

SIMULAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL DO APORTE DE SEDIMENTOS EM BACIA HIDROGRÁFICA DE USO AGRÍCOLA EM FERNANDÓPOLIS-SP

**LUIZ SERGIO VANZELA¹, ELAINE CRISTINA SIQUEIRA²,
CAMILA FERNANDES FERREIRA APARECIDO³**

¹ Engenheiro Agrônomo, Professor Titular, Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO, Fernandópolis - SP, (17) 3465-4200, luiz.vanzela@unicastelo.edu.br

² Engenheira Ambiental e Sanitarista, Professora, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Faculdades Integradas de Fernandópolis – FIFE, Fernandópolis - SP

³ Engenheira Agrônoma, Professora, Departamento de Agronomia, Universidade Camilo Castelo Branco – UNICASTELO, Fernandópolis – SP

Apresentado no
XLV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2016
24 a 28 de julho de 2016 - Florianópolis - SC, Brasil

RESUMO: A caracterização do aporte de sedimentos em bacias hidrográficas representa uma importante referência para subsidiar projetos de conservação do solo e de manejo de bacias hidrográficas. Assim, este trabalho objetivou realizar uma simulação temporal e espacial do aporte de sedimentos em bacia agrícola no afluente no Ribeirão Santa Rita situada em Fernandópolis-SP, com o uso de geoprocessamento. Para isto, realizou-se a simulação do aporte de sedimentos pelo método da Equação Universal de Perda de Solo Modificada para bacias, no período de outubro de 2012 a setembro de 2013. Verificou-se um aporte total de 433,87 t no período avaliado, resultando em uma perda média de solo de 3,635 t ha⁻¹ ano⁻¹. O período de maior aporte foi de dezembro de 2012 a março de 2013, onde foram produzidos 65,1% do total de sedimentos do período avaliado. No mês mais crítico, em fevereiro de 2013, cerca de 15% da área total da bacia apresentou aportes de sedimentos variando de 2 a 15 t ha⁻¹ ano⁻¹. A cultura da cana-de-açúcar foi a que mais contribuiu com os aportes, sendo responsável por 92% do total, resultando em média de 6,343 t ha⁻¹ ano⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: manejo de bacias hidrográficas, uso e ocupação do solo, escoamento superficial

TEMPORAL AND SPATIAL SIMULATION OF SEDIMENT YIELD IN WATERSHED OF AGRICULTURAL USE, FERNANDÓPOLIS COUNTY, SÃO PAULO STATE, BRAZIL

ABSTRACT: The characterization of the sediment yield in watersheds is important reference to support soil conservation projects and watershed management. Thus, this work realized a temporal and spatial simulation of sediment yield in rural watershed of affluent of Santa Rita River, in Fernandópolis County, with the use of GIS. For this, were simulated of sediment yield from October 2012 to September 2013, by the method of modified Universal Soil Loss Equation. There was a total yield of 433.87 t of sediments along of period, resulting in an average soil loss of 3.635 t ha⁻¹ yr⁻¹. The biggest contribution period was from December 2012 to March 2013, where were produced 65.1% of the total sediment the study period. In the most critical month (February 2013), around 15% of watershed area contributed with sediments yield ranging from 2 to 15 t ha⁻¹ yr⁻¹. The sugarcane was the highest contributor with the sediments yield, with 92% of total of sediments, resulting in an average of 6,343 t ha⁻¹ yr⁻¹.

KEYWORDS: watershed management, land use, runoff

INTRODUÇÃO

As ocupações agrícolas das bacias hidrográficas nas últimas décadas têm provocado inúmeros problemas relacionados com a degradação das matas ciliares e a precária conservação do solo, com consequências sobre a redução da disponibilidade e qualidade hídrica (TUNDISI; TUNDISI, 2010). Dentre os principais fatores que causam a degradação hídrica, destaca-se a produção excessiva de sedimentos que está associada aos processos de deslocamento, transporte, e deposição de sedimentos, obedecendo ao sentido natural do terreno (CARVALHO, 2008), o que normalmente é potencializado em locais com modificação constante do uso e ocupação do solo (SCAPIN, 2005).

Assim, o manejo racional das bacias hidrográficas deve permitir minimizar o transporte difuso de sedimentos, porque além do potencial de assoreamento, podem possuir nutrientes e defensivos que degradam a qualidade hídrica e de seu entorno (MILLER et al. 2013). A caracterização do transporte de sedimentos em bacias hidrográficas é de extrema importância para os planos de manejo de bacias hidrográficas (OYARZÚN et al., 2011), permitindo avaliar os impactos das ações humanas e a proposta de soluções (MANGO et al., 2011). Dentre as formas de se avaliar o potencial de sedimentos originados dos processos erosivos, pode-se destacar o aporte de sedimentos, que se refere ao potencial total de perda de solo de uma bacia hidrográfica (SILVA et al., 2003).

