

## ESTIMATIVA DAS PERDAS DE ÁGUA E DE SOLO NA BACIA DO RIBEIRÃO SANTA CRUZ, MINAS GERAIS, BRASIL

**Camila Aparecida da Silva Martins<sup>1</sup>, Tiago Sperandio Borges<sup>1</sup>, Fábio da Silveira Castro<sup>1</sup>, Roberto Avelino Cecílio<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mestrando em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias - UFES / Departamento de Produção Vegetal; Cx Postal 16, CEP 29500-000, Alegre-ES; [camila.cca@hotmail.com](mailto:camila.cca@hotmail.com), [tiago.sb@hotmail.com](mailto:tiago.sb@hotmail.com), [fabiosilveira\\_70@hotmail.com](mailto:fabiosilveira_70@hotmail.com)

<sup>2</sup>Professor, Centro de Ciências Agrárias - UFES / Departamento de Engenharia Florestal; Cx Postal 16, CEP 29500-000, Alegre-ES; [rcecelio@yahoo.com.br](mailto:rcecelio@yahoo.com.br)

**Resumo-** Com o objetivo de avaliar através de equações empíricas, as perdas de água e de solo, visando propôr um manejo adequado para a conservação da água e do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz localizada no município de Lavras, na região sul do estado de Minas Gerais, escolheu-se a Equação Universal de Perda de Solo. Este modelo é usual para estimativa de erosão laminar, indicadora de vulnerabilidade do terreno, e que foi aplicada para a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz. Para um melhor enfoque territorial relacionado à conservação ambiental as estimativas foram sumarizadas por uso e ocupação do solo. Verificou-se que 31% da precipitação total anual são perdidas na forma de escoamento superficial e que 16% das terras apresentam perdas elevadas, com valores de 7.062,00 ton/ha.ano; aproximadamente 73% apresentam perdas extremamente elevadas, com valores de 20.649,44 ton/ha.ano, e cerca de 11% das terras da bacia apresentam perdas de 7.706,80 ton/ha.ano.

**Palavras-chaves:** Perdas de água e de solo, bacia hidrográfica.

**Área do Conhecimento:** Agronomia.

### Introdução

Segundo Hernani et al. (2002), as perdas anuais de solo e água em áreas agrícolas brasileiras ocasionadas pela erosão hídrica são da ordem de 822,7 milhões de toneladas e 171 bilhões de m<sup>3</sup>, respectivamente, estando associada a estes valores um prejuízo de US\$ 4,2 bilhões por ano, referente aos custos relativos à reposição de corretivos e fertilizantes, à menor produtividade, aos maiores custos de produção, ao tratamento de água, à manutenção de estradas e ao maior consumo de energia, dentre outros. A utilização de modelos capazes de estimar as perdas ocasionadas por erosão hídrica é, portanto, de fundamental importância para a escolha de práticas de conservação da água e do solo e de técnicas de manejo de bacias hidrográficas que possam minimizar estes impactos.

O estudo do uso inadequado das terras agrícolas é de grande importância, pois, boa parte das propriedades rurais apresenta algum tipo de uso conflitante e/ou inadequado da terra (MOREIRA et al., 2003). Desta forma, o estudo das interações da topografia (declividade e comprimentos de encostas), dos solos e dos tipos de uso da terra em bacias hidrográficas deve ser feito visando à identificação de áreas propícias à degradação ambiental e a avaliação das estratégias de manejo antes que elas sejam adotadas (CÂMARA & DAVIS, 2002).

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar através de equações empíricas, as perdas de água e de solo, visando a proposição de um manejo adequado para a conservação da água e do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz localizada no município de Lavras, na região sul do estado de Minas Gerais.

### Metodologia

A área onde foi desenvolvido o presente estudo consiste na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, localizada no município de Lavras, na região sul do estado de Minas Gerais. Tem como curso d'água principal o Ribeirão Santa Cruz, que é tributário do Rio Capivari que, por sua vez, é tributário do Rio Grande e este, integrante da bacia hidrográfica do Rio Paraná. A bacia hidrográfica situa-se entre as coordenadas geográficas 21°09'39" e 21°20'14" de latitude sul e 44°51'36" e 45°00'00" de longitude oeste de Greenwich (PINTO et al., 2005).

