

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE SOLOS SUBMETIDOS A MANEJO FLORESTAL DE VEGETAÇÃO NATIVA NA CHAPADA DO ARARIPE.

Adriana Oliveira Araújo¹; Luiz Alberto Ribeiro Mendonça²; Sanne Anderson de Moura Araújo²;
Antonio Alisson Fernandes Simplício²; José Valmir Feitosa²; Raimunda Moreira da Franca³; Marta
Regina Kerntopf Mendonça⁴; Sávio de Brito Fontenele¹

Resumo

A capacidade de infiltração e a recarga de aquíferos são afetadas pelo manejo da vegetação e do solo. Neste trabalho foi estudada a capacidade de infiltração de solos submetido a manejo florestal na Chapada do Araripe. A capacidade de infiltração foi associada com a matéria orgânica, utilizada como indicador de modificações na estrutura dos solos. As amostras de solos foram ordenadas em três grupos. O Grupo 1, de área de vegetação preservada e os demais, de áreas antropizadas no manejo. Observou-se que a umidade e a capacidade de infiltração apresentaram boa correlação linear com a matéria orgânica. Os talhões explorados no manejo apresentaram menor teor de matéria orgânica, umidade e capacidade de infiltração, indicando modificações na estrutura do solo. A capacidade de infiltração foi homogênea nas áreas de vegetação preservada e heterogênea nos talhões explorados.

Abstract

The infiltration capacity and aquifer recharge are affected by the vegetation and soil management. Through this research, it was studied the infiltration capacity of soils under forest management in the Araripe plateau. The infiltration capacity was associated with organic matter, used as indicator of modifications in the soil's structure. Soil samples were grouped into three groups. Group 1 represents areas of preserved vegetation, the others, anthropized areas in the forest management. It was observed that soil moisture and infiltration capacity are linearly well correlated with organic matter. The compartments used in the forest management show low organic matter contents, soil

¹ Universidade Federal do Ceará, Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Campus do Pici, Bloco 804, CEP 60450-760, Fortaleza - CE; Fone: (85) 3366 9754; e-mail: adrianasaneamento@yahoo.com.br e sbfontenele@yahoo.com.br.

² Universidade Federal do Ceará, Campus do Cariri, Av. Tenente Raimundo Rocha s/n, Bairro Universitário, CEP 63000-000, Juazeiro o Norte – CE; Fone: (88) 3572 1329; e-mail: larm@ufc.br.

³ Faculdade de Tecnologia Centec – Cariri, Av. Amália Xavier de Oliveira s/n, Bairro Triangulo, CEP 63040-000, Juazeiro do Norte – CE; Fone: (88) 3566 4051; e-mail: rmfcariri@hotmail.com.

⁴ Universidade Regional do Cariri, Departamento de Química Biológica, Rua Cel. Antônio Luiz, 1161, Bairro Pimenta, Crato – CE; Fone: (88) 3102 1212; e-mail: martaluiz@yahoo.com.br.

moisture, and infiltration capacity, indicating modifications in the soil's structure. The infiltration capacity was homogeneous in the areas of preserved vegetation and heterogeneous in the compartments used in the forest management.

Palavras-chave: capacidade de infiltração; matéria orgânica; manejo florestal.

1 – INTRODUÇÃO

O solo é constituído de porções e tipos variáveis de minerais, gases, água e matéria orgânica. Num sentido bem amplo, segundo Silva e Mendonça [1], a matéria orgânica dos solos é a fração que compreende todos os organismos vivos e seus restos nos mais variados graus de decomposição. Entretanto, mais frequentemente, ela é considerada como uma fração não vivente de plantas, animais e microrganismos, que contribui, em média, com aproximadamente 98% do carbono em formas orgânicas total do solo.

A matéria orgânica do solo é um constituinte cimentante, importante na formação e manutenção dos agregados, preservando a macro e micro porosidade, a umidade e a capacidade de infiltração, além de ser indispensável na bioestrutura e produtividade do solo [2, 3].

