

Avaliação de perdas de solo em estradas florestais
não pavimentadas no Vale do Rio Doce, Minas GeraisSoil loss assessment on unpaved forest roads at
the Rio Doce Valley, Minas Gerais state, BrazilFlávio Pereira de Oliveira¹, Marx Leandro Naves Silva²,
Junior Cesar Avanzi³, Nilton Curi⁴ e Fernando Palha Leite⁵

Resumo

No setor florestal, a rede viária é a principal base de toda a atividade florestal. No entanto, as estradas florestais tem sido uma das principais causas de erosão e assoreamento dos cursos d'água em áreas de florestas plantadas. Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar as perdas de solo por erosão laminar e em sulcos em estradas florestais não pavimentadas e deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes, no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais. Os resultados indicam que a amplitude média de perdas de solo foi de 68,3 kg m⁻², na faixa de declive de 0% a 4%, e de 142,4 kg m⁻² na faixa superior a 12%. A maior perda de água em valores médios ocorreu sob estrada florestal não pavimentada, enquanto que no sistema que proporcionou maior proteção do solo (reservas permanente e legal), as perdas de água foram de apenas 1,4%. Nas encostas e taludes, a perda de solo média foi de 820 kg m⁻². A maior parte dos sedimentos é proveniente dos deslocamentos de massas, entretanto as estradas florestais não pavimentadas também apresentam valores elevados de perdas de solo. Estes resultados sugerem a necessidade de melhores práticas de controle da erosão em estradas florestais e manutenção dos taludes vegetados para evitar perdas de solo e de água e sedimentação de reservatórios e rios. Além disso, deve-se realizar um correto dimensionamento do sistema viário ajustado a topografia do terreno.

Palavras-Chave: Rede viária, Erosão hídrica, Encostas, Taludes, Eucalipto

Abstract

In the forest sector, the road network is the main basis of all the forest activity; however, the forest roads have been one of the main causes of erosion and silting of water courses in planted forests. Therefore the present work aimed to evaluate the soil losses by sheet and rill-erosion in unpaved forest roads and displacements of soil masses on hillsides and embankments, at the Rio Doce Valley, Central-East region of Minas Gerais State, Brazil. The results indicate that the average soil losses amplitude was 68.3 kg m⁻² in the 0–4% slope class, and 142.4 kg m⁻² on slopes above 12%. The highest average water losses occurred on unpaved forest roads, while on better soil protection (legal and permanent reserves), the water losses were only 1.4%. On the hillsides and embankments the average soil loss was 820 kg m⁻². The major part of the sediments originated from the displacements of soil masses; however unpaved forest roads also had high soil loss values. These results suggest a need for better practices to control forest roads erosion and keeping vegetated embankments to avoid soil and water loss and siltation of reservoirs and rivers. Furthermore, a proper design of road network should be performed to fit the terrain topography.

Keywords: Road network, Water erosion, Hillsides, Embankments, *Eucalyptus*

¹Doutorando em Ciência do Solo no Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Av. Bento Gonçalves, 7712 – Caixa Postal 15100 – Porto Alegre, RS - 91540-000 – E-mail: flavio_solos@yahoo.com.br

²Professor Associado do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 3037 – Lavras, MG - 37200-000 - E-mail: marx@dcs.ufla.br

³Pós-Doutorando em Ciência do Solo no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 3037 – Lavras, MG - 37200-000 - E-mail: javanzi@dcs.ufla.br

⁴Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – Caixa Postal 3037 – Lavras, MG - 37200-000 - Email: niltcuri@dcs.ufla.br

⁵Pesquisador Doutor da Celulose Nipo Brasileira - Cenibra S.A. – Caixa Postal 100 – Bairro Horto – Ipatinga, MG - 35162-970 - E-mail: fernando.leite@cenibra.com.br

INTRODUÇÃO

As florestas constituem um dos maiores recursos naturais de muitas nações. Às vezes, elas estão localizadas em áreas de solos marginais, apresentando elevadas declividades e propensão à erosão hídrica e grandes instabilidades, o que tende a ser minimizado pela proteção oferecida pela cobertura florestal. Geralmente, a taxa de erosão em áreas florestadas tende a ser muito baixa (RAMOS-SCHARRÓN e MacDONALD, 2005), exceto quando perturbadas. As perturbações incluem o uso de insumos, fogo, colheita, o processamento e a construção de estradas florestais (MACHADO *et al.*, 2003).

O processo erosivo é extremamente prejudicial aos ecossistemas florestais, causando diversos danos nestas áreas e até mesmo fora delas. No setor florestal, a rede viária é a principal base de toda a atividade florestal, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, necessários para implantação, proteção, colheita e transporte dos produtos florestais. No entanto, as estradas florestais tem sido uma das principais causas da erosão hídrica e do assoreamento dos cursos d'água nestas condições (LOPES *et al.*, 2002; MACHADO *et al.*, 2003; FORSYTH *et al.*, 2006; CORRÊA *et al.*, 2007; JORDÁN e MARTÍNEZ-ZAVALA, 2008; AVANZI, 2009).

