

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UM GLEISSOLO DO RIO GUAMÁ SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO¹

Elessandra Laura da Silva NOGUEIRA²

Antonio Rodrigues FERNANDES³

Maria de Lourdes Pinheiro RUIVO⁴

Tarcísio Ewerton RODRIGUES⁵

Max Adolphe SARRAZIN⁶

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar o impacto do uso agrícola e pastoril sobre os atributos físicos de um solo de várzea alta. O estudo foi realizado em Belém, em um Gleissolo à margem direita e esquerda do rio Guamá. Foram coletadas amostras de solos deformadas e indeformadas, antes do período chuvoso em três sistemas de uso do solo: área com cultura anual arroz (*Oriza sativa* L.) – área cultivada há, aproximadamente, 40 anos, com algumas interrupções ao longo deste período, e algumas vezes o cultivo foi mecanizado, com uso de aração e gradagem; área sob pastagem de canarana erecta lisa (*Echinochloa pyramidalis* Hitch.) – a pastagem foi formada há cerca de 20 anos sem uso de adubações ou calagens e área sob vegetação natural - floresta típica das áreas de várzea alta. As amostras indeformadas e deformadas foram coletadas em dez pontos a partir de uma transecção nas áreas, em quatro profundidades 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4, com dez repetições. A maior porosidade total encontrada foi na camada superficial, juntamente com os menores valores de Ds, em todos os sistemas de manejo estudados. Houve uma compactação na camada de 10-20 cm na área com pastagem e na camada de 30-40 na área com arroz. A implantação de pasto e arroz provocou alterações mínimas nos atributos físicos do Gleissolo, em comparação à vegetação natural.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Solos de Várzea, Compactação, Manejo do Solo, Solo Hidromórfico, Física do Solo.

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF A GLEYSOL FROM GUAMA RIVER UNDER DIFFERENTS SYSTEMS OF USE.

ABSTRACT: The experiment was made in Belem on a gley soil collected from the right and left margin of Guamá's river. A randomized experimental design with treatments arranged in a 3 (soil management systems) X 4 (depth of soil samples) factorial with ten replicates was used. Deformed

¹ Aprovado para publicação em 17.08.2004

Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

² Engenheira Agrônoma, Bolsista DTI/LBA/CNPq/MPEG

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Adjunto da UFRA. Departamento de Ciência do Solo. E-mail: arfernand@ufra.edu.br

⁴ Geóloga, Dra., Coordenação de Ciências da Terra e Ecologia. Museu Paraense Emílio Goeldi.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental.

⁶ Assistente de Engenharia, Institut de Recherches pour Développement – IRD.

and non-deformed soil samples were transection collected in the depths of 0 – 10cm, 10 – 20cm, 20 – 30cm and 30 – 40 cm before the rainy season in all soil management systems. The management systems used were: 1. area cultivated with rice (*Oriza sativa* L.) for approximately 40 years, with some interruptions during this season (SM1). Sometimes the crop was mechanized using plowing and harrow; 2. area under pasture of canarana (*Echinochloa pyramidalis* Hitch for approximately 20 years without fertilizers and liming (SM2); 3. area under natural vegetation (SM3) representative of forest from wetlands areas. Higher total porosity and smaller soil bulk density were found in the superficial layer of soil in all management systems. Soil compaction was observed in the sample collected at 0 – 20cm depth in the pasture area and in the depth of 30 – 40cm in the rice cropped area. The pasture and rice management systems did not change the physical properties of the soil as compared with the natural vegetation area.

INDEX TERMS: Soil Lowland, Compaction, Soil Management, Soil Hydromorphic, Soil Physical.

1 INTRODUÇÃO

A importância da utilização racional dos solos de várzeas surge como uma das alternativas viáveis para aumentar a produção agrícola brasileira, a fim de atender à crescente demanda de alimentos. Alguns desses solos apresentam um grande potencial para cultivo durante o ano todo, dependendo da sua devida sistematização, o que permite também o cultivo de várias culturas.

