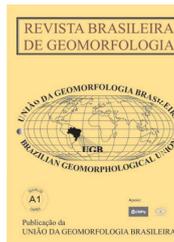


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 19, nº 1 (2018)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1294>



MÉTODO PARA CALIBRAÇÃO, VALIDAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE SIMULADORES DE CHUVAS APLICADOS A ESTUDOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS EM PARCELAS DE EROSIÃO

METHOD FOR CALIBRATION, VALIDATION AND USAGE OF RAINFALL SIMULATOR APPLIED TO HYDROGEOMORPHOLOGICAL STUDIES ON EROSION PLOTS

Jefferson Gomes Confessor

*Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia
Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia, Minas Gerais. CEP: 38.400-902. Brasil
Email: djerfsgeo@gmail.com*

Silvio Carlos Rodrigues

*Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia
Av. João Naves de Ávila, 2121, Uberlândia, Minas Gerais. CEP: 38.400-902. Brasil
Email: silgel@ufu.br*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
24/08/2017

Aceito (Accepted):
14/10/2017

Palavras-chave:

Calibração/Validação;
Simuladores de Chuva;
Parcelas de Erosão.

Keywords:

Calibration /Validation; Rain
Simulators; Erosion Plots.

Resumo:

O uso de simuladores de chuva em pesquisas sobre processos erosivos é uma prática bastante desenvolvida. Nos últimos anos, tais equipamentos evoluíram de maneira a contemplar os diversos estudos neste tema. Desta forma, trabalhar com simulação de chuvas em estudos sobre parcelas de erosão necessita de certos requisitos que devem ser atendidos, gerando eventos com maior proximidade às chuvas naturais. Esta premissa permite ao pesquisador obter dados detalhados, de forma rápida e assertiva, sobre os processos simulados. Este trabalho tem como objetivo principal a exposição das demandas corretas para utilização de simuladores de chuvas em estudos hidrogeomorfológicos, e sua aplicabilidade em parcelas de erosão. Desta forma ao calibrar e validar o simulador e utilizá-lo em parcelas de erosão, possibilita-se a aquisição de dados em diferentes localidades, usando precipitações controladas e semelhantes a chuvas reais.

Abstract:

The use of rain simulators in research on erosion processes is a well-developed practice. In recent years, such equipment has evolved in order to contemplate the various studies in this subject. Thus, working with simulation of rainfall in studies on erosion plots requires certain requirements that must be met, generating events that are closer to natural rains. This premise allows the researcher to obtain detailed, fast and assertive data about the simulated processes. This work has as main objective the exposition of the correct demands for the use of rainfall simulators in hydrogeomorphological studies, and their applicability in erosion

plots. In this way, when calibrating and validating the simulator and using it in erosion plots, it is possible to acquire data in different localities, using controlled precipitations and similar to real rains.

1. Introdução

No Brasil, a erosão hídrica se mostra como o agente mais atuante no depauperamento dos solos, com possibilidade de promover a insustentabilidade dos sistemas de produção agrícola por erosão. Isso ocorre devido aos seus impactos ambientais terem reflexos diretos no aumento dos custos da produção (HERNANI *et al.*, 2002). De acordo com Bezerra (2006) e Casseti (2006) esta erosão é resultante das interações entre diversos fatores, como: características das chuvas, clima, tipos de solo, manejo, topografia e cobertura do solo.

O principal agente causador de erosão em solos de ambientes tropicais e subtropicais é a água. A erosão hídrica é responsável pela desagregação e transporte de materiais, sejam eles grosseiros ou finos, porém a intensidade e a taxa da erosão são ampliadas exponencialmente pela ação humana, especialmente, se tratando do uso e manejo incorreto dos solos (INBAR *et al.*, 1998; CONFESSOR *et al.*, 2014).

A erosão superficial atinge diretamente a camada superior do solo que, em sua grande maioria, é constituída de detritos vegetais e substâncias húmicas acumuladas e atuantes na manutenção da vida que ali se encontra (DUBOC *et al.*, 2008). Desta forma, a retirada do material superficial acarreta diferentes danos ambientais e, além disso, gera também o transporte das partículas de solo, nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; PINESE *et al.*, 2008; MACHADO *et al.*, 2014). O carregamento desses elementos culmina no empobrecimento do solo *in situ* e, posterior contaminação das águas superficiais (eutrofização e assoreamento) fora do local de origem da erosão (DANIEL *et al.*, 1994), resultando em consideráveis prejuízos ambientais e econômicos (BERTOL *et al.*, 2007).

