

## Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo e chuva simulada

Julietta Bramorski <sup>(1)</sup> e  
Silvio Crestana <sup>(2)</sup>

Data de submissão: 18/11/2019. Data de aprovação: 24/1/2020.

**Resumo** – A erosão do solo é considerada um dos maiores problemas ambientais em nível global. A erosão hídrica atua mais fortemente na degradação dos solos agrícolas, cujo manejo pode influenciar as perdas de solo e água. Contabilizar as perdas por erosão e entender os fatores determinantes no processo possibilitam o delineamento de práticas agrícolas que promovam a conservação dos recursos do solo. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar as perdas de solo e água em condições distintas de intensidade de chuva e tipo de manejo do solo, sob chuva simulada, em um Latossolo Vermelho-Amarelo. O experimento foi conduzido em parcelas experimentais de 3,5 m de largura e 11 m de comprimento, com 2 tratamentos e 3 repetições, sob chuva simulada. Os tratamentos utilizados foram solo sem preparo e solo com preparo convencional. Foram aplicadas 3 chuvas sucessivas, com intervalo de 24 horas entre elas, com intensidades de  $30 \text{ mm.h}^{-1}$ ,  $30 \text{ mm.h}^{-1}$  e  $70 \text{ mm.h}^{-1}$ . O escoamento superficial foi coletado ao final de cada chuva, tendo seu volume e concentração de sedimentos determinados em laboratório. Os resultados mostraram que os diferentes manejos empregados influenciaram as perdas de solo, com as maiores perdas verificadas em solo sem manejo. A maior intensidade de chuva condicionou maiores perdas de água tanto em solo sem preparo como em solo com preparo convencional. O escoamento superficial determina as perdas de solo até certo ponto, a partir do qual outras variáveis, como cobertura vegetal, influenciam mais fortemente as perdas por erosão hídrica.

**Palavras-chave:** Chuva simulada. Manejo do solo. Perda de água e solo.

### Water erosion in a red yellow latosol under different tillage treatments and simulates rainfall

**Abstract** - Soil erosion is considered one of the biggest environmental problems worldwide. Water erosion acts most strongly in the degradation of agricultural soils, whose management can influence soil and water losses. Accounting for erosion losses and understanding the determining factors in the process enable the design of agricultural practices that promote the conservation of soil resources. The objective of this study was to evaluate soil and water losses under different conditions of rainfall intensity and soil management under simulated rain in a Yellow Red Latosol. The experiment was conducted in experimental plots 3.5 m wide and 11 m long, with 2 treatments and 3 replications under simulated rain. The treatments used were soil without tillage and soil with conventional tillage. Three successive showers were applied 24 hours apart, with intensities of  $30 \text{ mm.h}^{-1}$ ,  $30 \text{ mm.h}^{-1}$  and  $70 \text{ mm.h}^{-1}$ . The runoff was collected at the end of each rain, having its volume and sediment concentration determined in the laboratory. The results showed that the different managements influenced the soil losses, with the largest losses in unmanaged soil. The higher rainfall intensity led to higher water losses in both tillage and conventional tillage. Runoff determines soil losses to some extent, from which other variables, such as vegetation cover, most strongly influence water erosion losses.

**Key words:** Simulated rainfall. Soil management. Water and soil loss.

<sup>1</sup> Professora doutora do curso de Bacharelado em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Amapá – UNIFAP. \*bramorski@gmail.com

<sup>2</sup> Pesquisador da Embrapa Instrumentação. \*silvio.crestana@embrapa.br

## Introdução

Em escala global a erosão do solo vem sendo considerada um dos maiores problemas ambientais (WANG *et al.*, 2014) pois, além de proporcionar perdas de solo e nutrientes, está associada a inundações, assoreamento e poluição de corpos hídricos (SCHLESINGER, 2009; CAMERON *et al.*, 2013; KALKHOFF *et al.*, 2016).

