



**EROSÃO HÍDRICA EM SISTEMAS
FLORESTAIS, NOS TABULEIROS
COSTEIROS DA REGIÃO DE ARACRUZ - ES:
PRIMEIRA APROXIMAÇÃO**

SÉRGIO GUALBERTO MARTINS

2001

51616

UN. 35453

SÉRGIO GUALBERTO MARTINS

**EROSÃO HÍDRICA EM SISTEMAS
FLORESTAIS, NOS TABULEIROS
COSTEIROS DA REGIÃO DE ARACRUZ - ES:
PRIMEIRA APROXIMAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Marx Leandro Naves Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2001

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Martins, Sérgio Gualberto

Erosão hídrica em sistemas florestais, nos Tabuleiros Costeiros da região de Aracruz - ES: primeira aproximação / Sérgio Gualberto Martins. -- Lavras : UFLA, 2001.

59p. : il.

Orientador: Marx Leandro Naves Silva.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Sustentabilidade. 2. Modelagem da erosão. 3. Argissolo. 4. Plintossolo. 5. *Eucalyptus*. 6. Mata nativa. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.45

-634.9

SÉRGIO GUALBERTO MARTINS

**EROSÃO HÍDRICA EM SISTEMAS
FLORESTAIS, NOS TABULEIROS
COSTEIROS DA REGIÃO DE ARACRUZ - ES:
PRIMEIRA APROXIMAÇÃO**

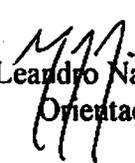
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 05 de março de 2001

Prof. Nilton Curi - UFLA

Prof. Mozart Martins Ferreira - UFLA

Prof. João José Granate de Sá e Melo Marques - UFLA


Prof. Marx Leandro Naves Silva - UFLA
Orientador

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus pais João Martins e Margarida
e ao meu irmão Celinho pelo apoio,
incentivo e amor a mim dedicado.

OFEREÇO

A Deus

Ao meu tio José Martins (Deco) "in memoriam"

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realização deste treinamento.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudo.

À Aracruz Celulose S.A. pelo apoio logístico na coleta de dados realizada no campo, sem o qual este trabalho não teria sido concretizado.

Ao Engenheiro Florestal Sebastião da Fonseca, responsável pela área de solos da Aracruz Celulose S.A., por sua dedicação a este trabalho.

A todos os técnicos de campo da Aracruz Celulose S.A. envolvidos na coleta de dados para realização desta dissertação, principalmente ao Carlinhos.

Ao professor Marx Leandro Naves Silva pela excelente orientação, apoio, a sempre presença neste trabalho, conhecimento transmitido, conselhos, um exemplo de dedicação profissional e amizade.

Ao professor Nilton Curi pelo apoio e orientação constantes prestados a este trabalho, pela oportunidade de trabalho neste departamento, ensinamentos transmitidos, amizade, um grande profissional.

Ao professor José Maria de Lima pelo auxílio no cálculo de erosividade deste trabalho e pela oportunidade de realização de trabalhos de iniciação científica neste departamento, os quais muito contribuíram para meu treinamento.

Ao professor Mozart Martins Ferreira pela sua sempre disponibilidade em ajudar, pelo apoio e sugestões neste trabalho.

Ao professor João José Granate de Sá e Melo Marques pelas sugestões e auxílio no cálculo da erodibilidade.

A Adriana Maria Aguiar Accioly pelo carinho, compreensão, ajuda e incentivos constantes.

Aos Laboratoristas da física do solo, Dulce e Delani, pela ajuda constante e amizade.

Aos colegas da pós graduação: Gilvan, Alexandre, Alessandra, Alex, Meire, Edilson Brasil, Cláudio, Rúbens, Wagner (Cafú), Gislene (Gigi), Antônio Carlos (Totó), Geraldo, Marley, Elka, Júlio Nóbrega, Marcos Carolino, Juliano, Vítor, Jonas, Ivan, Júlio Bertoni e Mateus, pelos bons momentos de convivência.

Aos alunos de graduação, Daniela, Antônio Marcos, Lislane, pelo auxílio nas análises de laboratório, um exemplo de responsabilidade e compromisso.

Aos colegas da Engenharia Florestal, Josina, Rejane, Jorge, principalmente ao Edmilson, um exemplo de amizade e personalidade.

Ao colega da Engenharia Florestal Antônio Claret de Matos, um grande amigo.

Ao professor Marcos Laureano Teixeira (in memoriam) pelo incentivo aos meus primeiros trabalhos de iniciação científica, meu muito obrigado.

Ao meu primo Lekeo e ao Sávio pelas boas conversas nos intervalos de trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
CAPÍTULO 1: Erosividade da chuva em sistemas florestais na região de Aracruz (ES)	
Resumo	8
Abstract	9
1 Introdução.....	10
2 Material e Métodos	13
2.1 Localização e caracterização da área estudada	13
2.2 Determinação da erosividade	13
3 Resultados e Discussão	15
4 Conclusões	21
5 Referências Bibliográficas	22
CAPÍTULO 2: Erodibilidade para os principais solos ocorrentes nos Tabuleiros Costeiros da região de Aracruz (ES)	
Resumo	25
Abstract	26
1 Introdução	27
2 Material e Métodos	29
2.1 Localização e caracterização da área estudada	29
2.2 Determinação da erodibilidade de forma direta	29
2.3 Determinação da erodibilidade de forma indireta	30
2.4 Análise física	31
3 Resultados e Discussão	32
4 Conclusões	36
5 Referências Bibliográficas	37
CAPÍTULO 3: Perdas de solo e água, tolerância de perda de solo e fator cobertura vegetal em sistemas florestais, na região de Aracruz (ES)	
Resumo	39
Abstract	40
1 Introdução	41
2 Material e Métodos	44

2.1 Localização e caracterização da área estudada	44
2.2 Instalação do experimento e metodologia de coleta	44
2.3 Tolerância de perdas de solo	47
2.4 Fator cobertura do solo	47
2.5 Potencial de perda do solo (PAS)	49
3 Resultados e Discussão	50
4 Conclusões	56
5 Referências Bibliográficas	57

RESUMO GERAL

MARTINS, Sérgio Gualberto Erosão hídrica em sistemas florestais, nos Tabuleiros Costeiros da Região de Aracruz - ES: Primeira Aproximação. Lavras: UFLA, 2001. 59p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas)¹

O manejo sustentado do solo é uma questão estratégica do ponto de vista ambiental e econômico. Nesse sentido, o monitoramento das perdas de solo e água, em solo florestal, assume importância fundamental na escolha e adoção de manejo que vise minimizar a degradação do solo e, conseqüentemente, manter ou aumentar a sustentabilidade e produtividade. Assim, este estudo teve como objetivos determinar a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo, o fator cobertura vegetal e as perdas de solo e água oriundas da erosão hídrica. As parcelas experimentais foram instaladas nas principais classes de solos ocorrentes na região de Aracruz (ES), a saber: Podzólico (Argissolo) Amarelo textura média/argilosa (PA1), Plintossolo Háplico (FX) e Podzólico (Argissolo) Amarelo moderadamente rochoso (PA8). Os tratamentos foram solo descoberto, solo sob cultivo de eucalipto (área de renovação - 4 anos) e solo sob floresta nativa. As coletas foram feitas para cada evento de chuva considerada erosiva. Diante dos resultados, pode-se concluir que o valor de erosividade total anual foi de 2.809 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, sendo a erosividade da chuva desta região classificada como baixa. Os valores de erodibilidade foram 0,008; 0,034 e 0,001 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ para o PA1, FX e PA8, respectivamente. Estes valores estão classificados como baixo (PA1 e PA8) e médio (FX). As perdas médias de solo para o eucalipto foram de 1,24; 1,16 e 1,85 t ha⁻¹ ano⁻¹ para PA1, FX e PA8, respectivamente, estando estas perdas abaixo dos limites de tolerância estimados para a região (em torno de 12 t ha⁻¹ ano⁻¹), até este estágio de desenvolvimento da cultura. No geral, as perdas de solo evidenciaram maiores valores no PA8, o qual, só pelo seu relevo (forte ondulado), já inspira maiores cuidados com o processo erosivo. A mata nativa proporcionou maior cobertura e proteção do solo contra a erosão, com reflexos na menor taxa de perda de solo. Com relação às perdas de água, os solos apresentaram, como tendência, PA8 > PA1 > FX. As perdas de água tenderam a apresentar valores correspondentes a 12% da precipitação média anual.

¹ Comitê Orientador: Marx Leandro Naves Silva (Orientador); Nilton Curi (Co-orientador).

GENERAL ABSTRACT

MARTINS, Sérgio Gualberto. Water erosion in forest systems at the coastal plains of the region of Aracruz - ES: First approximation. Lavras: UFLA, 2001. 59p. (Dissertation - Master in Soil and Mineral Plant Nutrition)¹

Sustainably managing soils is of paramount importance from an environmental and economical standpoint. Based on that, monitoring soil and water losses from forest soils is of fundamental importance for choosing and adopting management practices aimed to minimize soil degradation and for keeping or increasing sustainability and productivity. Thus, this study had as objectives to determine the rain erosivity, soil erodibility, vegetal cover factor, and soil and water losses from water erosion. Experimental plots were installed on the main soil classes in the region of Aracruz (ES), which are: Yellow Podzolic Soil (Argisol) medium/clayey texture (YP1), Haplic Plinthosol (FX), and Yellow Podzolic Soil (Argisol) moderately rocky (YP8). The treatments were bare soil, soil under eucalyptus (regrowth area - 4 years), and soil under native forest. The measurements were made after every erosive rainfall event. It may be concluded that the total annual erosivity was $2,809 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, which classifies the rainfall as of low erosivity. The erodibility values were 0.008, 0.034, and $0.001 \text{ t h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ for YP1, FX, and YP8, respectively. These values are classified as low (YP1 and YP8) and medium (FX). Average soil losses for eucalyptus were 1.24, 1.16, and $1.85 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ for YP1, FX, and YP8, respectively. The soil losses are under the soil loss tolerance limits estimated for the region (around $12 \text{ t ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$), up to this growth stage. In general, soil losses were higher for PA8, which just based on its topography (steep) leads to more conservation cares. The native forest led to higher soil cover and protection against erosion, reflecting in the lowest soil loss rates. Regarding the water losses, the soils presented the trend: $\text{YP8} > \text{YP1} > \text{FX}$. Water losses tended to show values corresponding to 12% of the yearly rainfall.

¹ Supervising Committee: Marx Leandro Naves Silva (Supervisor); Nilton Curi (Co-supervisor).

1 INTRODUÇÃO GERAL

A erosão hídrica é, fundamentalmente, a ação erosiva da chuva sobre o solo. A desagregação das partículas de 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 em função das características diferenciadas entre classes de solos e variabilidade climática, que influi na erosividade das chuvas, tornando arriscado estimar valor de erodibilidade com base, unicamente, na classificação do solo (El-Swaify e Dangler, 1982).

