

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SÂMIA PAIVA DE OLIVEIRA

QUALIDADE DO SOLO EM ARGISSOLO SOB PASTAGEM IRRIGADA

FORTALEZA
2011

SÂMIA PAIVA DE OLIVEIRA

QUALIDADE DO SOLO EM ARGISSOLO SOB PASTAGEM IRRIGADA

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, da Universidade Federal do Ceará - UFC, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Teógenes Senna de Oliveira

FORTALEZA
2011

SÂMIA PAIVA DE OLIVEIRA

QUALIDADE DO SOLO EM ARGISSOLO SOB PASTAGEM IRRIGADA

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Agronomia. Área de concentração em Solos e nutrição de plantas.

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Teógenes Senna de Oliveira – D. Sc. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Magno José Duarte Cândido - D. Sc.
Universidade Federal do Ceará

Dr. Olmar Baller Weber - Doutor
Embrapa Agroindústria Tropical

Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier – D. Sc.
Embrapa Mandioca e Fruticultura

Prof. Stoécio Malta Ferreira Maia – D. Sc.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo milagre da vida, por estar sempre presente em qualquer que seja o obstáculo a ser vencido e por conceder-me força para vencer mais um desafio.

À minha família, que nunca mediram esforços para a minha formação profissional e pessoal, por todo amor, apoio e compreensão, e por depositarem em mim suas melhores perspectivas. Pra vocês meu eterno e infinito amor e gratidão.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Ciências do Solo, pela oportunidade de realização deste curso e concretização desse trabalho.

Ao Professor Teógenes Senna de Oliveira, pela orientação, conselhos, carões e conversas. Pela credibilidade a mim confiada. Por sempre estar à disposição e me conceder uma excelente estrutura, fundamental para realização desse trabalho. Por sempre querer o melhor pra mim, e principalmente, pela valiosa amizade construída ao longo desses anos de convivência.

Ao Prof. Magno José Duarte Cândido, por ceder a área de estudo e me auxiliar sempre no que foi preciso.

Ao Dr. Olmar Baller Weber, pela paciência e boa vontade, pela concessão do Laboratório de Microbiologia na Embrapa e pelas sugestões que auxiliaram na elaboração desse trabalho.

Ao Dr. Francisco Alisson da Silva Xavier, que mesmo tendo ficado tão pouco tempo na UFC, me ajudou em parte dos experimentos e mesmo à distância, por sempre prontificar-se a me ajudar. Obrigada por sua valiosa contribuição nas análises estatísticas e orientações no laboratório.

Ao Dr. Stoécio Malta Ferreira Maia pelas contribuições valiosas e pela participação na banca examinadora.

Ao Dr. Adroaldo Rossetti, pela ajuda nas análises estatísticas e pelas conversas nas minhas visitas à Embrapa.

Ao Neef, pelo apoio e disponibilidade durante a realização do estudo.

Aos amigos do Laboratório de Manejo de Solos e da Salinha de Estudos, especialmente aos que me ajudaram nas análises.

À todos que me ajudaram nas coletas de solo: Rafaela, Robson, José Augusto, Tiago, Laíse, Ricardo, Herbenson e Belchior.

Ao Gabriel pelo companheirismo, carinho, apoio, estímulo, paciência e ajuda durante todo o curso de mestrado. Por sempre estar ao meu lado e me acolher quando foi necessário.

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, pelo apoio, e aos bolsistas de DCR que passaram por lá nesse intervalo: Cris, Jaedson, Dani e Adonai.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

Muito obrigada a todos!

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Teores (g kg^{-1}) de carbono orgânico total (COT), das frações ácidos fúlvicos (C-AF), ácidos húmicos (C-AH) e humina (C-H) e das relações: C-AH/C-AF, C-AF+C-AH/C-HUM e C-AF+C-AH/COT, de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nas colunas e minúsculas nas linhas pelos testes de Scott-Knott e Tukey respectivamente ($P < 0,05$). 25
- Figura 2.** Teores (g kg^{-1}) de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH_4^+), nitrato (N-NO_3^-), nitrogênio mineral (Nmineral), nitrogênio orgânico (Norgânico) e relações nitrogênio mineral/nitrogênio total (Nmin/NT) e nitrogênio orgânico/nitrogênio total (Norg/NT) de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nas colunas e minúsculas nas linhas pelos testes de Scott-Knott e Tukey respectivamente ($P < 0,05$). 28
- Figura 3.** C nos agregados e nas frações MOP-livre, MOPi e COAm (g C kg^{-1} solo) de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre tratamentos na mesma classe de agregados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). 30
- Figura 4.** População dos fungos micorrízicos arbusculares (N° de esporos kg^{-1} solo) dos gêneros Glomus, Acalospora e Escutelospora na profundidade de 0-10 cm em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nos tratamentos dentro de cada gênero pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). 34
- Figura 5.** Teores (g kg^{-1}) de extrato de lipídeos totais (ELT) nas classes de agregados estáveis, separados via seca, de 1,00-0,25 e 0,250-0,053 mm de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nos tratamentos dentro de cada classe e minúsculas nas classes dentro de cada tratamento pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). 35
- Figura 6.** Teores (mg g^{-1} solo seco) de glomalina nas classes de diâmetro de 36

agregados estáveis >2,0, 2,0-1,0, 1,0-0,5, 0,5,0,25, 0,25-0,105, 0,105-0,053 mm, separados via seca, de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras minúsculas diferem entre si nos tratamentos dentro de cada classe e maiúsculas nas classes dentro de cada tratamento pelos testes de Scott-Knott e Tukey ($P < 0,05$) respectivamente.

Figura 7. Curvas de retenção da água no solo (CRA) de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE.

40

Figura 8. Variação do conteúdo de água com a densidade do solo nos dos níveis críticos da capacidade de campo ($\psi = 0,1$ MPa), ponto de murcha permanente ($\psi = 1,5$ MPa), porosidade de aeração de 10% e resistência à penetração de 2,0 MPa em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE.

44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Propriedades químicas, físicas e densidade radicular nas áreas sob pastagem (P) e vegetação natural (VN) localizadas no Campus do Pici-UFC, Fortaleza-CE	17
Tabela 2.	C e N da biomassa microbiana, relação C_{mic}/COT e N_{mic}/NT , g C-CO ₂ kg ⁻¹ de solo, C-CO ₂ g kg ⁻¹ de solo/dia e qCO_2 de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nas colunas pelo teste Tukey ($P < 0,05$)	32
Tabela 3.	Porcentagem de agregados estáveis separados via seca em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE	37
Tabela 4.	Porosidade do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE	41
Tabela 5.	Valores médios dos parâmetros de ajuste da equação de van Genutchen (1980) e índice <i>S</i> nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE	42

SUMÁRIO

	pág
1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1. Descrição da área de estudo	15
2.2. Amostragem	18
2.3. Análises químicas	18
2.4. Análises microbiológicas	20
2.5. Análises físicas	21
2.6. Análises estatísticas	23
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1. Matéria Orgânica do Solo	24
3.2. Atributos microbiológicos	31
3.3. Estabilidade de agregados, glomalina e lipídeos	34
3.4. Atributos físicos	39
4. CONCLUSÃO	46
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

RESUMO

A conversão de florestas em pastagens pode ter um impacto sobre as propriedades e funções do solo, especialmente em condições irrigadas. Partindo da hipótese de que a conversão de área natural em área sob pastagem irrigada altera algumas propriedades do solo, objetivou-se avaliar propriedades químicas, físicas e microbiológicas indicadoras da qualidade do solo, em área sob pastagem, comparando-a com sua condição natural. Para tanto, foram analisados atributos químicos (compartimentos de carbono e nitrogênio no solo e lipídeos); microbiológicos (carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, respirometria, populações de fungos micorrízicos arbusculares e glomalina) e físicos (estabilidade de agregados, curva de retenção da água no solo, índice S, e IHO), em diferentes profundidades e classes de agregados, visando estabelecer ligações que possibilitassem identificar as alterações sofridas no solo. Observou-se de modo geral, que o manejo empregado está conseguindo manter a sustentabilidade do sistema. No entanto, deve-se ressaltar que características intrínsecas, como a textura do solo e densidade radicular das gramíneas, foram determinantes no comportamento de atributos selecionados, como por exemplo, estabilidade de agregados. Foram observadas alterações nos atributos estudados, principalmente na distribuição dos mesmos no perfil, promovendo o aumento dos compartimentos de carbono e nitrogênio do solo, além do teor de lipídeos. Os atributos microbiológicos não sofreram alterações significativas, indicando que a pastagem irrigada não influencia negativamente tais atributos. Quanto aos atributos físicos, como CRA, IHO e índice S, houve interferência de características intrínsecas, como por exemplo, a textura na determinação da qualidade do solo.

Palavras-chave: *Estrutura do solo, Matéria orgânica, Pastagem irrigada, Semiárido, Manejo de solo.*

ABSTRACT

The conversion of forests into pastures may have an impact on the properties and functions of the soil, especially in irrigated conditions. Assuming that the conversion of natural area within the area under irrigated pasture alters some soil properties, aimed to evaluate the chemical, physical and microbiological indicators of soil quality in pasture area, comparing it to its natural condition. To this end, analyzed the chemical (carbon pools and nitrogen in the soil and lipids); microbiological (carbon and microbial biomass nitrogen, respirometry, populations of arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin) and physical attributes (aggregate stability, water retention curve soil, *S* index and IHO) at different depths and aggregate classes, to establish connections that would enable to identify the changes that occurred in the soil. It was observed generally that the management employee is able to maintain the sustainability of the system. However, it should be noted that intrinsic characteristics such as soil texture and density of the grass root, were decisive in the behavior of selected attributes, such as aggregate stability. There were changes in the attributes studied, mainly in their distribution in the profile, promoting the increase of carbon pools and nitrogen from the soil, beyond the level of lipids. The microbiological attributes did not change significantly, indicating that the irrigated pasture does not adversely affect these attributes. The physical attributes, like CRA IHO and *S* index, the interference of characteristics, for example, in determining the texture of the soil.

Keywords: *Soil structure, Organic matter, Irrigated grass, Semi-arid, Soil management.*

1. INTRODUÇÃO

A irregularidade pluviométrica característica do Nordeste brasileiro demanda soluções específicas adequadas (SANTOS; RIBEIRO, 2002). Uma alternativa para a agricultura nessas condições é o uso da irrigação, contribuindo, sobretudo, para a expansão das fronteiras agrícolas (FRANÇA, 2001). A área sob agricultura irrigada cresce expressivamente no país, correspondendo a aproximadamente 4,4 milhões de hectares (IBGE 2006). O Brasil possui 172 milhões hectares ocupados com pastagens, correspondendo a cerca de 56% da área ocupada agricolamente (CRHB, 2009).

Ultimamente tem crescido a utilização da irrigação no intuito de aumentar a capacidade produtiva de biomassa de forrageiras tropicais (ALENCAR et al. 2009). No entanto, no Brasil, o uso da irrigação em áreas sob pastagens não tem sido feita de maneira adequada, podendo resultar em uma aplicação excessiva de água e possíveis prejuízos ao ambiente, consumo desnecessário de energia elétrica e de água, lixiviação de nutrientes e compactação do solo, repercutindo na diminuição da produção e vida útil da pastagem (ALENCAR et al. 2009). A susceptibilidade à degradação das pastagens é influenciada por uma série de fatores que inclui, além do uso e manejo da irrigação, as propriedades intrínsecas do solo, como textura e estrutura, as condições climáticas e as espécies de gramíneas utilizadas (MARTÍNEZ et al. 2004).

Após a conversão da vegetação natural em áreas agrícolas, o solo mostra alterações em seus atributos que são ainda dependentes do clima, tipo de cultura empregada e práticas de manejo adotadas (CÔRREA et al. 2009). De acordo com Santos; Ribeiro (2000), quando associadas ao uso da irrigação, essas alterações são mais acentuadas e ocorrem em menor intervalo de tempo. Sabe-se que a conversão da floresta em pastagens pode ter um impacto especial sobre as propriedades e funções do solo (ZUCCA et al. 2010).

Em ecossistemas sob pastagens, o solo pode ser considerado como um elemento determinante para o crescimento das gramíneas, uma vez que seus atributos físicos e químicos atuam diretamente no desenvolvimento das mesmas. O pisoteio dos animais ocasionado pelo pastejo pode afetar os atributos físicos do solo pela deformação de sua estrutura, mudanças na densidade e porosidade, influência na resistência mecânica à penetração e até provocar a compactação do solo. Por outro lado, o conteúdo orgânico pode melhorar a estabilidade dos agregados e ter relevância nos atributos químicos em solos tropicais (NETTO et al. 2009).

Têm-se dedicado atenção aos efeitos da irrigação na quantidade de matéria orgânica no solo e sua composição (SIMON et al. 2009). Além dessa prática, a conversão de áreas naturais em pastagens pode também exercer influência nos teores de MOS, que podem decrescer nos primeiros anos da implantação, e aumentar nos anos seguintes, até atingir valores semelhantes ou superiores aos existentes antes da conversão (SALIMON et al. 2007; ARAÚJO et al. 2011). Esses efeitos podem ser mais acentuados em condições tropicais, nos quais a dinâmica da matéria orgânica é relativamente acelerada.

Os estudos sobre usos e manejos que visam à manutenção ou recuperação dos estoques de C no solo são muito importantes na contribuição para sustentabilidade da produção e mitigação de problemas ambientais nessas condições (PORTUGAL, et al. 2008). Considerando que a matéria orgânica no solo (MOS) está correlacionada com a produtividade da cultura e aporte de resíduos (FOLLETT, 2001), a irrigação pode aumentar os estoques de matéria orgânica no solo. Além disso, esse aumento pode estar relacionado às entradas de fertilizantes, o manejo empregado nas espécies cultivadas e as taxas de lotação de animais (OSHER et al. 2003), tendo em vista sua sensibilidade às modificações que ocorrem no solo, podendo ser relacionada com inúmeras propriedades físicas, químicas e biológicas (REICHERT et al. 2003). A MOS pode, então, ser um eficiente indicador de qualidade do solo, aliada a avaliação de seus compartimentos ou substâncias relacionadas (BAYER et al. 2001; 2002).

Além da MOS, a avaliação de atributos microbiológicos pode funcionar como possíveis indicadores de alterações nos solos, uma vez que os mesmo participam nos processos-chave nos ecossistemas, como mineralização, imobilização e ciclagem de nutrientes (KASCHUK et al. 2011), assim como a utilização de estudos envolvendo qualidade física e estrutural, que por sua vez, influenciam no crescimento e desenvolvimento das raízes das plantas (SILVA et al. 2008).

É comum utilizar de áreas sob vegetação natural como um referencial para a avaliação de solos manejados, uma vez que a variação nos atributos do solo é muito menor (CÔRREA et al. 2009). Islam; Weil (2000) propuseram a utilização de dados das características físicas, químicas e biológicas, coletados em solo de uma área de floresta natural não perturbada, como referência para avaliação da qualidade do solo. Essas avaliações se tornam ferramentas úteis para avaliar os efeitos no uso da terra (DINESH et al. 2004). No entanto, nem todas as propriedades do solo são boas indicadoras de

como eles podem variar com o tipo de vegetação, classe de solo e manejo da terra (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001).

Nesse contexto, partindo da hipótese de que a conversão de área natural em área sob pastagem irrigada altera algumas propriedades do solo, objetivou-se avaliar propriedades químicas, físicas e microbiológicas indicadoras da qualidade do solo, em área sob pastagem, comparando-a com sua condição natural.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo

A área escolhida para este estudo está localizada na unidade experimental do Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura (NEEF) (3°44'32" S e 38°34'39" N) no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, situada no município de Fortaleza (CE). O clima da região é Aw'i, segundo a classificação de Köppen, caracterizando-se como tropical chuvoso com precipitações de verão e temperatura do mês mais frio superior a 18°C. As médias anuais de temperatura do ar, pluviométrica, evapotranspiração potencial e umidade relativa são, respectivamente, 26°C, 1600 mm, 3.215 mm e 62%. O relevo da área é classificado como suave ondulado conforme sugerido por Embrapa (1999). O solo é classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico Típico de acordo com a Embrapa (2006).

