nula

Relêvo local: Plano

Relêvo regional: Plano

Drenagem: mal drenado

Vegetação primária: Floresta equatorial perenifólia hidrófila de várzea

(continua...)

Uso atual: Capoeira com aproximadamente dez anos.

Clima: Afi

Descrito e coletado por: José Raimundo Natividade Ferreira Gama.

Ap - 0-13 cm; bruno escuro (10YR 3,5/3); franco argilo limoso; fraca, pequena a média, blocos angulares e subangulares; plástico e pegajoso; transição plana e clara.

Bg - 13-29 cm; cinzento brunado claro (2,5YR 6/2);
mosqueado muito, pequeno e distinto, bruno amarelado (10YR 5/8);
franco argilo arenoso; fraca, média a grande, blocos subangulares;
plástico e pegajoso; transição plana e difusa.

IIC1g - 29-51 cm; cinzento (N6/); mosqueado muito, médios, grandes e distintos,
amarelo brunado (10YR 6/8); argilo limoso; maciça; plástico e
pegajoso; transição plana e difusa.

IIC2g - 51-105 cm; cinzento (N6/), mosqueado comum médio a grande e proeminente,
bruno forte (7,5YR 5/8); argilo limoso; maciça, plástico e pegajoso;
transição plana e difusa.

IIIC3g - 105-160+; cinzento (N6/), mosqueado comum médio a grande e proeminente,
bruno forte (7,5YR 5/8); argilo limoso; maciça, plástico e pegajoso;
transição plana e difusa.

Raízes: muitas e finas no Ap e raras no resto do perfil.

Observação: Muitos poros e canais no Ap e poucos no resto do perfil.

Apendice 3. Resumo das análises de variância para a variável **matéria orgânica**, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	0,9826568	6,39 **	0,0001	19,91
- Profundidade (P)	3	67,5678435	439,21 **	0,0001	19,91
Interação :					
- T * P	21	0,8804394	5,72 **	0,0001	19,91
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	3,2775340	6,22 **	0,0030	15,99
- T (P.2)	7	0,0517544	0,77 ns	0,6248	16,46
- T (P.3)	7	0,0535704	1,58 ns	0,2390	19,59
- T (P.4)	7	0,0220710	1,47 ns	0,2646	15,39
- P (T) :					
-P (T.1)	3	4,8436532	29,15 **	0,0014	20,87
-P (T.2)	3	8,4121643	41,82 **	0,0006	22,09
-P (T.3)	3	5,4938296	114,88 **	0,0001	11,71
-P (T.4)	3	7,0475851	35,76 **	0,0008	23,02
-P (T.5)	3	1,1264333	609,39 **	0,0001	6,82
-P (T.6)	3	7,2096305	21,09 **	0,0014	32,06
-P (T.7)	3	6,1857500	28,57 **	0,0037	26,68
-P (T.8)	3	21,3780375	1309,28 **	0,0001	5,18

- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.

- ns - não significativo.

- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.

- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apendice 4. Resumo das análises de variância para a variável **densidade do solo**, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	0,0214684	6,45 **	0,0001	5,37
- Profundidade (P)	3	0,4588535	137,94 **	0,0001	5,37
Interação :					
- T * P	21	0,0096598	2,90 **	0,0011	5,37
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	0,0339165	3,55 *	0,0208	11,24
- T (P.2)	7	0,0039963	0,47 ns	0,8380	8,26
- T (P.3)	7	0,0040190	0,91 ns	0,5233	5,78
- T (P.4)	7	0,0085161	3,26 *	0,0283	4,38
- P (T) :					
- P (T.1)	3	0,0420410	9,09 *	0,0119	6,25
- P (T.2)	3	0,0780472	50,99 **	0,0001	1,92
- P (T.3)	3	0,0089243	2,86 ns	0,1263	5,02
- P (T.4)	3	0,0366722	26,29 **	0,0008	3,29
- P (T.5)	3	0,0800910	73,98 **	0,0001	3,15
- P (T.6)	3	0,0500139	5,10 *	0,0435	9,70
- P (T.7)	3	84,2430556	21,21 **	0,0014	3,34
- P (T.8)	3	0,1434076	38,00 **	0,0003	6,01

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.

- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.

- ns - não significativo.

- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.

- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apêndice 5. Resumo das análises de variância para a variável **porosidade total**, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	30,429338	5,86 **	0,0001	3,91
- Profundidade (P)	3	698,878660	134,68 **	0,0001	3,91
Interação :					
- T * P	21	15,386457	2,97 **	0,0009	3,91
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	52,484836	3,60 *	0,0198	5,77
- T (P.2)	7	5,889129	0,47 ns	0,8436	6,27
- T (P.3)	7	5,694055	0,89 ns	0,5423	4,59
- T (P.4)	7	12,520690	3,54 *	0,0212	3,45
- P (T) :					
-P (T.1)	3	61,042283	8,22 *	0,0151	4,71
-P (T.2)	3	125,864452	59,52 **	0,0001	2,54
-P (T.3)	3	12,749653	2,59 ns	0,1480	3,91
-P (T.4)	3	55,924747	26,44 **	0,0007	2,61
-P (T.5)	3	119,738378	74,48 **	0,0001	2,14
-P (T.6)	3	76,340031	5,10 *	0,0434	6,44
-P (T.7)	3	132,391241	61,71 **	0,0001	2,51
-P (T.8)	3	222,533074	35,82 **	0,0003	4,14

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.

- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.

- ns - não significativo.

- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.

- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apendice 6. Resumo das análises de variância para a variável **macroporosidade**, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	32,501989	6,46 **	0,0001	31,18
- Profundidade (P)	3	694,734820	137,99 **	0,0001	31,18
Interação :					
- T * P	21	14,618594	2,90 **	0,0011	31,18
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	103,761480	2,80 *	0,0481	33,44
- T (P.2)	7	16,392864	1,19 ns	0,3701	36,69
- T (P.3)	7	9,601176	1,53 ns	0,2368	32,01
- T (P.4)	7	5,585990	1,04 ns	0,4484	32,17
- P (T) :					
-P (T.1)	3	68,427172	5,61 *	0,0356	34,80
-P (T.2)	3	72,353746	13,11 **	0,0048	21,34
-P (T.3)	3	11,016572	1,23 ns	0,3778	33,07
-P (T.4)	3	46,001072	10,71 **	0,0080	27,00
-P (T.5)	3	105,653097	8,92 *	0,0125	33,05
-P (T.6)	3	16,262194	5,02 *	0,0449	17,37
-P (T.7)	3	162,531763	8,42 *	0,0143	33,56
-P (T.8)	3	299,361685	11,45 **	0,0068	33,80

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.

- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.

- ns - não significativo.

- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.

- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apendice 7. Resumo das análises de variância para a variável **microporosidade**, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	33,621827	2,95 *	0,0119	7,13
- Profundidade (P)	3	7,314913	0,64 ns	0,5922	7,13
Interação :					
- T * P	21	7,556219	0,66 ns	0,8471	7,13
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	29,861735	0,94 ns	0,5050	11,73
- T (P.2)	7	12,147469	1,45 ns	0,2634	6,22
- T (P.3)	7	11,096149	1,28 ns	0,3284	6,21
- T (P.4)	7	3,185133	0,41 ns	0,8822	5,90
- P (T) :					
- P (T.1)	3	1,9584028	0,34 ns	0,7982	5,03
- P (T.2)	3	9,603068	1,08 ns	0,4243	6,43
- P (T.3)	3	4,621081	0,94 ns	0,4763	4,65
- P (T.4)	3	1,554447	1,09 ns	0,4213	2,48
- P (T.5)	3	2,094967	0,13 ns	0,9385	8,20
- P (T.6)	3	22,665180	2,94 ns	0,1211	5,58
- P (T.7)	3	7,507719	0,23 ns	0,8705	12,52
- P (T.8)	3	10,203586	0,72ns	0,5780	8,39

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.

- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.

- ns - não significativo.

- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.

- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apêndice 8. Resumo das análises de variância para a variável umidade do solo na tensão de 6 Kpa, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	33,621827	2,95 *	0,0119	7,13
- Profundidade (P)	3	7,314913	0,64 ns	0,5922	7,13
Interação :					
- T * P	21	7,556219	0,66 ns	0,8471	7,13
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	29,861735	0,94 ns	0,5050	11,73
- T (P.2)	7	12,147469	1,45 ns	0,2634	6,22
- T (P.3)	7	11,096149	1,28 ns	0,3284	6,21
- T (P.4)	7	3,185133	0,41 ns	0,8822	5,90
- P (T) :					
- P (T.1)	3	1,9584028	0,34 ns	0,7982	5,03
- P (T.2)	3	9,603068	1,08 ns	0,4243	6,43
- P (T.3)	3	4,621081	0,94 ns	0,4763	4,65
- P (T.4)	3	1,554447	1,09 ns	0,4213	2,48
- P (T.5)	3	2,094967	0,13 ns	0,9385	8,20
- P (T.6)	3	22,665180	2,94 ns	0,1211	5,58
- P (T.7)	3	7,507719	0,23 ns	0,8705	12,52
- P (T.8)	3	10,203586	0,72ns	0,5780	8,39

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.

- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.

- ns - não significativo.

- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.

- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apendice 9. Resumo das análises de variância para a variável **umidade do solo na tensão de 10 Kpa**, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	41,0479172	3,65 **	0,0031	7,26
- Profundidade (P)	3	4,2173312	0,38 ns	0,7713	7,26
Interação :					
- T * P	21	8,8506104	0,79 ns	0,7199	7,26
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	33,263995	1,02 ns	0,4564	12,23
- T (P.2)	7	15,131176	1,61 ns	0,2123	6,72
- T (P.3)	7	14,865914	1,75 ns	0,1774	6,34
- T (P.4)	7	4,338663	0,46 ns	0,8504	6,65
- P (T) :					
- P (T.1)	3	5,652614	0,92 ns	0,4845	5,40
- P (T.2)	3	9,491297	1,37 ns	0,3393	5,84
- P (T.3)	3	5,340475	1,29 ns	0,3613	4,34
- P (T.4)	3	0,382563	0,38 ns	0,7691	2,12
- P (T.5)	3	44,929656	0,93 ns	0,4809	27,56
- P (T.6)	3	22,567786	3,32 ns	0,0983	5,34
- P (T.7)	3	9,337141	0,27 ns	0,8440	13,35
- P (T.8)	3	11,791897	0,86ns	0,5095	8,45

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.

- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.

- ns - não significativo.

- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.

- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apêndice 10 Resumo das análises de variância para a variável umidade do solo na tensão de 30 Kpa, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	30,2847247	2,96 *	0,0115	7,30
- Profundidade (P)	3	1,7606301	0,17 ns	0,9146	7,30
Interação :					
- T * P	21	6,8315551	0,67 ns	0,8415	7,30
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	22,455926	0,91 ns	0,5268	11,38
- T (P.2)	7	12,496168	1,27 ns	0,3309	7,20
- T (P.3)	7	12,313606	1,72 ns	0,1827	6,08
- T (P.4)	7	3,513690	0,42 ns	0,8733	6,55
- P (T) :					
- P (T.1)	3	4,478830	0,91 ns	0,4908	5,06
- P (T.2)	3	4,180364	0,52 ns	0,6863	6,66
- P (T.3)	3	4,554341	1,36 ns	0,3420	4,14
- P (T.4)	3	1,604846	0,92 ns	0,4859	2,94
- P (T.5)	3	1,931114	0,15 ns	0,9248	7,89
- P (T.6)	3	11,833672	1,15 ns	0,4029	6,97
- P (T.7)	3	11,375980	0,41 ns	0,7511	12,52
- P (T.8)	3	9,622369	0,75ns	0,5631	8,65

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.
- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.
- ns - não significativo.
- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.
- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apendice 11 Resumo das análises de variância para a variável umidade do solo na tensão de 100 Kpa, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	25,7175791	3,01 *	0,0106	7,26
- Profundidade (P)	3	6,5432349	0,77 ns	0,5190	7,26
Interação :					
- T * P	21	25,7175791	0,84 ns	0,6602	7,26
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	18,023429	0,85 ns	0,5689	11,62
- T (P.2)	7	12,165150	1,20 ns	0,3622	7,84
- T (P.3)	7	14,113717	1,27 ns	0,3312	8,25
- T (P.4)	7	2,959497	0,22 ns	0,9339	8,99
- P (T) :					
- P (T.1)	3	7,936422	1,19 ns	0,3911	6,35
- P (T.2)	3	3,955405	0,61 ns	0,6354	6,50
- P (T.3)	3	4,856208	1,42 ns	0,3274	4,48
- P (T.4)	3	1,219652	0,30 ns	0,8223	4,87
- P (T.5)	3	10,895981	0,99 ns	0,4598	7,98
- P (T.6)	3	5,706630	0,77 ns	0,5533	6,56
- P (T.7)	3	16,076352	0,92 ns	0,4845	10,86
- P (T.8)	3	6,166419	0,52ns	0,6824	9,03

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.
- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.
- ns - não significativo.
- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.
- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apendice 12 Resumo das análises de variância para a variável **umidade do solo na tensão de 1500 Kpa**, considerando os efeitos principais, a interação e os desdobramentos T (P) e P (T).

Parâmetros	G.L	Q.M	F	P > F	C.V (%)
Efeitos principais :					
- Tratamento (T)	7	31,458353	3,57 **	0,0036	11,89
- Profundidade (P)	3	395,509084	44,89 **	0,0001	11,89
Interação :					
- T * P	21	6,128458	0,70 ns	0,8160	11,89
Desdobramentos :					
- T (P) :					
- T (P.1)	7	25,295418	2,35 ns	0,0818	17,10
- T (P.2)	7	4,724407	0,75 ns	0,6342	9,96
- T (P.3)	7	2,273961	0,33 ns	0,9248	9,38
- T (P.4)	7	17,549942	0,81 ns	0,5950	16,78
- P (T) :					
- P (T.1)	3	27,918183	2,11 ns	0,2008	14,63
- P (T.2)	3	74,897836	4,33 ns	0,0602	17,55
- P (T.3)	3	30,656906	4,30 ns	0,0609	9,60
- P (T.4)	3	33,183491	29,758**	0,0005	4,02
- P (T.5)	3	46,329408	2,56 ns	0,1509	18,66
- P (T.6)	3	76,689113	25,62**	0,0008	7,18
- P (T.7)	3	59,350724	9,17**	0,0117	9,80
- P (T.8)	3	89,382930	21,67**	0,0013	8,37

- (*) F significativo a 5 % de probabilidade.

- (**) F significativo a 1 % de probabilidade.

- ns - não significativo.

- T (P) - Tratamento dentro de cada profundidade.

- P (T) - Profundidade dentro de cada tratamento.

Apêndice 13. Resultado da Análise de correlação de Pearson entre as variáveis, com o valor do coeficiente de correlação e a probabilidade.