As baixas taxas de infiltração de água no solo ocorrem onde há redução dos macroporos, e a estrutura dos mesmos é influenciada pela presença de matéria orgânica, haja visto que o aporte considerável de resíduos orgânicos no solo reduz expressivamente a compactação do mesmo [4].

Os solos sob floresta normalmente apresentam significativa macroporosidade, proporcionada por raízes mortas e cavidades de animais, os quais são importantes para facilitar a infiltração e a recarga dos aquíferos, sobretudo em solos argilosos, que de outra forma seriam pouco permeáveis [5].

Como a capacidade de infiltração depende da umidade antecedente, da natureza e da estrutura do solo superficial, ela é afetada pelo tipo de vegetação e manejo. Como o tipo de vegetação e manejo afeta diretamente a dinâmica da matéria orgânica na área, esta pode ser utilizada como indicador de modificações na estrutura dos solos [6, 7].

Na área da Chapada do Araripe, correspondente à região do Cariri cearense, apesar da elevada pluviosidade, comparável a faixa costeira do Estado do Ceará, os recursos hídricos superficiais são escassos e os subterrâneos muito profundos, com exceção de uma depressão topográfica conhecida como falha de Jardim. Esta escassez hídrica levou a uma baixa densidade populacional humana na área, facilitando a conservação de pelo menos uma parte da vegetação original na reserva da Floresta Nacional do Araripe (FLONA) [7].

Na encosta da Chapada surgem centenas de fontes perenes que perdem vazão ao longo dos anos. Estudos realizados por Kemper e colaboradores [8], através de análises de dados históricos, verificaram que a vazão da fonte da Batateira, situada no município do Crato, diminuiu de 1.490 m³/h, em 1854, para 376 m³/h, em 1993.

O desmatamento com seus efeitos na estrutura do solo e na recarga dos aquíferos da Chapada pode ser a causa da redução das vazões destas fontes na encosta. Estudos realizados por Mendonça [9] mostraram que das áreas preservadas na FLONA para as áreas desmatadas há um aumento na densidade aparente dos solos e uma redução na matéria orgânica, umidade, porosidade total e condutividade hidráulica. A alteração destes parâmetros leva à redução da capacidade de infiltração e a um possível esgotamento do solo com conseqüente empobrecimento florestal.

Considerando o teor de matéria orgânica como indicador de modificações na capacidade de infiltração, Mendonça e colaboradores [7] ordenaram solos amostrados em 21 localidades de diferentes formações florestais da Chapada em quatro grupos de matéria orgânica quantitativamente semelhantes, sendo o Grupo 1 representativo de áreas de vegetação nativa preservada e os demais grupos representativos de áreas de vegetação antropizada. O teor de matéria orgânica apresentou boa correlação linear com a umidade e as capacidades de infiltrações inicial e final. O Grupo 1 apresentou maior umidade no período seco que os demais grupos no período chuvoso e uma capacidade de infiltração mais eficaz. O menor conteúdo de matéria orgânica, umidade e capacidade de infiltração do Grupo 4 refletiu uma maior modificação na estrutura do solo capaz de reduzir a recarga nestas áreas.

No presente trabalho, foi feita uma avaliação da capacidade de infiltração dos solos em uma unidade de manejo florestal de vegetação nativa na Chapada do Araripe, associada ao teor de matéria orgânica, utilizado como indicador de modificações na estrutura dos solos. O teor de matéria orgânica dos solos foi ordenado em grupos que foram comparados com os resultados de Mendonça e colaboradores [7].

Como em um manejo a área é dividida em talhões que são explorados individualmente em seqüência anual, será possível entender a dinâmica de modificações ocorridas na estrutura do solo capazes de interferir na recarga do aquífero.