O clima do município é do tipo Cwa, conforme a classificação climática de Köppen. A temperatura média anual está em torno de 19,3°C, tendo, no mês mais quente e no mês mais frio, temperaturas médias de 22,1°C e 15,8°C, respectivamente. A precipitação anual normal é de 1.237 mm, a evaporação total do ano igual a 1.343mm e a umidade relativa média anual de 76% (BRASIL, 1992).

A bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz apresenta superfície de 86,99km<sup>2</sup>, representando

15,44% da área do município de Lavras, com perímetro de 62,49 Km, declividade média de 13,47% e altitudes variando de 822 a 1257 metros.

O solo da área de estudo, de acordo com o processo de formação e suas características físico-químicas é classificado como Latossolo. Com relação ao uso e ocupação do solo da bacia, foram identificados vários tipos de uso, os quais foram distribuídos em três classes:

- Uso do solo 1 - compreende a área de mata nativa (1426 ha, equivalente a 16% da área total), com condição hidrológica boa (mais que 75% da superfície coberta).
- Uso do Solo 2 - abrange a área de pastagem (6289 ha, que equivale a 73% da área total), com condição hidrológica má (menos que 50% da superfície coberta).
- Uso do solo 3 - composto por cultura agrícola (954 ha, que equivale a 11% da área total), com condição hidrológica má (menos que 50% da superfície coberta).

A distribuição declividade média das áreas enquadrada nos usos do solo 1, 2 e 3 foi de 26%, 10% e 6%, respectivamente.

Utilizaram-se dados relativos à equação de chuvas intensas extraídos do programa computacional PLÚVIO 2.1 (disponível para download no site <http://www.ufv.br/dea/gprh>). Também se utilizaram dados de precipitação adquiridos através do Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA, 2007), contemplando uma série histórica de 4 anos (2002 a 2006).

Para atender o objetivo do trabalho, foram calculadas:

- vazão máxima de escoamento superficial na bacia ( $Q_{máx}$ ), pelo Método Racional Modificado (Euclides, 1987);
- lâmina de escoamento superficial mensal em cada área ( $ES_m$ ), pelo Método do Número da Curva (Soil Conservation Service, 1972);
- perda de água em escala mensal e anual na bacia ( $ES$ ), por meio da média ponderada do escoamento superficial mensal em cada área com diferentes tipos de uso do solo; e
- perda de solo anual ( $P_u$ ).

Para a aplicação do Método do Número da Curva, considerou-se o solo da área em estudo como enquadrado no grupo B, com moderada taxa de infiltração quando completamente úmido e com profundidade moderada, com taxa de infiltração estável (Tie variando entre 40 e 190  $mm\ h^{-1}$ , segundo Pruski et al. (1997).

Para cálculo da perda de solo em cada área, adotou-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) elaborada por Wischmeier e Smith (1978):  $P_u = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$

em que:

$P_u$  = perda de solo por unidade de área, em ton/ha.ano;

$R$  = fator erosividade da chuva, em MJ.mm/ha.h.ano;

$K$  = fator erodibilidade do solo, em ton.h/MJ.mm;

$L$  = fator que leva em conta a distância ao longo da qual ocorre o escoamento superficial, adimensional;

$S$  = fator que considera a declividade do terreno, adimensional;

$C$  = fator que leva em conta o uso e manejo do solo, adimensional; e

$P$  = fator que considera as práticas conservacionistas adotadas, adimensional.

Na seqüência está descrito o processo de obtenção dos fatores da equação.

O fator erosividade da chuva ( $R$ ) considera tanto a quantidade precipitada quanto à energia cinética das gotas de chuva que incidem sobre o solo. Para o cálculo da erosividade da chuva foi utilizada a equação abaixo, que relaciona a precipitação média mensal e anual, como segue:

$$EI = 89,823 \cdot ((P_m^2/P_a)^{0,759})$$

onde:

$EI$  = média mensal do índice de erosão; MJ.mm/ha.L;

$P_m$  = Precipitação média mensal (mm);

$P_a$  = Precipitação média total anual (mm).

Fator erodibilidade do solo ( $K$ ) expressa a quantidade de solo erodido por unidade do índice de erosão da chuva para um solo específico, foi obtido através da tabela adaptada de Denardim (1990) e Silva et al. (2000), na qual o solo de Lavras, MG, possui erodibilidade de 0,007 (t/ha)/(MJ/ha. mm/h).