Variáveis	m. org.	dens. do solo	total	porosidade		6	10	30	Umidade tensão (Kpa)	
				macro	micro				100	1500
matéria orgânica										
- r	1,0	- 0,77851	0,78175	0,62485	0,17059	0,17059	0,16484	0,09822	0,01614	- 0,65568
- probabilidade	0,0	0,0001	0,0001	0,0001	0,1021	0,1021	0,1143	0,3489	0,8780	0,0001
densidade do solo										
- r	- 0,77851	1,0	- 0,99893	- 0,76974	- 0,15943	- 0,15943	- 0,13625	- 0,07938	0,03049	0,73703
- probabilidade	0,0001	0,0	0,0001	0,0001	0,0272	0,0272	0,0595	0,2737	0,6746	0,0001
porosidade total										
- r	0,78175	- 0,99893	1,0	0,77412	0,15406	0,15406	0,13110	0,07355	- 0,03661	- 0,73841
- probabilidade	0,0001	0,0001	0,0	0,0001	0,0329	0,0329	0,0699	0,3106	0,6141	0,0001
macroporosidade										
- r	0,62845	- 0,76974	0,77412	1,0	- 0,50622	- 0,50622	- 0,50695	- 0,54813	- 0,58473	- 0,50810
- probabilidade	0,0001	0,0001	0,0001	0,0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
microporosidade										
- r	0,17059	- 0,15943	0,15406	- 0,50622	1,0	1,0	0,96986	0,95573	0,86277	- 0,21288
- probabilidade	0,1021	0,0272	0,0329	0,0001	0,0	0,0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0030
umidade - 6 Kpa										
- r	0,17059	- 0,15943	0,15406	- 0,50622	1,0	1,0	0,96986	0,95573	0,86277	- 0,21288
- probabilidade	0,1021	0,0272	0,0329	0,0001	0,0	0,0	0,0001	0,0001	0,0001	0,0030
umidade - 10 Kpa										
- r	0,16484	- 0,13625	0,13110	- 0,50695	0,96986	0,96986	1,0	0,97032	0,90433	- 0,19805
- probabilidade	0,1143	0,0595	0,0699	0,0001	0,0001	0,0001	0,0	0,0001	0,0001	0,0059
umidade - 30 Kpa										
- r	0,09822	- 0,07938	0,07355	- 0,54813	0,95573	0,95573	0,97032	1,0	0,93016	- 0,12234
- probabilidade	0,3489	0,2737	0,3106	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0	0,0001	0,0909
umidade - 100 Kpa										
- r	0,01614	0,03049	- 0,03661	- 0,58473	0,86277	0,86277	0,90433	0,93016	1,0	- 0,05192
- probabilidade	0,8780	0,6746	0,6141	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0	0,4744
umidade - 1500 Kpa										
- r	- 0,65568	0,73703	- 0,73841	- 0,50810	- 0,21288	- 0,21288	- 0,19805	- 0,12234	- 0,05192	1,0
- probabilidade	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0030	0,0030	0,0059	0,0909	0,4744	0,0

Apêndice 14. Dados brutos de matéria orgânica, em %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS										manual	pouso
			tração animal		microtrator		4 passagens		3 passagens		4 passagens			
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens	3 passagens	4 passagens				
0-10	I	1	3.63	5.12	4.26	3.56	4.83	4.63	3.80	7.60				
0-10	I	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
0-10	II	1	3.30	4.94	3.94	4.57	4.64	3.03	1.68	7.71				
0-10	II	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
0-10	III	1	4.39	3.30	3.28	4.32	5.02	4.68	5.16	7.81				
0-10	III	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
10-20	I	1	1.77	1.99	1.99	1.99	1.77	1.36	1.75	1.55				
10-20	I	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
10-20	II	1	1.98	1.82	1.55	1.12	1.27	1.82	1.34	1.70				
10-20	II	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
10-20	III	1	1.41	1.50	1.46	1.50	1.39	0.98	1.39	1.60				
10-20	III	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
20-30	I	1	1.07	2.30	2.30	2.30	0.99	0.86	0.64	0.98				
20-30	I	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
20-30	II	1	1.20	0.91	0.98	0.70	0.84	0.98	0.84	1.20				
20-30	II	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
20-30	III	1	0.98	0.64	0.69	1.12	0.84	1.39	0.84	1.05				
20-30	III	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
30-40	I	1	2.30	0.77	0.86	0.86	0.86	0.77	0.84	0.77				
30-40	I	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
30-40	II	1	0.98	0.77	0.77	0.70	0.64	0.70	0.64	0.91				
30-40	II	2	-	-	-	-	-	-	-	-				
30-40	III	1	0.77	0.57	0.77	0.77	0.69	0.69	0.84	1.19				
30-40	III	2	-	-	-	-	-	-	-	-				

Apêndice 15. Dados brutos de densidade do solo, em g/cm³, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho.

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS								manual	pousio
			tração animal		microtrator							
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens				
0-10	I	1	0.93	0.94	1.11	0.91	0.75	0.78	0.88	0.78	0.78	
0-10	I	2	1.23	0.87	1.08	0.87	0.73	0.80	0.80	0.80	0.77	
0-10	II	1	0.99	0.77	1.03	1.08	0.80	0.72	1.01	0.72	0.56	
0-10	II	2	0.84	0.82	1.09	0.99	0.84	0.70	0.55	0.70	0.59	
0-10	III	1	0.79	0.87	0.99	0.99	0.74	0.97	0.82	0.97	0.82	
0-10	III	2	0.79	0.90	0.91	1.02	0.95	1.01	0.83	1.01	0.70	
10-20	I	1	1.04	1.06	1.10	1.00	1.05	0.91	1.20	0.91	1.15	
10-20	I	2	1.14	1.12	1.11	1.05	1.08	0.96	1.23	0.96	1.21	
10-20	II	1	1.07	1.09	1.18	1.22	1.11	1.12	1.05	1.12	0.83	
10-20	II	2	1.12	1.14	1.18	1.16	1.12	1.10	1.03	1.10	1.11	
10-20	III	1	0.95	1.21	1.19	1.24	1.11	1.30	1.01	1.30	1.06	
10-20	III	2	1.10	1.19	1.20	1.23	1.17	1.20	1.17	1.20	0.98	
20-30	I	1	1.15	1.21	1.19	1.11	1.10	1.07	1.26	1.07	1.17	
20-30	I	2	1.20	1.27	0.9	1.10	1.14	0.99	1.25	0.99	1.20	
20-30	II	1	1.20	1.14	1.17	1.21	1.10	1.08	0.99	1.08	1.08	
20-30	II	2	1.08	1.14	1.16	1.23	1.11	1.17	1.09	1.17	1.09	
20-30	III	1	1.14	1.22	1.14	1.27	1.16	1.20	1.11	1.20	1.18	
20-30	III	2	1.14	1.20	1.11	1.29	1.14	1.10	1.13	1.10	1.20	
30-40	I	1	1.16	1.26	1.11	1.19	1.12	1.01	1.27	1.01	1.18	
30-40	I	2	1.24	1.19	1.14	1.14	1.11	1.05	1.29	1.05	1.16	
30-40	II	1	1.21	1.19	1.17	1.24	1.20	1.14	1.13	1.14	1.21	
30-40	II	2	1.17	1.17	1.17	1.15	1.20	1.10	1.10	1.10	1.14	
30-40	III	1	1.21	1.20	1.14	1.30	1.14	1.21	1.22	1.21	1.23	
30-40	III	2	1.20	1.21	1.10	1.29	1.12	0.81	1.16	0.81	1.13	