2 – METODOLOGIA

2.1 – Localização da área

A unidade de manejo florestal da Fazenda Pau D'arco, localiza-se no setor oriental da Chapada do Araripe, extremo sul do Estado do Ceará, próxima a divisa com o Estado do

Pernambuco (Figura 1). Ela foi implantada em 2002 com a finalidade de fornecer lenha para uma indústria de cerâmica localizada no município do Crato. Antes da implantação, a partir de 1974, a área foi degradada para plantio de café e outras culturas, além de abrigar aproximadamente 52 famílias, que sobreviviam da caça e da produção clandestina de carvão vegetal.

A unidade de manejo é composta de 11 talhões distribuídos numa área de aproximadamente 15 km². Nas vizinhanças do mesmo encontra-se a FLONA, com aproximadamente 383 km² de área preservada, que exerce grande influência no clima local, tornando-o úmido e desempenhando papel de destaque nos recursos hídricos regionais.

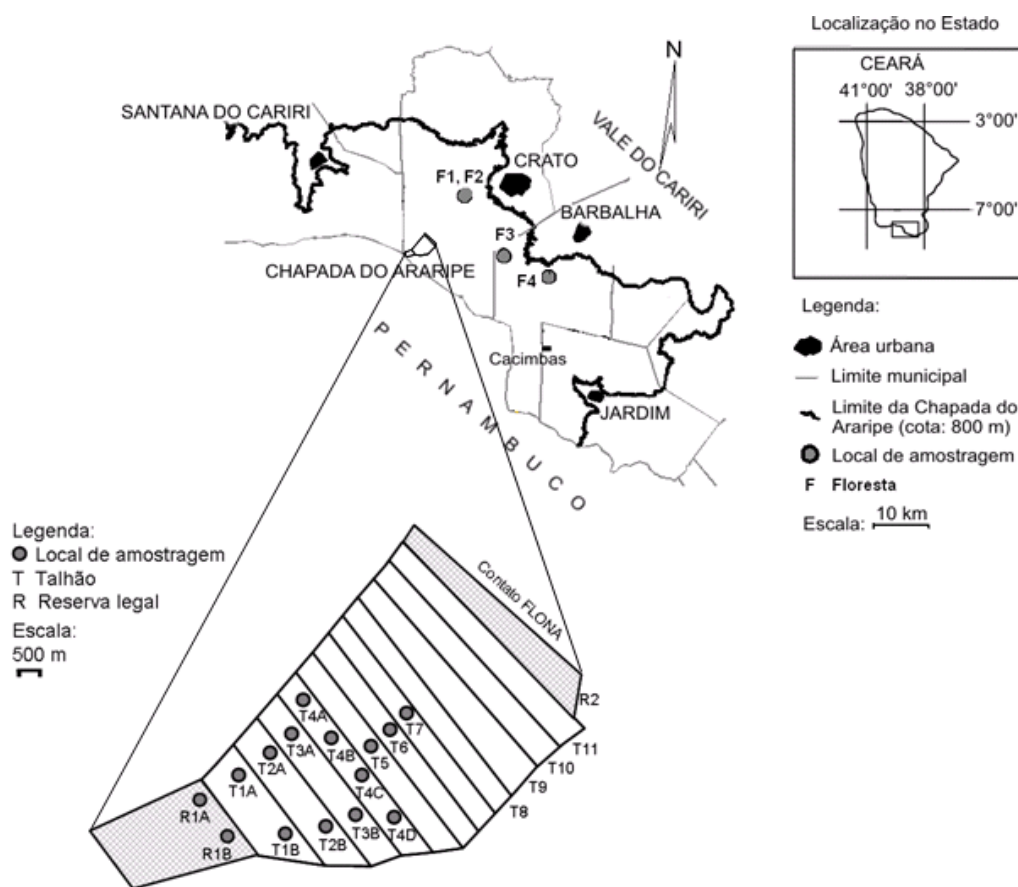


Figura 1. Localização da área de estudo.

