

SEÇÃO I - FÍSICA DO SOLO

PERDAS DE SOLO E ÁGUA POR EROSÃO HÍDRICA EM SISTEMAS FLORESTAIS NA REGIÃO DE ARACRUZ (ES)⁽¹⁾

S. G. MARTINS⁽²⁾, M. L. N. SILVA⁽³⁾, N. CURI⁽³⁾, M. M. FERREIRA⁽³⁾,
S. FONSECA⁽⁴⁾ & J. J. G. S. M. MARQUES⁽⁵⁾

RESUMO

Avaliaram-se as perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais, relacionando-as com os limites admissíveis de perdas para as principais classes de solo nos Tabuleiros Costeiros da região de Aracruz (ES), com vistas em obter indicativos da adequação do manejo deste sistema de produção. O experimento foi instalado em parcelas em Argissolo Amarelo textura média/argilosa (PA1), Plintossolo Háptico (FX) e Argissolo Amarelo moderadamente rochoso (PA8), com declividade variando de 1,8 a 8,2 %; 1,3 a 12,4 % e 28,8 a 35,5 %, respectivamente, contemplando três situações: eucalipto, mata nativa e solo descoberto. As perdas de solo por erosão hídrica para o sistema com eucalipto apresentaram a seguinte ordem: PA8 > PA1 > FX. As perdas de água por enxurrada para o sistema com eucalipto apresentaram a seguinte ordem: PA8 > FX > PA1, com uma variação de 9,09 a 70,48 mm, correspondendo a 0,79 e 6,1 % da precipitação total anual, respectivamente. As perdas de solo para o povoamento de eucalipto foram bem abaixo dos limites de tolerância para os solos referentes a cada classe, indicando a adequação do manejo deste sistema de produção em relação à erosão hídrica. O fato de as perdas de solo para o eucalipto ficarem relativamente próximas daquelas da mata nativa indica a sustentabilidade daquele ambiente no contexto de erosão.

Termos de indexação: Argissolo, Plintossolo, erosão em eucalipto, erosão em mata, erosão em solo descoberto.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada no Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – DCS/UFLA. Trabalho apresentado no XXVIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Londrina (PR), 1 a 6 de julho de 2001. Recebido para publicação em julho de 2001 e aprovado em março de 2003.

⁽²⁾ Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – DCS/UFLA. Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras (MG). Bolsista do CNPq. E-mail: sgmartins@ufla.br

⁽³⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. Bolsista do CNPq. E-mails: marx@ufla.br; niltcuri@ufla.br; mozartmf@ufla.br

⁽⁴⁾ Pesquisador da Aracruz Celulose S.A. Rodovia Aracruz - Barra do Riacho, Km 25, Caixa Postal 331011, CEP 29197-000 Aracruz (ES). E-mail: sf@aracruz.com.br

⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Ciência do Solo, UFLA. E-mail: jmarques@ufla.br

SUMMARY: *SOIL AND WATER LOSSES BY EROSION IN FOREST ECOSYSTEMS IN THE REGION OF ARACRUZ, STATE OF ESPÍRITO SANTO, BRAZIL*

Soil and water losses by erosion were measured in forest ecosystems and were related to the calculated maximum tolerable soil losses. Main soil classes in the Coastal Plains of the region of Aracruz (ES) were studied, with the aim of obtaining indicators of management adequacy for this production system. The experimental plots were set on loamy/clayey Yellow Argisol (PA1), Haplic Plinthosol (FX), and moderately rocky Yellow Argisol (PA8). The slopes ranged from 2-8 %, 1-12 %, and 29-36 %, for each soil class. Three soil covers were studied of each soil class: eucalyptus trees, native forest, and bare soil. Soil and water losses under eucalyptus followed the order: PA8 > PA1 > FX. Water losses ranged from 9-70 mm, equivalent to 1-6 % of the total annual rainfall. Soil losses in the eucalyptus plots lay well below the calculated maximum tolerable soil losses in all soil classes, which indicates adequacy of management in this production system regarding water erosion. The fact that soil losses in eucalyptus were relatively close to those in native forest indicates the sustainability of the former environment regarding erosion.

Index terms: Ultisol, Plinthosol, erosion, eucalyptus, native forest, bare soil.