Apêndice 16. Dados brutos de porosidade total, em %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS							manual	pousio
			tração animal		microtrator			4 passagens			
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens				
0-10	I	1	63.67	64.26	56.64	64.45	70.70	69.53	66.15	70.00	
0-10	I	2	51.95	66.02	57.81	66.02	71.48	68.75	68.75	69.92	
0-10	II	1	61.33	69.92	59.77	57.81	68.75	71.88	60.55	78.46	
0-10	II	2	67.19	68.46	57.42	61.33	67.32	72.66	78.52	77.31	
0-10	III	1	69.14	66.54	61.33	61.92	71.09	62.11	67.97	67.97	
0-10	III	2	69.14	65.38	64.45	60.77	62.89	60.55	67.58	72.66	
10-20	I	1	59.38	58.59	57.69	60.94	58.98	64.45	53.13	55.08	
10-20	I	2	56.15	56.92	56.64	58.98	57.81	62.50	51.95	52.73	
10-20	II	1	58.85	58.08	53.91	52.34	56.64	56.25	58.98	67.58	
10-20	II	2	56.92	56.15	53.91	54.69	56.25	57.03	59.77	56.13	
10-20	III	1	63.46	52.17	53.52	52.31	57.31	49.22	60.55	58.59	
10-20	III	2	57.03	54.23	53.13	52.69	55.00	53.13	54.30	61.72	
20-30	I	1	55.08	52.73	53.52	56.64	57.03	58.20	50.78	54.30	
20-30	I	2	53.85	51.15	64.84	57.03	55.47	61.33	51.17	53.13	
20-30	II	1	53.85	55.47	54.30	52.73	57.03	57.81	61.33	57.81	
20-30	II	2	58.46	55.47	54.69	51.95	56.64	54.30	57.42	57.42	
20-30	III	1	55.47	52.34	55.47	50.39	54.69	53.13	56.64	53.91	
20-30	III	2	55.47	55.13	56.64	50.38	55.47	57.03	55.86	53.13	
30-40	I	1	55.38	50.78	57.31	53.52	56.92	60.55	51.15	53.91	
30-40	I	2	51.56	53.32	55.47	55.47	57.31	58.98	50.38	55.38	
30-40	II	1	52.73	53.32	54.30	51.56	53.13	55.47	55.86	52.73	
30-40	II	2	55.00	54.30	54.30	55.08	53.13	57.03	57.03	55.47	
30-40	III	1	52.73	53.13	55.47	50.00	55.47	52.73	52.34	51.95	
30-40	III	2	53.13	52.17	57.69	50.38	56.25	68.36	54.69	55.86	

Apêndice 17. Dados brutos de macroporosidade , em %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS										manual	pousio
			tração animal		microtrator									
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens						
0-10	I	1	15.01	14.30	6.32	10.63	14.23	18.41	11.85	30.95				
0-10	I	2	7.11	17.31	6.90	16.43	11.21	15.23	12.38	26.80				
0-10	II	1	6.90	14.95	21.41	11.41	28.04	14.58	18.37	39.62				
0-10	II	2	25.16	23.51	14.14	7.99	20.96	14.46	39.29	41.78				
0-10	III	1	25.86	19.91	8.14	16.67	12.72	9.33	28.87	14.66				
0-10	III	2	20.44	18.13	13.90	15.62	28.53	11.08	30.55	22.44				
10-20	I	1	7.56	10.09	8.98	10.06	9.25	13.45	10.13	11.62				
10-20	I	2	7.21	8.91	9.66	9.43	5.46	11.00	9.98	9.16				
10-20	II	1	4.37	12.80	11.69	5.37	4.15	8.30	11.06	30.35				
10-20	II	2	8.57	13.90	10.94	7.87	4.26	6.93	18.09	7.21				
10-20	III	1	21.53	7.81	5.11	6.94	14.16	7.31	14.74	8.04				
10-20	III	2	11.57	9.06	4.95	7.80	10.05	6.83	13.85	18.62				
20-30	I	1	1.08	7.79	5.70	3.90	7.27	8.76	8.25	8.12				
20-30	I	2	3.86	16.92	10.63	5.43	4.91	16.38	7.70	7.48				
20-30	II	1	8.22	12.19	7.53	5.74	6.27	9.72	13.37	12.11				
20-30	II	2	10.53	5.13	7.15	4.94	5.62	4.46	5.93	13.32				
20-30	III	1	5.55	4.15	5.67	3.47	8.00	3.45	5.63	10.12				
20-30	III	2	12.53	6.90	7.42	4.36	8.40	12.64	10.02	11.28				
30-40	I	1	6.30	4.98	12.18	3.28	5.86	18.81	7.35	7.03				
30-40	I	2	5.41	7.54	7.29	3.46	5.87	8.36	5.01	7.91				
30-40	II	1	8.72	6.62	13.85	5.55	10.24	3.82	11.02	5.79				
30-40	II	2	6.21	10.30	7.31	4.07	5.67	6.75	4.83	8.82				
30-40	III	1	5.01	6.28	3.36	6.07	5.78	6.91	4.12	3.03				
30-40	III	2	6.17	4.73	6.97	7.71	12.99	11.83	11.98	6.87				

Apêndice 18. Dados brutos de microporosidade , em %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho.