O uso do solo para agricultura causa modificações nos seus atributos naturais, dentre eles destacam-se as propriedades físicas, sendo que grandes variações ocorrem em solos tropicais, principalmente mudanças no estado de agregação, com efeito na densidade do solo, porosidade e aeração (BAENA; DUTRA, 1981; 1982).

A formação das várzeas deve-se a um processo de adição recente de sedimentos ocasionado pelo regime das águas, onde estes materiais vão se depositando por ordem de peso e tamanho. As partículas maiores e mais pesadas se depositam na

faixa próxima as margens (várzea alta), as mais finas sedimentam logo em seguida (várzea baixa) e as partículas finíssimas são transportadas para o interior (igapó), sendo que estas diferenças refletem as propriedades do solo (LIMA; TOURINHO, 1996).

Os solos de várzeas do rio Guamá, por apresentarem composição granulométrica com mais de 90% de partículas finas (silte e argila), carecem de um manejo especial para que não haja degradação dos atributos físicos e conseqüente comprometimento do desenvolvimento do sistema radicular, da aeração, da absorção de água e de nutrientes e da atividade biológica do solo.

Portanto, para se ter uma agricultura sustentável, é importante conhecer e monitorar as respostas do solo aos diferentes usos agrícolas. O conhecimento destas variações no solo constitui um importante passo para que se possa indicar um manejo mais adequado e contornar possíveis limitações advindas de sua utilização. Os efeitos do manejo agrícola sobre atributos

físicos do solo são muito importantes, por determinarem o funcionamento químico e biológico do solo.

Pela importância territorial que as várzeas apresentam no contexto da dimensão física da Amazônia, uma área de, aproximadamente, 25 milhões de hectares de terras irrigáveis (RODRIGUES; OLIVEIRA, 1996), para a expansão da fronteira agrícola, se faz necessário o uso racional desses solos.

Visando a sustentabilidade dos agroecossistemas, este estudo teve como objetivo verificar as alterações em alguns atributos físicos de um Gleissolo de várzea alta sob diferentes formas de uso e profundidades.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo fica localizada em Belém (PA), nas margens do rio Guamá no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), e na Fazenda Ilha Grande, que se encontram à margem direita e esquerda deste rio, respectivamente. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Af_i que corresponde a climas tropicais úmidos, sem estação fria e com temperatura média do mês menos quente acima de 18°C, onde a menor precipitação mensal é sempre superior a 60 mm e o total pluviométrico é geralmente superior a 2 000 mm (BASTOS, 1972, 1982).

Foram coletadas amostras de solos em várzea alta, antes do período chuvoso em três sistemas de uso do solo, nas coordenadas

geográficas: área com cultura anual arroz (*Oriza sativa* L.) (SM1) 1° 27' 51,24" de latitude Sul e 48° 26' 2,22" de longitude Oeste de Greenwich – vem sendo cultivado há, aproximadamente, 40 anos, com algumas interrupções ao longo deste período, em área onde algumas vezes o cultivo foi mecanizado, com uso de aração e gradagem; área sob pastagem de canarana erecta lisa (*Echinochloa pyramidalis* Hitch.) (SM2) 1° 28' 30,9" S e 48° 23' 27,13" O – a pastagem foi formada há cerca de 20 anos sem uso de adubações ou calagens e área sob vegetação natural (SM3) 1° 27' 54,54" S e 48° 26' 7,26" O – floresta típica das áreas de várzea alta.

Coletaram-se amostras indeformadas e deformadas em dez pontos a partir de uma transecção nas áreas, em quatro profundidades 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3x4 (3 sistemas de uso do solo e 4 profundidades), com dez repetições. Depois de secas ao ar, as amostras deformadas foram passadas em peneiras com malha de 2 mm, para determinação da textura e densidade das partículas. As amostras indeformadas foram coletadas utilizando-se anéis volumétricos de 100cm³, para determinação da porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo. As análises foram feitas no Laboratório de Física do Solo, no Departamento de Ciência do Solo da UFRA, utilizando a metodologia da Embrapa. Cnps, (1997).

O solo da área, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA. CNPS, 1999), é um Gleissolo Háptico eutrófico de argila de atividade baixa, que compreende solos minerais, hidromórficos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte glei.

