



ARMAZENAMENTO DE ÁGUA EM DOIS SOLOS SOB DIFERENTES USOS E MANEJOS

Carla Deisiane de Oliveira Costa¹

Marlene Cristina Alves²

Antônio de Pádua Sousa³

RESUMO

O armazenamento de água no solo depende da sua textura, estrutura, distribuição e tamanho médio dos poros, estando diretamente relacionado ao uso e manejo do solo. Este trabalho teve por objetivo comparar os efeitos dos diferentes usos e manejos do solo e avaliar a capacidade de armazenamento de água nos solos da sub-bacia Jardim Novo Horizonte localizada em Ilha Solteira, SP. Os solos da sub-bacia são o Latossolo Vermelho e o Argissolo Vermelho-Amarelo. As coletas de solos foram realizadas em dez locais ao longo da sub-bacia, sendo seis localizados no Latossolo e quatro no Argissolo, e em cada local cinco repetições. Os usos destes solos foram: um local cultivado com manga, quatro com pastagem e um com cultura anual de milho, no Latossolo, e dois locais com pastagem, cultura anual e uma área com fragmento de mata, no Argissolo. A área com fragmento de mata apresentou maior valor de armazenamento de água no solo. Os solos da sub-bacia Jardim Novo Horizonte apresentam baixa capacidade de armazenamento de água. Observa-se a influência da estrutura e textura tanto no armazenamento de água nos solos, como na curva de retenção de água destes.

Palavras-chave: Uso e Manejo do Solo; Textura do Solo; Estrutura do Solo.

ABSTRACT

Water storage in two soils under different land uses and management. The water storage in the soil depends on texture, structure, distribution and average pore size being directly related to land use and management. This work had for objective to compare the effects of different uses and management of soil and to evaluate the storage water capacity in soils of sub-river basin Jardim Novo Horizonte located in Ilha Solteira, State São Paulo. The soils of the sub-river basin are Red Oxisol and Red-Yellow Alfisol. Six and four spots were evaluated in the first and second soils, respectively, totaling ten spots along the sub-river basin with five replications each. The soil uses were: area cropped with mango, four areas under pasture and area with annual crop, in the Oxisol,

¹PPG em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Unidade de Aquidauana, Aquidauana, MS, Brasil. E-mail para correspondência: carladeisiane@uems.br.

²Depto. de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP/FEIS, Ilha Solteira, SP, Brasil.

³Depto. de Engenharia Rural, UNESP/FCA, Botucatu, SP, Brasil.

and two areas under pasture, one with annual crop and another with forest fragment, in the Alfisol. The area with forest fragment showed higher water storage in the soil. The soils of sub-river basin Jardim Novo Horizonte has low water storage capacity. It is observed, the influence of structure and texture both in water storage in the soil, as in the water retention curve of these.

Keywords: Soil Use and Management; Soil Texture; Soil Structure.

INTRODUÇÃO

A sub-bacia Jardim Novo Horizonte está localizada nas proximidades da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, estado de São Paulo. Esta região apresenta problemas ambientais, como erosão do solo e assoreamento dos rios, além da escassez de vegetação nativa. Todos estes problemas foram ocasionados pela falta de planejamento ambiental e pelo manejo inadequado dos recursos naturais.

A ocupação inadequada dos solos em bacias hidrográficas vem causando a degradação dos mesmos, afetando principalmente a qualidade da água. Neste sentido, de acordo com Paiva (2001) é importante compreender os fatores que integram o processo de erosão do solo, pois este conhecimento serve como base para a elaboração de medidas que visem maximizar o uso sustentável dos recursos naturais disponíveis e evitar os efeitos negativos decorrentes da produção, do transporte e da deposição de sedimentos, relacionadas ao manejo, ao uso e a ocupação do solo.