Segundo Powers, Tiarks e Beyle (1998) e Ramakrishna e Davidson (1998), a erosão hídrica é um dos indicadores da sustentabilidade do solo florestal. A constante diminuição da produtividade dos solos e a degradação ambiental têm sido atribuídas principalmente à erosão hídrica e ao manejo inadequado do solo (Lal, 1998; Ramakrishna e Davidson, 1998). No Brasil, considerando sua grande extensão territorial, ainda são poucos os resultados sobre perdas de solo nos sistemas de manejo com culturas agrícolas, pastagens e, principalmente, florestais. A obtenção de dados de perdas de solo em experimentos com chuva natural é um estudo caro e moroso, razão do pequeno número de trabalhos que vêm sendo realizados no País. De maneira geral, para os estudos existentes relacionados a perdas de solo e água, observa-se que os sistemas de manejo que proporcionam menores perdas de solo e água têm sido aqueles em que o manejo procura manter uma maior cobertura do solo, através de incorporação de restos culturais, e sistemas em que o preparo do solo visa o menor revolvimento da camada arável.

Numa revisão sobre perdas de solo em plantio direto e convencional, em diversas unidades de solo e tipos de cultura, Silva, Bahia e Barroso (1992)

encontraram valores médios para o plantio convencional variando de 2,0 a 31,8 t ha⁻¹ ano⁻¹; para o plantio direto, observou-se uma variação de 0,1 a 11,8 t ha⁻¹ ano⁻¹. De acordo com os autores, o plantio direto independente do tipo de solo foi o sistema de maior eficácia no controle de erosão, evidenciando a importância de se manter cobertura vegetal e minimizar ao máximo as operações de preparo do solo. Neste sentido, com exceção do plantio direto, áreas com cultivo de eucalipto possivelmente apresentem menores perdas de solo do que as culturas agrícolas por proporcionarem ao solo uma maior cobertura vegetal.

Como já mencionado anteriormente, poucos são os estudos sobre perdas de solo e água em áreas florestais no Brasil. Lima (1986) quantificou perdas de solo e água durante quatro anos em plantio de *Eucalyptus grandis*, plantado em espaçamento 3x2m, em Areia quartzosa. As perdas de solo no primeiro ano variaram de 1,0 a 6,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ para as parcelas reflorestadas com eucalipto conforme o tipo de preparo do solo, espaçamento e tratos silviculturais, e foram de 10,5 t ha⁻¹ ano⁻¹ para a parcela descoberta. No quarto ano, as perdas variaram de 0,01 a 0,14 t ha⁻¹ ano⁻¹ para as parcelas reflorestadas e 9,21 t ha⁻¹ ano⁻¹ para a parcela descoberta, podendo ser observada uma clara redução de perda de solo do primeiro para o quarto ano. As perdas de água para o primeiro ano variaram de 57,4 a 75,5 mm nas parcelas reflorestadas e 111,3 mm na parcela descoberta, sendo a precipitação anual de 2.283,0 mm. Para o quarto ano, as perdas variaram de 1,1 a 7,0 mm nas parcelas reflorestadas e 18,9 mm para a parcela descoberta, sendo que as perdas para o quarto ano foram quantificadas somente de janeiro a julho, observando-se um total precipitado de 732,2 mm.

O monitoramento das perdas de solo por erosão hídrica, através de limites estabelecidos pela tolerância de perdas de solo, é imprescindível para o manejo adequado e sustentável das atividades florestais. Um parâmetro muito utilizado na determinação da tolerância de perdas de solo é a taxa de formação do solo. Quando as perdas excedem a taxa de formação do solo, significa que o

manejo adotado não é sustentável por um longo período para aquelas condições (Hall, Logan e Young, 1985).

Numa situação ideal, as perdas por erosão devem ser compensadas pelo acréscimo proporcionado pela formação de novo solo. A determinação da taxa de formação de solo é dificultada por depender da interação de vários fatores e processos de formação do solo (Simonson, 1959). No cálculo da taxa de formação dos solos, devem ser considerados os atributos mineralógicos, morfológicos, físicos, químicos e biológicos. O tipo de horizonte diagnóstico presente também é um importante ponto a ser considerado, podendo apresentar atributos favoráveis ou desfavoráveis ao desenvolvimento das raízes e, conseqüentemente, à sustentabilidade dos solos.

Para solos agrícolas, a FAO (1967), citada por Freire e Vasques Filho (1978), admite perdas da ordem de $12,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para solos profundos, permeáveis e bem drenados, e 2 e $4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para solos rasos ou impermeáveis. Para outros solos, admite perdas intermediárias àqueles limites.

Para o estado de São Paulo, os solos com horizonte B textural apresentam um valor menor de tolerância de perdas, pois têm uma pequena profundidade efetiva, limitando o desenvolvimento radicular devido ao acúmulo de argila no horizonte B, determinando um gradiente de drenagem entre os horizontes superficiais e de subsuperfície, de modo que as camadas superficiais ficam sujeitas à erosão. Solos com horizonte B latossólico, de modo geral, são profundos e sem gradiente textural entre os horizontes, apresentando boa drenagem interna; portanto, os limites de tolerância de perdas de solo são mais elevados, apresentando maior sustentabilidade. A menor tolerância quanto à erosão dos Litossolos é devida às suas características de solo raso sobre rochas, sendo este ambiente extremamente susceptível à erosão hídrica, apresentando menor sustentabilidade (Lombardi Neto e Bertoni, 1975).

Santos et al. (1998) determinou a tolerância de perdas de solo para Cambissolos dos Campos da Mantiqueira (MG) com base na profundidade efetiva do solo, na relação textural entre os horizontes subsuperficial e superficial, no teor de matéria orgânica e na permeabilidade. O valor encontrado foi de $4,52 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, que é um reflexo da baixa permeabilidade na subsuperfície. O encrostamento pronunciado torna esses solos pouco resistentes à erosão e, conseqüentemente, com baixa sustentabilidade. Giarola (1997), trabalhando na mesma região e usando a mesma metodologia em solos derivados de rochas pelíticas pobres, encontrou níveis de tolerância de perdas variando de 1,7 a $13,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo que os menores valores foram referentes aos solos litólicos e Cambissolos, tendo os Latossolos os maiores níveis. As menores taxas estão ligadas a uma menor espessura do “sólum”, menor permeabilidade e menores níveis de matéria orgânica; portanto, estes solos apresentam menor sustentabilidade.

Neste sentido, o conhecimento das perdas de solo, água, tolerância de perdas de solo e os fatores que compõem a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), como erosividade, erodibilidade e o fator cobertura vegetal, assume importância fundamental na escolha e adoção de práticas que visem minimizar a degradação do solo e, conseqüentemente, manter a sustentabilidade nas atividades agrícola e florestal, como proposto no diagrama conceitual (Figura 1).

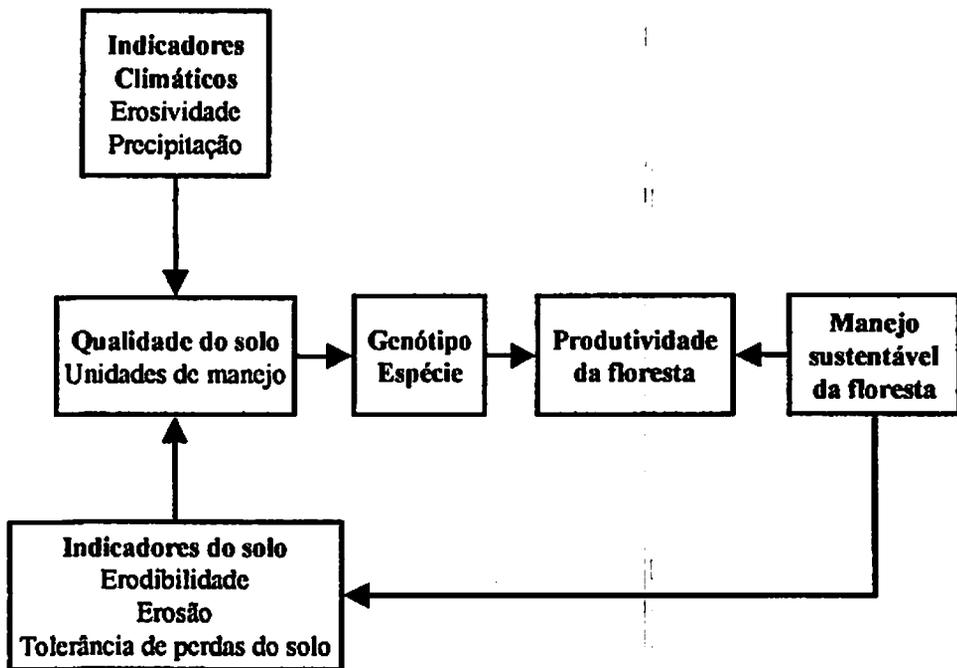


FIGURA 1 - Diagrama conceitual relacionado aos fatores que afetam o manejo sustentável do solo e a produtividade.

2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EL-SWAIFY, S.A.; DANGLER, E.W. Rainfall erosion in the tropics: a state of art. In: KREBS, D.M. (ed.) *Determinants of soil loss tolerance*. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p.1-25.
- FREIRE, O.; VASQUES FILHO, J. Tolerância de perdas para os solos de Piracicaba. *Revista Agricultura*, Piracicaba, v.53, n.4, p.261-267, dez. 1978.
- GIAROLA, N.F.B.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CHAGAS, C.S.; FERREIRA, M.M. Solos da região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga/Camargos (MG): *Perspectiva ambiental*. Convênio CEMIG/UFLA/FAEPE. Lavras: UFLA, 1997, 101p.
- HALL, G.F.; LOGAN, T.J.; YOUNG, K.K. Criteria for determining tolerable erosion rates. In: FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. (ed.) *Soil erosion and crop productivity*. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p.173-188.
- LAL, R. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Boca Raton, v.17, n.4, p.319-464, 1998.
- LIMA, W.P. *Impacto ambiental do eucalipto*. 2.ed. São Paulo: Editora da 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).
- POWERS, R.F.; TIARKS, A.E.; BOYLE, J.R. Assessing soil quality: Practicable standards for sustainable forest productivity in the United States. In: ADANS, 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 number .53)
- RAMAKRISHMA, 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: ADANS,

M.B.; RAMAKRISHNA, K.; DAVIDISON, 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 number .53)

SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CRUZ FILHO, A.B.; TELXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas e melhoradas sob diferentes práticas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.2, p.183-189, 1998.

SILVA, M.L.N.; BAHIA, V.G.; BARROSO, D.G. Perdas de solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.16, n.166, p.44-50, 1992.

SIMONSON, R.W. Outline of a generalised theory of soil genesis. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, v.23, n.1, p.152-156, Jan./Feb. 1959.

CAPÍTULO 1

RESUMO

MARTINS, Sérgio Gualberto. Erosividade da chuva em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). Lavras: UFLA, 2001. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas)¹

O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado através da erosividade obtida com base nas suas características físicas e regionais. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram determinar a erosividade e distribuição mensal das chuvas para a região de Aracruz (ES). Para o cálculo da erosividade, foram utilizados dados pluviométricos de 1997 a 2000, obtidos em estações automatizadas conduzidas pela Aracruz Celulose S.A., que para este estudo geraram dados de 30 em 30 minutos. O valor de erosividade total anual estimado foi de 2.809 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, sendo a erosividade da chuva dessa região classificada como baixa. O período crítico em relação à erosão, devido à ocorrência de chuvas erosivas para região de Aracruz, é de outubro a abril, notadamente para os meses de janeiro, março, abril, novembro e dezembro.