INTRODUÇÃO

A constante redução da produtividade dos solos tem sido atribuída principalmente à erosão hídrica e ao manejo inadequado do solo. Outro aspecto de grande relevância é que o aporte de sedimentos oriundos de áreas que sofrem erosão promove o assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e alterando a vida aquática, principalmente pela eutrofização das águas. Segundo Ramakrishna & Davidson (1998) e Powers et al. (1998), a erosão hídrica é um dos critérios a ser considerado quando se avalia a sustentabilidade de ambientes do solo sob floresta. A quebra dos agregados do solo causada pelo impacto direto das gotas de chuva e o escoamento superficial do excesso de água sobre o solo são os agentes ativos, e o solo, o agente passivo no processo de erosão hídrica. A resistência dos solos à erosão hídrica apresenta grande amplitude resultante da variabilidade climática, que influi na capacidade das chuvas em causar erosão, na variação de classes de solos com atributos diferenciados e manejo.

Em sistemas agrícolas, autores têm obtido valores de perdas de solo e água em vários sistemas de manejo, culturas e classes de solo. Pode-se citar a revisão de Silva et al. (1992), que encontraram perdas de solo variando de 0,1 a 31,8 t ha⁻¹ ano⁻¹, tendo o plantio direto apresentado as menores perdas de solo, corroborando estudos de Nunes Filho et al. (1990), que trabalharam com perdas em Podzólico Vermelho-Amarelo textura franco-arenosa, e de Hernani et al. (1997; 1999).

Outros autores desenvolveram estudos para culturas específicas, como Margolis et al. (1991), que

quantificaram perdas de solo e água em diferentes sistemas de cultivo da mandioca em Podzólico Vermelho-Amarelo textura franco-argilo-arenosa a argilo-arenosa, tendo os valores de perdas de solo variado de 1,44 a 15,26 t ha⁻¹ ano⁻¹ e perdas de água de 9,44 a 51,66 mm. Rufino et al. (1985), analisando a cultura do café, verificaram perdas de solo que variaram de 30,03 a 133,20 t ha⁻¹ ano⁻¹. Dechen et al. (1981) avaliaram o efeito de gramíneas e leguminosas no controle de erosão: as perdas de solo variaram de 0,1 a 35,0 t ha⁻¹ ano⁻¹, e as perdas de água de 0,6 a 8,8 %, sendo as menores perdas de solo e água para as gramíneas e as maiores para as leguminosas, mostrando uma maior eficiência das gramíneas na proteção do solo contra erosão. Bono et al. (1996) desenvolveram estudos, objetivando avaliar perdas de solo por erosão em pastagem nativa e melhorada, em Latossolo Vermelho-Escuro e Cambissolo: no Latossolo, as perdas foram de 18,0 t ha⁻¹ ano⁻¹, na pastagem nativa, e de 6,8 t ha⁻¹ ano⁻¹, na pastagem melhorada, enquanto, no Cambissolo, as perdas foram de 39,7 t ha⁻¹ ano⁻¹, na pastagem nativa, e de 24,4 t ha⁻¹ ano⁻¹, na pastagem melhorada.

No Brasil, poucos são os estudos relacionados com perdas de solo e água em sistemas florestais, criando uma lacuna nesta área do conhecimento. Em sistemas florestais nativos, Albuquerque et al. (2001) quantificaram perdas de solo e água em Luvisolo Hipocrômico órtico vértico, com textura argilosa, após desmatamento da caatinga, e as compararam com a caatinga nativa. As perdas de solo e água na parcela desmatada foram de 61,7 t ha⁻¹ e 224,2 mm, respectivamente. De acordo com os autores, a parcela com caatinga nativa, quando comparada com a parcela descoberta, reduziu a perda de solo em cerca de 98 % e a perda de água em torno de 73 %.

Os sistemas florestais homogêneos de eucalipto têm sido expandidos ocupando grandes áreas. Nestes sistemas, Lima (1996) determinou perdas de solo e água durante quatro anos em Areia Quartzosa cultivada com *Eucalyptus grandis*. Segundo o autor, as perdas para o primeiro ano foram de 1,0 a 6,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ e, para o quarto ano, de 0,01 a 0,14 t ha⁻¹ ano⁻¹, observando-se uma diminuição acentuada de perdas de solo com o tempo de cultivo. Em Podzólico Vermelho-Amarelo, textura média/argilosa, Vital et al. (1999) avaliaram os efeitos do corte raso de plantação de eucalipto sobre a qualidade da água e perdas de solo em uma microbacia no Vale do Paraíba, estado de São Paulo. Os autores concluíram que a qualidade da água do riacho manteve-se dentro de padrões normais para microbacias com boa proteção de cobertura vegetal; a colheita florestal, em corte raso, alterou a qualidade da água, com pequeno aumento na condutividade e na turbidez, o que reflete maior aporte de nutrientes e de sedimentos no deflúvio da microbacia. As perdas de solo aumentaram, embora tenham sido sempre menores do que as verificadas em áreas agrícolas.