A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta segundo Embrapa. Cnps (1997), adicionando-se hidróxido de sódio (NaOH) 1 N, como dispersante químico. Para a densidade do solo (Ds) foi utilizado o método do anel volumétrico, segundo Blake (1965), e a densidade das partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico.

A porosidade total (PT) foi determinada pela fórmula $PT = (1 - D_s / D_p) * 100$. A microporosidade foi determinada pelo método da mesa de tensão, ajustando-se a altura da coluna de água para -60 cm para se obter uma tensão de 0,006 MPa (EMBRAPA; CNPS, 1997). A macroporosidade foi determinada por diferença entre porosidade total e a microporosidade.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SANEST (ZONTA; MACHADO, 1991).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição granulométrica dos três solos sob os diferentes sistemas de manejo estudados é apresentada na Tabela 1. A textura é predominantemente siltosa até a profundidade de 40 cm. Trabalhos de outros autores também têm demonstrado a ocorrência de solos siltosos em diferentes várzeas da Região Amazônica (PIMENTEL, 1991; FERREIRA et al., 1998; MATTAR; VIEIRA; SILVA, 2002).

Os teores de silte variaram de 551,91 g kg⁻¹ a 764,88 g kg⁻¹, enquanto os de areia variaram de 4,38 g kg⁻¹ a 14,63 g kg⁻¹ nas diferentes profundidades estudadas. Serra-Freire et al. (1992), em estudo feito, também, em solos do rio Guamá, encontraram elevados teores de silte variando entre 580 g kg⁻¹ e 730 g kg⁻¹ no perfil. Observaram também valores de areia entre 0 e 90 g kg⁻¹, sendo que os valores mais altos se encontravam nos horizontes inferiores.

Conforme apresentado na Tabela 2, a área sob pastagem apresentou uma textura mais argilosa desde a camada superficial para as subsuperficiais, devendo ser decorrente da posição geográfica onde se encontra, levando a deposição de sedimentos mais finos, influenciado de forma diferente pelo regime das marés, com maior deposição de sedimentos argilosos, que nas demais áreas de estudo.

Tabela 1 – Valores médios de areia grossa, areia fina, silte e argila de um Gleissolo do Rio Guamá cultivado com arroz (SM1), com pastagem (SM2) e sob vegetação natural (SM3), em diferentes profundidades.

Sistema de Manejo	Areia		Silte	Argila	Classe textural
	Grossa	Fina			
	g kg ⁻¹				
	0 – 10 cm				
SM1	1,12	5,57	751,37	241,94	Franco-siltoso
SM2	1,38	3,38	681,83	313,41	Franco-argilo-siltoso
SM3	0,39	4,10	749,33	246,30	Franco-siltoso
	10 – 20cm				
SM1	0,98	64	764,88	220,49	Franco-siltoso
SM2	1,18	4,42	602,21	392,18	Franco-argilo-siltoso
SM3	1,27	8,87	735,25	254,61	Franco-siltoso
	20 – 30 cm				
SM1	1,31	4,93	663,10	330,32	Franco-argilo-siltoso
SM2	1,81	3,52	574,54	419,79	Argila-siltosa
SM3	2,54	6,53	757,27	233,66	Franco-siltoso
	30 – 40 cm				
SM1	2,84	11,05	642,44	343,66	Franco-argilo-siltoso
SM2	4,40	9,98	551,91	433,72	Argila-siltosa
SM3	2,78	7,99	744,75	244,48	Franco-siltoso

Tabela 2 – Valores médios da análise granulométrica de um Gleissolo do rio Guamá cultivado com arroz (SM1), com pastagem (SM2) e sob vegetação natural (SM3), considerando uma profundidade de 0-40 cm.

