

CONSTRUÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE MEDIDA AUTOMÁTICA DE INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NO SOLO COM BAIXA ALTURA DE LÂMINA DE ÁGUA.

¹Gabriel Lopes Nascimento*; ²Rafael Barbosa Rodrigues; ³Marcelo dos Santos Targa

¹Discente do Curso de Agronomia, Bolsista PIBIT – CNPq – UNITAU – Taubaté, SP, Brasil

²Bolsista CAPES de Mestrado em Ciências Ambientais – UNITAU – Taubaté, SP, Brasil

³Docente do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais – UNITAU – Taubaté, SP, Brasil

e-mail: rafael.brodrigues@unitau.br, mtarga@unitau.br

*Autor correspondente: gabriel.lnascimento@unitau.br

RESUMO

A Velocidade de Infiltração Básica (VIB) é a quantidade máxima de água que um solo consegue absorver em determinado tempo e área, medida pelo Infiltrômetro de Anéis Concêntricos. O objetivo deste estudo foi desenvolver um equipamento automático para medir a infiltração utilizando baixa lâmina de água. Os testes de infiltração foram realizados com o Infiltrômetro de Anel Simples (método Beerkan) em diferentes áreas de cultivo e mata nativa, utilizando uma lâmina máxima de 5 mm. A análise física do solo indicou que o Latossolo Vermelho-Amarelo predominava, com densidade média de partículas de 1,63 g/cm³ e porosidade total de 39,58%. A Floresta nativa apresentou a maior capacidade de infiltração, seguida pela pupunha. A densidade de partículas foi menor na mata devido à maior presença de matéria orgânica. Os resultados mostram que a pupunha pode ser uma alternativa viável para cultivo em áreas de topo de morros, com bons índices de infiltração e com a vantagem de produção de palmito, que traz renda para o produtor. Além disso, a pesquisa também identificou desafios no uso do frasco de Mariotte para medição, sugerindo melhorias no sistema com a adição de uma eclusa de aquário e Arduino para controle da lâmina de água.

Palavras-chave: Infiltração, água, pupunha, arduino.

ABSTRACT

The Basic Infiltration Rate (BIR) is the maximum amount of water that soil can absorb within a given time and area, measured using the Concentric Ring Infiltrometer. The objective of this study was to develop an automatic device to measure infiltration using a low water depth. Infiltration tests were conducted with the Single Ring Infiltrometer (Beerkan method) in different cultivated areas and native forest, using a maximum water depth of 5 mm. The physical soil analysis indicated that the Red-Yellow Latosol predominated, with an average particle density of 1.63 g/cm³ and a total porosity of 39.58%. The native forest showed the highest infiltration capacity, followed by pupunha. The particle density was lower in the forest due to the higher presence of organic matter. The results show that pupunha can be a viable alternative for cultivation on hilltop areas, with good infiltration rates and the advantage of palm heart production, which generates income for the farmer. Additionally, the study highlights

challenges in using the Mariotte bottle for measurement, suggesting improvements in the system with the addition of a protective cover and Arduino for controlling the water depth.

Keywords: infiltration, water, pupunha, arduino.

1. INTRODUÇÃO

Infiltração é o fenômeno de penetração da água no solo através de sua superfície, sendo, portanto, um processo que depende fundamentalmente de água disponível (chuva) para infiltrar, da natureza do solo (textura, estrutura e porosidade), do estado da superfície do solo, e das quantidades de ar e água presentes no seu perfil. Dessa forma, define-se a Velocidade de Infiltração como a quantidade máxima de água que um solo, sob uma dada condição, é capaz de absorver na de tempo por unidade de área, sendo expressa em mm/h, mm/min ou m/dia.

Os fatores condicionam o movimento de água no solo têm sido relatados por diversos autores a saber: a porosidade (Perroux e White, 1988), a densidade do solo (Sales et al., 1999), a cobertura do solo (Sidiras e Roth, 1984), a textura e o grau de agregação do solo (Bertoni e Lombardi Neto, 1990), o selamento superficial (Chaves et al., 1993), a umidade inicial (Araújo Filho e Ribeiro, 1996), a matéria orgânica, a estrutura e a variabilidade espacial do terreno (Klar, 1984).