Sendo assim, o conhecimento da resposta do solo frente às chuvas faz-se de extrema importância para a escolha do sistema adequado de manejo de solo e água, com vistas à manutenção da capacidade produtiva do solo, o que envolve, necessariamente, o conhecimento sobre os processos de infiltração, escoamento superficial e erosão.

Isto posto, este trabalho tem como objetivo geral fornecer bases teórico metodológicas para a utilização de simuladores de chuvas aplicados à estudos hidrogeomorfológicos. Desta forma espera-se assegurar maior confiabilidade e compatibilidade às chuvas naturais, demonstrando os procedimentos necessários para a construção, ajuste, calibração e aplicação em parcelas de erosão, possibilitando a aquisição de dados de forma mais precisa, capaz de produzir respostas sobre a dinâmica hídrica no solo. Tal dinâmica promoverá um ambiente apropriado de mensuração do escoamento superficial e de sedimentos, integrando, posteriormente, as demais variáveis, como inclinação do terreno; cobertura vegetal; tipo de solo e, por fim, a intensidade da chuva.

2. Revisão Teórico Metodológica

2.1 Simuladores de Chuvas

Ao se trabalhar com chuva simulada alguns critérios devem ser levados em conta, Tossel *et al.* (1987) utilizado por Alves Sobrinho *et al.* (2002) estipularam que o simulador deve ser apto a atender os seguintes quesitos, a saber: *i*- capacidade de simular chuvas de modo contínuo; *ii*- expor a relação entre a energia cinética da chuva produzida e a natural superior a 75%; *iii*- o raio de ação útil da área molhada deve cobrir área acima de 0,50 m², estando de acordo com o coeficiente de uniformidade superior a 80% (CHRISTIANSEN, 1942) e *iv*- produzir gotas de diâmetro médio similar ao de chuvas naturais.

O modelo a ser utilizado deve, além de levar em conta tais critérios, também deve respeitar as particularidades e necessidades de cada pesquisa. Devido à quantidade de componentes exige-se atenção na escolha do equipamento, havendo necessidade de considerar o seu peso, funcionalidade, altura, quantidade de água utilizada, área molhada, facilidade no transporte e reposição das peças.

É possível observar trabalhos que utilizam vários modelos de simuladores, uma prática desenvolvida ao longo dos anos e que se ajusta de acordo com as tecnologias disponíveis de cada época, podendo citar Wischmeier e Smith (1958); Luk, Abrahams e Parsons

(1986); Tossel et al (1987); Oliveira (1991); Souza (2004); Panachuki *et al.* (2006); Fraga Jr. *et al.* (2008); Thomaz (2009); Bertol I, Bertol C e Barbosa (2012), Faria Jr. *et al.* (2013), e Spohr *et al.* (2015), os quais utilizaram diferentes equipamentos, de acordo com o funcionamento mais adequado à cada pesquisa em questão.

A peça fundamental para a simulação é o bico de pulverização, vários modelos estão disponíveis no mercado, sendo desenvolvidos para diversas finalidades, como uso agrícola, industrial ou de segurança, entretanto não existem bicos específicos para simulação de chuvas. Diante disso, trabalhos com o intuito de realizar precipitações simuladas devem se atentar com a escolha desta peça chave do projeto.

O funcionamento desse bico de pulverização se dá através do pressionamento do fluido pelo conduto de aspersão e, de acordo com a mudança da pressão, variados tipos de intensidades podem ser alcançados. Para a escolha do bico aspersor o pesquisador precisa atentar a alguns fatores como: padrão de pulverização; distribuição uniforme em uma grande variedade de taxas de vazões e pressões; gotas de tamanho médio a grande, similares ao tamanho de gotas provenientes de chuva natural; durabilidade e raio de ação.

2.2 Armazenamento e fornecimento de água para simulação

Exige-se para a simulação de chuvas impulsionar o líquido com pressão constante através do bico de pulverização, produzindo uma malha de gotas compatível com a pluviosidade natural, para tal, a utilização de bomba d'água é fundamental para o funcionamento do equipamento. Simuladores de gabinete utilizam bombas com motores movidos a eletricidade, entretanto para simulações a campo a motobomba autopropelida se faz ideal.

A motobomba acionada a gasolina proporciona a possibilidade de simulação, bem como a captação de água para posterior execução dos testes. É capaz de produzir um volume de captura considerável a pequenos desníveis, possibilitando a realização de trabalhos em diferentes tipologias de terreno que tenham fonte de água nas proximidades.