Entre 1982 e 1988, a área de pastagem (P) escolhida foi cultivada com palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) tendo sido dizimada por ataque de insetos, entre outros a cochonilha (*Dactylopius coccus*). Após 1988 e até 1998, a área foi deixada em pousio, desenvolvendo-se espontaneamente gramíneas: capins elefante (*Pennisetum purpureum*), braquiária (*Brachiaria decumbens*) e colonião (*Panicum maximum*). De 1998 a 2000, a área foi roçada mecanicamente e gradeada com grade destoradora para eliminação das plantas existentes, feita a calagem (1 ton ha⁻¹), sendo novamente invadida por *Brachiaria decumbens*, passando a ser cultivada desde então. A área foi cercada e dividida em dois pastos apenas e após 60 dias, ovinos (30 a 40 animais ha⁻¹) foram introduzidos na área por períodos de 28 dias e equivalente período de descanso, sendo retirados totalmente no período seco (julho a dezembro) dependendo das condições climáticas nos diferentes anos. Nesta ocasião realizou-se adubação de cobertura a cada ciclo de pastejo de 21 dias com 50 kg de N ha⁻¹ e 30 kg de K₂O ha⁻¹,

assim como foi feita uma aplicação anual de 80 de P_2O_5 $kg\ ha^{-1}$. Utilizou-se uréia e sulfato de amônio como fontes de N e cloreto de potássio e superfosfato simples como fontes de K e P, respectivamente.

A partir do ano de 2000, a área foi dividida em oito piquetes (49 m x 27 m) e implantado um sistema de irrigação por aspersão convencional para pastejo rotativo de ovinos, adotando-se o turno de rega de quatro dias, seguido de 12 horas de irrigação. A água de irrigação utilizada é oriunda de dois poços próximos, apresentando semelhantes propriedades químicas, sendo em média: $0,65\ mmol_c\ L^{-1}$ de Ca^{2+} , $0,45\ mmol_c\ L^{-1}$ de Mg^{2+} , $2,1\ mmol_c\ L^{-1}$ de Na^+ , $0,25\ mmol_c\ L^{-1}$ de K^+ , $3,0\ mmol_c\ L^{-1}$ de Cl^- , $0,25\ mmol_c\ L^{-1}$ de HCO_3^- , $0,32\ dS\ m^{-1}$ de condutividade elétrica, 2,64 de razão de adsorção de sódio, 5,4 de pH e $320\ mg\ L^{-1}$ de sólidos dissolvidos, o que leva a classificação de água de irrigação C_2S_1 de acordo com o Laboratório de Salinidade do Solo dos Estados Unidos (RICHARDS, 1954).

Atualmente é feita adubação mineral anual em quantidades aproximadas de 30 kg de $K_2O\ ha^{-1}$ e 80 de $P_2O_5\ kg\ ha^{-1}$, de acordo com análise de solo e recomendações de Cantarutti et al. (1999), aplicados em cobertura, além de aplicação de N na quantidade de aproximada de $600\ kg^{-1}\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ dependendo da produção de fitomassa e quantidade de animais. A adubação orgânica é realizada anualmente, utilizando esterco dos próprios animais, quando confinados durante o período do dia em que não estão no pasto, em torno de $4\ ton\ ano^{-1}\ ha^{-1}$. A produção de massa seca de forragem nos piquetes estudados na época da coleta foi: $5216,3\ kg\ ha^{-1}$, 2; $6217,2\ kg\ ha^{-1}$, 6628,8 $kg\ ha^{-1}$ e $5452,8\ kg\ ha^{-1}$ no piquete 4, 5, 6 e 7, respectivamente.

Os quatro piquetes selecionados para o estudo (6, 7, 8 e 9), cultivados com *Brachiaria decumbens*, estão sob lotação rotativa com ovinos sem raça definida, adotando - se uma eficiência de uso de 50%, ou seja, consumo de 50% da planta pelos animais. O rebanho constitui-se de 62 matrizes (em idade de cobertura) e aproximadamente 30 marrãs (fêmeas com idade aproximada de oito meses e que ainda não entraram em reprodução), dependendo da produção anual de animais. Normalmente, os animais pastejam durante a noite, pois há possibilidade de apresentarem fotossensibilidade ocasionada por fungo (*Pithomyces chartarum*), que incita uma reação imunológica, levando ao acúmulo de um metabólito da clorofila, o qual possui a propriedade de absorver a radiação ultravioleta da luz solar e transformar em calor, provocando queimaduras na pele dos animais.

Nas proximidades dos piquetes de pastagem (P) selecionados, encontra-se uma área que sofreu pouca ou nenhuma alteração por práticas agrícolas e que, nesse estudo, foi utilizada como referência pela sua condição de vegetação natural (VN). Esta área apresenta relevo e classe de solo semelhante ao da área de pastagem e vegetação arbórea, arbustiva e herbácea com espécies tais como: Pau-branco (*Auxema onconcalyx*); Mutamba (*Guazuma uimifolia*); Faveleira (*Cnidocolus phylacantus*); Marmeleiro (*Croton sincorensis*); Salsa (*Ipomoea asarifolia*) e Amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi*).

A caracterização das áreas estudadas e a densidade radicular nos perfis são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades químicas, físicas e densidade radicular nas áreas sob pastagem (P) e vegetação natural (VN) localizadas no Campus do Pici-UFC, Fortaleza-CE

Propriedades	P					VN				
	Profundidades (cm)					Profundidades (cm)				
	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Ca ⁺⁺ Trocável (cmol _c .kg ⁻¹)	3,03	3,01	2,03	2,52	3,02	2,02	2,05	1,53	2,05	1,53
Mg ⁺⁺ Trocável (cmol _c .kg ⁻¹)	1,52	1,54	1,34	1,43	1,55	1,33	1,23	1,44	1,34	1,21
Na ⁺ Trocável (cmol _c .kg ⁻¹)	0,26	0,23	0,22	0,22	0,24	0,10	0,08	0,08	0,07	0,08
K ⁺ Trocável (cmol _c .kg ⁻¹)	0,24	0,21	0,19	0,22	0,24	0,08	0,09	0,10	0,09	0,08
Soma de bases (cmol _c .kg ⁻¹)	5,04	4,93	3,72	4,31	4,91	3,41	3,32	3,02	3,43	2,84
H ⁺ + Al ³⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,82	0,83	0,66	0,65	0,64	0,90	0,89	0,86	0,83	0,84
Al ³⁺ (cmol _c .kg ⁻¹)	0,11	0,12	0,14	0,12	0,12	0,11	0,15	0,00	0,00	0,00
CTC (cmol _c .kg ⁻¹)	5,82	5,83	4,55	5,03	5,64	4,40	4,31	3,82	4,21	3,61
Saturação por bases (%)	86,03	84,04	82,03	86,12	87,14	77,14	76,16	78,15	80,49	77,14
P disponível (mg kg ⁻¹)	63,04	65,05	66,04	55,15	60,16	26,23	20,22	25,12	20,50	21,23
pH em água (1:2,5)	6,62	6,83	6,43	6,72	6,53	6,24	6,35	6,33	6,22	6,44
Areia Grossa (g kg ⁻¹)	683,02	649,05	621,02	602,25	596,01	691,17	652,16	616,16	596,15	532,32
Areia Fina (g kg ⁻¹)	231,02	256,13	276,02	241,16	232,31	224,06	243,19	256,04	205,14	233,15
Silte (g kg ⁻¹)	54,02	59,11	61,21	68,32	77,11	65,13	73,24	82,31	91,15	112,22
Argila (g kg ⁻¹)	32,13	36,21	42,32	89,05	95,21	20,13	32,05	46,09	108,36	123,45
Densidade Radicular (kg m ³)	1,62	0,35	0,09	0,06	0,03	0,97	0,56	0,27	0,08	0,06

2.2. Amostragem

Amostras deformadas foram coletadas no mês de fevereiro de 2010 utilizando trado do tipo holandês nas profundidades de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; 20-40; 40-60 e 60-80 cm, sendo parte destinada à obtenção de agregados. Quatro amostras simples foram coletadas aleatoriamente em cada um dos quatro piquetes sob pastejo e na área de vegetação natural, esta última também dividida em quatro subáreas de dimensões semelhantes. Depois de homogeneizadas, parte das amostras foi selecionada para compor amostras compostas. Essas amostras foram previamente secas ao ar, destorroadas, peneiradas e armazenadas para posteriores análises. Para separação de agregados a seco, empregou-se metodologia proposta por Embrapa (1997).

As amostras indeformadas foram coletadas na mesma época das amostras anteriores e aleatoriamente da mesma forma das deformadas, porém, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, no mês de março de 2010. Utilizou-se amostrador Uhland e anéis de 5 cm de diâmetro e 5 cm de altura, aproximadamente, sendo coletadas 10 amostras em cada piquete de pastagem e subárea de vegetação natural e em cada profundidade. As amostras foram embaladas, identificadas e armazenadas para posteriores análises.

Para análises microbiológicas, realizou-se amostragem específica na profundidade de 0-10 cm, seguindo o mesmo padrão de distribuição das amostras deformadas. No entanto, foram realizadas 50 amostragens simples para composição de cada amostra composta. As amostras foram passadas em peneira de malha de 2,00 mm ainda no campo, acondicionadas em sacos plásticos e mantidas sob refrigeração até realização das análises. A amostragem foi realizada no mês de junho de 2010.

2.3. Análises químicas

Para determinação de carbono orgânico total (COT), as amostras de solo foram trituradas em almofariz, quantificando-se o carbono por oxidação via úmida com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,167 mol L^{-1} em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido pelo ácido sulfúrico [H_2SO_4] e uma fonte externa de aquecimento utilizando bloco de digestão em temperatura de 170°C. O excesso de dicromato, após a

oxidação, foi titulado com solução de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $0,20 \text{ mol L}^{-1}$, utilizando a solução o-fenantrolina e FeSO_4 como indicadora. Esta análise seguiu metodologia proposta por Yeomans; Bremner (1988).

As amostras também foram submetidas ao fracionamento químico da matéria orgânica, baseado na solubilidade diferencial das frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e humina (HUM) em meio ácido e alcalino de Swift (1996). Na determinação do carbono das frações FAF e FAH foi utilizado cinco ml do extrato obtido, com oxidação via úmida usando $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ $0,033 \text{ mol L}^{-1}$ em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido pelo H_2SO_4 e bloco de digestão em temperatura de 170°C . O excesso de dicromato, após a oxidação, foi titulado com solução de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $0,03 \text{ mol L}^{-1}$, utilizando a solução o-fenantrolina e FeSO_4 como indicadora. Para determinação do carbono da fração HUM, foi adotado o mesmo procedimento utilizado na determinação de carbono orgânico total nesse estudo. Foram calculados os índices de humificação: AH/AF, AH+AF/HUM e AH+AF/COT.

O fracionamento físico da matéria orgânica do solo foi realizado em agregados do solo obtidos por meio da separação de classes de agregados via seca (EMBRAPA, 1997). Para o procedimento de extração, foram utilizadas amostras na profundidade de 0-10 cm e selecionou-se as frações 1,0-0,250 e 0,250-0,053 mm por estas serem frações importantes na dinâmica de formação dos agregados (SIX et al., 2002). A matéria orgânica livre extraída das frações 0,250 e 0,053 (MOP-livre: Matéria orgânica particulada livre) foi obtida por flotação por meio de fracionamento densimétrico utilizando NaI com densidade ajustada para $1,85 \text{ g ml}^{-1}$ (SOHI et al. 2001). Foram pesados 5,7 gramas de solo (agregados) e adicionados 40 mL de uma solução de NaI, a mistura foi agitada manualmente por 30s e centrifugada a 3.000 rpm durante 10 minutos. A MOP-livre sobrenadante foi aspirada e separada da solução de NaI por filtração a vácuo com uso de filtro de papel quantitativo em kitassato conectado à uma bomba de vácuo. A MOP-livre obtida, juntamente com os filtros de papel (secos a 65°C e pesados), foi levada à estufa a 65°C por 72 horas; em seguida, foi separada do filtro de papel com uso de pincel, pesada, macerada em almofariz, peneirada (malha de 0,21 mm) e armazenada em dessecador, para posterior determinação do teor de C por combustão via seca em analisador elementar Perkin Elmer CHNS/O 2400 (SOHI et al., 2001). Ao material restante no tubo de centrífuga foi adicionado 17 ml de solução de Hexametáfosfato 5% e agitado por 16 horas. Após decorrido esse tempo, procedeu-se

separação granulométrica da fração areia utilizando peneiras de malha de 0,250 e 0,053 mm (MOPi: Matéria orgânica particulada intra-agregados), e determinado o teor de carbono orgânico nessas frações, de acordo com metodologia proposta por Yeomans; Bremner (1988), adaptada por Mendonça; Matos (2005). Foi determinado ainda o teor de carbono orgânico nas classes de agregados estudadas, antes de se proceder o fracionamento. O material retido nas frações silte e argila (COAm: Carbono orgânico associado aos minerais) foi obtido por diferença entre o teor total de carbono orgânico nos agregados e o retido nas frações.

Para extração do carbono solúvel em água (CSA) foram pesados 10 g de solo e adicionado 20 ml de água deionizada. Em seguida, a mistura foi agitada por 15 minutos em agitador horizontal, centrifugada 2.500 rpm por 5 minutos e filtrada em papel de filtro quantitativo. Em tubos de digestão foram colocados 10 mL do material que foi filtrado e em seguida levados a estufa a 65°C até secagem. No extrato obtido foi determinado o teor de carbono orgânico, conforme Yeomans; Bremner (1988), adicionando-se 5 mL da solução de $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L⁻¹ e 7,5 mL de H₂SO₄. Os tubos foram colocados no bloco digestor e mantidos a 170°C por 30 min. Após atingirem temperatura ambiente, o conteúdo foi transferido para erlenmeyer de 125 mL, utilizando-se água destilada até o volume de 75 mL. Adicionou-se ainda 0,3 mL da solução indicadora para titulação com a solução de Fe (NH₄)₂(SO₄)₂.6H₂O 0,2 mol L⁻¹.

Foram determinados ainda os teores de nitrogênio total (NT), N-NH₄ e N-NO₃. O NT foi quantificado por meio de digestão sulfúrica, seguida de destilação de Kjeldahl e titulação com HCl 0,02 mol L⁻¹, conforme Bremner; Mulvaney (1982) e Tedesco et al. (1995). N-NH₄ e N-NO₃ foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ após agitação por 1 hora e determinados por destilação após adição de MgO p.a. e H₃B₃O₃ a 2%. Para determinação de N-NO₃, utilizou-se a amostra destilada anteriormente, porém adicionando-se de liga de devarda, seguida de nova destilação em H₃B₃O₃ a 2%. Em ambas titulações é feita com H₂SO₄ 0,005 mol L⁻¹.

A extração dos lipídeos totais do solo foi realizada a partir de modificações dos métodos utilizados por Bull et al. (2000), Naafs et al. (2004) e Nierop et al. (2005). Nestes estudos, o extrato dos lipídeos totais (ELT) do solo foi obtido utilizando o sistema de extração Soxhlet optando-se por utilizar *n*-Hexano como extrator no lugar da mistura diclorometano/metanol (9:1, v/v) durante oito horas ao invés de 24 h. Utilizou-se 10 g de agregados das classes 0,250 e 0,053 mm, transferidos para cartuchos confeccionados com papel de filtro quantitativo. Após adição de *n*-Hexano, foi feita a

extração até evaporação máxima do solvente orgânico. Após esse período, o ELT foi seco em estufa à 105°C durante 2 horas e em seguida pesado. A extração foi feita em duplicatas de laboratório visando minimizar a variação dos resultados.

2.4. Análises microbiológicas

O C e N da biomassa microbiana (CBM e NBM) foram determinados pelo método de irradiação-extração, no qual amostras foram submetidas às irradiações oriundas de microondas, obtendo-se o C e N pela diferença entre amostras irradiadas e não irradiadas, utilizando-se K_2SO_4 0,5 mol L⁻¹ como solução extratora conforme Islam; Weil (1998) e Brookes et al. (1982) e o CBM determinado conforme Yeomans; Bremner (1988). O NBM foi obtido por extração e destilação, conforme Bremner; Mulvaney (1982) e Tedesco et al. (1995).