¹ Comitê Orientador: Marx Leandro Naves Silva (Orientador); Nilton Curi (Co-orientador).

CHAPTER 1

ABSTRACT

MARTINS, Sérgio Gualberto. Rain erosivity on forest systems at Aracruz (ES) region. Lavras: UFLA, 2001. (Master Dissertation in Soil and Mineral Nutrition Plant Nutrition)¹

The rain potential in promoting erosion can be evaluated through erosivity with basis upon physical and regional characteristics. Therefore, the objectives of this study were to determine the erosivity and monthly distribution of rains for the Aracruz (ES) region. For the erosivity calculation, pluviometric data from 1997 to 2000 were utilized, which were obtained at automatic stations conducted by Aracruz Celulose S.A., generating data in the 30 to 30 minutes interval. The annual total erosivity value estimated was $2.809 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ year}^{-1}$, being the rain erosivity of this region classified as low. The critical period in relation to erosion, due to the occurrence of erosive rains for the Aracruz region, is from october to april, mainly for january, march, april, november and december months.

¹ Supervising Committee: Marx Leandro Naves da Silva (Supervisor); Nilton Curi (Co-supervisor).

1 INTRODUÇÃO

Para a utilização sustentável dos solos, é necessário o conhecimento dos fatores que influenciam a intensidade da erosão hídrica, os quais variam de um local para outro. A potencialidade das chuvas em provocar erosão constitui um dos fatores mais importantes para avaliação da erosão hídrica dos solos. O potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado através da erosividade, com base nas características físicas das chuvas de cada região.

No Brasil, considerando sua grande extensão territorial, ainda são poucos os resultados sobre erosão em vários sistemas de manejo, bem como os fatores que compõem a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE). Wischmeier e Smith (1958) determinaram que o produto da energia cinética total pela intensidade máxima em trinta minutos (EI_{30}) é a relação que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão, considerando as fases de impacto das gotas da chuva, desagregação do solo, turbulência do fluxo e transporte das partículas. Segundo Wagner e Massambani (1988), a energia cinética associada à chuva pode ser calculada diretamente a partir da distribuição do tamanho e da velocidade terminal das gotas. Os autores determinaram a relação entre energia cinética e taxa de precipitação, obtida a partir de 533 amostras da distribuição de gotas de chuva oriundas de precipitações predominantemente convectivas (curta duração e alta intensidade) para a região de São Paulo. Os autores concluíram que a equação para o cálculo de energia cinética, obtida através dos dados observados, não difere significativamente da equação de Wischmeier e Smith (1958); estas observações corroboram estudos de Silva et al. (1997), Carvalho et al. (1998) e Marques, Alvarenga e Curi (1998).

Dedecek (1978) determinou o índice EI_{30} com base em oito anos de dados da região de Brasília (DF) e encontrou um valor de $8.319 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$

ano⁻¹. Carvalho et al. (1989) desenvolveram trabalho em Mococa (SP) e encontraram um valor de 7.747 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para dezenove anos de dados pluviométricos. Morais et al. (1991) determinaram os índices EI₃₀ médios anuais para as estações de Barranquinho e Flechas, do município de Cáceres, sudoeste do Mato Grosso, que foram, respectivamente, 8.493 e 7.830 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Silva et al. (1997) encontraram valores de erosividade, para a região de Goiânia (GO), da ordem de 8.353 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Bertol (1993) determinou a erosividade para Lages (SC) e encontrou valores em torno de 5.694 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. A erosividade para Sete Lagoas, determinada por Marques, Alvarenga e Curi (1998), foi de 5.835 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Com o mesmo intuito dos autores anteriores, Lopes e Brito (1993) determinaram a erosividade da chuva para a região do Médio São Francisco (PE/BA) e encontraram valores de EI₃₀ da ordem de 3.619, 3.657 e 4.039 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para Caatinga (PE), Bebedouro (PE) e Mandacaru (BA). Utilizando dados de precipitação de um período de 22 anos, Val et al. (1986) avaliaram a erosividade das chuvas no Município de Lavras - MG, através do índice EI₃₀, obtendo o valor de 6.837 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

Na região dos cerrados do Planalto Central há um predomínio de chuvas frontais (longa duração e baixa intensidade) nos meses de dezembro a fevereiro, e nos demais meses do período chuvoso ocorre um domínio de chuvas convectivas (Azevedo, 1979). Já para as regiões litorâneas, sob influência da Serra do Mar, as características mensuráveis das chuvas que estimam o índice de erosão são diferenciadas em função do relevo; na interface de contato entre os planaltos, o efeito das chuvas orográficas é acentuado (Rufino, Biscaia e Merten, 1993).

O conhecimento do comportamento das chuvas para as diferentes regiões e dos fatores que compõem a Equação Universal de Perdas de Solo é ferramenta importante para o planejamento conservacionista, contribuindo para

o uso sustentável dos solos e manutenção e/ou melhoria da qualidade ambiental, estando condizente com os preceitos de gestão ambiental. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram determinar a erosividade da chuva e sua distribuição mensal para a região de Aracruz (ES).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área estudada

O estudo foi realizado em uma microbacia hidrográfica de 286,12 ha, em áreas experimentais da Aracruz celulose S.A, no município de Aracruz (ES). O clima da região é Aw segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 23°C, e a precipitação média é de 1.400 mm ano⁻¹.

Devido à proximidade do oceano, a região sofre influência deste e o clima apresenta temperaturas elevadas, mas suas oscilações são pequenas e o inverno apresenta estiagem bem menos pronunciada que em outros locais. As precipitações nos meses de primavera e verão representam 65 a 75% da precipitação total e, em um ou dois meses, as precipitações mensais são menores que 60 mm.

2.2 Determinação da erosividade

Para o cálculo da erosividade foram utilizados dados pluviométricos de janeiro de 1997 a agosto de 2000, obtidos em estações climatológicas automatizadas, conduzidas pela Aracruz celulose S.A, que para este estudo geraram dados de 30 em 30 minutos. Foram estudadas quatro estações, equidistantes 9 Km, nos seguintes locais: microbacia, mata nativa, viveiro florestal e sede. 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 minutos ou energia cinética menor que 3,6 MJ, são consideradas não erosivas (De Maria, 1994). Para o cálculo da energia cinética utilizou-se programa desenvolvido por Cataneo,

Castro Filho e Acquarole (1983), sendo considerada para o cálculo da energia cinética a equação proposto por Wischmeier e Smith (1958):

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

onde E é a energia cinética, em MJ (ha 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 minutos consecutivos (I₃₀), segundo Wischmeier e Smith (1958).

O índice EI₃₀ foi obtido multiplicando-se EC pela precipitação máxima em 30 minutos consecutivos (I₃₀). Pelo somatório dos valores do índice EI₃₀, obtido em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ em cada mês, obteve-se o índice mensal, e somando-se os valores mensais, obteve-se o índice anual.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas TABELA 1, 2, 3 e 4 observam-se os valores médios mensais e anual de precipitação e erosividade (EI_{30}) nos diferentes locais. Observa-se que a precipitação se distribui predominantemente entre os meses de outubro a abril, sendo registrados os seguintes percentuais nas estações climatológicas: 83,69; 85,05; 82,25 e 85,8% para as estações microbacia, mata nativa, viveiro florestal e sede, respectivamente.

TABELA 1 - Valores médios mensais e valor total anual da precipitação pluvial e da erosividade, calculada para estação, que tem como área de abrangência a microbacia.

Mês	Precipitação (P)*		Erosividade (EI_{30})*	
	mm	%	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ mês ⁻¹	%
Janeiro	110,87	12,01	393,06	17,09
Fevereiro	68,10	7,38	86,34	3,75
Março	146,78	15,91	439,07	19,09
Abril	79,49	8,61	162,15	7,05
Mai	24,98	2,71	6,39	0,28
Junho	52,04	5,64	144,02	6,26
Julho	31,09	3,37	14,14	0,61
Agosto	27,01	2,93	5,55	0,24
Setembro	15,29	1,66	0,00	0,00
Outubro	99,40	10,77	143,42	6,23
Novembro	136,89	14,83	228,37	9,93
Dezembro	130,87	14,18	677,93	29,47
Total Anual	922,88	100,00	2300,48	100,00

*Período de janeiro 1997 a agosto 2000.

Os índices de erosividade determinados através da equação de Wischmeier e Smith (1958) também possuem distribuição semelhante ao parâmetro precipitação, sendo que, de outubro a abril, houve um registro de 91,61; 96,35; 90,10 e 94,17 da erosividade total para as referentes estações

citadas acima. Desta forma, observa-se uma concordância entre o parâmetro precipitação e erosividade (El_{30}).

No período de outubro a abril, o índice erosividade variou de 86,34 em fevereiro a 677,93 em dezembro; 123,18 em fevereiro a 1931,61 em abril; 87,8 em fevereiro a 514,20 em dezembro; e 103,88 em abril a 394,38 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ em janeiro, sendo a erosividade total anual de 2.300,48; 4.876,37; 2.101,01 e 1.958,97 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para microbacia, mata nativa, viveiro e sede, respectivamente.

TABELA 2 - Valores médios mensais e valor total anual da precipitação pluvial e erosividade calculada para estação, que tem como área de abrangência a mata nativa.

Mês	Precipitação (P)*		Erosividade (El_{30})*	
	mm	%	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ mês ⁻¹	%
Janeiro	106,18	10,31	525,78	10,78
Fevereiro	65,75	6,38	123,18	2,53
Março	145,42	14,12	637,14	13,07
Abril	147,43	14,31	1931,61	39,61
Mai	20,49	1,99	7,30	0,15
Junho	51,05	4,96	131,11	2,69
Julho	35,11	3,41	24,87	0,51
Agosto	26,43	2,57	6,94	0,14
Setembro	20,72	2,01	8,30	0,17
Outubro	106,86	10,37	204,20	4,19
Novembro	152,69	14,82	271,02	5,56
Dezembro	151,99	14,75	1004,92	20,61
Total Anual	1030,13	100,0	4.876,37	100,00

*Período de janeiro 1997 a agosto 2000.

A erosividade média para região é de 2809,21 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, sendo classificada como baixa segundo Foster (1981). O baixo valor de erosividade determinado neste estudo pode ser atribuído à baixa precipitação ocorrida na região para o período estudado e ao intervalo de leitura das estações

automatizadas, que foi de 30 em 30 minutos. Curi et al. (1998) determinaram o índice erosividade para mesma região, utilizando dados de precipitação registrados em estações automatizadas de 15 em 15 minutos, sendo a erosividade de 4.126,21.

Embora o valor de erosividade tenha sido classificado como baixo para o período estudado, os valores de erosividade nos meses de outubro a abril, notadamente para os meses de janeiro, março, abril, novembro e dezembro, apresentam valores de erosividade consideráveis e merecem atenção no planejamento das atividades florestais.