Dentre as propriedades do solo que mais sofrem alterações pelo uso e manejo, está a estrutura, que reflete na porosidade do solo, e conseqüentemente, na sua capacidade de armazenamento de água. De acordo com Costa (2010), a capacidade de armazenamento de água no solo depende da sua textura, estrutura, distribuição e tamanho médio dos poros, fatores diretamente relacionados aos processos de escoamento superficial e erosão. Quanto maior for a capacidade de um solo em armazenar água, menor será o escoamento superficial de água neste solo.

Portugal *et al.* (2008), verificaram menor armazenamento de água em solo cultivado com cana devido ao revolvimento realizado na implantação da cultura, pois o revolvimento do solo causa um aumento na macroporosidade e conseqüente diminuição da microporosidade.

Além disso, alguns autores relatam que a compactação do solo também causa a diminuição do armazenamento de água no solo. Dentre eles citam-se Figueiredo *et al.* (2008), que observaram nas áreas com degradação das pastagens e conseqüente degradação dos solos, diminuição na capacidade de armazenamento de água no solo. O arranjo das partículas sólidas do solo durante o processo de compactação faz com que o espaço poroso do solo seja reduzido, assim, ocorre uma diminuição do potencial de armazenamento de água deste solo (Ceconi *et al.*, 2007).

Com relação à curva de retenção de água nos solos, esta é uma relação entre o potencial matricial ou tensão de água no solo e a umidade volumétrica deste, sendo o teor de água no solo

menor com o aumento da tensão. Sabe-se que a curva de retenção é bastante influenciada pela estrutura e textura do solo, sendo que, de acordo com Hillel *et al.* (1970) sob menores tensões sofrem maior influência da estrutura do solo, e sob maiores tensões a textura passa a exercer maior influência. Por isso, os diferentes usos e manejos do solo também proporcionam modificações na curva de retenção, isso ocorre nas menores tensões, ou seja, nos maiores teores de água no solo.

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo comparar os efeitos dos diferentes usos e manejos do solo e avaliar a capacidade de armazenamento de água nos solos da sub-bacia Jardim Novo Horizonte localizada em Ilha Solteira, SP.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na sub-bacia Jardim Novo Horizonte com 2.200 ha, localizada no município de Ilha Solteira, Noroeste do Estado de São Paulo, com coordenadas geográficas de 20°22'45,17" e 20°25'47,68" de latitude Sul, 51°19'9,66" e 51°22'7,17" de longitude Oeste de Greenwich e altitude média de 320 metros.

A classificação climática da região, de acordo com Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. As médias anuais são 23°C de temperatura, 1.370 mm de precipitação pluvial e a umidade relativa do ar está entre 70 e 80% (Vanzela, 2003). A vegetação original da região é de cerrado.

Os solos mais representativos da sub-bacia são: Latossolo Vermelho Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, representando 70 e 30% da área total, respectivamente (Queiroz, 2008). A análise granulométrica destes solos encontram-se na tabela 1, estes foram classificados de acordo com a Embrapa (Santos *et al.*, 2013).

As coletas de solos foram realizadas em dez locais ao longo da sub-bacia, sendo seis localizados no Latossolo Vermelho distrófico e quatro no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, as quais foram feitas aleatoriamente, dentro de diferentes formas de uso e de ocupação dos solos.

Para cada uso e ocupação do solo determinado, foram realizadas as coletas em 5 pontos, nas camadas de 0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m. Os usos e ocupações no Latossolo foram: cultura da manga (M_{lat}), quatro locais com pastagem (P_{lat1} , P_{lat2} , P_{lat3} e P_{lat4}) e a cultura anual (CA_{lat}) (solo preparado para a implantação da cultura do milho). No Argissolo os usos e ocupações foram: dois locais com pastagem (P_{arg1} e P_{arg2}), cultura anual (CA_{arg}) (solo preparado para a implantação da cultura do milho) e a área com fragmento de mata (FM) que se encontra em uma área de transição entre o Latossolo e o Argissolo. A descrição dos usos e ocupações dos solos encontra-se na tabela 2.

