



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ESTIMATIVA DAS PERDAS DE SOLO E ÁGUA NA MICROBACIA DO CÓRREGO JAQUEIRA, ALEGRE – ESPÍRITO SANTO

João Paulo Bestete de Oliveira¹, Roberto Avelino Cecílio²

RESUMO

O controle do processo erosivo requer o entendimento das interações complexas entre os processos químicos e físicos do solo, além dos hidrológicos e meteorológicos. Diversos modelos matemáticos vêm sendo desenvolvidos e aperfeiçoados com o objetivo de prever a magnitude das perdas de solo por erosão, como o Water Erosion Prediction Project (WEPP). Objetivou-se com este trabalho avaliar as perdas de solo e água em microbacia hidrográfica no Espírito Santo. Para tanto, realizaram-se caracterizações climáticas e físicas da área da microbacia do córrego Jaqueira, localizada no município de Alegre-ES, bem como a criação dos arquivos de entrada do modelo WEPP (clima, solo, uso e manejo do solo e topografia). Por fim, aplicou-se o modelo para a predição das perdas de solo e água através da integração dos softwares GeoWEPP, TOPAZ e ArcInfo. Os resultados obtidos permitiram concluir que: as perdas médias atuais simuladas na microbacia do córrego Jaqueira são de 52,9 mm ano⁻¹ para o escoamento superficial e de 17,5 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Palavras-chave: Conservação do solo e água; bacias hidrográficas; sistemas de informações geográficas.

STIMATE OF SOIL AND WATER LOSS ON THE WATERSHED OF JAQUEIRA RIVER, ALEGRE – ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT

The control of erosion requires an understanding of the complex interactions between chemical, physical, hydrological and meteorological. Several mathematical models have been developed and improved in objective to predict the magnitude of soil loss by erosion, like the Water Erosion Prediction Project (WEPP). It was objectified with this work to evaluate the soil loss and water catchment in the Espírito Santo. To reach the proposed objectives was held to characterize the watershed area of stream Jaqueira located in the Alegre-ES city, and the lifting of the input files of the WEPP model (climate, soil, land use and management and topography). Finally, we applied the model to predict soil loss and water through the integration of softwares GeoWEPP, TOPAZ and ArcView. The obtained results allowed to conclude that: the current simulated average losses in the watershed of the stream Jaqueira are of 52.9 mm year⁻¹ for the runoff and 17.5 t ha⁻¹ yr⁻¹.

Keywords: Soil and water conservation; watersheds; geographic information system.

Trabalho recebido em 21/09/2010 e aceito para publicação em 12/03/2011.

¹Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Endereço: Centro de Referência em Recursos Hídricos – CRRH, Departamento de Engenharia Agrícola, Av. Peter Henry Rolfs, s/n Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa – MG, Brasil. E-mail: joaopaulobestete@gmail.com. Bolsista da CAPES.

²Engenheiro Agrícola, D. Sc. em Engenharia Agrícola (Engenharia de Água e Solo). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), Alegre-ES. E-mail: racecilio@yahoo.com.br. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

1. INTRODUÇÃO

A erosão consiste no processo natural de desprendimento, transporte e deposição das partículas do solo, sendo inerente à própria formação do solo. O controle do processo erosivo requer o entendimento das interações complexas entre os processos químicos e físicos, além dos hidrológicos e meteorológicos. A análise destas importantes interações dificilmente pode ser feita experimentalmente e, em função disso, a simulação computacional torna-se uma forma prática de investigar os impactos provenientes da adoção de diferentes práticas agrícolas (WALKER *et al.*, 2000).

Diversos modelos matemáticos vêm sendo desenvolvidos e aperfeiçoados, desde a década de 50, com o intuito de prever a magnitude das perdas de solo por erosão. Os modelos de predição de erosão do solo evoluíram de modelos empíricos, tais como a Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation - USLE*) e a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE*), para modelos baseados em princípios físicos teóricos, como o Projeto de Predição da Erosão Hídrica (*Water Erosion Prediction Project - WEPP*).

