

Contribuição ao estudo do mapeamento da capacidade de infiltração de água no solo na bacia hidrográfica

Luis Fernando Fantti¹; Marcelo dos Santos Targa²

¹Mestrando. do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté (UNITAU). Taubaté, SP. Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté (UNITAU). Taubaté, SP. Brasil.

mtarga@unitau.br

Autor correspondente: lferfantti@yahoo.com.br

RESUMO

A escassez de água vem se acentuando nas últimas décadas no Brasil, podendo causar grande impacto para sociedade, desde com relação a disponibilidade e qualidade para consumo humano quanto para produção agrícola e industrial. Contudo, para se ter água nas nascentes, córregos e rios é necessário que a água proveniente da chuva, infiltre no solo. A infiltração de água no solo é um importante processo do ciclo hidrológico e pode ser influenciado por vários fatores, desde tipo de uso e ocupação do solo às propriedades físico-hídricas do solo e sua determinação deve ser realizada no campo e estimada por modelos matemáticos que podem ser empíricos ou teóricos. Modelar a infiltração é processo muito complexo e existem várias equações amplamente utilizadas tais como: Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Horton, Holtan, Green e Ampt e Philip. O presente estudo propõe uma metodologia para identificar qual a capacidade de infiltração de água no solo sob cinco diferentes tipos de uso e ocupação de solo. O local do estudo proposto como exemplo é a bacia hidrográfica do Areal, afluente da bacia do rio Rio Una, em Taubaté, SP. Para identificar capacidade de infiltração de água no solo propõe-se realizar testes de infiltração em cinco diferentes tipos de uso e cobertura do solo: área com pasto (T1), área com floresta nativa densa (T2), área com floresta nativa degradada (T3), área com cultivo de eucalipto (T4) e área com cultivo agrícola (T5). Nestes tratamentos deve-se realizar pelo menos quatro repetições da determinação da capacidade de infiltração, e se propõe o uso do método de infiltrômetro de anéis concêntricos com leitura automática por um sistema sensor ultrassônico acoplado ao um microcontrolador Arduino, parametrizado para realizar leituras a cada 30 segundos. Recomenda-se para melhor parametrização o acompanhamento de leituras manuais a cada 1 minuto. Para a análise dos dados recomenda-se a regressão de Pearson, Análise de variância e teste Tukey ao nível de 5% de significância. Por meio dessas avaliações, será possível apresentar resultados com maior grau de confiabilidade e elaborar mapa de capacidade de infiltração na bacia hidrográfica.

Palavras-chave: ciências ambientais, infiltração básica, armazenamento de água no solo, mapeamento hidrológico, bacia hidrográfica.

Contribution to the study of the mapping of water infiltration capacity in the soil in the hydrographic basin

ABSTRACT

Water scarcity has been increasing in recent decades in Brazil, which can cause great impact on society, from availability and quality for human consumption to agricultural and industrial production. However, in order to have water in springs, streams and rivers, it is necessary for the water from the rain to infiltrate the soil. The infiltration of water in the soil is an important process of the hydrological cycle and can be influenced by several factors, from the type of use and occupation of the soil to the physical-hydric properties of the soil and its determination must be carried out in the field and estimated by mathematical models that they can be empirical or theoretical. Modeling infiltration is a very complex process and there are several widely used equations such as: Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Horton, Holtan, Green and Ampt and Philip. The present study proposes a methodology to identify the infiltration capacity of water in the soil under five different types of land use and occupation. The study site proposed as an example is the Areal watershed, a tributary of the Una river basin, in Taubaté, SP. To identify water infiltration capacity in the soil, it is proposed to carry out infiltration tests in five different types of land use and cover: area with pasture (T1), area with dense native forest (T2), area with degraded native forest (T3), area with eucalyptus cultivation (T4) and area with agricultural cultivation (T5). In these treatments, at least four repetitions of the determination of the infiltration capacity must be carried out, and it is proposed to use the concentric ring infiltrometer method with automatic reading by an ultrasonic sensor system coupled to an Arduino microcontroller, parameterized to perform readings every 30 seconds. For better parameterization, it is recommended to follow manual readings every 1 minute. For data analysis, Pearson regression, analysis of variance and Tukey test are recommended at a 5% significance level. Through these assessments, it will be possible to present results with a greater degree of reliability and to prepare a map of infiltration capacity in the watershed.