A respirometria (evolução de CO₂) foi realizada pela captura do C-CO₂ emitido por amostra de solo com umidade a 60% da capacidade de campo, utilizando NaOH 0,5 mol L⁻¹, seguido de titulação com HCl 0,25 mol L⁻¹ conforme Mendonça; Matos (2005). Este procedimento foi realizado em intervalos de 2, 4, 7, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após o início da incubação. Os quocientes metabólicos (qCO_2) e microbianos (C_{mic}/COT) foram obtidos pelas relações: respiração microbiana/carbono da biomassa microbiana e carbono da biomassa microbiana/carbono orgânico total, respectivamente, de acordo com Anderson; Domsch (1989, 1993) e Brookes, (1982).

Esporos de fungos micorrízicos arbusculares foram extraídos do solo utilizando-se a técnica de peneiramento úmido seguido da centrifugação em gradiente de sacarose (SIEVERDING, 1991). Para tanto, uma amostra de solo foi homogeneizada e submetida ao peneiramento úmido, seguido de centrifugação em solução de sacarose a 60%, a 3000 rpm (1000 g), para separação dos esporos e posterior avaliação do número em placa. Os tipos de esporos foram identificados ao nível de gênero, seguindo-se Shenck; Perez (1988).

A extração da glomalina foi feita com solução de Na₄P₂O₇, 0,1 mol L⁻¹ ajustada para pH 9 segundo Wright et al. (2006), adotando-se quatro ciclos (1h) de extração em autoclave. Ao final de cada ciclo, o sobrenadante foi misturado, medido o volume total e centrifugado a 5000 rpm para posterior quantificação pelo método de proteína (BRADFORD, 1976), usando albumina bovina como padrão.

2.5. Análises Físicas

Na avaliação da estabilidade de agregados empregou-se a separação por via seca, de acordo com Embrapa (1997), utilizando-se agregados com diâmetro entre 4 e 2 mm e jogo de peneiras de 2,00; 1,00; 0,5; 0,250; 0,105 e 0,053 mm, agitadas por 4 minutos. Em outra amostra de 100 g foi determinado o seu peso a 105°C, utilizado no cálculo de porcentagem de agregados para correção de umidade residual.

As amostras indeformadas foram colocadas em bandeja e saturadas lentamente e posteriormente submetidas a diferentes potenciais mátricos (Ψ): -0,001; -0,002; -0,003; -0,004; -0,005; -0,006; -0,007; -0,008; -0,009; -0,01; -0,02; -0,03; -0,04; -0,05; -0,06; -0,07; -0,08; -0,09; -0,1; -0,5; -1 e -1,5 MPa até que atingissem o equilíbrio. Para tanto foi utilizado mesa de tensão até o potencial de -0,01MPa e placas porosas (câmaras de pressão de Richards) para as demais tensões (Klute, 1986). A curva de retenção de água foi ajustada utilizando o software Soil Water Retention Curve (SWRC), desenvolvido por desenvolvido por Dourado Neto et al. (2000), adotando-se a equação proposta por Van Genuchten (1980): $\theta = \theta_r + \left(\frac{\theta_s - \theta_r}{1 + (\alpha \times \psi)^n} \right)^m$, onde θ é o conteúdo de água ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_s é o conteúdo de água na saturação ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); θ_r é o conteúdo de água residual ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); ψ é o potencial mátrico (MPa); e α , m e n são considerados parâmetros de ajuste do modelo.

O valor do índice S foi calculado a partir dos parâmetros do modelo de Van Genuchten (1980) que considera os valores da inclinação da curva de retenção de água no solo no ponto de inflexão, como proposto por Dexter (2004a): $S = -n(\theta_s - \theta_r) \left(1 + (1/m) \right)^{-(1+m)}$, onde n e m são parâmetros empíricos da equação, obtidos pelo ajuste do modelo.

A resistência à penetração (RP) foi determinada nas amostras indeformadas utilizando-se um penetrômetro eletrônico marca Marconi (MA-933), com receptor e interface acoplados a um microcomputador, para registro das leituras por meio de um software próprio do equipamento. Em cada uma das amostras foi determinada a RP, adotando-se a velocidade de penetração de 1 cm min^{-1} (BRANDFORM, 1986), e os valores adquiridos em Kgf foram transformados em MPa. As determinações foram realizadas no centro de cada amostra, entre 1 e 4 cm de profundidade em cada anel. A RP foi determinada nos seguintes potenciais mátricos: (Ψ): -0,004; -0,007; -0,01; -0,03; -0,05; -0,07; -0,1; -0,5; -1 e -1,5 MPa. Imediatamente após a determinação da RP, as

amostras foram pesadas e secas em estufa a 105°C até atingirem peso constante, sendo a densidade do solo determinada pela relação entre a massa de solo seco e o volume do anel e a densidade das partículas pelo método do balão volumétrico (BLAKE; HARTGE, 1986).

Imediatamente após a determinação da RP, as amostras foram pesadas e secas em estufa a 105°C até atingirem peso constante. A densidade do solo foi determinada pela relação entre a massa de solo seco e o volume da amostra considerado igual ao volume do anel (BLAKE; HARTGE, 1986). A densidade das partículas, por sua vez, foi determinada seguindo a metodologia do balão volumétrico que consiste na determinação do volume de álcool etílico gasto para aferir um balão de 50 mL contendo 20 g de TFSA em seu interior (BLAKE; HARTGE, 1986).

O intervalo hídrico ótimo (IHO) foi determinado seguindo a metodologia descrita por Silva et al. (1994), utilizando-se um algoritmo desenvolvido em EXCEL® por Leão; Silva (2004). Para tanto foi necessária a obtenção dos seguintes parâmetros: umidade do solo na capacidade de campo ou o conteúdo de água estimado no potencial de -0,01 MPa ($\theta_{CC} = \exp(d + e D_s) 100^f$) (HAISE, 1955); umidade do solo no ponto de murcha permanente (θ_{PMP}) ou o conteúdo de água no potencial de -1,5 MPa ($\theta_{PMP} = \exp(d + e D_s) 15000^f$) (SAVAGE et al. 1996); umidade do solo ou conteúdo de água do solo em que a porosidade de aeração (θ_{PA}) é de 0,1 cm³ cm⁻³ (GRABLE; SIEMER, 1968) ($\theta_{PA} = (1 - D_s / \rho_s) - 0.1$); e a umidade do solo ou quantidade de água em que a RP (θ_{RP}) atinge o valor crítico de 2 MPa (SILVA et al, 1994) ($\theta_{RP} = ((2/a.D_s^c)^{1/b})$). D_s é a densidade do solo (g cm⁻³), D_p é a densidade das partículas (g cm⁻³), a , b e c são parâmetros obtidos no ajuste do modelo dos dados. A partir das equações obtidas foi gerado um gráfico delimitando faixa de umidade do solo em que as condições físicas não são limitantes ao desenvolvimento das plantas (IHO), situada entre o limite inferior (resistência à penetração do solo ou ponto de murcha permanente) e o limite superior (capacidade de campo ou umidade do solo quando a aeração é de 10%) (SILVA et al. 1994).

2.5. Análises Estatísticas

Análise de variância foi realizada considerando o delineamento inteiramente casualizado no esquema de parcelas subdivididas no espaço e quatro repetições. As

parcelas foram representadas pelos sistemas de uso (mata e pastagem) e as subparcelas pelas profundidades de amostragem. Os sistemas de uso foram comparados pelo teste Tukey e para as profundidades, utilizou-se o teste de agrupamento de Scott-Knott, considerando-se até 5% de probabilidade. Nos casos em que uma única camada foi avaliada, as comparações de médias foram feitas somente pelo teste Tukey. Utilizou-se o programa SISVAR para as análises (FERREIRA, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

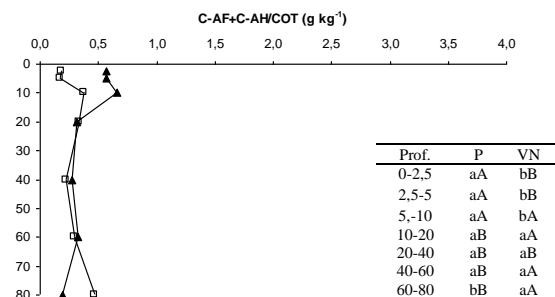
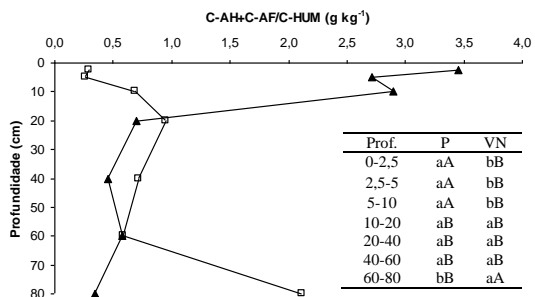
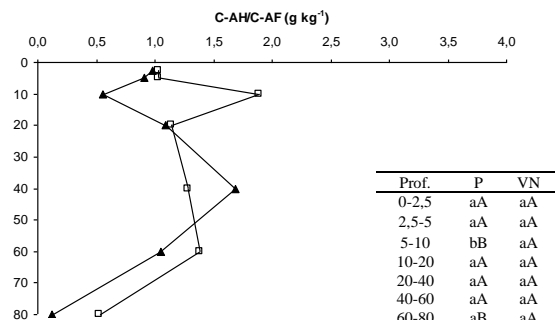
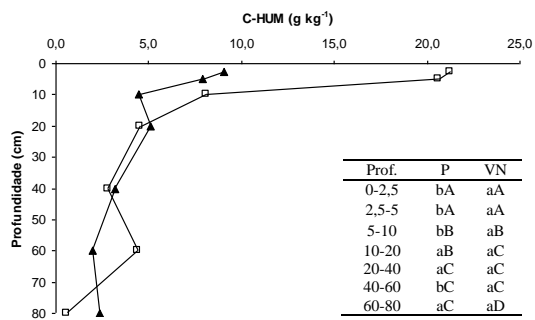
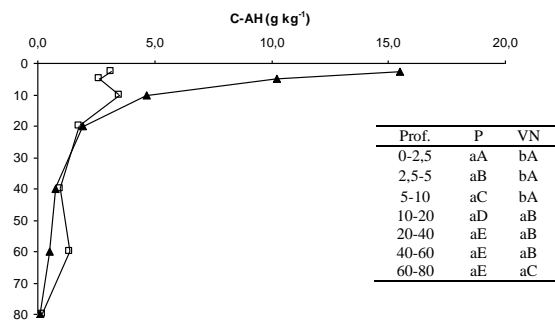
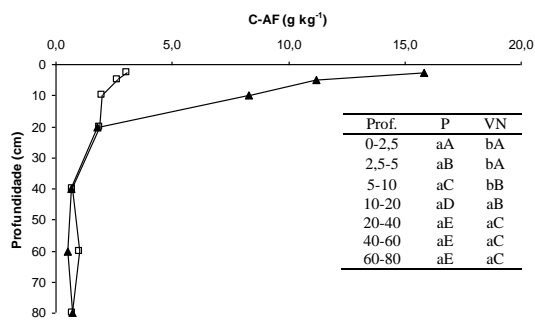
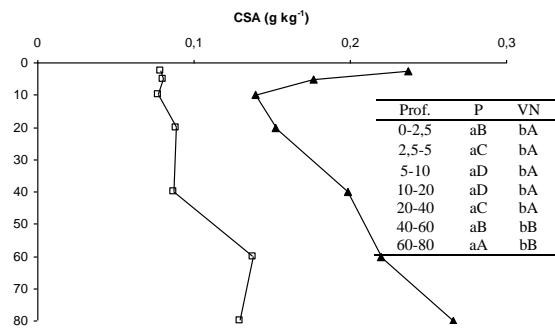
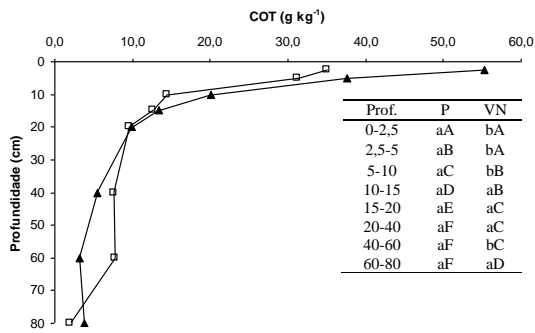
3.1. Matéria Orgânica

As médias e a significância das comparações pelos testes Scott-Knott e Tukey ($P < 0,05$) dos teores de COT e das frações húmicas (C-AF, C-AH e C-H), assim como as relações: C-AH/C-AF, C-AF+C-AH/C-HUM e C-AF+C-AH/COT para P e VN são apresentados na Figura 1. De modo geral, observa-se que os teores de COT, as frações húmicas e os índices são significativamente maiores em P e nas profundidades de até 10 cm. As exceções ao comportamento geral observado estão associadas aos maiores teores de C-H na VN e a existência de diferenças significativas para CSA em todas as profundidades e em uma ou outra profundidade (40-60 cm, por exemplo) para as demais frações.

As gramíneas são excelentes incorporadoras de matéria orgânica ao solo (LOSS et al. 2006) e o aumento de COT é explicado pela quantidade e distribuição das raízes, como verificado nesse estudo (Tabela 1) (ARSHAD et al. 2004; HERMLE et al. 2008). A entrada de carbono em pastagens é maior em função da constante rizodeposição (TRUJILLO et al. 2006) e da distribuição uniforme de exsudatos no solo (SILVA; MIELNICZUK, 1997). Provavelmente, ainda por serem plantas C4, as gramíneas contribuem para elevar e manter os aportes de C no solo (BARRETO et al. 2008).

As relações C-AF+C-AH/C-HUM e C-AF+C-AH/COT apresentaram comportamentos semelhantes, observando-se aumentos significativos desses valores em P, em acordo com Fontana et al. (2001). Esses resultados podem ser atribuídos à intensa adição de carbono orgânico através da renovação do sistema radicular das gramíneas, favorecendo a decomposição constante e menos rápida da matéria orgânica, propiciando a formação de AF e AH. Os resíduos vegetais provenientes das pastagens são pobres

em lignina, precursor químico de compostos recalcitrantes (SANTOS; CAMARGO, 1999), dessa forma, solos sob pastagem, possuem matéria orgânica menos recalcitrante e, portanto, são mais sensíveis às variações climáticas, químicas e microbiológicas que resultam em maior velocidade de degradação da matéria orgânica do solo (ARAÚJO et al. 2011).



▲ P □ VN

Figura 1. Teores (g kg^{-1}) de carbono orgânico total (COT), das frações ácidos fúlvicos (C-AF), ácidos húmicos (C-AH) e humina (C-H) e das relações: C-AH/C-AF, C-AF+C-AH/C-HUM e C-AF+C-AH/COT, de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nas colunas e minúsculas nas linhas pelos testes de Scott-Knott e Tukey respectivamente ($P < 0,05$).

Os teores de C-H apresentaram comportamento contrário aos das demais frações húmicas, sendo observadas maiores concentrações na VN. De acordo com Araújo et al (2011), esse resultado indica que na matéria orgânica proveniente de ecossistemas de mata nativa, em razão de não ser manejada, as etapas do processo de humificação realizam-se plenamente, o que resulta na maior proporção de frações mais estáveis e de maior estabilidade estrutural. A relação C-AH/C-AF apresenta-se superior a 1,0 na VN. Segundo Martins et al. (2005), essa relação indica o grau de conversão do carbono orgânico insolúvel em frações solúveis presentes no solo e se relacionam à texturas mais arenosas, que em geral, apresentam valores superiores, implicando em perdas seletivas da fração mais solúvel (AF) e facilmente translocada. Na P observou-se incrementos em profundidade, evidenciando o transporte dessas substâncias no perfil, provavelmente favorecido pelo manejo de irrigação empregado, como observado também por Leite et al. (2003).