Tabela 1. Granulometria dos solos, nas camadas de 0,0 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m.

Usos e ocupações dos solos	Camadas (m)	Argila -----	Areia (g kg ⁻¹)	Silte	Classe Textural

Latossolo Vermelho Distrófico					
M _{lat}	0,0 - 0,1	208	684	108	Franco-argilo-arenosa
	0,1 - 0,2	284	623	93	Franco-argilo-arenosa
P _{lat1}	0,0 - 0,1	195	710	95	Franco-arenosa
	0,1 - 0,2	238	666	96	Franco-arenosa
P _{lat2}	0,0 - 0,1	60	873	67	Areia franca
	0,1 - 0,2	89	838	73	Areia franca
P _{lat3}	0,0 - 0,1	183	670	147	Franco-arenosa
	0,1 - 0,2	259	598	143	Franco-argilo-arenosa
P _{lat4}	0,0 - 0,1	167	732	101	Franco-arenosa
	0,1 - 0,2	220	649	131	Franco-argilo-arenosa
CA _{lat}	0,0 - 0,1	125	791	84	Franco-arenosa
	0,1 - 0,2	148	772	80	Franco-arenosa
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico					
FM	0,0 - 0,1	249	554	197	Franco-argilo-arenosa
	0,1 - 0,2	277	520	203	Franco-argilo-arenosa
P _{arg1}	0,0 - 0,1	235	592	173	Franco-argilo-arenosa
	0,1 - 0,2	245	583	172	Franco-argilo-arenosa
CA _{arg}	0,0 - 0,1	339	186	475	Franco-argilo-siltosa
	0,1 - 0,2	362	178	460	Franco-argilo-siltosa
P _{arg2}	0,0 - 0,1	172	701	127	Franco-arenosa
	0,1 - 0,2	238	613	149	Franco-argilo-arenosa

M_{lat} = Cultura da manga, P_{lat1} = Pastagem, P_{lat2} = Pastagem, P_{lat3} = Pastagem, P_{lat4} = Pastagem, CA_{lat} = cultura anual, FM = Área com fragmento de mata, P_{arg1} = Pastagem, CA_{arg} = Cultura anual e P_{arg2} = Pastagem.

Tabela 2. Descrição dos usos e ocupações dos solos da sub-bacia Jardim Novo Horizonte.

Uso e ocupação dos solos	Características
Cultura Perene	Área cultivada com manga (<i>Mangifera indica</i> L.) há 12 anos.
Cultura Anual	Área cultivada com milho (<i>Zea mays</i> L.) há 20 anos, com preparo convencional (arado de discos e grade niveladora).
Pastagem	Área cultivada com braquiária (<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf) há 8 anos.
Fragmento de mata	Área de vegetação arbórea com pequenos fragmentos remanescentes de áreas de vegetação nativa.

As áreas com pastagens, tanto no Latossolo como no Argissolo, possuem o mesmo tempo de implantação (8 anos) e são cultivadas com a mesma espécie (*Brachiaria decumbens* Stapf). A sub-bacia Jardim Novo Horizonte está ocupada em 50% do total de sua área por pastagens, justificando a maior quantidade de locais amostrados neste uso e ocupação do solo.

Para a determinação do armazenamento de água no solo, as amostras foram colocadas na Câmara de Richards segundo metodologia da Embrapa (1997). As amostras foram submetidas às tensões de - 0,01 e -1,5 MPa, obtendo-se assim o teor de água no solo sob essas duas tensões, para posterior cálculo da capacidade de água disponível no solo, por meio da fórmula:

$$CAD = (\theta_{cc} - \theta_{pmp}) \cdot z \quad (1)$$

Em que:

CAD = Capacidade de água disponível no solo, mm;

θ_{cc} = Teor de água no solo com base em volume na capacidade de campo (- 0,01 MPa);

θ_{pmp} = Teor de água no solo com base em volume no ponto de murcha permanente (-1,5 MPa);

z = Camada onde foi coletada a amostra, mm.