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS										manual	pousio
			tração animal		microtrator				2 passagens	3 passagens	4 passagens			
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens						
0-10	I	1	48.66	49.96	50.32	53.82	56.47	51.12	54.30	39.05				
0-10	I	2	44.84	48.71	50.91	49.59	60.27	53.52	56.37	43.12				
0-10	II	1	54.43	54.97	38.36	46.40	40.71	57.30	42.18	38.84				
0-10	II	2	42.02	44.95	43.28	53.34	46.36	58.20	39.23	35.53				
0-10	III	1	43.28	46.63	53.19	45.25	58.37	52.78	39.10	53.31				
0-10	III	2	48.70	47.25	50.55	45.15	34.36	49.47	37.23	50.22				
10-20	I	1	51.81	48.50	48.71	50.88	49.73	51.00	42.99	43.46				
10-20	I	2	48.94	48.01	46.98	49.55	52.35	51.50	41.97	43.57				
10-20	II	1	54.48	45.28	42.22	46.97	52.49	47.95	47.92	37.23				
10-20	II	2	48.35	42.25	42.97	46.82	51.99	50.10	41.68	48.92				
10-20	III	1	41.93	44.36	48.41	45.37	43.15	41.91	45.81	50.55				
10-20	III	2	45.46	45.17	48.18	44.89	44.95	46.30	40.45	43.10				
20-30	I	1	54.00	44.94	47.82	52.74	49.76	49.44	42.53	46.18				
20-30	I	2	49.99	34.23	54.21	51.60	50.56	44.95	43.47	45.65				
20-30	II	1	45.63	43.28	46.77	46.99	50.76	48.09	47.96	45.70				
20-30	II	2	47.93	50.34	47.54	47.01	51.02	49.84	51.49	44.10				
20-30	III	1	49.92	48.19	49.80	46.92	46.69	49.67	51.01	43.79				
20-30	III	2	42.94	46.23	49.22	46.02	47.07	44.39	45.84	41.85				
30-40	I	1	49.08	45.80	45.13	50.24	51.06	41.74	43.80	46.88				
30-40	I	2	46.15	45.98	48.18	52.01	51.44	50.62	45.37	47.47				
30-40	II	1	44.01	46.90	40.45	46.01	42.88	51.65	44.84	46.94				
30-40	II	2	48.79	44.00	46.99	51.01	47.45	50.28	52.20	46.65				
30-40	III	1	47.72	46.84	52.11	43.93	49.69	45.82	48.22	48.92				
30-40	III	2	46.95	47.44	50.72	42.67	43.26	56.53	42.71	48.99				

Apêndice 19. Dados brutos de umidade na tensão de 6 Kpa , em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho.

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS										manual	pousio	
			tração animal		microtrator		4 passagens				3 passagens				
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens	4 passagens	4 passagens	4 passagens	4 passagens	4 passagens		
0-10	I	1	48.66	49.96	50.32	53.82	56.47	51.12	54.30	39.05					
0-10	I	2	44.84	48.71	50.91	49.59	60.27	53.52	56.37	43.12					
0-10	II	1	54.43	54.97	38.36	46.40	40.71	57.30	42.18	38.84					
0-10	II	2	42.02	44.95	43.28	53.34	46.36	58.20	39.23	35.53					
0-10	III	1	43.28	46.63	53.19	45.25	58.37	52.78	39.10	53.31					
0-10	III	2	48.70	47.25	50.55	45.15	34.36	49.47	37.23	50.22					
10-20	I	1	51.81	48.50	48.71	50.88	49.73	51.00	42.99	43.46					
10-20	I	2	48.94	48.01	46.98	49.55	52.35	51.50	41.97	43.57					
10-20	II	1	54.48	45.28	42.22	46.97	52.49	47.95	47.92	37.23					
10-20	II	2	48.35	42.25	42.97	46.82	51.99	50.10	41.68	48.92					
10-20	III	1	41.93	44.36	48.41	45.37	43.15	41.91	45.81	50.55					
10-20	III	2	45.46	45.17	48.18	44.89	44.95	46.30	40.45	43.10					
20-30	I	1	54.00	44.94	47.82	52.74	49.76	49.44	42.53	46.18					
20-30	I	2	49.99	34.23	54.21	51.60	50.56	44.95	43.47	45.65					
20-30	II	1	45.63	43.28	46.77	46.99	50.76	48.09	47.96	45.70					
20-30	II	2	47.93	50.34	47.54	47.01	51.02	49.84	51.49	44.10					
20-30	III	1	49.92	48.19	49.80	46.92	46.69	49.67	51.01	43.79					
20-30	III	2	42.94	46.23	49.22	46.02	47.07	44.39	45.84	41.85					
30-40	I	1	49.08	45.80	45.13	50.24	51.06	41.74	43.80	46.88					
30-40	I	2	46.15	45.98	48.18	52.01	51.44	50.62	45.37	47.47					
30-40	II	1	44.01	46.90	40.45	46.01	42.88	51.65	44.84	46.94					
30-40	II	2	48.79	44.00	46.99	51.01	47.45	50.28	52.20	46.65					
30-40	III	1	47.72	46.84	52.11	43.93	49.69	45.82	48.22	48.92					
30-40	III	2	46.95	47.44	50.72	42.67	43.26	56.53	42.71	48.99					

Apêndice 20. Dados brutos de umidade na tensão de 10 Kpa , em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho.

