

**EROSÃO HÍDRICA EM FLORESTAS DE
EUCALIPTO NA REGIÃO SUDESTE DO RIO
GRANDE DO SUL**

ANNA HOFFMANN OLIVEIRA

2008

ANNA HOFFMANN OLIVEIRA

**EROSÃO HÍDRICA EM FLORESTAS DE EUCALIPTO NA
REGIÃO SUDESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Marx Leandro Naves Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

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

Oliveira, Anna Hoffmann.

Erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do Rio Grande do Sul / Anna Hoffmann Oliveira. – Lavras : UFLA, 2008.
53 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Marx Leandro Naves Silva.

Bibliografia.

1. Eucalipto. 2. Perdas de solo. 3. Perdas de nutrientes. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.45

ANNA HOFFMANN OLIVEIRA

**EROSÃO HÍDRICA EM FLORESTAS DE EUCALIPTO NA
REGIÃO SUDESTE DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 16 de maio de 2008

Prof. Nilton Curi - UFLA

Prof. Mozart Martins Ferreira - UFLA

Prof. José Aldo Alves Pereira - UFLA

Prof. Marx Leandro Naves Silva - UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Ao meu amor, amigo, companheiro, Gustavo, sem palavras para expressar tudo que você significa para mim. Obrigada pela energia, paciência, dedicação e presença, durante toda essa jornada.

A minha família, mãe, Manoela, Elisa, Felipe, Psiquê, Sombrinha, Baixinha e Lariquinha, que sempre torceram, acreditaram e fazem os meus dias mais felizes, tanto pelo convívio como pela lembrança.

Agradecimentos especiais ao professor Marx Leandro Naves Silva, por todos os anos de conhecimento e amizade compartilhados. Obrigada, pela oportunidade e confiança em mim depositada.

Aos professores Nilton Curi, Mozart Martins Ferreira e José Aldo Pereira, pela amizade, disponibilidade e sugestões durante a execução do trabalho.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo, em especial àqueles com quem pude ter aulas: prof. Marx, prof. Nilton, prof. João José, prof. Mozart, prof. Carlos e prof. José Oswaldo, exemplos de profissionais na ciência, sempre interessados na ampliação de conhecimentos e incondicionalmente abertos à discussão.

Obrigada, César, Gabi e Júnior, que me receberam tão bem na equipe; Serginho que mesmo sem ter a chance de trabalhar junto, sempre esteve presente e disposto a auxiliar e a participar. Obrigada, pelos conselhos neste trabalho.

Aos queridos amigos e colegas que participaram desta empreitada, responsáveis por tornar o dia-a-dia mais divertido e agradável, Eduardo, Paula, Euzi, Lucélia, Waldete, Vitória, Vico, Luís Gustavo, Mayesse, Sílvio, Ciro, Bruno, Regimeire, Plínio, Evaldo e Núbia.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo, Dani, querida amiga, Dulce, Delane, José Roberto Fernandes (Pezão) e Emerson, pela atenção e ajuda constantes.

À empresa Aracruz Celulose S.A., pela concessão da área experimental e pelo financiamento do estudo.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade do curso e à Capes, pela concessão da bolsa de estudos.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO GERAL | i |
| GENERAL ABSTRACT | ii |
| INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| CAPÍTULO 1 Perdas de solo por erosão hídrica em florestas de eucalipto na região Sudeste do Rio Grande do Sul. | |
| RESUMO | 4 |
| ABSTRACT | 5 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 6 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 11 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 21 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 28 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 29 |
| CAPÍTULO 2 Perdas de nutrientes e carbono orgânico por erosão hídrica em florestas de eucalipto na região Sudeste do Rio Grande do Sul. | |
| RESUMO | 35 |
| ABSTRACT | 36 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 37 |
| 2 MATERIAL E MÉTODOS..... | 40 |
| 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 43 |
| 4 CONCLUSÕES..... | 49 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 50 |

RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Anna Hoffmann. **Erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do Rio Grande do Sul**. 2008. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

O constante aumento da demanda por produtos de base florestal, com conseqüente aumento das áreas plantadas, levanta a questão dos impactos e da sustentabilidade destas florestas. Na área agrícola, a erosão hídrica do solo destaca-se como o principal mecanismo de perdas de solo, água e nutrientes. É fundamental um adequado monitoramento para a aplicação de mecanismos efetivos que minimizem a erosão. Nesse sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as perdas de solo e nutrientes por erosão hídrica em florestas plantadas de eucalipto (EUC), relacionando-as com as observadas em floresta nativa (FL) e em solo descoberto (SD), e compará-las com os limites admissíveis para as classes de solo estudadas. O estudo foi conduzido no município de Guaíba, RS, nas principais classes de solos existentes na região: Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA2), Argissolo Vermelho (PVd3) e Cambissolo (CXvd3). Os resultados indicam maiores perdas de solo na seqüência SD>EUC>FL. As perdas de solo para a cultura do eucalipto foram menores do que os limites de tolerância para os solos referentes a cada classe, indicando a adequação do manejo deste sistema no tocante à erosão hídrica. Em relação às perdas totais de nutrientes e CO em sistemas com eucalipto, os maiores valores ocorreram no PVd3 (Col.) e os menores no PVd3 (T. Dura) com EUC (7,0). Considerando que as perdas de solo são muito baixas para os sistemas com eucalipto estudados, estando muito abaixo dos limites de tolerância, pode-se interpretar que as perdas de nutrientes e carbono orgânico não estão comprometendo a sustentabilidade das florestas de eucalipto, reforçando apenas a necessidade de manutenção do sistema de manejo atualmente em uso.

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

GENERAL ABSTRACT

OLIVEIRA, Anna Hoffmann. **Water erosion in eucalyptus forest in the Southeastern region of the Rio Grande do Sul.** 2008. 53 p. Dissertation (Master Program in Soil Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.¹

The constant increase of the demand for products of forest basis with a consequent increase of the planted areas raises the issue of the impacts and sustainability of these forests. In the agricultural area, soil water erosion stands out as main mechanism of losses of soil, water and nutrients, an adequate monitoring being fundamental to the application of effective mechanisms which minimized erosion. In this sense, the present study aimed to evaluate the loss of soil and nutrients by water erosion in eucalyptus-planted forests (EUC) by relating them to those observed in native forests (FL) and bare soil (SD), and compares them with the accepted limits for the studied soil classes. The survey was carried out in the town of Guaíba RS, in the chief classes of soils existing in the region: Red Yellow Argisol (PVA2), Red Argisol (PVd3) and Cambisol (CXvd3). The results indicate greater loss of soil in the following sequence SD> EUC> FL. The soil losses for eucalyptus cultivation were below the limits of tolerance for each class of soil indicating the adequacy of the management of this system in the context of water erosion. In relation to total losses of nutrients and CO₂ in systems with eucalyptus, the highest values occurred in PVd3 (Col.) and the lowest in PVd3 (T. Dura) with EUC (7.0). Whereas soil losses are very low for the studied eucalyptus systems and well below the tolerance limits, one can interpret that the loss of nutrients and organic carbon are not compromising the sustainability of eucalyptus forests, only reinforcing the need for maintenance management of the system currently in use.

¹ Guidance Committee: Marx Leandro Naves Silva - UFLA (Adviser); Nilton Curi - UFLA.

INTRODUÇÃO GERAL

O território brasileiro, com 8,5 milhões de quilômetros quadrados, possui 63,7% de área coberta por florestas nativas, 23,2% ocupada por pastagens, 6,8% por agricultura, 4,8% pelas redes de infra-estrutura e áreas urbanas, 0,9% por culturas permanentes e apenas 0,6% abrigam florestas plantadas (Abraf, 2006).

