



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025**

Estudo experimental e modelagem matemática da infiltração de água no solo do CIS compactado

Lara Santos da Silva Oliveira¹; Riseuda Pereira de Sousa²

1. Lara Santos da Silva Oliveira, PIBIC/FAPESB, ENGENHARIA CIVIL, e-mail: laraolivx@gmail.com

2. Riseuda Pereira de Sousa, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: riseuda.sousa@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: infiltração; solo compactado; frente infiltrante

INTRODUÇÃO

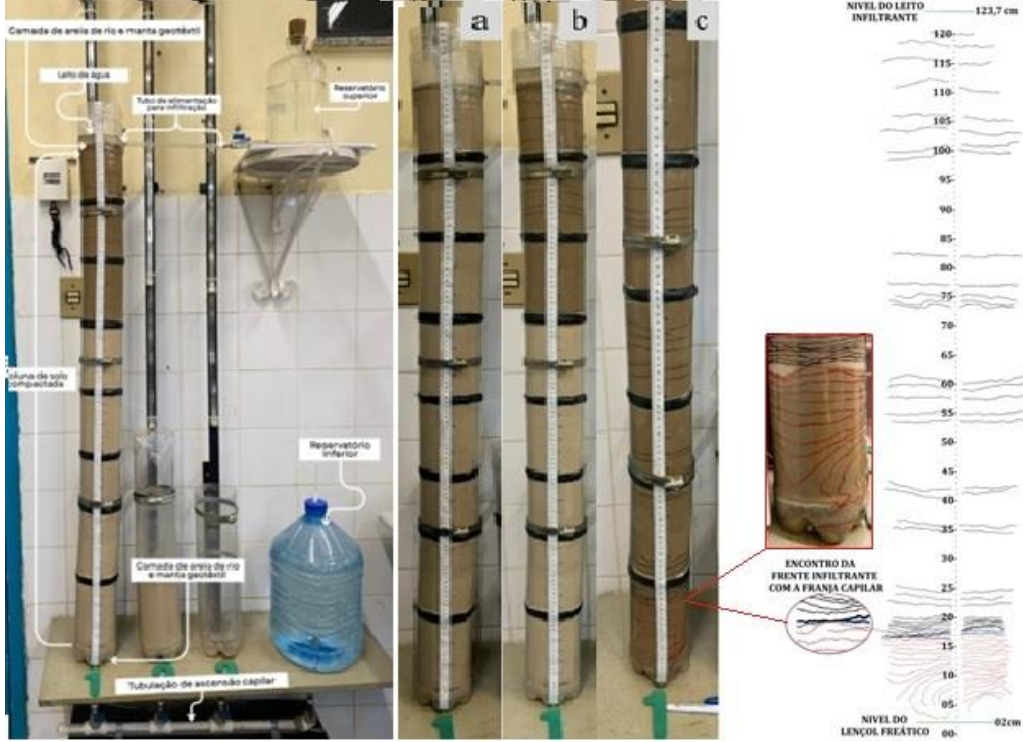
A infiltração é um fenômeno caracterizado pela presença dominante das forças capilares (ou potencial matricial), e se dá a partir da entrada de água no solo proveniente de quaisquer meios de derramamento na superfície (precipitação, descarte, etc.). O fluido é então infiltrado e distribuído nas camadas do solo, etapa onde existe uma grande presença de forças capilares e gravitacionais. Além disso, durante o processo de drenagem da água através do solo, existe, ao mesmo tempo, o processo de umedecimento. Estas duas etapas presentes no estágio de redistribuição caracterizam o fenômeno da histerese, um processo importante no estudo de infiltração vertical pois reitera que o estado atual do sistema estudado não se dá apenas pelo momento de observação, mas também pelos estados anteriores que ele experimentou. Durante a redistribuição, a evapotranspiração tem um grande impacto no tempo de recarga dos lençóis freáticos, uma vez que influencia diretamente na quantidade de água disponível para penetração no solo. infiltração mantendo-se um potencial positivo e constante na superfície do solo.

Bobman e Colman (1943) e Colman e Bodman (1945) apud Oliveira (1995) foram os primeiros a realizar experimentos de infiltração, no qual buscavam uma descrição sistemática da distribuição de umidade no perfil de infiltração. Eles efetuaram experimentos em dois tipos diferentes de solos onde ficou constatada, através de análise microscópica, a existência um plano de separação, bem definido, entre a camada úmida e a camada seca da frente úmida. A zona saturada observada por eles foi confirmada nos estudos efetuados por Philip (1957 a e b) que, a partir da indicação de que a causa é o entrapamento de ar nos cinco primeiros centímetros de percolação na coluna de solo devido a vedação de rotas de escape de ar diante do avanço rápido da água através dos poros.

