

Revista Árvore

ISSN: 0100-6762

r.arvore@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa

Brasil

Garcia Reis, Alessandra; Machado Cardoso, Carlos; Silva, Elias; Souza, Amaury Paulo de; Pereira, Reginaldo Sérgio

Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva natural

Revista Árvore, vol. 27, núm. 4, julho-agosto, 2003, pp. 535-542

Universidade Federal de Viçosa

Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48827414>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

VOLUME DE ENXURRADA E PERDA DE SOLO EM ESTRADAS FLORESTAIS EM CONDIÇÕES DE CHUVA NATURAL¹

Alessandra Reis Garcia², Carlos Cardoso Machado³, Elias Silva³, Amaury Paulo de Souza³ e
Reginaldo Sérgio Pereira⁴

RESUMO - Foram determinados o volume total de água escoada e a perda de solo através da produção de sedimentos provenientes de segmentos de estradas florestais em condições de chuva natural, com diferentes valores de precipitações. As inclinações dos segmentos de 1 e 7% foram analisadas, enquanto os comprimentos variaram de 20 e 40 m, com 4 m de largura. Os segmentos de estrada foram delimitados com tábuas de 0,30 m de largura, envolvidas em lona plástica, para sua impermeabilização. Os dados de volume e intensidade de precipitação diária foram obtidos com a instalação de pluviômetro e pluviógrafo no local. O período de coleta de dados foi de um ano, concentrando-se na época das chuvas. O volume de enxurrada foi mais afetado pelo comprimento do segmento, ao passo que a massa de solo sofreu maior influência da declividade. A massa de solo erosinado cresceu exponencialmente em função do incremento do volume de enxurrada.

Palavras-chave: Estrada florestal, volume de enxurrada, perda de solo e chuva natural.

RUNOFF VOLUME AND SOIL LOSS FROM FOREST ROADS UNDER NORMAL RAINFALL CONDITIONS

ABSTRACT - *The total runoff volume and soil loss caused by the production of sediments derived from forest road segments under normal rainfall conditions were determined. Segment slopes from 1 and 7% were analyzed, with segment lengths ranging from 20 and 40 m and width of 4 m. The road segments were marked with 0.30 m wide boards, protected with a plastic, waterproof film. Rainfall volume and intensity data were daily obtained by means of pluviometers and pluviographs. Data collection period was one year, concentrated in the rainy season. Runoff volume was most affected by segment length while soil loss was most affected by steepness. Soil sediment mass increased exponentially in function of the increased runoff volume.*

Key words: Forest road, runoff volume, soil loss and normal rainfall.

1. INTRODUÇÃO

No setor florestal, a rede viária é fundamental para a atividade florestal, sobretudo para o transporte de matéria-prima. No entanto, as estradas florestais têm sido uma das principais causas da erosão e do assoreamento dos cursos d'água nas florestas plantadas. Para Tuchy (1982), o controle da densidade da rede viária e o

tamanho da faixa terraplenada da estrada florestal são fundamentais para reduzir esses impactos ambientais. Bertolini et al. (1993) afirmaram que as águas pluviais constituem a principal causa de erosão nas estradas, revestindo-se de grande importância a captação e o disciplinamento dessas águas, de forma a eliminar seu efeito destruidor, acumulando-as em locais determinados e forçando sua penetração na terra, o que favorece o

¹ Recebido para publicação em 26.11.2001.

Aceito para publicação em 9.9.2003.

Pesquisa financiada pelo CNPq/Duratex.

² Enga. Florestal., D.S., IBAMA, Brasília-DF; ³ Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV, 36570-000 Viçosa-MG; ⁴ Doutorando do Departamento de Engenharia Florestal – UFV.

abastecimento do lençol freático e, consequentemente, alimenta fontes e nascentes naturais.

Tuchy (1982) constatou que o índice de erosão antes da abertura de uma estrada florestal era de 30 kg/ha/ano, porém, durante a abertura, ele aumentou para 3.000 kg/ha/ano. Depois do término da implantação da estrada, o índice de erosão baixou, após algum tempo, para 120 kg/ha/ano. O autor relatou ainda que o tempo teórico da erosão de um solo de floresta de 18 cm de profundidade é de 575.000 anos, mas o mesmo solo, sem a floresta, seria erodido em 18 anos.