A capacidade de infiltração de um solo aumenta com o tipo de superfície, o aumento de sua porosidade, do tamanho das partículas sólidas, da presença de fissuras biológicas e com o teor de umidade. Uma maior taxa de infiltração de água no solo em semeadura direta está relacionada em grande parte aos canais (bioporos) formados por raízes e artrópodes do solo, por exemplo, Derpsch, Sidiras e Roth (1986) encontraram de 2 a 9 vezes mais oligochaetas na semeadura direta do que nos outros sistemas cultivados.

A definição das taxas de infiltração mínima do solo ou Velocidade de Infiltração Básica (VIB) é fundamental para o estabelecimento das perdas por escoamento superficial em bacias hidrográficas, capacidade de abastecimento de água em aquíferos, armazenamento de água no solo e principalmente irrigação, sendo essencial para o eficiente manejo do solo e da água nos cultivos agrícolas (Reichardt, 2004).

O método do Infiltrômetro de Anéis Concêntricos, descrita por Bernardo (1982) se constitui em um dos métodos mais utilizados, em que se realiza testes em campo e se determina a capacidade de infiltração de água no solo até o momento em que o solo atinge, sua Velocidade de Infiltração Básica (VIB), não se observando diferença entre duas ou três leituras na taxa de infiltração. Gráficamente pode-se ajustar uma equação de velocidade de infiltração instantânea, do tipo Kostiaikov (Silva, Targa e Cezar, 2020), que relaciona os valores de decréscimo da infiltração em função do tempo, e ao acumularem-se esses valores, bem como, pode-se ajustar uma equação de infiltração acumulada (mm).

Contudo, embora seja uma metodologia já consagrada, a carga hidráulica de 10 a 14 cm utilizada no teste de infiltração influencia na taxa de infiltração e na Velocidade de Infiltração básica, parâmetro essencial para o dimensionamento de sistemas de irrigação. Além disso essas cargas hidráulicas utilizadas, fogem à realidade, pois em terras altas, em que a irrigação tem sido fundamental para a produção agrícola, jamais se teria uma lâmina de água de 10 a 14 cm sobre o solo, e, portanto, não expressam um resultado condizente, podendo então se dizer que sistemas de irrigação no Brasil, podem estar superestimados. Estudos desenvolvidos com medidor automático de infiltração desenvolvido por Targa e Silva, (2017), se mostraram promissores e apresentaram, devido a uma melhoria na precisão da medida, uma economia de até 40 m³. ha⁻¹ (Silva, Targa e Cezar, 2020), se os resultados forem utilizados no dimensionamento de irrigação, ou no balanço hídrico em bacias hidrográficas.

Recentemente foi desenvolvido na Itália o Método BEERKAN de infiltração de água no solo (Concialdi et al, 2019), que tem por característica utilizar pequenas cargas hidráulicas durante o teste, de forma manual e desenvolvimento de sistema automático.

Segundo Silva et al. (2006), em testes realizados em Cambissolos com textura arenosa em superfície e média em subsuperfície, as taxas de infiltração básica foram muito rápidas (300 e 400 mmh-1), enquanto os testes realizados um dia após o teste anterior, apresentaram somente taxas rápidas (150 e 250 mmh-1). Sidiras e Roth (1984) encontraram uma VIB de 129 mmh-1 em um Latossolo-Roxo Distrófico, enquanto para um Cambissolo, utilizando anéis concêntricos com cargas de 5 e 10 cm, os valores da VIB foram 104,4 e 143,3 mmh-1, respectivamente. O tipo de uso e manejo do solo interfere na velocidade de infiltração, pois estudos feitos em locais contendo sistema de plantio direto em Latossolo Amarelo indicaram valores da ordem de 571 mmh-1 (Cunha et al., 2009). Valores médios da taxa de infiltração inicial e final de água num Cambissolo Húmico alumínico, realizado em Lages, SC, submetido a diferentes sistemas de manejo, resultaram nos seguintes valores de velocidade de infiltração: Campo nativo pastejado (700 e 90 mmh-1); Preparo convencional (1940 e 280 mmh-1) e Semeadura direta (850 e 170 mmh-1) em Lages, SC (Bertol et al., 2001).

A automação de testes de infiltração tem sido uma busca constante. O uso de medições a laser foi realizado em diferentes usos e coberturas do solo na bacia do ribeirão Itaim por Sales e Targa, (2015). Essa busca evoluiu para o desenvolvimento de um sistema automático de medida utilizando um sensor e placa Arduino desenvolvido por Silva e Targa, (2017), possibilitou a medição mais precisa e com baixas cargas hidráulicas. Contudo, teste Beerkan tem sido pouco utilizado no Brasil.