Ao simular chuvas, gera-se um vacuo de água produzido para cada simulação, suscitando a necessidade

de atentar para alguns fatores como: intensidade, tempo, vazão dos bicos, área molhada e número de repetições. Logo, o cálculo da necessidade de água precisa ser realizado com antecedência, no qual tal volume deve ser armazenado previamente em reservatórios de fácil acesso para evitar a descontinuidade da simulação por falta de água.

2.3 Coeficiente de Uniformidade

Comumente os simuladores de chuvas são capazes de produzir diferentes tipos de precipitações, uma vez que o seu funcionamento se dá pela pressão da água contida no sistema. A mudança nesta condição pode gerar maior ou menor volume expelido pelo equipamento, conforme descrito por Alves Sobrinho *et al.* (2002).

Para cada pressão, determinada forma de precipitação é obtida, de modo genérico, quanto maior for a pressão contida no sistema, menor será o tamanho da gota e maior será a área atingida pela água, neste mesmo sentido, pressões menores geram gotas maiores, entretanto há uma diminuição no raio de ação do simulador.

Para determinar o local onde a parcela de estudos deve ser posicionada e realizar a validação do simulador faz-se necessário o conhecimento do coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942). Tal coeficiente é amplamente utilizado e considera o desvio médio como medida de dispersão, lembrando que, para chuva simulada, o valor deve ser superior a 80%, na qual a equação expressa:

$$CUC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot \bar{X}}$$

onde:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen, em decimal;

n - número de observações;

X_i - lâmina de água aplicada no i-ésimo ponto sobre a superfície do solo;

\bar{X} - lâmina média aplicada.

A escolha do posicionamento da parcela em relação ao simulador é obtida após bateria de testes para o conhecimento da distribuição da precipitação. Sendo assim, adaptando Thomaz *et al.* (2015) faz-se necessário

a utilização de um modelo que consiste na disposição de recipientes coletores dispostos em forma de grade na área atingida pela simulação. Este visa determinar a forma e o padrão da distribuição da precipitação e, conseqüentemente, a melhor área de enquadramento da parcela em campo (Figura 1). Posteriormente, os

valores extraídos dos testes devem ser aplicados no coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942) e, de acordo com os valores da distribuição da chuva na área amostrada, gera-se a possibilidade de posicionamento da parcela de estudos no local onde a pluviosidade se mantém de forma mais homogênea.

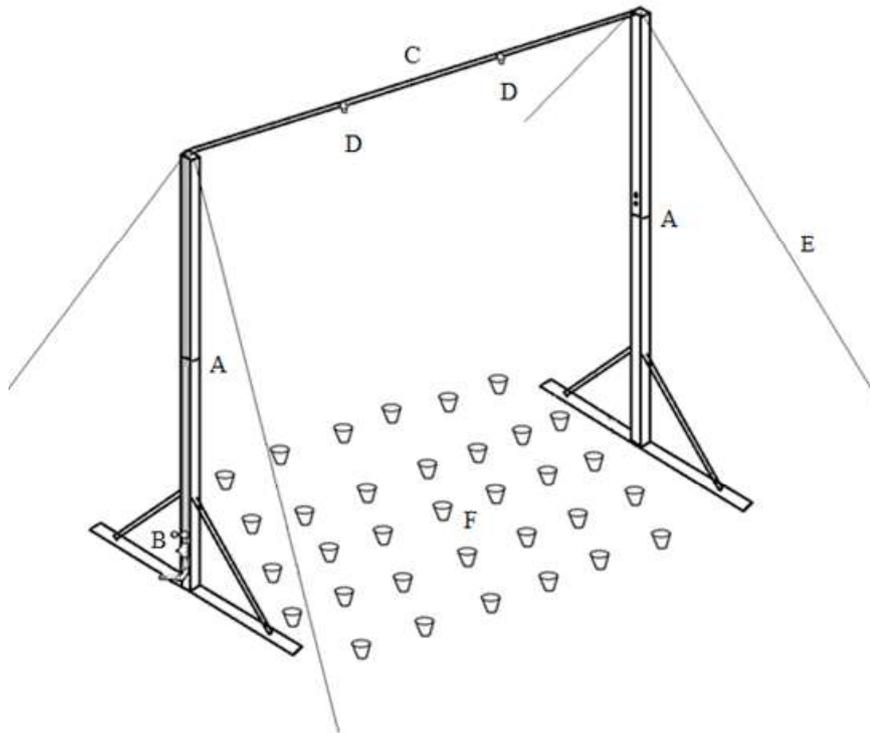


Figura 1 - Visão geral da malha de recipientes coletores (copos) sob simulador de chuvas com objetivo de verificação da distribuição da precipitação. Hastes de sustentação (A); Medidor de pressão e válvula de regulagem de vazão (B); Tubo de aço galvanizado (C); Bicos de aspersão (D); Cabos de fixação (E); Malha coletora de copos para verificação da distribuição da precipitação (F). Fonte: Autor.