Em estado natural, os Latossolos apresentam grande estabilidade e resistência à erosão, com propriedades físicas muito favoráveis ao desenvolvimento de plantas e à produção agrícola (AZEVEDO; BONUMÁ, 2004; AYER *et al.*, 2015). Porém, o preparo e o manejo do solo podem influenciar as taxas de erosão hídrica, expondo o solo, em maior ou menor intensidade, ao impacto das gotas de chuva e à ação do escoamento superficial (BRAMORSKI, 2007; PANACHUKI *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2012; CANTALICE *et al.*, 2016).

Entre as diversas formas de erosão, a erosão hídrica é aquela que atua mais fortemente na degradação dos solos agrícolas em nível mundial e ocorre de forma mais severa em áreas sob sistema anual de culturas, nas quais a superfície do solo permanece exposta, sazonalmente, à precipitações intensas (DECHEM *et al.*, 2015). O processo inicia-se a partir da precipitação, cuja energia cinética das gotas de chuva desagrega as partículas do solo e também promove o selamento da camada superficial, que influencia a infiltração da água, iniciando o escoamento superficial e o consequente arraste das partículas desagregadas (DEFERSHA; MELESSE, 2012).

A precipitação e suas características associadas, tais como duração, intensidade e energia cinética, interagem de forma direta com a superfície do solo, produzindo resultados distintos em decorrência do manejo adotado. Os efeitos das chuvas sobre os atributos do solo são difíceis de serem estudados via chuva natural, pois esta não permite um controle sobre suas características. Neste sentido, diversos trabalhos relacionados a perdas de solo e água vêm utilizando aparelhos que simulam chuvas (PANACHUKI *et al.*, 2010; TARTARI *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2019) como uma maneira de controlar e agilizar a obtenção de dados importantes a respeito de práticas de manejo do solo. A simulação de chuva é uma metodologia útil para medir a perda de água e sedimentos, pois permite repetições dos experimentos e o controle preciso da intensidade e distribuição da chuva (FRANKLIN *et al.*, 2007; LASSU *et al.*, 2015).

A possibilidade de se efetuar a contabilidade de perdas de solo por erosão e entender os fatores que induzem mais fortemente esses valores é de extrema importância para o delineamento de práticas agrícolas de manejo que promovam a conservação dos recursos de solo (GARBIATE *et al.*, 2011). Tendo em vista ser a chuva um dos principais agentes ativos no processo da erosão hídrica, é de extrema importância avaliar a resposta do solo às diferentes precipitações.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar as perdas de solo e água em condições distintas de intensidade de chuva e tipo de manejo do solo, sob chuva simulada, em um Latossolo Vermelho-Amarelo.

## Materiais e Métodos

O trabalho foi conduzido em um Latossolo Vermelho-Amarelo Álico, A moderado, textura média e declividade de 3%, cuja utilização ao longo dos anos consistiu basicamente em experimentos de plantio de aveia com semeadura direta, na área experimental da EMBRAPA Pecuária Sudeste (Fazenda Canchim), coordenadas UTM 206219,7569671, no município de São Carlos/SP.

A área experimental foi delineada com a implantação de parcelas com dimensões de 3,5 m de largura por 11,00 m de comprimento, paralelas ao declive. Cada parcela foi delimitada nas extremidades por placas de compensado naval de 0,20 m de largura, cravadas 0,10 m no

solo. Na extremidade inferior foi deixado um orifício ao qual foi acoplado um tubo de PVC que conduziu o escoamento até uma caixa coletora com capacidade de 1,0 m<sup>3</sup>.

Utilizou-se dois tratamentos, com três repetições: três parcelas com solo submetido ao preparo convencional (PC) (aração+duas gradagens) e três parcelas mantidas com solo sem preparo (SP) (similar ao plantio direto). O solo foi mantido sem cobertura vegetal ou resíduos.