O clima desta região é do tipo Aw', característico de "Clima Tropical Chuvoso" (classificação de Köppen), com precipitação média anual de 1.033 mm, distribuída numa estação chuvosa que vai de janeiro a maio [10], temperatura média máxima de 34°C e mínima de 18°C e umidade relativa do ar média máxima de 80% e mínima de 49% [11].

Segundo Jacomine e colaboradores [12], Lima [13] e Cavalcanti e Lopes [14], no setor oriental da Chapada encontra-se: a floresta úmida semiperenifólia, caracterizada pela alta densidade e elevado porte das árvores, sem gramíneas no sub-bosque; o cerradão, caracterizado pela redução

na densidade arbórea e no porte das árvores, com gramíneas no sub-bosque; o cerrado, com árvores esgalhadas, retorcidas e distantes umas das outras; e as áreas antropizadas.

De acordo com o levantamento exploratório de Jacomine e colaboradores [12] e de Carvalho e colaboradores [15], no setor oriental da chapada predominam os solos do tipo latossolos vermelho-amarelo de textura média a argilosa, provenientes dos arenitos da Formação Exu, que afloram na área.

2.2 – Coleta de dados

As coletas de solos para determinação do teor de matéria orgânica e umidade, foram feitas no período seco do ano de 2008 (meses de outubro, novembro e dezembro), por meio de gradagem, a cada 20 cm, até 60 cm de profundidade. Foram feitas coletas em talhões explorados (T1, T2 e T3 na Figura 1), em um talhão com exploração em andamento (T4), em talhões ainda não explorados (T5, T6 e T7) e em um talhão da área de reserva legal (R1). Foram também coletadas amostras na FLONA (F1, F2, F3 e F4), utilizadas como representativas de áreas preservadas.

As amostras foram acondicionadas em recipientes hermeticamente fechados e devidamente identificadas.

2.3 – Determinação da umidade e do conteúdo de matéria orgânica

A umidade foi determinada por método gravimétrico, através da razão entre o peso da água contida na amostra e o peso da parte sólida, após completa secagem em estufa a 105 °C por 24 horas.

O conteúdo de matéria orgânica também foi determinado por método gravimétrico, através da razão entre o peso da fração calcinada da amostra em mufla a 500 °C, por cinco horas, e o peso do solo seco em estufa a 105 °C [16]. As amostras foram pesadas em balança digital com sensibilidade de 0,001 g.

2.4 – Determinação da capacidade de infiltração

A taxa de infiltração de água no solo foi avaliada durante uma hora, utilizando-se cilindros concêntricos com carga variável, conforme metodologia descrita por Forsythe [17]. A curva taxa de infiltração *versus* tempo foi ajustada segundo o modelo de Horton. A partir da curva ajustada foi obtida a capacidade de infiltração final, ou mínima, correspondente à estabilização.

Os testes de infiltração foram executados nos mesmos locais de coleta de solos.

2.5 – Análise estatística

Utilizou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$) para ordenar grupos de solos com perfil de matéria orgânica quantitativamente semelhante e para fazer análise de variância para contrastes entre médias das variáveis umidade e capacidade de infiltração final.

Os grupos ordenados foram comparados com os grupos definidos por Mendonça e colaboradores [7].

Utilizou-se também o coeficiente de variação para análise de dispersão das variáveis umidade e capacidade de infiltração final em cada grupo.

Segundo Gomes [18], nos ensaios agrícolas, para experimentos de campo, os coeficientes de variação são considerados baixos, quando inferiores a 10%; médio, no intervalo de 10 a 20%; alto, entre 20 e 30%; e muito alto, quando superiores a 30%.

Estas análises foram feitas no módulo General Linear Models (GML) do programa Statistical Analysis Systems (SAS), versão de 1990.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de matéria orgânica das amostras de solo coletadas nos talhões da unidade de manejo florestal e na área de vegetação preservada da FLONA, foi ordenado em três grupos, de acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de significância (Figura 2). Cada grupo representa solos com teor de matéria orgânica quantitativamente semelhante.

