

IX-003 - DIMENSIONAMENTO, CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DE UM SIMULADOR DE CHUVA PARA UM LABORATÓRIO DE HIDROLOGIA

Nahum Gabriel Hijaz Fialho dos Santos⁽¹⁾

Estudante de Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC.

Virgínia Grace Barros⁽²⁾

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Regional de Blumenau (FURB). Doutora em Ciências Ambientais – Università Ca' Foscari di Venezia. Professora do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UDESC-Joinville.

Patricia Becker⁽³⁾

Engenheira Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e mestre em Engenharia Civil com ênfase em Cadastro Técnico Multifinalitário pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Paulo Malschitzki, 200 – Zona Industrial Norte, Joinville – SC – CEP: 89219-710 - Brasil - Tel: +55 (47) 3481-7936 - e-mail: **Nahum.hijaz@gmail.com**.

RESUMO

A construção de um simulador de chuvas é muito importante, pois auxilia os estudos relacionados a chuva em diversas áreas, como os efeitos da chuva em solos desmatados ou escoamento superficial, entre outros.

Neste trabalho, o simulador foi elaborado utilizando uma estrutura desmontável de tubos metálicos com 1m de comprimento e 32mm de diâmetro. Com o objetivo de gerar uma chuva de intensidade de 70 mm/h, proposta por Lopes e Ramos (2007), como chuva de período de retorno de 10 anos, foi selecionado o bocal ½ HH-50WSQ, do fabricante Spraying Systems, que opera com pressão e vazão de projeto iguais a 28kPa e 0,8m³/s, respectivamente. Outros equipamentos utilizados foram: um manômetro, um regulador de pressão, um rotâmetro e uma bomba BCR 2000, fabricado pela Schneider motobombas.

A aferição dos resultados foi obtida por meio de um pluviógrafo de balança que é parte integrante da Estação Hidrológica modelo NEXUS do fabricante TFA Dostmann. Os resultados encontrados confirmam a validade de utilização do simulador de chuvas desenvolvido neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Simulador de Chuva, Dimensionamento, Construção, Laboratório de Hidrologia.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial o solo vem sofrendo alterações constantes em suas características físicas e químicas seja pelo desmatamento, que o expõe às intempéries ou pela pecuária extensiva, que gera sua desertificação, mas uma das principais atividades humanas prejudiciais ao solo é a agricultura, que, sem o cuidado adequado, pode esgotar os seus minerais.

Neste cenário, é de extrema importância o desenvolvimento de um simulador de chuvas, porque através dele é possível se realizar a análise dos efeitos das chuvas, em diversas condições, na infiltração, escoamento superficial e erosão do solo.

Os simuladores de chuvas vêm sendo muito utilizados, por sua praticidade, na agropecuária, pois através dele é possível observar de que forma as chuvas afetam as pastagens e os solos cultiváveis de forma a se conhecer a sua degradação e a intensidade em que a chuva tira os minerais do solo, podendo, assim, desenvolver melhores formas de preservação. Segundo Claassens e Waat (2013) os simuladores também podem ser utilizados para se entender os efeitos do ressecamento do solo na infiltração, erosão e escoamento superficial que vem prejudicando o uso da água da chuva e da irrigação nas plantações. Nas áreas voltadas à preservação do meio ambiente os simuladores podem ser utilizados, como descrito por Covert e Jordan (2009), para se conhecer os efeitos dos incêndios florestais no escoamento superficial e na erosão do solo durante uma tempestade.

A determinação da erosão em solos pode se mostrar problema para pesquisadores, tendo em vista que não existe normatização para a mesma, desta forma o simulador de chuvas entra como uma forma de se definir essa perda de solo durante chuvas intensas. Seguindo esta linha de pensamento, é possível observar outra aplicação para o equipamento como sendo a quantidade de material que é carregado pelo escoamento superficial, para ajudar a determinar em quanto tempo o material que se acumula em barragens, por exemplo, pode se tornar uma complicação.

Outras aplicações são relacionadas ao escoamento urbano, como drenagem sustentável. A drenagem sustentável busca alternativas para melhorar o gerenciamento das águas pluviais diminuindo, assim, os efeitos das chuvas intensas nas cidades. Entre as mudanças pregadas pela drenagem sustentável está a criação de áreas multifuncionais, como parques inundáveis e outras formas de armazenamento alternativo de água, recuperação de margens de rios e realocação das populações localizadas nas áreas de cheias dos rios. Já existem pesquisas com este objetivo como a definição do melhor tipo de pavimento de forma a diminuir o escoamento superficial, otimizando a drenagem nas cidades.