A construção de estradas promove a retirada da cobertura vegetal, a movimentação do solo e a compactação de seu leito, tornando tais vias muito vulneráveis à erosão causada pela chuva. Essa erosão será maior com o aumento da declividade e do comprimento de rampa, fatores que aceleram a velocidade da enxurrada (Dadalto et al., 1990). Nas estradas com taludes de corte limpos (sem vegetação) e sarjetas vegetadas, submetidas a três meses de inverno com alta intensidade de chuvas, constatou-se que a produção de sedimentos foi diretamente proporcional ao comprimento do segmento multiplicado pela inclinação elevada ao quadrado. Estradas com inclinação e comprimento moderados, construídas nos solos de granulometria fina, produziram nove vezes mais sedimentos que aquelas construídas nos solos de granulometria grossa (Luce & Black, sd).

Megahan (1974) mediou a produção e a liberação de sedimentos de estradas florestais submetidas às condições de chuvas naturais, usando um sifão de sedimentos depositado nos córregos situados abaixo das estradas, e observou que, com o decorrer do tempo, o sedimento desses sifões decrescia ao longo de uma curva exponencial. Elliot et al. (1997) mencionaram uma relação estatística entre a produção total de sedimentos e o produto do quadrado da inclinação da estrada pelo comprimento do segmento, fatores que têm se mostrado e correlacionado bem nos estudos de erosão.

O procedimento mais comum para prevenir danos provocados pela erosão na estrada florestal é controlar o escoamento superficial da água das chuvas na faixa terraplenada da estrada (Machado & Souza, 1990). Este escoamento, em um mesmo sítio florestal, chega a ser três vezes menor antes da colheita florestal que após esta, incluindo aqui as estradas florestais de implantação (Lira Filho & Souza, 1991). Para Luce (1993), a produção de sedimentos das estradas florestais está correlacionada

com: a) o tipo de solo; b) o comprimento e inclinação da rampa; e (c) a inclinação e altura dos taludes de corte e aterro.

O objetivo deste trabalho foi estimar o volume de enxurrada e a perda de solo através da produção de sedimentos provenientes de estradas florestais em condições de chuva natural, situados em Latossolo Vermelho-Escuro, analisando os efeitos de duas inclinações (1 e 7%) e dois comprimentos de rampa (20 e 40 m).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e Componentes

O experimento foi realizado em área de reflorestamento da Empresa Duratex, na fazenda Monte Alegre, em Agudos, São Paulo, no período de julho de 2000 a março de 2001. A área de estudo apresenta relevo predominantemente plano e solo caracterizado como Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa. De acordo com a classificação de Köppen, o clima característico da região é do tipo CWA, mesotérmico de inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 21,9 °C e precipitação média anual de 1.476 mm.

No experimento foram avaliados o volume total de água escoada e a produção de sedimentos provenientes das estradas florestais submetidas às condições de chuva natural. Os levantamentos foram realizados em solo granular (menos de 35% do solo passam na peneira de abertura nominal 0,074 mm), constituído, na maior parte, por areia fina (40%) e média (43%), com teor de argila e silte da ordem de 12 e 5%, respectivamente. O peso específico do solo, nos segmentos de estrada, foi de 19,24 kN/m³, sendo o teor de umidade ótimo de 10,36%. A taxa de infiltração encontrada foi de 10% do total de precipitação. As inclinações dos segmentos de 1 e 7% foram analisadas, enquanto os comprimentos variaram de 20 e 40 m, com uma largura de 4 m.

Os segmentos de estrada foram delimitados com tábuas de 0,30 m de largura, envolvidas em lona plástica, conforme mostra a Figura 1a. Com este procedimento procurou-se evitar a contribuição da água escoada e de sedimentos de áreas vizinhas, não permitindo, também, que o material erodido do segmento extravasse seu limite. Para determinação da quantidade de material erodido, foram instalados tambores coletores localizados na parte inferior das estradas, onde foram inseridas tubulações de PVC de 2 polegadas, para coleta dos

sedimentos provenientes da estrada propriamente dita (Figura 1b). Nos tambores coletores foram feitos orifícios nivelados e perfeitamente iguais, posicionados a 0,60 m do fundo do primeiro tambor e a 0,65 m do fundo do segundo tambor, que funcionaram como um divisor Geib (Figura 1c).

Nas parcelas de 20 e 40 m de comprimento foram feitos cinco e sete orifícios, respectivamente, no primeiro e segundo tambores. O terceiro tambor foi utilizado para coletar o excedente da enxurrada, proveniente do segundo tambor. Ressalta-se que os tambores foram ligados em série através de cano PVC de 2 polegadas, tendo sido colocado na lateral inferior dos tambores um dreno para facilitar o seu esvaziamento e a sua posterior limpeza.