O aporte de sedimentos pode ser determinado por vários métodos, dentre os quais, pode-se destacar o da Equação Universal de Perda de Solo Modificada (Modified Universal Soil Loss Equation - MUSLE), onde é estimado a partir de variáveis relacionadas ao tipo, declividade e uso e ocupação do solo, escoamento superficial e vazão de cheia (CHAVES; PIAU, 2008). Assim, considerando que dentro de uma bacia hidrográfica estas variáveis se integram e possuem grande variabilidade espacial, com o uso de geoprocessamento, é possível mapear os locais de origem dos aportes de sedimentos acima dos toleráveis, permitindo a implantação de propostas de mitigação dos processos erosivos. Neste contexto, este trabalho objetivou realizar uma simulação temporal e espacial do aporte de sedimentos em bacia hidrográfica agrícola no afluente no Ribeirão Santa Rita, situada em Fernandópolis-SP, com o uso de geoprocessamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em uma bacia hidrográfica agrícola afluente do Ribeirão Santa Rita, no município de Fernandópolis - SP, com área total de 1,309 km² e divisor de águas localizado entre as coordenadas 20°17'30'' e 20°18'15'' Sul e 50°15'58'' e 50°16'51'' de longitude Oeste (Figura 1). A metodologia empregada para a simulação do aporte de sedimentos com o uso de geoprocessamento foi a da Equação Universal de Perda de Solo Modificada para bacias hidrográficas (EUPSm), onde o aporte de sedimentos é determinado pela equação 1.

$$Y = 89,6 \cdot (Q \cdot q_p)^{0,56} \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

, em que:

Y - Aporte de sedimentos em determinado intervalo de tempo (t);

Q - Volume de escoamento superficial em determinado intervalo de tempo (m³);

qp - Vazão de máxima (m³ s⁻¹);

K - Fator de erodibilidade do solo (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹);

LS - Fator de comprimento e grau do declive (adimensional);

C - Fator de uso e manejo do solo (adimensional);

P - Fator de práticas conservacionistas (adimensional).



FIGURA 1. Localização da bacia hidrográfica Afluentes do Ribeirão Santa Rita.

A simulação do aporte de sedimentos foi realizada em intervalos aproximados de 30 dias, entre outubro de 2012 a setembro de 2013. A base de dados para a obtenção de todos os coeficientes e variáveis de entrada do modelo foram obtidos do banco de dados climáticos do município de Fernandópolis (CIAGRO, 2014), do software PLÚVIO 2.1 (SILVA et al., 1999), do mapa de solos do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999) e dos mapas físicos, de declividades e de uso e ocupação do solo elaborados por geoprocessamento. Na Figura 2 está o fluxograma que apresenta um resumo geral da metodologia empregada na determinação dos aportes de sedimentos na bacia.

Os cálculos dos aportes de sedimentos foram realizados individualmente para as unidades hidrológicas com área equivalente a pixels de resolução geométrica de 2,5 m, ou seja, com área de 6,25 m².

Estas unidades hidrológicas são constituídas da combinação de tipo, declividade, uso e ocupação do solo. O cálculo do volume de escoamento superficial - Q (etapa I do fluxograma da Figura 2) foi realizado de acordo com o método do Soil Conservation Service (PRUSKI et al., 2003), cujas equações utilizadas estão apresentadas na Tabela 1.

O cálculo da vazão máxima proporcionada pelas unidades hidrológicas (etapa II do fluxograma da Figura 2) foi realizado pelo método Racional (DAEE, 1994), cujas equações detalhadas estão apresentadas na Tabela 2.

O valor do fator de erodibilidade do solo (K) (etapa III do fluxograma da Figura 2) adotado para toda a bacia hidrográfica, considerando que se tratam de ARGISSOLOS conforme o mapa pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999), foi de 0,04 MJ mm ha⁻¹ ano⁻¹.

O fator de grau e comprimento do declive (LS) (etapa IV do fluxograma da Figura 2) foi obtido para as unidades hidrológicas segundo metodologia proposta por Bertoni & Lombardi Neto (1999), de acordo com a equação 2.

$$LS = 0,00984 \cdot CV^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (2)$$

, em que:

LS – Fator de comprimento e grau do declive (m);

CV – Comprimento da vertente (m);

D – Declividade (%).