O WEPP é um modelo computacional de simulação contínua que

permite a estimativa da perda e da deposição de solo e não apenas da perda média (FLANAGAN & NEARING, 1995). Este modelo é baseado nos princípios físicos dos processos inerentes à erosão do solo (física do solo, crescimento de plantas, infiltração e hidráulica do escoamento superficial), apresentando várias vantagens sobre os modelos empíricos, pois considera os efeitos das mudanças de uso do solo e também modela a variabilidade espacial e temporal dos fatores que afetam os processos hidrológicos e erosivos que ocorrem em encostas.

Diante dessas considerações, o presente estudo objetivou avaliar as perdas de solo e água na microbacia do córrego Jaqueira, Alegre-ES.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia hidrográfica do córrego Jaqueira pertence à bacia hidrográfica do rio Itapemirim, e está localizada nas proximidades do perímetro urbano da cidade de Alegre (ES), com as seguintes coordenadas geográficas: latitude máxima igual a $-20^{\circ}45'16,2''$ e mínima igual a $-20^{\circ}45'36,72''$; longitude máxima igual a $-41^{\circ}31'25,32''$ e mínima igual a $-41^{\circ}31'44,76''$, possui área de 22,6 ha (Figura 1). O clima da região se enquadra no tipo CWa (Clima de inverno seco e

verão chuvoso), de acordo com a *al.*, 2004).
classificação de Köppen (SIQUEIRA *et*

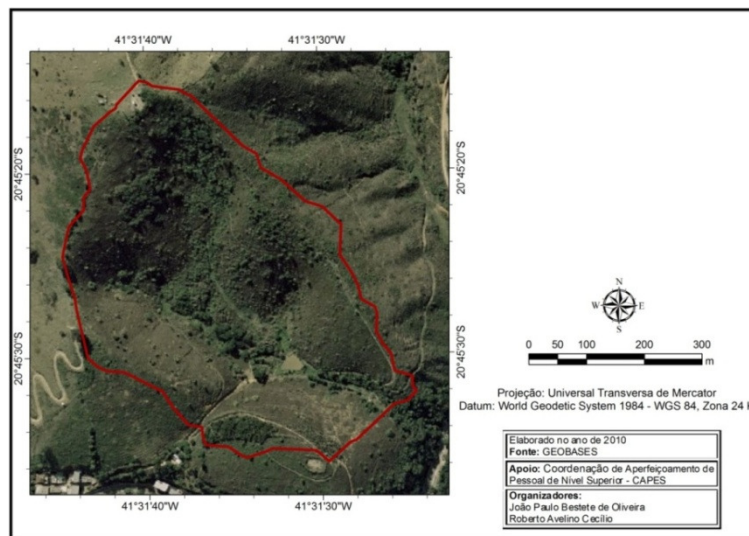


Figura 1. Vista aérea da microbacia hidrográfica do córrego Jaqueira (Fonte: ESPÍRITO SANTO, 2008).

Foram diagnosticadas cinco diferentes tipos de cobertura do solo: Pastagem (*Brachiaria decumbens*): sem pastoreio, com declividade média de 57%, representa 42% da área total da microbacia; Pastagem natural (*Melinis minutiora* P. Beauv.): formações arbustivas esparsas, sem pastoreio, com declividade média de 50%, representa 24,9% da área total da microbacia; Eucalipto: espaçamento 3 x 2 metros, com aproximadamente seis anos de idade, declividade média de 44%, representa 9,4% da área total da microbacia; Regeneração secundária: ocupada por cultivo florestal com nível secundário de regeneração; possui declividade média de 55,5%, representa 10,8% da área total da

microbacia; Regeneração primária: ocupada por floresta com nível primário de regeneração, basicamente com uma única espécie; declividade média de 42%, representa 12,9% da área total da microbacia.

Foi realizado levantamento planialtimétrico da microbacia e adjacências por meio do GPS Geodésico estático modelo GTR-A (TechGeo®), tendo sido coletados aproximadamente 2500 pontos. De posse destes pontos, e por meio do *software* ArcInfo® 9.3, realizou-se a interpolação dos valores altimétricos para a obtenção do modelo digital de elevação (MDE), sendo utilizados *pixels* com dimensões de 3x3 m, a partir da execução do comando *Topo to raster*. Em

seguida o comando *Fill*, no módulo *Hydrology*, foi executado para eliminar depressões geradas na interpolação, resultando no modelo digital de elevação hidrologicamente consistente (MDEHC).