A construção de estradas constitui em uma etapa de grande risco para a atividade florestal (RAMOS-SCHARRÓN e MacDONALD, 2005), pois promove a retirada da cobertura vegetal, a movimentação do solo e a compactação de seu leito (DADALTO *et al.*, 1990; ANTONANGELO e FENNER, 2005; AKAY *et al.*, 2008), causando sérios danos na estrutura dos solos (AKAY *et al.*, 2008) e no comportamento hidrológico dos mesmos (JORDÁN e MARTÍNEZ-ZAVALA, 2008; JORDÁN-LÓPEZ *et al.*, 2009), tornando tais vias muito mais vulneráveis à erosão hídrica. Essa erosão tende a ser incrementada com o aumento da declividade e do comprimento de rampa, fatores que aceleram a velocidade da enxurrada (DADALTO *et al.*, 1990). Além disso, a periodicidade de uso e o tráfego pesado que ocorrem nas estradas durante as atividades de colheita e transporte florestal, potencializam estes impactos (CORRÊA *et al.*, 2007). Associados a estes fatores, a má locação, juntamente com uma manutenção inadequada da rede viária, podem gerar grandes impactos ambientais (GONÇALVES, 2002; AKAY *et al.*, 2008), realçando-se aqueles relacionados à captação, condução e deságue concentrado de

enxurrada em determinados pontos do terreno, ocasionando erosão do tipo laminar e, ou, em sulcos no leito da própria estrada, deslocamentos e escorregamentos de massas de solo nos taludes, podendo evoluir para voçorocas no interior dos talhões de plantios (GONÇALVES, 2002).

Neary e Hornbeck (1994) mencionam que grande parte da produção de sedimentos em florestas é proveniente da construção e manutenção destas estradas. Dessa forma, a construção de estradas tende a aumentar a taxa de erosão e a frequência de deslizamentos de massas de solo. Assim, a locação adequada das estradas florestais constitui uma etapa crucial para um manejo sustentável dos recursos florestais (AKAY *et al.*, 2008).

No estado de São Paulo, conforme Anjos Filho (1998), as estradas não-pavimentadas são responsáveis por, aproximadamente, metade das perdas de solo em virtude da erosão. Na Carolina do Norte, Estados Unidos, Grace III *et al.* (1998) observaram que mais de 90% dos sedimentos produzidos em áreas florestais advem das estradas, sendo a drenagem inadequada o principal fator responsável por isto.

Além da erosão em estradas, o desabamento de encostas constitui outra forma de perdas de solo e de água muito comum na região Sudeste do Brasil. Um fator determinante para que ocorra o desmoronamento de encostas está relacionado com a mineralogia destes solos. De acordo com Resende *et al.* (1997), o horizonte C muito espesso destes solos apresenta quantidades substanciais de pseudomorfos de caulinita, conferindo certa descontinuidade de fluxo de água nesse profundo manto de intemperismo. A criação desses microambientes chega a ser tão pronunciada que esmectita quase pura pode localmente ocorrer, mergulhada num profundo manto de material caulínico pobre em bases. A razoável infiltração de água, o profundo manto de intemperismo e a pequena coesão entre as partículas (apenas quando o solo está encharcado), ultrapassam com frequência os limites de resistência, provocando os deslizamentos. Este processo tem se intensificado nos últimos anos devido à ocorrência de chuvas intensas e concentradas. A região Sudeste do Brasil no verão adicionalmente sofre com fenômenos de circulação atmosférica, como as zonas de convergência do Atlântico Sul, normalmente combinadas com sistemas atmosféricos ciclônicos (MOREIRA, 1999). No estado de Minas Gerais, os fatores climáticos demonstram influências relevantes no comportamento da erosividade da chuva (MELLO *et al.*, 2007).

Dessa forma, o presente trabalho objetivou avaliar as perdas de solo por erosão laminar e em sulcos em estradas florestais não pavimentadas e deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes, no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em estradas vicinais de florestas nativas subcaducifólias e plantadas de eucalipto, localizadas em nove sub-regiões distintas (Alfié, Cataquinho, Cocais, Coqueiro, Cordeiros, Fábrica, Gaspar, Lagoa Grande e Rubro Negro), situadas no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do estado de Minas Gerais (Figura 1). As principais classes de solo presentes na região são os Latossolos Vermelho-Amarelos, seguidos pelos Cambissolos Háplicos, e o relevo é principalmente ondulado e forte ondulado (CENIBRA, 2001; EMBRAPA, 2006).

Estradas florestais

Para cada sub-região, foram selecionadas 12 seções, escolhidas de forma aleatória, de forma a contemplar quatro classes de declividade (0% a 4%, 4% a 8%, 8% a 12% e > 12%), tendo cada

classe 3 repetições. As seções localizaram-se nas classes de solo dominantes em cada sub-região. As perdas de solo na estrada devido à erosão laminar e em sulcos (kg m^{-2}) foram obtidas por meio do seguinte procedimento: multiplicou-se a profundidade média do leito pela largura média da seção e pelo comprimento da seção (20 m), obtendo-se assim, o volume de solo perdido na estrada; e posteriormente, multiplicou-se o volume perdido na estrada pela densidade do solo. O valor final foi dividido pela área da estrada para que o resultado fosse expresso em kg m^{-2} .