Sistema de Manejo	Areia		Silte	Argila	Classe textural
	Grossa	Fina			
	g kg ⁻¹				
SM1	1,56a	8,81a	705,45b	284,10b	Franco-siltoso
SM2	2,21a	6,84ab	602,62c	389,77a	Franco-argilo-siltoso
SM3	1,75a	5,33b	746,65a	244,76c	Franco-argilo-siltoso

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Considerando as profundidades estudadas independente do sistema de uso do solo, os valores de areia grossa tenderam a aumentar em profundidade, juntamente com a areia fina. Este fato pode estar relacionado a uma maior formação de concreções ferruginosas nas camadas mais profundas do solo e que na prática ficaram retidas na peneira e foram quantificadas na fração areia, o que resultou num menor conteúdo de ferro naquelas camadas (NOGUEIRA, 2003). Para as frações silte e argila houve um decréscimo e acréscimo, respectivamente, o que tornou este solo mais argiloso na camada mais profunda (Tabela 3), o que está de acordo com resultados obtidos por Carvalho (1994).

A porosidade total nos três sistemas de manejo apresentou-se com valores oscilando entre 47,26 a 57,87%, sendo que as menores porosidades correspondem às maiores densidades do solo, nas camadas mais inferiores (Tabela 4), o que também foi constatado por Pimentel e Chaves (1993) em trabalho feito em Gleissolo de Monte Alegre (PA).

A porosidade total foi mais alta nos horizontes superficiais concordando com Klar (1984) que diz: “a profundidade é negativamente correlacionada com os espaços porosos”. A maior porosidade na camada superficial é decorrente da maior concentração de raízes que confere ao solo melhor agregação e estruturação.

Considerando todas as profundidades estudadas, observou-se que a porosidade diminuiu ao longo do perfil, conseqüentemente verificou-se um aumento da densidade do solo nas camadas mais profundas, em todos os sistemas de uso, exceto na área cultivada com arroz, onde o aumento ocorreu até a camada de 10–20 cm (Tabela 4).

Os valores de densidade do solo (D_s) encontrados nos três sistemas de manejo estão de acordo com os definidos por Brady (1989) de 1,00 a 1,60 $g\ cm^{-3}$ para solos com textura franco-siltoso, argilo-siltoso e solos argilosos. Sendo que neste trabalho ficou em torno de 1,07 a 1,42 $g\ cm^{-3}$ (Tabela 4).

Tabela 3 – Valores médios para quatro profundidades da análise textural de um Gleissolo do rio Guamá submetido a diferentes sistemas de uso.

Sistema de Manejo	Areia		Silte	Argila	Classe textural
	Grossa	Fina			
	$g\ kg^{-1}$				
0-10 cm	0,97b	4,31b	727,51a	267,21c	Franco-siltoso
10-20 cm	1,15b	8,98a	700,78ab	289,09bc	Franco-siltoso
20-30 cm	1,89a	5,10b	664,97bc	327,92ab	Franco-argilo-siltoso
30-40 cm	3,34a	9,67a	646,37c	340,62a	Franco-argilo-siltoso

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Valores médios de porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e densidade das partículas de um Gleissolo do rio Guamá cultivado com arroz (SM1), com pastagem (SM2) e sob vegetação natural (SM3), em diferentes profundidades.

Sistema de manejo	Porosidade			Densidade	
	Total ----- % -----	Macro ----- % -----	Micro ----- % -----	Ds ----- g cm ⁻³ -----	Dp ----- g cm ⁻³ -----
0 – 10 cm					
SM1	57,32 aA	12,47 aA	44,85 bA	1,14 aC	2,66aA
SM2	56,35 aA	7,24 bB	49,11 aA	1,13 aB	2,60aA
SM3	57,87 aA	11,26 aA	46,61 bA	1,07 aC	2,56aA
10 – 20 cm					
SM1	56,10 aA	11,56 aA	44,54 bA	1,16 cC	2,64aA
SM2	50,12 c	3,37 cC	46,75aB	1,32 aA	2,64aA
SM3	52,74 bB	7,16 bB	45,58 abA	1,24 bB	2,61aA
20 – 30 cm					
SM1	52,39aB	7,91aA	44,48bA	1,29aB	2,71aA
SM2	51,09abB	2,96cC	48,13aA	1,30aA	2,64aA
SM3	49,38bC	5,14bB	44,24bB	1,33aA	2,63aA
30 – 40 cm					
SM1	47,26bC	4,13aA	43,13bA	1,42aA	2,70aA
SM2	51,49aB	2,95aA	48,54aA	1,30bA	2,67aA
SM3	47,30bC	3,07aA	44,23bB	1,37aA	2,62aA

Letras minúsculas comparam os sistemas de manejo e maiúsculas comparam as profundidades no sistema de manejo pelo teste de Duncan a 5%.