2.4 Parcela de Erosão

A quantificação do escoamento em trabalhos hidrogeomorfológicos é de extrema relevância, visto que a sua produção desencadeia vários processos nos quais podem gerar impactos ao meio, seja na própria perda de água ou na condução e carreamento do material das camadas mais superficiais do terreno.

Desse modo, após realizar os testes visando avaliar o tamanho da área de simulação, estipula-se o tamanho ideal da parcela de erosão, no qual o exemplo exposto a seguir (Figura 2), o simulador portátil utilizado por vários autores, como Luk, Abrahams e Parsons (1986); Alves Sobrinho *et al.*, (2002) e Thomaz(2009) apresentou área ideal de realização dos testes de 1 m². Assim, a utilização da parcela de experimentos

semelhante às utilizadas por Costa, Barcelos e Rodrigues (2014) seria ideal .

Para este modelo de parcela utiliza-se uma folha de zinco de 40 centímetros de altura dobrada em três sessões, cada qual possuindo 1 metro de comprimento, devendo ser inserida no solo a aproximadamente 10 centímetros de profundidade, buscando o aprisionamento do fluxo superficial e conduzi-lo diretamente à calha coletora, posicionada na lateral aberta voltada para a parte mais baixa do terreno.

Esta parcela possibilita o aprisionamento do fluxo superficial gerado por toda área de contribuição da parcela, conduzindo-o até a parte inferior do terreno, de encontro à calha coletora, capaz de assimilar todo fluxo e transportá-lo até o recipiente de armazenamento (Figura 3).

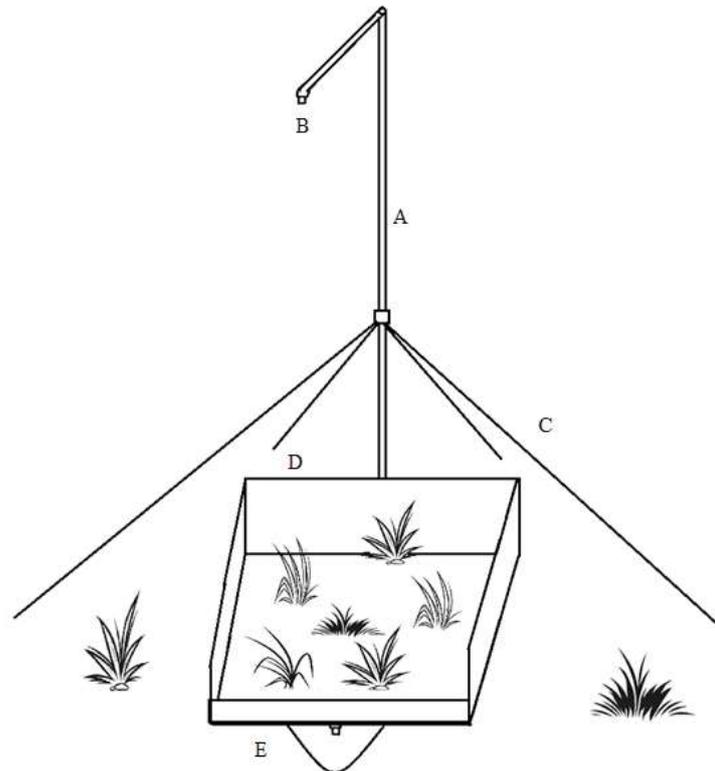


Figura 2 - Modelo de parcela de erosão de 1m² sob simulador de chuvas, elaborada de chapas de zinco possuindo 40 centímetros de altura, com calha coletora em sua lateral mais baixa. Simulador de chuvas (A); Bico de aspersão (B); Hastes de fixação (C); Parcela de erosão (D); Calha para coleta de escoamento superficial e sedimentos (E). Fonte: Autor