Nos últimos anos, a discussão sobre a drenagem urbana vem ganhando cada vez mais ênfase, o que foi comprovado com a publicação da lei federal de saneamento básico que confere à drenagem a mesma categoria e importância do abastecimento de água e coletas de lixo e esgoto, e, portanto torna-se sujeito à cobrança gerando um retorno financeiro, fator este que desencorajava investimentos na área por parte do órgão público e privado. Neste contexto a aplicação de um simulador pode ajudar na definição dos níveis de impermeabilidade dos imóveis e, portanto, no cálculo da taxa de drenagem.

A utilização de um simulador de chuvas não é o ideal, pois traz algumas limitações o que dificulta a replicação de alguns aspectos da chuva natural, como a área de testes, que é relativamente pequena, a influência dos ventos na velocidade de queda das gotas, entre outros. Porém, em contra partida traz uma série de vantagens que justificam a sua utilização como: a possibilidade de regulação das condições experimentais, a velocidade de obtenção dos dados e repetição dos experimentos, fatores estes que melhoram o tempo e a viabilidade do estudo.

A construção de um simulador de chuvas deve atender alguns requisitos mínimos de operação, como citado por Meyer (1965 *apud* MOORE *et al.*, 1983; SHELTON *et al.*, 1985; HUMPHRY *et al.*, 2002), que aproximem ao máximo os resultados encontrados dos resultados reais. Entre estes requisitos, pode-se citar facilidade de operação e transporte, baixo custo e permitir a calibração da intensidade e tamanho das gotas e proporcionar uma precipitação uniforme e contínua sobre a área de teste, com uma velocidade de queda e energia cinética adequada.

Neste trabalho foi construído um simulador de chuvas que atenda as necessidades básicas de um laboratório de hidrologia. O dimensionamento e a calibração foram feitos com o auxílio de um pluviógrafo de balsa, sendo possível, assim, avaliar suas condições de utilização.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do projeto do simulador, inicialmente se fez uma pesquisa bibliográfica por diferentes tipos de fontes como trabalhos publicados em congressos, anais, artigos, dissertações, entre outros. Posteriormente se definiu a intensidade de chuva a ser representada, com base na equação da chuva desenvolvida por Lopes e Ramos (2007), igual a 70mm/h e representa um tempo de retorno de 10 anos, este tempo de retorno foi escolhido pois ele deve ser considerado na construção de pontes, viadutos, passarelas, pavimentação e diversas outras obras de extrema importância para o desenvolvimento urbano. Observa-se que outras intensidades podem ser simuladas modificando-se a pressão e manobrando os registros do equipamento. A seguir apresentam-se os componentes do simulador.

Existem diversas formas, comprovadas por publicações anteriores, de se fazer a calibração do simulador, entre elas podemos citar a utilização de um pluviógrafo, o método de imersão em óleo de Eigel e Moore (1983 *apud* KINCAID; SOLOMON; OLIPHANT, 1996) e o método da análise comparativa.

A utilização de um pluviógrafo é o mais vantajoso, quando o objetivo é determinar a intensidade de chuva, pois é um equipamento desenvolvido especificamente para esta função.

O método da imersão em óleo de Eigel e Moore (1983) consiste em aprisionar as gotas provenientes da precipitação entre dois óleos de densidades diferentes, um maior e outro menor que a densidade da água, dessa forma se evita alterações causadas pelo meio ambiente como, por exemplo, perdas por evaporação.

O método da análise comparativa é, essencialmente, um método comparativo, no qual são feitas gotas de tamanho padrão que posteriormente serão equiparadas com as gotas obtidas experimentalmente. Dessa forma é possível descobrir a distribuição dos tamanhos de gotas na área de testes.

EQUIPAMENTOS

Para atender a necessidade de ser leve e de fácil transporte, o simulador desenvolvido neste trabalho foi construído com uma estrutura desmontável e feita de tubos metálicos de 1m de comprimento com dimensões de diâmetro iguais a 32mm. O simulador foi composto de quatro pernas de sustentação espaçadas 2m uma da outra, tendo assim 4m² na parte inferior, e ligadas por tubos para aumentar a estabilidade da estrutura. A parte superior contou com uma área igual a da parte inferior (4m²) que serviu de base para a fixação do bocal de pulverização. Por fim, deve-se ressaltar que a altura total do equipamento foi definida em 2m.