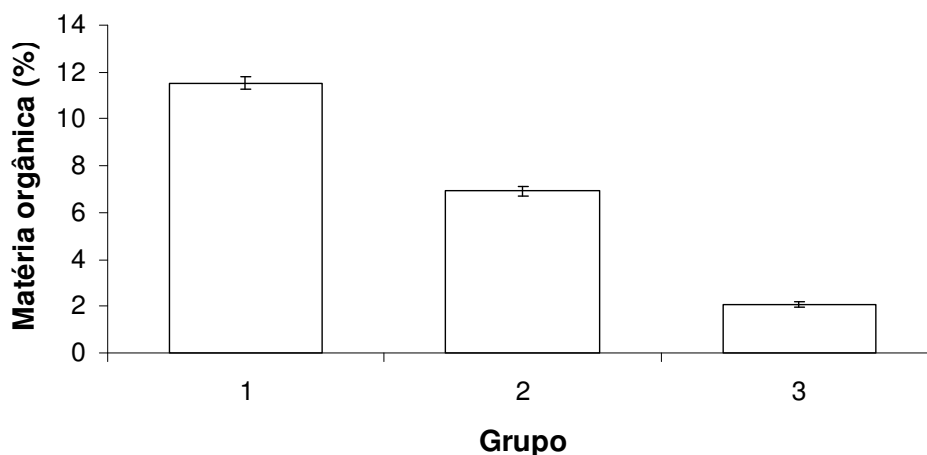


Figura 2. Médias e erro padrão amostral da matéria orgânica, por grupo, ordenadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os Grupos 1 e 2 apresentam teores de matéria orgânica semelhantes aos grupos de mesma ordem identificados por Mendonça e colaboradores [7], já o Grupo 3 apresenta menor teor de matéria orgânica que o Grupo 4 identificado por eles.

As localidades ordenadas por grupo estão na Tabela 1.

Tabela 1. Áreas ordenadas por grupo de matéria orgânica quantitativamente semelhante.

Grupo	Local	Descrição das localidades
1	F1, F2, F3, F4	Floresta úmida
	T4A, T4B, T4C, T4D	Talhão com exploração em andamento
2	T5, T6, T7	Talhões ainda não explorados
	R1A, R1B	Talhão da área de reserva legal
3	T1A, T1B, T2A, T2B, T3A, T3B	Talhões explorados

De acordo com a Tabela 1, os talhões já explorados apresentam menor teor de matéria orgânica que os demais talhões e que a área de floresta preservada. A exposição às intempéries, dos solos desprotegidos dos talhões já explorados (Grupo 3), levou a uma redução significativa do teor de matéria orgânica. Ao contrário dos solos protegidos na floresta úmida, cuja vegetação contribui com o aumento do aporte de matéria orgânica.

A Figura 3 mostra que o modelo de correlação linear entre as médias de matéria orgânica e de umidade dos grupos de Mendonça e colaboradores [7] e da unidade de manejo florestal foi explicado com 85 % de ajuste a este modelo. Este resultado mostra que, em geral, um maior conteúdo de matéria orgânica resulta em uma maior umidade no solo.