Quanto aos teores de CSA, observaram-se aumentos significativos dessa variável em P quando comparada a sua condição natural, bem como tendência significativa de acúmulo em profundidade, evidenciando assim, um processo de movimentação no perfil, potencializado pelo uso de irrigação. O CSA representa compostos orgânicos de baixo peso molecular (van HEES et al. 2005), o que reflete o estágio inicial de degradação dos resíduos orgânicos incorporados ao solo (SOUZA; MELLO, 2003). Sua constituição torna essa fração mais susceptível à lixiviação (van HEES et al. 2005), principalmente em solos com textura mais arenosa, como o aqui estudado. Tal comportamento torna o CSA um possível indicador dos efeitos do manejo do solo na movimentação de substâncias no perfil nessas condições.

Assim como observado nos compartimentos de carbono estudados, o acúmulo de NT, N-NO_3^- e N-orgânico no solo deu-se principalmente em área P quando comparada à sua condição natural, pelos testes de Scott-Knott e Tukey ($P < 0,05$) (Figura 2), e principalmente nas camadas mais superficiais: 0-2,5, 2,5-5 e 5-10 cm. De modo geral,

para os demais compartimentos de N ($N-NH_4^+$, N-mineral, N_{min}/NT e N_{org}/NT), não foram observadas diferenças significativas, exceto na profundidade de 0-10 cm para $N-NH_4^+$ e N-mineral. Incrementos significativos foram ainda observados na profundidade de 60-80 cm nas relações N_{min}/NT e N_{org}/NT .

O manejo de adubação em P, o qual envolve altas concentrações de N (aproximadamente 600 kg ton^{-1}), contribuiu para o maior acúmulo deste nutriente. Ainda pode existir forte influência no constante aporte de dejetos animais, além da aplicação adicional de esterco, em forma de adubação orgânica. De acordo com Saggari (2004), os dejetos animais (esterco + urina) em pastejo podem representar até 50% do NT no solo. Tais condições são confirmadas pelas maiores concentrações de N nas formas mineral e orgânica encontrados na referida área, em todas as profundidades estudadas.

Quanto aos teores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ nas duas condições avaliadas, observa-se que há uma predominância da forma amoniacal, podendo ser um indicador de perda do íon nitrato por lixiviação, uma vez que se trata de solos com textura arenosa (AMADO et al. 2000). Beaudoin et al. (2005) observaram comportamento semelhante, atribuindo a maior perda à lixiviação mais intensa em solos arenosos do que mais argilosos. Além disso, pode se relacionar a maiores taxas de decomposição da matéria orgânica, resultando em maiores concentrações de NH_4^+ no solo (PASSIANOTO et al. 2003; PINTO et al. 2004), ou ainda a interação entre esses fatores.

Foram observados maiores teores de $N-NH_4^+$ na área de P apenas na profundidade de 0-2,5 cm, quando comparada a VN. Segundo Moreira; Siqueira (2002), em condições de pastagem, a forma $N-NH_4^+$ é favorecida por substâncias excretadas pelas raízes das gramíneas, que inibem a nitrificação. Tal fato pode se relacionar a maior concentração do sistema radicular nessa profundidade, observado neste estudo (Tabela 1). As baixas concentrações de $N-NO_3^-$ encontradas podem também indicar maior demanda pela microbiota do solo e pelas raízes das plantas, além de perdas por lixiviação, uma vez que esse íon é rapidamente lixiviado devido a sua carga negativa; ou ainda aos baixos teores de $N-NO_3^-$, comum em solos de ecossistemas tropicais (VENZKE FILHO et al. 2004; CARMO; 2005).

Observa-se de modo geral, predominância da fração orgânica do N no solo em P (aproximadamente 97%), quando comparada à fração mineral, indicando o constante aporte de material orgânico proveniente da adubação orgânica realizada. Por sua vez, são observados maiores valores da relação N_{min}/NT para VN. Tal resultado mostra

maior atividade de mineralização na área sob VN, refletindo menor perturbação do ambiente.

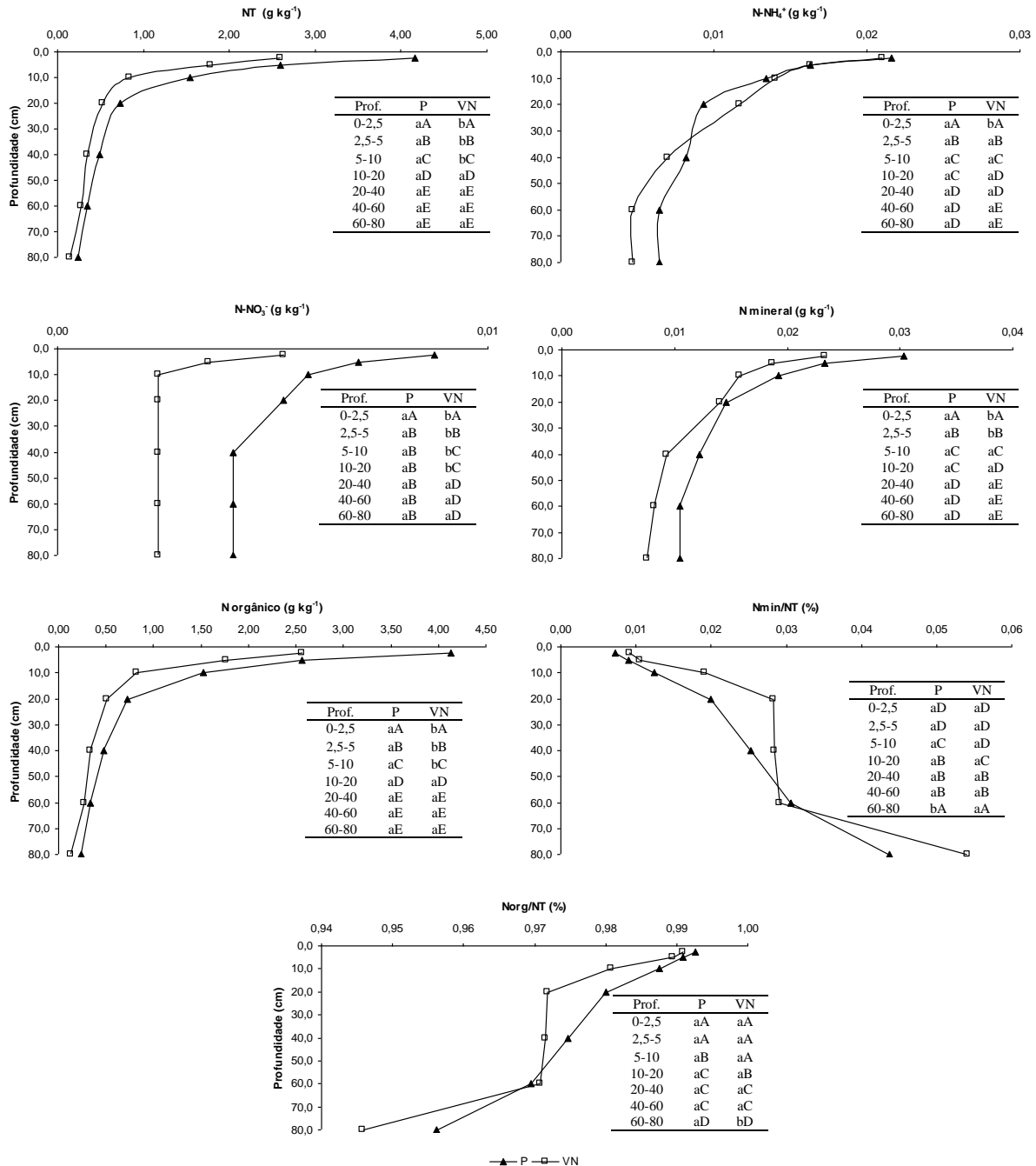


Figura 2. Teores (g kg⁻¹) de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄⁺), nitrato (N-NO₃⁻), nitrogênio mineral (Nmineral), nitrogênio orgânico (Norgânico) e relações nitrogênio mineral/nitrogênio total (Nmin/NT) e nitrogênio orgânico/nitrogênio total (Norg/NT) de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN),

Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nas colunas e minúsculas nas linhas pelos testes de Scott-Knott e Tukey respectivamente ($P < 0,05$).

Maiores teores de C nas frações 0,250 e 0,053 mm foram observados em VN, quando comparada a P (Figura 3), correspondendo a 47,5 e 52,4 % do C total em agregados, respectivamente, embora tenham apresentado médias que não diferiram significativamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Tal fato pode ser atribuído às perturbações sofridas na área P, ocasionando uma possível ruptura dos agregados e aceleração das perdas de C pela oxidação da matéria orgânica (MENDONÇA; ROWELL, 1994).

Dentre as frações aqui estudadas, houve predomínio da concentração de CO_{am}, atingindo o valor de 22,6 g C kg⁻¹ solo na área de vegetação natural contra 16,10 g C kg⁻¹ solo observados na área pastejada. Esse resultado é esperado, uma vez que a maior parte da MOS ocorre associada às partículas minerais do solo, considerada um compartimento altamente resistente à transformação ou ao ataque microbiano (STEVENSON, 1994; FELLER; BEARE, 1997). De acordo com Zotarelli et al. (2007), a estabilização da matéria orgânica decorre de sua interação com a fração mineral, conferindo-lhe proteção física, o que diminui o acesso microbiano aos resíduos orgânicos localizados no interior dos agregados. Em adição, a estabilização ocorre pela formação de complexos estáveis entre grupos funcionais orgânicos e presentes na superfície dos minerais que conferem estabilidade química, tendo sido considerado o principal fator envolvido na preservação dos estoques de carbono orgânico em solos agrícolas (ZOTARELLI et al. 2007).

Ocorreram maiores teores de carbono MOP-livre avaliadas nas classes de agregados de 0,250 mm e 0,053 mm na P quanto comparada à sua situação natural. Esse comportamento pode ter sido condicionado pela constituição da MOP-livre, especialmente de resíduos vegetais livres ou não, firmemente associados aos minerais do solo (FREIXO et al. 2002), e em maior presença em P, devido ao maior aporte de resíduos, bem como maior acúmulo de matéria orgânica e densidade do sistema radicular (Tabela 1). De acordo com Payan et al. (2007), a MOP-livre pode ser um indicador facilmente mensurável e sensível da ciclagem da matéria orgânica no solo. Beer (1988) relata que a variável em questão é altamente dinâmica em relação às outras frações da matéria orgânica, e portanto, mais sensível às alterações de uso da terra e flutuações nos seus teores com o emprego de sistemas agrícolas. Dessa forma, a área

VN pode apresentar comportamento menos variável com relação área P, em função do constante aporte de serapilheira das árvores e plantas daninhas em superfície que podem manter os níveis de MOP-livre quase em estado estacionário (PAYAN et al. 2007).

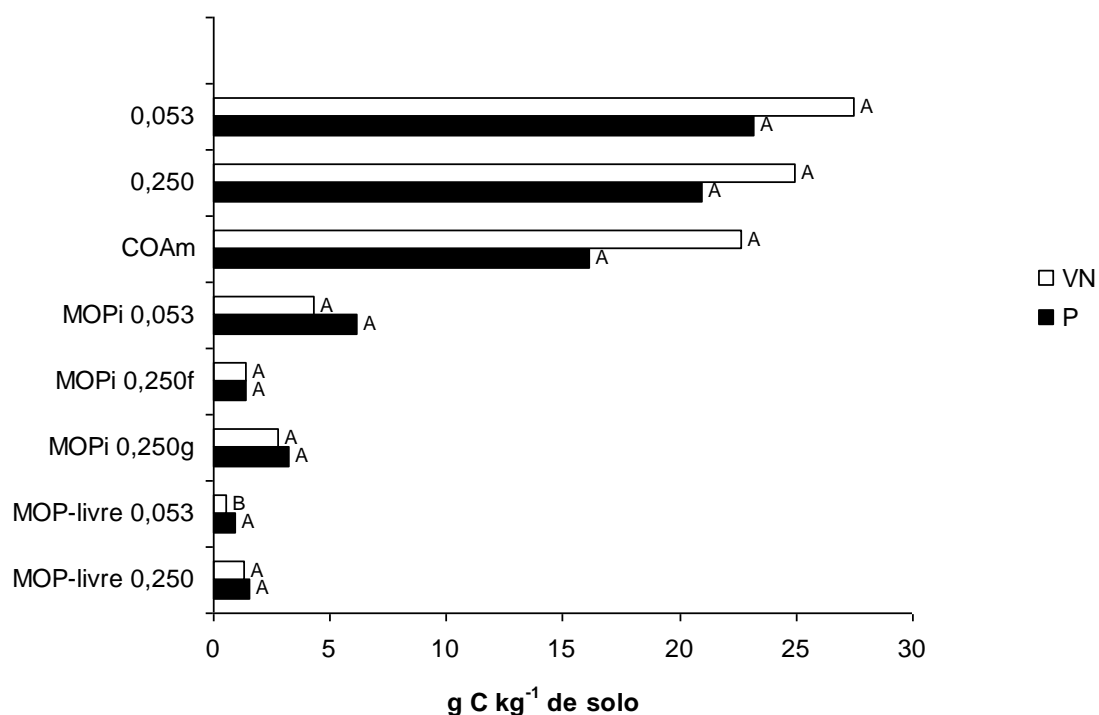


Figura 3. C nos agregados e nas frações MOP-livre, MOPi e COAm (g C kg⁻¹ solo) de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre tratamentos na mesma classe de agregados pelo teste de Tukey (P<0.05). MOP-livre: Matéria orgânica particulada livre nas frações 250-1000 e 53-250 mm; MOPi: Matéria orgânica particulada intra-agregados; F-250g: MOPi grosseira; F-250f: MOPi fina; e F-53; COAm: Carbono orgânico associado aos minerais; Agregados: carbono orgânico total em agregados do solo; 0,250: carbono orgânico total na fração 0,250 mm; 0,053: carbono orgânico total na fração 0,053 mm.

As maiores médias de carbono na matéria orgânica particulada intra-agregados (MOPi) se encontram especialmente na MOPi-0,053, seguida da MOPi 0,250g. Assim como para os teores de MOP-livre, mesmo não diferindo significativamente entre os tratamentos, os maiores teores ocorrem em P. Quanto à maior concentração de carbono na fração 0,053 mm, a maior estabilidade de microagregados em relação aos macroagregados, e perturbações no solo, como por exemplo, o rompimento de macroestruturas em agregados de tamanho menor, ocasionado pelo pisoteio animal

(CAMBARDELLA; ELLIOTT, 1993; SIX et al. 1998), podem explicar esse resultado. Por sua vez, a maior quantidade de MOPi-0,250g quando comparada a MOPi-0,250f está ligada a constante deposição de resíduos característico de pastagem, uma vez que esse último compartimento é derivado da decomposição do MOPi-0,250g (Six et al. 1999).

3.2. Atributos microbiológicos

O efeito do manejo sobre os teores de Nmic e Cmic resultou em médias que diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) apenas para Cmic (Tabela 2). Nesse caso, tal observação pode estar ligada a uma maior diversidade florística, quando comparada à P, bem como a maior preservação de hifas de fungos propiciada pela não interferência antrópica (FRAZÃO et al. 2010). Em áreas onde são mantidas as condições naturais do solo, os teores de Cmic estão relacionados a um aporte variado de substrato orgânico apresentando diferentes graus de susceptibilidade à decomposição, provenientes de uma vegetação com maior diversidade de espécies (GAMA-RODRIGUES et al. 2008), o que pode estar refletindo uma maior diversidade microbiana do solo. Deve-se considerar, ainda, que a biomassa microbiana responde intensamente às flutuações sazonais de umidade e temperatura, ao cultivo e ao manejo empregado (GAMA-RODRIGUES; GAMA-RODRIGUES, 2008), influenciando, possivelmente, nos resultados encontrados. Ainda há a forte influência da composição do material orgânico aportado ao solo, uma vez que fatores como resistência das folhas, concentrações de N, lignina e polifenóis, e a razão C/N interferem diretamente na atividade microbiana e na utilização do substrato (HATTENSCHWILER et al. 2005).

Os maiores valores de Nmic foram encontrados em P, aproximadamente 3 mg kg^{-1} , refletindo uma maior disponibilidade do nutriente nessa condição. Os dados de Cmic e Nmic representam em média, cerca de 0,4% e 0,1% do COT e NT em P e 0,6% e 0,1% na VN, respectivamente. Assim, a biomassa microbiana pode funcionar como um compartimento de reserva desse nutriente (SOUZA et al. 2010), onde parte do N pode ser liberado após a morte dos microrganismos e, assim, ser disponibilizada para as plantas.