Keywords: Environmental sciences, basic infiltration, soil water storage, hydrological mapping, hydrographic basin.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água vem se tornando mais frequente para administração pública no Brasil. As mudanças climáticas, a relação desta com a diminuição da área florestal podem influenciar negativamente na regulação hidrológica, aumentando as incertezas sobre disponibilidade de água futura para uso da sociedade.

Algumas consequências dos processos hidrológicos como o escoamento superficial, a erosão e o transporte de solutos são controlados pela variabilidade da infiltração de água no solo, que é influenciada pela heterogeneidade espacial do relevo e do solo e pelas alterações espacial e temporal do uso do solo e da variação climática (Barros *et al.*, 2014).

A cobertura florestal em uma microbacia contribui para maior infiltração das águas das chuvas assim que atingirem o solo, evitando escoamento superficial e diminuindo carreamento de sedimentos e contaminantes para curso de água, contribuindo também para redução de processos erosivos (HONDA E DURIGAN, 2017).

A falta de cobertura florestal influencia também o microclima local, altera o ciclo de chuvas e o processo de evapotranspiração, prejudica a recarga de aquíferos além de prejudicar

a fauna e biodiversidade local (Martirani e Peres, 2016) e com a cobertura vegetal ocorre aumento da infiltração de água no solo devido ao aumento na macroporosidade e redução do impacto da gota de chuva direto com a superfície do solo (Silva e Kato, 1997).

A infiltração é o processo de passagem da água da superfície para o interior do solo. Para boa modelagem desse processo, é necessário o entendimento de suas relações com as propriedades do solo (CECÍLIO *et al.*, 2013).

A infiltração de água no solo é influenciada por fatores como: condições da superfície do solo, umidade inicial do perfil, existência de camadas menos permeáveis ao longo do perfil, topografia do terreno, propriedades físicas do solo, modo como a água atinge sua superfície e pelas características da água que infiltra (Lima, 2010).

A entrada de água no solo decresce com o tempo, dependendo do umedecimento do perfil, e assume um valor constante denominada velocidade de infiltração básica (Pott e Maria, 2003), ou seja, quando a velocidade praticamente não varia mais com tempo (Moraes, 2018).

Desta forma, o solo e suas características físicas são fatores determinantes para processo de infiltração, sendo este, considerado um reservatório aberto para atmosfera e para os horizontes e camadas mais profundas do solo, tornando-se importante a conhecimento dos elementos terrestre do ciclo hidrológico (PAULA *et al.*, 2013).

A infiltração de água no solo pode ser medida no campo ou estimada por modelos matemáticos que podem ser empíricos ou teóricos (SANTOS *et al.*, 2014).

Para medição realizada em campo vários equipamentos podem ser utilizados, tais como: infiltrômetro de aspersão (ou simuladores de chuva), os permeômetros, os infiltrômetros de tensão e os infiltrômetros de pressão (POTT, 2003; MARIA, 2003).

Em relação a determinação de velocidade básica de infiltração (VIB), estudos de Pott e Maria (2003) indicaram diferença significativa entre infiltrômetros de pressão e de aspersão, sendo o resultado medido pelo infiltrômetro de pressão 7,2 vezes maior para latossolo textura argilosa e entre 2,4 e 3 vezes maior em Latossolo textura média e no Argissolo textura arenosa/média, respectivamente.

Para comparação de taxa de infiltração de água no solo entre diferentes manejos (preparo de solo convencional, com preparo com cultivo mínimo e com área sem cultivo), o uso do método de anéis concêntricos apresentou maior taxa para área de cultivo mínimo. No mesmo estudo foi realizada comparação entre modelos matemáticos, no qual kostiakovi apresentou maior similaridade com método de infiltrômetro (CUNHA *et al.*, 2015).

Em estudo em que se utilizou métodos de anéis concêntricos para comparar a velocidade de infiltração em diferente área (floresta sucessional, plantio de eucalipto e pasto abandonado), o resultado foi muito superior para floresta sucessional, devido maior macroporosidade do solo (Rocha *et al.*, 2016). Em estudo similar, Bono *et al.* (2012) também concluíram que solo com vegetação nativa apresentou maior velocidade de infiltração básica.

Sales e Targa (2017) através da compilação de dados sobre Velocidade de Infiltração Básica (VIB) na bacia do ribeirão Itaim, medidos através de anéis concêntricos, destacaram que o pasto apresentou a segunda menor VIB em 13 tipos de uso e ocupação.

