

CONSTRUÇÃO E CALIBRAÇÃO DE UM SIMULADOR DE CHUVA PORTÁTIL

Cleonir Andrade Faria Júnior¹, Maria Cândida Moitinho Nunes², Fernando André Silva Santos³, Paulo Sergio Lourenço de Freitas⁴, Rivanildo Dallacort⁵

¹Aluno PGA/UEM, Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá, PR. Fone (44) 9167-7666. E-mail: cleonir.junior@hotmail.com

²Professora da UFPEL, Universidade Federal de Pelotas.

³Mestre em Ciências Ambientais – UNEMAT, Universidade do Estado de Mato Grosso.

⁴Professor PGA/UEM, Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900, Maringá.

⁵Professor da UNEMAT, Universidade do Estado de Mato Grosso.

Recebido em: 30/09/2013 – Aprovado em: 08/11/2013 – Publicado em: 01/12/2013

RESUMO

Devido à dificuldade de se utilizar chuva natural para realizar estudos destinados a calcular perdas de solo, perdas de nutriente e taxa de infiltração de água no solo, por não ser possível controlar as características da chuva, tornando assim que um equipamento que simule chuva seja de suma importância para esses tipos de pesquisas. O objetivo deste trabalho foi construir e calibrar um simulador de chuva portátil, que fosse de fácil manuseio, para ser usado tanto em campo quanto em laboratório. Para a calibração do equipamento, a intensidade de precipitação foi avaliada em diferentes pontos dentro de uma parcela de 1m² de área. O simulador foi construído utilizando os princípios de funcionamento do simulador descrito por MEYER & HARMON (1979) e adaptado de SOUZA (2004). Para a construção do equipamento foi utilizada uma estrutura retangular feita com tubulação quadrada de 40 mm, apoiada por quatro pés reguláveis, que proporcionam uma altura que varia de 3 a 4 m. O centro da estrutura possui um bico aspersor VeeJet 80-150, que oscila 48 ciclos por minuto sobre a parcela. A calibração se deu por meio de 12 pluviômetros distribuídos no interior da parcela com espaçamento de 25x33cm, que ficaram sob a chuva simulada por 10, 20 e 30 minutos. Os dados obtidos a partir da calibração possibilitaram concluir que o simulador construído atende aos quesitos básicos para servir de ferramenta para pesquisas científicas relacionadas à erosão hídrica, perdas de nutrientes e infiltração da água no solo. Os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) encontrados mostraram distribuição confiável com valores acima dos encontrados na literatura, indicando que a calibração com os de 12 pluviômetros foi suficiente para aferir as intensidades das chuvas simuladas.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão hídrica, Chuva simulada, CUC.

CONSTRUCTION AND CALIBRATION OF A PORTABLE RAINFALL SIMULATOR

ABSTRACT

Due to the difficulty of using natural rainfall to conduct studies to calculate soil loss, nutrient loss and rate of water infiltration into the soil, because we cannot control the characteristics of rain, thus making it a device that simulates the rain is extremely important for these types of searches. The objective was to construct and calibrate a

portable rainfall simulator, which was handy, to be used both in field and laboratory. For calibration of equipment, the rainfall was measured at different points within a plot area of 1m². The simulator was built using the principles of operation of the simulator described by Meyer and Harmon (1979) and adapted from Souza (2004). For the construction of the equipment used was a rectangular structure made of square tubing of 40 mm, supported by four adjustable legs, which provide a height ranging from 3 to 4 m. The center of the structure has a spray nozzle VeeJet 80-150, oscillating 48 times per minute on the plot. The calibration was done by twelve rain gauges distributed within the plot at a spacing of 25x33cm, which came under the simulated rainfall for 10, 20 and 30 minutes. Data obtained from calibration possible to conclude that the simulator built meets the basic requirements to serve as a tool for scientific research related to water erosion, nutrient losses and water infiltration into the soil. The Christiansen uniformity coefficient (CUC) found reliable distribution showed values above those found in the literature, indicating that calibration with the twelve gauges was sufficient to gauge the intensity of simulated rainfall.