A curva de retenção foi determinada de acordo com a metodologia da Embrapa (1997), obtendo-se a umidade volumétrica na Câmara de Richards, para os potenciais de - 0,01; - 0,03; - 0,1; - 0,5; e - 1,5 MPa.

Os resultados da capacidade de armazenamento de água nos solos foram submetidos à análise conjunta e teste estatístico de Tukey para as comparações de média a 5% de probabilidade. A análise foi realizada para cada classe de solo, utilizando-se o programa computacional SAS (Schlotzhaver e Littell, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observam-se baixos valores de capacidade de armazenamento de água (Tabela 3) devido os solos da sub-bacia Jardim Novo Horizonte serem de textura média (Tabela 1). Não houve diferença significativa entre os diferentes usos do solo, nas duas camadas avaliadas, para o Latossolo, e para o Argissolo só houve diferença para a camada de 0,10 a 0,20 m, devido aos maiores teores de argila nesta camada para este solo.

Tabela 3. Valores médios de armazenamento de água no solo (mm), para as duas classes de solos, sob diferentes formas de uso e de ocupação, nas camadas de 0,0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m.

Usos e ocupações dos solos	Armazenamento de água no solo (mm)	
	0,0 a 0,10 m	0,10 a 0,20 m
Latossolo Vermelho Distrófico		
M _{lat}	6,67 A	7,17 A
P _{lat1}	6,04 A	6,03 A
P _{lat2}	6,15 A	5,92 A
P _{lat3}	5,96 A	7,13 A
P _{lat4}	6,46 A	5,18 A
CA _{lat}	8,21 A	7,42 A
CV (%)	24,18	21,69
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico		
FM	11,71 A	12,06 A
P _{arg1}	9,77 A	7,91 B
CA _{arg}	7,20 A	7,48 B
P _{arg2}	8,87 A	7,60 B
CV (%)	27,86	17,44

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

M_{lat} = Cultura da manga, P_{lat1} = Pastagem, P_{lat2} = Pastagem, P_{lat3} = Pastagem, P_{lat4} = Pastagem, CA_{lat} = cultura anual, FM = Área com fragmento de mata, P_{arg1} = Pastagem, CA_{arg} = Cultura anual e P_{arg2} = Pastagem.

No Latossolo os valores mais alto e baixo de armazenamento de água no solo, das áreas com cultura anual (CA_{lat}) e a pastagem (P_{lat3}), respectivamente, se enquadraram na mesma classe textural classificada como franco arenosa, além disso, a área com cultura anual (CA_{lat}) apresentou um dos maiores teores de areia e o maior valor de capacidade de armazenamento no Latossolo, atentando que essa diferença não foi devido à textura dos solos e sim outra causa relacionada à porosidade e a estrutura deste solo.

De acordo com Reinert e Reichert (2006) a textura e a estrutura do solo definem a área superficial e a arquitetura do sistema poroso, sendo estes os principais fatores associados ao armazenamento de água nos solos. Reichardt e Timm (2004) afirmam ainda que a estrutura do solo é a principal propriedade que determina a capacidade de armazenamento de água seguida da textura e da matéria orgânica.

Mesmo não havendo diferença significativa, observam-se menores valores de armazenamento de água no Latossolo para as áreas com pastagens, provavelmente devido ao avançado estado de degradação destas áreas. Figueiredo *et al.* (2008) também verificaram que a degradação da pastagem causa diminuição na capacidade de armazenamento de água no solo.

Para Bertoni e Lombardi Neto (2010), as pastagens são consideradas boas coberturas do solo, entretanto, em consequência de práticas incorretas de manejo, como pouca ou nenhuma adubação e pastoreio excessivo, ocorre aumento da densidade do solo, redução da macroporosidade

e queda na disponibilidade de forragem, devido à perda da capacidade de regeneração natural da pastagem e escassez de cobertura do solo, culminando na compactação do solo pelo pisoteio dos animais.