Silva *et al.* (2020) cita em seu projeto que a velocidade de infiltração básica nos solos brasileiros é maior que o estabelecido pelo método Serviço de Conservação do Solo através de seus quatro grandes grupos hidrológicos, corroborando Satori *et al.* (2005).

Modelar a infiltração é um processo muito complexo, pois existem muitas variáveis que influenciam o seu comportamento, como por exemplo, as propriedades da superfície do solo que variam com o tempo. Sendo assim, diversas equações têm sido propostas com o objetivo de descrever de forma aproximada a infiltração. Uma das mais utilizadas e simples é equação de kostiakovi (MORAES, 2018).

Em seu estudo, Bono *et.al.* (2012) faz referências a várias equações Kostiakov, Kostiakov-Lewis, Horton, Holtan, Green e Ampt e Philip.

De acordo com Avila (2014) as equações de Kostiakov (1) e Kostiakov-Lewis (2) são expressas respectivamente por:

$$(1) I = \alpha K t^{(\alpha-1)}$$

$$(2) I = (\alpha K t^{(\alpha-1)}) + I_f$$

Em que:

I = taxa de infiltração em um instante qualquer (mm/h)

I_f = taxa de infiltração final ou básica (mm/h)

t = tempo em horas

α, K são parâmetros determinados estatisticamente a partir da medição de campo.

A equação formulada por Horton baseia-se na teoria do decaimento, na qual a taxa de variação de uma grandeza em direção a um valor constante decresce a medida em que o seu valor atual se aproxima desse valor constante (Aguiar et.al, 1998). Segundo Cunha et al. (2015) a Equação de Horton (3) é representada pela seguinte fórmula:

$$(3) I = I_f T = (i_i - i_f) e^{\beta t}$$

Em que:

I = infiltração acumulada

i_i = taxa de infiltração inicial

i_f = taxa de infiltração final.

β = fator proporcional

t = tempo

Dentre os modelos teóricos, o desenvolvido por Green-Ampt é um dos mais bem embasados fisicamente e, portanto, e baseia-se nas seguintes premissas: a) durante o processo de infiltração existe uma carga hidráulica (H₀) constante na superfície do solo; b) solo com perfil homogêneo e profundidade infinita; c) existência de uma frente de umedecimento, acima da qual o solo se encontra saturado, e que o potencial matricial (ψ_f) nesta frente permanece igual ao valor do potencial matricial antes da infiltração; e d) a água penetra no solo abruptamente, resultando na formação de duas regiões: a primeira em que solo se encontra saturado (θ_s) e a segunda com umidade correspondente àquela que possuía antes do início da infiltração (θ_i), caracterizando o denominado movimento tipo pistão (LIMA, 2010).

De acordo com Cecílio (2002) a equação de Green-Ampt (GA) (4) é um dos que apresentam maior potencial de utilização, devido à sua simplicidade e por estar fundamentado no processo físico da infiltração. Este modelo, exprime a infiltração em função da condutividade hidráulica do solo saturado, do potencial matricial na frente de umedecimento e das umidades inicial e de saturação do solo, e não do tempo de ocorrência do processo, conforme apresentado:

$$(4) T_i = K_0 \left[1 + \frac{\psi (\theta_s - \theta_i)}{i} \right]$$

Em que:

T_i = taxa de infiltração da água no solo (LT-1)

K₀ = condutividade hidráulica do solo saturado (LT-1)

ψ = potencial matricial médio na frente de umedecimento (L)

Θ_s = umidade do solo na saturação (L3 L-3)

Θ_i = umidade inicial do solo (L3 L-3)

I = infiltração acumulada (L)

De acordo com Aguiar *et al.* (1998) a equação de Philip refere-se a uma técnica numérica para determinação da velocidade de infiltração, como uma série infinita de termos de potência de $t^{1/2}$, em que o coeficiente de cada termo é dependente da difusividade e da capacidade de retenção de água no solo, conforme pode ser observados nas equações de Philip (5) e Holtan (6):

$$(5) \quad i = 0,5 \cdot S \cdot t^{\frac{1}{2}} + C$$

Em que:

S e C dependentes do conteúdo do solo

$$(6) \quad i = a (S - F)^n + f_c$$

Em que:

S = armazenamento potencial do solo acima da camada impermeável

F = infiltração acumulada

f_c = infiltração na condição de regime estacionário

a, n = parâmetros que dependem do solo e da sua cobertura.

A principal desvantagens do uso de equações empíricas é que os dados ajustados não podem ser extrapolados para outros tipos de solo, ou seja, são válidos apenas para as condições que foram determinados (Avila, 2014).