Este trabalho tem o intuito de fazer a construção e teste de um sistema automático de medição como estratégia para reduzir a altura de lâmina de água nos testes.

2. MATERIAL E MÉTODO

Para a determinação da capacidade de infiltração dos solos neste estudo será feita da seguinte forma: com base no conhecimento e nos dados obtidos utilizando os resultados e experiência obtidos no período 2022 - 2023 com relação ao Método Beerkan de infiltração de água no solo (Concialdi et al, 2019), propor modificações e melhorias no mecanismo de medida automática pelo equipamento desenvolvido por Silva, et al (2020).

a) A primeira foi utilizar a metodologia descrita por Bernardo (1982), que consiste em cravar dois anéis concêntricos (Figura 1) no solo em que se quer determinar a infiltração. Ambos com 30 cm de altura, um anel menor interno com 25 cm de diâmetro e outro anel maior, externo com 50 cm. O anel externo é de grande importância, pois evita que a água do anel interno infiltre lateralmente, mantendo a infiltração vertical. Deve-se manter nos anéis uma variação máxima de 2 cm na lâmina d'água. A medição será feita por um sistema manual (trena metálica).

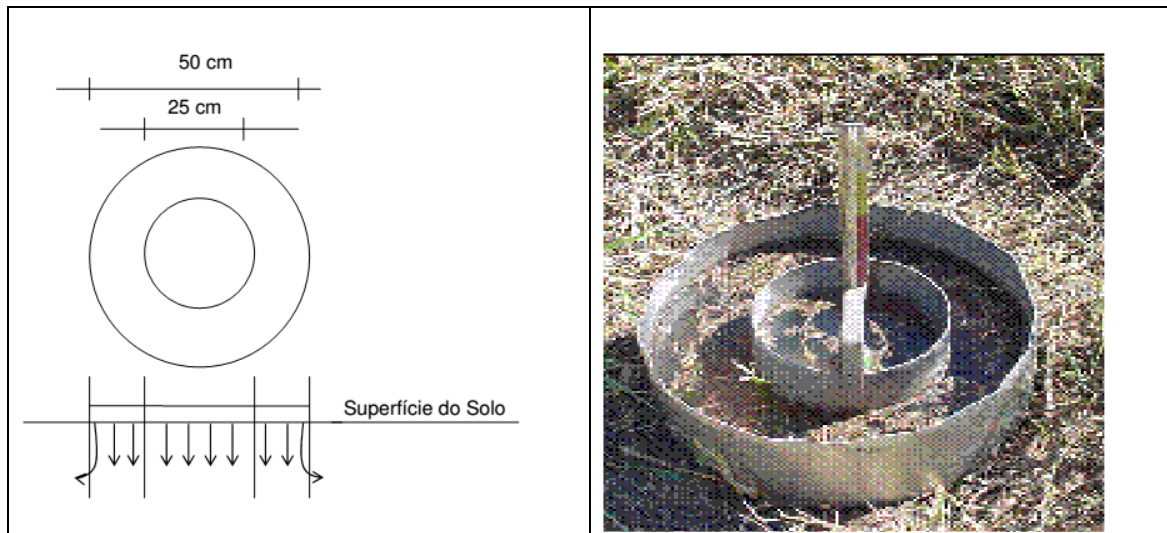


Figura 1. Método de Anéis concêntricos para a medição da infiltração de água no solo, já com melhoria pelo uso de uma boia e escala flutuadora para leitura. Fonte:

b) No segundo, foi utilizado o Metodo Beerkan manual (Figura 2) de infiltração de água no solo (Concialdi et al, 2019), que consiste no uso de anel simples, cravado ao solo e um sistema manual de aplicação da água em quantidades pré-determinadas (copos plásticos descartáveis), até que o tempo de infiltração fique constante.



Figura 2. Metodo Beerkan manual com o uso de anel simples e leitura manual (copos plasticos) de infiltração de água no solo. Fonte: Autor

c) No terceiro, uso de anéis concêntricos com leitura automática (Figura 3) por meio de sistema desenvolvido por (Silva et al, 2019).



Figura 3. O uso de anéis concêntricos com leitura automática.