No segmento de estrada de 80 m², o primeiro tambor recebeu o volume total de enxurrada proveniente da parcela. Deste total, uma alíquota de um quinto foi coletada no segundo tambor, e o restante (4/5) retornou ao ambiente. Da mesma forma, um quinto do volume excedente do segundo tambor foi coletado no terceiro tambor e o restante (4/5) retornou ao ambiente. Já no segmento de estrada de 160 m², em que os dois primeiros tambores tinham sete orifícios cada um, o primeiro tambor recebeu o volume total de enxurrada proveniente da parcela. Deste total, uma alíquota de um sétimo foi coletada no segundo tambor e o restante (6/7) retornou ao ambiente. Da mesma forma, um sétimo do volume excedente do segundo tambor foi coletado no terceiro tambor e o restante (6/7) retornou ao ambiente. Para cada inclinação e comprimento do segmento de estrada florestal foi coletada uma amostra proveniente de um evento de chuva natural.

2.2. Coleta dos Dados

A coleta dos dados foi feita no dia seguinte a cada evento de chuva. Inicialmente, o tambor foi destampado e a altura do nível da água anotada. O material depositado nos tambores coletores foi homogeneizado, para retirada de uma amostra representativa de 100 ml, partindo-se sempre do terceiro tambor para o primeiro, com o intuito de evitar que o material depositado fosse desviado. As amostras foram depositadas em garrafas plásticas, hermeticamente fechadas, contendo a identificação exata do tambor de origem e a data de coleta. A Figura 2 mostra o esquema de coleta dos dados. Ressalta-se que, após a coleta, os tambores foram esvaziados e limpos com espuma absorvente, para retirada do resíduo depositado no seu fundo, e novamente tampados, para futuras coletas.

Após cada dia de coleta, as garrafas plásticas foram encaminhadas para o laboratório de análise de solos, onde o material foi também homogeneizado e retirados 50 ml para secagem em estufa, a uma temperatura de 110 °C, no período de 24 horas. Após transcorrido esse período, as amostras permaneceram por 1 hora em temperatura ambiente, para determinação da massa do resíduo, em balança de precisão.

2.3. Interpretação dos Resultados

O volume total escoado do talhão experimental, em um evento de chuva, foi obtido através do seguinte procedimento: a) multiplicou-se o volume recolhido no terceiro tambor pelo número de orifícios do segundo tambor; b) acresceu-se o resultado anterior ao volume depositado no segundo tambor, multiplicado pelo número de orifícios do primeiro tambor; e c) posteriormente, acresceram-se os resultados anteriores ao volume depositado no primeiro tambor. A massa total de sedimento do talhão experimental, em um evento de chuva, foi obtida da seguinte forma: a) a massa do sedimento encontrado na amostra de 50 ml do terceiro tambor foi relacionada com o volume total deste tambor (volume do terceiro tambor multiplicado pelo número de orifícios do segundo tambor); b) ao resultado anterior acresceu-se a massa do sedimento encontrado na amostra de 50 ml do segundo tambor, relacionado com o volume total desse tambor (volume do segundo tambor multiplicado pelo número de orifícios do primeiro tambor); e c) acresceu-se aos resultados anteriores a massa do sedimento encontrado na amostra de 50 ml do primeiro tambor, relacionado com o volume total desse tambor.

2.4. Delineamento Estatístico

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizado, em parcela subdividida, com quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais. As parcelas foram constituídas por dois comprimentos (20 e 40 m) e duas declividades (1 e 7 %) e as subparcelas, por 14 precipitações (7, 8, 9, 10, 14, 19, 20, 22, 28, 43, 48, 64, 65 e 79 mm). Os dados de volume de enxurrada e massa de solo foram submetidos à análise de variância e ao teste F, a 1% de probabilidade. Os comprimentos e as declividades foram comparados pelo teste F ($P < 0,01$). O efeito da precipitação foi estudado por meio de análise de regressão e a escolha do melhor modelo foi feita com base no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, pelo teste t ($P < 0,01$). Para

cada comprimento e cada declividade, foi estudada a relação entre a massa do solo e o volume de enxurrada, por meio de análise de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Médias do Volume de Enxurrada e Massa de Solo

Os valores de volume de enxurrada nas diversas precipitações, com os respectivos comprimentos de segmento e declividades, estão listados no Quadro 1, no

qual pode-se observar que, da precipitação de 7 até a 19 mm, não houve diferença significativa no volume de enxurrada quando houve variação do comprimento do segmento e da declividade. Tal constatação se deve ao fato de a quantidade de uma chuva, ou seja, o seu volume total, exercer influência direta sobre a erosão, pois todos os solos apresentam um limite de capacidade de absorção; ao ultrapassar esse limite, as águas passarão a escorrer sobre o terreno. Nas menores precipitações, a taxa de infiltração é mais significativa que a taxa de escoamento.