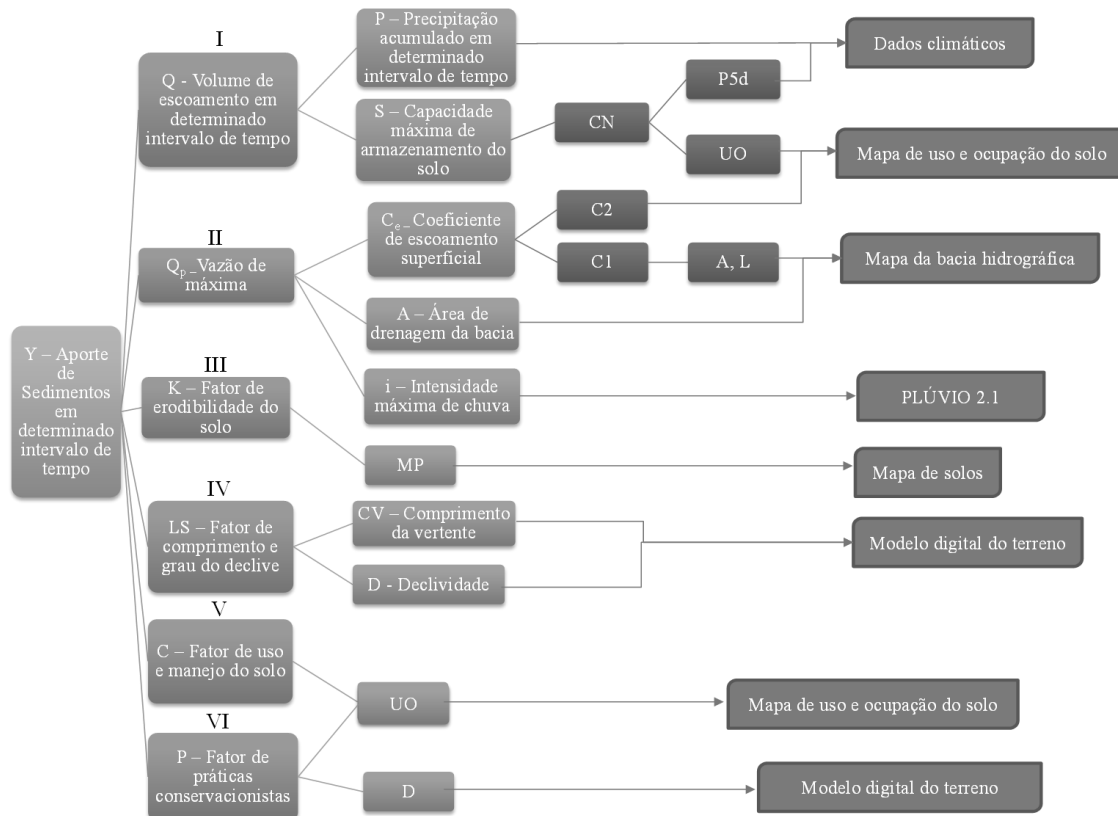


FIGURA 2. Fluxograma da metodologia empregada para a obtenção dos dados de entrada na determinação dos aportes de sedimentos (Y), em 6 etapas (I, II, III, IV, V e VI).

TABELA 1. Cálculos empregados para determinação do volume de escoamento superficial.

Descrição	Equação	Variáveis																
Volume de escoamento superficial	$Q = \left(\frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{(P + 0,8 \cdot S)} \right) \cdot AP \cdot 10^{-3}$	Q – Volume de escoamento superficial do pixel (m ³); P - Precipitação acumulada em determinado intervalo de tempo (mm); S - Capacidade máxima de armazenamento do solo (mm); AP - Área do pixel (m ²);																
Capacidade máxima de armazenamento do solo	$S = \frac{25400}{CN} - 254$	S - Capacidade máxima de armazenamento do solo (mm); CN - Número da curva corrigido com a unidade antecedente do solo;																
Valores do número da curva - CN _{II} adotados para os diferentes usos e ocupações nas unidades hidrológicas	CN _{II}	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>CN_{II}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pastagem</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>Área construída</td> <td>92</td> </tr> <tr> <td>Várzeas</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>Matas</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>Culturas perenes</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>Cana-de-açúcar</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>Estradas pavimentadas</td> <td>98</td> </tr> </tbody> </table>	Descrição	CN _{II}	Pastagem	79	Área construída	92	Várzeas	79	Matas	52	Culturas perenes	76	Cana-de-açúcar	76	Estradas pavimentadas	98
Descrição	CN _{II}																	
Pastagem	79																	
Área construída	92																	
Várzeas	79																	
Matas	52																	
Culturas perenes	76																	
Cana-de-açúcar	76																	
Estradas pavimentadas	98																	
Correção do número da curva com a unidade do solo	CN	a) CN = 0,0077 CN _{II} ² + 0,1694CN _{II} + 2,1658 (r ² = 0,9978), para precipitação acumulada dos últimos 5 dias (P5d) inferior a 35,0 mm; b) CN = CN _{II} , para precipitação acumulada dos últimos 5 dias (P5d) entre 35,0 e 52,5 mm; c) CN = -0,0067CN _{II} ² + 1,596 CN _{II} + 6,9307 (r ² = 0,9000), para precipitação acumulada dos últimos 5 dias (P5d) superior a 52,5 mm.																