Foram aplicadas chuvas simuladas com utilização de um simulador de chuvas de braços rotativos, do tipo Swanson (SWANSON, 1975), o qual cobriu duas parcelas simultaneamente (Fotografia 1). Foram realizadas três aplicações sucessivas de chuvas simuladas, com intervalos de 24 horas entre elas, com as seguintes intensidades: 1a chuva com 30 mm.h<sup>-1</sup> durante 12 minutos, 2a chuva com 30 mm.h<sup>-1</sup> durante 12 minutos e 3a chuva com 70 mm.h<sup>-1</sup> durante 6 minutos. As intensidades de chuva foram obtidas através da prévia calibração do simulador, que conta com 30 bicos aspersores. Com a abertura dos 30 bicos foi obtida a precipitação de 70 mm.h<sup>-1</sup>, e com apenas 15 bicos abertos foi obtida a intensidade de 30 mm.h<sup>-1</sup>, determinadas através de pluviômetros distribuídos uniformemente sob os braços do simulador. Tais intensidades foram utilizadas por se tratar de chuvas consideradas erosivas. Ressalta-se que as parcelas foram mantidas cobertas antes da aplicação das chuvas, desde sua implantação. Desta forma, não houve incidência de chuva natural sobre elas.

Para a determinação do volume de água e da quantidade de solo associados ao escoamento superficial, o mesmo foi coletado em cada parcela, após cada evento de chuva simulada. Em laboratório, procedeu-se à determinação do volume de água e, posteriormente, da concentração de sedimentos (g/L) através do método de evaporação.

Também foi determinada a eficiência do manejo na redução de escoamento (ERE) e de sedimentos (ERS), conforme proposto por ZHAO *et al.* (2014):

$$ERE = (E0 - Ei / E0) 100 \quad (eq\ 1)$$

$$ERS = (S0 - Si / S0) 100 \quad (eq\ 2)$$

Sendo E0 (mm) o escoamento da área com maior volume escoado, Ei (mm) o escoamento da área que se deseja obter a ERE, S0 (kg) a perda de solo da área com maior produção de sedimentos, e Si (kg) a perda de solo da área que se deseja obter a ERS.

Fotografia 1 – Simulador de chuvas de braços rotativos em operação, posicionado entre duas parcelas com manejos distintos: preparo convencional e sem preparo



Fonte: Os autores

A comparação estatística dos resultados entre os sistemas de manejo foi realizada a partir da aplicação do teste T de Student a 0,05 significância. Para a comparação dos resultados ao longo das precipitações foi utilizada a Anova seguida do teste de Tukey.

## Resultados e Discussões

As perdas de solo foram maiores no solo sem preparo (SP), cuja média foi de 0,00508 t.ha<sup>-1</sup>, mais do que o dobro em relação ao sistema de manejo convencional (PC), com média de perda de solo de 0,00209 (Tabela 1). O Teste T de Student ao nível de 0,05 de significância apontou que essas diferenças são estatisticamente significativas entre os sistemas de manejo comparados.

Tabela 1 – Perdas de solo e água em cada evento de chuva simulada nos diferentes manejos do solo

Evento de Precipitação	Manejo do Solo	
	SP*	PC*
Perda de Solo (t.ha <sup>-1</sup> )		
1	0,00164	0,00078
2	0,00205	0,00135
3	0,01155	0,00414
Média	0,00508	0,00209
Perda de Água (L.ha <sup>-1</sup> )		
1	363,63636	311,68831
2	796,53680	857,14286
3	3722,94372	2406,92641
Média	1627,70563	1191,91919

\*Os valores em cada evento de chuva simulada correspondem às médias das 3 repetições para cada manejo analisado.

Almeida *et al.* (2016) e Ramos *et al.* (2014), comparando preparamos convencionais e plantio direto (solo sem preparo mecanizado), encontraram os menores valores de perda de solo no último. No entanto, as perdas aumentam assim que a cobertura do solo por resíduos diminui.