O Método de Curva Número é um método empírico de mensurar escoamento superficial desenvolvido pelo Serviço de Conservação de Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e baseia-se em quatro grupos hidrológicos de solo (Silva, 2018). Os quatro grupos hidrológicos de solo são representados por letras (A, B, C e D), representando nessa mesma ordem acréscimo de escoamento superficial e conseqüentemente redução da taxa de infiltração de um grupo para outro (Sartori *et al.*, 2005).

Cunha *et al.* (2017) descreve o Método CN/SCS pelas seguintes equações:

$$(7) \quad P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Em que:

P_e = precipitação efetiva (mm)

P = precipitação total (mm)

I_a = abstrações iniciais (mm)

S = potencial máximo de retenção após início do escoamento (mm), dependendo do valor de CN (8)

$$(8) \quad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Os valores CN são determinados em função do potencial de geração de escoamento superficial de 4 tipos de solo (Sartori *et al.*, 2005).

O modelo de Curva Número é amplamente utilizado para estudos hidrológicos devido sua simplicidade, pois utiliza um único parâmetro para análise da água no ambiente (BARROS *et*

al., 2014). Informações disponíveis relativas as condições do solo, da vegetação e registros diários de precipitação, requerem pouca dificuldade na obtenção, reforçando simplicidade do modelo (PRUSKI *et.al.*, 2001).

O presente trabalho objetivou contribuir com o estudo do mapeamento da capacidade de infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso e ocupação do solo. Indicando como necessidade a determinação da infiltração acumulada e velocidade de infiltração básica em cada tipo de uso e ocupação do solo, bem como a definição das equações Kostiakov e finalmente, elaborar um mapa de infiltração em bacia hidrográfica.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1. Local

Nesse estudo se estabeleceu como base, uma pequena bacia pertencente ao município de Taubaté/SP denominada bacia hidrográfica do Areal, a qual se constitui em uma sub-bacia do Rio Una (Figura 1).

A bacia do Areal é classificada de terceira ordem com área de 1,89 Km², localizada na Latitude 23°05'50,52 S e Longitude 45°27'57,12. O curso de água tem extensão de 3,112 Km onde a origem situa-se a 810m e exutório a 640 m.

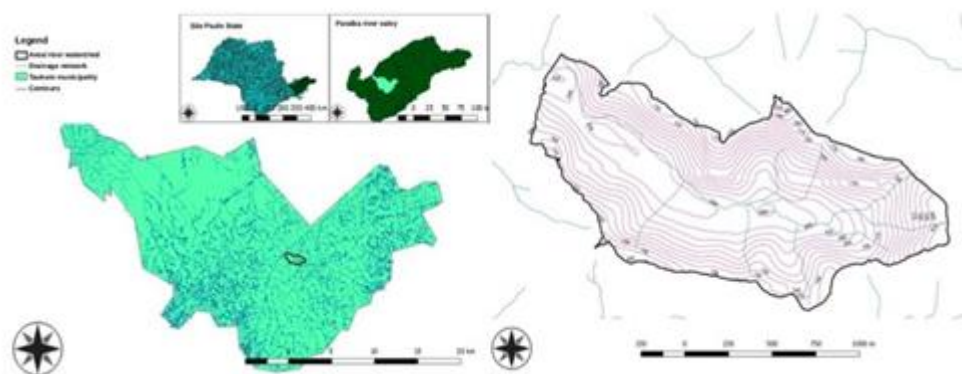


Figura 1. Localização da Bacia hidrográfica Areal no município de Taubaté no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, Brasil.

Fonte: Silva *et. al.*, 2020.

2.2. Testes de Infiltração

Para os testes de infiltração na bacia hidrográfica do Areal indica-se o uso de infiltrômetros de anéis concêntricos com cilindros de 25 e 50 cm, e diâmetro de 30 cm de altura. Os infiltrômetros são instalados de maneira concêntrica, cravados no solo a percussão, a uma profundidade de até 5 cm. As leituras de lâmina d'água são realizadas de forma manual ou automática. Dentre os sistemas automáticos, indica-se o uso de sistema sensor ultrassônico acoplado a um microcontrolador Arduino (Figura 2). Esse sistema automático é denominado Arduino e pode ser parametrizado para realizar leituras a cada segundo, por exemplo. Contudo, recomenda-se leituras a cada 30 segundos. Ao mesmo tempo, a cada minuto ou mais, a depender da possibilidade de acuidade visual, podem ser realizadas leituras manuais.