TABELA 2. Cálculos empregados para determinação da vazão máxima.

Descrição	Equação	Variáveis																
Vazão máxima da unidade hidrológica ($m^3 s^{-1}$)	$Q_p = 0,1667 \cdot C \cdot i \cdot AP$	q_p – Vazão máxima ($m^3 s^{-1}$); C - Coeficiente de escoamento superficial; i – Intensidade máxima de chuva ($mm min^{-1}$); AP – Área do pixel (m^2).																
Coeficiente de escoamento superficial	$C = \left(\frac{2}{1+F} \right) \cdot \left(\frac{C2}{C1} \right)$	C – Coeficiente de escoamento superficial do pixel; F – Fator de forma da bacia; C1 – Coeficiente de forma da bacia; C2 – Coeficiente volumétrico de escoamento do pixel;																
Fator de forma	$F = \frac{L}{2 \cdot \left(\frac{A}{\pi} \right)^{0,5}}$	F – Fator de forma da bacia; A – Área de drenagem da bacia hidrográfica (km^2); L – Comprimento do talvegue principal (km).																
Coeficiente de forma	$C1 = \frac{4}{2+F}$	F – Fator de forma da bacia;																
Coeficiente volumétrico de escoamento (DAEE, 2005)	C2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descrição</th> <th>C2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pastagem</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>Área construída</td> <td>0,70</td> </tr> <tr> <td>Várzeas</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>Matas</td> <td>0,20</td> </tr> <tr> <td>Culturas perenes</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>Cana-de-açúcar</td> <td>0,35</td> </tr> <tr> <td>Estradas pavimentadas</td> <td>0,70</td> </tr> </tbody> </table>	Descrição	C2	Pastagem	0,25	Área construída	0,70	Várzeas	0,25	Matas	0,20	Culturas perenes	0,30	Cana-de-açúcar	0,35	Estradas pavimentadas	0,70
Descrição	C2																	
Pastagem	0,25																	
Área construída	0,70																	
Várzeas	0,25																	
Matas	0,20																	
Culturas perenes	0,30																	
Cana-de-açúcar	0,35																	
Estradas pavimentadas	0,70																	
Intensidade máxima de chuva	$i = \frac{1732,921 \cdot T^{0,118}}{(24,990 + t)^{0,814}}$	i – Intensidade máxima de chuva ($mm h^{-1}$); T – Período de retorno (anos), considerado 10 anos; t – duração da chuva = tempo de concentração (min). K, a, b, c – obtidos a partir do software PLÚVIO 2.1.																

O comprimento da vertente (CV) foi considerado como o comprimento do escoamento, obtido a partir do modelo digital do terreno (MDT) do satélite ASTER utilizando a ferramenta “flowlength” do software ArcGIS 10.1. A declividade foi determinada a partir do mapa de declividades gerado do mesmo MDT, utilizando a ferramenta “slope” do software ArcGIS 10.1 (Figura 3).

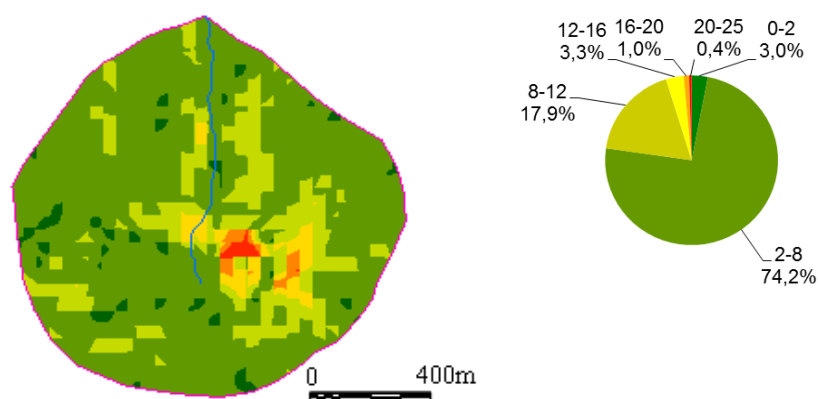


FIGURA 3. Mapa de declividades da bacia.

O fator de uso e manejo do solo (C) (etapa V do fluxograma da Figura 2) foi atribuído para as unidades hidrológicas, de acordo com o uso e ocupação do solo (Figura 4), seguindo as recomendações de Silva et al. (2003), conforme a Tabela 3.