O valores médios de erosividade para a região de Aracruz, determinado neste estudo, são bem superiores aos valores de erosividade estimados por Castro e Valério Filho (1997), que apresentaram uma amplitude de 1.246 a 110 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, valores estes estimados com base em modelos desenvolvidos para o estado de São Paulo, subestimando o potencial erosivo para região. O valor médio de 2809 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ determinado para região de Aracruz está abaixo dos valores encontrados por Bertol (1993), Dedeczek (1978), Carvalho et al. (1989), Morais et al. (1991) e Silva et al. (1977) para as regiões de Lages (SC), Brasília (DF), Mococa (SP), Cáceres (MS) e Goiânia (GO), respectivamente, e mais próximos dos valores encontrados por Lopes e Brito (1993) para região do médio São Francisco, em Caatinga (PE) e Bebedouro (BA).

TABELA 3 - Valores médios mensais e valor total anual da precipitação pluvial e erosividade calculada para estação, que tem como área de abrangência o viveiro florestal.

Mês	Precipitação (P)*		Erosividade (EI ₃₀)*	
	mm	%	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ mês ⁻¹	%
Janeiro	109,59	11,48	336,4	16,00
Fevereiro	63,89	6,69	87,8	4,20
Março	141,36	14,81	384,40	18,30
Abril	106,40	11,14	316,60	15,10
Maiο	37,79	3,96	84,20	4,00
Junho	56,41	5,91	98,80	4,70
Julho	31,45	3,29	14,90	0,70
Agosto	23,54	2,47	0,00	0,00
Setembro	20,30	2,13	12,90	0,60
Outubro	95,82	10,04	94,20	4,50
Novembro	137,05	14,35	156,70	7,50
Dezembro	131,18	13,74	514,20	24,50
Total Anual	954,79	100,00	2.101,01	100,00

*Período de janeiro 1997 a agosto 2000.

TABELA 4 - Valores médios mensais e valor total anual da precipitação pluvial e erosividade calculada para estação, que tem como área de abrangência a sede.

Mês	Precipitação (P)*		Erosividade (EI ₃₀)*	
	mm	%	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ mês ⁻¹	%
Janeiro	125,9	13,5	394,38	20,13
Fevereiro	89,3	9,6	236,95	12,10
Março	151,8	16,2	341,17	17,42
Abril	71,2	7,6	103,88	5,30
Maiο	22,2	2,4	25,46	1,30
Junho	39,8	4,3	72,42	3,70
Julho	31,5	3,4	16,50	0,84
Agosto	22,8	2,4	0,00	0,00
Setembro	16,2	1,7	0,00	0,00
Outubro	103,1	11,0	150,80	7,70
Novembro	134,3	14,4	280,47	14,32
Dezembro	126,6	13,5	336,94	17,20
Total Anual	934,7	100,00	1.958,97	100,00

*Período de janeiro 1997 a agosto 2000.

Na Tabela 5, observam-se os valores de erosividade para os anos de 1997 a 2000, para as estações microbacia, mata nativa, viveiro florestal e sede. Os valores de erosividade apresentaram altos coeficientes de variação entre anos, necessitando de mais estudos para que se façam inferências mais precisas sobre os valores médios de erosividade anual. Observa-se também uma variação muito grande dos valores de erosividade de uma estação para outra, discordando de McGregor et al. (1995), que observaram valores de erosividade da chuva apresentando pequena variação de um local para outro, para diferentes locais inseridos em uma microbacia de 21,3 Km² na região do Norte de Mississipi.

TABELA 5 - Valores anuais de erosividade referente a cada ano estudado, referente a cada estação, valores médios, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV).

Ano	Estações			Sede
	Microbacia	Mata Nativa	Viveiro	
	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹			
1997	2207,76	3122,91	1723,36	3157,42
1998	3005,25	5181,02	1990,34	1955,28
1999	2985,84	4080,05	3448,01	1468,32
2000	1003,07	7121,48	1242,35	1254,87
Média	2300,48	4876,37	2101,01	1958,97
DP	941,32	1716,71	949,83	851,03
CV%	40,91	35,20	45,20	43,44

4 CONCLUSÕES

- O valor de erosividade total anual estimado foi de $2.809 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, sendo a erosividade da chuva dessa região classificada como baixa;
- O período crítico em relação à erosão, devido à ocorrência de chuvas erosivas para região de Aracruz, é de outubro a abril, notadamente para os meses de janeiro, março, abril, novembro e dezembro.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, L.G. Zoneamento do Estado de Goiás para planejamento de pesquisa agropecuário (1ª aproximação). Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1979. 17p. (EMBRAPA-CPAC. Comunicado Técnico, 5).
- BERTOL, I. Índice de erosividade (EI_{30}) para Lages (SC) - 1ª aproximação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.10, p.1205-1213, out. 1993.
- CARVALHO, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATANEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI_{30} . *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.2, p.243-249, maio/ago. 1989.
- CASTRO, A.G.; VALÉRIO FILHO, M. Simulação da expectativa de perdas de solo em microbacia sob diferentes manejos florestais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, n.3, p.419-426, jul./set. 1997.
- CATANEO, A.; CASTRO FILHO, C.; ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de índices de erosividade de chuvas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n.3, p.236-239, set./dez. 1982.
- CURI, N.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; DIAS JUNIOR, M.D.; FERREIRA, M.M. *Relatório Técnico Parcial do Projeto*. Manejo do solo em sistemas florestais nos Tabuleiros Costeiros na região de Aracruz (ES): Relação entre degradação estrutural, erosão hídrica e produtividade do eucalipto. Lavras: UFLA/Aracruz celulose, 1998, 84p.
- 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.
- DE MARIA, I.C.; NETO, F.L. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, n.2, p.263-270, abr./jun. 1997.
- DEDECEK, R.A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília - DF. In: *ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO*, 2., 1978, Passo Fundo. *Anais...* [S.l.]: EMBRAPA-SNLCS, 1978. p.157-161.

- FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C.** Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal Soil Water Conservation*, Ankeny, v.36, n.6, p.355-359, Nov./Dec. 1981.
- LOPES, P.R.C.; BRITO, L.T.I.** Erosividade da chuva no Médio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.1, p.129-133, jan./abr.1993.
- MARQUES, J.J.G. de S.M.; ALVARENGA, R.C.; CURI, N.** Erosividade das chuvas na região de Sete Lagoas, MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.33, n.5, p.761-768, maio 1998.
- McGREGOR, K.C.; BINGNER, R.L.; BOWIE, A.J.; FOSTER, G.R.** Erosivity index values for northern Mississippi. *Transactions of the ASAE*, v.38, n.4, p.1039-1047, 1995.
- MORAIS, L.F.B. de; SILVA, V. de; NASCHENVEN, T.M. de C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L. de; WEBER, O.L. dos S.; BOEL, E.; DURIGON, V.** Índice EI_{30} e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, n.3, p.339-344, set./dez. 1991.
- RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M.; MERTEN, G.H.** Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, n.3, p.439-444, set./dez. 1993.
- SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.** Índices de erosividade das chuvas da Região de Goiânia (GO). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.10, p.977-985, out. 1997.
- VAL, L.A.; BAHIA, V.G.; FREIRE, J.C.; DIAS JÚNIOR, M.S.** Erosividade das chuvas em Lavras - MG. *Ciência e Prática*, Lavras, v.10, n.2, p.199-209, maio/ago. 1986.
- WAGNER, C.S.; MASSAMBANI, O.** Análise da relação intensidade de chuva-energia cinética de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.12, n.3, p.197-203, set./dez. 1988.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. 58p. (Agriculture Hand-book, 537)

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, v.39, n.2, p.285-291, 1958.

CAPÍTULO 2

MARTINS, Sérgio Gualberto. Erodibilidade para os principais solos ocorrentes nos Tabuleiros Costeiros da Região de Aracruz (ES). Lavras: UFLA, 2001. (Dissertação - Mestrado em Solos em Nutrição de Plantas)¹

RESUMO

A erosão hídrica constitui um fator que contribui para o aumento da degradação dos solos florestais. Nesse sentido, o conhecimento da suscetibilidade do solo à erosão, expressa através da erodibilidade do solo, é fundamental para o planejamento de práticas conservacionistas que visem manter a sustentabilidade da produção. Este estudo teve como objetivo determinar a erodibilidade de forma direta e indireta para as principais classes solos da região dos tabuleiros costeiros. O estudo foi realizado em uma microbacia hidrográfica, em áreas experimentais da Aracruz celulose S.A, município de Aracruz, nas principais classes de solos ocorrentes na região, a saber: Podzólico (Argissolo) Amarelo textura média/argilosa (PA1), Plintossolo Háplico (FX) e Podzólico (Argissolo) Amarelo moderadamente rochoso (PA8). As coletas foram realizadas para cada evento de chuva considerada erosiva. Para o PA1, FX e PA8, os valores de erodibilidade obtidos de forma direta foram de 0,008; 0,034 e 0,001, e de forma indireta, de 0,010; 0,029 e -0,058, respectivamente. Os valores de erodibilidade obtidos de forma indireta confirmaram as classificações de erodibilidade obtidas de forma direta.

¹ Comitê Orientador: Marx Leandro Naves Silva (Orientador); Nilton Curi (Co-orientador).

CHAPTER 2

ABSTRACT

MARTINS, Sérgio Gualberto. Erodibility for the main soils of the coastal plains at Aracruz (ES) region. Lavras: UFLA, 2001 (Master Dissertation in Soil and Mineral Plant Nutrition)¹

The hydric erosion constitutes a factor that contributes to the increment of forest soils degradation. In this sense, the knowledge of the susceptibility of soil to erosion, expressed through the soil erodibility, is fundamental for the planning of conservation practices which aim to maintain the production sustainability. This study has as objective to determine the erodibility, obtained directly or indirectly, for the main soil classes of Coastal Plain region. It was performed on a small watershed, included in the experimental areas of Aracruz Celulose S.A., at Aracruz (ES) county, using the following soils: medium/clayey texture Yellow Podzolic soil (YP1), Haplic Plinthosol (HP) and moderately rocky Yellow Podzolic soil (YP8). The samplings were performed for each event of rain considered erosive. For the YP1, HP and YP8 soils, the values of erodibility directly obtained were 0.008; 0.034 and 0.001, and the ones indirectly obtained were 0.010; 0.029 and -0.058, respectively. The values of erodibility indirectly obtained confirmed the classifications of erodibility directly obtained.

¹ Supervising Committee: Marx Leandro Naves Silva (Supervisor); Nilton Curi (Co-supervisor).

1 INTRODUÇÃO

A erosão hídrica constitui um fator que contribui para a redução da produtividade e aumento da degradação dos solos florestais (Ramakrishna e Davidson, 1998). Nesse sentido, o conhecimento da suscetibilidade do solo à erosão, expressa através da erodibilidade, é fundamental para o planejamento de práticas conservacionistas que visem manter a sustentabilidade do sistema. A erodibilidade é representada pelo fator K da Equação Universal de Perdas de Solo e consiste no parâmetro do solo responsável pela resistência à erosão, sendo condicionada por atributos mineralógicos, químicos, morfológicos e físicos do solo.