KEYWORDS: Erosion, Simulated rain, CUC

INTRODUÇÃO

A deterioração dos solos constitui um dos principais problemas ambientais do planeta e a erosão hídrica é a forma mais prejudicial de degradação existente (COGO et al., 2003), sendo que esta condição está diretamente relacionada ao esgotamento da fertilidade do solo e a ocorrência do processo de erosão acelerada, dentre outros fatores (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

A erosão hídrica no Brasil o principal fator capaz de tornar insustentáveis os sistemas de produção agrícola, já que seus impactos ambientais têm reflexos no aumento dos custos da produção (HERNANI et al., 2002). Esta erosão é resultante das interações entre o clima, chuva, solo, topografia, cobertura e manejo do solo (WISCHMEIER & SMITH, 1958).

A erosão hídrica do solo se constitui em um processo de desagregação e transporte de suas partículas pelos agentes erosivos (ELLISON, 1947). Entre os fatores que influenciam na amplitude do processo erosivo estão às chuvas, a infiltração, a topografia do terreno, a cobertura vegetal e a natureza do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2005).

A erosão ocorre normalmente de duas formas: a normal ou geológica e/ou a acelerada ou simplesmente erosão. A primeira é causada por fenômenos naturais como a chuva e o vento provocando contínuas modificações na superfície terrestre, já a segunda é causada pela ação antrópica no processo de modificações da crosta terrestre podendo diminuir ou, como é mais comum, acelerar sua intensidade (BAHIA et al., 1992), podendo ainda ser classificada de duas formas, em entressulcos e em sulcos, dependendo das condições superficiais em que ocorrem e da forma com que os agentes erosivos atuaram, sendo estes a chuva, o vento, a topografia dentre outros (SILVA et al., 2005).

Segundo NUNES (2006), a diferenciação dos processos de erosão hídrica do solo em entressulcos e em sulcos ocorre pelo fato de que o impacto da gota da chuva e o escoamento superficial se comportam de formas diferentes nas duas situações, o que justifica o estudo desses processos de forma separada. Segundo o autor, deve-se advertir que essa separação é de suma importância para que os processos de erosão hídrica sejam entendidos, no entanto, não existe uma delimitação física que os diferenciem, podendo esses dois tipos de erosão ocorrer

de forma simultânea.

Em entressulcos, o impacto das gotas de chuva com o solo é o fator de maior relevância, pois atua de forma desagregante em grande quantidade de partículas devido à energia cinética das gotas, que exercem forças de pressão e cisalhamento no ponto de impacto. A energia de impacto das gotas é responsável pela desagregação de grande parte do material que será transportado por meio do escoamento superficial em entressulcos, (BRADFORD et al., 1987), porém, o escoamento só terá início quando a intensidade de chuva for superior à taxa de infiltração instantânea. O efeito de impacto das gotas da chuva é afetado pela altura da lâmina do escoamento, declividade do terreno, vento, ângulo de inclinação das gotas, velocidade e temperatura do escoamento, dependendo, dessa forma, das características hidráulicas do escoamento (GERITS et al., 1990). As áreas em entressulcos agem como alimentadoras de sedimentos para os sulcos, onde a erosão é devida ao escoamento superficial concentrado (NEARING, 1997).

Dos componentes da erosão hídrica, a chuva é o fator climático de maior importância, devido à sua ação erosiva exercida pelo impacto das gotas conjuntamente ao escoamento superficial. Assim, é de suma importância avaliar o comportamento do solo sob diferentes precipitações, tanto em volume precipitado quanto em duração e características dos eventos (OLIVEIRA, 2007; PANACHUKI et al., 2006).

As chuvas têm influência direta na perda de solo por meio do processo de erosão, Segundo OLIVEIRA (2010), esta influência é negativa e se torna ainda mais agravante em terrenos que apresentam declividade acentuada e/ou sem cobertura vegetal. O desenvolvimento de modelos capazes de estimar as perdas ocasionadas por erosão hídrica é de suma importância para a escolha de manejos conservacionistas visando, a conservação da água e o solo e que possam tornar mínimos os impactos ambientais.