A área de testes deve ser a maior possível, pois dessa forma é mais garantido que os resultados encontrados representarão o comportamento do solo em situação real (ABUDI; CARMÍ; BERLINER, 2012). Segundo Hignett *et al.* (1995, *apud* ABUDI; CARMÍ; BERLINER, 2012), a área de testes não deve possuir dimensões inferiores a 1m×1m. Portanto, a área de testes utilizada para este simulador foi de 1m² (1m×1m), foi escolhida a dimensão mínima observando a economia de fabricação.

Segundo análise em trabalhos anteriores a pressão de projeto deve estar em uma faixa entre 28 e 59 kPa e de acordo com a pressão de operação do bocal, portanto a pressão de projeto definida para este projeto foi de 28kPa.

Ainda tomando como base trabalhos anteriores, foi definida a utilização de um bocal ½ HH-50WSQ, fabricado pela empresa Spraying Systems, que para a pressão de projeto (28kPa) funcione com vazão de 0,8m³/s e ângulo de aspersão 114°. Para a fixação do bocal foram utilizados tubos de PVC de diâmetro 20mm e duas abraçadeiras giratórias. Altura da saída de água do bocal escolhida foi de 2m de altura. Esta altura foi determinada com o objetivo de melhor representar as condições de uma chuva natural.

Para o funcionamento adequado dos bocais, ou seja, dentro dos padrões de pressão e vazão foi utilizado um regulador de pressão, um manômetro e um rotâmetro, sendo os dois primeiros utilizados para regular a pressão e o terceiro para regular a vazão.

Para a reprodução da pressão foi utilizada uma bomba BCR 2000 com características iguais a 1/4cv, monofásica de 20m.c.a, regulada com o auxílio de um manômetro.

Os esquemas da estrutura, em perfil e isométrico, podem ser vistos, respectivamente, nas figuras 1 e 2.