Ao avaliar as relações Nmic/NT e Cmic/COT, foram observadas diferenças estatísticas significativas apenas para última. A maior relação Cmic/COT foi observada na VN, com médias diferindo significativamente ($P < 0,05$), indicando o quanto do Cmic

é parte COT. Menores valores dessa relação em P indicam uma menor eficiência dos microorganismos na imobilização do C e o quanto a biomassa microbiana representa de reservatório lábil na dinâmica desse elemento (WARDLE, 1992). Os baixos valores observados em P podem indicar que a microbiota do solo esteja sofrendo algum estresse em função do uso do solo (WARDLE, 1994).

Tabela 2. C e N da biomassa microbiana, relação Cmic/COT e Nmic/NT, g C-CO₂ kg⁻¹ de solo, C-CO₂ g kg⁻¹ de solo/dia e qCO₂ de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nas colunas pelo teste Tukey (P<0,05)

Área	Cmic	Nmic	Cmic/COT	Nmic/NT	Total C-CO ₂	C-CO ₂ /dia	qCO ₂
	mg kg ⁻¹		%		g kg ⁻¹	g CO ₂ kg ⁻¹ solo dia ⁻¹	mg CO ₂ mg ⁻¹ Cmic dia ⁻¹
VN	0,161 ^A	0,0017 ^B	0,006 ^A	0,001 ^A	0,48 ^B	0,016 ^B	0,124 ^A
P	0,155 ^A	0,0028 ^A	0,004 ^B	0,001 ^A	0,60 ^A	0,020 ^A	0,102 ^A

VN: Vegetação Natural; P: Pastagem.

As médias e a significância das comparações pelo teste Tukey (P<0,05) dos teores de C-CO₂, bem como qCO₂ também são mostrados na Tabela 2. Observa-se valores referentes a essas variáveis significativamente maiores na área P, exceto para qCO₂. Resultados de maior atividade microbiana em ambientes de pastagem também foram relatados por Xavier et al. (2006); Araújo et al. (2007) e Carneiro et al. (2008). Em curto prazo, isso pode significar maior disponibilidade de nutrientes para as plantas tendo em vista a acelerada mineralização e, em longo prazo, a perda de C do solo para atmosfera. Dessa forma, elevada respiração microbiana pode indicar tanto situações de distúrbio quanto de alto nível de produtividade do sistema (ISLAM; WEIL, 2000). Nesse caso, os valores mais elevados podem estar ligados ao intenso desenvolvimento radicular das gramíneas forrageiras na camada superior do solo (Tabela 1), resultando na liberação de exudatos radiculares que atuam como fonte de C, possivelmente favorecendo a atividade biológica, refletida pelo alto valor de respiração microbiana.

Quando a avaliação da atividade da biomassa microbiana é feita pelo quociente metabólico, mesmo não havendo diferenças estatísticas significativas, o incremento nos valores de qCO₂ na área P reflete maiores perdas de C nesses sistemas pelo processo respiratório, o que indica uma condição de estresse ou distúrbio (ISLAM; WEIL, 2000).

Além disso, deve-se à substituição da vegetação nativa, que comumente acelera a decomposição dos resíduos, aumentando consequentemente o valor de qCO_2 (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004). Esse comportamento também pode estar relacionado ao predomínio de microrganismos colonizadores de crescimento rápido (BARETTA et al. 2005). Por sua vez, os menores valores de qCO_2 na área VN, refletem uma condição de maior eficiência na utilização de energia, indicando o estado de equilíbrio (TÓTOLA; CHAER, 2002). Menores valores de qCO_2 indicam sistemas mais estáveis, uma vez que à medida que uma população microbiana se torna mais eficiente na utilização dos recursos do ecossistema, menos C é perdido como CO_2 pela respiração e uma maior proporção de C é incorporada às células dos microrganismos (ANDERSON; DOMSCH, 1989).

Nas áreas P e VN foram identificados três gêneros de FMA predominantes (Figura 4), correspondentes a 90 e 81% do total de esporos, respectivamente. Dentre estes, o gênero *Glomus* foi o que ocorreu com maior frequência, principalmente na área P (85,06 %), com médias diferindo entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Os demais gêneros encontrados, a saber: *Acalospora* e *Escutelospora* foram observados com menor frequência e, dentre estes, apenas *Acalospora* apresentou médias diferindo pelo teste estatístico aplicado.

O gênero *Glomus* tem sido encontrado, predominantemente, em solos cultivados (JANSA et al. 2002; OEHL et al. 2003). A maior densidade radicular no perfil (Tabela 1), associado às boas características químicas do solo em questão, explicam as maiores populações de esporos de FMA observados em P. De acordo com Bever et al. (1996), a comunidade vegetal pode ser um dos principais fatores que regulam a composição e a estrutura das comunidades de fungos micorrízicos arbusculares, pois cada fase de seu desenvolvimento, tais como: germinação de esporos, crescimento das hifas, colonização radicular e esporulação é influenciada pelas raízes das plantas.

Segundo Oehl et al. (2003), áreas em que não ocorrem perturbações no solo tendem a apresentar menor diversidade de gêneros de fungos. Nesse caso, a predominância de apenas três gêneros nas duas áreas indica que em P está-se conseguindo manter o equilíbrio quando comparada à VN, mesmo em condições de pastejo contínuo.

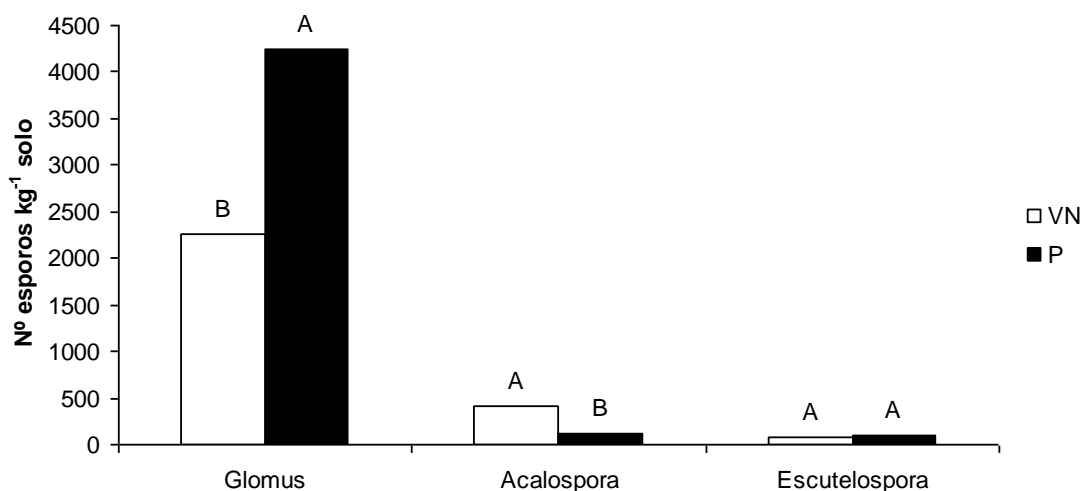


Figura 4. População dos fungos micorrízicos arbusculares (Nº de esporos kg⁻¹ solo) dos gêneros *Glomus*, *Acalospora* e *Escutelospora* na profundidade de 0-10 cm em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nos tratamentos dentro de cada gênero pelo teste de Tukey ($P < 0.05$).

3.3. Estabilidade de agregados, glomalina e lipídeos

Observou-se teores significativamente maiores ($P < 0,05$) do extrato de lipídeos totais (ELT) na área P para as duas classes de agregados estudadas, assim como na classe de menor diâmetro (0,250-0,053 mm), atingindo aproximadamente 9,0 g kg⁻¹ (Figura 5). Resultados semelhantes foram obtidos por Blas et al. (2010) estudando solos sob florestas, onde foram observados teores aproximados de 9,0 g kg⁻¹ de solo. Estes resultados também estão em acordo com os obtidos por Wiesenber et al. (2006) em áreas agrícolas e sugerem a ocorrência de mecanismos de acumulação ou preservação dessa substância no solo, como por exemplo, a maior produção de biomassa em superfície, favorecendo aumentos nos teores de ELT, ou ainda proteção física de agregados sob condição cultivada (ASSIS et al. 2011). Podem-se associar os maiores teores de ELT aos elevados teores de COT encontrados na área P (BULL et al. 2000). É possível ainda que a maior produção de massa seca de forragem e densidade radicular favoreçam uma maior acumulação de ELT em P, uma vez que tecidos radiculares (NIEROP et al, 2005; WIESENBERG; SCHAWARK, 2006; JANSEN; NIEROP, 2009)

e biomassa (Wiesenberg et al., 2010) têm uma papel importante na composição lipídica do solo. Adicionalmente, os níveis ELT nas forrageiras tropicais são elevados, situando-se em torno de 60 g kg^{-1} de matéria seca (MacDONALD et al. 1995), justificando os elevados valores de ELT em P.

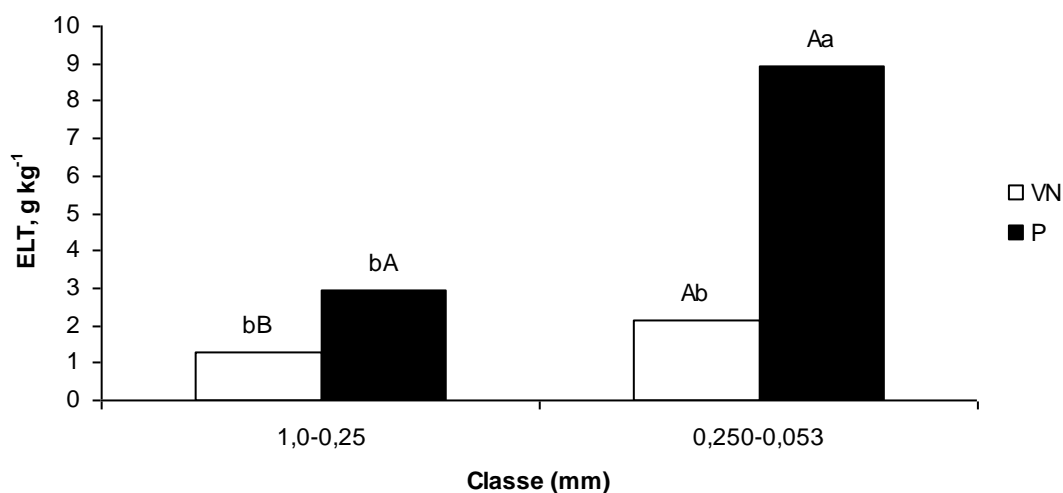


Figura 5. Teores (g kg^{-1}) de extrato de lipídeos totais (ELT) nas classes de agregados estáveis, separados via seca, de 1,00-0,25 e 0,250-0,053 mm de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras maiúsculas diferem entre si nos tratamentos dentro de cada classe e minúsculas nas classes dentro de cada tratamento pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Contrariamente ao comportamento observado para ELT, maiores teores de glomalina foram observadas na área VN em todas as classes estudadas (Figura 6), embora não sejam observadas diferenças estatísticas significativas, entre os tratamentos em cada classe de agregados pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As concentrações de glomalina apresentam-se elevadas nas classes: $>2,0$ e $2,0-1,0$ quando comparadas as demais classes de agregados, diferindo significativamente pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

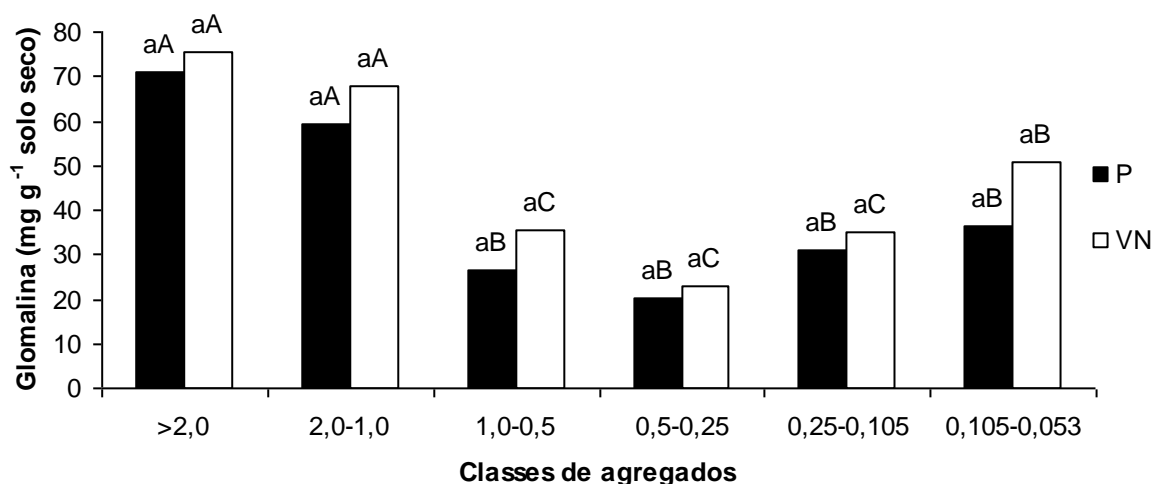


Figura 6. Teores (mg g^{-1} solo seco) de glomalina nas classes de diâmetro de agregados estáveis $>2,0$, $2,0-1,0$, $1,0-0,5$, $0,5-0,25$, $0,25-0,105$, $0,105-0,053$ mm, separados via seca, de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE. Letras minúsculas diferem entre si nos tratamentos dentro de cada classe e maiúsculas nas classes dentro de cada tratamento pelos testes de Scott-Knott e Tukey ($P < 0,05$) respectivamente.

Os estudos relacionados à glomalina demonstraram uma forte correlação positiva desta glicoproteína e a estabilidade de agregados em uma ampla variedade de solos (RILLIG, 2004). No entanto, de acordo com Violi et al. (2008), perturbações no solo como os previstos no manejo agrícola podem afetar as concentrações de glomalina e sua estabilidade estrutural, refletindo o uso do solo, como por exemplo nos casos da conversão de florestas em áreas agrícolas (WRIGHT et al. 1999; RILLIG et al. 2003) e cultivo mínimo (BORIE et al. 2006). Maiores concentrações de COT na área P não implicaram em elevados teores de glomalina nesse estudo. Esse resultado não corrobora com estudos recentes que têm demonstrado que a glomalina pode representar até 5% do teor de carbono orgânico total no solo (RILLIG et al. 2001).

As médias e a significância das comparações da porcentagem de agregados estáveis nas diferentes profundidades dos tratamentos avaliados pelos testes de Scott-Knott e Tukey ($P < 0,05$) são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Porcentagem de agregados estáveis separados via seca em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE

Prof (cm)	Classes de agregados (mm)					
	>2,0	2,0-1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,105	0,105-0,053
VN						
0-2,5	19,22bA	17,49cB	8,03dC	19,15bE	21,26aE	2,99eA
2,5-5	7,03dC	14,67cC	14,05cB	26,67bD	28,84aA	4,37eA
5-10	11,06dD	7,81eE	13,14cB	33,64aA	27,19bA	4,23fA
10-20	6,47dC	15,45cB	14,15cA	28,58aC	26,56bB	5,12eA
20-40	4,11dB	17,67cA	16,79cA	29,69aC	24,21bC	4,33dA
40-60	4,77eB	11,99dD	16,04cA	30,52aB	27,15bA	5,35eA
60-80	1,64fE	13,09dC	16,18cA	29,17aC	26,53bB	5,99eA
P						
0-2,5	6,48dC	7,51dC	12,45cD	22,66bB	28,18aA	3,25eC
2,5-5	5,37dC	11,64cB	13,41cD	25,34bA	29,28aA	3,48eC
5-10	7,88dB	7,48dC	19,08bB	24,02aA	24,59aB	12,73cA
10-20	9,34eB	16,38dA	17,35cC	24,34aA	21,22bC	8,92eB
20-40	9,46dB	16,98cA	21,42bA	23,51aA	22,48bC	8,32dB
40-60	10,33dA	15,02cB	17,92bC	22,16aB	24,87aB	8,76eB
60-80	11,04dA	14,26cB	17,33bC	26,45aA	24,74aB	7,94dB

Médias seguidas de letras maiúsculas diferem entre si nas colunas e minúsculas nas linhas pelos testes de Scott-Knott e Tukey ($P < 0,05$).

