



XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM DIFERENTES USOS DO SOLO: ESTUDO DE CASO BACIA HIDROGRÁFICA DO COMPLEXO DAL BÓ, CAXIAS DO SUL - RS

Rafael Renato Fritzen¹; Volnei Dal Bosco²; Giovani Santini³; Rossano Belladona^{4}; Willian Fernando de Borba⁵; Tiago De Vargas⁶*

Resumo - O tipo de cobertura da superfície do solo modifica as propriedades do solo influenciando no processo de infiltração. Neste estudo preliminar foi avaliada a capacidade de infiltração de água em diferentes usos do solo. Utilizou-se o método do infiltrômetro de anéis concêntricos para determinar a velocidade de infiltração básica (VIB) e as equações de infiltração acumulada (I) e velocidade de infiltração (VI), através do modelo de Kostiakov. Os testes foram realizados em locais com a mesma associação de solos, mas com diferentes coberturas vegetais (campo e mata). As VIB calculadas foram de 5,44 cm h⁻¹ para solo com cobertura de mata e 0,874 cm h⁻¹ para solo com cobertura de campo, sendo classificadas como velocidades muito alta e média, respectivamente. As equações definidas para calcular a infiltração acumulada e a velocidade de infiltração para o solo com cobertura de mata foram $I = 4,0393T^{0,4655}$ e $VI = 112,818T^{-0,5345}$, já para o solo com cobertura de campo definiu-se $I = 1,3003T^{0,2535}$ e $VI = 19,778T^{-0,7465}$. Os resultados indicam que o solo com cobertura de mata possibilita valores maiores de VIB e I em relação ao solo com cobertura de campo, na ordem de 6,2 e 10 vezes, respectivamente.

Palavras-Chave – Uso do solo, Capacidade de Infiltração.

EVALUATION OF THE CAPACITY OF WATER INFILTRATION IN DIFFERENT SOIL USES: CASE STUDY OF WATERSHED OF DAL BÓ COMPLEX, CAXIAS DO SUL - RS

Abstract - The soil cover modifies the soil properties influencing in the infiltration process. This preliminary study was evaluated the water infiltration capacity in different soil uses. The concentric ring infiltration method was used to determine the basic infiltration velocity (VIB) and the accumulated infiltration (I) and infiltration velocity (VI) equations using the Kostiakov's model. The tests were carried out in sites with the same soil association, but with different vegetation cover (pasture and forest). The VIB calculated were 5,44 cm h⁻¹ for soil with forest cover and

¹ Graduando Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, rrfritzen@gmail.com

² Engenheiro Agrônomo. Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto –SAMA, Caxias do Sul. vdalbosco@samaecaxias.com.br

³ Graduando Agronomia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, gsantini@samae.com.br

^{4*} Engenheiro ambiental. Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto –SAMA, Caxias do Sul. rbelladona@samaecaxias.com.br*

⁵ Professor Substituto do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen, borbawf@gmail.com

⁶ Geólogo, Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto –SAMA, Caxias do Sul, tvargas@samaecaxias.com.br



XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

0,874 cm h⁻¹ for soil with pasture cover, being classified as very high and medium velocities, respectively. The equations defined to calculate the accumulated infiltration and infiltration velocity for the forest cover were $I = 4,0393T^{0,4655}$ and $VI = 112,818T^{-0,5345}$, already for the soil with pasture cover were $I = 1,3003T^{0,2535}$ and $VI = 19,778T^{-0,7465}$. The results indicate that the soil with forest cover allows higher values of VIB and I in relation to the other on, in the order of 6,2 and 10 times, respectively.

Keywords - Soil use, Infiltration capacity.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das taxas de infiltração é de fundamental importância para definir técnicas de conservação do solo. Além disso, o conhecimento do processo ajuda a se obter uma imagem mais real da retenção de água no solo (WANG *et al.*, 2014). Segundo Barros *et al.* (2014), o desencadeamento de processos hidrológicos, tal como o escoamento superficial, erosão e o transporte de solutos, é controlado pela variabilidade de infiltração de água no solo, no qual é influenciado pela heterogeneidade espacial do relevo e as alterações temporais e espaciais do uso do solo e variações climáticas.