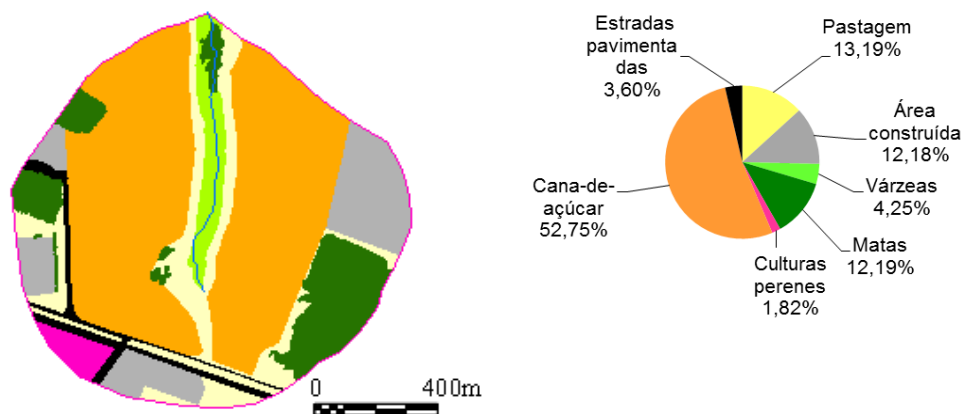


FIGURA 4. Mapa de uso e ocupação do solo.

TABELA 3. Valores do fator C atribuídos para cada uso e ocupação do solo.

Descrição	Fator C
Pastagem	0,070
Áreas construídas	0,000
Várzeas	0,010
Matas	0,001
Culturas perenes	0,200
Cana-de-açúcar	0,300
Estradas pavimentadas	0,000

O mapa de uso e ocupação do solo foi elaborado por digitalização manual e interpretação visual das classes, utilizando a imagem da DigitalGlobe, com data de passagem de 12/09/2011 e resolução geométrica de 1 m.

O fator de práticas conservacionistas (P) (etapa VI do fluxograma da Figura 2) foi atribuído para as unidades hidrológicas, de acordo com o tipo de prática de conservação do solo adotada e a declividade do terreno, seguindo as recomendações de SILVA et al. (2003).

Depois de calculados os aportes de sedimentos para as unidades hidrológicas, determinaram-se os totais para bacia em todos os períodos avaliados, pela soma dos aportes de todas as unidades hidrológicas da bacia. Ao todo foram simulados os aportes de sedimentos do período de 27/10/2012 a 30/09/2013 em intervalos aproximados de 30 dias. Em seguida, quando necessário, os dados foram convertidos de toneladas por ano ($t \text{ ano}^{-1}$) para toneladas por hectare por ano ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). A classificação do risco de erosão seguiu as utilizadas por Lagrotti (2000), sendo: $< 1 t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Muito baixo), $1 - 2 t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Baixo), $2 - 5 t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Moderado), $5 - 10 t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Alto) e $> 10 t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Muito Alto).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aporte de sedimentos total da bacia hidrográfica no período estudado foi de 433,87 t, o que correspondeu a uma média de $3,635 t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo considerado um valor de moderado risco de erosão (entre de 2 e $5 t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$). Entretanto, quando se analisa os totais mensais pode-se observar que alguns valores ultrapassaram o limite de moderado risco de erosão (acima de $5 t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) atingindo um alto risco de erosão, conforme observado na Figura 5.