Para os valores mais baixos de densidade do solo encontrados na camada superficial para os três sistemas de uso do solo, os quais não diferiram estatisticamente, atribuí-se um teor mais elevado de matéria orgânica, promovendo melhor agregação (BUCKMAN; BRADY, 1967; KIEHL, 1979).

Carvalho (1994), em estudo realizado em várzeas do rio Guamá, observou valores baixos de densidade do solo, variando entre

0,78 a 1,16 g cm⁻³ nas camadas de 0–10 e 30–40 cm, respectivamente, podendo ser decorrente da maior porosidade total (67 a 53%) encontrada e maior concentração de matéria orgânica na camada superficial (85,80 g kg⁻¹). No presente trabalho observou-se maior densidade do solo com 1,07 a 1,42 g cm⁻³, em conseqüência da menor porosidade total (57 a 47%) e do menor conteúdo de matéria orgânica (54,95 g kg⁻¹).

Aos maiores valores de Ds encontrados neste trabalho, em comparação com os constatados por Carvalho (1994) pode ser atribuídos às maiores concentrações de silte observadas nos solos deste estudo, pois esta fração mineral tem maior poder de encrostamento (TOMÉ Jr, 1997) e a porosidade total menor, a qual indica maior adensamento das partículas no solo.

Os valores de densidade do solo aumentaram com a profundidade, nos três sistemas de uso do solo. A área cultivada com arroz apresentou maior valor numérico de Ds com $1,42 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 30–40 cm, porém não diferiu estatisticamente da área sob vegetação natural. Tal fato deve ser decorrente do preparo do solo com o uso de máquinas agrícolas na área cultivada com arroz, ocasionando maior grau de compactação. O aumento da Ds em profundidade se faz também pelo do peso das camadas superiores e diminuição da matéria orgânica.

Na camada de 10–20 cm ocorreu maior compactação do solo na área sob pastagem, decorrente do pisoteio do gado na camada superficial compactando a subsequente, ocorrendo diferença significativa entre os sistemas, cujos valores corresponderam a $1,32 \text{ g cm}^{-3}$, $1,24 \text{ g cm}^{-3}$ e a $1,16 \text{ g cm}^{-3}$ no sistema cultivado com pastagem, no com vegetação natural e no cultivado com arroz, respectivamente.

Pimentel (1991), estudando um Gleissolo de Monte Alegre (PA) sob vegetação natural, antes da instalação do experimento observou uma densidade do solo na camada superficial no valor de $1,21 \text{ g cm}^{-3}$, sendo maior que a encontrada neste trabalho, que foi de $1,07 \text{ g cm}^{-3}$, devendo ser decorrente da maior porosidade total encontrada.

A área com vegetação natural se apresentou com menor valor numérico de densidade do solo na profundidade de 0–10 cm, diferindo da área sob pastagem, apresentando, também, o maior número de poros, o que é atribuído a maior quantidade de raízes na camada superficial, que contribui para dar uma condição de friável e porosa que, em decorrência, reduz os valores de densidade do solo (BUCKMAN; BRADY, 1967; BRADY, 1989).

A densidade das partículas não apresentou variação marcante ao longo do perfil entre os sistemas de manejos estudados (Tabela 4).

Observa-se na Figura 1, que sob o uso contínuo com cultivo de arroz formou-se uma camada compacta na profundidade de 30–40 cm. Enquanto que para a área com pasto houve uma maior compactação na camada de 10–20 cm, não diferindo das demais, o que se deve a maior microporosidade proporcionada pelo maior teor de argila.