Predomina, de modo geral, maior porcentagem de agregados estáveis nas classes de 0,5-0,25 e 0,25-0,105 mm em todas as profundidades avaliadas, com médias diferindo significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Esse comportamento pode estar associado ao acúmulo de matéria orgânica em superfície e da fração argila em profundidade (Tabela 1), ambos ligados à formação de agregados (SALTON, et al. 2008).

Por outro lado, na classe de menor diâmetro (0,105-0,053 mm) não foram encontradas diferenças quando comparadas as profundidades, principalmente na área de VN, embora esse resultado tenha apresentado correlação positiva (0,78) significativa ($P < 0,05$) entre porcentagem de agregados estáveis nessas classes e os teores de CSA encontrados nas mesmas na área, que por ser constituído de moléculas orgânicas de diferentes tamanhos e estruturas, englobando, dentre outros, polissacarídeos e ácidos graxos de cadeia longa (STEVENSON, 1994; HERBERT; BERTSCH, 1995), pode atuar como agente ligante formador de estrutura. No entanto, na camada mais superficial da VN (0-2,5 cm) são observados maiores quantidades de macroagregados ($> 2,0$ mm) do que nas demais profundidades avaliadas. Tais resultados se correlacionam com os teores de COT (0,78), AF (0,84) e AH (0,82), observados, apresentando

correlação significativa ($P < 0,05$). Estes resultados podem ainda estar relacionados às maiores concentrações de glomalina encontrada nessas classes, considerando sua forte contribuição na estabilização de agregação do solo (BORIE et al. 2006), agindo como um ligante orgânico que é depositado na superfície dos agregados, desempenhando função de selante hidrofóbico (RILLIG; MUMMEY 2006). Além disso, atua, juntamente com as hifas presentes no solo, aumentando a agregação das partículas e o estoque de carbono no solo (WRIGHT; UPADHYAYA, 1998; RILLIG et al., 2001).

Mesmo os maiores teores de matéria orgânica e substâncias associadas, como os ELT, se encontrarem na área P, pode-se inferir que não houve uma efetiva estruturação desse solo em superfície, em função da textura arenosa (Tabela 1), e devido à ocorrência de ciclos de umedecimento e secagem, comuns em condições irrigadas, o que diminui a estabilidade de agregados dos solos (OLIVEIRA et al., 1996), e, ainda, à desestruturação mecânica ocasionada pelo pisoteio animal. Segundo Leão et al. (2004), o pisoteio animal em toda a superfície e, às vezes, repetidamente no mesmo local promove consideráveis alterações estruturais no solo, especialmente quando este apresentar umidade alta.

A redução de porcentagem de macroagregados estáveis na superfície de P, decorrente de alterações sofridas no solo, como o pisoteio animal, pode ser confirmado pelo aumento da proporção de agregados de menores tamanhos. Resultados semelhantes foram observados por Spohn; Giani, (2011), Puget et al. (2000) e Ashagrie et al. (2007), que relataram que macroagregados são muito mais afetados por mudanças no uso da terra do que microagregados. Além disso, as classes de menor diâmetro estudadas na área P se correlacionaram positiva e significativamente com os teores de COT, AF e AH, justificando sua maior estabilidade.

O papel das gramíneas nos sistemas agrícolas está associado a solos estruturados pelo sistema radicular abundante e à rizodeposição elevada. No entanto, em condições arenosas os agregados são facilmente desestabilizados pela ação do uso e do manejo do solo (MOREIRA; SIQUEIRA 2006). Foram ainda encontrados aumentos significativos das classes de 2,0-1,0 mm nas profundidades de 10-20 e 20-40 cm, e 1,0-0,5 mm na profundidade de 20-40 cm na mesma área. Tal comportamento se assemelha aos incrementos em profundidade dos teores de carbono solúvel em água (CSA) (Figura 1), observados na mesma área. O CSA, por ser constituído de moléculas orgânicas de diferentes tamanhos e estruturas, englobando, dentre outros, polissacarídeos e ácidos

graxos de cadeia longa (STEVENSON, 1994; HERBERT; BERTSCH, 1995) podem atuar como agentes ligantes estabilizadores de estrutura.

3.4. Atributos físicos

As curvas de retenção de água (CRA) para as duas condições estudadas, nas diferentes profundidades do solo são apresentadas na Figura 7. Em ambas as situações, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, a disposição das CRA foi típica de solos arenosos, com grande parte da umidade perdida nas primeiras tensões aplicadas. De modo geral, de acordo com Hillel (1998), em solos arenosos a maioria dos poros são macroporos e, uma vez esvaziados em um sistema de sucção forçada, a maior parte da água é retirada, mesmo em baixas tensões, e apenas uma pequena quantidade de água permanece para ser eliminada gradualmente à medida que se aumenta a sucção.

O uso do solo promoveu redução na capacidade de retenção de água no solo, e nesse sentido, a menor quantidade de água no solo sob P, quando comparada à VN, pode estar relacionada à redução na porosidade total e macroporosidade, em quase todas as profundidades estudadas (Tabela 4). Este resultado, no entanto, discorda dos obtidos em estudos anteriores (Ahuja et al. 1998; Schwartz et al, 2003), que relataram aumentos na retenção de água em baixas tensões, como resultado do cultivo, em função de aumentos na quantidade de microporos.

A menor inclinação da CRA em P, bem como sua menor retenção de água nas diferentes tensões, sugere uma má estruturação do solo, de acordo com Dexter (2004abc), confirmado pelas reduções verificadas na porosidade, quando comparada a sua condição natural. Tal comportamento se manteve em todas as profundidades avaliadas. Observa-se, ainda, que nas profundidades de 20-40 e 40-60 cm houve redução na capacidade de retenção de água, mesmo nas menores tensões aplicadas. As mudanças na forma da CRA com a degradação do solo, de acordo com Dexter (2001) e Marchão et al. (2007) mostram que a CRA tem potencial para ser utilizada como índice de qualidade física do solo em sistemas de uso e manejo que alterem mais a distribuição de poros por tamanho, como pastagens.

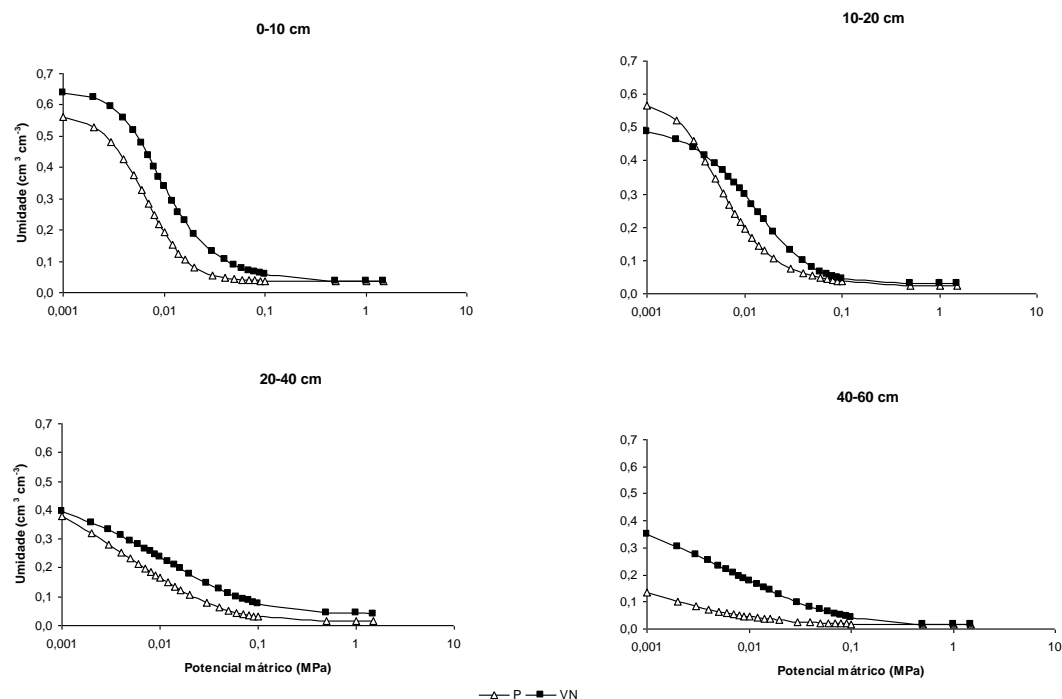


Figura 7. Curvas de retenção da água no solo (CRA) de Argissolo Amarelo Eutrófico Típico nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE.

A porosidade total e macroporosidade na P foi menor em relação à VN, em quase todas as profundidades avaliadas, com exceção à 20-40 cm para macroporosidade, com médias diferindo estatisticamente entre si nas comparações pelos testes Scott-Knott e Tukey ($P < 0.05$) (Tabela 4). Observa-se ainda que os maiores valores de porosidade se encontram, de modo geral, nas primeiras profundidades estudadas (0-10 cm). Quanto aos valores de microporosidade, verificou-se aumentos significativos da variável na área cultivada, com exceção da camada mais superficial estudada (0-10 cm), em consequência da redução de porosidade total e macroporosidade observados. A transformação de macroporos em microporos, como sugerido pelos dados, é comumente observada com o incremento de atividades com o solo (CARVALHO et al. 2004; TORMENA et al. 2004).

Solos arenosos têm, teoricamente, estrutura em grão simples e, com menor perturbação, as áreas sob condição natural mantêm maior porosidade total do que àquelas com mesma classe textural e que sofreram algum tipo de perturbação. Ainda deve-se fazer inferência quanto à maior macroporosidade em superfície observado nos dois tratamentos. Os macroporos estão relacionados com processos vitais para as

plantas, como por exemplo, trocas gasosas, devendo, portanto, ser preservados. A redução da macroporosidade tende a se refletir na porosidade total e no aumento de densidade de solo (SPERA et al. 2006).

Moreira et al. (2005) estudando pastagens degradadas com *Braquiaria brizantha*, verificaram redução na porosidade total e macroporosidade nos primeiros 30 cm do perfil do solo, indicando que esse atributo foi sensível à ação do pisoteio na superfície, independentemente da maior quantidade de matéria orgânica produzida e da maior presença do sistema radicular da forrageira.

Tabela 4. Porosidade do solo, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE

Área	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	20-40	40-60
	Porosidade Total (PT) (%)			
VN	45,0Aa	40,1Ab	37,8Ac	35,3Bd
P	40,2Ba	39,7Ba	37,3Ab	36,2Ac
	Macroporosidade (PMA) (%)			
VN	26,3Aa	22,6Ab	20,2Ac	18,8Ad
P	24,1Ba	19,4Bb	19,1Bc	16,1Bd
	Microporosidade (PMI) (%)			
VN	18,7Aa	17,5Bab	17,6Bab	16,5Bb
P	16,1Bc	20,3Aa	18,2Ab	20,1Aab

.Médias seguidas de letras maiúsculas diferem entre si nas colunas e minúsculas nas linhas pelos testes de Scott-Knott e Tukey (P<0,05).

Os valores médios dos parâmetros de ajuste dos dados experimentais e os valores de índice *S* são apresentados na Tabela 5. Os ajustes realizados com o modelo citado para as duas situações estudadas apresentaram, de modo geral, elevados coeficientes.

Tabela 5. Valores médios dos parâmetros de ajuste da equação de van Genuchten (1980) e índice S nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE

Parâmetros de ajuste da equação de van Genuchten								
Área	Prof. (cm)	θ_{Sat} cm ³ cm ⁻³	θ cm ³ cm ⁻³	α MPa ⁻¹	m	N	S	R ²
VN	0-10	0,459	0,022	0,0136	0,6111	2,0021	0,18	0,99
	10-20	0,394	0,021	0,0033	2,5602	1,0362	0,12	0,98
	20-40	0,377	0,027	0,0006	4,6848	0,5403	0,06	0,99
	40-60	0,010	0,010	0,0006	5,0740	0,5056	0,06	0,99
P	0-10	0,409	0,024	0,0155	1,0125	2,1683	0,21	0,98
	10-20	0,387	0,016	0,0295	0,5099	2,1375	0,15	0,97
	20-40	0,373	0,009	0,0009	5,0408	0,5124	0,06	0,99
	40-60	0,364	0,015	0,0001	7,1207	0,3197	0,04	0,99

θ sat: umidade do solo saturado; θ res: umidade residual do solo.

O índice S variou em função dos tratamentos e profundidades estudadas, mantendo padrão semelhante de comportamento, onde maiores valores foram observados em superfície, decrescendo com aumento da profundidade. Entretanto, estão muito acima dos limites estabelecidos na literatura. De acordo com Dexter; Czyz (2007), índices S tendem a se situar dentro do intervalo 0,007-0,14 em solos agrícolas. Os resultados indicam que apenas a profundidade 10-20 cm nos dois sistemas estudados se encontram dentro dos limites estabelecidos pela literatura. As demais profundidades, ora apresentam valores inferiores e ora superiores, como por exemplo, as profundidades mais superficiais estudadas.

A premissa fundamental do índice S é que a qualidade física ou estrutural do solo é determinada basicamente pelos poros oriundos da estrutura do solo, ao invés de poros decorrentes da textura (HILLEL, 1998; REYNOLDS et al. 2009). No entanto, os elevados valores de S no presente estudo podem ser conferidos à textura arenosa (Tabela 1), que segundo Fidalski; Tormena (2007), proporciona uma maior inclinação da curva de retenção da água no solo. Andrade; Stone (2009) correlacionaram os valores de índices S com alguns atributos físicos de solos brasileiros de diferentes classes texturais e propuseram limites diferentes: valores de S aproximado de 0,045 separa os limites de um solo de boa qualidade estrutural de um solo com tendências a se tornar

degradado; e $S \leq 0,025$ indicam solos inteiramente degradados fisicamente, limites estes, bem superiores aos propostos por Dexter 2004a. Deve-se considerar que Dexter (2004abc) trabalhou com solos de clima temperado, com isso é possível que os limites de dos valores de índice S para solos tropicais seja superior e não aplicável a solos temperados.

Não obstante, nas condições estudadas, é possível relacionar os maiores valores do índice S em superfície aos maiores teores de matéria orgânica e compartimentos relacionados, sugerindo melhores condições estruturais e resultando em melhores condições físicas do solo, mesmo em condições de pisoteio animal. Os dados de índice S indicaram melhor qualidade física do solo sob VN, concordando com Aratani et al. (2009), em estudo que avaliou solos sob sistema de plantio-direto irrigado e de sequeiro, integração lavoura-pecuária e plantio convencional. Nestas situações, os autores verificaram que os valores de índice S mostraram variação entre os sistemas e sempre foi superior ao valor considerado de boa qualidade física do solo estabelecido por Dexter (2004a).

As variações de umidade nos limites críticos do intervalo hídrico ótimo (IHO): θ_{CC} , θ_{PA} , θ_{RP} e θ_{PMP} em função da densidade do solo (D_s), em que são mínimas as limitações ao desenvolvimento das plantas, são apresentadas na Figura 8. As áreas hachuradas nos gráficos representam o IHO. Observou-se que o IHO foi limitado pela θ_{CC} e θ_{RP} em quase todas as profundidades avaliadas para as duas condições estudadas, exceto na área VN nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, nas quais o θ_{PA} é o limite superior do IHO, indicando redução significativa dos macroporos responsáveis pela aeração. No entanto, não foram observadas reduções na macroposidade encontrada nesse estudo (Tabela 3). Resultados similares foram verificados por Imhoff et al. (2001), Klein; Camara (2007) e Tormena et al. (2007), apesar das diferenças nos valores de D_s devido às distintas composições granulométricas e mineralógicas dos solos.