As condições da superfície do solo como a cobertura vegetal presente, textura e estrutura, relevo e sistema de manejo interferem na hidrodinâmica do processo de infiltração. Mancuso *et al.* (2014) analisou o processo de infiltração em distintos usos do solo em área urbana, e observou grandes variações na capacidade do processo em virtude do sistema da ocupação.

A modelagem é uma importante ferramenta de mensuração de certos fenômenos. Os modelos que descrevem a infiltração da água no solo podem ser teóricos ou empíricos. Os empíricos têm a vantagem de permitir relacionar os parâmetros do modelo a características do solo, sem que estes obrigatoriamente tenham significado físico, e englobar na determinação de suas constantes alguns fatores que são difíceis de ser considerados nos modelos teóricos como a heterogeneidade do solo (BRANDÃO *et al.*, 2006).

Em relação à disponibilidade de água sabe-se que o reabastecimento das reservas de água subterrâneas (aquíferos) depende das condições da preservação ambiental dos locais onde se encontram (DE MORAIS, 2012), tais aquíferos alimentam os recursos hídricos superficiais em períodos de estiagem. Assim, torna-se essencial a garantia e a melhoria das condições de infiltração para uma maior disponibilidade hídrica.

O presente trabalho, tem como objetivo quantificar a velocidade de infiltração básica (VIB) e as equações de infiltração acumulada (I) e de velocidade de infiltração (VI) em diferentes coberturas do solo (campo e mata) na bacia hidrográfica do Complexo Dal Bó localizado na cidade de Caxias do Sul – RS. O conhecimento do processo de infiltração e os fatores relacionados ao mesmo fornecem subsídios à definição de práticas de uso e manejo do solo visando a garantia de uma disponibilidade hídrica.

XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

ÁREA DE ESTUDO

Os ensaios foram conduzidos entre março e maio de 2017, na área experimental da bacia hidrográfica de captação de água do Complexo Dal Bó, no município de Caxias do Sul, região nordeste do estado do Rio Grande do Sul.

A bacia do Complexo Dal Bó encontra-se, em sua totalidade, na área urbana do município e possui uma área de aproximadamente 642,8 hectares e que abrange três barragens (SAMAE, 2017). O complexo abastece 5 % da população, cerca de 22.400 habitantes (BELLADONA, 2014).

A localização dos pontos de ensaio é apresentada, onde os mesmos foram denominados DB_01 (UTM 485523,60; 6776567,57) e DB_02 (UTM 485046,95; 6777199,58). Os pontos apresentam, segundo Embrapa (2007), a associação de Argilossolo Acinzentado Distrófico Típico, Cambissolo Háptico e Neossolo Litólico Eutrófico Típico Chernossólico, porém a vegetação encontrada nos pontos se difere, sendo que, o ponto DB_01, caracteriza-se por ser um local com vegetação primária em estágio avançado de regeneração e o ponto DB_02 tem em sua formação campo, caracterizada por uma vegetação rasteira de gramíneas e árvores dispersas.