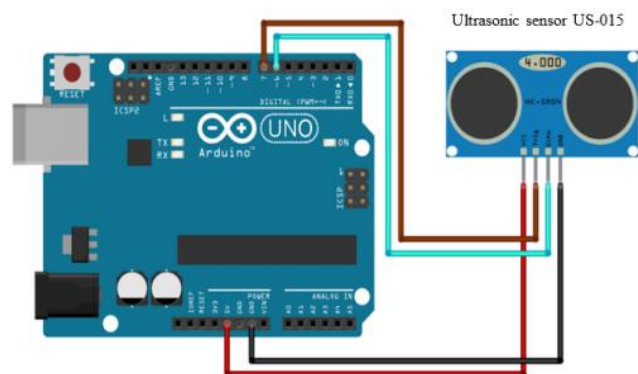


Figura 2. Microcontrolador Arduino e sensor ultrassônico.

Fonte: Silva et al., (2020).

A Figura 3 apresenta o modelo de infiltrômetro de anéis concêntricos, que pode ser utilizado para medição da taxa de infiltração e sistema automático Arduino.



Figura 3. Exemplo de infiltrômetro de anéis concêntricos com medição automática.

Fonte: Silva et al., (2020)

Para identificar capacidade de infiltração de água no solo, recomenda-se que sejam realizados leituras de infiltração em diferentes tipos de cobertura e uso do solo, como por exemplo:

- (T1) área com pasto;
- (T2) área com floresta para nativa densa;
- (T3) área com floresta nativa degradada;
- (T4) área com plantio de eucalipto; e
- (T5) área com cultura agrícola.

Para cada tratamento deve-se realizar quatro repetições, em pontos diferentes, buscando maior representatividade da bacia. Tais medições devem ser realizadas, preferencialmente, no período seco (baixa precipitação).

2.3. Análise Estatística

Para análise dos dados, recomenda-se a análise de regressão de Pearson, Análise de Variância e teste Tukey ao nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inúmeros estudos indicam valores diferentes de Velocidade de Infiltração Básica (mm min⁻¹) e Velocidade Acumulada (mm) em áreas com cobertura florestal e pasto. TARGA *et al.* (2019) demonstraram que diferentes tipos de uso e ocupação do solo influenciam na capacidade de infiltração, como demonstrado nos testes de anéis concêntricos realizados na bacia hidrográfica do Itaim, sendo as Velocidades de Infiltração Básica (VIB) de floresta (417 mmh⁻¹), eucalipto (52 mmh⁻¹), pastagem (19 mmh⁻¹) e culturas agrícolas (7,2 mmh⁻¹).

Os tipos de medição (automática e manual) podem resultar em diferenças nos volumes de infiltração acumulada, sendo demonstrado por Silva *et al.* (2020), que identificou diferença de 4,1 mm representando 41 m³/ha.

Espera-se com resultados deste artigo a elaboração do mapa de infiltração na bacia hidrográfica do Areal, sendo demonstrada a capacidade de infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso e ocupação do solo.

4. CONCLUSÃO

Este artigo pretendeu contribuir para a definição de uma metodologia para o mapeamento da capacidade de infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso e ocupação do solo, tendo como objeto de estudo a bacia hidrográfica do Areal. E ainda se há diferença estatística de volume de infiltração entre diferentes usos e ocupação do solo.

5. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J.V. et al. Ajuste da Equação de Holtan modificada para um solo Bruno não cálcico da região Semi Árida. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.3, p253-256, 1998.
- AVILA, C.B. Variação da infiltração devido a alterações de uso de solo: Estudo de caso de implantação de floresta em Bioma de Pampa. 2014. 71f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- BARROS, C.A.P.; MINELLA, J.P.G; TASSI, R.; DALBIANCO, L.; OTTONELLI, A.S. Estimativa de infiltração de água no solo na escala de Bacia Hidrográfica. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, n. 38, p. 557-564, Abr. 2014.
- BONO, J.A.M. et al. Infiltração de água no solo em um latossolo vermelho da região Sudeste dos Cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, n.36, p1845-2853, 2012.
- CECÍLIO, R.A. Aplicação da Equação de Green-Ampt na Modelagem da Infiltração de água em Latossolo Vermelho Amarelo Estratificado. 2002. 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- CECÍLIO, R.A.; MARTINEZ, M.A.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D, D. Modelo para estimativa da infiltração de água no perfil de umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, n.37, p. 411-421, fev. 2013.