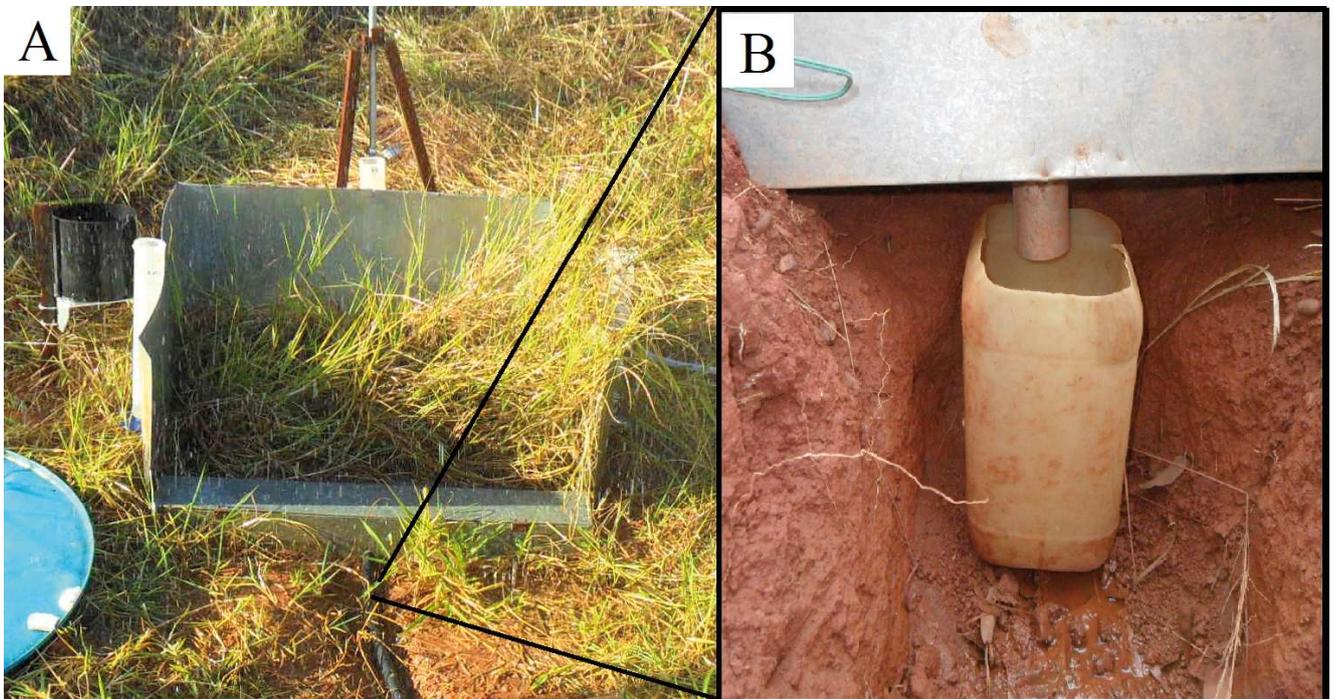


Figura 3 - Visão geral do uso do simulador instalado em campo, sobre parcela de Brachiaria e reservatório de água e pluviógrafo (A); Calha e reservatório para coleta de água e sedimento após escoamento superficial em parcela. (B). Fonte: Autor

Apesar do volume produzido pela simulação ser constante, algumas situações adversas, como os ventos, podem interagir de forma a oscilar nesta homogeneidade, tornando-se indispensável à aferição após a realização de cada teste (RUPP, 2010). Sendo assim três pluviômetros devem ser dispostos nas laterais esquerda, direita e superior da parcela, para aferição futura da distribuição da chuva.

2.5 Calibração do Simulador

A simulação de chuvas, bem como a pluviosidade natural, apresenta variações no diâmetro de gotas, interferindo diretamente na energia de colisão no momento em que tocam o solo, desta maneira o simulador deve ser capaz de produzir gotas que, independente de seu diâmetro, impactem o solo em sua velocidade terminal.

Para tal determinação, o método pode ser obtido conforme Hudson (1964) e difundido no Brasil por Oliveira (1991), segundo o qual se deve expor à precipitação direta uma camada de farinha em tempo estimado, objetivando interceptar as gotas e condicioná-las no recipiente.

O método consiste em preencher uma bandeja com farinha a uma altura de 2 cm, na qual o material deve ser previamente peneirado e nivelado, retirando qualquer alteração que possa comprometer os testes. É preciso atentar ao fato de que a preparação das bandejas requer utilização imediatamente antes de sua exposição, prevenindo eventuais anomalias em cada teste.