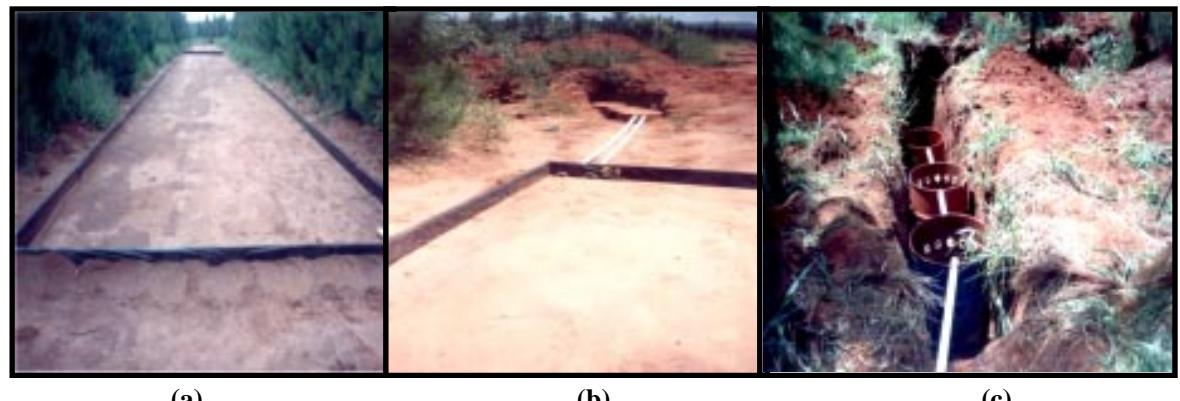


Figura 1 – (a) Delimitação do segmento de estrada, (b) instalação dos tambores coletores e (c) disposição dos tambores coletores.

Figure 1 – (a) Forest road delimitation; (b) drums collectors installation; (c) disposition of the drums collectors.

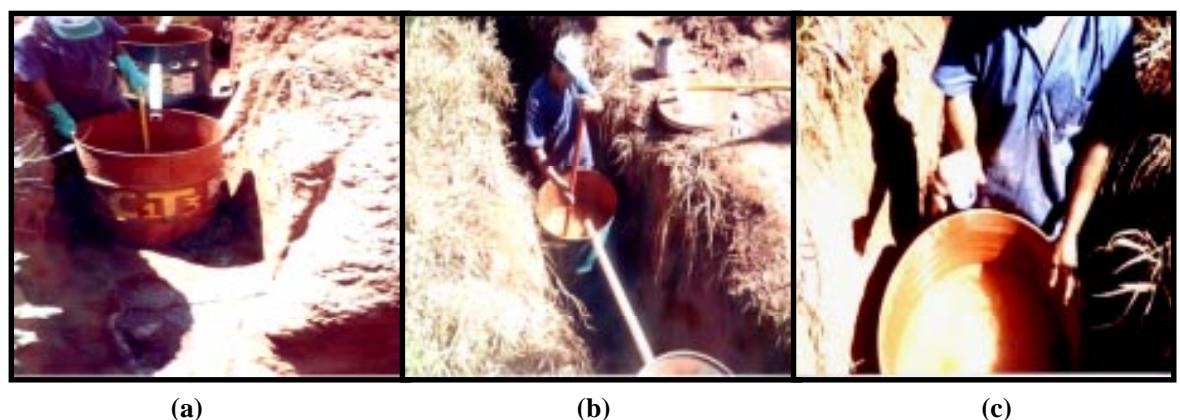


Figura 2 – (a) Medição da altura do nível de água, (b) homogeneização do material depositado nos tambores coletores e (c) retirada da amostra de 100 ml do material homogeneizado.

Figure 2 – (a) Measurement of the water level height; (b) drums collectors sediment uniformization; (c) retreat of the sediment sample.

A variação na declividade influenciou significativamente o volume de enxurrada no comprimento do segmento de 20 m para as precipitações de 22 e 28 mm e no comprimento do segmento de 40 m para a precipitação de 65 mm. A variação no comprimento não influenciou significativamente o volume de enxurrada na declividade de 7% para a precipitação de 28 mm e na declividade de 1% para a precipitação de 79 mm.

As observações anteriores podem ser explicadas pela distribuição irregular e pela variação na intensidade das precipitações. Nas precipitações de menor intensidade,

pode-se observar que o escoamento superficial é menor quando comparado com as precipitações de maior intensidade, visto que a infiltração da água no perfil do terreno é mais significativa naquela situação. Neste caso, a variação no comprimento do segmento não interfere significativamente no volume de enxurrada.