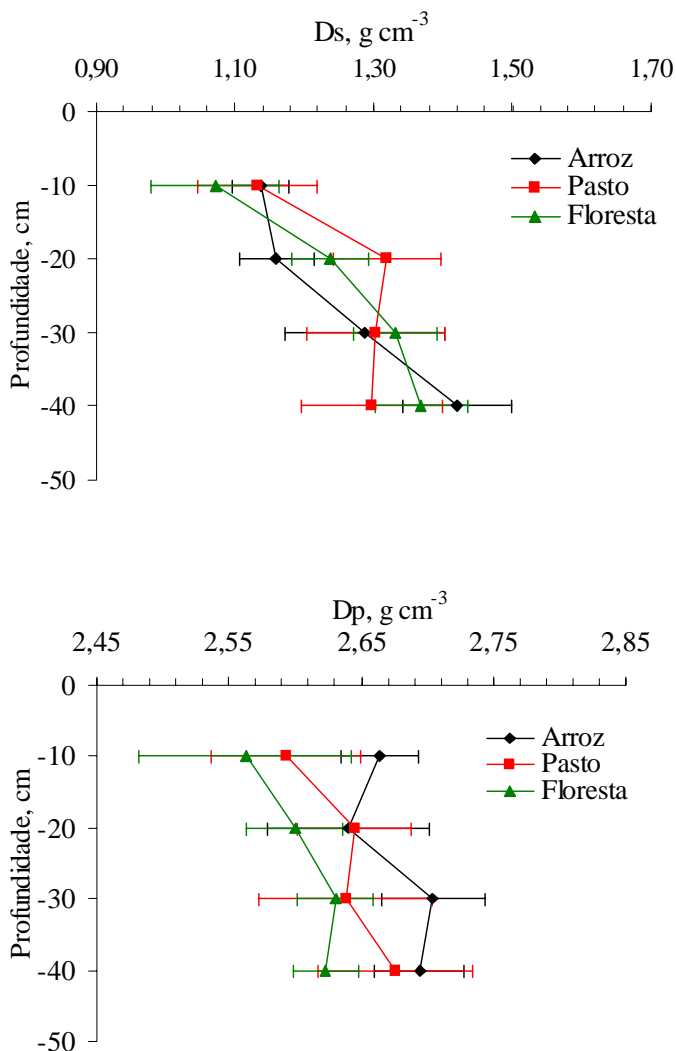


Figura 1 – Densidade do solo (Ds) e densidade das partículas (Dp) (média e desvio padrão) de um Gleissolo do rio Guamá cultivado com arroz, com pastagem e sob vegetação natural, em diferentes profundidades.

Para os resultados médios observados (Tabela 5) considerando uma profundidade de 0-40 cm não ocorreram diferenças significativas para porosidade total e densidade do solo nos sistemas de manejo

estudados. Apesar da macro e microporosidade terem apresentado valores maiores nas áreas de arroz e pasto, respectivamente, não influenciaram na densidade do solo.

Tabela 5 – Valores médios para porosidade total, macroporosidade, microporosidade, densidade do solo e densidade das partículas de um Gleissolo do rio Guamá cultivado com arroz (SM1), com pastagem (SM2) e sob vegetação natural (SM3), considerando uma profundidade de 0-40 cm.

Sistema de manejo	Porosidade			Densidade	
	Total	Macro %	Micro	Ds	Dp
	----- % -----			----- g cm ⁻³ -----	
SM1	53,27a	9,02a	44,25b	1,25a	2,68a
SM2	52,26ab	4,13c	48,13 ^a	1,26a	2,64b
SM3	51,88b	6,66b	45,17b	1,25a	2,60c

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan a 5%.

4 CONCLUSÃO

A maior porosidade total encontrada foi na camada superficial, juntamente com os menores valores de Ds, em todos os sistemas de manejo estudados.

Houve uma compactação na profundidade de 10–20 cm na área com pastagem e na profundidade de 30–40 na área com arroz.

A implantação de pasto e arroz provocou alterações nos atributos físicos do Gleissolo, em comparação à vegetação natural.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAENA, Antônio Ronaldo Camacho; DUTRA, Saturnino. *Propriedades físicas de solo submetidos a diferentes sistemas de cultivo*. Belém: Embrapa-CPATU, 1981. 23p. (Boletim de Pesquisa, 30).