Aplicação de metodologias de coleta e análises físicas do solo foram realizadas com base na metodologia de KIEL (1979) necessárias a infiltração, esse teste foi baseado no teste de análise das densidades de solo (Equação 1) e de partículas sólidas do solo (Equação 2), que possibilitam o cálculo da porosidade total (Equação 3).

$$ds = \frac{ms}{vs} \quad \text{eq. [1]}$$

Em que:

ds = densidade do solo em g/cm³

ms = massa da amostra de solo seco em g

vs = volume da amostra do solo em cm³

$$dp = \frac{ms}{50-v} \quad \text{eq. [2]}$$

Em que:

dp = densidade de partículas sólidas do solo em g/cm³

v = volume de álcool gasto ao completar 50 ml, no balão volumétrico

$$pt = 1 - \frac{ds}{dp} * 100 \quad \text{eq. [3]}$$

Em que:

pt = porosidade total em %.

Para realização da coleta, foi utilizado-se os seguintes materiais (Figura 4):

- Trado tipo Ulhand;
- Marreta de 500g;
- Anéis Volumétricos de aço inox de 50x26 mm.



Figura 4. Materiais utilizados para coleta de solo.

A coleta de solo (Figura 5) para as análises físicas foram feitas nos usos e coberturas do tipo aveia, banana, pupunha e mata no mesmo local onde foram realizados os testes de infiltração.



Figura 5. Procedimento de coleta de amostras dos solos para análises físicas.

Pode-se aprender os procedimentos de coletas e de análises dos solos, bem como constatou-se que, a melhor época para se fazer o estudo de infiltração em campo se dá no período seco, devido a possibilidade de construir toda a curva de infiltração.

Após a coleta, esses solos foram levados para o laboratório de solos da Universidade de Taubaté e pesados (Figura 6), colocados em estufa de ventilação forçada a 105 - 110 °C por 24h (Figura 7) e após a secagem, pesadas novamente em balança com precisão de duas casas.



Após as 24 horas essas amostras de solo, já secas e pesadas, foram destorroadas, passadas em peneira de 4mm e uma amostra de 50g foi retirada e colocada em balões volumétricos com 25ml de álcool etílico (Figura 8). Após 24 horas de descanso da amostra, por meio de uma bureta graduada se completou o volume adicionado o volume de cada volume a te 50 ml, sendo anotado o consumo de álcool.

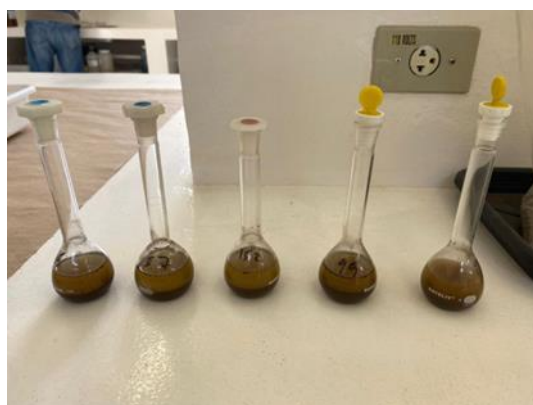


Figura 8. Balões volumétricos com a

Após as 24 horas de descanso no álcool etílico, foi adicionado mais uma quantidade de álcool etílico nos tubos de ensaio Erlenmeyer até atingir o menisco afim de analisar a quantidade de álcool utilizado, para então determinar a densidade de partículas (Figura 9).



Figura 9. Procedimento de análise da densidade de partículas sólidas do solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise das características físicas do solo, por meio das equações 1, 2 e 3 foram calculados os valores de densidade e de porosidade total, os quais são demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas dos solos com diferentes usos e coberturas analisados

Uso e cobertura do solo	ds (g/cm ³)	dp (g/cm ³)	Pt (%)
Aveia	1,74	2,70	35,55
Bananeira	1,69	2,74	38,32
Pupunha	1,73	2,66	34,96
Mata	1,36	2,70	49,62
Média	1,63	2,70	39,58

Com relação às características físicas do solo, nos diferentes usos e coberturas (Tabela 1), observa-se que a densidade média do solo foi 1,63 g/cm³ e que em ordem crescente os valores foram: Mata (1,36 g/cm³), Bananeira (1,69 g/cm³), Pupunha (1,73 g/cm³) e Aveia (1,74 g/cm³). Esses resultados indicam que o peso do solo no caso da mata é menor, possivelmente, em função da maior presença de matéria orgânica. Já em relação à densidade de partículas, apresentou-se valores mais próximos com média de 2,70 g/cm³, que indicam se tratar de um mesmo tipo de solo (Latossolo Vermelho-Amarelo – fase terraço), conforme indica Kiel (1979). Com relação à Porosidade Total, a média foi de 39,58% sendo que a Mata obteve o maior percentual (49,62%) mostrando a maior presença de matéria orgânica no solo.