Coleta de dados

Para cada localidade descrita na Figura 1 foi definida a seção da estrada para o estudo. A seção da estrada correspondeu a segmentos com declividade uniforme tendo um comprimento de 20 m. Posteriormente, com o auxílio de duas régua colocadas no momento da medição, uma em posição horizontal graduada de 0,30 em 0,30 m (profundidade de referência do leito original da estrada), acompanhando a seção transversal do leito da estrada, e a segunda régua em posição vertical, foram realizadas leituras do perfil da estrada (profundidade do leito final). Este procedimento foi repetido 4 vezes (5 em 5 m) ao longo da seção da estrada, conforme demonstrado no esquema da Figura 2.

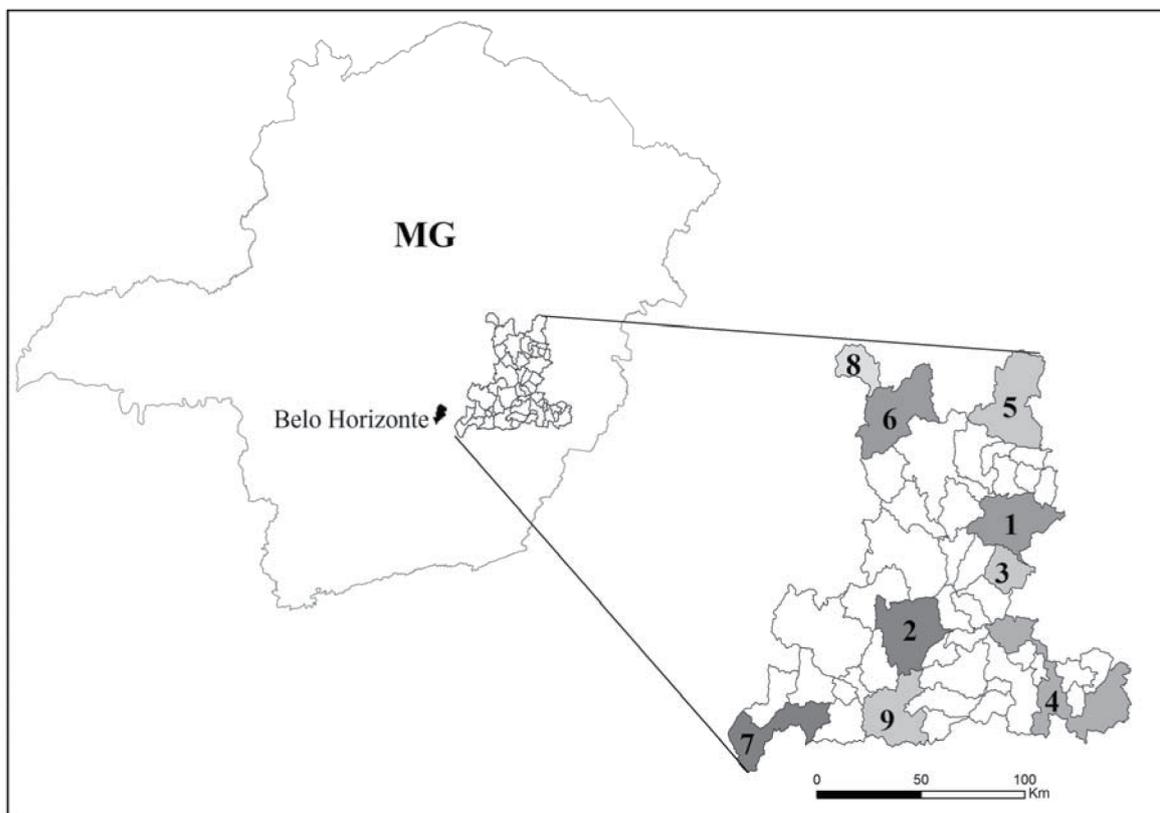


Figura 1. Localização das sub-regiões de estudo. (1) Rubro Negro; (2) Cocais; (3) Fábrica; (4) Cordeiros; (5) Cataquinho; (6) Lagoa Grande; (7) Gaspar; (8) Coqueiro; e (9) Alfié. Fonte: Silva (2009).

Figure 1. Location of the sub-region studied. (1) Rubro Negro; (2) Cocais; (3) Fábrica; (4) Cordeiros; (5) Cataquinho; (6) Lagoa Grande; (7) Gaspar; (8) Coqueiro; and (9) Alfié. Source: Silva (2009).