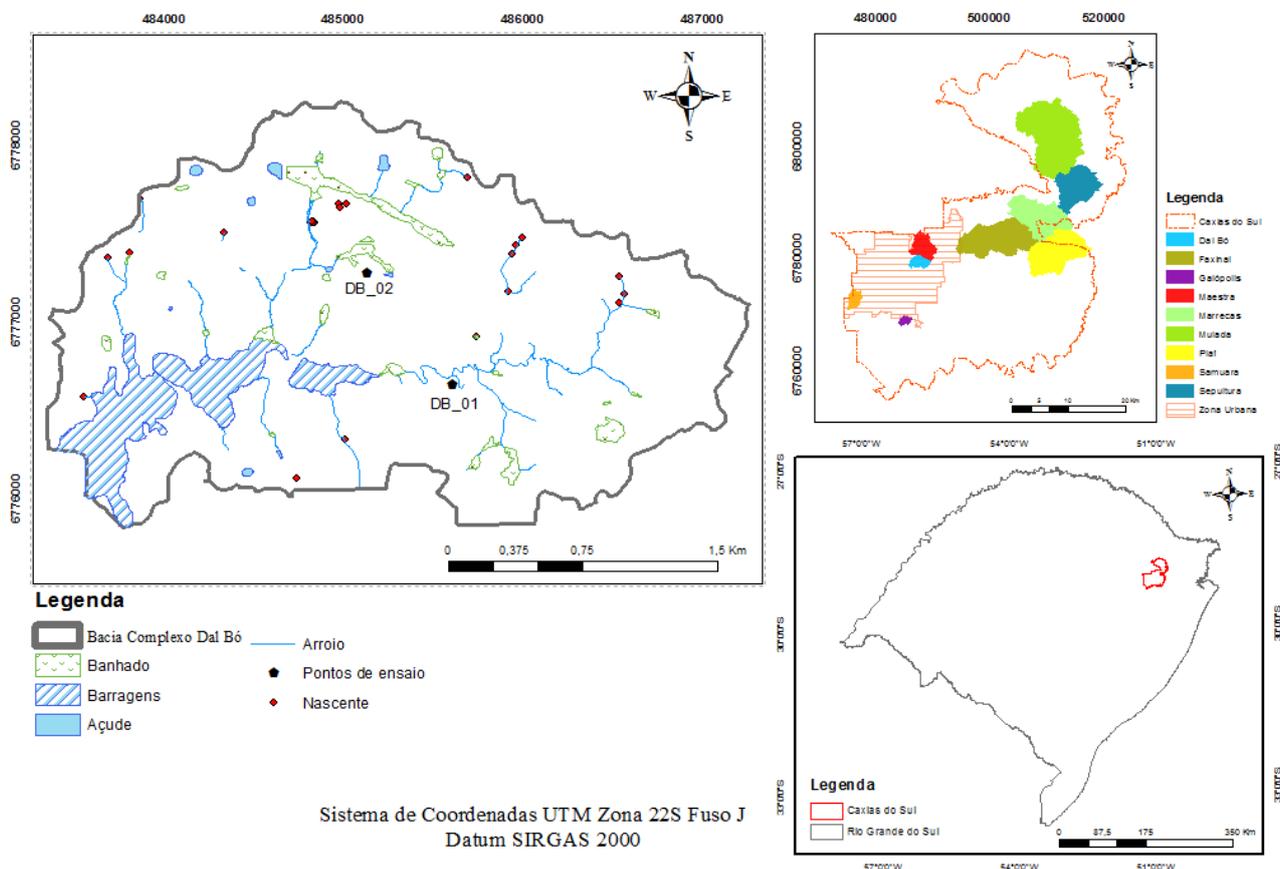


Figura 1 - Localização de pontos de ensaio

XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio de infiltração

Para caracterização da infiltração de água no solo, foi utilizado o método do infiltrômetro de anéis concêntricos, composto por um anel metálico maior, com 600 mm de diâmetro e um anel menor, com 300 mm de diâmetro, ambos com 300 mm de altura, cravados ao solo de maneira concêntrica, deixando uma borda livre de aproximadamente 150 mm conforme metodologia descrito por Brandão et al. (2006). Após cravados os anéis, coloca-se uma lona plástica no anel interior, evitando assim o início da infiltração antes da realização da leitura inicial (Figura 2A).

O sistema de controle de nível de água do infiltrômetro de anéis concêntricos baseou-se em um mecanismo válvula-boia para manter uma lâmina variando de 5 cm a 7,5 cm no cilindro interno, dando uma condição de carga hidráulica constante (Figura 2B). Este cilindro é abastecido por um reservatório que possui régua graduada para leitura do nível da água (Figura 2C).