O monitoramento das perdas de solo por erosão hídrica, por comparação com os limites estabelecidos pela tolerância de perdas, é imprescindível ao manejo adequado das atividades agrícolas. A FAO (1967) admite perdas da ordem de 12,5 t ha⁻¹ ano⁻¹, para solos profundos, permeáveis e bem drenados; 2 a 4 t ha⁻¹ ano⁻¹, para solos rasos ou impermeáveis e, para outros solos, admite perdas intermediárias àqueles limites. A avaliação das perdas de solo e água assume importância fundamental na escolha e adoção de práticas que visem minimizar a degradação do solo.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar as perdas de solo e água por erosão hídrica em floresta de produção de eucalipto, relacionando-as com as observadas em mata natural e solo descoberto, e compará-las com os limites admissíveis para as principais classes de solo nos Tabuleiros Costeiros da região de Aracruz (ES).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma microbacia hidrográfica de 286,12 ha, situada em área experimental da Aracruz Celulose S.A., no município de Aracruz (ES). Foram utilizados dados de perdas de solo e de água ocorridos no período de janeiro de 1997 a agosto de 2000. O clima da região é Aw, segundo a classificação de Köppen (Ometto, 1981), com temperatura e precipitação média anual de 23 °C e 1.400 mm ano⁻¹, respectivamente. A região onde se insere a unidade de pesquisa está situada entre as coordenadas 19 °35' e 20 °15' de latitude sul e 40 °00' e 40 °20' de longitude oeste. No período de estudo, a precipitação variou de 580 a 1.131 mm,

tendo sido os dados obtidos em estações climatológicas automatizadas. O experimento foi instalado nas principais classes de solos existentes na região, originados de sedimentos da Formação Barreiras, a saber: Argissolo Amarelo textura média/argilosa (PA1), Plintossolo Háptico (FX) e Argissolo Amarelo moderadamente rochoso (PA8). Os tratamentos foram: solo descoberto, solo sob cultivo de eucalipto e solo sob floresta nativa. O preparo do solo adotado para instalação da cultura do eucalipto foi o cultivo mínimo, com coveamento manual de 30 x 30 x 30 cm. O controle do mato-competição foi realizado com herbicida de acordo com a infestação.

A avaliação das perdas de solo foi efetuada por meio de parcelas instaladas no campo com dimensões de 12,0 x 24,0 m, para o solo cultivado com eucalipto, e de 4,0 x 12,0 m, para o solo sob floresta nativa e solo sem cobertura. As parcelas foram contornadas com chapas galvanizadas com 0,40 m de largura, que foram enterradas 0,20 m (Figura 1).

O comprimento maior obedeceu o sentido do declive, sendo escolhidas áreas com o declive máximo característico de cada classe de solo estudada. No quadro 1, observa-se a declividade máxima dos solos PA1, FX e PA8, bem como a classificação do relevo. O PA1 e FX apresentam relevo variando de plano a ondulado, ocorrendo o PA1 no topo das elevações, o FX, em locais ligeiramente côncavos distribuídos dentro das áreas de PA1, e o PA8, de relevo forte ondulado, na encosta.

Na parte inferior das parcelas, foram colocadas calhas coletoras, com cano plástico de três polegadas, para conduzirem a enxurrada até os tanques coletores. O sistema coletor foi constituído de um tanque de sedimentação, com capacidade para 250 L munido de um sistema divisor do tipo Geib, de 15 janelas, e um tanque coletor de água e sedimentos com capacidade para 500 L. A partir do sistema divisor, por uma canaleta, a água e sedimentos foram

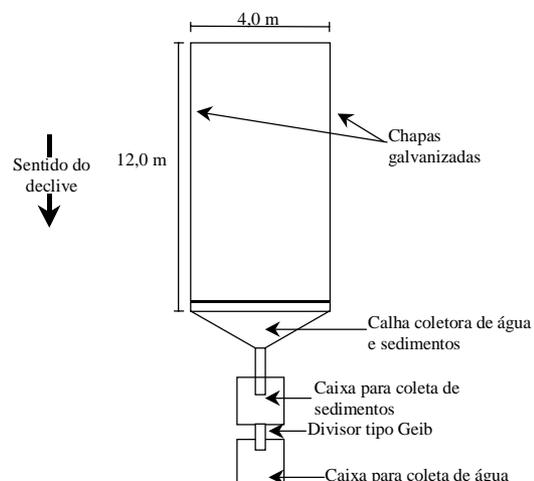


Figura 1. Desenho esquemático da parcela de coleta de sedimentos e de água.