Os trabalhos de Panashuki *et al.* (2010), Lima *et al.* (2013), Pinheiro *et al.* (2018) e Silva *et al.* (2019) evidenciam a cobertura vegetal do solo e o consequente aumento da rugosidade da superfície como responsáveis pela diminuição das perdas de solo por erosão. Os resultados obtidos no presente estudo indicam que, em solos desprovidos de cobertura vegetal, o preparo convencional é mais efetivo em termos de conservação do solo, em função da formação de depressões que retardam o início e a velocidade do escoamento superficial e, portanto, o transporte de sedimentos.

Neste sentido, deve-se destacar que a combinação entre época do ano e sistema de manejo influencia as perdas de solo por erosão, como também foi constatado por Almeida *et al.* (2016), sendo que mesmo um sistema conservacionista (plantio direto/sem manejo) pode, em determinados períodos do ciclo de cultivo, apresentar maiores taxas de erosão. Porém, os mesmos autores constataram que os efeitos benéficos do preparo convencional são temporários, o que torna o solo mais suscetível à erosão do que os sistemas conservacionistas. Assim, ressalta-se o fato de que no presente estudo foram utilizados apenas 3 eventos de precipitação, sendo possível que esse padrão se alterasse caso fossem aplicadas precipitações adicionais.

Para as perdas de água, os valores médios foram de  $1627,70563 \text{ L.ha}^{-1}$  e  $1191,91919 \text{ L.ha}^{-1}$  em solo sem preparo e preparo convencional (Tabela 1), respectivamente, não sendo constatadas diferenças significativas entre os manejos. Oliveira *et al.* (2012) apontam que a menor eficácia do solo não mecanizado (plantio direto) na retenção de água em relação aos preparos convencionais pode ser explicada pela capacidade finita de infiltração de água no solo, a partir da qual a taxa de enxurrada tende a se igualar nos diferentes tipos de preparo.

Solos sem preparo costumam ser mais favoráveis à conservação do solo, porém, podem desfavorecer a conservação da água, condicionando aumento do escoamento superficial ou enxurrada (LEITE *et al.*, 2004; CASTRO *et al.*, 2006).

Denardin *et al.* (2008) destacam que em decorrência da ideia equivocada de que o sistema plantio direto constitui prática conservacionista suficiente para controlar integralmente a erosão hídrica, outras práticas passaram a ser descartadas.

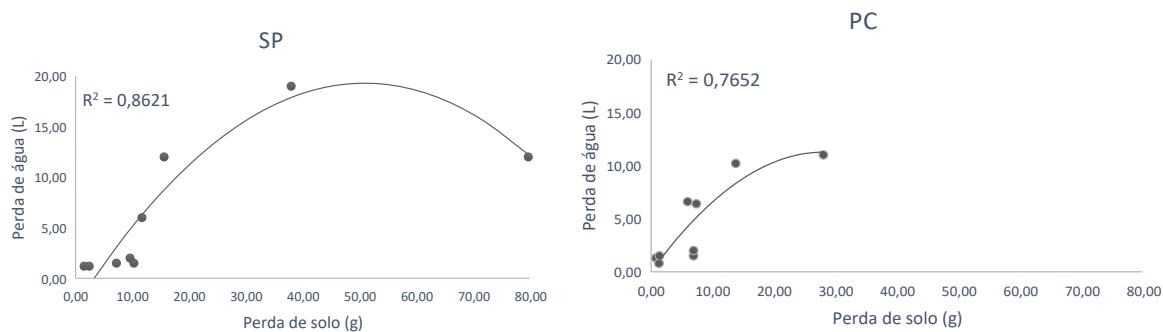
Quando observada a influência da intensidade da precipitação sobre as perdas de solo, o teste Anova mostrou que a intensidade não influencia a perda de solo, já que as médias das repetições ao longo das 3 intensidades não apresentaram diferença estatística tanto em solo sem preparo ( $p=0,084$ ) como no preparo convencional ( $p=0,136$ ).