No Quadro 2, estão os valores de massa do solo nas diversas precipitações, com os respectivos comprimentos do segmento e declividades. A velocidade de enxurrada influencia significativamente a quantidade de sedimento transportado, ou seja, quanto maiores a declividade e o

Quadro 1 – Volume médio de enxurrada, em litros, nos segmentos de estrada com 20 e 40 m de comprimento e declividade de 1 e 7%, nas 14 precipitações observadas

Table 1 – Flash flood volume average on different forest road length and slope

Precipitação (mm)	Comprimento (m)	Declividade (%)		Média (litros)
		1	7	
7	20	34,32 Aa	123,00 Aa	78,66
	40	67,49 Aa	129,95 Aa	98,72
8	20	103,99 Aa	153,94 Aa	128,96
	40	253,84 Aa	218,50 Aa	236,17
9	20	28,26 Aa	112,34 Aa	70,30
	40	69,92 Aa	112,29 Aa	91,10
10	20	161,02 Aa	120,89 Aa	140,95
	40	160,06 Aa	153,87 Aa	156,97
14	20	310,68 Aa	265,70 Aa	288,19
	40	582,06 Aa	432,46 Aa	507,26
19	20	162,42 Aa	321,78 Aa	242,10
	40	445,09 Aa	435,40 Aa	440,24
20	20	638,90 Ab	793,92 Ab	716,41
	40	1106,76 Aa	1258,59 Aa	1182,68
22	20	419,38 Bb	827,09 Ab	623,23
	40	1054,07 Aa	1205,90 Aa	1129,98
28	20	294,98 Bb	721,51 Aa	508,25
	40	716,03 Aa	847,76 Aa	781,89
43	20	950,72 Ab	944,47 Ab	947,60
	40	1594,19 Aa	1460,88 Aa	1527,54
48	20	1192,95 Ab	1110,34 Ab	1151,64
	40	1522,06 Aa	1639,95 Aa	1581,01
64	20	1184,02 Ab	1225,16 Ab	1204,59
	40	1641,29 Aa	1791,33 Aa	1716,31
65	20	1291,83 Ab	1372,85 Ab	1332,34
	40	1672,10 Ba	1971,64 Aa	1821,87
79	20	1279,39 Aa	1021,34 Ab	1150,37
	40	1568,06 Aa	1809,20 Aa	1688,63

Em cada precipitação e cada comprimento (linha), A difere de B pelo teste F ($P<0,05$).

Em cada precipitação e cada declividade (coluna), a difere de b pelo teste F ($P<0,05$).

Quadro 2 – Massa média do solo, em kg, nos segmentos de estrada com 20 e 40 m de comprimento e declividade de 1 e 7%, nas 14 precipitações observadas

Table 2 – Soil mass average on different forest road length and slope

Precipitação (mm)	Comprimento (m)	Declividade (%)		Média (kg)
		1	7	
7	20	0,015 Aa	0,150 Aa	0,083
	40	0,032 Aa	0,188 Aa	0,110
8	20	0,064 Aa	0,240 Aa	0,152
	40	0,166 Aa	0,342 Aa	0,254
9	20	0,040 Aa	0,317 Aa	0,178
	40	0,097 Aa	0,275 Aa	0,186
10	20	0,111 Aa	0,096 Aa	0,104
	40	0,129 Aa	0,151 Aa	0,140
14	20	0,198 Aa	0,685 Ab	0,442
	40	0,352 Ba	1,567 Aa	0,960
19	20	0,143 Aa	0,936 Aa	0,539
	40	0,529 Aa	1,082 Aa	0,805
20	20	0,335 Aa	1,144 Ab	0,740
	40	0,814 Ba	2,091 Aa	1,453
22	20	0,404 Ba	1,409 Aa	0,907
	40	1,037 Ba	2,908 Ab	1,973
28	20	0,201 Aa	0,994 Aa	0,598
	40	0,456 Ba	1,690 Aa	1,073
43	20	0,988 Aa	1,015 Ab	1,001
	40	1,513 Ba	2,970 Aa	2,241
48	20	0,656 Ba	2,055 Ab	1,355
	40	1,286 Ba	3,733 Aa	2,509
64	20	0,792 Ba	2,268 Ab	1,530
	40	1,236 Ba	4,642 Aa	2,939
65	20	1,572 Bb	3,669 Ab	2,621
	40	2,510 Ba	7,483 Aa	4,996
79	20	1,096 Aa	1,650 Aa	1,373
	40	1,362 Ba	2,412 Aa	1,887

Em cada precipitação e cada comprimento (linha), A difere de B pelo teste F ($P<0,05$).