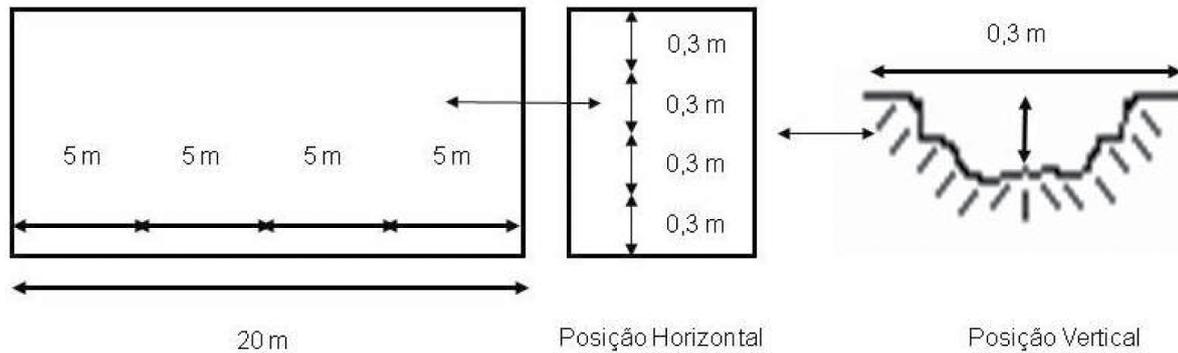


Figura 2. Esquema de medição utilizado no segmento de estrada para estimar as perdas de solo.
Figure 2. Scheme of measurement used for estimating soil loss in the road segment.

A coleta de dados em encostas e taludes de estradas foi realizada da seguinte forma: com o auxílio de duas réguas foram realizadas as medidas da largura e da altura, respectivamente, da ruptura, além da medida de profundidade da ruptura (Figura 3). O volume de solo perdido por deslocamento de massa é o produto da área da ruptura instável (largura e altura) pela profundidade da ruptura.



Figura 3. Esquema de medição de ruptura de talude de estradas.
Figure 3. Scheme of the road embankments rupture measurement.

Como ocorrido na avaliação da erosão em sulcos na estrada, este procedimento foi repetido em 12 situações diferentes de seção de estrada, por sub-região, escolhidas de forma aleatória, contemplando as classes de solo dominantes em cada condição, sempre que houvesse uma erosão do tipo deslocamento ou escorregamento de massas de solo.

As perdas de solo por deslocamento de massas em encostas e taludes foram obtidas por meio do seguinte procedimento: multiplicou-se a largura da ruptura pela altura e pela profundidade, obtendo-se, assim, o volume de solo perdido por deslocamento; e posteriormente, multiplicou-se volume de solo perdido por deslocamento de massas pela densidade do solo. Para expressar os resultados em kg m^{-2} , o resultado final foi dividido pela área desmoronada.

Para analisar as perdas de solo e água nas estradas e nas encostas e taludes foram realizadas duas avaliações em épocas distintas. A primeira para representar a situação inicial (novembro/2004) e a segunda com a finalidade de se avaliar a alteração ocorrida nas áreas escolhidas (maio/2005). Durante este período verifica-se a maior incidência de chuvas erosivas na região (OLIVEIRA *et al.*, 2009; SILVA, 2009), conseqüentemente, maior propensão de ocorrer deslizamentos de encostas e gerar sulcos nas estradas.

Os dados de perdas de solo em estradas e encostas foram submetidos ao teste de homogeneidade, segundo Shapiro Wilk. As análises dos dados foram realizadas no programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000) e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) (SCOTT-KNOTT, 1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Erosão em estradas florestais

Os valores médios de perdas de solo provenientes de erosão laminar e em sulcos nas diversas seções das estradas florestais não pavimentadas podem ser observados na Tabela 1. Analisando os valores médios de perdas de solo entre as faixas de declive, pode-se observar que as perdas variaram de $68,3 \text{ kg m}^{-2}$ a $142,4 \text{ kg m}^{-2}$, para as faixas de 0 a 4% e superior a 12%, respectivamente. As perdas de solo nas áreas com declividade superior a 12% foram estatisticamente superiores às demais. A influência da declividade nas perdas de solo em estradas já foi relatada por Dadalto *et al.* (1990). Entre as sub-regiões, as perdas médias variaram de $74,8 \text{ kg m}^{-2}$ na sub-região Gaspar a $147,3 \text{ kg m}^{-2}$ na sub-região Coqueiro. As sub-regiões Cataquinho e Coqueiro tiveram perdas de solos em estradas superiores às demais sub-regiões. Estas informações são

de grande importância para o setor florestal, uma vez que a partir delas podem ser traçadas metas de controle da erosão, priorizando as sub-regiões que forem mais críticas.