Thomazini *et al.* (2012), analisando as perdas de solo em sistemas conservacionista e convencional de café, constataram que as chuvas de maior intensidade ocasionaram as maiores perdas de solo em ambos os sistemas. WANG *et al.* (2014), utilizando dois tipos de solo sem cobertura sob chuvas intensas de longa duração (60mm/h e 120 mm/h), verificaram que as perdas de solo sofrem incremento com o aumento da intensidade. As chuvas utilizadas no presente estudo foram de curta duração, não sendo, portanto, determinantes no aumento das perdas de solo por erosão, já que a capacidade de uma chuva em causar erosão não depende apenas da sua intensidade, mas também da sua duração e frequência.

Porém, em relação às perdas de água, foi possível constatar diferenças significativas ao longo das chuvas, já que as médias das repetições apresentaram diferença estatística ( $p=0,002$ ) para o solo sem preparo e também para o solo com preparo convencional ( $p=0,008$ ). No intuito de verificar qual a intensidade que causou as diferenças, foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, que indicou que a última precipitação ( $70\text{m.h}^{-1}$ ) causou aumento significativo nas perdas de água em relação aos dois eventos de precipitação aplicados anteriormente ( $30\text{mm.h}^{-1}\text{h}$  em cada evento), tanto em solo sem preparo como em solo com preparo convencional. Oliveira *et al.* (2013) verificaram que as maiores intensidades em solo já saturado ao início da chuva condicionaram as maiores taxas de escoamento superficial. No presente estudo, a precipitação mais intensa foi a última a ser aplicada, ou seja, já existia elevado conteúdo de água no solo, refletindo em maiores valores de escoamento superficial em ambos os preparos.

Quando correlacionados os valores de escoamento superficial e perda de solo, verificou-se melhor ajuste da função polinomial, com  $r^2=0,8621$  e  $r^2=0,7652$  em solo sem preparo e com preparo convencional, respectivamente (Figura 1). As curvas indicam que o escoamento superficial determina as perdas de solo até certo ponto, a partir do qual outros fatores passam a ser determinantes. Se analisada a linha de tendência obtida para solo sem preparo, essa situação é mais evidente. É possível verificar que a partir da perda de solo acima de 30 g o escoamento superficial não é mais determinante para o aumento das perdas de solo. A cobertura do solo, como discutido anteriormente, pode ser o fator que controla em grande parte as perdas de solo por erosão.

Figura 1 – Correlação entre os valores de perda de água e perda de solo em solo sem preparo (SP) e solo com preparo convencional (PC)



Fonte: Os autores

Em relação ao potencial de redução das perdas de solo e água, verificou-se que o preparo convencional foi eficiente em reduzir em 31,25% o transporte de sedimentos e em 50,00% as perdas de água em relação ao solo sem preparo. No entanto, é importante ressaltar que Almeida *et al.* (2016) constataram que os efeitos benéficos do preparo convencional são temporários e diminuem ao longo das sucessivas precipitações, o que torna o solo mais suscetível à erosão do que os sistemas conservacionistas. Assim, ressalta-se o fato de que no presente estudo foram utilizados apenas 3 eventos de precipitação, sendo possível que esse padrão se alterasse caso fossem aplicadas precipitações adicionais.

### Considerações finais

Os diferentes sistemas de manejo empregados influenciaram as perdas de solo, com as maiores perdas verificadas em solo sem manejo, indicando que, em solo desprovidos de cobertura vegetal, o preparo convencional é mais efetivo em termos de conservação do solo, em condições de baixo volume de chuvas.

A intensidade de chuva condicionou maiores perdas de água, tanto em solo sem preparo como em solo com preparo convencional, e não foi determinante na perda de solo.

O escoamento superficial determina as perdas de solo até certo ponto, a partir do qual outras variáveis, como cobertura vegetal, influenciam mais fortemente as perdas por erosão hídrica.