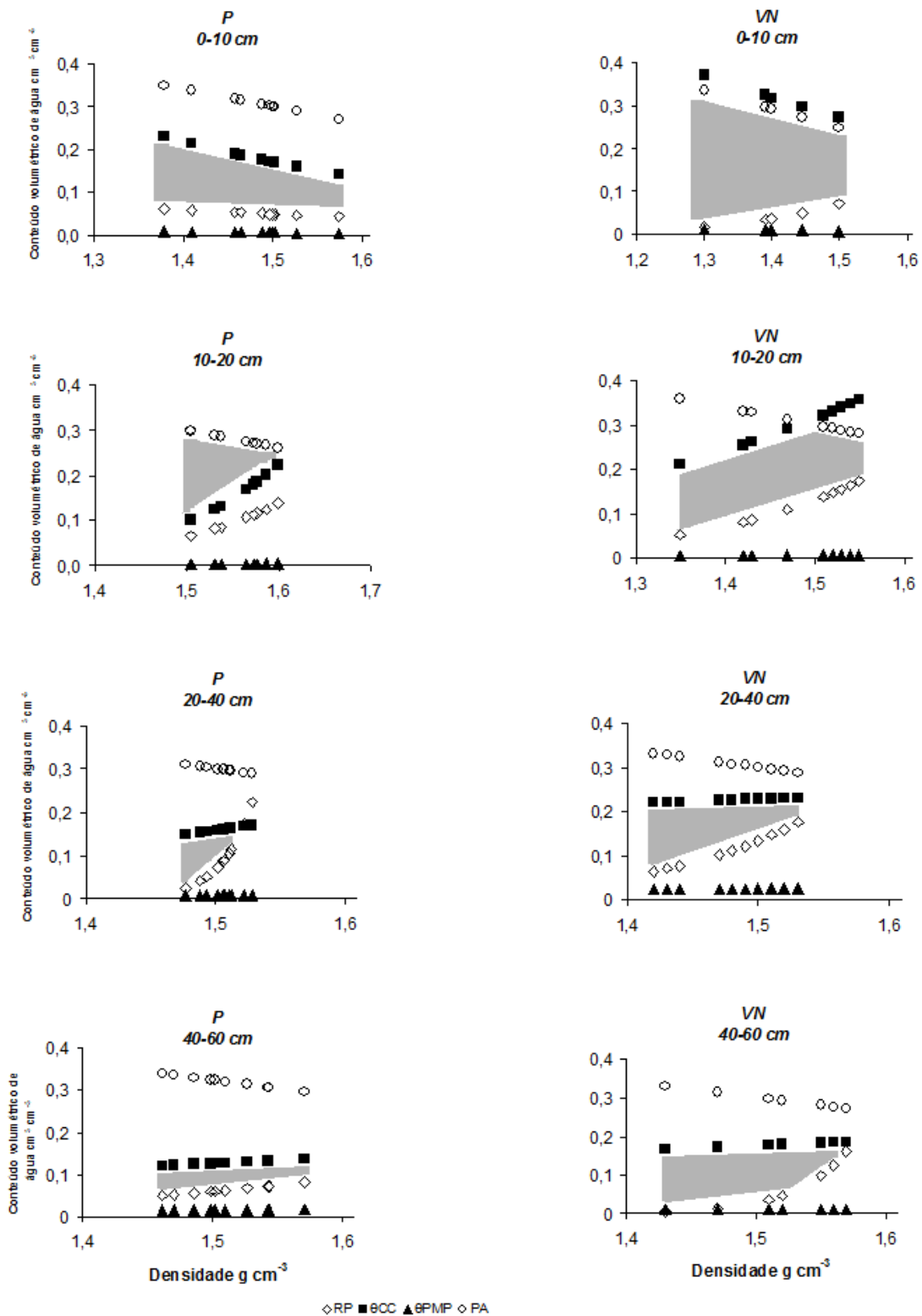


Figura 8. Variação do conteúdo de água com a densidade do solo nos dos níveis críticos da capacidade de campo ($\psi = 0,1$ MPa), ponto de murcha permanente ($\psi = 1,5$ MPa), porosidade de aeração de 10% e resistência à penetração de 2,0 MPa em Argissolo Amarelo Eutrófico Típico sob pastagem (P) e vegetação natural (VN), Fortaleza-CE.

A resistência a penetração (RP) foi, geralmente, a variável que mais reduziu o IHO com o aumento da Ds, como pode ser verificado em Silva et al. (1994) e Tormena et al. (1999). Nesse caso, estratégias que possibilitem a redução da RP poderiam ser adotadas a fim de aumentar o IHO, em concordância com os resultados obtidos por Imhoff et al. (2001). A maior influência da resistência à penetração no IHO também foi encontrada em diversos sistemas de usos, em vários solos, compreendendo distintas classes de textura, inclusive arenosos semelhantes aos aqui estudados (LEÃO et al., 2004; SILVA et al. 1994). Isto demonstra que o conceito de água disponível não é suficiente para prever valores de umidade do solo adequados ao bom desempenho das plantas.

Em solos tropicais, como o aqui estudado, conteúdos de água acima da θ_{CC} podem não ser limitantes para o crescimento das plantas, exceto quando não existe aeração mínima para crescimento das mesmas. No entanto, o limite inferior de água às plantas podem representar fator significativo para o crescimento e causar decréscimos quando atingir valores inferiores a θ_{RP} , sendo, portanto, um atributo que requer maior atenção nessas condições (BEUTLER et al. 2007).

Houve um estreitamento do IHO no solo sob P quando comparado à VN. Tal situação caracteriza a perda de qualidade física do solo em função de perturbações impostas pelo manejo da pastagem. Resultados semelhantes foram constatados por Silva; Kay (1996). De acordo com Silva; Kay (2004), solos com P resultam, frequentemente, em conteúdos de água fora dos limites do IHO. No entanto, isso pode ser indicativo da textura arenosa do solo (Tabela 1), uma vez que pouca quantidade de água foi retida à medida que se aumentavam as tensões matriciais (Figura 7), resultando assim, em faixas restritas de umidade após a inserção dos limites críticos ao crescimento das plantas. Assim, plantas sob tais condições podem estar susceptíveis ao estresse hídrico em condições não irrigadas, em virtude de sua estreita faixa de umidade.

A redução do IHO com o aumento da densidade do solo geralmente resulta em valores de densidade em que o IHO é igual à zero, a qual denomina-se densidade crítica do solo (Dsc) (SILVA et al. 1994). Observou-se ainda, que nas duas situações estudadas, Ds maior que Dsc não ocorreu em nenhuma das profundidades estudadas. Tal condição indica que não existem restrições físicas severas ao crescimento das raízes (LEÃO et al. 2004), mesmo sob pastejo, como em P. Em superfície, em P foram observados maiores distâncias entre os valores de Ds e Dsc, podendo ser atribuído ao efeito indireto da matéria orgânica (56 g kg^{-1} de COT) sobre o IHO, uma vez que

maiores quantidades de matéria orgânica são associadas à menor densidade e assim, maior amplitude do IHO (SILVA; KAY, 1997).

4. CONCLUSÃO

Observou-se de modo geral, que o manejo empregado está conseguindo manter a sustentabilidade do sistema. No entanto, deve-se ressaltar que características intrínsecas, como a textura do solo e densidade radicular das gramíneas, foram determinantes no comportamento de atributos selecionados, como por exemplo, estabilidade de agregados. Foram observadas alterações nos atributos estudados, principalmente na distribuição dos mesmos no perfil, promovendo o aumento dos compartimentos de carbono e nitrogênio do solo, além do teor de lipídeos. Os atributos microbiológicos não sofreram alterações significativas, indicando que a pastagem irrigada não influencia negativamente tais atributos. Quanto aos atributos físicos, como CRA, IHO e índice S, houve interferência de características intrínsecas, como por exemplo, a textura na determinação da qualidade do solo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUJA, R. L.; BARNES, B. B.; CASSEL, D. K.; BRUCE, R. R.; NOFZIGER, D. L. Effect of assumed unit gradient during drainage on the determination on unsaturated hydraulic conductivity and infiltration parameters. **Soil Science**, v.45, p.235-243, 1988.
- ALENCAR, C. A. B. et al., Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38 n. spe. Julho 2009.
- AMADO, T. J. C., MIELNICZUK, J., FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 179–189. 2000.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.25, p.393-395, 1993.
- ANDERSON, J. P. E.; DOMSCH, K. H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology Biochemistry**, v.21, n.4, p.471-479, 1989.
- ANDRADE, R. da S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. R. Bras. **Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 13, p. 382–388, 2009.
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. da S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférrico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 677-687, 2009.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; MENDONÇA, E. S.; SILVA, I. R.; OLIVEIRA, E. K. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. **Acta amazônica**, v. 41, n.1, p. 103 – 114, 2011.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1099-1108, 2007.
- ARSHAD, M. A.; FRANZLUEBBERS, A. J.; AZOOZ, R. H. Surface-soil structural properties under grass and cereal production on a Mollic Cyroboralf in Canada. **Soil and Tillage Research**, v. 77, p. 15-2, 2004.
- ASHAGRIE, Y.; ZECH, W.; GUGGENBERGER, G.; MAMO, T. Soil aggregation, and total and particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. **Soil and Tillage Research**, v.94, p.101-108, 2007.

- ASSIS, C. P.; et al. Lipid abundance and composition of a humic Oxisol as a function of land use. **Scientia Agrícola**, v.68, n.2, p.230-236, March/April, 2011.
- BARETTA, D.; SANTOS J. C. P.; FIGUEIREDO S. R.; KLAUBERG-FILHO, OSMAR. Efeito do monocultivo de Pinus e da queima do campo nativo em atributos biológicos do solo no Planalto Sul Catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29 n.5, 2005.
- BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; FONSECA, S. Atividade microbiana, carbono e nitrogênio da biomassa microbiana em plantações de eucalipto, em seqüência de idades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.611-619, 2008.
- BASTOS, R. S; MENDONÇA E. S.; ALVAREZ V. V. H.; CORRÊA M. M.; COSTA, L. M. Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 21-31, 2005.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; PILLON, C. N.; SANGOI, L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of America Journal**, v.65 p.1473-1478, 2001.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; ERNANI, P. R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. **Plant Soil**, v. 238 p.133-140, 2002.
- BEAUDOIN, N.; SAAD, J. K.; VAN LAETHEM, C.; MACHET, J. M.; MAUCORPS, J.; MARY, B. Nitrate leaching in intensive agriculture in Northern France: Effect of farming practices, soils and crop rotations. **Agriculture Ecosystems & Environment**. v.111, p.292-310, 2005.
- BEER, J. Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. **Agroforestry System** 7, 103–114. 1988.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; LEONEL, C. L.; SÃO JOÃO, A. C. G.; FREDDI, O. S. Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação da qualidade física de um Latossolo Vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1223-1232, 2007.
- BEVER, J. D.; MORTON, J. B.; ANTONOVICS, J.; SCHULTZ, P. A. Host-dependent sporulation and species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a mown grassland. **Journal of Ecology**, v.84, p.71-82, 1996.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of American, p. 363-375. 1986.

- BORIE, F.; RUBIO, R.; ROUANET, J. L.; MORALES, A.; BORIE, G.; ROJAS, C. Effects of tillage systems on soil characteristics, glomalin and mycorrhizal propagules in a Chilean Ultisol. **Soil and Tillage Research**, v.88, p.253-261, 2006.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRANDFORM, J. M. Penetrability. In: Klute, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. Ed. Madson: American Society of Agronomy, Cap:11, p. 463-478. 1986.
- BREMNER, J.M; MULVANEY, C. S. Total nitrogen. In: Page, A.L. Methods of soil analysis. Part 2. Madison: **American Society of Agronomy**, p.595-624. 1982.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil Structure and management: a review. **Geoderma**, v.124, p.3-22. 2005.
- BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.14, p.319-326, 1982.
- BULL, I. D.; NOTT, C. J.; van BERGEN, P. F.; POULTON, P. R.; EVERSLED, R. P. Organic geochemical studies of soils from the Rothamsted classical experiments - VI. The occurrence and source of organic acids in an experimental grassland soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, p. 1367-1376, 2000.
- CAMBARDELLA, C. A., ELLIOTT, E. T. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society American Journal**, v.57, p. 1071-1076. 1993.
- CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ V.V.H.; RIBEIRO, A. C. Pastagens. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Eds.) **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG/UFV, p.332-341, 1999.
- CARMO, J. B.; NEILL, C.; MONTIEL, D. C. G.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. C.; STEUDLER, P. A.; ANDRADE, C A ; PASSIANOTO, C. C; FEIGL, B. J.; MELILLO, J. M. Nitrogen dynamics during till and no-till pasture restoration sequences in Rondônia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Kluwer Academic Publishers, v. 71, p. 213-225. 2005.
- CARNEIRO, M. A. C.; ASSIS, P. C. R.; MELO, L. B. de C.; PEREIRA, H. S.; PAULINO, H. B.; SILVEIRA NETO, A. N. da. Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, p.276-283, 2008.

- CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.1153-1155, 2004.
- CORRÊA, R. M. et al. atributos químicos de solos sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33:305-314, 2009.
- CRHB - Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: **Irrigação e demanda de água no Brasil**, Brasília, 2009.
- de BLAS, E.; RODRÍGUEZ-ALLERES, M.; ALMENDROS, G. Speciation of lipid and humic fractions in soils under pine and eucalyptus forest in northwest Spain and its effect on water repellency. **Geoderma**, v.155, p. 242–248, 2010.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter and effects on root growth. **Geoderma**, v. 120, p. 201-214, 2004a.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tith and hard-setting. **Geoderma**, 120:215-225, 2004b.
- DEXTER, A. R. Soil physical quality: Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. **Geoderma**, 120:227-239, 2004c.
- DEXTER A. R., BIRD, N.R.A Methods for predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve. **Soil and Tillage Research**, v.57, n. 4, p.203-212, 2001.
- DEXTER, A. R., CZYZ, E.A. Applications of S-theory in the study of soil physical degradation and its consequences. **Land Degradation & Development** v. 18, p. 369–381. 2007.
- DINESH, R.; CHAUDHURI, S.G.; GANESHAMURTHY, A.N.; PRAMANIK, S.C. Biochemical properties of soils of undisturbed and disturbed mangrove forests of South Andaman (India). **Wetlands Ecology and Management**, v. 12, p. 309–320, 2004.
- DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curves (swrc, version 2.00). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.191-196, 2000.
- DUFRANC, G.; DECHEN, S. C. F.; FREITAS, S. S.; CAMARGO, A. O. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois Latossolos em plantio direto no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.505- 517, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 306p. 2006.

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, p. 412, 1999.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de solos, 212p. 1997.
- FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, 79:69-116, 1997.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, São Carlos. **Programas e Resumos...** São Carlos: UFSCar, p.255-258, Julho de 2000.
- FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. Qualidade física do solo em pomar de no noroeste do Paraná com manejo da cobertura permanente na entrelinha. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.423-433, 2007.
- FRANÇA, F. M. C. **A importância do agronegócio da irrigação para o desenvolvimento do nordeste**. Banco do Nordeste. Fortaleza, v.1, p. 114, 2001.
- FRAZÃO, L. A.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses Agriculture, **Ecosystems and Environment**. v. 135, p. 161–167. 2010.
- FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; SANTOS, H. P.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F.S. Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 64, p. 221-230, 2002.
- FOLLETT, R. F., Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. **Soil and Tillage Research**, v. 61, p. 77-92. 2001.
- FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; NASCIMENTO, G. B.; ANJOS, L. H. C. dos; EBELING, A. G. Frações da matéria orgânica e fertilidade de solos de Tabuleiro sob diferentes coberturas vegetais no norte fluminense - RJ. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ, 11. 2001, Seropédica. **Anais**. Seropédica: UFRRJ, p.3-6, 2001.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A. Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32: p. 1521-1530, 2008.
- GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. rev. e atual. Porto Alegre: Metrópole, p.159-170. 2008.