Apesar de ocupar território relativamente pequeno, o setor florestal brasileiro contribui com uma parcela importante da economia e da conservação dos recursos naturais. Com receita anual de R\$ 20 bilhões, participa com 5% na formação do PIB nacional e 8% das exportações; preserva 2,6 milhões de hectares de florestas nativas (IPEF, 2003) e combate o aquecimento global com um estoque de carbono da ordem de 171,08 milhões de Mg, sendo 148 milhões alocados em florestas de eucalipto (Balbinot, 2004).

O setor florestal, representado pelas indústrias de papel e celulose, produção de madeira e carvão vegetal, tem como matéria-prima madeira oriunda, principalmente, do plantio com as espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (Silveira et al., 2001). De acordo com o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), o Brasil possuía, em 2006, 5,5 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais 64% estavam plantados com eucaliptos (3,5 milhões de hectares). Na região Sul, a área plantada com eucalipto é de 132.083 ha, sendo 85.244 ha no estado do Rio Grande do Sul (Bracelpa, 2006). Em 2005, contabilizavam-se cerca de 68.744 ha plantados no estado pela empresa Aracruz Celulose - Unidade Guaíba (Aracruz Celulose, 2006).

Em 2007, o Brasil chegou à sexta posição no ranking de produtores mundiais de papel e celulose, tendo sido produzidas 11,2 milhões de toneladas de celulose e 8,7 milhões de toneladas de papel (Vital, 2007). O constante aumento da demanda por produtos de base florestal e o conseqüente aumento

das áreas plantadas levantam a questão sobre os impactos e a sustentabilidade destas florestas.

A sustentabilidade ambiental das florestas de eucalipto é alcançada por meio da adequada utilização de práticas conservacionistas que minimizem os impactos ambientais das plantações sobre a biodiversidade, o solo, o regime de águas, o clima e também o homem (Vital, 2007). No caso da sustentabilidade do sítio florestal, busca-se a manutenção da produtividade da área florestal, controlando-se e otimizando-se os fatores que podem alterar a capacidade produtiva da área, como erosão, fertilidade, pragas e doenças, umidade, matocompetição e melhoramento genético.

A erosão hídrica destaca-se, entre os processos relacionados à degradação dos atributos do solo, como o principal mecanismo de perdas de solo, água e nutrientes, causando o empobrecimento dos solos de forma gradual e com conseqüente redução da produtividade agrícola (Nunez et al., 2003; Silva et al., 2005), além de assorear e comprometer a qualidade da água dos mananciais. Em média, cerca de 30% dos sedimentos perdidos por erosão hídrica chegam aos mananciais, podendo causar o comprometimento da qualidade da água e o assoreamento (Hernani et al., 2002). Os sedimentos representam, provavelmente, o mais significativo de todos os poluentes, em termos de sua concentração na água, de seus impactos no uso da água e de seus efeitos no transporte de outros poluentes (Machado & Vettorazzi, 2003).

Um dos principais desafios e preocupações ambientais quanto à extensiva implantação de florestas no Brasil diz respeito às condições de cultivo dos solos. O manejo adotado influencia processos físicos, químicos e biológicos do solo, modificando seus atributos, reduzindo a produtividade e, muitas vezes, propiciando sua degradação. Os impactos ambientais das florestas de eucalipto dependem, fundamentalmente, das condições prévias ao plantio: bioma de inserção, densidade pluviométrica, tipo de solo, declividade e condições pós-

plantio ou técnicas agrícolas empregadas: densidade do plantio, métodos de colheita, presença ou não de corredores ecológicos e atividades consorciadas (Vital, 2007).