Quadro 1. Declividade máxima e relevo para os diferentes solos e coberturas estudados

Solo	Cobertura	Declividade	Relevo ⁽¹⁾
		%	
PA1	Eucalipto	1,8	Plano
	Mata Nativa	8,2	Ondulado
	Solo Descoberto	3,6	Suave Ondulado
FX	Eucalipto	1,3	Plano
	Mata Nativa	12,4	Ondulado
	Solo Descoberto	2,6	Plano
PA8	Eucalipto	28,8	Forte Ondulado
	Mata Nativa	35,5	Forte Ondulado
	Solo Descoberto	33,2	Forte Ondulado

⁽¹⁾ Segundo Lemos & Santos (1996).

conduzidos para o tanque coletor. Assim, após o enchimento do tanque de sedimentação, 1/15 de água da enxurrada foi conduzida para o segundo tanque. Dentro do tanque de sedimentação, foi colocado um recipiente, calibrado em relação ao volume, para coleta de sedimentos. As coletas foram realizadas a cada evento de chuva considerada erosiva, segundo método de Cogo (1978a,b).

No cálculo da erosividade, foram utilizados dados pluviométricos de janeiro de 1997 a agosto de 2000, obtidos em estações climatológicas automatizadas, que, para este estudo, geraram dados de 5 em 5 min. A partir das precipitações, foram calculadas energias cinéticas totais das chuvas para cada evento. Foram consideradas chuvas individuais aquelas separadas por mais de seis horas. As chuvas menores que 10 mm, com intensidade máxima menor que 24 mm h⁻¹, em 15 min ou energia cinética menor que 3,6 MJ, foram consideradas não-erosivas (De Maria, 1994).

No cálculo da energia cinética, utilizou-se programa desenvolvido por Cataneo et al. (1983), bem como a equação proposta por Wischmeier & Smith (1958):

$$E = 0,119 + 0,0873 \text{Log } I$$

em que E é a energia cinética, em MJ ha⁻¹ mm⁻¹, e I é a intensidade da chuva, em mm h⁻¹. O índice EI₃₀ foi obtido a partir da multiplicação da energia cinética total (E) de uma chuva erosiva pela máxima intensidade ocorrida em um período de 30 min consecutivos (I₃₀), segundo Wischmeier & Smith (1958).

As amostras de solo foram coletadas nas várias profundidades, utilizando-se três repetições. A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método da pipeta, segundo Day (1965). A densidade do solo foi determinada em amostras com estrutura indeformada, coletadas com amostrador de Uhland (Blake & Hartge, 1986). A permeabilidade do solo

foi avaliada no campo por meio da taxa constante de infiltração de água a 15 cm de profundidade, com duas cargas constantes de 3 e 6 cm de coluna d'água, utilizando o permeâmetro de Guelph (Reynolds et al., 1992). O carbono orgânico foi determinado segundo EMBRAPA (1997).

Para calcular o valor de tolerância de perdas de solo, foram utilizados dados de perfis de solos representativos da região, apresentados em EMBRAPA (2000) e complementados com observações e determinações de campo. As tolerâncias de perdas de solo admissíveis foram estimadas pelo método proposto por Smith & Stamey (1964), com modificações de Lombardi Neto & Bertoni (1975) e Galindo & Margolis (1989). O método leva em consideração a profundidade efetiva do solo, a relação textural entre os horizontes subsuperficiais e superficiais, a permeabilidade e o teor de matéria orgânica. Para todos os perfis estudados, foi calculada, em metros, a espessura da camada de solo passível de ser removida, sem comprometer o ambiente. Esse valor foi convertido em milímetros e, então, a tolerância foi convertida em t ha⁻¹ ano⁻¹, com base nos valores de densidade do solo. O potencial de arraste de sedimentos do solo (PAS) foi calculado, dividindo-se as perdas de solo em t ha⁻¹ pelas perdas de água em mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas de solo totais anuais, perdas médias, bem como os parâmetros estatísticos (desvio-padrão e coeficiente de variação), podem ser observados no quadro 2. Os altos valores dos coeficientes de variação observados entre os anos de estudo, para as diferentes situações, podem ser atribuídos à irregularidade da distribuição de chuvas durante os anos estudados, já que as perdas de solo são o reflexo, dentre outros fatores, da quantidade de chuvas e de suas características físicas. Os valores de erosividade da chuva (Quadro 2) variaram de 8.081 a 4.635 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para os anos em estudo, apresentando valor médio de 6.677 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

De modo geral, observa-se que foram mais comuns chuvas de alta erosividade produzirem maiores perdas; entretanto, foram também observados valores de baixa erosividade produzindo maiores perdas, quando comparados com perdas de solo em anos anteriores, como aconteceu com o PA8, na parcela descoberta. Isso pode ser atribuído, provavelmente, à variabilidade do grau de umidade antecedente do solo por ocasião das chuvas, sendo este efeito atenuado nas parcelas com eucalipto e mata nativa pelo efeito da cobertura vegetal. Outra possibilidade para este fato seria o maior declive apresentado pelo PA8, quando comparado aos outros solos sob parcela descoberta (Quadro 1), corroborando estudos de Bertol et al. (2002).