Diversos trabalho teóricos (Green-Ampt (1911), Stroosnijder (1976), Brutsaert (1977), Philip (1987), etc.) também foram desenvolvidos, na área de modelagem matemática, que culminaram com a proposição de modelos capazes de simular a infiltração de água em diferentes tipos de solos. O modelo de Green e Ampt, um modelo mais adequado a solos com poros pistonados como os das areias, tem sido bastante usado em física dos solos aplicada e hidrologia devido a sua simplicidade e o satisfatório desempenho para uma grande variedade de problemas hidrológicos, em comparação a modelo mais sofisticados como os baseados na equação linear de Richard. Já para solos com tortuosidade nos poros, típicas de solos com acentuado teor de finos e argilas, o modelo de Philip se mostra mais viável. Baseado na necessidade de se descrever a dinâmica de infiltração de líquidos no solo CIS compactado, neste trabalho visa-se realizar o estudo experimental de infiltração vertical de água em colunas solo compactados em colunas de garrafa PET, que permite a visualizar e estimar o do tempo demandado para o encontro da frente infiltrante com o lençol freático, seguida da modelam matemática empregando modelos de: Green e Ampt (1911), Kostiaikov (1932) e Philip (1957), com o intuito de observa e identificar a capacidade destes modelos de descrever a infiltração da água no solo do CIS

METODOLOGIA

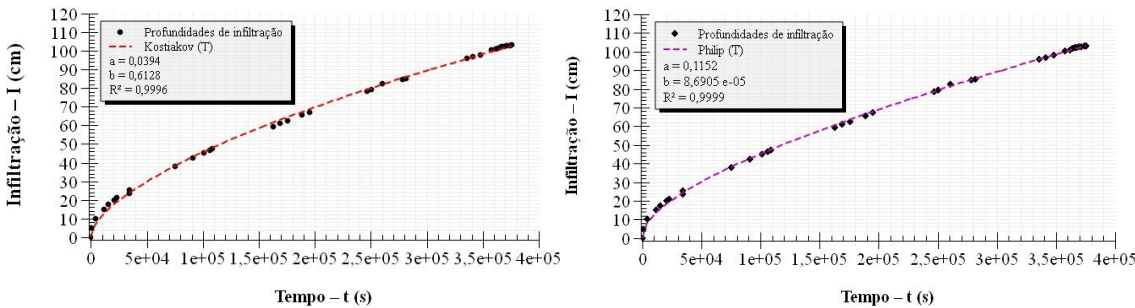
Figura 1 — Sistema de infiltração; colunas do ensaio antes (a), durante (b) e após (c); perfil de infiltração

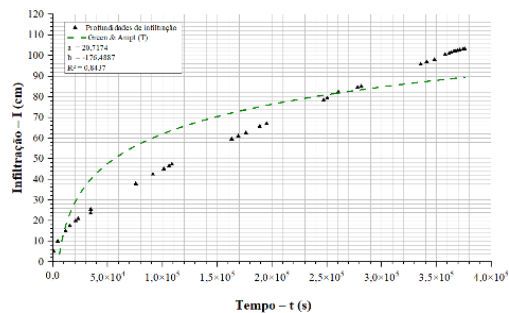


Fonte: Autores (2025)

A Figura 1 ilustra o sistema utilizado no estudo infiltração de água solo do Centro Industrial Subaé (CIS). o solo foi submetido à compactação, na densidade de campo, em colunas de garrafas PET com 1,2 metros de altura. O material foi submetido a infiltração por deposição de uma lâmina de água no topo da coluna. Próximo ao final do ensaio, foi liberado água na base da coluna para obtenção do tempo de encontro da frente infiltrante com a franja capilar do lençol freático. Os dados gerados foram utilizados na montagem das curvas de infiltração experimental e modelada matematicamente como os modelos de Kostiakov (1932), Phillip (1969) e Green & Ampt (1911), (Figuras 2a, 2b e 2c). Cerca de 5 dias após o término do ensaio a coluna foi desmontada para coleta de amostras, realizadas com anéis tipo kopec. (Figura 2d). As amostras foram submetidas a secagem em estufa a 100°C por 24h para obtenção da densidade (Figura 3a) do solo e da distribuição de umidade na coluna. (Figura 3b)

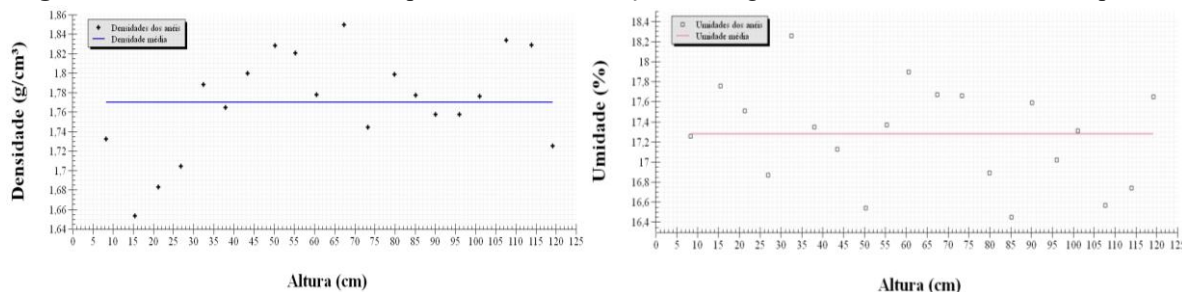
Figura 2— Infiltração de água da coluna e modelagem: (a) Kostiakov; (b) Philip; (c) Green & Ampt