O processo de compactação reduz o espaço poroso do solo, e assim, ocorre uma diminuição da quantidade de água armazenável neste solo. De acordo com Figueiredo *et al.* (2008), práticas de melhorias dos solos com o uso de adubação e correção, com conseqüente aumento da cobertura vegetal, promovem um ambiente mais propício para a formação de uma estrutura que favoreça o armazenamento de maior volume de água nestes solos.

De maneira geral, observam-se nas duas camadas estudadas, maiores valores de armazenamento de água para o Argissolo, verificando a influência da textura na capacidade de armazenamento. A argila retém mais água por possuir menor área e maior superfície específica.

Neste solo observa-se que, a área sob fragmento de mata (FM) com textura franco-argilo-arenosa apresentou maior capacidade de armazenamento e a área com cultura anual (CA_{arg}) com textura franco-argilo-siltosa o menor valor, devido ao maior teor de silte para esta área, e, além disso, o efeito da estrutura, uma vez que, a área de mata não sofreu práticas de manejo.

Portugal *et al.* (2008), verificaram menor armazenamento de água em solo cultivado com cana devido ao revolvimento do solo realizado na implantação da cultura, e estes resultados concordam com os obtidos neste trabalho.

Com relação à área com fragmento de mata (FM), observa-se que esta apresentou maior capacidade de armazenamento de água, mesmo sendo uma área com vegetação remanescente. Matias *et al.* (2009) comparando as propriedades físicas de um Latossolo ocupado por pastagem, milho e mata nativa, observaram maior retenção de água para a área de mata nativa.

Diante disso, observa-se que as áreas com mata apresentam maior aporte de matéria orgânica proporcionando melhor retenção da água pelo solo. De acordo com Smith *et al.* (1985), a matéria orgânica aumenta a área superficial específica do solo, levando a um acréscimo na retenção de água no solo e conseqüente aumento nos teores de água no solo.

Com relação aos menores valores observados para o Latossolo em todos os usos, de acordo com Figueiredo *et al.* (2008), os Latossolos do cerrado são solos que apresentam baixa retenção de água, devido principalmente, à composição oxídica da fração argila e a presença de estrutura do tipo granular, lhe conferindo menores valores comparados com o Argissolo.

Quanto às curvas de retenção de água nos solos, observa-se que no Latossolo a curva apresenta o mesmo comportamento para todos os usos e manejos, com maior conteúdo de água no solo nas menores tensões, principalmente no intervalo entre as tensões - 0,01 e - 0,03 Mpa, sendo

que, a partir da tensão - 0,5 Mpa, os teores de água permanecem praticamente constantes (Figura 1). Esta queda brusca no teor de água no solo nas tensões mais altas também foi descrita por Carvalho Júnior *et al.* (2013) estudando solos arenosos.