Para aplicação do WEPP é necessária a elaboração de arquivos de clima, solo, manejo e uso da terra e topografia, os quais são baseados em registros de dados locais.

O arquivo de dados climáticos diários para entrada no modelo WEPP foi gerado por intermédio do *Software* CLIGEN, versão 4.3 (NICKS *et al.*, 1995; FLANAGAN & NEARING, 1995), baseado no dados climáticos medidos em estação climática localizada na microbacia em estudo, no período de 2007 a 2009. Os seguintes parâmetros estatísticos foram obtidos: Média mensal e desvio padrão e coeficiente de assimetria da precipitação total diária; probabilidades mensais de ocorrência de dias com chuva após dias com chuva e de ocorrência de dias sem chuva após dias com chuva; média mensal da intensidade de precipitação máxima em 30 minutos; distribuição estatística do tempo decorrido do início do evento ao pico de intensidade máxima; média e desvio padrão das temperaturas máximas e mínimas mensais; média mensal da temperatura do ponto de orvalho; média e desvio padrão da radiação solar mensal; e direção de vento, média, desvio padrão e

coeficiente de assimetria da velocidade do vento para os 16 pontos cardeais por mês.

O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho-Amarelo, sendo as informações necessárias para construção do arquivo de solo utilizado no WEPP referentes a conteúdo de areia, silte, argila, rocha, matéria orgânica, classe textural e CTC do solo, baseadas em dados obtidos por Guariz (2008) e Santos (2010). A taxa de infiltração estável (*Tie*) foi utilizada para estimação da condutividade hidráulica do solo (CECÍLIO, 2005). A *Tie* foi obtida pelo método de infiltrômetro de anéis concêntricos, sendo utilizado um terço do valor encontrado ($Tie/3$), por recomendação de Pruski *et al.* (1997), Costa *et al.* (1999), Brandão *et al.* (2006) e Santos (2010), que evidenciaram os valores reais de *Tie* entre um terço e um quarto do valor encontrado pelo infiltrômetro de anéis.

Outros parâmetros, ainda referentes ao arquivo de solo, foram obtidos com base na literatura, tais como, a erodibilidade entressulcos para Latossolo (NUNES e CASSOL, 2008) e, a erodibilidade no sulco e tensão cisalhante crítica do solo foram obtidas baseando-se nas características físicas do solo, pelas Equações 1 e 2 propostas por LUCA JÚNIOR & MARTINS FILHO (2001):

$$K_r = 0,000051 \cdot VTP + 0,000183 \cdot Ui \quad (1)$$

em que,

- K_r = erodibilidade no sulco, Kg s . m⁻²;
 VTP = volume total de poros, %; e
 Ui = umidade inicial do solo, %.

$$\tau_c = 0,023651 \cdot DS + 1,392509 \cdot RP \quad (2)$$

em que,

- τ_c = tensão de cisalhamento crítica, Pa;
 DS = densidade do solo, Kg dm⁻³; e
 RP = resistência à penetração, MPa.

O arquivo de uso do solo foi obtido através da técnica de digitalização em tela, em ambiente SIG, de aerofotos ortorretificadas disponibilizadas pelo Instituto Capixaba de Meio Ambiente (IEMA) e através de levantamento planialtimétrico da microbacia e adjacências por meio do GPS Geodésico estático modelo GTR-A (TechGeo®)

O arquivo manejo do solo com as informações referentes ao crescimento de plantas, condições iniciais, decomposição de resíduos e práticas de manejo do solo foi obtido com base nas condições locais e através do banco de dados do WEPP, de maneira que melhor representasse as práticas de cultivo e manejo adotadas na microbacia. A prática que melhor representou as condições de manejo, em todos os sítios, foi o pousio.

Para aplicação do modelo WEPP utilizou-se o *Software* GeoWEPP, desenvolvido pelo *Agriculture Research Service, Purdue University* e o *National Soil Erosion Research Laboratory (USDA)*, para integrar características avançadas do SIG (Sistemas de Informações Geográficas) com o WEPP, possibilitando o processamento e geração de dados digitais, tais como o modelo digital de elevação do terreno (MDE), ortofotos, levantamentos de solos, mapas de uso do solo e dados de agricultura de precisão. Além disso, os dados de entrada necessários como informações de clima, declividade, tipos de solo, uso e ocupação do solo são integrados na base espacial do WEPP e as saídas produzidas por funções SIG do GeoWEPP.