A erodibilidade do solo representa sua suscetibilidade à erosão, expressa em termos de quantidade de solo perdido por unidade de erosividade da chuva. Por sua vez, a erosividade da chuva representa o potencial erosivo da chuva, expresso pelo EI_{30} . No Brasil, os coeficientes de determinação entre os parâmetros da chuva e as perdas de solo têm apresentado valores mais baixos, entre 0,57 a 0,77 (Silva et al., 1997b). Contudo, para os diferentes parâmetros da chuva testados, o EI_{30} sempre se tem apresentado como bom preditor da capacidade potencial das chuvas de causar erosão (Lombardi Neto, 1977; Biscaia, Rufini e Henklain, 1981; Morais, Mutti e Eltz, 1988; Silva et al. 1997a e Silva et al., 1997b). A erodibilidade do solo pode ser determinada de forma direta, através de instalação de parcelas de perdas de solo no campo e erosividade da chuva, ou de forma indireta, através de modelos de predição.

Em um estudo de erodibilidade em solos com B textural, Marques et al. (1997a) realizaram um levantamento para obtenção de valores de erodibilidade para vários solos ocorrentes em diversas regiões do Brasil. Os valores de erodibilidade apresentaram uma amplitude de 0,004 a 0,045 t h (MJ mm)⁻¹, sendo o maior valor de erodibilidade de 0,045 t h (MJ mm)⁻¹, observado para um

Podzólico Amarelo eutrófico Tb A moderado textura arenosa/média de Fortaleza (CE). Segundo Foster et al. (1981), os valores de erodibilidade 0,010; 0,030 e 0,060 t h (MJ mm)⁻¹ são classificados como baixo, moderado e alto, respectivamente. No Brasil, considerando sua grande extensão territorial, ainda são poucos os resultados sobre erodibilidade de solos e erosividade da chuva. A obtenção de dados de perdas de solo em experimentos com chuva natural é uma pesquisa cara e morosa, razão do pequeno número de estudos que vêm sendo realizados no país. Portanto, este estudo teve como objetivo determinar a erodibilidade de forma direta e indireta para os principais classes solos da região dos tabuleiros costeiros, no município de Aracruz (ES).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área estudada

O estudo foi realizado em uma microbacia hidrográfica de 286,12 ha, em áreas experimentais da Aracruz celulose S.A, no município de Aracruz (ES). O clima da região é Aw segundo a classificação de Köppen. A unidade de pesquisa está situada nas coordenadas 19°35 e 20°15 latitude sul e 40°00 e 40°20 longitude oeste. A temperatura média anual é de 23°C, e a precipitação média é de 1400 mm ano⁻¹. O estudo foi realizado nas principais classes de solos ocorrentes na região, a saber: Podzólico (Argissolo) Amarelo textura média/argilosa (PA1), Plintossolo Háptico (FX) e Podzólico (Argissolo) Amarelo moderadamente rochoso (PA8).

2.2 Determinação da erodibilidade de forma direta

Os valores de erodibilidade foram obtidos através de regressão linear simples ($y = a + bx$), utilizando as perdas de solo no eixo (x) e erosividade da chuva no eixo (y), em que o coeficiente b, após correções do declive, representa a erodibilidade do solo.

O fator erodibilidade do solo foi corrigido para o declive referente à parcela padrão (9%), conforme preconizado por Wischmeier e Smith (1978), e transformado para o sistema internacional de unidades proposto por Bertoni, Lombardi Neto e Benatti Júnior (1975):

$$LS = L^{0,5} 100^{-1} (1,36 + 0,975S + 0,1385S^2)$$

em que LS é o fator topográfico, adimensional, da equação universal de perda de solo, corrigido para as condições da parcela padrão; L é o comprimento do declive em m; e S é o declividade do terreno em porcentagem.

Foram utilizados dados de chuva e perdas de solo diários, mensais e anuais. A metodologia para o cálculo da erosividade da chuva pode ser observada no Capítulo 1, e para perdas de solo, no Capítulo 3.

2.3 Determinação da erodibilidade de forma indireta

Para cálculo da erodibilidade indireta, foi utilizado o modelo matemático abaixo, proposto por Marques et al. (1997b), para solos com horizonte B textural:

$$K = -0,006 + 0,007X_1 - 0,855 \times 10^{-5}X_2 + 3,637 \times 10^{-6}X_3 - 1,878 \times 10^{-5}X_4 + 1,172 \times 10^{-7}X_5 - 0,012X_6 - 2,438 \times 10^{-4}X_7 + 1,107 \times 10^{-4}X_8$$

Onde:

- X_1 - Código do tamanho da estrutura do horizonte A (adimensional)
- X_2 - Silte disperso em água do horizonte Bt (g kg^{-1}) multiplicado por X_1
- X_3 - Partículas maiores que 0,1 mm dispersas em NaOH 1 mol L^{-1} (g kg^{-1}) multiplicado por C orgânico (g kg^{-1}) do horizonte A
- X_4 - C orgânico (g kg^{-1}) multiplicado pela AMG¹ Dispersa em água (g kg^{-1}) do horizonte A
- X_5 - AMF (g kg^{-1}) + AMMF² (g kg^{-1}) + Silte (g kg^{-1}) multiplicado pela argila (g kg^{-1}) do horizonte A com dispersão em água

¹ Areia muito grossa; ² Areia muito fina; ³ Areia muitíssimo fina

- X₆ - DMG⁴ sem pré-tratamento do horizonte Bt (mm)
- X₇ - Atividade da argila do horizonte Bt (mmol_c kg⁻¹)
- X₈ - AMG dispersa em água do horizonte Bt (g kg⁻¹)

2.4 Análise física

A análise granulométrica do solo foi realizada pelo método da pipeta, segundo Day (1965).

⁴ Diâmetro médio geométrico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se a distribuição de partículas do solo por classe de tamanho. De modo geral, observa-se um predomínio da fração areia, quando comparada com silte e argila. Para o fracionamento da areia, os menores valores foram observados para a areia muito fina e, de forma geral, para areia muito grossa, havendo uma tendência de distribuição uniforme para areia grossa, média e fina, proporcionando um balanço ideal quando analisadas em relação à erodibilidade do solo. A relação da erodibilidade com a textura do solo mostra que geralmente os solos se tornam menos susceptíveis à erosão quando decresce o teor de silte; no entanto, as porcentagens de silte, areia e argila devem ser consideradas em relação a outros parâmetros físicos e químicos (Wischmeier e Mannering, 1969).

TABELA 1 - Distribuição de partículas por tamanho dos solos estudados dos horizontes (Hor) A e B.

Solo	Hor	g kg ⁻¹							
		Argila	Silte	Areia	AMG ¹	AG ²	AM ³	AF ⁴	AMF ⁵
Dispersão em NaOH 1N									
PA1	A	220	80	700	82	216	171	175	56
	B	450	60	490	60	110	160	120	40
FX	A	270	60	670	71	182	175	177	65
	B	320	200	480	62	116	105	135	62
PA8	A	410	110	480	201	126	69	65	19
	B	650	110	240	61	61	50	51	17
Dispersão em água									
PA1	A	50	220	730	70	210	180	180	90
	B	20	230	750	72	172	174	234	98
FX	A	30	90	880	110	263	214	212	81
	B	44	314	642	59	126	133	212	112
PA8	A	90	120	790	268	250	105	136	31
	B	174	115	711	149	189	174	154	45

¹AMG - areia muito grossa; ²AG - areia grossa; ³AM - areia média; ⁴AF - areia fina; ⁵AMF - areia muito fina.

Os modelos lineares $P = 0,850878 + 0,001054EI_{30}$, $P = 1,467553 - 0,000639EI_{30}$ e $P = 1,467553 - 0,000639EI_{30}$ para os solos PA1, FX e PA8, adotados para determinação da erodibilidade, apresentam como variáveis a erosividade (EI_{30}) e as perdas de solo (P). Estes modelos consideraram valores médios anuais e foram os modelos que apresentaram os maiores coeficientes de determinação.

Os modelos lineares foram corrigidos para que as coordenadas iniciais partissem da origem, se apresentando da seguinte forma: $P = 0,00176 EI_{30}$ ($R^2 = 0,9372^*$), $P = 0,00578 EI_{30}$ ($R^2 = 0,4696^*$) e $P = 0,005284 EI_{30}$ ($R^2 = 0,8955^*$), respectivamente para o PA1, FX e PA8. De acordo com Silva et al. (1997b), os coeficientes de determinação obtidos através de regressão linear simples utilizando perdas de solo (y) e erosividade da chuva (x), no Brasil, têm se apresentado como baixos, o que pode ser observado para o FX. No entanto, os coeficientes de determinação para o PA1 e PA8 foram elevados.

O coeficiente linear b, após corrigido pelo fator topográfico (LS), 0,23; 0,17 e 6,45, respectivamente para PA1, FX e PA8, permitiu obter as erodibilidades dos solos, que foram estimadas em 0,008; 0,034 e 0,001 t h MJ⁻¹ mm⁻¹ para o PA1, FX e PA8, respectivamente. Estes valores foram classificados como baixos para o PA1, PA8 e médio para o FX, conforme Foster et al. (1981). Os valores encontrados para os solos PA1 e PA8 estão bem abaixo do valor de erodibilidade encontrado por Marques et al. (1997a) para um Podzólico Amarelo de Fortaleza, que foi de 0,045 t h (MJ mm)⁻¹, estando o FX mais próximo deste valor. Duarte et al. (2000), trabalhando com Podzólico Amarelo e Plintossolo dos tabuleiros costeiros, verificaram que a composição mineralógica das frações grosseiras desses solos é amplamente dominada por quartzo e traços de outros minerais, sendo esses elementos distribuídos em um plasma caulinitico com pequenas contribuições de gibbsita. Os valores de erodibilidade encontrados para os solos estudados estão relacionados à mineralogia predominantemente

caulinítica, conferindo a estes solos alta coesão e, conseqüentemente, maior resistência ao arraste de material pelo deflúvio superficial, sobrepujando, desta maneira, os baixos valores de permeabilidade para estes solos devido a uma redução da porosidade, induzida pelo arranjo face a face das placas de caulinita. Outro aspecto que contribuiu para explicar os valores de erodibilidade dos solos estudados é o baixo percentual de silte e areia muito fina (Tabela 1). Segundo Wischmeier, Johnson e Cross (1971), a erodibilidade tende a aumentar com o incremento do conteúdo de silte mais areia muito fina e a diminuir com o aumento dos areia maior que 0,1 mm e argila.

Na Tabela 2 são apresentados os valores de erodibilidade obtidos de forma direta e indireta através de modelo matemático, proposto por Marques et al. (1997b), para a estimativa da erodibilidade de solos brasileiros com B textural. Os valores de erodibilidade obtidos de forma indireta foram de 0,010, 0,029 e (-0,058) para o PA1, FX e PA8, respectivamente. Para o solo PA1, o valor de erodibilidade, determinado de forma indireta, foi mais elevado do que o valor determinado de forma direta; entretanto, a erodibilidade obtida de forma indireta também foi classificada como baixa, de acordo com de Foster et al. (1981), confirmando os baixos valores de erodibilidade encontrados para este solo, determinados de forma direta. Para o PA8, o valor de erodibilidade obtido de forma indireta foi de -0,058, indicando baixa erodibilidade para este solo.

TABELA 2 - Erodibilidade dos solos estudados obtidos de forma direta e indireta.