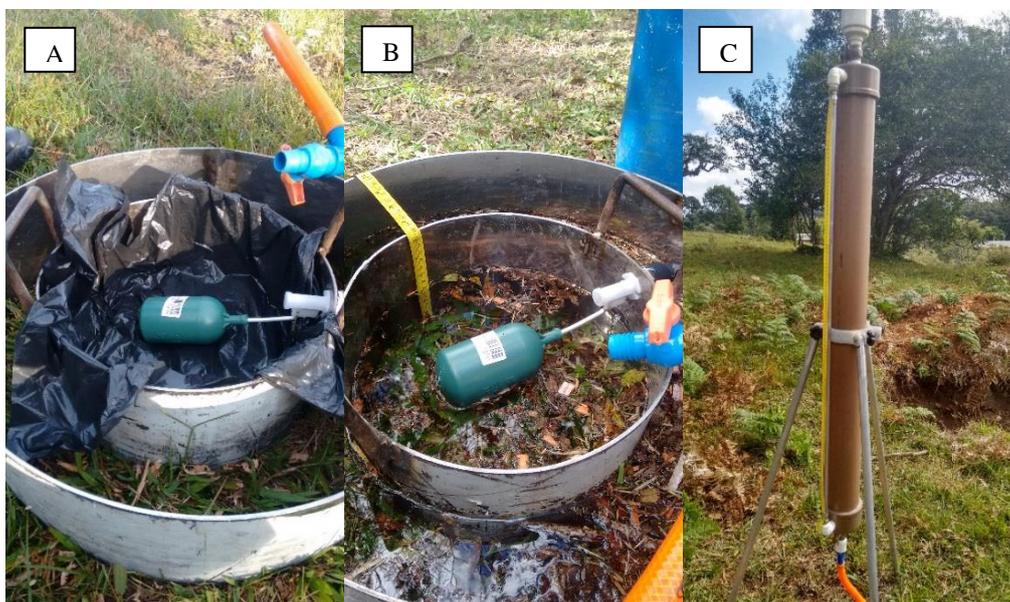


Figura 2 - Ensaio de infiltração (A) Colocação da lona plástica no anel interno; (B) Mecanismo válvula-bóia; (C) Reservatório e régua graduada.

Calculou-se um fator de correção em virtude de a área do reservatório de abastecimento do sistema ser menor à área do anel interno de ensaio. Nos cálculos de área (A) considera-se 100 mm o diâmetro do tubo do reservatório, 12,5 mm o diâmetro da mangueira acoplada no mesmo e 300 mm de diâmetro do anel interno, assim, se obteve a área de cada um dos itens do sistema, sendo que, as áreas do reservatório e da mangueira foram somados. Os resultados obtidos foram $A_{\text{anel interno}}$ (70685,83 mm²) e $A_{\text{cano reservatório + mangueira}}$ (7976,70 mm²).

Através das áreas calculadas, se dividiu os valores encontrados para se determinar o valor do fator de correção, que é de 8,861538. Assim, no que se refere o estudo, a variação entre duas



XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

leituras consecutivas na régua graduada é dividido pelo fator de correção.

Os ensaios foram realizados em triplicata em cada ponto. As leituras dos níveis de água ocorreram nos instantes 0; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120 e 150 minutos dos testes. A velocidade de infiltração foi considerada constante quando o valor da leitura da lâmina infiltrada no anel interno se repetiu em duas leituras consecutivas, tal repetição se obteve em todos os ensaios nos últimos dois intervalos de leitura propostos (105 a 120 minutos; 120 a 150 minutos).

Finalizados os ensaios confeccionou-se as curvas de infiltração acumulada (I) e de velocidade de infiltração (VI) plotando-se os respectivos dados versus o tempo acumulado, conforme citado por Bernardo *et al.* (2006).