Para a predição da produção de sedimentos e de escoamento superficial em

escala de bacias hidrográficas, o GeoWEPP integra o modelo WEPP e o software TOPAZ (*TOPography PArameteriZation*) ao software ArcGIS 9.3®. Os arquivos de entrada necessários (clima, declividade, solo, uso e manejo do solo) são gerados no WEPP e os dados topográficos parametrizados pelo TOPAZ baseados em MDE. Por fim, a bacia é gerada por funções SIG no ArcInfo.

No GeoWEPP, os perfis das encostas são gerados através do TOPAZ, que parametriza os dados de topografia, baseados no MDE. Cada encosta tem dois

parâmetros associados: solo e manejo/uso do solo/cobertura vegetal. O TOPAZ determina as redes de canais baseando-se nas direções do escoamento superficial, considerando oito células adjacentes de cada célula *raster (pixel)*. Após definir a rede de canais, o TOPAZ gera as encostas da bacia (Figura 2). A bacia delineada é obtida em *grid layers*, representando a perda de solo tolerável (TSL), que nesse estudo foi de $1 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999) para áreas de preservação ambiental.

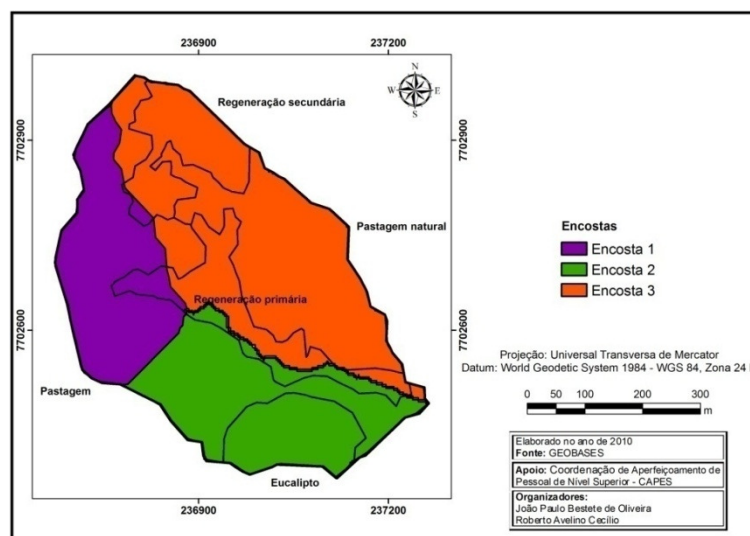


Figura 2. Encostas geradas pelo TOPAZ da microbacia do córrego Jaqueira.

A encosta 1 é ocupada por pastagem (4,7 ha), regeneração primária (0,4 ha) e regeneração secundária (0,9 ha) e apresenta comprimento de rampa igual a 245,2 m e declividade média de 34,4 %, possuindo perfil mais desuniforme entre as três encostas. A encosta 2 é ocupada por

pastagem (3,7 ha), eucalipto (2,1 ha) e regeneração primária (0,7 ha) e apresenta comprimento de rampa igual a 132 m e declividade média de 27,1 %. A encosta 3 é ocupada por pastagem (1,2 ha), regeneração secundária (2,3 ha), regeneração primária (1,9 ha) e pastagem

natural (5,6 ha) e apresenta comprimento de rampa igual a 224,1 m e declividade média de 55,9 %, possuindo o perfil mais uniforme entre as três encostas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de perda de solo e o escoamento superficial na microbacia hidrográfica do córrego Jaqueira estão

apresentados na Tabela 1. Observa-se o escoamento superficial médio e total em torno de 52,9 e 131,3 mm ano⁻¹, respectivamente e taxa de perda de solo de 17,5 t ha⁻¹ ano⁻¹, sob condição de precipitação média anual de 1410,0 mm (Tabela 1)

Tabela 1. Escoamento superficial e taxa de perda de solo atual, por encosta, na microbacia do córrego Jaqueira