Em cada precipitação e cada declividade (coluna), a difere de b pelo teste F ($P<0,05$).

comprimento do segmento, maior será a velocidade da enxurrada e, consequentemente, a quantidade de material transportado (Dadalto et al., 1990). À medida que a precipitação aumenta, ocorre incremento no volume de enxurrada e, por conseguinte, na perda de solo. No Quadro 2 pode-se observar esse comportamento, exceto nas precipitações de 7 até 19 mm, em que a taxa de infiltração é mais significativa que a taxa de escoamento superficial, fazendo com que as variações de declividade e comprimento do segmento não apresentem diferença significativa nos valores de massa do solo.

3.2. Estimativas do Volume de Enxurrada e Massa de Solo em Função da Precipitação

Através dos coeficientes da equação de regressão foi determinada a precipitação de 91,80 mm, que gerou

o volume máximo de enxurrada no segmento de estrada com 20 m de comprimento e declividade de 1%. No segmento com 20 m de comprimento e 7% de declividade, o volume máximo de enxurrada foi observado na precipitação de 61,13 mm.

Por meio da equação de regressão, foi determinada, também, a precipitação de 62,87 mm, que gerou o volume máximo de enxurrada no segmento de estrada com 40 m de comprimento e declividade de 1%. No segmento de estrada com 40 m de comprimento e 7% de declividade, o volume máximo de enxurrada foi observado na precipitação de 68,46 mm.

A Figura 3 ilustra as estimativas do volume de enxurrada em função da precipitação para os segmentos de estrada com 20 m de comprimento e declividades de

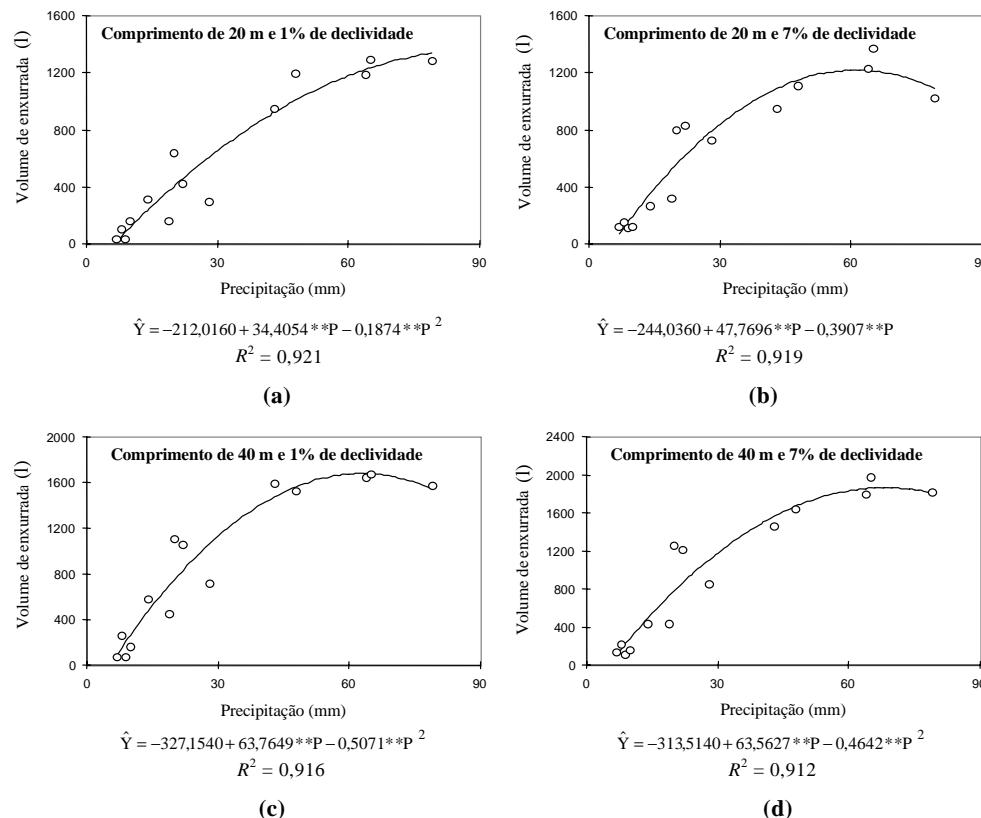


Figura 3 – Estimativas do volume de enxurrada em função da precipitação nos segmentos de estrada: (a) com 20 m de comprimento e 1% de declividade; (b) com 20 m de comprimento e 7% de declividade; e (c) com 40 m de comprimento e 1% de declividade; e (d) com 40 m de comprimento e 7% de declividade.