O fator topográfico reflete as influências do comprimento e do desnível da encosta no processo erosivo. Para o cálculo foi adotada a equação:  $LS = 0,00984 \cdot C \cdot 0,63 \cdot D \cdot 1,18$  citada em Bertoni e Lombardi Neto (1999):

em que:

$LS$  = Fator Topográfico;

$C$  = Comprimento de encosta (m);

$D$  = Declividade média de encosta (%).

O fator  $C$ , referente ao uso do solo e manejo da cultura, representa um fator de redução da erosão do solo. Para cada classe de uso do solo atribuiu-se um valor do fator  $C$ , conforme preconizado por Bertoni & Lombardi (1999).

O fator  $P$  da equação é a relação entre a intensidade esperada de perda de solo com determinada prática conservacionista e aquela que ocorre quando a cultura é plantada no sentido do declive. Para as áreas não cultivadas, adotou-se o valor máximo (1,0) e para as áreas com agricultura adotou-se genericamente o valor recomendado por Bertoni e Lombardi Neto (1999) para áreas com algum tipo de conservação (0,5).

## Resultados

A vazão máxima de escoamento superficial calculada para a foz da bacia hidrográfica foi igual a 48,72 m<sup>3</sup>/s, o equivalente a 48720 L/s.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores das lâminas médias de escoamento superficial mensal em cada uma das áreas com diferentes tipos de uso do solo evidenciado na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz.

Tabela 1. Lâminas médias de Escoamento Superficial mensal (ESm) da área de estudo

Mês	Tipos de Uso do Solo		
	1	2	3
	ES (mm)	ES (mm)	ES (mm)
Janeiro	28,27	70,75	104,29
Fevereiro	13,74	44,70	71,69
Março	7,27	31,14	53,81
Abril	3,73	0,05	2,57
Mai	4,75	0,01	1,59
Junho	16,75	6,44	2,53
Julho	14,31	4,54	1,22
Agosto	19,88	9,15	4,77
Setembro	7,75	0,72	0,16
Outubro	0,05	5,08	14,76
Novembro	8,96	34,89	58,84
Dezembro	34,46	80,92	116,60
<b>Total =</b>	<b>159,91</b>	<b>288,39</b>	<b>432,81</b>

De acordo com os valores de ES mensal total apresentados na Tabela 2, a perda de água pôde ser calculada, evidenciando que cerca de 31% da precipitação total anual é perdida na forma de escoamento superficial.

Tabela 2. Lâmina de Escoamento Superficial mensal total da área de estudo

	Escoamento Superficial na Bacia	
	mm	%
Janeiro	67,45	30,00
Fevereiro	42,58	23,39
Março	29,71	18,96
Abril	0,93	1,71
Mai	0,96	1,95
Junho	7,71	57,35
Julho	5,79	30,42
Agosto	10,44	150,37
Setembro	1,81	4,82
Outubro	5,32	5,95
Novembro	33,26	20,28
Dezembro	77,20	32,14
<b>Total =</b>	<b>283,15</b>	<b>Média = 31,44</b>

Na Tabela 3 está apresentado o valor da perda de solo anual nas diferentes áreas da bacia do Ribeirão Santa Cruz.

Tabela 3. Perdas de Solo (Pu) em ton/ha.ano, nas áreas com diferentes tipos de Uso do Solo

Tipos de Uso do Solo	Pu (ton/ha.ano)	% da área total
1	7.062,00	16
2	20.649,44	73
3	7.706,80	11
<b>Média</b>	<b>11.913,55</b>	

## Discussão

Observando os valores (Tabela 1) verifica-se que a lâmina de ES foi maior na classe de uso do solo 3 (culturas agrícolas), ou seja, o cultivo do solo de forma indevida proporciona uma maior perda por escoamento, mesmo quando comparado com pastagens degradadas. As maiores lâminas de ES ocorreram nos meses que vão desde Novembro até Março, que é a época de maior ocorrência natural de precipitação, e das chuvas de maior intensidade.

Juntamente com o escoamento ocorre a erosão do solo devido à desagregação, lixiviação e deposição das partículas do solo. É importante destacar que todos os fatores que influenciam a taxa de infiltração da água no solo interferem, também, no escoamento superficial resultante.

Dentre esses fatores pode-se destacar a quantidade, intensidade e duração da precipitação; cobertura e condições de uso do solo; evapotranspiração; área, forma e declividade da bacia, além das obras hidráulicas presentes na bacia.