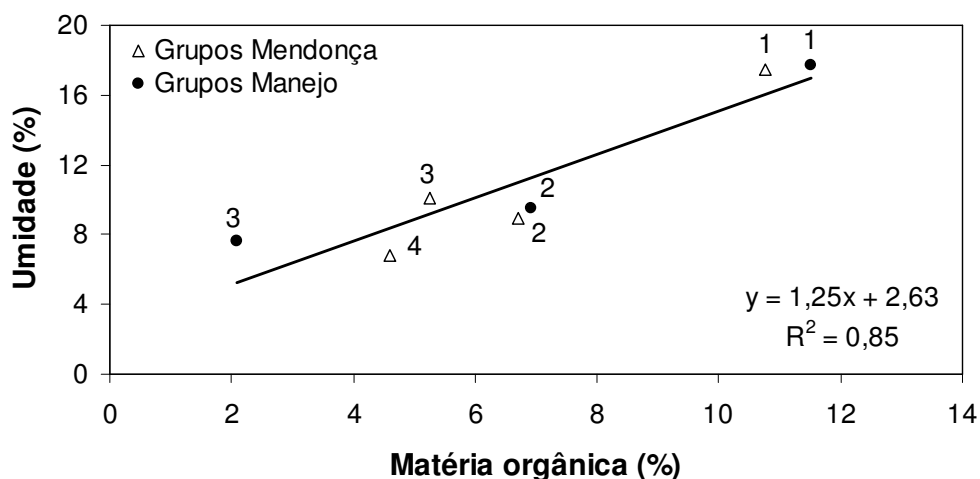


Figura 3. Regressão linear entre as médias de matéria orgânica e de umidade dos grupos de Mendonça e colaboradores [7] e da unidade de manejo florestal.

A Figura 4 mostra a regressão linear entre as médias da capacidade de infiltração final e da matéria orgânica dos primeiros 20 cm de solo para os grupos de Mendonça e colaboradores [7] e da unidade de manejo florestal. Este modelo de correlação linear é explicado com 63% dos dados ajustados, mostrando que quanto maior o conteúdo de matéria orgânica, maior a capacidade de infiltração.

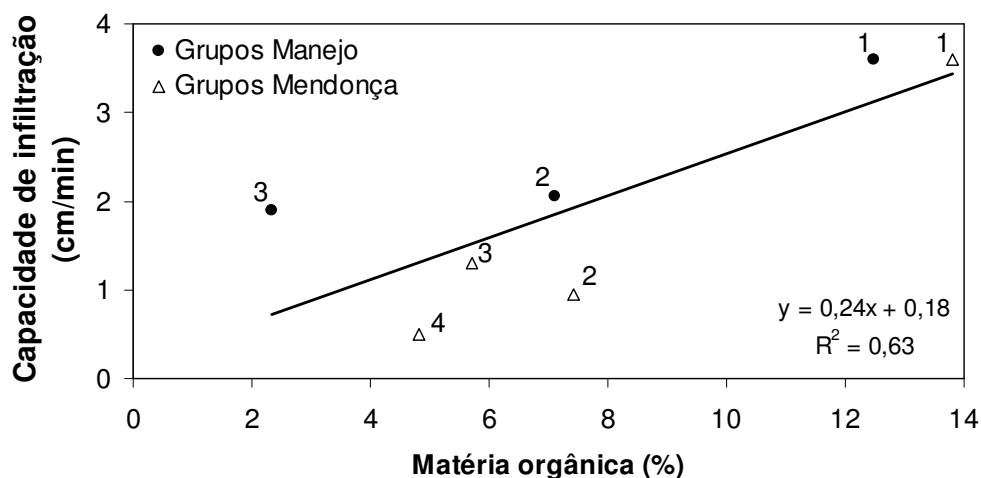


Figura 4. Regressão linear entre as médias de capacidade de infiltração final e de matéria orgânica dos primeiros 20 cm de solo para os grupos de Mendonça e colaboradores [7] e da unidade de manejo florestal.

De acordo com a Figura 4, as maiores capacidades de infiltração foram observadas nas áreas de floresta úmida (Grupo 1), com maior teor de matéria orgânica, e as menores nos demais grupos de áreas antropizadas, com menor teor de matéria orgânica. Nas áreas de floresta preservada, a serrapilheira, a matéria orgânica e as raízes das árvores protegem o solo dos impactos das gotas de

chuva, contribuem com a elevada capacidade de infiltração e ajudam a manter o solo coeso, reduzindo o perigo do transporte de sedimentos.

As médias, valores máximos e mínimos e coeficientes de variação da umidade e da capacidade de infiltração final por grupo estão na Tabela 2.