A bandeja (Figura 4) deve ser exposta por um tempo de cinco segundos para cada precipitação, a uma altura que impossibilite o salpicamento de respingos provenientes do solo (efeito *splash*). As gotas, ao colidirem com a farinha, formam pequenos grânulos que devem ser recobertos com uma fina camada de farinha por meio de peneiramento para evitar possível evaporação. Em seguida as bandejas devem ser secas ao ar por um período de 24 horas e, posteriormente, levadas à estufa até que estejam completamente secas.

O material seco de cada bandeja precisa ser peneirado no conjunto de peneiras que melhor abrangem o estudo, sendo que, para projetos realizados no conjunto de (4; 2; 1; 0,5; 0,25 mm) atenderam completamente as necessidades.

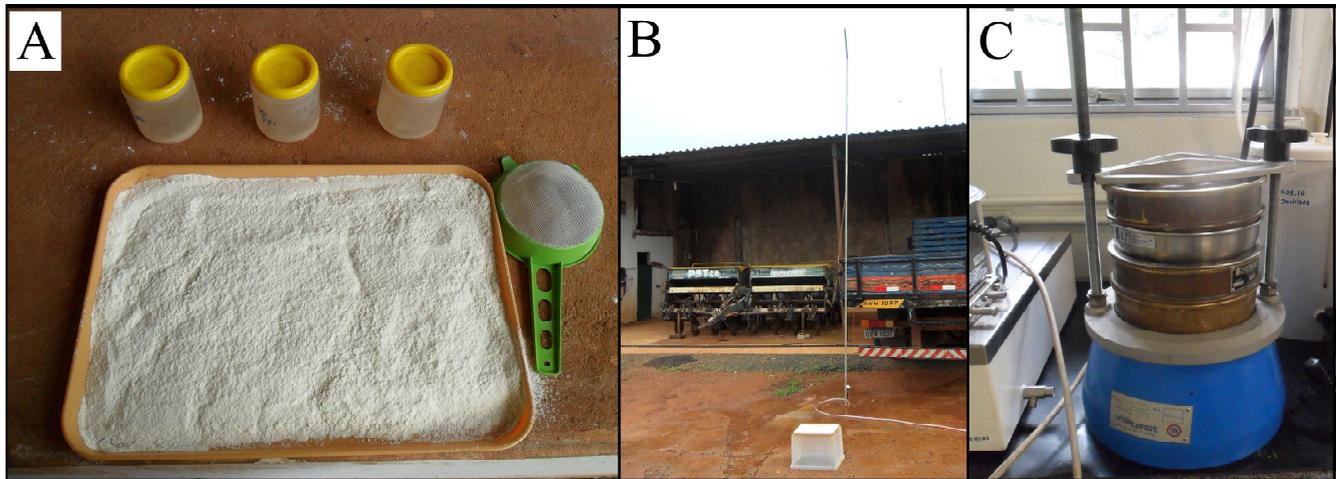


Figura 4 - Materiais e procedimentos utilizados para mensuração do diâmetro de gotas no uso de simuladores. Bandeja preenchida com farinha (2cm de altura) (A); Teste de simulação sobre bandeja a 30 cm do solo a fim de obter dimensão de gotas (B); Processo de separação dos grânulos por peneiramento (C). Fonte: Autor

Após estabelecer os agrupamentos de grânulos, todas as amostras demandam ser pesadas em balança de precisão, em quantidade de 50 gotas por amostra. Tal metodologia expõe a quantidade de grânulos existentes em cada tipo de simulação, assim como a distribuição

do diâmetro das gotas, que pode ser calculado através de sua massa.

De posse de tais dados e com o objetivo de obter a velocidade terminal da gota, Fraga Junior *et al.* (2008) expõem a equação em seu trabalho:

$$VT = \sqrt{\frac{9,81}{0,4671x d^{-0,9859}}}$$

em que:

VT = Velocidade Terminal da Gota (m/s⁻¹)

d = Diâmetro da gota (mm)

E por fim Stillmunkes e James (1982) em trabalhos voltados a irrigação difundiram a equação para cálculo de impacto de gotas de chuva simulada ao solo, podendo ser expressa por:

$$\frac{EC}{a} + \frac{10^{-3}}{2} \cdot p \cdot l \cdot v^2$$

em que:

EC/a – Energia Cinética por unidade de área (J.m⁻²)

P – Densidade da Água (dg.m⁻³)

l - Lâmina de água aplicada (mm)

V - Velocidade da gota (m.s⁻¹)

2.6 Intensidade e Simulações

Ao utilizar simuladores de chuvas como ferramenta voltada para estudos hidrogeomorfológicos, nota-se as possibilidades que são postas para tal. Sendo assim, para sua utilização, cada estudo gera uma demanda diferenciada, seja no padrão de chuva, intensidade, tamanho de gotas, tempo e variação das tipologias.