Quadro 2. Valores de perdas de solo por erosão hídrica para eucalipto, mata nativa e solo descoberto nas condições de estudo, precipitação e erosividade

Solo	Ano ⁽¹⁾	Perda de solo			Precipitação	Erosividade
		Eucalipto	Mata	Descoberto		
		t ha ⁻¹ ano ⁻¹			mm	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹
PA1	1997	0,69	0,07	1,25	1.123	7.358
	1998	3,07	0,11	2,56	1.173	8.081
	1999	0,93	0,04	2,38	1.074	6.635
	2000	0,29	0,08	1,87	580	4.635
	Média	1,24	0,07	2,00	987	6.677
	Desvio-padrão	1,24	0,03	0,59	274	1.484
	C.V. (%)	100,0	42,85	29,5	27,7	22,0
FX	1997	1,77	0,06	1,77	1.123	7.358
	1998	2,10	0,07	0,65	1.173	8.081
	1999	0,58	0,04	0,95	1.074	6.635
	2000	0,21	0,08	0,32	580	4.635
	Média	1,16	0,06	0,92	987	6.677
	Desvio-padrão	0,91	0,017	0,62	274	1.484
	C.V. (%)	78,4	28,33	67,39	27,7	22,0
PA8	1997	3,20	0,15	2,90	1.123	7.358
	1998	0,32	0,21	1,57	1.173	8.081
	1999	2,38	0,10	19,31	1.074	6.635
	2000	1,52	0,06	41,83	580	4.635
	Média	1,85	0,13	16,40	987	6.677
	Desvio-padrão	1,23	0,06	18,77	274	1.484
	C.V. (%)	66,48	46,15	144,51	27,7	22,0

⁽¹⁾ Referentes a janeiro de 1997 a agosto de 2000.

As perdas de solo entre os anos apresentaram uma variação de 0,04 a 41,83 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Quadro 2) para condição de mata nativa do PA1 e solo descoberto do PA8, respectivamente. Considerando os valores médios, as perdas de solo apresentaram uma amplitude de 0,07 a 16,40 t ha⁻¹ ano⁻¹.

As menores perdas foram observadas para o sistema sob mata nativa, independentemente do solo e relevo, o que pode ser explicado pelos seguintes aspectos: (a) interceptação das gotas de chuvas pelo dossel da mata, que possui um extrato vertical muito diversificado, resultando em maior proteção do solo; (b) existência de uma rica camada de folhas, (serapilheira); (c) maiores teores de matéria orgânica (Quadro 3), condicionando agregados de maior estabilidade e, por conseqüência, melhor estruturação e maior permeabilidade (Quadro 3). Resultados semelhantes foram constatados por Albuquerque et al. (2001).

Em todas as coberturas, na quase totalidade dos casos, o PA8 apresentou maiores perdas de solo (Quadro 2), principalmente por estar em uma posição na paisagem de relevo mais acidentado, com amplitude de declividade variando de 28,8 a 35,5 % (Quadro 1), favorecendo maior velocidade do

escoamento superficial e, conseqüentemente, maior arraste das partículas do solo. Além do fator declividade, o PA8 apresenta textura mais arenosa na camada superficial, quando comparado com PA1 e FX (Quadro 4), o que confere menor coesão entre partículas e favorece os processos erosivos. Por outro lado, os solos PA1 e FX revelam declividades menores, com amplitudes de 1,8 a 8,2 % e 1,3 % a 12,4 %, respectivamente (Quadro 1). Os valores de perdas de solo foram bem próximos no PA1 e FX, sendo as maiores perdas observadas no PA1, as quais, possivelmente, estão relacionadas com sua posição na paisagem (topo das elevações), estando relativamente mais sujeito à erosão em comparação ao FX que ocorre em locais ligeiramente côncavos distribuídos dentro das áreas de PA1.