O uso de um manejo conservacionista auxilia na redução e/ou minimização do processo de perda de solo, evitando dessa forma, que a degradação dos solos chegue a um nível irreversível. A possibilidade de se efetuar a contabilidade de perdas de solo por erosão facilita grandemente a realização de práticas conservacionistas de uso e manejo do solo (NUNES, 2006; GARBIATE et al., 2011).

Alguns trabalhos relacionados a perdas de solo e água vêm utilizando aparelhos que simulam chuvas, (PANACHUKI et al., 2010; TARTARI et al., 2012; TOMASINI et al., 2010) como uma maneira de controlar e apressar a obtenção de dados importantes a respeito de práticas de manejo e conservação do solo (ELTZ, 2001).

Muitos pesquisadores têm utilizado simuladores de chuva em estudos de diversas magnitudes como, por exemplo, perdas de solo, água e nutrientes, formação do encrostamento, infiltração de água e lixiviação de compostos ou metais em solos. Sua principal vantagem é a utilização em qualquer época e o controle das características da chuva, como diâmetro e distribuição das gotas, altura e tempo de queda, velocidade terminal, tempo de duração, intensidade e energia cinética, o que não é possível em condições de chuvas naturais. Ao mesmo tempo, vários eventos de chuva de diferentes intensidades e energia cinética podem ser produzidos e reproduzidos a qualquer tempo, tornando o trabalho mais prático (RIBEIRO et al., 2000).

Segundo RIBEIRO et al., (2000), vários tipos de simuladores têm sido propostos, podendo ser de variados tamanhos, pressurizados ou não e, alguns, totalmente automatizados. Os simuladores de grande porte requerem enorme

aparato e conseqüentemente um grande recurso financeiro, mão-de-obra e algumas complicações quanto ao seu abastecimento de água e transporte, o que os torna pouco práticos.

O regime hídrico e as características das chuvas ocorridas em uma dada região, em grande parte determinam os efeitos da erosão, sendo a intensidade de precipitação uma de suas principais características (BUCKMAN & BRADY, 1976).

Os efeitos das chuvas em atributos do solo são difíceis de serem estudados via chuva natural, pois esta não nos permite um controle sobre a duração, intensidade, distribuição e tipo de chuva. Uma das alternativas que já é utilizada há algum tempo é o uso de simuladores de chuvas, que permite controlar as características das chuvas e têm a vantagem de serem utilizados em qualquer lugar e época do ano. Este tipo de equipamento vem sendo utilizado em estudos de manejo de solos há bastante tempo (SOUZA, 2004; PANACHUKI et al., 2011; BERTOL et al., 2010).

Simuladores de chuva aplicam água via aspersão, podendo assim controlar a intensidade de precipitação, o tamanho e a velocidade de impacto das gotas sobre a parcela do solo que será estudada, as características de infiltração, escoamento superficial e produção de sedimentos (MONTEBELLER et al., 2001).

O uso de simuladores de chuvas pode ser útil para estimar a erosão em entressulcos, a qual pode dar origem à erosão em sulcos e formação de voçorocas, de uma forma rápida, prática e econômica. Objetivou-se neste trabalho construir e calibrar um simulador de chuva portátil de fácil manuseio, para ser utilizado em campo e avaliar a intensidade de precipitação em diferentes pontos de uma parcela, para que o equipamento desenvolvido possa ser utilizado para pesquisas científicas na área de erosão hídrica, perdas de nutrientes e infiltração da água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O simulador de chuvas portátil foi desenvolvido na Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/Cáceres, conforme os princípios de funcionamento dos simuladores descritos por MEYER & HARMON (1979) e SOUZA (2004).

O simulador possui uma armação retangular apoiada por quatro pernas reguláveis, para proporcionar uma altura que varia de três a quatro metros sobre a superfície do solo. A altura de três metros é necessária para proporcionar a velocidade adequada de queda das gotas, conforme descrito por MEYER & HARMON (1979). A altura de quatro metros é necessária para o uso do equipamento em laboratório, considerando que a parcela de testes com solo fica a um metro da superfície do piso. Ligada a esta armação existem dois coletores reguláveis para coletar a água que cair fora da parcela, a qual retorna a um reservatório por meio de uma mangueira de ½ polegada, evitando o desperdício de água e dando mais autonomia para o equipamento. O simulador de chuvas é desmontável, para facilitar o transporte e a montagem do aparelho em campo e laboratório. (Figura 1).