Encosta	Área	Escoamento superficial	Taxa de perda de solo
	ha	mm ano ⁻¹	t ha ⁻¹ ano ⁻¹
Encosta 1	5,1	12,5	10,7
Encosta 2	6,5	39,2	0,4
Encosta 3	11,0	79,7	30,6
Média	22,6	52,9	17,5

Na encosta 1, em uma área de 5,1 ha, o escoamento superficial de 12,5 mm ano⁻¹ produzido, resulta em taxa de perda de solo de 10,7 t ha⁻¹ ano⁻¹. Na encosta 2, em uma área de 6,5 ha, o escoamento superficial de 39,2 mm ano⁻¹ produzido resulta em taxa de perda de solo de 0,4 t ha⁻¹ ano⁻¹. Na encosta 3, em uma área de 11 ha, o escoamento superficial de 79,7 mm ano⁻¹ produzido, resulta taxa de perda de solo de 30,6 t ha⁻¹ ano⁻¹.

A encosta 2, apesar ser mais uniforme que a encosta 1, apresentou maior escoamento superficial e menor taxa

de perda de solo, pois possui comprimento de rampa igual a 132 m e declividade média de 27,1 %, enquanto que a encosta 1, possui comprimento de rampa igual a 245,2 m e declividade média de 34,4 %. O fato da encosta 3 possuir o perfil mais uniforme e a maior declividade entre as três encostas explicam as maiores perdas de água e solo nesta encosta (Tabela 1), pois o volume e a velocidade do escoamento estão diretamente relacionados ao comprimento de rampa e ao grau de declividade do terreno.

O mapa referente à estimativa da perda de solo atual na microbacia do

córrego Jaqueira está representado na Figura 3.

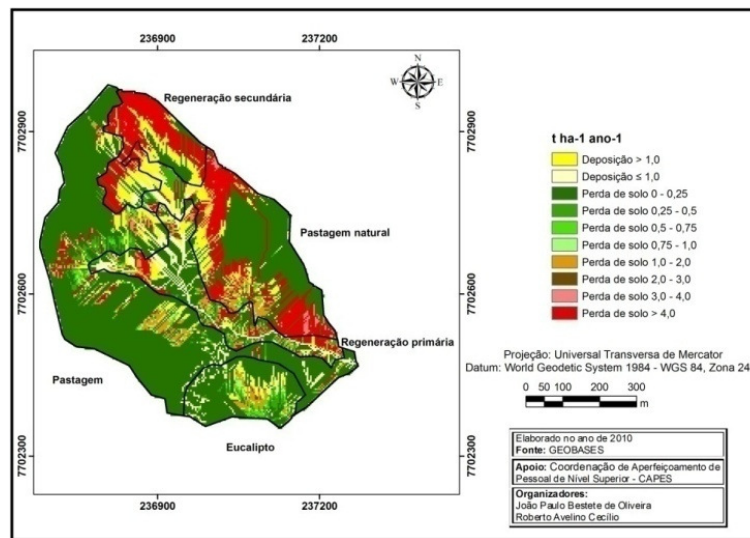


Figura 3. Estimativa da perda de solo atual na microbacia do córrego Jaqueira.

Observa-se que as áreas sob regeneração secundária e pastagem natural são as principais responsáveis pelas perdas de solo da microbacia, apresentando taxas de perdas muitas vezes maiores que 4,0 t ha⁻¹ ano⁻¹, pelo fato dessas áreas situarem na encosta 3, que possui o perfil mais uniforme e a maior declividade entre as três encostas. As áreas de pastagem, eucalipto e regeneração primária, de maneira geral, apresentam perdas abaixo de 1,0 t ha⁻¹ ano⁻¹, embora tenham apresentado, em alguns locais, perdas superiores.