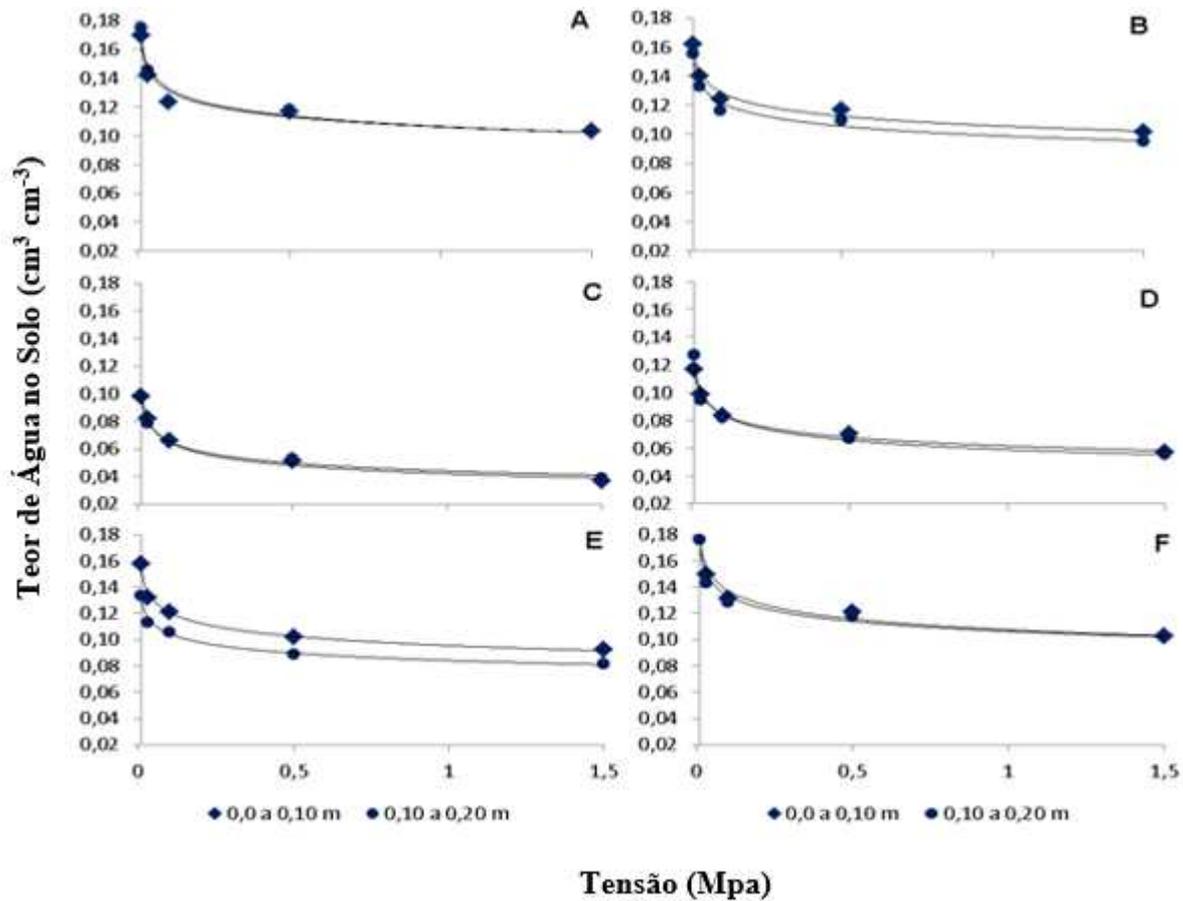


Figura 1. Curva de retenção de água no solo sob os diferentes usos e manejos no Latossolo: Manga (M_{lat}) (A), Pastagens ($P_{\text{lat}1}$), ($P_{\text{lat}2}$), ($P_{\text{lat}3}$) e ($P_{\text{lat}4}$) (B, C, D e E, respectivamente), e Cultura anual (CA_{lat}) (F).

Porém no Argissolo, há um comportamento diferente, principalmente nas pastagens ($P_{\text{arg}1}$) e ($P_{\text{arg}2}$) e para a área com fragmento de mata (FM) (Figura 2). Observa-se que a curva apresenta uma queda mais acentuada, se tornando constante apenas sob maiores tensões, aproximadamente, a partir da tensão de - 1,0 MPa, devido às características deste solo, o qual mesmo sendo de textura média, apresenta maiores teores de argila em relação ao Latossolo. E também devido ao efeito da estrutura dos solos, em que no Latossolo, principalmente nas áreas cultivadas com pastagem há maior degradação do solo.