Dentro das sub-regiões, as perdas de solo nas estradas florestais não diferiram estatisticamente nas faixas de declividade 0-4%; 4-8%; e 8-12%. Entretanto, a menor perda de solo foi observada na sub-região Cordeiros, na faixa de declividade 0 a 4% (Tabela 1), e a maior perda de solo na sub-região Coqueiro, na faixa de declividade 8 a 12% (Tabela 1). Para a maior faixa de declividade estudada (> 12%), as perdas de solo encontradas nas sub-regiões Cataquinho e Coqueiro foram significativamente superiores às encontradas nas demais faixas de declividade. Deste modo, estas sub-regiões mostraram ser as localidades onde as práticas de conservação de estradas devem ser empregadas com maior urgência, devendo ser priorizadas as áreas mais declivosas. Assim, como maneira preventiva da erosão em estradas, Griebeler *et al.* (2005) sugerem que a água

escoada na seção das mesmas deve ser coletada nas suas laterais e encaminhada, de modo controlado, para os escoadouros naturais, artificiais, bacias de acumulação ou outro sistema de acumulação ou de retenção localizados no terreno marginal.

Os valores percentuais de perdas de água na região de estudo para áreas sob diferentes usos podem ser observados na Tabela 2. De acordo com os valores médios, pode-se verificar que os segmentos de estradas foram os que apresentaram os maiores percentuais de perdas de água, seguidos dos aceiros, enquanto as áreas protegidas pela vegetação (eucalipto e reservas permanente e legal) apresentaram as menores perdas. De acordo com Almeida e Soares (2003), menores perdas de água nesses últimos sistemas são devidas à interceptação pluviométrica pela copa das árvores, como também em função da matéria orgânica no solo mantendo sua estrutura, aumentando a capacidade de infiltração de água e reduzindo o escoamento superficial.

Tabela 1. Valores médios de perdas de solo em estradas não pavimentadas e deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes, em florestas plantadas de eucalipto.

Table 1. Average values of soil losses from unpaved roads, and displacement of soil masses on hillsides and embankments, in planted eucalyptus forest.

Sub-região	Estrada					Talude		
	Declividade (%)				Média	LVA	CX	Média
	0 - 4	4 - 8	8 - 12	> 12				
kg m ⁻²								
Alfié	48,0 a	69,2 a	76,2 a	110,9 a	76,1 A	618 Aa	981 Ab	799 A
Cataquinho	82,5 a	69,3 a	101,9 a	229,6 b	120,9 B	548 Aa	752 Ab	650 A
Cocais	87,1 a	75,4 a	88,3 a	122,3 a	93,3 A	521 Aa	1012 Bb	767 A
Coqueiro	64,9 a	107,4 a	116,8 a	300,1 b	147,3 B	589 Aa	875 Ab	732 A
Cordeiros	38,7 a	79,5 a	79,0 a	106,5 a	75,9 A	573 Aa	888 Ab	731 A
Fábrica	46,4 a	66,3 a	90,5 a	100,6 a	76,0 A	780 Ba	1190 Bb	985 B
Gaspar	64,2 a	76,3 a	63,7 a	95,1 a	74,8 A	697 Ba	1092 Bb	895 B
Lagoa Grande	92,8 a	71,7 a	95,6 a	128,9 a	97,3 A	711 Ba	922 Ab	816 A
Rubro Negro	90,2 a	68,6 a	101,3 a	87,4 a	86,9 A	855 Ba	1140 Bb	1002 B
Média	68,3 a	76,0 a	90,4 a	142,4 b	94,3	655 a	985 b	820

Nota: onde (LVA) Latossolo Vermelho-Amarelo e (CX) Cambissolo Háplico. Letra minúscula igual significa que as perdas de solo em estradas ou taludes são iguais dentro da mesma sub-região. Letra maiúscula igual significa que as perdas de solo em estradas ou taludes são iguais para diferentes sub-regiões. Foi aplicado o teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Tabela 2. Valores percentuais de perdas de água em áreas sob diferentes usos no período de estudo.

Table 2. Percentage values of water losses in areas under different land-uses in the study period.

Ano	Precipitação mm ano ⁻¹	Uso					
		Eucalipto	Res. Perm.	Res. Legal	Aceiro	Estrada*	Estrada†
2002	1.347	5,9	1,6	1,6	6,3	7,0	22,4
2003	1.058	5,1	1,4	1,4	5,4	6,0	19,3
2004	1.375	5,8	1,6	1,6	6,2	6,9	22,1
2005	1.149	5,2	1,1	1,1	5,8	6,3	21,7
Média	1.232	5,5	1,4	1,4	5,9	6,6	21,4
Total	4.929	22,0	5,7	5,7	23,7	26,2	85,5

Nota: (Res. Perm.) Reserva Permanente, (Res. Legal) Reserva Legal, * valor absoluto; † valor da área de contribuição.