Na agricultura, embora parte do carbono seja seqüestrada, a erosão hídrica acelerada é responsável por emitir cerca de 1 Gt carbono ano⁻¹. Manter os resíduos após a colheita aumenta o conteúdo de carbono do solo e controla a erosão, mas, se houver revolvimento do solo, os benefícios são rapidamente perdidos, pois os microrganismos rapidamente degradam o resíduo orgânico a CO₂. Com esta depleção, os nutrientes essenciais aderidos ao carbono orgânico do solo (COS) desaparecem. Assim, são requeridos mais fertilizantes, irrigação e defensivos para manter a produtividade. Também afeta a qualidade da água, pois há menos COS disponível para filtragem natural. Restaurar o carbono do solo é essencial para melhorar a qualidade do solo, manter e aumentar a produção alimentar e reduzir os aumentos no CO₂ atmosférico (Lal et al., 2004).

São escassos os estudos sobre erosão hídrica em florestas, embora haja necessidade de adequado monitoramento para a aplicação de mecanismos efetivos que minimizem a erosão. Uma detalhada predição e a quantificação das perdas de solo, de água e de nutrientes possibilitam uma análise mais aprofundada sobre o grau de degradação por erosão e o seu controle, além de comparações em diferentes cenários de planejamento conservacionista (Chaves, 1996) e o direcionamento do sistema de manejo da terra para a redução dos impactos da erosão do solo em um complexo de paisagem (Stolte et al., 2003).

Dessa forma, este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar, após o plantio, as perdas de solo, nutrientes e carbono orgânico por erosão hídrica em florestas plantadas de eucalipto, no município de Guaíba, região sudeste do estado do Rio Grande do Sul.

CAPÍTULO 1

RESUMO

OLIVEIRA, Anna Hoffmann. Perdas de solo por erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do Rio Grande do Sul. In: _____. **Erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do Rio Grande do Sul**. 2008. Cap. 1, p.04-34. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

A avaliação das perdas de solo é fundamental para o monitoramento das alterações e dos impactos dos sistemas de manejo sobre o ambiente, pois torna viável a aplicação de medidas que reduzam ou solucionem o problema da erosão, principalmente no momento da escolha e da adoção da prática de manejo. Neste contexto, o objetivo da realização deste estudo foi avaliar as perdas de solo por erosão hídrica em florestas plantadas de eucalipto, relacionando-as com as observadas em floresta nativa (FL) e solo descoberto (SD), e compará-las com os limites admissíveis para as classes de solo estudadas. O estudo foi conduzido no município de Guaíba, RS, nas principais classes de solos existentes na região: Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA2), Argissolo Vermelho (PVd3), e Cambissolo (CXvd3). Os resultados indicam maiores perdas de solo na seqüência SD>EUC>FL. As perdas de solo para a cultura do eucalipto foram abaixo dos limites de tolerância dos solos, indicando a adequação do manejo deste sistema no tocante à erosão hídrica. Os resultados sugerem que plantios de eucalipto mais jovens são mais propensos à erosão, nas condições em que foi realizado o estudo, do que os plantios mais velhos. As perdas de solo para eucalipto ficaram relativamente próximas das observadas em floresta nativa, indicando a sustentabilidade deste sistema em relação à erosão hídrica.

CHAPTER 1

ABSTRACT

OLIVEIRA, Anna Hoffmann. Losses of soil for hydric erosion in eucalyptus forest in the Southeastern region of the Rio Grande do Sul. In: _____. **Water erosion in eucalyptus forest in the Southeastern region of the Rio Grande do Sul**. 2008. Chap. 1, p.04-34. Dissertation (Master Program in Soil Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.

The assessment of the losses of soil is essential to the monitoring of the changes and impacts of management systems on environment, because it makes the implementation of measures to reduce or solve the erosion problem feasible, especially at the time of choice and adoption of management practice. In this context, the objective of this study was to evaluate the losses of soil by water erosion in eucalyptus-planted forests (EUC), relating them with those observed in native forest (FL) and bare soil (SD), and compare them with the permissible limits for the investigated soil classes. The study was conducted in the town of Guaíba, RS, in the main soils classes in the region: Red Yellow Argisol (PVA2), Red Argisol (PVD3) and Cambisol (CXvd3). The results indicate greater loss of soil in the following sequence SD > EUC > FL. The soil loss for eucalyptus cultivation was below the limits of tolerance of the soils, indicating the adequacy of the management of the system with regard to water erosion. The results suggest that plantations of younger eucalyptus are more prone to erosion, under the conditions in which the study was conducted than the older ones. The soil losses for eucalyptus were relatively close to those found in native forest, indicating the sustainability of this system in relation to the water erosion.