Tabela 2. Características de infiltração dos solos com diferentes usos e coberturas analisados

Uso e cobertura	Iac (mm)	VIB (mm/min)	Equação VIB (mm/min)	r ²
Aveia	125	4,64	$VI = 5,42 * T^{-0,033}$	0,216
Bananeira	125	4,81	$VI = 5,67 * T^{-0,045}$	0,763
Pupunha	176	11,65	$VI = 16,64 * T^{-0,126}$	0,902
Mata	191	18,10	$VI = 60,73 * T^{-0,282}$	0,986

Com relação às características de infiltração do solo, nos diferentes usos e coberturas (Tabela 2), observa-se que a Mata apresentou maiores valores de Infiltração acumulada (191 mm) e de Velocidade de Infiltração (18,10 mm/min) durante o teste, indicando que a Mata é de suma importância nas propriedades rurais para a manutenção da disponibilidade de água nas bacias hidrográficas, garantindo o abastecimento para os mais diversos usos. A Pupunha, em segundo lugar, demonstrou ser uma ótima opção para o abastecimento de água a exemplo da Mata, com a vantagem da produção de palmito que traz renda para o produtor rural.

Em uma observação geral, ainda que preliminar, os valores de infiltração acumulada e velocidade de infiltração foram inferiores aos encontrados na literatura, quando se utilizou os anéis concêntricos. Aguiar, et al (2007) encontrou mais de 450 mm/hora de infiltração para pupunha no mesmo local. Possivelmente isso se deve à altura de lâmina d'água (5mm) conseguida durante o teste, em que se buscou, em termos metodológicos, uma aproximação com a realidade.

Para o sistema de medição automático utilizando o sistema de placa Arduino do tipo UNO R3 e acoplado a ela, um sensor ultrassônico do modelo HC-SR04, conforme ilustrado na Figura 10, conforme indicado por Silva, et al. (2020).

**Figura 10** - Arduino UNO R3 e sensor ultrassônico HC-SR04.

Os dados obtidos a partir dos estudos feitos nos testes de infiltração no solo utilizando a metodologia de Beerkan manual com anel simples foram trabalhados em Excel com a plotagem dos gráficos e ajustes de equações do tipo potencial, conforme o modelo de Kostiaikov (Figura 11), descrito em Bernardo (1982).