Erosão em taludes

Em relação aos valores médios de perdas por deslocamentos de massas de solo em encostas e taludes em estradas florestais, estes podem ser observados na Tabela 1. Nas encostas e taludes, a perda média foi de 820 kg m⁻². Entre as sub-regiões, não considerando as diferentes classes de solo, as perdas médias variaram de 1002 kg m⁻², na sub-região Rubro Negro, a 650 kg m⁻², na sub-região Cataquinho. Pode-se notar que as regiões críticas em relação às perdas de solo por deslocamentos de massas (Gaspar, Fábrica e Rubro Negro) foram diferentes daquelas relativas à erosão em estradas. Contudo, há que ressaltar que as perdas de solo oriundas por deslocamentos de massas, independentemente da classe de solo, são substancialmente superiores àquelas que ocorreram no leito das estradas. Arnáez *et al.* (2004) também relataram que em áreas florestais as principais perdas de solo são provenientes do corte do terreno para a construção de estradas, sendo este fato agravado quando a estrada se encontra recentemente construída e sem vegetação (CERDÀ, 2007). Assim, uma maneira eficiente de diminuir a erosão em taludes é através do uso de cobertura vegetal. Souza e Seixas (2001) relataram que a aplicação de uma camada de 10 cm de casca de eucalipto picada no talude foi capaz de reduzir as perdas de solo em mais de 90% em relação ao talude desnudo, numa área com declividade média de 85%.

A região estudada é dominada pedologicamente por Latossolos e Cambissolos. Para todas as localidades de estudo, os Latossolos apresentaram menores valores de perdas de solo por deslocamentos de massas, mostrando-se mais resistentes ao processo erosivo, em concordância com o trabalho de Silva *et al.* (2005).

No caso dos Cambissolos, pode-se verificar que o horizonte C muito próximo à superfície destes solos, além de apresentar uma grande espessura, fato observado no campo nos cortes de terreno para construção das estradas, apresentam também teores mais elevados de silte em relação à argila e baixíssima quantidade de matéria orgânica quando comparado aos horizontes subjacentes (Tabela 3). Estes fatores dificultam a organização das partículas em unidades estruturais mais estáveis (FERREIRA, 2005). Além disso, a presença de pseudomorfos de caulinita no horizonte C dos solos desta região (Resende *et al.*, 1997), torna tal horizonte praticamente sem estrutura, quando

úmido. Rocha (2003) verificou em taludes de voçorocas que o horizonte C apresenta menor resistência ao cisalhamento quando comparado aos horizontes subjacentes. No campo, foi observado que quando a erosão no talude atinge o horizonte C, inicia-se um processo intenso de formação de sulcos neste horizonte e o avanço do processo de desabamento de encosta progride muito mais rápido, devido às razões supracitadas.

Para os Latossolos, verificou-se no campo cortes de grande magnitude, porém estes cortes não chegaram a atingir o horizonte C em virtude da maior espessura do solum (horizontes A + B) destes solos (Tabela 3). Assim, apresentaram maior resistência ao deslocamento de massas (Tabela 1). Entretanto, a resistência natural à ruptura destes solos pode ser substancialmente diminuída devido ao aumento da massa e força no sentido do declive do talude ou do terreno que favorece o desabamento de sua porção lateral, o que é causado, principalmente, pela redução da coesão aparente e do ângulo de atrito interno (SIDORCHUCK *et al.*, 2002; SILVA, 2002). Os Latossolos do Vale do Rio Doce apresentam estrutura intermediária entre blocos e grânulos, propiciando uma razoável coesão entre as partículas e uma boa infiltração de água (RESENDE, 1985; CURI *et al.*, 2008), resultando em adequada resistência à erosão hídrica. Mesmo assim, devido à exposição do solo causado pelo corte do terreno para construção das estradas, podem ocorrer perdas de solo em maiores proporções. Ainda assim, consideravelmente inferiores às áreas de Cambissolos (Tabela 1).

CONCLUSÕES

A influência da declividade em relação às perdas de solo em estradas florestais não pavimentadas foi significativa para declives acima de 12%. Assim, as estradas devem ser planejadas com declividades inferiores a este valor para evitar grandes perdas de solo.

A maior parte dos sedimentos gerados foi oriunda das encostas e taludes, sendo que os Cambissolos foram substancialmente mais vulneráveis ao processo de desmoronamento, indicando a necessidade de estudos mais detalhados acerca do ângulo mais adequado do talude e sua revegetação para evitar o desmoronamento e perdas de grandes volumes de solo.

Tabela 3. Atributos físicos e químicos dos solos predominantes nas regiões estudadas.**Table 3.** Physical and chemical attributes of the main soils in the region studied.