Tabela 2. Médias, valores máximos e mínimos e coeficientes de variação da umidade (h) e da capacidade de infiltração final (fpc) por grupo.

Grupo	h (%)				fpc (cm/min)			
	méd.	mín.	máx.	c.v.	méd.	mín.	máx.	c.v.
1	17,7 a	13,2	20,1	14,2	3,6 a	3,5	3,8	3,9
2	9,5 b	7,4	13,6	12,4	2,1 b	1,2	3,2	28,4
3	7,6 b	3,4	9,3	19,1	1,9 b	0,4	2,6	48,6

a, b: médias na mesma coluna seguidas por mesma letra minúscula não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

De acordo com a Tabela 2 há diferença significativa entre o Grupo 1, de maior umidade e capacidade de infiltração final, e os demais grupos, indicando uma redução destes parâmetros nos solos dos Grupos 2 e 3.

Os coeficientes de variação para a umidade, foram considerados médios para todos os grupos ($10\% < c.v. < 20\%$). Para a capacidade de infiltração foram considerados: baixo para o Grupo 1 ($c.v. < 10\%$), alto para o Grupo 2 ($20\% < c.v. < 30\%$) e muito alto para o Grupo 3 ($c.v. > 30\%$).

Como a capacidade de infiltração depende da umidade antecedente, da natureza e do estado da estrutura do solo superficial, ela é facilmente afetada pelo tipo de vegetação e de manejo. Neste contexto, a matéria orgânica como material cimentante contribui com a estabilidade da estrutura do solo, tornando a capacidade de infiltração mais homogênea na área. Assim, o Grupo 1, por apresentar maior conteúdo de matéria orgânica e coeficiente de variação baixo, apresenta solos de infiltração homogênea. O Grupo 3, por ter menor conteúdo de matéria orgânica e coeficiente de variação muito alto para a capacidade de infiltração, apresenta solos de infiltração heterogênea.

O Grupo 2, por apresentar valores intermediários do teor de matéria orgânica e do coeficiente de variação para a capacidade de infiltração, indica solos em fase de recuperação, tendendo a homogeneidade da infiltração. Estas áreas estão em recuperação durante oito anos (intervalo de tempo entre a implantação do plano de manejo e a coleta de dados em 2008). Antes da implantação do plano de manejo em 2002 esta área de talhões não explorados havia sido explorada sem controle durante 28 anos.

Como o talhão com exploração em andamento se encontra no Grupo 2 e o talhão explorado um ano antes se encontra no Grupo 3, verifica-se um intervalo de tempo relativamente curto para degradação da matéria orgânica com conseqüentes modificações na estrutura física do solo desprotegido.

4 – CONCLUSÕES

As amostras de solos coletadas nos talhões da unidade de manejo florestal e na área de vegetação preservada, foram ordenadas em três grupos de matéria orgânica quantitativamente semelhante, sendo o de maior valor representativo da área preservada e os subseqüentes representativos das áreas exploradas no manejo florestal. O grupo de menor conteúdo de matéria orgânica apresentou valor inferior ao grupo de pior situação identificado por Mendonça e colaboradores [7].

A umidade do solo e a capacidade de infiltração final apresentaram uma boa correlação linear com o teor de matéria orgânica.

Os talhões já explorados apresentaram menor teor de matéria orgânica que os demais talhões, indicando que os solos desprotegidos apresentaram uma redução significativa deste parâmetro.

O Grupo 1 de maior conteúdo de matéria orgânica e menor coeficiente de variação para a capacidade de infiltração, representou solos de infiltração homogênea.

O Grupo 3 de menor teor de matéria orgânica e elevado coeficiente de variação para a capacidade de infiltração, apresentou solos com infiltração heterogênea.

O Grupo 2, por apresentar valores intermediários do teor de matéria orgânica e do coeficiente de variação para a capacidade de infiltração, indica solos em fase de recuperação, tendendo a homogeneidade da infiltração.