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS										manual	pousio
			tração animal				microtrator				4 passagens	3 passagens	2 passagens	4 gradagens
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens	4 passagens				
0-10	I	1	47.82	47.26	49.45	53.21	55.46	49.95	53.56	37.50				
0-10	I	2	42.97	47.25	49.81	47.62	59.26	52.61	54.38	42.39				
0-10	II	1	53.72	54.09	37.91	45.38	38.64	56.35	41.22	36.24				
0-10	II	2	39.99	44.15	42.61	48.97	44.88	56.67	38.25	34.41				
0-10	III	1	41.32	44.67	52.26	43.25	57.36	52.12	36.93	52.34				
0-10	III	2	48.11	47.09	49.88	44.08	32.40	48.95	34.33	47.69				
10-20	I	1	51.35	47.73	47.96	50.22	49.33	49.30	40.77	42.33				
10-20	I	2	48.52	47.42	46.20	49.33	51.69	50.18	41.70	42.07				
10-20	II	1	54.09	44.34	41.59	46.09	51.85	47.33	45.47	35.23				
10-20	II	2	48.02	41.53	41.87	45.40	51.29	49.30	40.97	48.28				
10-20	III	1	39.96	42.69	47.49	44.90	42.50	40.50	45.10	49.79				
10-20	III	2	43.14	44.46	47.55	44.20	44.54	45.72	37.57	41.91				
20-30	I	1	50.52	44.56	47.66	51.56	49.36	48.48	42.09	45.64				
20-30	I	2	43.36	33.64	53.61	51.25	49.83	42.96	42.47	43.79				
20-30	II	1	44.98	40.97	45.73	46.00	49.90	47.52	47.32	43.49				
20-30	II	2	47.45	49.12	46.92	46.30	50.21	49.50	51.24	43.38				
20-30	III	1	37.89	44.52	49.27	45.54	46.18	49.32	49.90	42.77				
20-30	III	2	40.82	45.86	48.63	44.34	45.30	43.55	42.90	41.12				
30-40	I	1	48.71	45.22	44.77	49.68	50.68	40.29	39.58	45.68				
30-40	I	2	44.89	45.45	47.79	51.67	50.98	49.77	44.07	45.99				
30-40	II	1	43.01	45.93	39.34	44.90	42.55	51.17	44.10	46.10				
30-40	II	2	48.34	43.35	45.49	49.90	46.06	49.71	51.91	45.80				
30-40	III	1	46.13	44.04	51.39	43.00	48.86	44.99	47.21	47.46				
30-40	III	2	44.99	46.68	49.96	41.76	42.55	55.30	40.69	47.86				

Apêndice 21. Dados brutos de umidade na tensão de 30 Kpa , em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho.

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS												manual	pousio
			tração animal				microtrator									
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens		
0-10	I	1	45.85	40.93	46.67	49.20	52.30	48.81	48.93	35.79						
0-10	I	2	40.96	44.82	47.19	45.61	53.06	49.41	50.24	40.69						
0-10	II	1	51.19	50.25	35.65	43.06	36.98	50.50	38.61	35.19						
0-10	II	2	38.38	41.76	41.08	46.25	41.40	50.99	34.75	32.55						
0-10	III	1	37.40	40.86	49.96	41.01	52.68	48.23	35.02	49.77						
0-10	III	2	44.37	44.62	46.27	40.68	30.12	44.77	35.23	45.67						
10-20	I	1	49.06	45.98	45.72	47.18	46.21	47.52	38.75	37.61						
10-20	I	2	46.17	45.74	42.62	46.75	48.07	49.92	39.17	41.42						
10-20	II	1	51.24	42.17	39.65	43.50	49.16	44.44	45.09	34.23						
10-20	II	2	46.51	38.68	39.72	42.83	49.13	46.86	39.16	46.45						
10-20	III	1	38.45	40.26	45.07	43.15	40.92	36.86	41.41	47.86						
10-20	III	2	42.45	42.35	45.35	43.63	43.14	42.11	39.44	39.55						
20-30	I	1	48.42	42.36	45.15	49.01	47.33	45.69	39.76	43.33						
20-30	I	2	40.80	32.06	49.66	49.95	47.53	41.49	41.25	42.82						
20-30	II	1	42.70	40.10	43.33	44.29	46.28	45.23	45.84	39.47						
20-30	II	2	45.38	45.95	44.42	44.47	46.67	47.54	49.11	40.47						
20-30	III	1	40.57	42.31	46.74	44.08	43.58	46.05	48.99	40.82						
20-30	III	2	40.77	44.00	45.86	43.81	42.55	41.20	42.24	38.90						
30-40	I	1	45.98	43.02	42.23	46.17	47.94	38.40	37.57	44.50						
30-40	I	2	41.96	43.91	44.77	49.01	48.53	46.24	41.79	44.54						
30-40	II	1	39.90	43.09	37.57	42.59	40.23	47.85	41.61	43.76						
30-40	II	2	45.43	41.05	41.89	48.99	43.96	47.38	49.49	43.38						
30-40	III	1	45.05	44.06	49.35	41.10	46.75	42.25	44.95	44.71						
30-40	III	2	43.94	44.41	45.87	40.61	40.50	54.70	40.23	43.79						

Apêndice 22. Dados brutos de umidade na tensão de 100 Kpa , em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho.