Sub-região	Solo	Perfil		Granulometria				Ds	Ataque sulfúrico			
		Horiz.	Prof.	AG	AF	Silte	Argila		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MOS
		m		g kg ⁻¹				g cm ⁻³	g kg ⁻¹			
Alfié	CX	A	0,15	390	130	90	380	0,95	-	-	-	34,6
		Bi	0,62	210	120	140	540	1,06	49,9	234,9	130,9	19,0
		C	0,90	210	100	120	570	-	-	-	-	11,9
	LVA	A	0,18	370	100	110	420	1,07	-	-	-	30,8
		Bw	1,80	230	80	90	610	1,21	54,7	268,9	101,9	5,5
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cataquinho	CX	A	0,16	400	120	70	410	1,10	-	-	-	25,6
		Bi	1,15	270	110	120	500	1,09	296,4	156,4	126,2	11,3
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LVA	A	0,20	360	130	70	430	1,24	-	-	-	26,6
		Bw	1,02	300	80	10	610	1,17	257,8	162,7	95,6	12,2
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cocais	CX	A	0,17	220	90	80	620	1,02	-	-	-	42,5
		Bi	0,65	260	110	100	540	1,36	145,5	190,0	77,3	12,4
		C	1,80	200	120	520	150	1,37	-	-	-	3,3
	LVA	A	0,12	310	100	90	490	0,96	-	-	-	36,6
		Bw	1,80	280	70	60	590	1,15	32,7	267,4	78,3	4,0
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coqueiro	CX	A	0,20	30	40	120	810	1,02	-	-	-	43,2
		Bi	0,60	20	10	130	850	1,06	237,7	290,1	119,7	1,04
		C	2,10	40	420	410	140	1,08	-	-	-	0,32
	LVA	A	0,17	260	140	40	570	1,20	-	-	-	19,5
		Bw	0,78+	120	150	30	690	1,11	172,1	187,1	93,1	4,8
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cordeiro	CX	A	0,10	240	130	140	480	1,33	-	-	-	18,3
		Bi	1,09	160	140	130	570	1,24	166,0	177,1	133,7	7,0
		C	1,50	160	180	550	110	1,18	-	-	-	3,9
	LVA	A	0,12	250	140	40	570	1,19	-	-	-	22,0
		Bw	0,80+	150	110	180	570	1,20	140,4	219,4	112,0	4,0
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fábrica	CX	A	0,15	210	110	40	630	-	-	-	-	28,1
		Bi	1,35	150	80	50	720	0,98	176,7	221,5	108,0	8,9
		C	240+	160	100	620	120	-	-	-	-	3,7
	LVA	A	0,18	200	100	70	630	1,21	-	-	-	31,3
		Bw	2,30	120	80	60	740	1,06	42,9	229,5	120,3	6,6
		C	3,00	80	80	700	130	-	-	-	-	3,2
Gaspar	CX	A	0,12	380	90	60	470	1,27	-	-	-	23,6
		Bi	1,63	330	80	100	490	1,27	267,5	208,1	41,4	3,7
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LVA	A	0,17	250	240	50	600	1,07	-	-	-	28,6
		Bw	1,80	140	190	30	640	1,02	228,4	153,7	101,3	4,8
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lagoa Grande	CX	A	0,20	300	80	140	480	1,04	-	-	-	30,4
		Bi	0,70	190	100	120	590	1,12	197,9	165,5	75,2	13,8
		C	1,60	270	150	490	90	-	-	-	-	3,2
	LVA	A	0,17	230	110	80	590	0,95	-	-	-	57,0
		Bw	1,80	170	80	40	720	1,20	337,8	214,8	98,0	7,6
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rubro Negro	CX	A	0,10	290	100	110	500	1,06	-	-	-	37,5
		Bi	0,90	250	130	110	510	0,99	72,7	196,7	106,4	16,3
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	LVA	A	0,17	440	110	100	350	0,91	-	-	-	35,2
		Bw	1,40	310	110	130	450	1,00	97,2	153,4	84,2	9,4
		C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Cenibra (2001), onde (CX) Cambissolo Háplico, (LVA) Latossolo Vermelho-Amarelo, (AG) areia grossa, (AF) areia fina, (Ds) densidade do solo e (MOS) matéria orgânica do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAY, A.E.; ERDAS, O.; REIS, M.; YUKSEL, A. Estimating sediment yield from a forest road network by using a sediment prediction model and GIS techniques. **Building and Environment**, Oxford, v.43, n.5, p.687-695, 2008.
- ALMEIDA, A.C.; SOARES, J.V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na Costa Leste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.2, p.159-170, 2003.
- ANJOS FILHO, O. Estradas de terra. **Jornal O Estado de São Paulo**, São Paulo, 29 abr. 1998. (Suplemento Agrícola).
- ANTONANGELO, A.; FENNER, P.T. Identificação dos riscos de erosão em estradas de uso florestal através do critério do fator topográfico LS. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.20, n.3, p.1-20, 2005.
- ARNÁEZ, J.; LARREA, V.; ORTIGOSA, L. Surface runoff and soil erosion on unpaved forest roads from rainfall simulation tests in northeastern Spain. **Catena**, Amsterdam, v.57, n.1, p.1-14, 2004.
- AVANZI, J.C. **Soil properties, condition and soil losses for south and east Brazilian forest areas**. 2009. 76p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- CENIBRA – CELULOSE NIPO BRASILEIRA S.A. Levantamento semidetalhado dos solos das regiões do Rio Doce, Cocais, Sabinópolis e Virginópolis. **Cenibra**, Ipatinga, v.1, p.101, 2001.
- CERDÀ, A. Soil water erosion on road embankments in eastern Spain. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.378, n.1/2, p.151-155, 2007.
- CORRÊA, C.M.C.; ROLOFF, G.; SILVA, I.C. Erosão real e estimada através da RUSLE em estradas florestais, em duas condições de solo e relevo e quatro perfis de solo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.76, p.57-66, 2007.
- CURI, N.; MARQUES, J.J.; MARQUES, A.S.F.M. ; FERNANDES, E.I. Solos, geologia, relevo e mineração. In: SCOLFO, J.R.S.; CARVALHO, L.M.T.; OLIVEIRA, A.D. (Org.). **Zoneamento ecológico-econômico do estado de Minas Gerais**. Lavras: Editora UFLA, 2008. v.1, p.73-88.
- DADALTO, G.G.; CARMO FILHO, O.G.; CASTRO, L.L.F. **Captação de águas pluviais das estradas vicinais**. Vitória: EMCAPA, 1990. 22p. (EMCAPA. Documentos, 63).
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análise estatística**. Lavras: UFLA, 2000. 63p.
- FERREIRA, V.M. **Voçorocas no município de Nazareno, MG: origem, uso da terra e atributos do solo**. 2005. 84p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- FORSYTH, A.R.; BUBB, K.A.; COX, M.E. Runoff, sediment loss and water quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain *Pinus* plantation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.221, n.1/3, p.194-206, 2006.
- GONÇALVES, J.L.M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap.2, p.47-130.
- GRACE III, J.M.; RUMMER, B.; STOKES, B.J.; WILHOIT, J. Evaluation of erosion control techniques on forest roads. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.41, n.2, p.383-391, 1998.
- GRIEBELER, N.P.; PRUSKI, F.F.; MEHL, H.U.; SILVA, D.D.; OLIVEIRA, L.F.C. Equipamento para determinação da erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento do solo em canais de estradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.166-170, 2005.
- JORDÁN, A.; MARTÍNEZ-ZAVALA, L. Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.255, n.3/4, p.913-919, 2008.
- JORDÁN-LÓPEZ, A.; MARTÍNEZ-ZAVALA, L.; BELLINFANTE, N. Impact of different parts of unpaved forest roads on runoff and sediment yield in a Mediterranean area. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v.407, n.2, p.973-944, 2009.