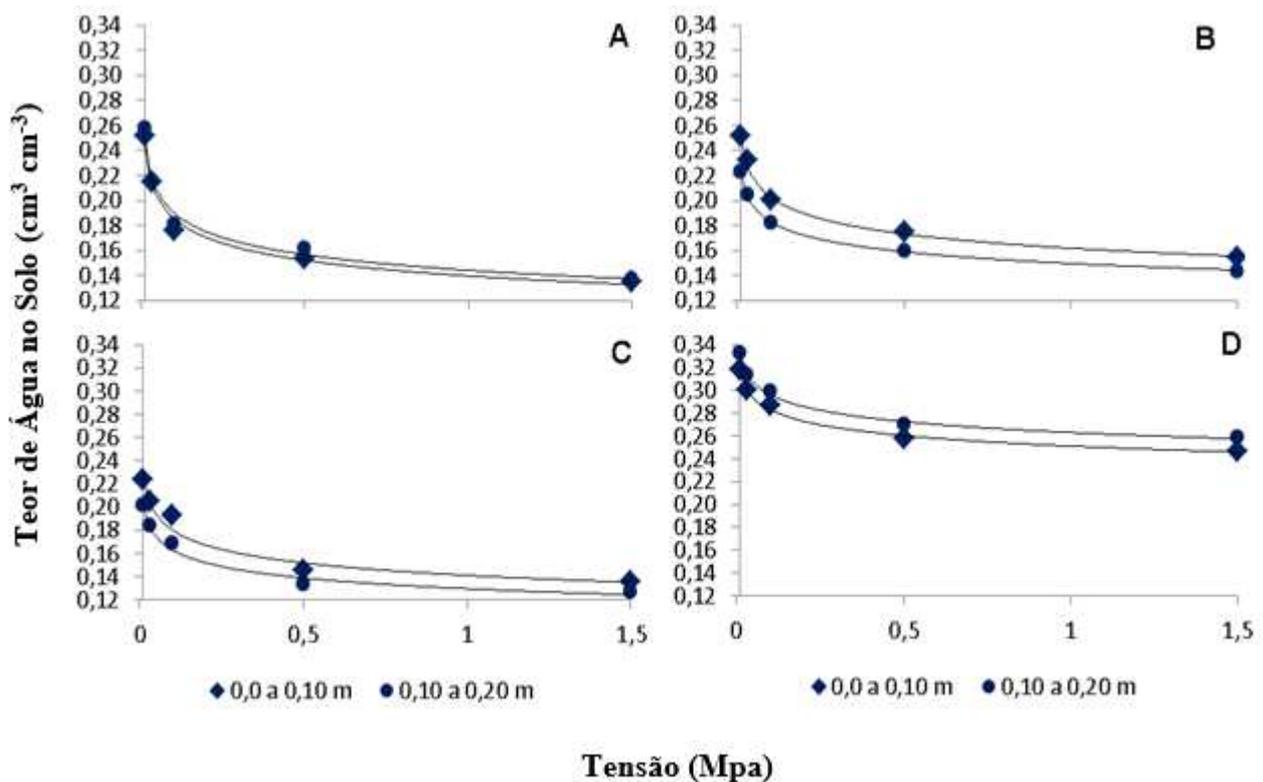


Figura 2. Curva de retenção de água no solo sob os diferentes usos e manejos no Argissolo: Fragmento de mata (FM) (A), Pastagens (P_{arg1}) e (P_{arg2}), (B e C, respectivamente), e Cultura anual (CA_{arg}) (D).

Rawls *et al.* (1991) observaram que, em baixas tensões, a curva de retenção é influenciada por poros estruturais associados ao efeito da matéria orgânica na formação e na estabilidade da estrutura do solo. Em elevadas tensões, a composição granulométrica e a mineralogia do solo tornam-se mais importantes devido à superfície disponível para a adsorção de água.

De acordo com Hillel (1970), isso ocorre devido em altos conteúdos de água, nos quais fenômenos capilares são de importância na retenção de água, esta depende da densidade do solo e da porosidade, enquanto, para menores conteúdos de água, em que o fenômeno de adsorção domina, depende mais da textura e da superfície específica das partículas do solo.