BAENA, Antônio Ronaldo Camacho; DUTRA, Saturnino. *Propriedades físicas dos principais solos da Amazônia brasileira em condições naturais*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 28p. (Boletim de Pesquisa, 33).

BASTOS, T. X. *O clima da Amazônia brasileira segundo Koppen*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 4p.

———. *O estado atual do conhecimento das condições climáticas da Amazônia brasileira*. Belém: IPEAN, 1972. p 68-122.

BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLAKE, C.A. (Ed.) *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison: American Society of Agronomy, 1965. cap.30, p. 374-390.

BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7. ed. Rio de Janeiro: F. Bastos, 1989. 898p.

- BUCKMAN, Harry O.; BRADY, Nyle C. *Natureza e propriedades dos solos; compêndio universitário sobre edafologia*. Rio de Janeiro: USAID, 1967, c1960. 594p.
- CARVALHO, Eduardo Jorge Maklouf. *Efeito de sistemas de preparo sobre a matéria orgânica e algumas propriedades físicas em solos Glei Pouco Húmico da Amazônia Oriental*. 1994. 184p. Tese (Doutorado) – ESALQ, Piracicaba, 1994.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- . ———. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília, DF: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- FERREIRA, W. de A.; MODESTO JÚNIOR, M. de S.; BOTELHO, S. M.; MASCARENHAS, R.E.B. *Efeito da inundação sobre as propriedades de um glei pouco húmico de várzea do rio Guamá, nos municípios de Belém e Santa Isabel, PA*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. 23p. (Boletim de Pesquisa, 207).
- KIEHL, Edmar José. *Manual de edafologia: relações solo planta*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KLAR, Antonio Evaldo. *A água no sistema solo-planta-atmosfera*. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.
- LIMA, Rubens Rodrigues; TOURINHO, Manoel Malheiros. *Várzeas do rio Pará; principais características e possibilidades agropecuárias*. Belém: FCAP, 1996. 124p.
- MASCARENHAS, R.E.B.; MODESTO JÚNIOR, M. de S. *Plantas daninhas de várzea do rio Guamá/PA*. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1998. 52p. (Boletim de Pesquisa, 186).
- MATTAR, Roberta Maria V. Coutinho; VIEIRA, Lúcio Salgado; SILVA, George Rodrigues da. Efeito da inundação sobre o pH e a disponibilidade de fósforo, sódio, ferro e manganês em um Glei pouco Húmico coletado na várzea do rio Guamá, Belém/PA. *Revista de Ciências Agrárias*, Belém, n. 37, p. 113-121, 2002.
- NOGUEIRA, Elessandra L. da S. *Solos de várzeas do rio Guamá: caracterização física, química e biológica sob diferentes usos*. 2003. 78p. Dissertação (Mestrado) – UFRA, Belém, 2003.
- PIMENTEL, Gladys Beatriz Martinez. *Sistemas de manejo de um Gley Pouco Húmico do Médio Amazonas Paraense Monte-Alegre – Pará*. 1991. 70p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1991.
- ; CHAVES, Rui de Souza. Produtividade do caupi sob diferentes sistemas de manejo de um solo de várzea do Médio Amazonas Paraense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, n. 1, p. 135-138, 1993.

RODRIGUES, Tarcísio Everton;
OLIVEIRA, Raimundo Cosme de. Solos de várzeas da Amazônia: uso e potencialidade. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. *Palestras...* Manaus: Universidade do Amazonas, 1996. p.215-221.

SERRA-FREIRE, Ernesto Maués da;
GAMA, José Raimundo Natividade Ferreira,
MASCARENHAS, Raimundo Evandro Barbosa. Caracterização pedológico-fisiográfica dos solos das várzeas do rio Guamá. In: RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO DE PESQUISA AGROFLORESTAL DA AMAZÔNIA ORIENTAL 1991. Belém: EMBRAPA. CPATU, 1992. p. 41-42.

TOMÉ JÚNIOR, Juarez Barbosa. *Manual para interpretação de análise de solo*. Guaíba: Agropecuária, 1997. 270p.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. *Sistema de análise estatística para microcomputadores (SANEST)*. Pelotas: UFPel – Departamento de Matemática e Estatística, 1991. 101p.