FIGURA 1: Armação de altura regulável com os coletores.

No centro da armação do equipamento tem um bico aspersor tipo VeeJet 80-150 com 12,7 mm de diâmetro interno, produzido pela Spraying Systems do Brasil, que atua sob uma pressão de 41 kPa, monitorada por um manômetro localizado a 1,25 metros da superfície do solo e exercida por uma motobomba elétrica BCR-2000 da marca Schneider, simulando a chuva sobre uma parcela de solo de um m². Ligado a motobomba foi instalado um reservatório de água (tambor de plástico de 200 L).

O bico aspersor, por ser do tipo leque, deve oscilar para que torne possível simular a chuva em toda a parcela (Figura 2a). O sistema mecânico que faz com que o bico realize esse movimento é composto por duas engrenagens dentadas contendo 20 dentes cada uma, sendo uma ligada a um motor de uma impressora matricial, com rotação média de 85 RPM e a outra fixada a uma chapa de metalão de um mm. As engrenagens foram ligadas por meio de uma corrente. Em um gomo da corrente foi fixado um eixo maciço de ferro onde este é ligado ao suporte do bico. O suporte do bico também é constituído por um eixo, este possui 0,6 metros, em sua parte central comparado com a armação possui uma chapa metálica de um mm onde o bico foi instalado, conectado a esse eixo e paralelo ao bico aspersor existe outro eixo que através de um conector formado por parafuso e porcas é ligado ao eixo fixado na corrente, assim formando o sistema mecânico (Figura 2b).



FIGURA 2: Detalhe do bico aspersor, (b) Sistema mecânico e (c) croqui da parcela.

A uniformidade de distribuição da chuva simulada foi aferida por meio de 12 pluviômetros instalados sobre a área útil da parcela, a distribuição dos pluviômetros se deu pelo espaçamento de 33 x 25 cm (Figura 2c), a intensidade de chuva produzida foi calculada pela fórmula $I = [(v/s)/T].60$.

Onde: (I) é a intensidade em mm h-1, (V) é o volume coletado em litros, (S) área da boca do coletor em m² e (T) é o tempo de coleta em minutos.

Os pluviômetros ficaram por 10, 20 e 30 minutos sobre a parcela recebendo a chuva simulada, contabilizando todas as alterações decorrentes da duração de aplicação da chuva e da distribuição em diferentes locais da parcela.

Os dados obtidos pela calibração do equipamento foram submetidos à estatística descritiva, utilizando resultados de média, mediana e desvio médio. Foi calculado também o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), que indica a uniformidade de distribuição das precipitações por meio da seguinte equação:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |xi - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O equipamento e a metodologia utilizada mostraram-se sensíveis para a avaliação da intensidade e uniformidade de distribuição da precipitação. A intensidade média de chuva medida pelos pluviômetros na calibração com 10 minutos de chuva variou de 80,20 a 81,69 mm h-1, com 20 minutos de chuva simulada variou de 80,44 a 81,36 mm h-1 e com 30 minutos de 80,15 a 80,87 mm h-1. Após a calibração obteve-se uma intensidade média de 80,65 mm h-1, para a pressão de 41 kPa. Os valores da média, mediana e desvio médio para cada tempo de coleta se encontram na Tabela 1.

TABELA 1: Valores da média, mediana e desvio médio para cada tempo de coleta.

Tempo de coleta	Média mm h ⁻¹	Mediana mm h-1	Desvio Médio mm h-1
10 Min	80,46	81,98	9,92
20 Min	80,93	78,74	10,31
30 Min	80,58	79,29	8,53

A amostragem indicou que nos pluviômetros de posições 4, 6, 7 e 9, em todos os eventos de chuva, apresentaram valores maiores que 80 mm h-1. Para a calibração de 10 minutos, os pluviômetros localizados na posição 5 e 8 também tiveram médias acima de 80 mm h-1, porém, com o aumento de tempo da chuva simulada este comportamento não foi mantido (Figura 3).