Diversos autores expressam tempos de simulações variados, Ramos-Scharrón e Thomaz (2015 e 2016) em suas simulações consideraram o tempo de 30 minutos, já para Souza (2004) o tempo de 130 minutos e Bertol I, Bertol C. e Barbosa (2012) realizaram testes com 45 minutos.

Panachuki *et al.* (2006) ressalta que, para melhor efeito de comparação entre as simulações, as condições de umidade necessitam ser consideradas e, de acordo com o esse autor, uma pré-simulação que anteceda 24 horas os testes deve ser realizada com intuito de fornecer ambiente mais homogêneo em todos os testes.

3. Conclusões

Ao reproduzir chuvas artificiais, é indispensável observar alguns fatores voltados à maior aproximação

das pluviosidades naturais, tais como: tamanho das gotas; distribuição homogênea; altura de queda e velocidade terminal próxima às condições naturais de chuva, como dito por Meyer e Harmon (1979) e Luk, Abrahams e Parsons (1986).

Analisar os diversos agentes envolvidos na simulação oportuniza a compreensão do funcionamento de cada parte do sistema, permitindo analisar de forma detalhada o comportamento do processo envolvido e sua funcionalidade no contexto que se insere. Entretanto, assim como na realidade, o sistema é dado pelo conjunto de fatores ao qual o influenciam, interagindo de forma dinâmica e coesa. Desta forma, a complexidade do processo só pode ser explicada de forma a contemplar todos agentes envolvidos.

Para tal, além da utilização do simulador de chuvas, toda caracterização da área estudada deve ser realizada, como amostragem de umidade, caracterização física do solo, análise da cobertura vegetal, dentre outros fatores que possam vir a interferir no funcionamento do sistema.

Isto posto, conclui-se que a utilização de simuladores de chuvas é extremamente relevante em estudos de erosão, permitindo aplicar chuvas de intensidades variadas em terrenos com características distintas, com possibilidade de replicá-las sob condições semelhantes. Tal realidade permite ao pesquisador produzir dados primários sem a necessidade de esperar eventos chuvosos naturais que, no geral, acontecem de forma esporádica e com intensidades imprevisíveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pelo financiamento da pesquisa através do projeto CNPQ 302654/2015-1, e a CAPES pela bolsa de mestrado ao primeiro autor.

Referências Bibliográficas

- ALVES SOBRINHO, T.; FERREIRA, P. A.; PRUSKI, F. F. Desenvolvimento de um infiltrômetro de aspersão portátil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.2, p.337-344, 2002.
- BERTOL, I.; BERTOL, C.; BARBOSA, F. Simulador de chuva tipo empuxo com braços movidos hidráulicamente: fabricação e calibração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.36, n.6, p.1905-1910, 2012.