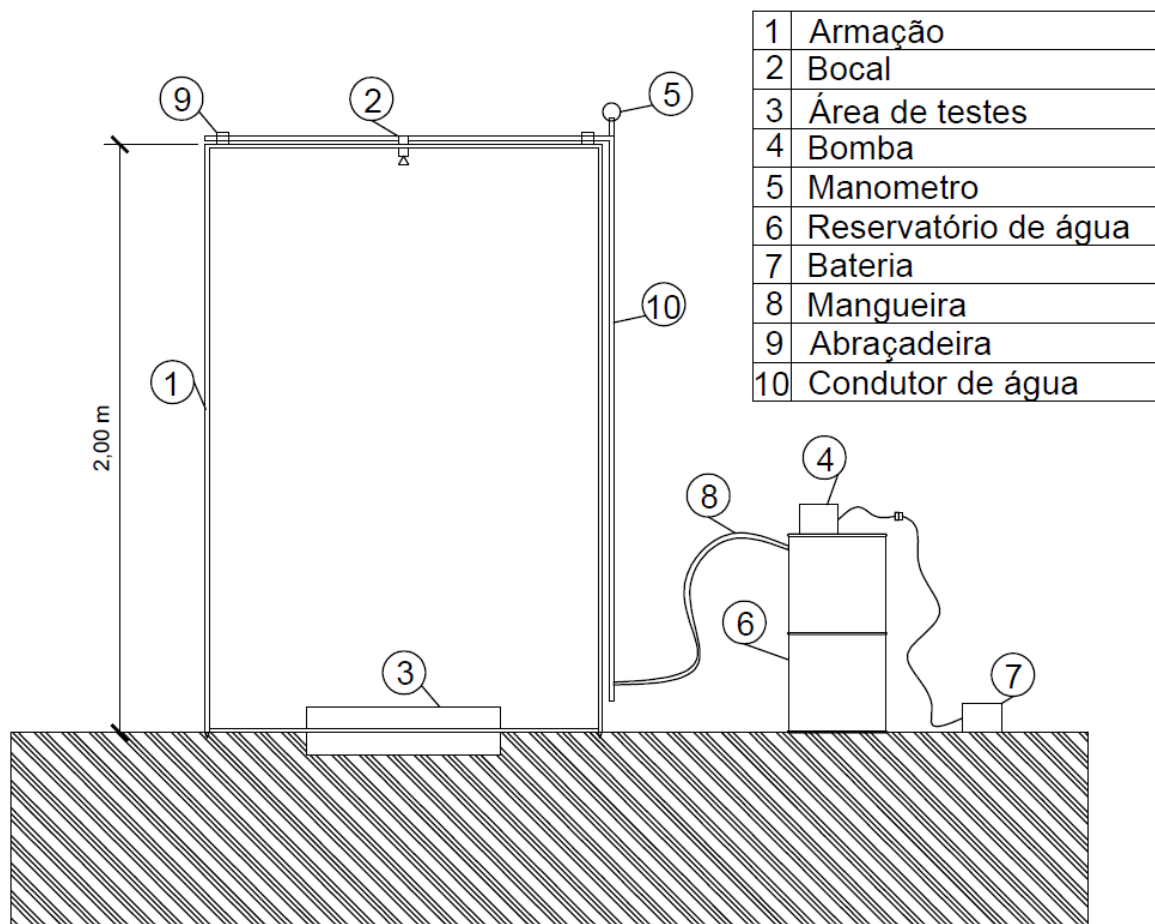


Figura 1 – Esquema em perfil do simulador de chuvas

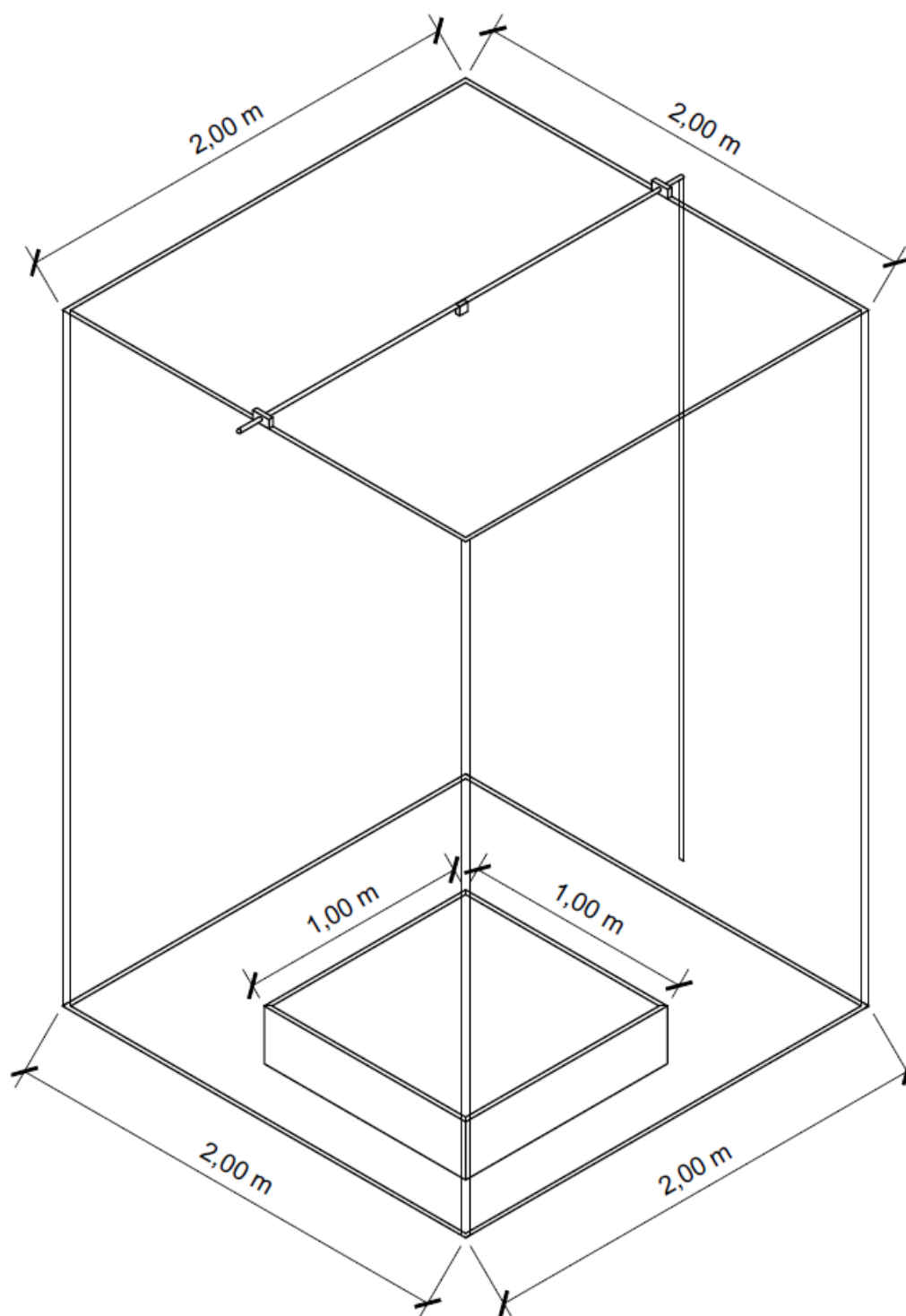


Figura 2 – Esquema isométrico do simulador de chuvas

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O simulador foi construído com o objetivo de atingir determinadas intensidades de chuva por meio de alterações em pares de vazão e pressão. Para a calibração foi determinada a intensidade de 70 mm/h.