### Referências

- ALMEIDA, W.S. *et al.* Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1110-1119, 2016.
- AYER, J. E. B. *et al.* Erosão hídrica em Latossolos Vermelhos distróficos. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 180-191, 2015.
- AZEVEDO, A. C.; BONUMÁ, A. S. Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 609-617, 2004.
- BRAMORSKI, J. **Avaliação da perda de solo e fertilizantes nitrogenados por erosão em áreas agrícolas:** uma abordagem integrada e experimental dos fatores intervenientes no processo. 2007. 201 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- CAMERON, K.C. *et al.* Nitrogen losses from the soil/plant system: a review K.C. **Ann Appl Biol.**, 162: 145-173, 2013.

CANTALICE, J.R.B. *et al.* Interrill erosion and roughness parameters of vegetation in rangelands. **Catena**, v. 16, p.1-7, 2016.

CASTRO, L. G. *et al.* Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela precipitação e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 339-352, 2006.

DECHEM, S. C. F; *et al.* Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015.

DEFERSHA, M.; MELESSE, A.M. Field-scale investigation of the effect of land use on sediment yield and surface runoff using runoff plot data and models in the Mara River basin, Kenya, **Catena**, 89: 54-64, 2012.

DENARDIN, J. E. *et al.* “Vertical mulching” como prática conservacionista para manejo de enxurrada em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2847-2852, 2008.

FRANKLIN, D., *et al.* Nitrogen and phosphorus runoff losses from variable and constant intensity rainfall simulations on loamy sand under conventional and strip tillage systems. **J. Environ. Qual.**, 36, 846–854, 2007.

GARBIATE, M.V.; *et al.* Erosão entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2145-2155, 2011.

KALKHOFF, S.J., *et al.* Effect of variable annual precipitation and nutrient input on nitrogen and phosphorus transport from two Midwestern agricultural watersheds. **Sci. Total Environ.** 559, 53-62, 2016.

LASSU, T. *et al.* The wageningen rainfall simulator: set-up and calibration of an indoor nozzle-type rainfall simulator for soil erosion studies. **Land Degrad. Dev.** 26, 604–612, 2015.

LEITE, D. *et al.* Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. I - perdas de solo e água. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:1033-1044, 2004.

LIMA, C.A. *et al.* Characteristics of rainll and erosion under natural. **Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 272-283, 2013.

OLIVEIRA, A. H. *et al.* Water erosion in soils under eucalyptus forest as affected by development stages and management systems. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 1, p. 159-169, 2013.

OLIVEIRA, J. G. R. *et al.* Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Bol. Geogr.** v. 30, n 3, p. 91-98, 2012.

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, p. 1777-1785, 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, p. 443-451, 2010.

PINHEIRO A.G. *et al.* Eficiência da cobertura vegetal na redução das perdas de água e solo no município de Iguatu. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 133-142, janeiro-março, 2018.

RAMOS, J. C. *et al.* Influência das condições de superfície e do cultivo do solo na erosão hídrica em um cambissolo húmico. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:1587-1600, 2014.

SCHLESINGER, W.H. On the fate of anthropogenic nitrogen. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 106, 203–208, 2009.

SILVA, J. R. I. *et al.* Efeito de diferentes usos do solo na erosão hídrica em região semiárida. **Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 272-283, 2019.

SWANSON, N.P. Suggestions for use of the rotating-boom field plot rainfall simulator to obtain data for application of the soil loss equation. Entre-Rios, FAO, 1975. 65p.

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**, [S.l.], v. 7, n. 3, dec. 2012.

THOMAZINI, A. *et al.* Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. **Rev. Bras. de Agroecologia**, 7(2): 150-159, 2012.

WANG, G. *et al.* Role of soil erodibility in affecting available nitrogen and phosphorus losses under simulated rainfall. **Journal of Hydrology**, 514, 180-191, 2014.

ZHAO, X. *et al.* Effects of vegetation cover of natural grassland on runoff and sediment yield in loess hilly region of China. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 3, p. 497-503, 2014.