Nos primeiros anos do experimento (1997 e 1998), a condição de solo descoberto apresentou perdas de solo ligeiramente menores do que a condição de solo com eucalipto (Quadro 2). É possível que estes resultados estejam relacionados com o tempo necessário à acomodação da superfície do solo, pelo revolvimento da camada superficial na época da instalação do experimento. Observou-se, ainda, a formação substancial de crostas (selamento superficial) dentro

da parcela do solo descoberto, que, apesar de indicar uma situação de degradação, dificultou o arraste de partículas do solo. A partir do ano de 1999, a tendência se inverteu graças ao efeito de cobertura do eucalipto.

Poucas informações são disponíveis sobre as perdas de solo por erosão hídrica, em plantações florestais. Este trabalho mostra que, para as condições de plantio e de solo aqui estudadas, as perdas variaram de 0,21 a 3,20 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Quadro 2), valores estes inferiores aos observados por Lima (1996) e semelhantes aos de Albuquerque

et al. (2001). Essas perdas são bem menores do que as observadas em culturas agrícolas e pastagens (Dechen et al., 1981; Rufino et al., 1985; Nunes Filho et al., 1990; Margolis et al., 1991; Silva et al., 1992; Bono et al., 1996; Hernani et al., 1997; 1999), exceto quando comparadas com as perdas de solo em algumas culturas agrícolas sob plantio direto. As menores perdas de solo para a cultura do eucalipto, quando comparadas com perdas de solo em algumas culturas agrícolas no sistema convencional, podem ser atribuídas à proteção que esta cultura

Quadro 3. Atributos físicos e químicos dos solos, no horizonte superficial, de acordo com os tratamentos

Solo	Tratamento	Densidade	Permeabilidade	Matéria orgânica
		g cm ⁻³	mmh ⁻¹	g kg ⁻¹
PA1	Eucalipto	1,52	4,31	20,0
	Mata	1,52	15,83	41,0
	Descoberto	1,52	4,11	20,0
FX	Eucalipto	1,47	6,57	22,0
	Mata	1,24	35,35	31,0
	Descoberto	1,47	10,89	16,0
PA8	Eucalipto	1,52	19,53	22,0
	Mata	1,27	53,03	32,5
	Descoberto	1,52	17,27	18,0

Quadro 4. Atributos físicos e químicos dos solos e tolerância de perdas admissíveis

Profundidade	Areia		Silte	Argila	Densidade	Permeabilidade		Matéria orgânica	TP ⁽¹⁾
	Grossa	Fina				Valor	Classe		
cm	g kg ⁻¹				g cm ⁻³	mm h ⁻¹		g kg ⁻¹	t ha ⁻¹ ano ⁻¹
	PA1 - Argissolo Amarelo textura média/argilosa								
0-15	600	140	50	210	1,52	10,7	lenta	13,9	10
15-35	430	160	50	360	1,75	-	-	7,9	-
35-72	410	130	60	400	1,71	-	-	5,5	-
72-100	350	120	40	490	1,64	-	-	4,8	-
	FX - Plintossolo Háptico								
0-20	410	170	110	310	1,24	17,6	lenta	31,1	13
20-35	450	180	50	320	1,46	-	-	20,3	-
35-45	350	170	50	430	1,46	-	-	9,8	-
45-70	300	130	40	530	1,38	-	-	5,3	-
70-100	270	110	40	580	1,40	-	-	5,0	-
	PA8 - Argissolo Amarelo moderadamente rochoso								
0-12	610	150	80	160	1,27	22,3	len. a mod	32,5	11
12-22	410	160	100	330	1,36	-	-	23,6	-
22-44	280	170	100	450	1,39	-	-	13,6	-
44-66	250	140	70	540	1,47	-	-	8,2	-
66-97	200	80	90	630	1,32	-	-	6,2	-
97-100	350	70	60	520	1,44	-	-	3,4	-

⁽¹⁾ TP = tolerância de perdas de solo: len: lenta; mod: moderada.

proporciona ao solo, interceptando as gotas de chuva pela copa das árvores e pela serapilheira, e ao menor revolvimento do solo. As perdas de solo e água na plantação de eucalipto devem diminuir com o avanço da idade, tendência observada do terceiro para o quarto após o plantio (Quadro 2), corroborando estudos de Lima (1996) e Vital et al. (1999). As perdas de solo nas áreas com eucalipto variaram de 0,21 a 3,20 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Quadro 2) e foram muito aquém dos limites de tolerância calculados para os solos da região, que são 10, 13 e 11 t ha⁻¹ ano⁻¹, para o PA1, FX e PA8, respectivamente, indicando a adequação do manejo deste sistema de produção no tocante à erosão hídrica.