1 INTRODUÇÃO

A erosão hídrica do solo é o resultado da interação entre dois tipos de componentes: um energético e outro dissipador de energia. Enquanto o primeiro envolve fatores como o potencial erosivo da chuva, o comprimento da pendente e a declividade do terreno, o segundo está relacionado à erosão, ao tipo de solo e ao manejo, às culturas e aos restos culturais e às práticas conservacionistas suplementares (Denardin et al., 2005). A resistência dos solos à erosão hídrica apresenta grande amplitude resultante da variabilidade climática, que influencia a capacidade das chuvas em causar erosão, a variação de classes de solos com atributos diferenciados e o manejo (Martins et al., 2003).

As modernas técnicas de cultivo com mecanização intensa e a elevada taxa de uso dos solos têm promovido mudanças no comportamento dos seus atributos físicos, o que, conseqüentemente, influencia a produção, o equilíbrio dos recursos naturais e a dinâmica da água no solo (Vital, 2007). O uso intensivo ou acima da capacidade suporte pode provocar aumento da densidade do solo, redução do teor de matéria orgânica, diminuição da porosidade, tamanho de agregados, taxa de infiltração de água e aumento da resistência do solo à penetração das raízes (D'Andréa, 2001). A avaliação da sustentabilidade de ambientes do solo sob floresta deve considerar a erosão hídrica como um de seus critérios (Ramakrishna & Davidson, 1998).

As áreas florestais apresentam, geralmente, baixa taxa de erosão. O controle de erosão hídrica oferecido pela espécie arbórea é obtido devido aos efeitos de redução no impacto da gota de chuva no solo, ao aumento de infiltração de água, à manutenção do teor adequado de matéria orgânica e ao efeito agregador nas partículas do solo (Gonçalves, 2002). Além disso, a vegetação e os resíduos vegetais funcionam como obstáculos ao caminamento de excedentes hídricos, reduzindo a velocidade da enxurrada e aumentando a infiltração de água no solo.

Os métodos de preparo do solo utilizados em áreas florestais no Brasil variam muito, mas podem ser sintetizados em dois grandes grupos: o amplo revolvimento das camadas superficiais do solo (preparo convencional com aração e gradagem) e o cultivo mínimo (preparo de solo restrito às linhas de plantio, mantendo os resíduos culturais sobre o terreno). Este último tem se destacado no setor florestal, nos últimos anos, por garantir melhor conservação do solo e de suas propriedades (Gonçalves et al., 2002; Martins et al., 2003).

Em sistemas conservacionistas, como, por exemplo, o cultivo mínimo da cultura do eucalipto, a cobertura superficial proporcionada ao solo é bem mais eficiente do que nos cultivos convencionais, influenciando, dessa forma, as perdas de solo e de água neste tipo de manejo (Gonçalves et al., 2002). Os reflorestamentos com eucalipto para a produção de madeira para celulose apresentam ciclo de seis a sete anos e, neste período, há um crescente acúmulo de material vegetal, devido a quedas de galhos e folhas, constituindo a serrapilheira. Este repouso do solo também proporciona o crescimento do sub-bosque, favorecendo a proteção da superfície do solo (Martins, 2005). De modo geral, observa-se redução das perdas de solo com a evolução do ciclo da cultura.