- BERTOL, I.; COGO, N. P.; SHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 133-142, 2007.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; **Conservação do solo**. São Paulo, Ícone, 1990. p.392.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. Livro digital (2006). Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/pdf/index.php> Acesso em: 29 de jun. 2017.
- CHRISTIANSEN, J.P. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, Agricultural Experiment Station, Bulletin n. 670, 124p., 1942.
- CONFESSOR J. G.; MACHADO, D. F. T.; RODRIGUES, S. C. Avaliação dos resultados obtidos após a implementação de técnicas voltadas ao controle de erosão e recuperação de área degradada no município de Uberlândia – MG. Simpósio Mineiro de Geografia, Alfenas. **Anais (online)** p. 61-76. ISBN: 978-85-99907-05-4
- COSTA Y. T.; BARCELOS A. C.; RODRIGUES. Avaliação da eficiência de proteção da cobertura vegetal sobre o processo de escoamento superficial por meio de parcelas experimentais na fazenda experimental do glória (Uberlândia – MG). Simpósio Mineiro de Geografia, Alfenas. **Anais (online)** p. 50-60. ISBN: 978-85-99907-05-4
- DANIEL, T.C. ; SHARPLAY, A. N.; EDWARDS, D. R.; WEDEPOBL, R.; LEMUNYON, J. I. Minimizing surface water eutrophication from agriculture by phosphorus management. **Journal of Soil and Water Conservation**. p. 30-38, 1994.
- DUBOC, E.; COSTA, C. J.; VELOSO, R. F.; OLIVEIRA, L. S.; PALUDO, A. Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado. In: simpósio nacional cerrado, 9.; simpósio internacional savanas tropicais, 2., 2008, Brasília, DF. Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais: **Anais... Planaltina, DF: Embrapa Cerrados**, 2008.
- FARIA JUNIOR, C. A.; NUNES, M, C.; SANTOS, F, A.; FREITAS, P, S.; DALLACOR, R. Construção e Calibração de Um Simulador de Chuva Portátil. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.9, n.17; p. 778-787, 2013.
- FRAGA JÚNIOR, E. F. ; VALLE JUNIOR, R. F. ; FERREIRA JUNIOR, J. A. Avaliação da Velocidade de Infiltração Básica (VIB) em Latossolo Vermelho sob Cerrado, Mediante Uso de Simulador de Chuvas e Anéis Concêntricos. In: Reunião Brasileira De Manejo E Conservação Do Solo E Da Água, 17., 2008, Rio de Janeiro. **Anais da Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.
- HERNANI, L.C *et al.* **A erosão e seu impacto**. Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro. P. 47-60. 2002.
- HUDSON, N. W. The flour-pellet method for measuring the size of raindrops. Harare, Zimbabwe: **Department of Conservation**, 1964.
- INBAR, M.; TAMIR, M; WITTENBERG, L. Runoff and erosion process after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area. **Geomorphology**, v. 24, n. 1, p.17-33, 1998.
- LUK, S. H.; ABRAHMNS, A. D.; PARSONS, A. J. Methodology: A Simple Rainfall Simulator And Trickle System For Hydro-Geomorphological Experiments. **Physical Geography**, v. 7, p. 344-356, 1986.
- MACHADO, D. F. T.; CONFESSOR, J. G.; RODRIGUES, S. C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. **Caderno de Geografia**, v. 24, n. 1, p. 42-54, 2014.
- MEYER, L.D.; HARMON, W.C. Interrill runoff and erosion: Effects of row-sideslope shape, rain energy, and rain intensity. **Transactions of the ASAE, St Joseph**, v.35, n.4, p.1199-1203, 1979.
- OLIVEIRA, R.A. **Distribuição de gotas por tamanho e perfil de precipitação de um aspersor fixo**. Dissertação Mestrado. Viçosa, MG: UFV, 1991. 103p.
- PANACHUKI, E; ALVES SOBRINHO, T. VITORINO, A. C; CARVALHO, D. F; URCHEI, M. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**. vol.10, no.2, p.261-268, 2006.
- PINESE JUNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia - MG. **Sociedade & Natureza**. vol.20, n.2, p. 157-175, 2008.
- RAMOS-SCHARRÓN, CARLOS E.; THOMAZ, EDIVALDO L. Runoff Development and Soil Erosion in a Wet Tropical Montane Setting under Coffee Cultivation. **Land Degradation & Development**, v. 28, n. 3, p.936-945, 2016.
- RUPP, H. L. **Simulação Experimental da Interação Vento-Chuva**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- SOUZA, M, D. **Desenvolvimento e utilização de um simulador**

de chuvas para estudos de atributos físicos e químicos do solo relacionados a impactos ambientais. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 20p.

SPOHR, R ; CORCINI, A ; PELLEGRIN, J. BONFANTI, J. SOTO, M. CARDOSO, T. Desenvolvimento e validação de um simulador de chuvas portátil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p.411-417, 2015.

STILLMUNKES, R. T.; JAMES, L. G. Impact energy of water droplets from irrigation sprinklers. **Transactions of the ASAE**, v 25, n. 1, p. 130-133, 1982.

THOMAZ, E. L. The influence of traditional steep land agricultural practices on runoff and soil loss. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 130, n. 1-2, p.23-30, 2009.

THOMAZ, E L.; RAMOS, S, CARLOS E. Rill length and plot-

scale effects on the hydrogeomorphologic response of gravelly roadbeds. **Earth Surface Processes And Landforms**, v. 40, n. 15, p.2041-2048, 2015.

TOSSELL, R. W; DICKINSON, W. T; RUDRA, R.P; WALL, G. J. A portable rainfall simulator. **Canadian Agricultural Engineering**, v.29, n.2, p.155-162, 1987.

TOSSELL, R. W.; WALL, G. J.; RUDRA R. P.; DICKINSON, W. T.; GROENEVELT P.H. The Guelph rainfall simulator. II. A comparison of natural and simulated rainfall characteristics. **Canadian Agricultural Engineering**, v.32, n.2, p. 215-223, 1990.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 39, n. 2, p. 285- 291, 1958.