Figure 3 – Estimate of the flash flood volume as function of the rain on the forest road segments: (a) with 20 m length and 1% of slope; (b) with 20 m length and 7% of slope; (c) with 40 m length and 1% of slope; (d) with 40 m length and 7% of slope.

1% (3a) e 7% (3b), bem como para os segmentos de estrada com 40 m de comprimento e declividades de 1% (3c) e 7% (3d). Nessa figura, constata-se que para todos os tratamentos ocorre aumento quadrático no volume de enxurrada à medida que o volume de precipitação aumenta.

A precipitação de 79,00 mm gerou a massa máxima de solo erosionado no segmento de estrada com 20 m de comprimento e declividade de 1%. A massa máxima de solo erosionado foi encontrada no volume de 69,69 mm de precipitação, para o segmento de estrada com 20 m de comprimento e declividade de 7%. A precipitação de 67,21 mm gerou a massa máxima de solo erosionado no segmento de estrada com 40 m de comprimento e declividade de 1%.

A massa máxima de solo erosionado foi encontrada no volume de 61,01 mm de precipitação, para o segmento de estrada com 40 m de comprimento e declividade de 7%.

A Figura 4 ilustra as estimativas da massa de solo erosionado em função da precipitação para os segmentos de estrada com 20 m de comprimento e declividades de 1% (4a) e 7% (4b), bem como para os segmentos de estrada com 40 m de comprimento e declividades de 1% (4c) e 7% (4d). Na Figura 4a, observa-se que com o aumento da precipitação ocorreu o aumento linear da massa de solo erosionado. Já nos demais tratamentos (4b, 4c e 4d), a massa do solo aumentou em função do aumento da precipitação, seguindo uma tendência quadrática.

3.3. Estimativas da Massa de Solo em Função do Volume de Enxurrada

À medida que o volume de enxurrada aumentou, ocorreu aumento de sua velocidade, favorecendo o transporte de sedimentos; como consequência, a massa do solo

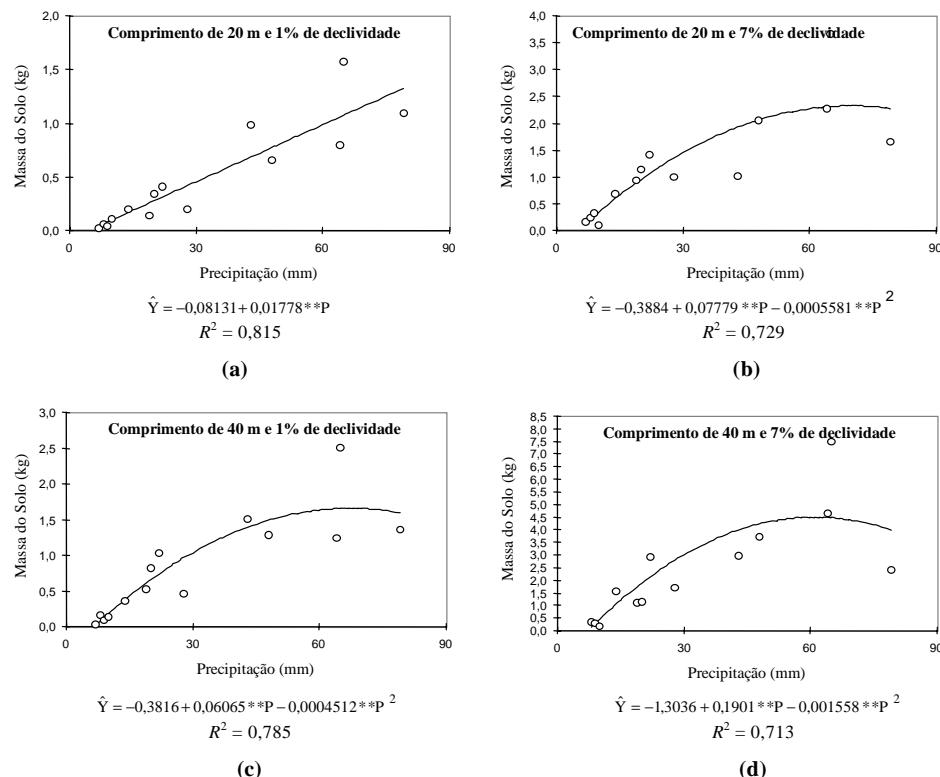


Figura 4 – Estimativas da massa de solo erosionado em função da precipitação nos segmentos de estrada: (a) com 20 m de comprimento e 1% de declividade; (b) com 20 m de comprimento e 7% de declividade; (c) com 40 m de comprimento e 1% de declividade; e (d) com 40 m de comprimento e 7% de declividade.