As perdas evidenciadas na área sob pastagem natural podem ser comparadas com as obtidas por Bono et. al (1996), que avaliaram perdas em Latossolo, sob pastagem nativa

(*Brachiaria brizantha*), observando que as perdas de solo variaram entre 6,8 e 18 t ha⁻¹ ano⁻¹. As perdas nas áreas sob pastagem, eucalipto e regeneração primária corroboram os resultados obtidos por Pires et. al (2006), que observaram, em Latossolo Vermelho-Amarelo, taxas de perda de solo de 0,21 t ha⁻¹ ano⁻¹ em pastagem plantada (*Brachiaria* sp.), 0,26 t ha⁻¹ ano⁻¹ em eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e, 0,14 t ha⁻¹ ano⁻¹ em regeneração natural, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram concluir que:

- As perdas médias atuais simuladas na microbacia do córrego Jaqueira são de 52,9 mm ano⁻¹ para o

escoamento superficial e de 17,5 t ha⁻¹ ano⁻¹.

- A encosta 3, por possuir maior declividade média influencia a cobertura vegetal, ou seja, qualquer outra cobertura que estivesse sobre essa encosta resultaria em maior perda de solo e água.

5. REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo: Editora Ícone, 1999. 352 p.
- BONO, J. A. M.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; CARVALHO, M. M.; SILVA, M. L. N. Cobertura vegetal e perdas de solo por erosão em diversos sistemas de melhoramento de pastagens nativas. **Pasturas Tropicais**, Cali. v.18, n.2, p.2-8, 1996.
- BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 120 p.
- CECÍLIO, R. A. **Modelagem da infiltração da água no solo fundamentada na equação de Green-Ampt-Mein-Larson**. 2005. 151p. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- COSTA, É. L.; SILVA, A. M.; COLOMBO, A. ABREU, A. R. Infiltração de água em solo, determinada por simulador de chuvas e pelo método dos anéis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 2, p. 131-134, 1999.
- ESPÍRITO SANTO - Instituto Estadual de Meio Ambiente – IEMA. **Sistema Integrado de Bases Georreferenciadas do Estado do Espírito Santo (GEOBASES)-Ortofotomosaico 2007/2008**. 2008. <Disponível em: <http://200.140.47.75/geobasesonline/mapa.html>>. (Acessado em: 09 de março de 2010).
- FLANAGAN, D. C., NEARING, M. A. (eds.). USDA. **Water erosion prediction project – WEPP**. West Laffayette: USDA-ARS-MWA-SWCS, 1995. Paginação irregular. (Technical documentation, NSERL, Report n. 10).
- GUARIZ, H. R. **Morfometria e Atributos Físicos do Solo da Microbacia do córrego Jaqueira – Alegre, ES**. 2008. 128p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2008.
- LUCA JUNIOR, P. R. ; MARTINS FILHO, M. V. Erodibilidade em sulcos e tensão cisalhante em um latossolo compactado e/ou consolidado. In: XX CIC - Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2008, São José dos Campos - SP. **XX CIC - Congresso de Iniciação Científica da Unesp**. São José dos Campos, 2008.
- NICKS, A. D., LANE, L. J.; GANDER, G. A. Weather generator. In: USDA. **Water erosion prediction project – WEPP**. West Laffayette, 1995. Paginação irregular. (Technical documentation, NSERL, Report n. 10).
- NUNES, M. C. M.; CASSOL, E. A. Estimativa da erodibilidade em

- entressulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2839-2845, 2008.
- PIRES, L. S.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LEITE, F. P.; BRITO, L. F. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.4, p.687-695, 2006.
- PRUSKI, F. F.; VENDRAME, V.; OLIVEIRA, E. F.; BALBINO; L. C.; FERREIRA, P. A.; WERLANG, L.; CARVALHO, L. T. Infiltração da água num Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 77-84, 1997.
- SANTOS, L. N. S. **Avaliação do Hidrobacia Aplicado em Microbacia Hidrográfica sob Ocupação Conservacionista no Espírito Santo**. 2010. 88 p.
- Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2010.
- SIQUEIRA, J. D. P.; LISBOA, R. S.; FERREIRA, A. M.; SOUZA, M. F. R.; ARAÚJO, E.; LISBÃO JÚNIOR, L.; SIQUEIRA, M. M. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S. A. e extensão florestal do governo do estado do Espírito Santo. **Floresta**, Edição especial, nov/2004, p. 3-67.
- WALKER, S. E., MITCHELL, M. C., HIRSCHI, M. C., JOHNSEN, K. E. Sensitivity analysis of the root zone water quality model. **Transactions of the ASAE**. v.43, n.4, p.841-846, 2000.