Além disso, verifica-se diferenças entre as curvas em uma mesma classe textural, de acordo com Kiehl (1979), solos de mesma classe textural podem reter diferentes conteúdos de água em uma mesma tensão, e isso deve-se, em parte, à ampla variação nos teores das frações granulométricas que uma classe pode abranger e também às variações na densidade do solo. Isso também ocorre, segundo Carvalho Júnior *et al.* (2013), devido haver variações com o teor de matéria orgânica e a agregação do solo, pois estas exercem influência sobre a retenção de água, principalmente pelo efeito na porosidade.

CONCLUSÕES

A área com fragmento de mata (FM) apresentou maior conteúdo de água no solo, mesmo sendo uma área com vegetação remanescente, observando, além da influência da matéria orgânica sobre a retenção da água, o fato desta área não ter sofrido alterações na estrutura do solo pelas práticas de manejo.

A sub-bacia Jardim Novo Horizonte apresenta baixa capacidade de armazenamento de água nos solos, devido a sua textura média, além das alterações na estrutura do solo provocadas pelos diferentes usos e manejos. Observando com isso, a influência da estrutura e textura tanto no armazenamento de água nos solos, como na curva de retenção de água destes.

REFERÊNCIAS

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. 2010. **Conservação do solo**. 7. ed. São Paulo: Editora Ícone, 355p.

CARVALHO JÚNIOR, J. I. T. et al. 2013. Influência de diferentes usos agrícolas na curva de retenção de água em Latossolo Amarelo distrófico no Perímetro Irrigado Piauí, Estado de Sergipe. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE, 6, 2013, Aracajú. CD-ROM.

CECONI, D. E. et al. 2007. Influência do uso do solo nas propriedades físicas na microbacia hidrográfica do Lageado Biguá, Alecrim-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31, 2007, Gramado. CD-ROM.

COSTA, C. D. O. 2010. **Escoamento superficial e risco de erosão do solo na sub-bacia Jardim Novo Horizonte, Município de Ilha Solteira-SP**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, 88p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1997. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 212p.

FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; TOSTES, R. 2008. Propriedades físicas e matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob sistemas de manejo e cerrado nativo. **Bioscience**, **24**: 24-30.

HILLEL, D. 1970. **Solo e água, fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 231p.

- KIEHL, E. J. 1979. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 262p.
- MATIAS, S. S. R. et al. 2009. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agronômica**, **40**:331-338.
- PAIVA, E. M. C. 2001. Evolução de processo erosivo acelerado em trecho do Arroio Vacacai Mirim. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, **6**:129-135.
- PORTUGAL, A. F. et al. 2008. Atributos químicos e físicos de um Cambissolo háplico distrófico sob diferentes usos na zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, **32**:249-258.
- QUEIROZ, H. A. 2008. **Caracterização fisiográfica e de alguns atributos físicos e químicos dos solos da microbacia Jardim Novo Horizonte, em Ilha Solteira, SP**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP/FE/IS, 61p.
- RAWLS, W. J.; GISH, T. J.; BRAKENSIEK, D. L. 1991. Estimating soil water retention from soil physical properties and characteristics. **Advances in Soil Science**, **16**:213-234.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. 2004. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. São Paulo: Manole. 478p.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. 2006. **Propriedades físicas do solo**. Apostila didática. Santa Maria: UFSM, 18p.
- SANTOS, R. D. et al. 2013. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 6. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 100p.
- SCHLOTZHAVER, S. D.; LITTELL, R. C. 1997. **SAS: System for elementary statistical analysis**. 2. ed. Cary: SAS, 905p.
- SMITH, C. W. et al. 1985. Shrinkage and atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. **Geoderma**, **35**:47-65.
- VANZELA, L. S. 2003. Caracterização da microbacia do cinturão verde de Ilha Solteira – para fins de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32, 2003, Goiânia. CD/ROM.