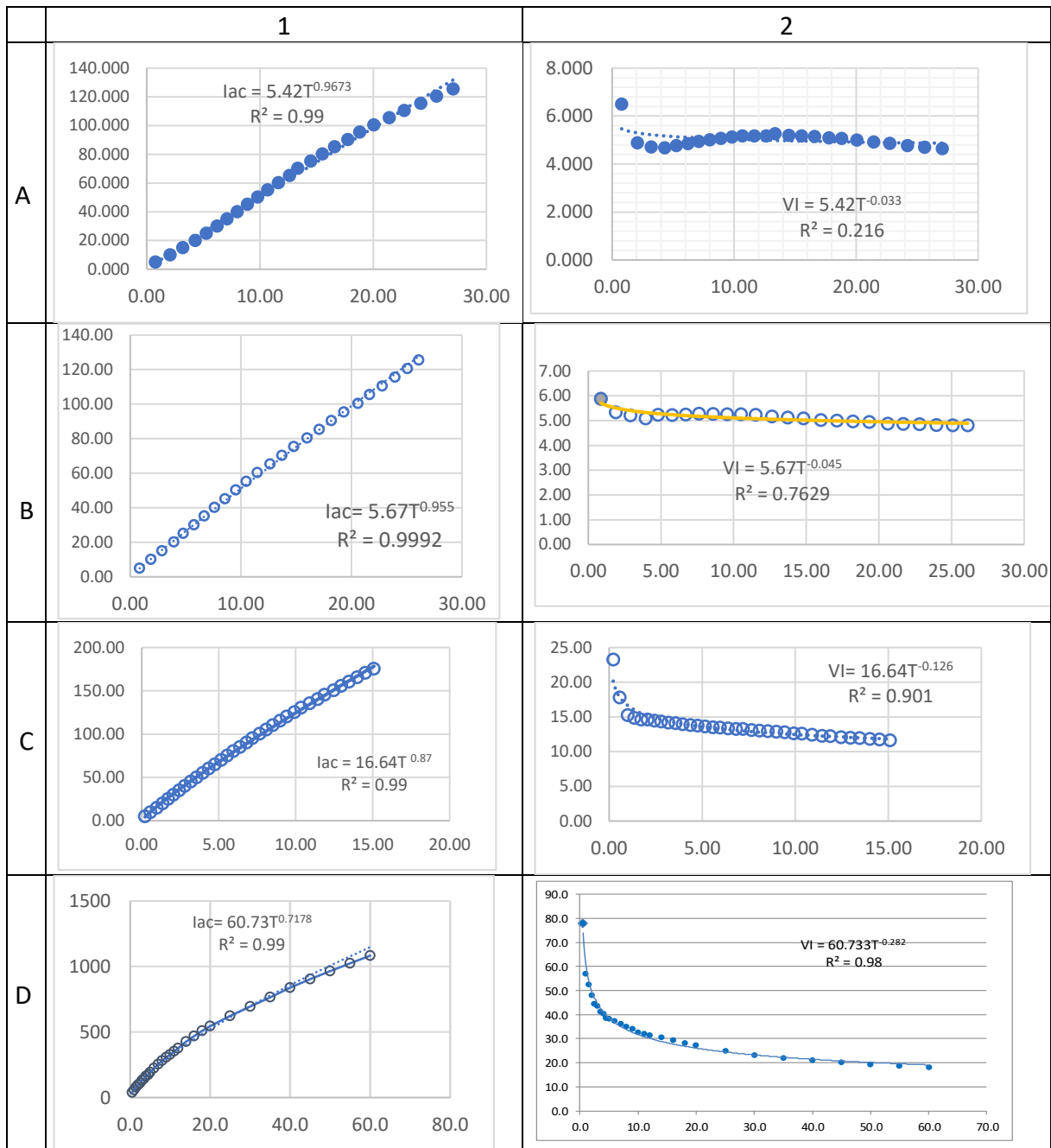


Figura 10. Curvas de Infiltração Acumulada e Velocidade de infiltração pelo método Beerkan com leitura manual e ajustes das respectivas equações.

Na tentativa de melhorar o processo manual de fornecimento de água, para o sistema automático de medição com Arduino, buscou-se adaptar um frasco de Mariotte no processo. Partindo-se da observação que em testes preliminares de campo por metodologia manual com lâminas de 5 mm de altura durante o teste, o consumo de água não passou de 4,0 litros. Assim, para a montagem de um recipiente (Frasco de Mariotte), adaptou-se um galão plástico com o volume de 5l.

Esse galão foi cortado na parte inferior do galão para que fosse colocado o sensor ultrassônico HC-SR04, também foi efetuado dois furos na tampa para colocação de duas

mangueiras para saída de ar e um furo lateral para colocação da água dentro do galão. A Figura 12 mostra o procedimento.

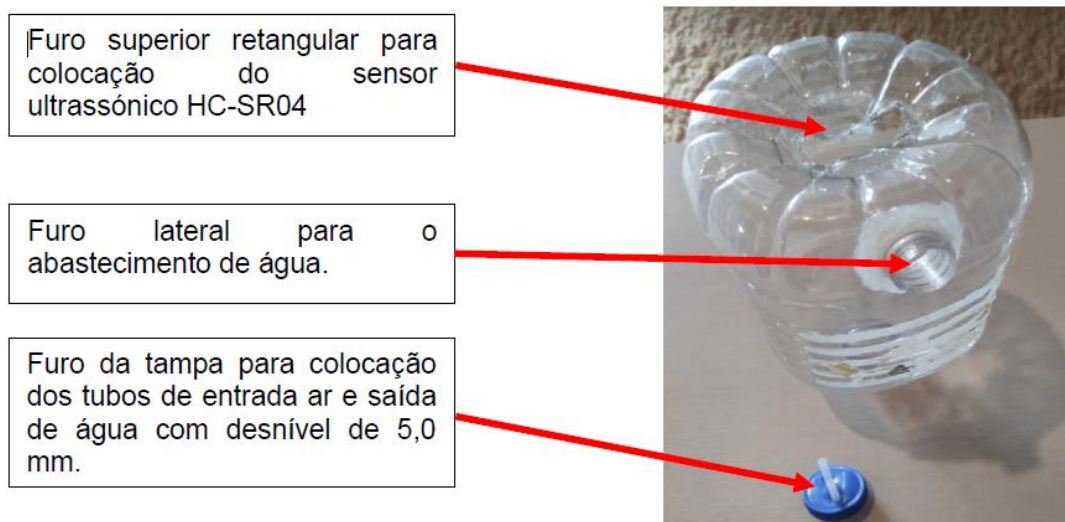


Figura 12. Esquema do corte do galão

Testes do equipamento em laboratório, demonstraram problemas para a manutenção da pressão no tubo plástico, ocasionando instabilidades nas lâminas lidas pelo sensor automático. Embora o sistema esteja fazendo as leituras, a instabilidade, não permite a obtenção de valores consistentes da altura de lâmina de água, prejudicando o estabelecimento de melhora da leitura.