Equações Representativas de Infiltração

Para calcular a infiltração acumulada (I), segundo o modelo matemático proposto por Kostiakov, usou-se a equação 1, apresentado por Pereira *et al.* (2015).

$$I = k \cdot T^a \quad (1)$$

em que: I = infiltração acumulada (cm); k = constante dependente do solo; T = tempo de infiltração (min); e a = constante dependente do solo, variando de 0 a 1.

A velocidade de infiltração (VI), em cm h^{-1} , é a derivada da infiltração acumulada, em relação ao tempo, resultando na equação 2 (CARVALHO; SILVA, 2006):

$$VI = 60 \cdot k \cdot a \cdot T^{a-1} \quad (2)$$

A velocidade de infiltração básica (VIB), em cm h^{-1} , calculada pela Equação 3 (JOSÉ *et al.*, 2013):

$$VIB = 0 \cdot k \cdot a \left[\frac{-0,01}{60 \cdot k \cdot a \cdot (a-1)} \right]^{\frac{(a-1)}{(a-2)}} \quad (3)$$

A determinação da VIB adotou-se a classificação do solo para diferentes velocidades, segundo Bernardo *et al.* (2006).

Para a determinação dos coeficientes “k” e “a” existentes no modelo de Kostiakov, utilizou-se o método analítico (regressão linear) dos mínimos quadrados descrito em etapas por Cauduro e Dorfman (1986, p. 57 - 59).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A representação dos resultados obtidos de infiltração acumulada (Figura 3A) e velocidade de infiltração de água no solo (Figura 3B), para o ponto DB_01, são apresentadas a seguir.

XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

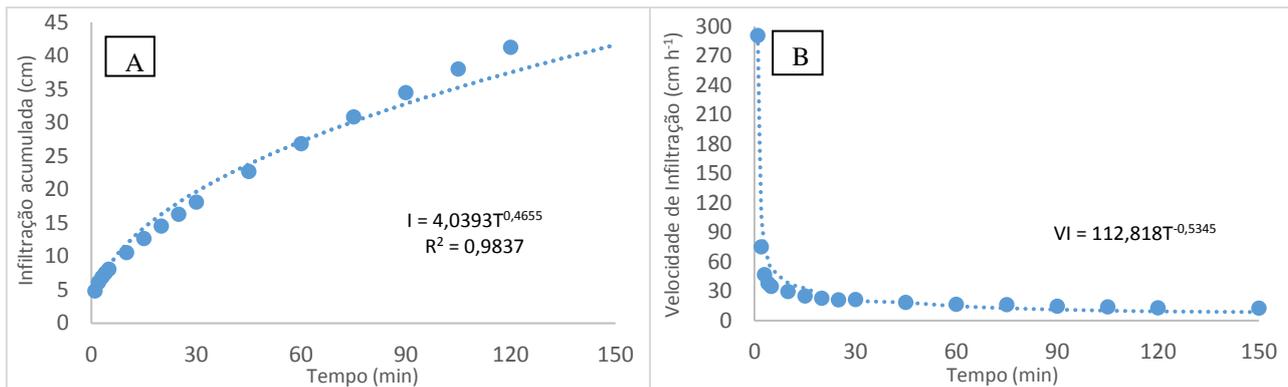


Figura 3 – (A) Infiltração acumulada (I) ponto DB_01; (B) Velocidade de infiltração (VI) ponto DB_01

Observa-se que a velocidade de infiltração inicial é extremamente alta ($290,69 \text{ cm h}^{-1}$), diminuindo com o passar do tempo, até estabilizar, passados 150 minutos de ensaio, em aproximadamente $12,7 \text{ cm h}^{-1}$. Com uma I de $47,61 \text{ cm}$, evidencia-se, através dos resultados, que os ensaios iniciaram com solo seco. Utilizando a Equação 3 chegou-se ao valor igual a $5,44 \text{ cm h}^{-1}$, o que a classifica como muito alta a velocidade de infiltração básica, segundo classificação de Bernardo *et al.* (2006). Para o ponto DB_01, através da regressão se encontrou os valores dos coeficientes “k” e “a” $4,0493$ e $0,4655$, respectivamente. Assim, com as Equações 1 e 2 foram obtidos os seguintes resultados: $I = 4,0393T^{0,4655}$ e $VI = 112,818T^{-0,5345}$.