De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1999), os limites toleráveis de perdas de solo para Latossolos varia de 9,2 a 12,0 ton/ha/ano, de acordo com as características do solo. Portanto, o valor 11.913,55 ton/ha/ano não está dentro do limite máximo de perdas que o solo em estudo poderia suportar.

Nota-se que o Uso do Solo 2 (pastagem) e 3 (culturas agrícolas) apresentaram maior perda de solo do que os demais tipos de uso, fato este que pode se explicado devido ao plantio feito morro abaixo, que favorece o escoamento causando conseqüentemente a erosão. Resultados semelhantes foram obtidos por Bertoni et al. (1986), demonstrando que culturas agrícolas plantadas morro abaixo causaram perda de 26,1 toneladas por ano enquanto que plantadas em nível causaram perdas de 13,2 toneladas por ano. Porém estes resultados diferem dos obtidos por Cardoso et al. (2004), onde, resultados de maior

perda de solo foram encontrados em áreas com predominância de solo descoberto, devido à cultura da área ter sido implantada em curvas de nível. Na maioria das propriedades, não são adotadas práticas de conservação do solo (construção de terraços e plantio em nível) que ocasiona elevadas perdas de solos.

De acordo com os resultados obtidos, como proposta para melhorar as condições hidrológicas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, recomenda-se que:

No Uso do Solo 1 (Mata Nativa), a extensão da área seja aumentada para 20%, seguindo o Código Florestal, instituído pela Lei Federal nº 4.771/65, que, nos artigos 2º e 3º, trata das áreas de preservação permanentes (APPs).

Para os Usos do Solo 2 (pastagem) e 3 (culturas agrícolas), o ideal é que sejam adotadas técnicas conservacionistas como construção de terraços em curva de nível; redução da área de solo exposto e campo limpo com a condução da regeneração natural ou introdução de espécies florestais ou agrônômicas; rotação de culturas e plantios em curva de nível com espécies que contribuam para a conservação e preservação do solo e da água na bacia.

## Conclusão

Conclui-se que uma bacia manejada de forma inadequada proporciona grandes perdas de água e de solo, prejudicando a produção vegetal, a produção animal, além de causar o assoreamento dos cursos d'água podendo vir a descaracterizá-la futuramente com uma Bacia Hidrográfica.

## Referências

- ANA – Agência Nacional de Águas. Dados Hidrológicos/Série Históricas: HidroWeb (Sistema de Informações Hidrológicas). Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>> Acesso em 08 dez. 2007.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 1999. 355p.
- BERTONI, J.; PASTANA, F. I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. **Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agrônômico**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico, 1986. 57 p. (IAC. Circular, 20).
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Normais climatológicas 1961-1990**. Brasília: MARA, 1992. 84 p.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. Capítulo 1: Apresentação. In: CÂMARA, G; DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em 08 dez. 2007.
- CARDOSO, D. P. et al. Erosão hídrica avaliada pela alteração na superfície do solo em sistemas florestais. **Scientia Forestalis**, n.66, p.25-37, dez 2004.
- EUCLYDES, H.P. **Saneamento agrícola. Atenuação das cheias: metodologia e projeto**. Belo Horizonte: RURALMINAS, 1987. 320 p.
- HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C. de.; CASTRO FILHO, C.; LANDERS, J.C. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C.V.; FREITAS JÚNIOR, E.; PERES, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro, Embrapa, 2002, p.47-60.
- MOREIRA, A. A.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, J. C.; SILVA, E.; RIBEIRO, C. A. A. S. Determinação de áreas de preservação permanente em uma microbacia hidrográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato. In: XI SBSR, 2003, Belo Horizonte, MG. **Anais .... INPE**, 2003. p. 1381-1389.
- PINTO, L. V. A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 49-60, jan./mar. 2005.
- PLÚVIO 2.1. Disponível para download em: <http://www.ufv.br/dea/gprh>. Acesso em 08 dez. 2007.
- PRUSKI, F.F.; FERREIRA, P.A.; RAMOS, M.M.; CECON, P.R. A model to design level terraces. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 123, n. 1, p. 8-12, 1997.
- SOIL CONSERVATION SERVICE. **National engineering handbook**. [s.l.], 1972. (Section 4: Hydrology).
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537).