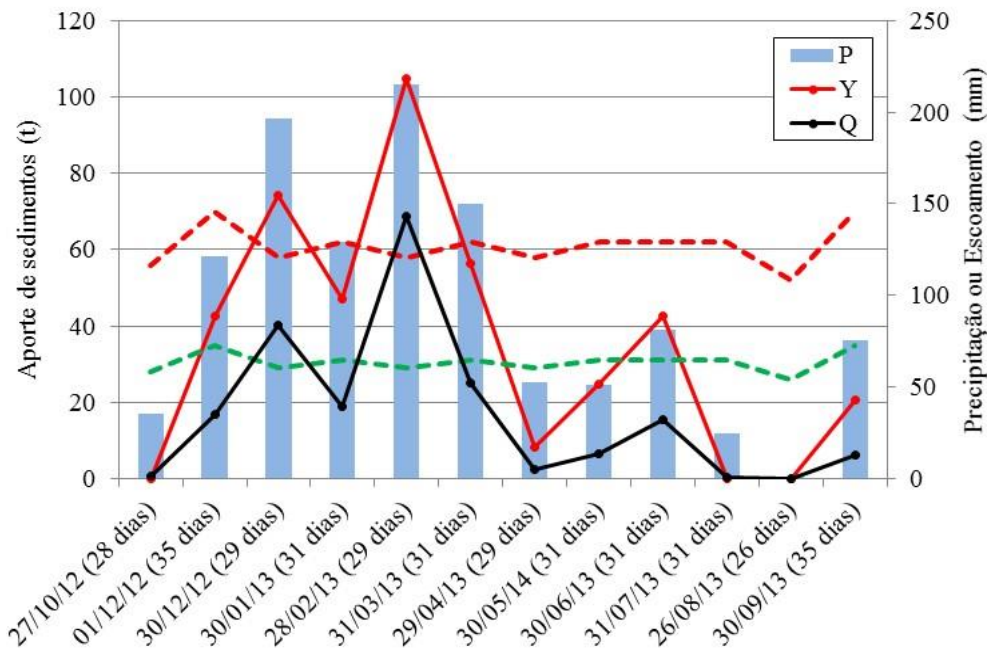


FIGURA 5. Variação da precipitação (P), do aporte de sedimentos (Y), do escoamento superficial (Q), e dos limites de baixo (linha pontilhada verde) e moderado (linha pontilhada vermelha) risco de erosão nos intervalos considerados.

Resultados obtidos por diversos autores em diferentes bacias hidrográficas brasileiras, mostraram valores médios variando de 2 a 50 t ha⁻¹ ano⁻¹ (AVANZI; 2013; SILVA et al., 2008; SILVA et al., 2011; VALLE JUNIOR et al., 2010; TEN CATEN et al., 2012). Entretanto, na maioria dos casos, o método empregado na simulação foi o da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) clássico, que considera a erosividade de chuva como um valor constante para a região de interesse.

O período mais crítico no aporte de sedimentos foi entre dezembro e março, com valores oscilando entre 47,15 e 104,81 t (4,664 a 11,083 t ha⁻¹ ano⁻¹). O aporte neste período correspondeu a 65,1% do avaliado para a bacia, fato este que pode ser explicado pela maior concentração do escoamento superficial, que neste mesmo período, correspondeu a 76,0% de um total de 420,1 mm no mesmo ano.

Com relação a distribuição espaço-temporal, observou-se que no período mais crítico (31/01/2013 a 28/02/2013), 15% da área total da bacia apresentou aportes de sedimentos variando de 2 a 15 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 6), sendo que 1,52% da bacia apresentaram de alto a muito alto risco de erosão (acima de 5 t ha⁻¹ ano⁻¹).

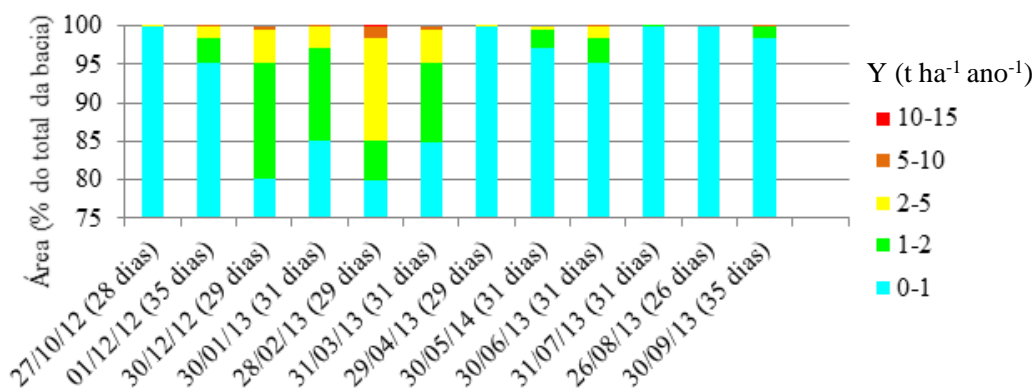


FIGURA 6. Distribuição espaço-temporal do aporte de sedimentos (Y) nas classes de risco de erosão, na bacia do afluente do Ribeirão Santa Rita em Fernandópolis - SP.

Observa-se que a área mais crítica, com altos aportes de sedimentos, localiza-se na região sudeste da bacia (Figura 7), onde o solo é explorado com cana-de-açúcar em declividades entre 20 e 50%. A área mais crítica, que corresponde a 19,83% da área total (23,63 ha), contribuiu com aportes classificados como alto a muito alto risco de erosão (acima de 5 t ha⁻¹ ano⁻¹) (Figura 7).