A aquisição de um tubo de acrílico para ser utilizado como tubo de Mariotte, o que poderia sanar o problema de instabilidade na leitura, ficou prejudicada. Dessa forma buscou-se outra forma de contabilização da lâmina de água aplicada durante o teste.

A análise de possível solução, indicou ser mais viável a utilização de um mecanismo de sensor com boia vertical (Eclusa de aquário) que aciona automaticamente uma pequena unidade de bombeamento com parada também automática ao atingir determinado nível. Esse sistema seria acoplado ao Arduino para registro automático do tempo de aplicação de volume conhecido (Figura 13).

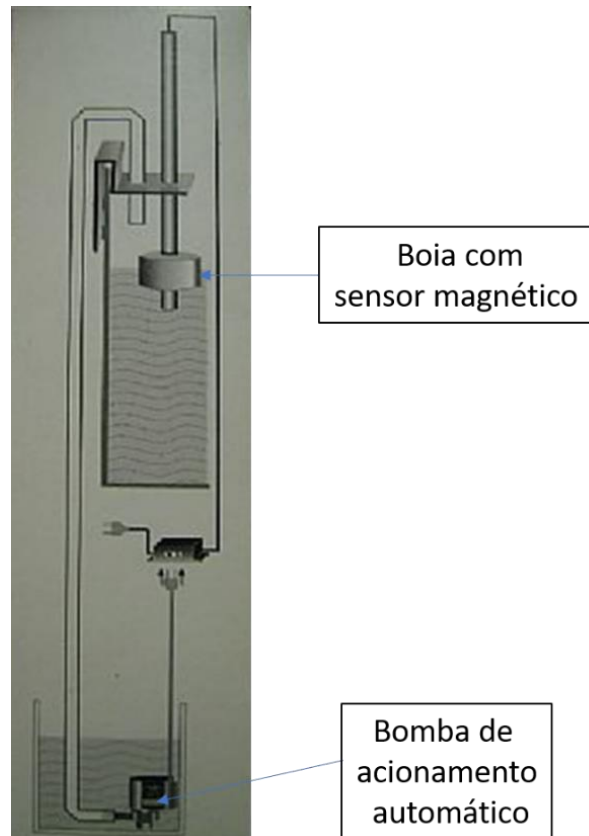


Figura 13. Sistema de abastecimento automático do tipo eclusa de aquário

No princípio de funcionamento da eclusa a parte superior que no caso representaria o cilindro de único anel, cravado ao solo com o sensor de magnético de nível de água (Boia), que aciona uma bomba conectada a um outro recipiente com função de fornecer água para o infiltrometro. No entanto como esse sistema utiliza energia elétrica, para sua aplicação no campo será necessário a adaptação de uma pequena bateria e um painel solar.

4. CONCLUSÃO

No desenvolvimento desse trabalho de determinação de parâmetros básicos para a construção de um equipamento de medida automática em testes de infiltração de água no solo com baixa altura de lâmina de água, os testes de campo e laboratório indicaram ser possíveis as leituras com lâmina baixa, tanto na aplicação do método Beerkam manual como do método de anéis concêntricos com sensor automático. Contudo na etapa de melhoria enfrentou-se problemas de instabilidades, mas que podem ser contornadas com o uso de outro tipo de sensor acoplado.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade de Taubaté – UNITAU pela disponibilização dos equipamentos, laboratório e análises de solo. Agradecemos ao CNPq pela cessão de Bolsa PIBIT e a CAPES pela cessão de Bolsa de Mestrado por meio do processo 8887.841612/2023-00.