Figure 4 – Estimate of the soil mass loss by erosion as function of the rain on the forest road segments: (a) with 20 m length and 1% of slope; (b) with 20 m length and 7% of slope; (c) with 40 m length and 1% of slope; (d) with 40 m length and 7% of slope.

erosionado cresceu exponencialmente em função do incremento no volume de enxurrada. Esse comportamento foi comum aos quatro tratamentos, conforme demonstrado na Figura 5, onde se pode observar que variações na declividade exerceram maior influência na massa do solo que variações no comprimento do segmento.

No entanto, variações no comprimento do segmento exerceram maior influência no volume de enxurrada que variações na declividade.

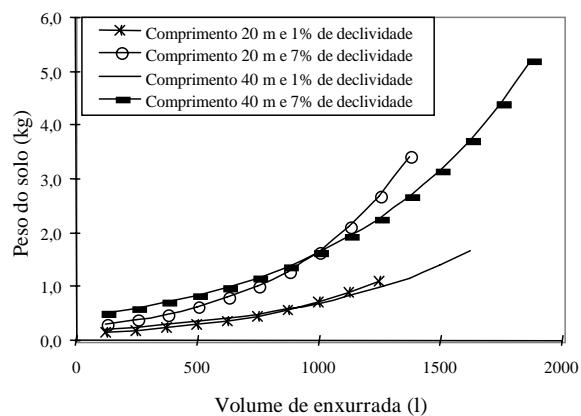


Figura 5 – Estimativa da massa de solo nos segmentos de estrada com 20 e 40 m de comprimento e 1 e 7% de declividade, em função do volume de enxurrada.

Figure 5 – Estimate of the soil mass loss by erosion in forest road segments of the 20 and 40 m length, and 1 and 7% slope as function of the flash flood volume.

4. CONCLUSÕES

Diante do exposto no presente trabalho, pôde-se concluir que:

- Nos valores observados de volume de enxurrada, o efeito do comprimento do segmento de estrada foi significativo, ao passo que o efeito da declividade não apresentou diferença significativa.
- Nos valores observados de massa do solo, o efeito de declividade do segmento foi mais significativo que o efeito de comprimento.
- Em virtude da elevada variabilidade dos dados de volume de enxurrada e massa do solo, o aumento do número de observações, ou seja, da quantidade de eventos de chuva, através de coletas sucessivas feitas ao longo dos anos, torna-se essencial; variações na

cobertura da sarjeta, incluindo pedras e vegetação, tornam-se também essenciais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTOLINI, D. et al. **Controle de erosão em estradas rurais**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, 1993. 37p. (Boletim Técnico, 207).
- DADALTO, G. G.; CARMO FILHO, O. G.; CASTRO, L. L. F. **Captação de águas pluviais das estradas vicinais**. Vitoria – ES: EMCAPA, 1990. 22 p. (EMCAPA – Documentos, 63).
- ELLIOT, W. J.; FOLTZ, R. B.; LUCE, C. H. Predicting the impacts of forest roads on the environment. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3., 1997, Vitoria. **Anais...** Vitoria: 1997. p. 99-119.
- LIRA FILHO, J. A.; SOUZA, A. P. Avaliação do impacto da exploração florestal no meio ambiente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1., 1991, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SIF, 1991. p. 94-112.
- LUCE, C. H. **Proposal for a study on sediment production from forest roads under natural rainfall conditions**. Moscow: USDA. Forest Service Intermountain Research Station, 1993. 7 p.
- LUCE, C. H.; BLACK, T. A. **Sediment production from forest roads in Western Oregon**. Moscow, USA. (19—) p. 1-15.
- MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. **Impacto ambiental das estradas florestais: causas e controle**. Viçosa, SIF, 1990. p. 1-12 (Boletim Técnico, 1).
- MEGAHAN, W. F. **Erosion over time: A model**. (USDA. Forest Service Research Pap. INT-156). Ogden: Intermountain Research Station, 1974. 68 p.
- MEGAHAN, W. F. **Reducing erosional impacts of roads**. Rome: FAO, 1977. 57 p.
- MEGAHAN, W. F.; KIDD, W. F. **Effect of logging roads on sediment production rates in the Idaho Batholith**. (USDA. Forest Service Research. Pap. INT – 123). Ogden: Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1972. 76 p.
- TUCHY, E. Forestry ecology in mountains areas. In: **LOGGING IN MOUNTAINS FORESTS**. Rome, FAO, 1982. p. 9-14.