A maior pluviosidade nos pluviômetros citados pode ser explicada pelo fato de

que o bico é do tipo leque, o qual tende a aspergir maior quantidade de água em dois centros de maior distribuição de gotas que são localizados sobre eles. No entanto, este fato não interfere na uniformidade de distribuição de chuva simulada, uma vez que a calibração avaliou os valores de chuva em toda a parcela na forma de amostragem. Segundo MEYER & HARMON (1979), um minissimulador de chuvas com um bico aspersor VeeJet 80-150 a 3,05m da superfície do solo, com pressão constante de 41 kPa (6 lb pol-2) e com intensidade de 80 mm h-1, produz chuvas semelhantes às naturais, com energia cinética de impacto de gotas de aproximadamente 275 kJ ha-1 mm-1, com distribuição de gotas com 2,3 mm de diâmetro e velocidade terminal de 8,8 m s-1.

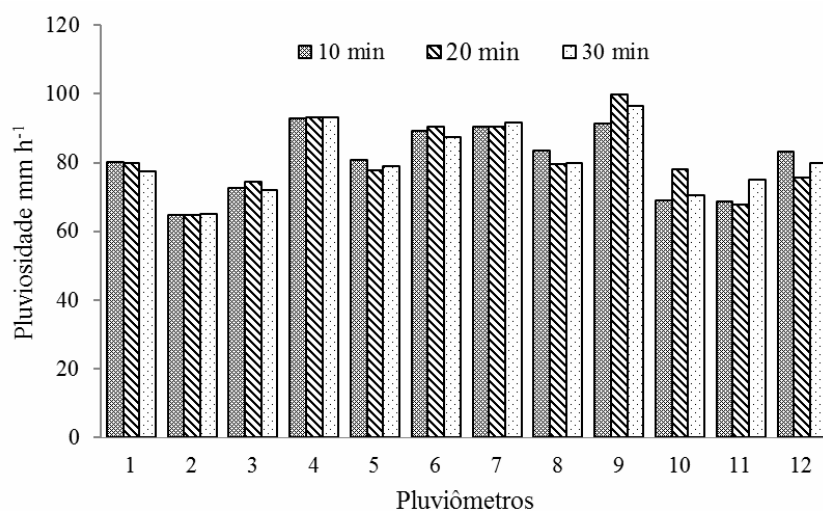


FIGURA 3: Médias de pluviosidade nos três tempos para calibração, 10, 20 e 30 minutos.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) possibilita quantificar a uniformidade de distribuição de precipitação Segundo MONTEBELLER et al., (2001), inúmeros pesquisadores consideram que valores acima de 80% são aceitáveis em relação à uniformidade de distribuição em simuladores de chuva. Tendo em vista que os valores do coeficiente CUC encontrados neste estudo foram superiores a 95% (Tabela 2), se considera que o equipamento construído atende às necessidades básicas de uma simulador de chuva para pesquisas nas áreas de erosão hídrica, produção de sedimentos, perdas de nutrientes e infiltração da água no solo. Além disso, o equipamento é de fácil manuseio e baixo custo.

TABELA 2: Valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen.

Tempo de coleta	CUC (%)
10 Min	97,95
20 Min	98,02
30 Min	97,70

CONCLUSÕES

O equipamento desenvolvido atende aos quesitos técnicos básicos para servir como ferramenta de pesquisas científicas nas áreas de erosão hídrica, produção de sedimentos, perdas de nutrientes e infiltração da água no solo;

Os valores do coeficiente de uniformidade de Christiansen encontrados mostraram distribuição de precipitação confiável, com valores acima de 95%.

A quantidade de pluviômetros utilizada foi suficiente para aferir as intensidades das chuvas simuladas e eficiente na identificação de diferentes intensidades no interior da parcela.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos patrocinadores da construção do simulador: Cooperb, Schneider e Teejet/Spraying Systems do Brasil.