A precipitação média no período deste estudo (1997 a 2000) foi de 987,5 mm e ficou abaixo da precipitação média anual da região (1.400 mm). As perdas médias de água, para as diferentes situações (Quadro 5), apresentaram variação de 4,55 a 155,98 mm, correspondendo a 0,46 e 15,79 % da precipitação total anual, respectivamente. A seqüência de perdas de água foi a seguinte: PA8 > PA1 > FX.

Quadro 5. Valores médios de perdas de água para eucalipto, mata nativa e solo descoberto nas condições de estudo

Solo	Ano ⁽¹⁾	Perda de água (mm)		
		Eucalipto	Mata	Descoberto
PA1	1997	21,83	7,15	10,14
	1998	47,79	5,63	38,51
	1999	22,11	16,14	155,98
	2000	17,12	12,94	43,16
	Média	21,68	10,46	61,95
	Desvio-padrão	13,90	4,82	64,36
	C.V. (%)	51,08	47,00	103,89
FX	1997	9,59	9,09	9,43
	1998	47,22	8,17	27,29
	1999	27,52	10,55	31,92
	2000	4,55	8,54	8,07
	Média	22,22	9,09	19,18
	Desvio-padrão	19,36	1,04	12,20
	C.V. (%)	87,12	11,44	63,60
PA8	1997	23,35	6,68	58,91
	1998	46,27	5,76	62,88
	1999	25,13	62,09	71,63
	2000	10,93	6,50	88,50
	Média	26,42	20,26	70,48
	Desvio-padrão	14,06	27,89	13,13
	C.V. (%)	55,48	137,66	18,62

⁽¹⁾ Referentes a janeiro de 1997 a agosto de 2000.

As parcelas descobertas para o PA1 e PA8 perderam, em média, três vezes mais água do que as parcelas com eucalipto, graças, possivelmente, ao encrostamento ocorrido naquelas parcelas. A mata foi a cobertura que menos perdeu água em todos os solos. No FX, as perdas de água nas parcelas, entre eucalipto e solo descoberto, praticamente não apresentaram diferenças, possivelmente pelo fato de o solo ocorrer na paisagem em locais ligeiramente côncavos.

Na figura 2, observam-se os valores do potencial de arraste de sedimentos (PAS), que correspondem às perdas de solo por mm de água da enxurrada. No solo FX, as perdas no eucalipto foram praticamente iguais às perdas de solo na parcela descoberta, em consonância com os valores de perdas de água (Quadro 5), evidenciando a necessidade de se manter o sub-bosque nesta área. Para o PA1 e PA8, o solo descoberto apresentou maiores valores de PAS do que o eucalipto (Figura 2), principalmente o PA8. Os baixos valores de PAS apresentados pela mata em todos os solos estudados são atribuídos principalmente à interceptação das gotas de chuva pela copa das árvores e pela barreira física representada pela serapilheira. A presença de sub-bosque também dificultou o escoamento superficial e a quebra dos agregados e arraste das partículas do solo.

CONCLUSÕES

1. As perdas de solo para o povoamento de eucalipto foram bem abaixo dos limites de tolerância para os solos referentes a cada classe, indicando a adequação do manejo deste sistema de exploração no tocante à erosão hídrica.

2. O fato de as perdas de solo para o eucalipto ficarem relativamente próximas daquelas da mata nativa indica a sustentabilidade daquele ambiente no contexto de erosão.

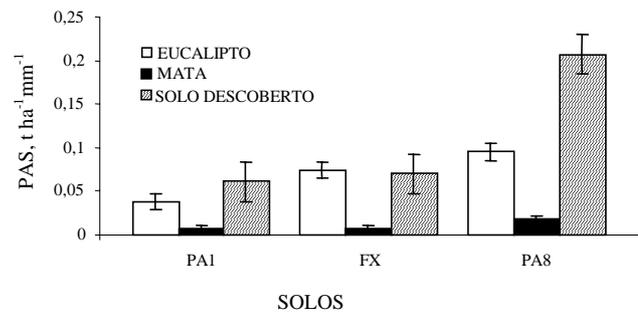


Figura 2. Potencial de arraste de sedimentos (PAS) para os diferentes solos e coberturas estudadas.