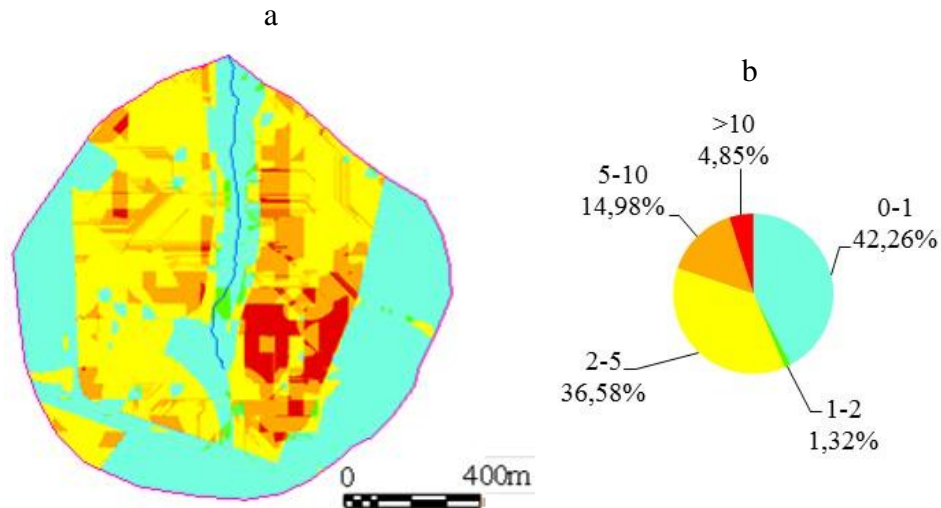


FIGURA 7. Distribuição espacial do aporte de sedimentos total do período na bacia hidrográfica (a) e os percentuais de área da bacia dentro de cada classe de risco de erosão (b).

A ocupação que proporcionou maior aporte de sedimentos foi o cultivo de cana-de-açúcar, que contribuiu com 92,12% do aporte total na bacia. Dos 62,8 ha de cana-de-açúcar que ocupam a bacia, 36,7% resultaram em aportes de sedimentos superiores a 5 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 8a), produzindo uma média de 6,343 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Figura 8b).

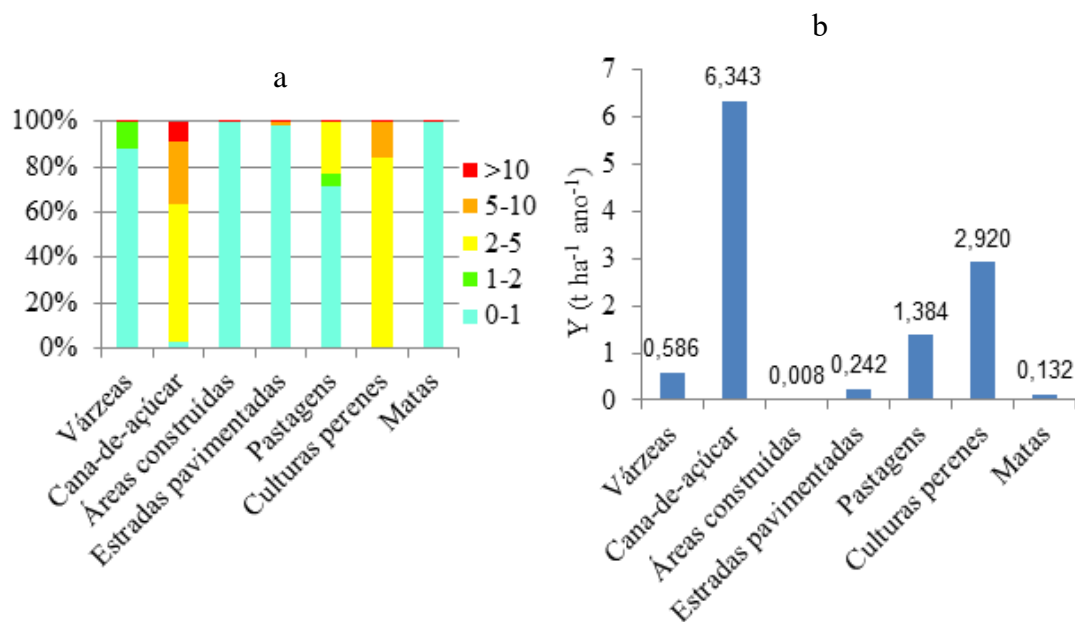


FIGURA 8. Distribuição percentual da área de cada cultura dentro das classes de risco de erosão (a) e aporte médio de solo por cultura na bacia (b) no período avaliado.

Áreas ocupadas pelo plantio de cana-de-açúcar, em função do alto fluxo de maquinários e de pessoas, normalmente apresentam compactação excessiva do solo e degradação das

propriedades físicas, favorecendo o potencial da ação hídrica como agente erosivo (FERNANDES et al., 2013), fato este que poderiam explicar estes resultados.