Solo	Erodibilidade direta	Erodibilidade indireta
	t h (MJ mm) ⁻¹	
PA1	0,008 (R ² = 0,937*)	0,010
FX	0,034 (R ² = 0,469*)	0,029
PA8	0,001 (R ² = 0,889*)	-0,058

Com relação ao FX, a erodibilidade determinada de forma indireta foi de $0,029 \text{ t h (MJ mm)}^{-1}$, sendo classificada como média, aproximando-se do valor determinado de forma direta, que foi de $0,034 \text{ t h (MJ mm)}^{-1}$, o qual foi também classificado como valor médio, podendo-se observar que o modelo de Marques et al. (1997b) é um bom preditor da erodibilidade para solos com B textural. No entanto, estudos futuros são de fundamental importância para comprovação dos valores de erodibilidade dos solos estudados.

4 CONCLUSÕES

- Os valores de erodibilidade foram 0,008, 0,034 e 0,001 t h MJ⁻¹ mm⁻¹, respectivamente para os solos PA1, FX e PA8;
- Os valores de erodibilidade calculados de forma indireta confirmaram as classificações de erodibilidade obtidas pelo método direto.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATI JÚNIOR, R. Equação de perdas de solo. Campinas, Instituto Agronômico, 1975. 25p. (Boletim Técnico, 21)
- BISCAIA, R.C.M.; RUFINI, R.L.; HENKLAIN, J.C. Cálculo da erodibilidade (fator k) de dois solos do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.5, n.3, p.183-186, set./dez. 1981.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. (ed). *Methods os Soil Analysis*. Madison: ASA, 1965. p.545-566.
- DUARTE, M.N.; CURI, N.; PÉREZ, D.V.; KAMPF, N.; CLAESSEN, M.E.C. Mineralogia, Química e Micromorfologia de Solos de uma Bacia nos Tabuleiros Costeiros do Espírito Santo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.6, p.1237-1250, jun. 2000.
- FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal Soil Water Conservation*, Ankeny, v.36, n.6, p.355-359, Nov./Dec. 1981.
- LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brasil. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53p. (Dissertação de Mestrado).
- MARQUES, J.J.G.S.M.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; CAROLINO DE SÁ, M.A. Adequação de métodos indiretos para estimativa da erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, n.3, p.447-456, jul./set. 1997a.
- MARQUES, J.J.G. S.M.; CURI, N.; LIMA, J.M.; FERREIRA, M.M.; SILVA, M.L.N.; FERREIRA, D.F. Estimativa e comparações dos fatores erosividade das chuvas e erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, n.3, p.457-465, jul./set. 1997b.
- MORAIS, L.F.B. de.; MUTTI, L.S.M.; ELTZ, F.L.F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. *Revista*

Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.12, n.3, p.281-284, set./dez. 1988.

RAMAKRISHMA, 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: ADANS, 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)

SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N. Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia, GO. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.32, n.10. p.977-985, out. 1997a.

SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J.M. Relação entre parâmetro de chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Latossolo Vermelho - Escuro em Goiânia (GO). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.21, n.1, p.131-137, jan./mar. 1997b.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, United States Department of Agriculture, 1978. 58p. (Agriculture Handbook, 537)

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. Journal of soil and water conservation, Ankeny, v.26, n.5, p.189-193, Sept./Oct. 1971.

WISCHMEIER, W.H.; MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.33, n.1, p.131-137, Jan./Feb. 1969.

CAPÍTULO 3

MARTINS, Sérgio Gualberto. Perdas de solo e água, tolerância de perda de solo e fator cobertura vegetal em sistemas florestais, na região de Aracruz (ES). Lavras: UFLA, 2001 (Dissertação - Mestrado em Solos em Nutrição de Plantas)¹

RESUMO

A constante redução da produtividade nos solos agrícolas e em solos com atividade de exploração florestal tem sido atribuída principalmente à erosão hídrica e ao manejo inadequado do solo. A cobertura vegetal assume grande importância na proteção do solo contra agentes erosivos. Dessa forma, este estudo teve como objetivos avaliar as perdas de solo e água em floresta de produção de eucalipto, determinar a tolerância de perda para as principais classes de solo nos Tabuleiros Costeiros da região de Aracruz (ES), e o fator cobertura vegetal em uma microbacia piloto coberta com eucalipto e mata nativa. Os estudos foram realizados em áreas experimentais da Aracruz Celulose S.A, na região de Aracruz (ES). O experimento foi instalado nas principais classes de solos ocorrentes na região, a saber: Podzólico (Argissolo) Amarelo textura média/argilosa (PA1), Plintossolo Háptico (FX) e Podzólico (Argissolo) Amarelo moderadamente rochoso (PA8). Foram utilizados dados de perda de solo no período de janeiro de 1997 a agosto de 2000. As coletas foram realizadas para cada evento de chuva considerada erosiva. As tolerâncias de perdas de solo admissíveis foram estimadas. As perdas de solo, na parcela padrão, evidenciaram a seguinte tendência geral: PA8 > PA1 > FX. O PA8, só pelo seu relevo (forte ondulado), já inspira maiores cuidados com o processo erosivo. O solo PA1, por estar numa posição de topo, propicia maiores perdas em relação ao FX (posição deprecional). As perdas de água por enxurrada tendem a apresentar valores correspondentes a 12% da precipitação média anual. As perdas de água apresentaram a seguinte tendência geral: PA8 > PA1 > FX. As perdas de solo nas parcelas com eucalipto estão bem abaixo dos limites de tolerância estimados para os solos da região. Os valores do fator cobertura foram de 0,0001 para mata nativa e de 0,0013 para o eucalipto.

¹ Comitê Orientador: Marx Leandro Naves Silva (Orientador); Nilton Curi (Co-orientador).

CHAPTER 3

ABSTRACT

MARTINS, Sérgio Gualberto. Soil and water loss, soil loss tolerance and vegetal cover factor on forest systems at Aracruz (ES) region. Lavras: UFLA, 2001 (Master Dissertation in Soil and Mineral Plant Nutrition)¹

Constant yield decreases in cropland and forest soils has been attributed mainly to water erosion and poor soil management. The vegetal cover has great importance to protect the soil against erosion agents. Thus this study aimed to evaluate soil and water losses in *Eucalyptus* forests, determine soil loss tolerance for the main soil classes in the coastal plains of the region of Aracruz (ES), and also to determine the vegetal cover factor in an experimental watershed under *Eucalyptus* and native forest. The studies were made at the experimental area of Aracruz Celulose Corp., in the region of Aracruz (ES). The plots were installed on the main soil classes of the region, which are: Yellow Podzolic Soil (Argisol) medium/clayey texture (YP1), Haplic Plinthosol (FX), and Yellow Podzolic Soil (Argisol) moderately rocky (YP8). Soil loss data from Jan/1997 to Aug/2000 were used. The measurements were made after every erosive rainfall event. Soil loss tolerance limits were estimated. In the standard soil loss plot, the soil losses showed the following general trend: YP8 > YP1 > FX. Soil YP8 just based on its topography (steep) inspires more conservation cares. Soil YP1, for being on the summit of local hills, has more soil losses than FX (depressional position). Water losses presented values corresponding to 12% of the yearly rainfall. Water losses had the general trend: YP8 > YP1 > FX. Soil losses for *Eucalyptus* plots are well below the soil loss tolerance limits estimated for the region. The vegetal cover factor was 0.0001 for the native forest and 0.0013 for *Eucalyptus*.

¹ Supervising Committee: Marx Leandro Naves Silva (Supervisor); Nilton Curi (Co-supervisor).

1 INTRODUÇÃO

A constante redução da produtividade nos solos agrícolas e em solos com atividade de exploração florestal 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 o processo de 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 e Davidson (1998) e Powers, Tiarks e Boyle (1998), a erosão hídrica é um dos critérios a ser considerado quando se avalia a sustentabilidade do solo florestal.

A erosão hídrica é, fundamentalmente, a ação erosiva da chuva sobre o solo. A desagregação das partículas de 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. Sua erodibilidade representa sua suscetibilidade à erosão, expressa em termos de quantidade de perdas de solo por unidade de erosividade da chuva. A resistência dos solos à erosão hídrica apresenta grande amplitude devido à variabilidade climática, que influi na erosividade das chuvas, bem como à variação de classes de solos com atributos diferenciados, os quais, conseqüentemente, refletem na erodibilidade, tornando arriscado estimar valores de erodibilidade unicamente pela classificação do solo.

Vários autores têm obtido perdas de solo e água em vários sistemas agrícolas e pastagens. Em Dourados (MS), perdas de solo foram quantificadas em vários sistemas de manejo para a cultura do milho e soja, sendo que, nos dois sistemas, as perdas variaram de 2,8 a 7,3 t ha⁻¹ ano⁻¹ (Hernani et al., 1997). Em um Podzólico Vermelho-Amarelo, Nunes Filho et al. (1990) determinaram perdas de solo e água para a cultura do milho. As perdas de solo ficaram em

torno de 17,7 a 41,4 t ha⁻¹ ano⁻¹ e as de água variaram de 12,0 a 20,1 mm, respectivamente. Silva et al. (1989), avaliaram a influência do cultivo isolado de milho e com consórcio sobre as perdas de solo e água numa Terra Roxa Estruturada, sendo que as perdas de solo variaram de 17,7 a 41,4 t ha⁻¹ ano⁻¹ e as perdas de água de 12 a 29,5mm. Numa revisão sobre perdas de solo em plantio direto e convencional, em diversas unidades de solo e tipos de cultura, Silva, Bahia e Barroso (1992), encontraram valores de perdas de solo numa amplitude de 0,1 a 31,8 t ha⁻¹ ano⁻¹, sendo o plantio direto o sistema que apresentou as menores perdas de solo. Margolis, Galindo e Mello Neto (1991) quantificaram perdas de solo e água em diferentes cultivos da mandioca, sendo que os valores de perdas de solo variaram de 1,44 a 15,26, e perdas de água, de 9,44 a 51,66 mm. Para a cultura do café, Rufino, Henklain e Biscaia (1985) verificaram perdas variando de 30,03 a 133,20 t ha⁻¹ ano⁻¹. Dechen, Lombardi Neto e Castro (1981) avaliaram o efeito das 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 mm. Hernani, Kurihara e Silva (1999) quantificaram perdas de solo e diversos sistemas de manejo durante seis anos; as perdas médias de solo foram de 2,8 a 6,9 t ha⁻¹ ano⁻¹.

Para a cultura do eucalipto, poucos são os estudos de erosão. Lima (1996) determinou perda 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, observado-se uma diminuição acentuada de perdas de solo do primeiro para o quarto ano.

A cobertura vegetal assume papel de grande importância nos estudos de erosão hídrica. No Brasil, valores do fator cobertura do solo, que se refere ao fator cobertura vegetal na Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), para cultura do eucalipto, são inexistentes na literatura. A cobertura do solo é

determinada a partir das razões de perdas de solo (RPS) e da distribuição do índice de erosão anual local. O cálculo do fator cobertura do solo, para ser utilizado na Equação Universal de Perdas de Solo, é feito pelo usuário, para as condições locais de distribuição anual da erosividade da chuva e cobertura. De acordo com Roose (1977), citado por Resende e Almeida (1985), os valores do fator cobertura do solo para milho, sorgo e milheto apresentam uma variação de 0,40 a 0,90; para o arroz, variaram de 0,10 a 0,20 ; para algodão e fumo, foram de 0,50; e para floresta densa ou cultura com cobertura morta expressa, de 0,001. De Maria (1997) determinou o fator C e a RPS em vários estágios da cultura do milho e em vários sistemas de manejo, encontrando variações de 0,025 a 0,156 e de 0,34 a 0,01, respectivamente.