Neste contexto, as áreas de recarga submetidas a manejo florestal, principalmente em regiões semi-áridas, deverão ser consideradas unidade de gerenciamento no manejo da vegetação e do solo, através de estudos e monitoramento contínuo. Os planos de manejos devem ser desenvolvidos utilizando metodologias que contemplem monitoramento e pesquisas contínuas sobre a dinâmica da matéria orgânica e da umidade, a manutenção da integridade física e a evolução da capacidade de infiltração dos solos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (Cogerh), ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama) – Crato, à Área de Proteção Ambiental (APA) – Chapada do Araripe, aos proprietários e gestores da Unidade de Manejo Florestal da Fazenda Pau D’arco, ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC e à Faculdade de Tecnologia Centec – Cariri, pelo apoio logístico; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e, principalmente, a Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) e ao Governo do Estado do Ceará, pelo suporte financeiro.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. **Matéria orgânica do solo**. In: NOVAES, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. p.275-374.
2. CALOURO, F. **Atividade agrícola e ambiente**. 1 ed. Porto: SPI (Sociedade Portuguesa de Inovação), 2005.
3. BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4 ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.
4. SCHNEIDER, J.; SOLER, M. A.; BARETTA, D.; LEITE, D.; MAFRA, A. L.; NAGAOKA, A. N. **Taxa de infiltração e resistência ao penetrômetro em semeadura direta com diferentes profundidades de sulcamento**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 29, 2003, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: UNESP, 2003. CD-Rom.
5. CHENG, J.D.; LIN, L.L.; LU, H.S. Influences of forests on water flows from headwater watersheds in Taiwan. **Forest Ecology and Management**, v. 165, p. 11-28, 2002.
6. BRANDÃO, V.S.; CECÍLIO, R.A.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. **Infiltração da água no solo**. 3 ed. Viçosa: Ed UFV, 2006. 120p.
7. MENDONÇA, L.A.R.; VÁSQUEZ, M.A.N.; FEITOSA, J.V.; OLIVEIRA, J.F.; FRANCA, R.M.; VÁSQUEZ, E.M.F.; FRISCHKORN, H. Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Revista Eng. Sanitária e Ambiental**, 2009. No prelo.

8. KEMPER, K.E.; GONÇALVES, J.Y.B.; BEZERRA, F.W.B. **Um sistema local de gerenciamento e alocação de água – o caso da fonte da Batateira no Cariri – Ceará, Brasil.** In: XI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 11, 1995, Recife. Anais. Recife: ABRH, v. 2, p. 63-68, 1995.
9. MENDONÇA, L.A.R. **Recursos hídricos da Chapada do Araripe.** 193 p. Tese (Doutorado) – Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2001.
10. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Projeto de avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe.** Recife: DNPM, 1996.
11. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais climatológicas, 1961 – 1990.** Brasília: INMET, 1993.
12. JACOMINE, P.K.T.; ALMEIDA, J.C.; MEDEIROS, L.A.R. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado do Ceará.** Boletim Técnico, 28. Recife, MA/DNPEA – Sudene/DRN, v. 2, 1973.
13. LIMA, D.A. **Plantas das caatingas.** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989.
14. CAVALCANTI, A.C.; LOPES, O.F. **Condições edafoclimáticas da Chapada do Araripe e viabilidade de produção sustentável de culturas.** Brasília: Embrapa, 1994.
15. CARVALHO, O.L.; AQUINO, B. F.; FRISCHKORN, H.; AQUINO, M.D.; FONTENELE, R.E.S. **Tecnologia agrícola e de conservação ambiental para o topo da Chapada do Araripe.** Relatório Técnico Final. Fortaleza: BNB/FINEP – ACEP, 1999. 232 p.
16. DAVIES, B.E. Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. **Soil Science Society of America Proceedings**, n. 38, p. 347-353, 1974.
17. FORSYTHE, W. **Física de suelos: manual de laboratório.** New York: University Press, 1975.
18. GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 14 ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477 p.