- LOPES, E.S.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P. Classificação e custos de estrada florestal em florestas plantadas na região sudeste do Brasil. *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.3, p.329-338, 2002.
- MACHADO, C.C.; GARCIA, A.R.; SILVA, E.; FONTES, A.M. Comparação de taxas de erosão em estradas florestais pelo modelo WEPP (Water Erosion Prediction Project) modificado em relação a medições experimentais. *Revista Árvore*, Viçosa, v.27, n.3, p.295-300, 2003.
- MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C.; CURI, N.; MELLO, J.M.; VIOLA, M.R.; SILVA, A.M. Erosividade mensal e anual da chuva no estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.42, n.4, p.537-545, 2007.
- MOREIRA, A.A.M. **A influência da circulação de macro-escala sobre o clima de Belo Horizonte: estudo sobre as possíveis influências do fenômeno El Niño sobre o clima local.** 1999. 186p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.
- NEARY, D.G.; HORNBECK, J.W. Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality. In: NEARY, D.G.; HORNBECK, J.W. **Impacts of forest harvesting on long-term site productivity.** London: Chapman and Hall, 1994. cap.4, p.81-119.
- OLIVEIRA, F.P.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SILVA, M.A.; MELLO, C.R. Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do estado de Minas Gerais: primeira aproximação. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.33, n.6, p.1569-1577, 2009.
- RAMOS-SCHARRÓN, C.E.; MacDONALD, L.H. Measurement and prediction of sediment production from unpaved roads, St John, US Virgin Islands. *Earth Surface Processes and Landforms*, Chichester, v.30, p.1283-1304, 2005.
- RESENDE, M. Aplicação de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, p.3-18, 1985.
- RESENDE, M.; CURI, N.; DUARTE, M.N. Mineralogia, química e estratificação de ambientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Palestras...** Rio de Janeiro: EMBRAPA/SBCS, 1997. 1CD-ROM.
- ROCHA, W.W. **Resistência ao cisalhamento e estabilidade de taludes de voçorocas em solos da região de Lavras, MG.** 2003. 101p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, Raleigh, v.30, n.3, p.507-512, 1974.
- SIDORCHUCK, A. Gully erosion modeling and landscape response in the Mbuluzi River catchment of Swaziland. *Catena*, Amsterdam, v.50, n.2/4, p.312-328, 2002.
- SILVA, A.M.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. LIMA, J.M.; AVANZI, J.C.; FERREIRA, M.M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.40, n.12, p.1223-1230, 2005.
- SILVA, M.A. **Modelagem espacial da erosão hídrica no Vale do Rio Doce, região centro-leste do estado de Minas Gerais.** 2009. 116p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.
- SILVA, R.B. **Compressibilidade e resistência ao cisalhamento de um latossolo sob diferentes intensidades de uso na região dos cerrados.** 2002. 142p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- SOUZA, C.R.; SEIXAS, F. Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n.60, p.45-51, 2001.

Recebido em 23/11/2009

Aceito para publicação em 18/06/2010