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F. & SRINIVASAN, V.S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB). R. Bras. Ci. Solo, 25:121-128, 2001.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELE, O.; LEITE, D. & AMARAL, A.J. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico Aluminóico Léptico, determinada sob chuva natural entre 1989 e 1998 em Lages (SC). R. Bras. Ci. Solo, 26:465-471, 2002.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., ed. Methods of soil analysis. 2.ed. Madison, American Society of Agronomy, 1986. v.1, p.363-375.
- BONO, J.A.M.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CARVALHO, M.M. & SILVA, M.L.N. Cobertura vegetal e perdas de solo por erosão em diversos sistemas de melhoramento de pastagens nativas. Past. Trop., 18:2-8, 1996.
- CATANEO, A.; CASTRO FILHO, C.; ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de índices de erosividade de chuvas. R. Bras. Ci. Solo, 6:236-239, 1982.
- COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: I - Sugestões gerais, medição do volume, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada (1ª Aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo 1978. Anais. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978a. p.75-97.
- COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural: II - Alguns conceitos básicos e modelos de uma ficha para registro das características da chuva e perdas de solo e água (1ª Aproximação). In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. Anais. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978b. p.99-107.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1, p.545-566.
- DE MARIA, I.C. Cálculo da erosividade da chuva. In: MANUAL de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo. Campinas, IAC-SCS, 1994. n.p.
- DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F. & CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. R. Bras. Ci. Solo, 5:133-137, 1981.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997.212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Levantamento generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S.A. no estado do Espírito Santo e no extremo sul do estado da Bahia e sua aplicação aos plantios de eucalipto. Rio de Janeiro, 2000. 93p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. La erosion del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Roma, 1967. 207p.
- GALINDO, I.C.L. & MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do estado de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 13:95-100, 1989.
- HERNANI, L.C.; SALTON, J.C.; FABRICIO, A.C.; DEDECEK, R. & ALVES JUNIOR, M. Perdas por erosão e rendimentos de soja e de trigo em diferentes sistemas de preparo de um Latossolo Roxo de Dourados. R. Bras. Ci. Solo, 21:667-676, 1997.
- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H. & SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. R. Bras. Ci. Solo, 23:145-154, 1999.
- LEMONS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 2.ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83p.
- LIMA, W.P. Impacto ambiental do eucalipto. 2.ed. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1996. 301p.
- LOMBARDI NETO, F. & BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônomo, 1975. 12p. (Boletim Técnico, 28)
- MARGOLIS, E.; GALINDO, I.C.L. & MELLO NETTO, A.V. Comportamento de sistemas de cultivo da mandioca em relação à produção e às perdas por erosão. R. Bras. Ci. Solo, 15:357-362, 1991.
- NUNES FILHO, J.; SOUSA, A.R.; MAFRA, R.C. & SILVA, A.B. Práticas conservacionistas e as perdas por erosão na cultura do milho isolado e consorciado no Sertão do Pajeú (PE). R. Bras. Ci. Solo, 14:69-72, 1990.
- OMETTO, J.C. Bioclimatologia vegetal. São Paulo, Ceres, 1981. 425p.
- POWERS, R.F.; TIARKS, A.E. & BOYLE, J.R. Assessing soil quality: Practicable standards for sustainable forest productivity in the United States. In: ADAMS, M.B.; RAMAKRISHNA, K. & DAVIDSON, E.A. The contribution of soil science to the development of and implementation of criteria and indicators of sustainable forests management. Madison, Soil Science Society of America, 1998. p.53-81 (Special Publication, 53)
- RAMAKRISHNA, K. & DAVIDSON, E.A. Intergovernmental negotiations on criteria and indicators for the management, conservation, and sustainable development of forests: what role for forest soil scientists? In: ADAMS, M.B.; RAMAKRISHNA, K. & DAVIDSON, E.A. The contribution of soil science to the development of and implementation of criteria and indicators of sustainable forests management. Madison, Soil Science Society of America, 1998. p.1-15 (Special Publication, 53)
- REYNOLDS, W.D. & ELRICK, D.E. A method for simultaneous in situ measurements in the vadose one of field saturated hydraulic conductivity, sorptivity, and the conductivity-pressure head relationship. Gr. Wat. Mon. Rev., 6:84-95, 1992.

- RUFINO, R.L.; HENKLAIN, J.C. & BISCAIA, R.C.M. Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. R. Bras. Ci. Solo, 9:277-280, 1985.
- SILVA, M.L.N.; BAHIA, V.G. & BARROSO, D.G. Perdas de solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto. Inf. Agropec., 16:44-50, 1992.
- SMITH, R.M. & STAMEY, W.L. How to establish erosion tolerances. J. Soil Water Conserv., 19:110-111, 1964.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. Trans. Am. Geoph. Union, 39:285-291, 1958.
- VITAL, A.R.T.; LIMA, W.P. & CAMARGO, F.R.A. Efeito do corte raso de plantação de *Eucalyptus* sobre o balanço hídrico, a quantidade da água e as perdas de solo e de nutrientes em uma microbacia no Vale do Paraíba, SP. Sci. Forest., 55:5-16, 1999.