- CUNHA, J.L.X.L. et al. Water infiltration rate in yellow latosol under diferente soil management systems. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.19, n.11, p.1021-1027, 2015.
- CUNHA, Z.A. et al. Aplicabilidade do Método Número da Curva (CN/SCS) com base em valores de CN tabelados: Estudo de caso da bacia hidrográfica do Arroio Cadeia. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2017, Florianópolis. ABRH, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333293692>. Acesso em 05 mai. 2021
- HONDA, E.A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea Online**. 2017, vol. 44, n. 3, p. 315-327. ISSN2236-8906.
- LIMA, G.L. **Estimativa de infiltração de água no solo utilizando modelo de Green-Ampt**, 2010. 99f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.
- MARTIRANI, L.A.; PERES, I.K. Crise hídrica em São Paulo: cobertura jornalística, percepção pública e o direito a informação. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XIX, n 1, p. 1-20, Jan-Mar. 2016.
- MORAES, A. **Infiltração de água no solo: a equação de Kostiakov**, 2018, 50f. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados, 2018.
- OLIVEIRA, A.S.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R. Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. *Eng Sanit Ambient*, n.01, v.25. p.59-67, 2020.
- PAULA, G.R.; BATISTA, G.T.; TARGA, M.S.; SOUZA, C.F.; DIAS, N.W.; PERES, J.G. Avaliação do Comportamento da umidade do solo em áreas de eucalipto e de floresta nativa. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v.08 (suplemento), p 237-252, 2013.
- POTT, C.A; MARIA, I.C. Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, n. 27, p. 19-27, Fev. 2003.
- PRUSKI, F.F; GRIEBELER, N.P; SILVA, D.D. Comparação entre dois métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, n.25, p 403-410, 2001.
- ROCHA, J.E.C.; NETO, A.B.B.; NORONHA, N.C.; GAMA, M.A.P.; CARVALHO, E.J.M.; SILVA, A.R.; SANTOS, C.R.C. Organic Matter and Pshysical-Hydric quality of an Oxisol under eucalypt planting and abandoned pasture. *Cerne*. Paragominas, v.22, n.04, p.381-388, 2016.
- SALES, P.A; TARGA, M.S. Infiltração de Água em diferentes Uso e Ocupação dos Solos na Bacia do Rio Uma em Taubaté, SP. 2017. *Revista Técnica de Ciências Ambientais*, v.1, n.1, p.1-13, 2017. Disponível em: <http://agro.unitau.br/repositorio/index.php/rca/article/view/5/8>. Acesso 07 set.2021
- SANTOS, M.A.N.; PANACHUKI, E.; SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D.B.B. Water infiltration in a ultisol after cultivation of common bean. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, n.38, p1612-1620, Out. 2014.
- SARTORI, A.; NETO, F.L.; GENOVEZ, A.M. Classificação Hidrológica de solos brasileiros para a Estimativa da chuva excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol.10, n.04, p.05-18, 2005.
- SILVA, C.L; KATO, E. Efeito de selamento superficial na condutividade hidráulica saturada da superfície de um solo sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.32, n.2, p.213-220. Fev. 1997.

-
- SIVIA, L.A.; SILVA, A.M.; COELHO, G.; PINTO, L.C. Soil map units of Minas Gerais State from the perspective of Hydrologic Groups. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v.13, n.1, p 01-13, 2018.
- SILVA, M.C.A; TARGA, M.S; CEZAR, V.R.S. Arduino system and ultrasonic sensor for automation of the determination of water infiltration rate soil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v.7 (supplement), p 01-13, 2020.
- TARGA, M.S., BATISTA, G.T., CÍCERO, C.M., DIAS, N.W. Metodologia para Avaliação dos Processos Hidrológicos e da Sedimentação na Bacia Hidrográfica Experimental do Ribeirão Itaim, Município de Taubaté, no Vale do Rio Paraíba do Sul - Estado de São Paulo. *Recursos Hídricos* (1): 1-14. Repositório Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté. 2006. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Nelson-Dias-2/publication/27458419>. Acesso em: 27 nov.2021.
- TARGA M.S.; BATISTA, G.T.; ALMEIDA, A.A.; POHL, E.; PAULA, G.R. Evaluation of soil water storage in native forest and eucalyptus area. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v.12, n 6, p 973-984, 2017.