A avaliação das perdas de solo e água assume importância fundamental na escolha e adoção de práticas que visem minimizar a degradação do solo, mantendo as perdas dentro do limite de tolerância e, conseqüentemente, a sustentabilidade nas atividades de uso do solo.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar as perdas de solo e água em floresta de produção de eucalipto, determinar a tolerância de perda de solo para as principais classes de solo, nos Tabuleiros Costeiros da região de Aracruz (ES), e o fator cobertura vegetal (C) em uma microbacia piloto coberta com eucalipto e mata nativa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área estudada

O estudo foi realizado em uma microbacia hidrográfica de 286,12 ha, em áreas experimentais da Aracruz celulose S.A., no município de Aracruz (ES). Foram utilizados dados de perda de solo ocorridos no período de janeiro de 1997 a agosto de 2000. O clima da região é Aw segundo a classificação de Köppen. A unidade de pesquisa está situada nas coordenadas 19°35 e 20°15 latitude sul e 40°00 e 40°20 longitude oeste. A temperatura média anual é de 23°C, e a precipitação média é de 1.400 mm ano⁻¹.

2.2 Instalação do experimento e metodologia de coleta

O experimento foi instalado nas principais classes de solos ocorrentes na região, a saber: Podzólico (Argissolo) Amarelo textura média/argilosa (PA1), Plintossolo Háplico (FX) e Podzólico (Argissolo) Amarelo moderadamente rochoso (PA8). Os tratamentos foram solo descoberto, solo sob cultivo de eucalipto (área de renovação) e solo sob floresta nativa.

A avaliação das perdas de solo foi realizada através de parcelas instaladas no campo, com dimensões de 12,0 x 24,0 m para o solo cultivado com eucalipto e 4,0 x 12,0 m (Figuras 1 e 2) para o solo sob floresta nativa e descoberto. O comprimento obedeceu o sentido do declive, sendo escolhidas áreas com o declive máximo característico de cada classe de solo estudada. As parcelas foram contornadas com chapas galvanizadas com 0,40 m de largura, que foram enterradas a 0,20 m. Dentro das parcelas foram mantidos os tocos de eucalipto remanescentes do ciclo anterior e também o camalhão (*bedding*).

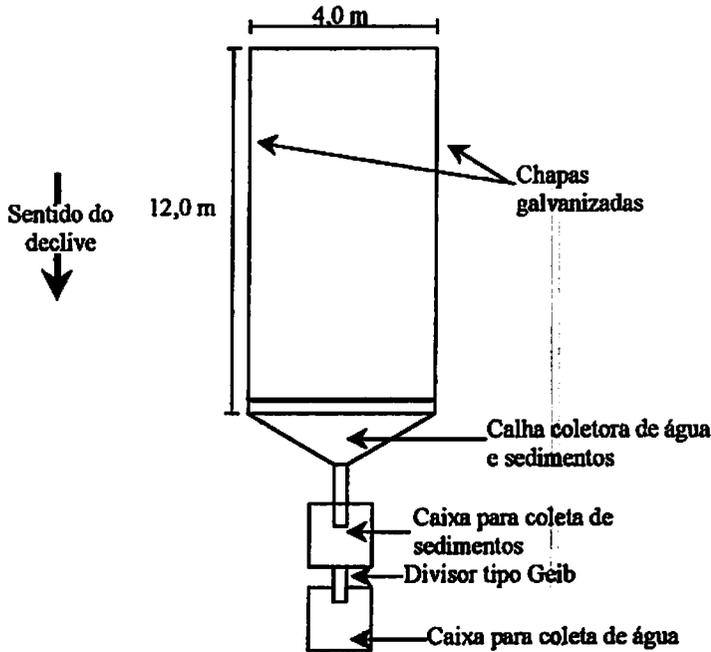


FIGURA 1 - Desenho esquemático da parcela de coleta de sedimentos e água da mata nativa e do solo descoberto. A parcela do eucalipto é semelhante, diferindo na largura 12 m, e no comprimento 24 m.

O experimento foi instalado após o corte do eucalipto e a realização de todas as práticas culturais de renovação. Na parte inferior das parcelas foram colocadas calhas coletoras, com cano plástico de 3 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 (Figura 3).

A partir do sistema divisor, através de uma canaleta, a água e sedimentos foram 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 para a cada evento de chuva considerada erosiva, adotando metodologias de Cogo (1978a e b).



FIGURA 2 - Parcela de coleta de perdas de solo.

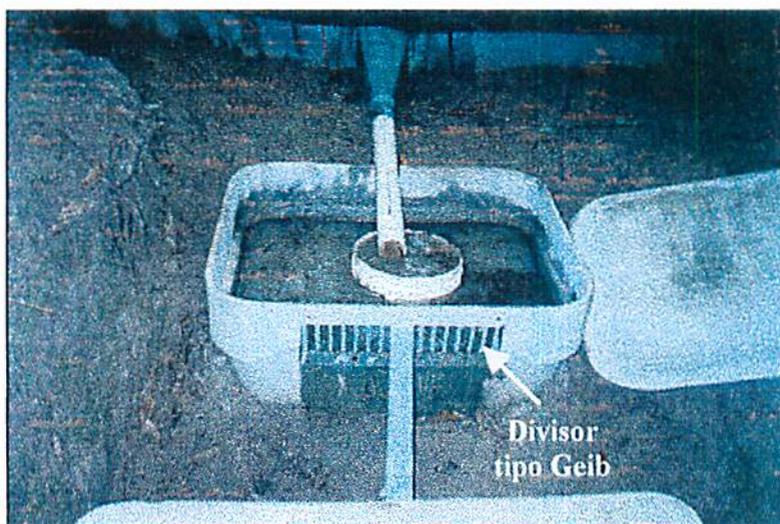


FIGURA 3 - Caixa de coleta com sedimentos, após chuva erosiva.

2.3 Tolerância de perdas do solo

Para o cálculo do valor de tolerância de perdas de solo, foi utilizada a análise de perfis de solos representativos da região, descritos em Embrapa (1994), Embrapa (1995) e Curi et al. (1998), e complementada com observações e determinações de campo. Os solos estudados foram: Podzólico (Argissolo) Amarelo textura média/argilosa (PA1), Plintossolo Háptico (FX) e Podzólico (Argissolo) Amarelo moderadamente rochoso (PA8). As tolerâncias de perdas de solo admissíveis foram estimadas através de dois métodos. O primeiro método, proposto por Smith e Stamey (1964), com modificações de Lombardi Neto e Bertoni (1975), leva em consideração a profundidade efetiva do solo e a relação textural entre os horizontes subsuperficiais e superficiais. O segundo método, proposto por Galindo e Margolis (1989), considera, além dos parâmetros do método anterior, 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 a sustentabilidade. 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.

2.4 Fator cobertura do solo

Os dados gerados nas parcelas de perdas de solo sob chuva natural (parcelas com solo descoberto, eucalipto e floresta nativa) foram utilizados para estabelecer a razão de perdas de solo em cada estágio da cultura do eucalipto, para determinação do fator cobertura do solo. Para determinação dos valores de razão de perdas de solo (RPS) e do fator cobertura do solo, foram estabelecidos estágios da cultura do eucalipto em função dos anos de condução do experimento, além de ser utilizada a floresta nativa no estágio atual.

A razão de perdas de solo (RPS) é expressa pela relação entre as perdas de solo da parcela com eucalipto e as perdas de solo da parcela descoberta, em cada um dos estágios da cultura do eucalipto. O cálculo é feito segundo Wischmeier e Smith (1978), utilizando a seguinte equação:

$$RPS_i = \frac{PC_i}{PD_i}$$

Onde:

- RPS - Razão de perdas de solo;
- i - Estágio da cultura (foi considerada a idade do eucalipto em anos);
- PC - Perda de solo no tratamento com eucalipto ou floresta nativa ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).
- PD - Perda de solo no tratamento em solo descoberto ($t \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Com os valores das RPS de cada estágio do eucalipto e da floresta nativa e a distribuição da erosividade em cada local é calculado o fator cobertura do solo para as duas situações descritas:

$$C = \sum \frac{RPS_i}{R_i}$$

Onde:

- C - Fator cobertura do solo;
- i - Estádio da cultura (considerando a idade do eucalipto em anos);
- RPS - Razão de perdas de solo no estágio i;
- R - Erosividade no estágio i.

2.5 Potencial de perdas do solo (PAS)

$$\text{PAS} = \frac{\text{Perdas de solo (t ha}^{-1}\text{)}}{\text{Perdas de solo (mm)}}$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, observa-se a declividade máxima do PA1, FX e PA8, bem como a classificação do relevo. O PA1 e FX apresentam relevo variando de plano a ondulado, sendo que o PA1 ocorre no topo plano da paisagem, e o FX ocupa posição deprecionada na paisagem. O PA8 apresenta relevo forte ondulado, tornando-se, sob este aspecto, potencialmente mais susceptível à erosão.

TABELA 1 - Declividade máxima e relevo para os diferentes manejos e solos 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 e Santos (1996).

As perdas de solo entre os anos apresentaram uma variação de 0,04 a 41,83 t ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (Tabela 2) para condição de mata nativa do PA1 e solo descoberto do PA8. Considerando os valores médios, as perdas de solo apresentaram uma variação de 0,07 a 16,40 t ha⁻¹ ano⁻¹. As menores perdas foram observadas para o sistema sob mata nativa, independente do solo, o que

pode ser explicado pela maior proteção que este sistema oferece ao solo. A sazonalidade na queda de folhas permite uma rica camada de folhas em decomposição, formando a serrapilheira, contribuindo para o aumento de matéria orgânica, condicionando agregados de maior estabilidade e, por consequência, melhor estruturação destes solos (Lima, 1996; Lima e Zakia 1998).

Em todos os sistemas de manejo, o PA8 apresentou maiores perdas de solo, possivelmente por estar em uma posição de relevo mais acidentado na paisagem, favorecendo maior velocidade do escoamento superficial e, consequentemente, maior arraste das partículas do solo. Entre o PA1 e FX, quase não houve diferenças, embora o PA1 tenha apresentado maiores perdas por estar em uma posição de topo, mais sujeito à erosão. Já o FX ocorre em locais abaciados, menos susceptíveis à erosão (Tabela 2).

As maiores perdas foram observadas para a parcela descoberta que expressa a máxima condição de perda. A tendência geral de perdas de solo foi a seguinte: $PA8 > FX > PA1$ (Tabela 2). As perdas de solo para o eucalipto variaram de 1,16 a 1,85 t ha⁻¹ ano⁻¹; no entanto, as perdas de solo estão abaixo do limite de tolerância estimado para os solos da região, que foi de 10, 13 e 11 t ha⁻¹ para o PA1, FX e PA8, respectivamente. Estes resultados indicam que, para as condições de estudo, o manejo atual está dentro da linha de sustentabilidade. Embora as perdas estejam abaixo do limite de tolerância, práticas de conservação do solo podem diminuir ainda mais essas perdas, aproximando os valores de perdas de solo do eucalipto dos valores de perdas de solo da mata nativa, o que seria uma condição de máxima preservação.