6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J.C. e RIBEIRO, M.R. Infiltração de água em Cambissolos do Baixo do Irecê (BA). R. Bras. Ci. Solo, 20:263-370, 1996.
- BATISTA, G. T.; TARGA, M. dos SANTOS; CATELANI, C. S.; DIAS, N. W. Modelo de banco de dados ambientais georreferenciados voltado à recuperação e preservação de recursos hídricos de uma bacia de médio porte, o modelo da bacia do Rio Una, Paraíba do Sul, SP (P. 1-16). In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (XVI SBRH), 2005, João Pessoa. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. v. 1. p. 1-16.
- BERNARDO, S. Manual de irrigação. 2ª Ed. Imprensa Universitária – UFV, Viçosa – MG.: 1982. 463p.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. Sci. agric., v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001. Disponível em: www.scielo.br/pdf/sa/v58n3/a18v58n3.pdf . Acesso em: 9 dez. 2021.
- BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, Livroceres, 1990. 355p.
- CHAVES, H.M.L.; ORLOWISK, W.E; ROLOFF, G. Previsão da infiltração sob condições dinâmicas de selamento superficial. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, v.17, p.141-147, 1993.
- CONCIALDI, P., Di Prima, S., Bhanderi, H.M., Stewart, R.D., Abou Najm, M.R., Lal Gaur, M., Angulo-Jaramillo, R., Lassabatere, L., 2019. An open-source instrumentation package for intensive soil hydraulic characterization. Journal of Hydrology. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124492>
- CUNHA, J. L. X. L.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA, C. A.; ARAÚJO, E.; SANTOS JUNIOR, R. B. Velocidade de Infiltração da água em um Latossolo Amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto. Revista Caatinga, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 199-205, janeiro/março de 2009. Disponível em: www.ufersa.edu.br/caatinga . Acesso em: 9 dez. de 2021.
- Di Prima, S., 2014. A new automated single ring infiltrometer for Beerkan infiltration experiments [<https://www.youtube.com/watch?v=2nok8MJWV9s>].
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 8, p. 253-263, 1986.
- GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p.383-411. Agronomy Series, 9
- GUERRA, H. C. Física dos solos. Campina Grande: UFPB, 2000. 175p.
- KLAR, A.E. A água no sistema solo-planta-atmosfera. São Paulo, Nobel, 1984. 408p

- KIEHL, E. J. Manual de edafologia: relações solo-planta. São Paulo, Ceres, 1979. 264p.
- PERROUX, K.M. & WHITE, I. Designs for disc permeameters. Soil Sci. Soc. Am. J., 52:1205-1215, 1988.
- PREVEDELLO, C.L. Física do solo com problemas resolvidos. Ed. SAEAFS. Curitiba, PR, 1996. 446p.
- REICHARDT, K., TIMM, L.C. Solo, Planta e atmosfera. Conceitos, Processos e Aplicações. Barueri: Manole, 2004, 478p.
- SALES, L.E.O.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, M.S. & CURI, N. Estimativa da velocidade de infiltração básica do solo. Pesq. Agropec. Bras., 34:2091-2095, 1999.
- SALES, P. A.; TARGA, M. S. INFILTRAÇÃO DE ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, UNITAU, RECA, Coleção de Recursos Hídricos, ([HTTP://www.agro.unitau.br/dspace](http://www.agro.unitau.br/dspace)). p. 1-13, 2015.
- SIDIRAS, N.; ROTH, C. O. Medições de infiltração com infiltrômetros e um simulador de chuvas em um Latossolo Roxo Distrófico, Paraná, sob vários tipos de cobertura do solo e sistemas de preparo. Londrina: IAPAR, 1984. 13p.
- TARGA, M. S.; Silva, M. C. A. ; Cezar, V.R.S. . USO DE MICROCONTROLADOR ARDUINO PARA A DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO SOLO.. Revista Técnica Ciências Ambientais, Taubaté, SP, p. 1 - 14, 30 dez. 2017.
- Silva, M. C. A. ; TARGA, M. S. ; Cezar, V.R.S. . Arduino system and ultrasonic sensor for automation of the determination of the water infiltration rate in the soil. Revista Ambiente e Agua, v. 15, p. 1-13, 2020.
- SILVA, F. H. B. B.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LUZ, L. R. Q. P. Propriedades físico-hídricas de solos de uma área na Bacia do Jatobá – PE. Rio de Janeiro: EMRAPA, 2006. CT nº 39. 4p.
- TARGA, M. S. Ciclo da água e gestão. In: Programa de Capacitação. Aperfeiçoamento em Gestão de Recursos Hídricos – Bacia do Rio Paraíba do Sul. Targa, M.S. (Coord). Universidade de Taubaté (UNITAU). Taubaté, SP. 61p. 2008.