Os resultados foram obtidos por meio da realização de uma série de testes onde foram combinadas vazões e pressões para se alcançar intensidades de chuvas que foram medidas por meio da utilização de um pluviógrafo de balança que é parte integrante da Estação Hidrológica modelo NEXUS do fabricante TFA Dostmann.

A análise dos resultados se constituiu da determinação dos tempos de retorno correspondentes às intensidades de chuvas encontradas, esta determinação foi feita por meio da utilização da equação de chuvas desenvolvida por Lopes e Ramos (2007).

CONCLUSÕES

Entre as dificuldades para a realização do trabalho encontrou-se principalmente a dificuldade de se encontrar os materiais necessários, mas da mesma forma construção do simulador de chuvas pode ser considerada bastante satisfatória, tendo em vista que a reprodução dos 70mm/h de intensidade de projeto foi bem sucedida, apresentando uma aspersão contínua e bem distribuída sobre a área de testes. Outro ponto de sucesso foi a questão da facilidade de operação e da facilidade de transporte, evidenciados pelo fato do equipamento ser constituído por barras metálicas de 1m de comprimento e rosqueáveis, permitindo o seu desmonte.

Mais uma vantagem que é importante ressaltar é a velocidade de obtenção dos dados e a possibilidade de repetição das mesmas condições de chuva para diferentes experimentos, o que seria muito difícil se estivéssemos sujeitos à chuva natural.

Utilizando as intensidades e os tempos de duração encontrados durante os testes na equação da chuva, foi possível tabular seus respectivos tempos de retorno e dessa forma pode-se definir qual a melhor intensidade e tempo de retorno para o estudo que se pretende fazer.

Dessa forma a construção de um simulador de chuvas se prova válida para a utilização em pesquisas nas áreas de erosão dos solos, transporte de partículas, drenagem sustentável, entre outras.

Existem sugestões que podem ser levantadas para a melhoria de um simulador que tenha características semelhantes ao mesmo, entre eles pode-se destacar a melhoria da estrutura no sentido de facilitar ainda mais a sua utilização em campo e de forma a aumentar sua autonomia em relação à água e energia pode-se definir, respectivamente, um tanque de água e uma bateria para alimentar a bomba. Ainda pensando na facilidade de operação em campo, pode-se alterar a composição da estrutura de forma a torna-la regulável, permitindo a sua utilização em terrenos irregulares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABUDI, I.; CARMÍ, G.; BERLINER, P.. Rainfall simulator for field runoff studies. *Journal of Hydrology*. Negev, p. 76-81, 2012.
2. ARAÚJO, Paulo Roberto de; TUCCI, Carlos E. M.; GOLDENFUM, Joel A.. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. 2000. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.
3. CLAASSENS, A. S.; WAAT, H. v.H van der. An inexpensive, portable rain simulator: construction and test data. *South African Journal of Plant and Soil*, Pretoria, v.10, p. 6-11, jan. 2013.
4. COVERT, Ashley; JORDAN, Peter. A portable rainfall simulator: techniques for understanding the effects of rainfall on soil erodibility. *Streamline Watershed Management Bulletin*, Victoria, v.13, n.1, p. 5-9, 2009.
5. HUMPHRY, J. Byron; *et al.*. A portable rainfall simulator for plot-scale runoff studies. *Applied Engineering in Agriculture*, St. Joseph, v.18, n.2, p. 199-204, jan. 2002.



6. KINCAID, Dennis C.; SOLOMON, Kenneth H.; OLIPHANT, Joseph C.. Drop size distribution for irrigation sprinklers. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v.39, n.3, p. 839-845, 1996.
7. LOPES, Fernando Hide Yano; RAMOS, Doalcey Antunes. Estudo comparativo entre equações de chuvas para o município de Joinville, SC. *In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 17, 2007, São Paulo. **Anais...** Joinville: Udesc, 2007. p. 1 - 18.