TABELA 2 - Valores de perdas de solo para eucalipto, mata nativa, solo descoberto e tolerância de perdas para os solos estudados.

Solo	Ano	Perdas de solo (t ha ⁻¹)			Tolerância (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)
		Eucalipto	Mata	Descoberto	
PA1	1997	0,69	0,07	1,25	10,0
	1998	3,07	0,11	2,56	
	1999	0,93	0,04	2,38	
	2000	0,29	0,08	1,87	
	Média	1,24	0,07	1,87	
	DP	1,24	0,03	0,59	
	CV%	100	42,85	31,55	
FX	1997	1,77	0,06	1,77	13,0
	1998	2,10	0,07	0,65	
	1999	0,58	0,04	0,95	
	2000	0,21	0,08	0,32	
	Média	1,16	0,06	0,92	
	DP	0,91	0,017	0,62	
	CV%	78,44	28,33	67,39	
PA8	1997	3,20	0,15	2,90	11,0
	1998	0,32	0,21	1,57	
	1999	2,38	0,10	19,31	
	2000	1,52	0,06	41,83	
	Média	1,85	0,13	16,40	
	DP	1,23	0,06	18,77	
	CV%	66,48	46,15	144,51	

A questão dos efeitos ambientais do eucalipto é muito questionada; entretanto, o presente estudo mostra que para as condições de plantio e de solo aqui estudadas, as perdas de solo no plantio de eucalipto, comparativamente com perdas de solo em cultura agrícolas avaliada por vários autores (Dechen, Lombardi Neto e Castro, 1981; Rufino, Henklain e Biscaia, 1985; Silva et al., 1989; Margolis, Galindo e Mello Neto, 1991; Nunes Filho et al., 1990; Silva, Bahia e Barroso, 1992; Hernani et al., 1997 e Hernani, Kurihara e Silva, 1999), são consideravelmente menores. As menores perdas de solo para a cultura do eucalipto podem ser atribuídas à eficiente cobertura que esta cultura proporciona ao solo, favorecendo a interceptação das gotas de chuva pelas copas das árvores,

rápida cobertura do solo através da serrapilheira e um ciclo mais longo do que as culturas agrícolas, promovendo, neste sentido, um menor revolvimento do solo. Considerando o ciclo do eucalipto de sete anos, para celulose, a expectativa é de que, para os próximos anos, as perdas de solo e água neste sistema diminuam, pois esta tendência já pode observada do terceiro para o quarto ano de instalação da cultura, corroborando os estudos de Lima (1996). Outro aspecto interessante a ser abordado aqui neste estudo é que, na colheita florestal, com relação à conservação do solo, dentro das possibilidades do planejamento silvicultural deve-se deixar o máximo de resíduos da colheita na área, a fim de manter a superfície do solo coberta, minimizando, desta forma, as perdas de solo de um ciclo da cultura para outro.

Embora o eucalipto, neste estudo, tenha apresentado perdas de solo bem abaixo do limite de tolerância (Tabela 2), a perda de solo por mm de água da enxurrada, expressa pelo potencial de arraste de sedimento (PAS) (Tabela 3) no plantio de eucalipto, foi mais elevada do que na mata nativa e solo descoberto. Os baixos valores de PAS apresentados pela mata, podem ser atribuídos a uma barreira física proporcionada, pela densa camada de folhas, galhos e troncos em decomposição, bem como pela presença de regeneração, dificultando o escoamento superficial e, conseqüentemente, o arraste de partículas. Por outro lado, o solo descoberto também apresentou valores menores de PAS do que o eucalipto, possivelmente devido a um efeito de encrostamento. No entanto, o encrostamento pode ser considerado um estágio avançado de degradação do solo. Neste sentido, a manutenção da regeneração natural nos plantios puros de eucalipto assume um papel de grande importância na redução do potencial de arraste.

A precipitação média para os anos de 1997 a 2000 foi de 922,88 mm, sendo as leituras referentes ao período de janeiro a agosto de 2000. Com relação às perdas de água (Tabela 3), entre os anos de condução do estudo, para as

diferentes situações, houve uma variação de 4,55 a 155,98 mm ano⁻¹, sendo que os valores médios anuais variaram de 9,09 a 70,48 mm ano⁻¹. A tendência geral de perdas foi a seguinte: PA8>PA1>FX. O solo descoberto foi o que promoveu maiores perdas de água em relação aos solos PA8 e PA1. As menores perdas foram verificadas para o sistema sob mata nativa, independente do solo.

TABELA 3 - Valores médios de Perdas de água para eucalipto, mata nativa e solo descoberto.

Solo	Ano	Perda de água (mm)*			PAS (t ha ⁻¹ mm ⁻¹)**		
		Euc	Mata	Desc	Euc	Mata	Desc
PA1	1997	21,83	7,15	10,14	0,057	0,007	0,030
	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			
	DP	13,90	4,82	64,36			
	CV%	51,08	47,00	103,89			
FX	1997	9,59	9,09	9,43	0,052	0,007	0,047
	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			
	DP	19,36	1,04	12,20			
	CV%	87,12	11,44	63,60			
PA8	1997	23,35	6,68	58,91	0,070	0,006	0,233
	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			
	DP	14,06	27,89	13,13			
	CV%	55,48	137,66	18,62			

* Período de 1997 a 2000.

** Potencial de arraste de sedimento.

Na literatura brasileira, valores do fator cobertura vegetal para a cultura do eucalipto são inexistentes. Neste estudo, a determinação deste fator para o

eucalipto e mata nativa pode ser observada na Tabela 4. Os valores do fator cobertura do solo calculados para mata nativa e eucalipto foram de 0,0001 e 0,0013, respectivamente. A RPS foi de 0,28 no quarto ano de idade para cultura do eucalipto e de 0,09 para mata nativa.

TABELA 4 - Razão de perdas de solo (RPS) e fator cobertura vegetal para mata e eucalipto (quatro anos).

Ano	RPS		Fator Cobertura Vegetal	
	Mata	Eucalipto	Mata	Eucalipto
1997	0,04720	0,88514	0,00002	0,00045
1998	0,09480	1,54460	0,00003	0,00051
1999	0,02136	0,37484	0,000007	0,00013
2000	0,09807	0,28256	0,00009	0,00028
Soma	0,26	3,08	0,0001	0,0013

De Maria (1997) determinou fator cobertura do solo em vários estágios da cultura do milho, encontrando uma variação de 0,025 a 0,156, sendo que a RPS variou de 0,34 a 0,156. Comparando o menor valor encontrado por De Maria (1997) para a cultura do milho com o valor encontrado para a cultura do eucalipto aos quatro anos de idade, observa-se que o eucalipto proporciona uma cobertura ao solo muito superior à cultura do milho e outras culturas, tais como milheto, algodão, fumo e arroz, de acordo com os valores de fator cobertura do solo citados por Resende e Almeida (1985). A RPS também foi determinada para crotalaria por Nascimento e Lombardi Neto (1999). De acordo com os autores, aos 0-30, 30-60; 60-90 e 60-120 dias, a RPS foi de 0,30; 0,42; 0,26 e 0,24, respectivamente. Para o terceiro e quarto ano, as RPS determinadas para o eucalipto estão condizentes com os valores encontrados por Nascimento e Lombardi Neto (1999).

4 CONCLUSÕES

- As perdas de solo, na parcela padrão, evidenciaram a seguinte tendência geral: $PA8 > PA1 > FX$;
- As perdas de água por enxurrada tendem a apresentar valores correspondentes a 12% da precipitação média anual. As perdas de água apresentaram a seguinte tendência geral: $PA8 > PA1 > FX$;
- As perdas de solo nas parcelas com eucalipto estão bem abaixo dos limites de tolerância estimados para os solos da região, evidenciando a sustentabilidade destes solos até o presente estágio da cultura;
- Os valores do fator cobertura vegetal foram de 0,0001 para a mata nativa e de 0,0013 para o eucalipto.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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., 1978, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 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. Anais... Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1978b. p.99-107.

CURI, N.; LIMA, J.M.; SILVA, M.L.N.; DIAS JUNIOR, M.D.; FERREIRA, M.M. Relatório Técnico Parcial do Projeto. Manejo do solo em sistemas florestais nos Tabuleiros Costeiros na região de Aracruz (ES): Relação entre degradação estrutural, erosão hídrica e produtividade do eucalipto. Lavras: UFLA/Aracruz celulose, 1998. 84p.

DECHEN, S.C.F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O.M. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em Latossolo Roxo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.5, n.2, p.133-137, maio/ago. 1981.

De MARIA, I.C.; NETO, F.L. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.21, n.2, p.263-270, abr./jun. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Levantamento generalizado e semi-detalhado de solos da Aracruz Celulose S.A. nos Estados do Espírito Santo e Sul da Bahia. Rio de Janeiro, 1994b. 138p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos, Rio de Janeiro. Reunião de Classificação, correlação e aplicação de levantamentos de solos, 4., 1994, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: EMBRAPA- CNPS, 1995. 157p.

- GARLINDO, I.C. de L.; MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do estado de Pernambuco. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.13, n.1, p.95-100, jan./abr. 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. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.21, n.4, p.667-676, out./dez. 1997.**
- HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H; SILVA, W.M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.1, p145-154, jan./mar. 1999.**
- LEMO, 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: Editora da Universidade de São Paulo, 1996. 301p.**
- LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.12, n.31, p53-64, abr. 1998.**
- 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. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.15, n.3, p.357-362, set./dez. 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). Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.14, n.1, p.69-72, jan./abr. 1990.**
- POWERS, R.F.; TIARKS, A.E.; BOYLE, J.R. Assessing soil quality: Practicable standards for sustainable forest productivity in the United States. In: ADANS, M.B; RAMAKRISHNA, K; DAVIDISON, 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)**

- RAMAKRISHMA, 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: **ADANS, 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)
- RESENDE, M.; ALMEIDA, J.R. de.** Modelos de predição de perdas de solo: uma ferramenta para manejo e conservação do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.128, p.38-54, ago.1985.
- RUFINO, R.L.; HENKLAIN, J.C.; BISCAIA, R.C.M.** Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.3, p.277-280, set./dez. 1985.
- SILVA, I.F.; CAMPOS FILHO, O.R.; ANDRADE, A.P.; COELHO, E.A.C.; DINIZ, E.J.** Influência do cultivo isolado e do consórcio sobre as perdas de solo e água numa Terra Roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.2, p.111-115, 1989.
- SILVA, M.L.N.; BAHIA, V.G.; BARROSO, D.G.** Perdas de solo em sistemas de preparo convencional e plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.166, p.44-50, 1992.
- SMITH, R.M.; STAMEY, W.L.** How to establish erosion tolerances. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.19, n.3, p.110-111, 1964.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D.** Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. 58p. (Agriculture Hand-book, 537)