REFERENCIAS

BAHIA, V. G.; CURI, N.; CARMO, D. N.; MARQUES, J. J. G. S. Fundamentos de erosão do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores determinantes e controle). **Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v.16, n.176, p.25-31, 1992.

BERTOL, I. et al. Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um Nitossolo Háplico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.34, n.1, 2010.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5.ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.

BRADFORD, J.M.; FERRIS, J.E.; REMLEY, P.A. Interrill soil erosion processes: I Effect of surface sealing on infiltration, runoff, and soil splash detachment. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, Wisconsin, USA, v.51, p.1566-1571, 1987.

BUCKMAN, H.O.; Brady, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 595p.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.743-753, 2003.

ELLISON, W.D. Soil erosion studies. *Agric. Eng.*, St. Joseph, v.28, p.145-146, 1947.

ELTZ, F. L. F.; MEHL, H. U.; REICHERT, J. M. Perdas de solo e água em entressulcos em um argissolo vermelho-amarelo submetido a quatro padrões de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.485-493, 2001.

GARBIATE, M. V. et al. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, n.6, 2011.

GERITS, J.J.P.; LIMA, J.L.P.D.; BROEK, T.M.W.V.D. Overland flow and erosion. In: ANDERSON, M.G.; BURT, T.P. **Process studies in hillslope hydrology**. Chichester: J. Wiley & Sons, p.173-214, 1990.

HERNANI, L.C.; FREITAS, P.L.; PRUSKI, F.F.; MARIA, I.C. DE; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.C. A erosão e seu impacto. P.47-60. In: Manzatto, C.V.; Freitas Júnior, E.; Peres, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002. 174p..

MEYER, L. D.; HARMON, W. C. Multiple intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.22, n.1, p.100-103, 1979.

MONTEBELLER, C. A. CARVALHO, D. F. SOBRINHO, T. A. NUNES, A. C. S. RUBIO, E.. Avaliação Hidráulica de um Simulador de Chuvas Pendular. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.5, n.1, Campina Grande, 2001, p. 1-5.

NEARING, M.A. The mechanics of soil detachment by raindrops an runoff. **Eurasian Soil Sci.**, Amsterdam, v.30. n.5, p.552-556, 1997.

NUNES, M. C. M. Erosão hídrica em entressulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. **Tese** (Doutora em Ciência do Solo). 2006.

OLIVEIRA, J. R. Perdas de Solo, Água e Nutrientes em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob Diferentes Padrões de Chuva Simulada. Seropédica, RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2007. **Dissertação** (Mestre em Ciências).

OLIVEIRA, J. R.; PINTO M. F.; SOUZA W. J.; GUERRA J. G. M. & CARVALHO D. F. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** Campina Grande, PB, UAEA/UFCG, v.14, n.2, p.140–147, 2010.

PANACHUKI, E. et al. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.2, 2006.

PANACHUKI, E. et al. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, n.5, 2011.

PANACHUKI, E. et al. Rugosidade da superfície do solo sob diferentes sistemas de manejo e influenciada por chuva artificial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.34, n.2 2011.

RIBEIRO, B. T.; MAGALHÃES, C. A. S.; LIMA, J. M. SILVA, M. L. N. Calibração e

Uso de Minissimulador de Chuva Para Estudos de Erosão e Poluição do Solo. **Boletim Técnico nº 77**, Lavras, 2000. P.1-17.

SILVA, C. G.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. Atributos físicos, químicos e erosão hídrica em entressulcos sob chuva simulada, em sistema de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.144-153, 2005.

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: **Documentos**, 37 Embrapa Meio Ambiente, 2004. 20p.

TARTARI, D. T. et al. Perda de solo e água por erosão hídrica em Argissolo sob diferentes densidades de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v.7, n.3, 2012.

TOMASINI, B. A. et al. Infiltração de água no solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes sistemas de colheita e modelos de ajustes de equações de infiltração. **Engenharia Agrícola**. v.30, n.6, 2010.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationship to soil loss. **American Geophysies V. Transactions**, v.39, p.285-291, 1958.