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS										manual	pousio
			tração animal		microtrator									
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens						
0-10	I	1	42.26	34.29	44.71	45.99	45.46	44.54	43.01	33.93				
0-10	I	2	39.00	42.09	43.72	41.58	47.34	41.12	42.91	38.34				
0-10	II	1	46.62	43.85	31.90	40.48	32.89	44.09	35.81	30.10				
0-10	II	2	38.13	38.67	38.02	43.16	36.42	43.72	31.42	29.53				
0-10	III	1	34.27	37.63	45.07	35.23	46.40	44.20	29.84	45.42				
0-10	III	2	41.62	41.45	43.32	35.26	26.46	42.38	31.32	41.74				
10-20	I	1	44.50	42.84	42.70	44.12	43.91	40.52	36.73	36.06				
10-20	I	2	44.10	43.09	41.21	44.29	45.78	45.94	37.36	37.90				
10-20	II	1	49.25	39.55	34.87	40.27	46.61	42.46	43.42	31.32				
10-20	II	2	44.28	35.18	35.74	39.09	45.38	43.96	36.92	43.21				
10-20	III	1	32.52	37.51	42.08	39.06	38.77	33.18	37.14	44.13				
10-20	III	2	41.93	39.76	43.26	40.49	41.09	40.67	35.67	37.03				
20-30	I	1	45.76	40.08	42.83	45.88	44.31	38.48	37.36	38.09				
20-30	I	2	37.68	29.97	46.26	46.09	43.62	33.75	38.47	40.71				
20-30	II	1	39.64	33.52	40.67	41.96	43.10	42.24	42.04	34.91				
20-30	II	2	42.49	40.93	41.28	42.07	44.22	44.95	47.03	36.08				
20-30	III	1	32.93	39.64	44.19	39.14	41.03	44.23	47.80	38.53				
20-30	III	2	34.54	42.07	43.04	35.86	38.89	36.73	35.21	36.38				
30-40	I	1	44.18	40.29	39.72	44.11	45.52	34.24	35.89	38.95				
30-40	I	2	39.98	41.78	42.67	45.98	45.38	42.77	38.71	38.60				
30-40	II	1	35.97	39.23	35.67	39.75	36.77	44.70	38.11	41.02				
30-40	II	2	43.27	38.21	37.81	47.80	37.75	43.91	47.71	40.65				
30-40	III	1	39.66	41.76	46.13	34.56	44.08	39.11	38.68	41.11				
30-40	III	2	42.78	40.97	44.76	34.69	37.72	46.60	33.11	39.01				

Apêndice 23. Dados brutos de umidade na tensão de 1500 Kpa , em vol. %, utilizados nas análises efetuadas neste trabalho.

Profundidade (cm)	Bloco	Repetição	TRATAMENTOS										manual	pousio
			tração animal		microtrator									
			2 gradagens	3 gradagens	4 gradagens	2 passagens	3 passagens	4 passagens						
0-10	I	1	18.87	18.06	27.39	17.78	14.93	18.91	15.61	17.48				
0-10	I	2	26.45	16.80	30.09	17.19	14.46	19.75	14.18	13.67				
0-10	II	1	22.85	14.36	21.75	22.05	18.68	14.40	24.07	14.76				
0-10	II	2	19.26	15.32	23.12	20.59	18.46	14.18	13.15	15.51				
0-10	III	1	18.91	17.83	21.85	26.28	14.67	16.91	24.45	19.37				
0-10	III	2	16.25	18.17	22.17	27.11	22.24	17.95	25.45	16.48				
10-20	I	1	21.24	22.59	27.76	21.99	24.55	22.97	23.38	25.70				
10-20	I	2	23.39	23.02	28.21	22.41	25.01	24.05	23.62	26.67				
10-20	II	1	28.25	22.93	25.58	23.70	21.43	22.40	27.50	25.45				
10-20	II	2	29.11	23.69	25.66	23.78	20.69	20.35	26.94	26.51				
10-20	III	1	23.47	24.13	26.37	31.03	25.23	28.12	27.00	25.41				
10-20	III	2	27.02	23.97	26.22	30.99	26.43	26.01	31.53	23.61				
20-30	I	1	26.66	28.63	32.55	27.05	27.41	29.14	26.39	28.19				
20-30	I	2	28.33	30.72	21.19	27.03	29.20	27.12	24.86	29.73				
20-30	II	1	26.25	29.89	30.03	27.38	23.10	24.80	25.98	27.95				
20-30	II	2	23.52	29.21	29.44	27.33	22.73	30.25	38.38	28.81				
20-30	III	1	26.94	23.90	27.70	31.78	28.44	30.65	26.54	25.09				
20-30	III	2	27.23	24.08	28.18	32.50	28.10	28.39	27.92	26.92				
30-40	I	1	29.97	34.74	30.46	26.18	19.19	28.53	27.40	26.26				
30-40	I	2	32.53	32.48	30.13	25.01	11.01	29.18	27.70	25.04				
30-40	II	1	22.03	19.07	31.53	28.71	24.82	25.82	30.55	31.76				
30-40	II	2	21.29	18.54	30.67	26.54	24.83	26.20	29.29	29.98				
30-40	III	1	28.76	28.41	34.86	33.15	30.96	31.04	30.92	28.03				
30-40	III	2	28.46	28.20	34.29	33.31	30.49	20.89	30.02	24.95				