- GRABLE, A. R.; SIEMER, E. G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society American Journal**, v. 32, p.180-186, 1968.
- GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v.148, p.185-206, 2001.
- GUGGENBERGER, G.; ELLIOT, E. T.; FRET, S. D.; SIX, J.; PAUSTIAN, K. Microbial contributions to the aggregation of a cultivated grassland soil amended with starch. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 31, p.407-419, 1999.
- HATTENSCHWILER, S.; TIUNOV, A.V.; SCHEU, S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 36, p. 191-218, 2005.
- HERBERT, B. E.; BERTSCH, P. M. Characterization of dissolved and colloidal organic matter in soil solution. In: KELLY, J.M. & MCFEE, W.W. **Carbon forms and functions in forest soils**. Madison, Soil Science Society of America. 63-88. 1995.
- HERMLE, S.; ANKEN, T.; LEIFELD, J.; WEISSKOPF, P. The effect of the tillage system on soil organic carbon content under moist, cold-temperate conditions. **Soil and Tillage Research**, v. 98, p. 94-105, 2008.
- HILLEL, D. Flow of water in unsaturated soil. In: HILLEL, D. **Environmental soil physics**. New York: Academic Press, p.203-241. 1998.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Censo agropecuário, Rio de Janeiro, p.1-777, 2006.
- IMHOFF, S.; PIRES DA S. A.; JUNIOR, D. M. de S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.11-18, 2001.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P. da; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1493-1500, 2000.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.79, p.9-16, 2000.
- ISLAM, K. R.; WEIL, R. R. Microwave irradiation of soil for routine measurement of microbial biomass carbon. **Biology and Fertility of Soils**. v.27, p.408-416, 1998.

- JANSA, J.; MOZAFAR, A.; ANKEN, T.; RUH, R.; SANDERS, I. R.; FROSSARD, E. Diversity and structure of AMF communities as affected by tillage in a temperate soil. **Mycorrhiza**, v.12, p.225-234, 2002.
- JANSEN, B.; NIEROP, K. G. J. Methyl ketones in high altitude Ecuadorian Andosols confirm excellent conservation of plant-specific n-alkane patterns. **Organic Geochemistry**, v.40, p.61-69, 2009.
- KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, v. 338, p. 467-481, 2011.
- KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.221-227, 2007.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: BLACK, C. A., **Methods of Soil analysis. I. Physical and mineralogical methods**. 2 ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, p. 635-662, 1986.
- LEÃO, T. P.; SILVA, A. P.; MACEDO, M. C. M.; IMHOFF, S.; EUCLIDES, V. P. B. Intervalo hídrico ótimo na avaliação de sistemas de pastejo contínuo e rotacionado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 415-423, 2004.
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A. & GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.821-832, 2003.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; BRITO, R. J. Distribuição das substâncias húmicas em solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Universidade Rural**, Série Ciência da Vida, Seropédica, v. 26, n. 1, 2006.
- MacDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. **Animal nutrition**. New York, 607 p. 1995.
- MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. M. da; SANTOS JUNIOR, J. de D.G. dos; SÁ, M. A. C. de; VILELA, L.; BECQUER, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.873-882, 2007.
- MARTÍNEZ, L. J., ZINCK, J. A. Temporal variation of soil compaction and deterioration of soil quality in pasture areas of Colombian Amazonia. **Soil and Tillage Research**, v. 75, 3-17. 2004.
- MARTINS, E. L.; CORINGA, J. E. S.; WEBER, O, L. S.; TOMAZI, M. **Carbono orgânico nas frações granulométricas e fracionamento químico das Substâncias Húmicas de um Latossolo Vermelho Amarelo sob diferentes agrossistemas**. Encontro Brasileiro de Substâncias Húmicas. 2005.

- MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises**. Viçosa, UFV, p.107. 2005.
- MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.295-303, 1994.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1103-1110, 2004.
- MOREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. B.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 155-161. 2005.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 729p. 2006.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 626p. 2002.
- NAAFS, D. F. W.; VAN BERGEN, P. F.; JONG, M. A.; OONINCX, A.; LEEUW, J. W. Total lipid extracts from characteristic soil horizons in a podzol profile. **European Journal of Soil Science**. v. 55, p. 657–669. 2004.
- NETTO, I. T. P.; KATO, E.; GOEDERT, W. J. Atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1441-1448, 2009.
- NIEROP, K. G. J.; NAAFS, D. F. W.; VAN BERGEN, P. F. Origin, occurrence and fate of extractable lipids in Dutch coastal dune soils along a pH gradient. **Organic Geochemistry**. v. 36 p. 555–566. 2005.
- OEHL, F.; SIEVERDING, E.; INEICHEN, K.; MADER, P.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. **Applied and Environmental Microbiology**, v.69, p.2816-2824, 2003.
- OLIVEIRA, T. S.; COSTA, L. M.; REGAZZI, A. J.; FIGUEIREDO, M. S. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro Latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p. 509-515, 1996.
- OSHER, L. J.; MATSON, P. A.; AMUNDSON, R. Effect of land use change on soil carbon in Hawaii. **Biogeochemistry**, v. 65, p. 213–232, 2003.
- PASSIANOTO, C. C.; AHRENS, T.; FEIGL, B. J.; STEUDLER, P. A.; CARMO, J. B.; MELILLO, J. M. Emissions of CO₂, N₂O, and NO in conventional and no-till

- management practices in Rondônia, Brazil. **Biology and Fertility of Soil**, v.38, p.200-208, 2003.
- PAYAN, F.; JONES, D. L.; BEER, J. Dynamics of size–density fractions of soil organic matter following the addition of tree litter to organic coffee farms. **Geoderma**, v. 141 p. 15–22. 2007.
- PINTO, M.; MERINO, P.; DEL PRADO, A.; ESTAVILLO, J. M.; YAMULKY, S.; GEBAUER, G.; PIERTZAK, S.; LAUF, J.; OENEMA, O. Increased emissions of nitric oxide and nitrous oxide following tillage of a perennial pasture. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.70, p.13-22, 2004.
- PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. V. D.; COSTA, L. M.; SANTOS, B .C. M. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 249-258, 2008.
- PORTUGAL, A. F.; JUNCKSH, I.; SCHAEFER, C. E. R. G.; NEVES, J. C. L. Estabilidade de agregados em argissolo sob diferentes usos, comparado com mata. **Revista Ceres**, v. 57, n.4, p. 545-553, 2010.
- PUGET, P.; CHENU, C.; BALESSENT, J. Dynamics of soil organic matter associated with particle size fractions of water-stable aggregates. **European Journal of Soil Science**, v.51, p.595-605, 2000.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.27, n.2, p.29-48, 2003.
- REYNOLDS, W. D.; DRURY, C. F.; TAN, C. S.; FOX, C. A.; YANG, X. M. Use of indicators and pore volume-function characteristics to quantify soil physical quality **Geoderma**, v. 52 p. 252–263. 2009.
- RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, D.C: United States Salinity Laboratory, 160p. (United States Department of Agriculture Handbook, 60). 1954.
- RILLIG, M. C. Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. **Canadian Journal of Soil Science**, v.84, p.355-363, 2004.
- RILLIG, M. C; MUMMEY, D. L. Mycorrhiza and soil structure. **New Phytologist**, v.171, p.41 53, 2006.
- RILLIG, M. C., RAMSEY, P. W., MORRIS, S., ELDOR, P. A. Glomalin, an arbuscular mycorrhizal fungal soil protein, responds to land use change. **Plant and Soil**. v. 253, p. 293 - 299. 2003.
- RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; SCHMIDT, W. F.; TORN, M. S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Plant and Soil**. v.233, p.167–177, 2001.

- SAGGAR, S. Changes in nitrogen dynamics of legume-based pastures with increased nitrogen fertiliser use: impacts on New Zealand's nitrous oxide emissions inventory. **New Zealand Soil News**. v. 52, 110–117. 2004.
- SALIMON, C. I.; WADT, P. G. S.; MELO, A. W. F. Dinâmica do carbono na conversão de florestas para pastagens em Argissolos da Formação Geológica Solimões, no Sudoeste da Amazônia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, p. 29-38, 2007.
- SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.1, p.11-21, 2008.
- SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Ed. Genesis, Porto Alegre, Brasil. 508 p. 1999.
- SANTOS E. E. F.; RIBEIRO M. R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades químicas de solos da região do submédio São Francisco. **Revista Maringá**, v.24, p. 1507-1516, 2002.
- SAVAGE, M. J.; RITCHIE, J. T.; BLAND, W. L.; DUGAS, W. A. Lower limit of soil water availability. **Agronomy Journal**, v.88, p.844-851, 1996.
- SCHWARTZ, F.; ROCHA, M. G.; VÉRAS, M.; FARINATTI, L. H.; PIRES, C. C.; CELLA JUNIOR, A. A. Manejo de milho (*Pennisetum americanum* LEEKE) sob pastejo de ovinos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.9, n.2, p.151-155, 2003.
- SHENCK, N. C.; PEREZ, Y. **Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi**. 2nd. ed. Gainesville: International Culture Collection of VA Mycorrhizal Fungi; University of Florida, 241p. 1988.
- SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. **Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit**, 371p. 1991.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. Linking process capability analysis and least limiting water range for assessing soil physical quality. **Soil and Tillage Research**, p. 167-174. 2004.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. Estimating the least limiting water range of soil from properties and management. **Soil Science Society American Journal**, v. 61, p.877-883, 1997.
- SILVA, A. P.; KAY, B. D. The sensitivity of shoot growth of corn to the least limiting water range of soils. **Plant Soil**, v.184, p.323-329, 1996.

- SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.58, p.1775-1784,1994.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.113-117, 1997.
- SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; FIDALSKI, J.; IMHOFF, S. Funções de pedotransferência para as curvas de retenção de água e de resistência do solo à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1-10, 2008.
- S`IMON, T.; et al. The influence of tillage systems on soil organic matter and soil hydrophobicity. **Soil and Tillage Research**, v.105, September, p.44-48, 2009.
- SIX, J., ELLIOTT, E. T., PAUSTIAN, K.; DORAN, J. W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 62, p. 1367- 1377, 1998.
- SOHI, S., MAHIEU, N., ARAH, J. R. M., POLWSON, D. S. P., MADARI, B.; GAUNT, J. L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. **Soil Science Society of America Journal**, v. 65, p. 1121-1128, 2001.
- SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V. G. A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C. V. S.; CARVALHO, P. C. F.; MARTINS, A. P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.79-88, 2010.
- SOUZA, W. J. O.; MELLO, W. J. Matéria orgânica em um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.1113-1122, 2003.
- SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de pastagens de inverno e de verão em características físicas de solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1193-1200, 2006.
- SPOHN, M.; GIANI, L. Impacts of land use change on soil aggregation and aggregate stabilizing compounds as dependent on time. **Soil Biology and Biochemistry** v. 43, p. 1081-1088, 2011.
- STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: Genesis, composition, reactions**. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.
- SWIFT, R. S. Method for extraction of IHSS soil fulvic and humic acids. In: SPARK, K. M., WELLS, J. D., JOHNSON, B. B **Methods of soil analysis**. Madison : Soil Science of Society of Americam, 1996. p.1018-1020.

- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, G.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEIS, S. I. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed Porto Alegre, Universidade do Rio Grande do Sul. p.174, 1995.
- TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDASKI, J.; COSTA, J. M. da. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 211-219, 2007.
- TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; FIDASKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.1028-1031, 2004.
- TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V. Intervalo ótimo de potencial da água do solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 20, p. 286-292, 1999.
- TORMENA, C. A.; DA SILVA, A. P.; IMHOFF, S. D. C.; DEXTER, A. R. Quantification of the soil physical quality of a tropical oxisol using the S index. **Agricultural Science**. v. 65, p. 56–60. 2008.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Tópicos em ciência do solo**, v.2, p. 195-276, 2002.
- TRUJILLO, W.; FISHER, M. J.; LAL, R. Root dynamics of native savannah and introduced pastures in the Eastern Plains of Colombia. **Soil and Tillage Research**, 87:28-38, 2006.
- van GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 892-898, 1980.
- van HESS, P. A. W.; JONES D. L.; FINLAY, R.; GODBOLD, D. L.; LUNDSTRÖN, U. S. The carbon we do not see – the impact of low molecular weight compounds on carbon dynamics and respiration in forest soils: A review. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 37, p. 1-13. 2005.
- VENZKE FILHO, S. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; FANTE, L.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C. C. . Root systems and soil microbial biomass under no-tillage system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, Brazil, v. 61, n. 5, p. 529-537. 2004.
- VIOLI, H. A.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F.; WRIGHT, S.F.; ESCAMILLA-PRADO, E.; MORTON, J. B.; MENGE, J. A.; LOVATT, C. J. Disturbance changes arbuscular mycorrhizal fungal phenology and soil glomalin concentrations but not fungal spore composition in montane rainforests in

Veracruz and Chiapas, Mexico. **Forest Ecology and Management**, v. 254, p. 276–290. 2008.

- XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.247-258, 2006.
- WARDLE, D. A. Metodologia para quantificação da biomassa microbiana do solo. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Eds.) **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 542 p. (EMBRAPA CNPAF. Documentos, 46). 1994.
- WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors which influence microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 67, p. 321-358, 1992.
- WEISENBERG, G. L. B.; DORODNIKOV, M.; KUZYAKOV, Y. Source determination of lipids in bulk soil and soil density fractions after four years of wheat cropping. **Geoderma**. v.156, p.267-277, 2010.
- WIESENBERG, G. L. B.; SCHWARK, L.; SCHMIDT, M. W. I. Extractable lipids and colour in particle-size fractions and bulk arable soils, **European Journal Soil Science**, v. 57 p. 634–643. 2006.
- WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; SCHMIDT, W. F. Comparison of efficacy of three extractants to solubilize glomalin on hyphae and in soil. **Chemosphere**, v. 64, p. 1219–1224. 2006.
- WRIGHT, S. F., J. L. STARR, and I. C. PALTINEANU. Changes in aggregate stability and concentration of glomalin during tillage management transition. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 1825-1829, 1999.
- WRIGHT, S. F.; UPADHYAYA, A. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**. v.198, p. 97-107, 1998.
- YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Comm. Soil Science Plant Anal.**, v. 19, p. 1467-1476. 1988.
- ZOTARELLI, L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; SIX, J. Impact of tillage and crop rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two oxisols. **Soil and Tillage Research**. v. 95, p. 196-206, 2007.
- ZUCCA, C.; CANU, A.; PREVITALI, F. Soil degradation by land use change in an agropastoral area in Sardinia (Italy). **Catena**, v. 83, 46–5, 2010.

II. ANEXOS

1. DESCRIÇÃO GERAL DO PERFIL

LOCALIZAÇÃO: Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE
SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL:

Amostras coletadas em trincheira aberta sob pastagem natural

ALTITUDE: 20m

LITOLOGIA: Tabuleiros costeiros

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Formação Barreiras

CRONOLOGIA: Terci-Quaternário

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produto de alteração do material supracitado

PEDREGOSIDADE: Não-pedregoso

ROCHOSIDADE: Não-rochoso

RELEVO LOCAL: Levemente ondulado

RELEVO REGIONAL: Levemente ondulado

EROSÃO: Pouca

DRENAGEM: Drenado

VEGETAÇÃO: Gramíneas

USO ATUAL: Pastagem

CLIMA: Aw, Classificação de Koppen

DESCRITO E COLETADO POR: Alan Miotti, Jaime dos S. Henrique,
Lydia Helena, Robson Souza e Sâmia Paiva.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0-9 cm, bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido) e cinzento-brunado-claro (10YR 6/2, seco), areia; média fraca blocos subangulares; solta, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição plana e clara.

A2 9-18 cm, bruno-acinzentado-escuro (10YR 4/2, úmido) e cinzento claro (10YR 6/1, seco); areia, fraca pequena blocos subangulares; macio, muito friável, não plástica e não pegajosa; transição ondulada e abrupta.

E 18-55 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, seco); areia; fraca pequena blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, não-plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.

BE 55-101 cm, bruno (7,5YR 5/4, úmido) e bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/4, seco); areia franca; fraca pequena blocos angulares; ligeiramente duro, muito friável, não plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.

B1 101-121 cm, bruno forte (7,5YR 5/6, úmido) e amarelo avermelhado (7,5YR 7/6, seco); argilo-arenoso; moderada média blocos angulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa.

B2 121-141 cm+, vermelho amarelado (5YR 5/6, úmido) e amarelo avermelhado (7,5YR 5/6, seco) mosqueado vermelho (7,5YR 5/6), comum, médio e distinto; franco argilo-arenoso; forte médio blocos subangulares; muito duro, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e clara.

RAÍZES – comuns finas no horizonte A1; poucas muito finas no horizonte A2; raras médias em E, BE e B2; raras finas em B1.