Os resultados obtidos de infiltração acumulada (Figura 4A) e velocidade de infiltração de água no solo (Figura 4B) para o ponto DB_02, são apresentadas a seguir.

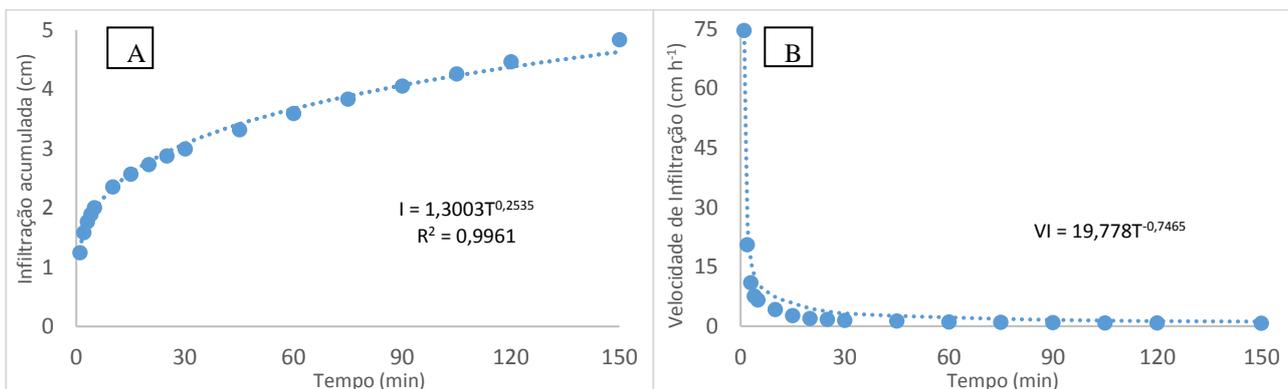


Figura 4 – (A) Infiltração acumulada (I) ponto DB_02; (B) Velocidade de infiltração (VI) ponto DB_02

A infiltração acumulada (I) de lâmina de água foi de $4,84 \text{ cm}$. A velocidade de infiltração inicial média foi de $74,6 \text{ cm.h}^{-1}$, diminuindo com o passar do tempo, até estabilizar após 150 min de ensaio em $0,749 \text{ cm h}^{-1}$. Utilizando a Equação 3 chegou-se ao valor de VIB igual a $0,874 \text{ cm h}^{-1}$, o que a enquadra como velocidade de infiltração básica média, segundo classificação divulgada por Bernardo *et al.* (2006). Para o ponto DB_02, através da regressão se encontrou os valores dos



XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

coeficientes “k” e “a” 1,3003 e 0,2535, respectivamente. Assim, com as Equações 1 e 2 foram obtidos os seguintes resultados: $I = 1,3003T^{0,2535}$ e $VI = 19,778T^{-0,7465}$.

Através dos ensaios de infiltração, nota-se uma infiltração acumulada muito maior em solos com cobertura de mata, sendo estes valores quase 10 vezes superiores em relação à lâmina de água infiltrada em solos com cobertura de campo. A VIB calculada para o ponto DB_01 supera em 6,2 vezes ao do ponto DB_02.

A diferença nos resultados descritos pode ser atribuída ao aumento da macroporosidade da camada superficial, provocada pela formação da serapilheira presente no solo coberto de mata, o que provoca o aumento da condutividade hidráulica. A presença de árvores também protege os agregados do impacto direto das gotas de chuva, através da interceptação, reduzindo assim o encrostamento superficial. Além disso, o sistema radicular das plantas cria caminhos preferenciais que favorecem o movimento da água.