Fonte: Autores (2025)

Figura 3 — Densidade e umidade, após ensaio de infiltração, ao longo da coluna de solo do CIS compactada



Fonte: Autores (2025)

ANÁLISE DE RESULTADOS E CONCLUSÕES

O solo do CIS utilizado em estudo possui baixa capacidade de troca catiônica, elevada acidez e teor de matéria orgânica baixo. Sua caracterização química e mineral é, em maioria, composta por quartzo e argilominerais (haloisita e caulinita). A partir da análise dos resultados apresentados, é possível destacar:

- ❖ O solo do CIS compactado na densidade de campo demandou o tempo de 104 h e 22 min (5 dias, 8 horas e 22 min) para a frente infiltrante, proporcionada pelo derramamento de 2,805 litros de água, atingir a profundidade de 103,2cm e encontrar a franja capilar, situada na altura de 16,8 cm. Este alto tempo demandado se encontra plenamente de acordo com as características granulométricas do solo, por se tratar de um solo areno argiloso com 43,5% de argila e 4,5% de silte;
- ❖ O modelo de infiltração vertical de Green & Ampt (1911), que é mais indicado para solos que apresentam comportamento de fluxo pistonado não se mostram eficiente para simular infiltração no solo do CIS;
- ❖ Os modelos de infiltração vertical de Phillip (1969) de Kostiakov (1932) se mostraram eficiente para simular a infiltração de água no solo do CIS o modelo de Green & Ampt. Todavia o modelo de Phillip (1969) se mostra mais eficiente por ser mais adequado os solos com comportamento de fluxo difuso, características do solo CIS que, diante do alto teor de finos (43,5% de argila e 4,5% de silte) em sua composição;
- ❖ Diante das profundas rachaduras apresentada em amostra de solo após secagem, constata-se que o solo do CIS apresenta um comportamento típico de solo expansivo, um comportamento esperado diante do auto teor de argila presente neste solo.

- ❖ Os resultados obtidos para densidade média do solo mostram que a coluna de solo atingiu uma densidade média de 1,77, valor condizendo a densidade de campo, o qual foi o valor preconizada para densidade do leito infiltrante. O leva a concluir que o tempo de aproximadamente 5 dias demandado para a água atingir a profundidade 103,2cm deve ser o real;
- ❖ O percentual de umidade na faixa de 18,4 a 16,4, indicam a existência de pontos no solo com capacidade diferentes de retenção de água, indicando a existência no leito de locais mais facilmente percoláveis, com pode ser visto no perfil de infiltração, que apresenta locais em que o avanço da frente infiltrante se deu mais rápido;

REFERÊNCIAS

Green, W. H.; & Ampt, G. A. (1911) Studies on soil physics, 1. The theory of air and water through soils. J. Agr. Sci. v. 4, 1-24,.

Kostiakov, A. N. (1932). On the dynamics of the coefficient of water percolation in soils and on the necessity of it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. In Transactions, 6th committee Inter. Soc Soil. Sci. Moscou. Part A 17-21.

Philip, J. R. (1969). Theory of infiltration. In: Advances in Hydrosience. Elsevier.V.5, p. 215-296

Sousa, R. P; (2012). Estudos dos fluxos de óleo diesel e água em solos não saturados: desenvolvimento experimental e modelagem matemática. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial da Universidade Federal da Bahia.

Oliveira, D. B. C.; Soares, W.A.; Holanda, M. A. C.R. (2018) Desempenho de Modelos de Infiltração Unidimensional de Água no Solo. Águas Subterrâneas, v. 32, n. 1, p. 35-42.

Paixão, F. J. R.; Andrade, A. R. S.; Azevedo, C. A. V.; Silva, J. M.; Costa, T. L.; Feitosa, R. M. (2004) Estimativa da Infiltração da água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares. Biologia e Ciências da Terra. v. 5, n. 1.

Cecílio, R. A.; Martinez, M. A.; Pruski, F. F.; Silva, D. D. (2013) Modelo para estimativa da infiltração de água e perfil de umidade do solo. R. Bras. Ci. Solo, v. 37, p. 411-421.

Li, X.; Zhang, L. M.; Fredlund, D. G. (2009) Wetting front advancing column test for measuring unsaturated hydraulic conductivity. Can. Geotech. J., v. 46, p. 1431–1445.

Lima, C. A. G.; & Silans, A. P. (1999) Variabilidade espacial da infiltração de água no solo. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.12, p.2311-2320.