CONCLUSÕES

O aporte total de sedimentos na bacia hidrográfica Afluente do Ribeirão Santa Rita no período outubro de 2012 a setembro de 2013 foi de 433,87 t, resultando em uma perda média de solo de 3,635 t ha⁻¹ ano⁻¹. O período de maior aporte foi de dezembro de 2012 a março de 2013, onde foram produzidos 65,1% do aporte total de sedimentos na bacia no período avaliado. No mês mais crítico, em fevereiro de 2013, cerca de 15% da área total da bacia apresentou aportes de sedimentos variando de 2 a 15 t ha⁻¹ ano⁻¹. A cultura da cana-de-açúcar foi a que mais contribuiu com os aportes, sendo responsável por 92% do total, resultando em média de 6,343 t ha⁻¹ ano⁻¹.

REFERÊNCIAS

- AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; NORTON, L. D.; BESKOW, S.; MARTINS, S. G. Spatial distribution of water erosion risk in a watershed with eucalyptus and Atlantic Forest. *Ciências e Agrotecnologia*, Lavras, v.37, n.5, p.427-434, 2013.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. 4ª ed. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.
- CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia prática*. 2ed., ver., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 73 p.
- CHAVES, H. M. L.; PIAU, L. P. Efeito da variabilidade da precipitação pluvial e do uso e manejo do solo sobre o escoamento superficial e o aporte de sedimento de uma bacia hidrográfica do Distrito Federal. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, Viçosa, v.32, n.1, p. 333-343, 2008.
- CIIAGRO. CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. Dados climáticos da estação agrometeorológica de Fernandópolis - SP. Campinas: CIIAGRO, 2014. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline>>. Acesso em: 15 nov. 2014.
- DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Manual de cálculos das vazões máximas, médias e mínimas nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo*. São Paulo: DAEE, 1994, 64p.
- FERNANDES, R. P.; SILVA, R. W. C.; SALEMI, L. F.; ANDRADE, T. M. B.; MORAES, J. M. Geração de escoamento superficial em uma microbacia com cobertura de cana-de-açúcar e floresta ripária. *Revista Ambiental & Água*, Taubaté, v.8, n.3, p.178-190, 2013.
- LAGROTTI, C. A. A. *Planejamento Agroambiental do município de Santo Antônio do Jardim - SP: Estudo de caso na Microbacia Hidrográfica do Córrego do Jardim*. 2000. 124p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.
- MANGO, L. M.; MELESSE, A. M.; McCLAIN, M. E.; GANN, D.; SETEGN, S. G. Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper Mara River Basin, Kenya: results of a

modeling study to support better resource management. *Hidrology and Earth System Sciences*, v.15, n.7, p. 2245-2258, 2011.

MILLER, J. R.; MACKIN, G.; LECHLER, P.; LORD, M.; LORENTS, S. Influence of basin connectivity on sediment source, transport, and storage within the Mkabela Basin, South Africa. *Hydrology and Earth System Science*, v.17, p.761-781, 2013.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo/ EMBRAPA Solos, 1999. 64p.

OYARZÚN, C.E.; GODOY, R.; STAELENS, J.; DONOSO, P.J.; VERHOEST, N.E.C. Seasonal and annual throughfall and stemflow in Andean temperate rainforests. *Hydrological Processes*, West Sussex, v.25, p.623-633, 2011.

PRUSKI, F. F.; BRANDÃO, V. S.; SILVA, D. D. Escoamento superficial. Viçosa: UFV, 2003. 88p.

SCAPIN, J. Caracterização do transporte de sedimentos em um pequeno rio urbano na cidade de Santa Maria – RS. 2005. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SILVA, C. R.; CHAVES, H. M. L.; CAMELO, A. P. Calibração e validação da Equação Universal de Perda de Solos Modificada (Musle) utilizando dados hidrossedimentológicos locais. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v.35, n.4, p.1431-1439, 2011.

SILVA, A. M.; MELLO, C. R.; CURI, N.; OLIVEIRA, P. M. Simulação da variabilidade espacial da erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica de Latossolos no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira Ciências do Solo*, v.32, n.5, p.2125-2134, 2008.

SILVA, D. D.; VALVERDE, A. D. L.; PRUSKI, F. F.; GONÇALVES, R. A. B. Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação para o Estado de São Paulo. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v.7, n.2, p.70-87, 1999.

SILVA, A. M.; SHULTZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: Rima, 2003. 140p.

TEN CATEN, A.; MINELLA, J. P. G.; MADRUGA, P. R. A. Desintensificação do uso da terra e sua relação com a erosão do solo. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.9, p.1006-1014, 2012.

TUNDISI, J. D.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos Recursos Hídricos. *Biota Neotropica*, Campinas, v.10, n.4, p.67-75, 2010.

VALLE JUNIOR, R. F.; GALBIATTI, J. A.; MARTINS FILHO, M. V.; PISSARRA, T. C. T. Potencial de erosão da bacia do Rio Uberaba. *Revista Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.5, p.897-908, 2010.