Essas condições descritas anteriormente são pouco encontradas na cobertura de campo, o que diminui a capacidade de infiltração de água no solo. Outro fato que dificulta ainda mais o processo é o livre movimento de pessoas e animais no local de ensaio com cobertura de campo, que compacta o solo através do pisoteamento.

Estes resultados corroboram com o estudo realizado por Silva e Kato (1998), que avaliando a taxa de infiltração em solos do serrado no Distrito Federal encontraram valores nos solos sem cobertura igual a $61,3 \text{ mm h}^{-1}$, enquanto nos solos com cobertura morta o valor foi de $76,3 \text{ mm h}^{-1}$.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o tipo de cobertura na superfície do solo é determinante no processo de infiltração, pois atua no sentido de modificar as propriedades do solo. Esta maior infiltração é responsável pela recarga subterrânea que reabastece o aquífero, como consequências, se diminui o escoamento superficial responsável pelos processos erosivos.

Apesar da reduzida malha amostral neste estudo prévio, entende-se que os resultados obtidos vão de encontro àqueles da bibliografia revisada, que descrevem o tipo de cobertura presente nos solos como um fator de interferência significativa na infiltração de água, sendo a cobertura vegetal um fator de aumento de infiltração em todos os casos descritos.

O estudo constitui em um conhecimento inicial da dinâmica do processo de infiltração dentro da bacia hidrográfica do Complexo Dal Bó. Sugere-se assim, o ensaio em novos pontos a fim de se obter uma ampliação dos dados para a consolidação e refinamento dos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) de Caxias do Sul, em especial à Divisão de Recursos Hídricos pela disponibilidade dos materiais e transporte para os ensaios à campo, sem esta ajuda não seria possível a realização deste trabalho.



XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

REFERÊNCIAS

- BARROS, C. A. P. et al. (2014). Estimativa da infiltração de água no solo na escala de bacia hidrográfica. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, v. 38, p. 557 – 564, 2014.
- BELLADONA, R. et al. (2014). Batimetria das represas do Complexo Dal Bó em Caxias do Sul – RS. In *Anais do 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o meio Ambiente*, Bento Gonçalves, Abril, 2014.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. (2006). *Manual de irrigação*. 8. Ed. Atual. e Ampl. Viçosa: UFV, 2006. 625p.
- BRANDÃO, V. D. S. et al. (2006). *Infiltração de água no solo*. 3. Ed. Viçosa: UFV, 2006, 120 p.
- CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. de (2006). Infiltração. In *Hidrologia*. Ed. UFRJ, Rio de Janeiro - RJ, pp. 60 – 80.
- CAUDURO, F. A.; DORFMAN, R. [1986]. *Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem*. Ed. Pallotti, Porto alegre: PRONI: IPH – UFRGS, p. 216.
- DE MORAIS, F. (2012). Infiltração – uma variável geomorfológica. *Cadernos de Geografia*, Belo Horizonte, v. 22, n. 38, jul/dez, 2012.
- EMBRAPA- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2007). *Levantamento semidetalhado de solos: Região da Serra Gaúcha – Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1:50.000*. Porto Alegre: Editora UFRGS.
- JOSÉ, J. V. et al. (2013). Determinação da velocidade de infiltração básica de água em dois solos do noroeste do estado do paraná. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.6, n.1, p. 155-170, jan./abr, 2013.
- MANCUSO, M. A. et. al. (2014). Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. *Revista de Monografias Ambientais -REMOA -* v. 14, n.1, p. 2890 – 2998, 2014
- MARTINS, J. A. (2011). Infiltração. In *Hidrologia Básica*. Org. por Pinto, N. L. de S. et al., Ed. Blucher, São Paulo – SP, 13ª reimp., pp. 44 – 55.
- SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO – SAMAE. *Divisão de Recursos Hídricos*. Disponível em: <www.samaecaxias.com.br>. Acesso em 05 de abril de 2017.
- WANG, C. et al. (2014). Modeling ponded infiltration in fine textured soils with coarse interlayer. *Soil Science Society of America Journal*, v. 78, p. 745 – 753.