A taxa de erosão em áreas florestais aumenta, contudo, quando tais sistemas são perturbados. As operações de preparo e manejo do solo, colheita, além das estradas necessárias às atividades florestais estão entre os principais fatores responsáveis pela erosão nestas áreas. Durante a colheita florestal, a taxa natural de erosão pode aumentar em quatro vezes, enquanto a construção de estradas pode elevar esta taxa em, aproximadamente, 120 vezes (Neary & Hornbeck, 1994).

Nesse sentido, numa avaliação das perdas de solo por erosão hídrica em diferentes manejos por um período de dez anos, valores mais expressivos de perdas são observados em solo descoberto, seguido pelo coberto com eucalipto e reflorestamento misto com introdução de espécies exóticas. Salienta-se a

diminuição do escoamento superficial e das perdas de solo com o aumento da cobertura proporcionada pelo eucalipto, o acúmulo da serrapilheira e o aumento da vegetação rasteira do primeiro para o décimo ano (Zhou et al., 2002).

Alguns trabalhos têm sido realizados para a avaliação das perdas de solo por erosão hídrica em sistemas florestais. Após estudo de quatro anos em Areia Quartzosa (Neossolo Quartzarênico) cultivada com *Eucalyptus grandis*, Lima (1996) determinou perdas de solo de 1,0 a 6,5 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o primeiro ano após o plantio e de 0,01 a 0,14 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para o quarto ano. Em microbacias reflorestadas com eucalipto, verificaram-se perdas de solo em Argissolo Vermelho-Amarelo variando entre 0,03 e 0,08Mg ha⁻¹, sendo consideradas baixas quando comparadas com as perdas de solo de uma mata nativa (0,004 Mg ha⁻¹) e com o limite de tolerância estabelecido (Ranzini & Lima, 2002).

Na região dos Tabuleiros Costeiros do Espírito Santo, em três classes de solo sob cultivo de eucalipto, observaram-se perdas de solo de 0,21 a 3,20 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Estes valores estão muito abaixo do limite de tolerância médio estabelecido de 11,33 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e, apesar de ligeiramente superiores aos obtidos na mata nativa, são bastante inferiores ao solo descoberto (Martins et al., 2003). Para a mesma região, outro estudo verificou perdas maiores em plantios de eucaliptos com um ano de idade, 2,38 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e menor com cinco anos, 0,01 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Cardoso et al., 2004).

Para sistemas de manejo de eucalipto em Belo Oriente, MG, o eucalipto plantado em nível não apresentou perdas de solo muito diferentes em relação à mata nativa, 0,087 e 0,046 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, indicando o manejo adequado deste sistema (Pires, 2004). Um estudo realizado na região de Guanhães, MG, avaliou perdas de solo por erosão hídrica para floresta nativa, pastagem nativa, solo descoberto, eucalipto plantado no sentido do declive do terreno com queima dos restos culturais, eucalipto plantado no sentido do declive do terreno sem queima dos restos culturais e eucalipto plantado em nível

sem queima de restos culturais. As perdas de solo foram de 0,01; 0,41; 1,77; 0,06; 0,10 e 0,12 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente (Brito, 2004). De acordo com a autora, estes valores de perdas de solo estão muito abaixo da tolerância admissível estabelecida para este solo na região, que é de 11,22 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Considerando somente os sistemas com eucalipto, as perdas de solo variaram entre 0,53% e 1,03% da tolerância admissível.

Em estudo que acompanhou a erosão hídrica durante o ciclo da cultura do eucalipto, as perdas de solo médias encontradas durante o período foram de 0,680; 0,606 e 0,981 Mg ha⁻¹, bem abaixo dos limites de tolerância admissíveis para os solos estudados. As perdas de solo variaram de 3,20 a 0,001 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, para eucalipto no primeiro ano de plantio e eucalipto aos sete anos de idade, respectivamente (Martins, 2005). Para a região do Vale do Rio Doce, MG, verificam-se perdas de solo em sistemas com eucalipto com valores bem abaixo do limite de tolerância, quando comparadas às perdas em outros sistemas de manejo (Oliveira, 2006).

Na região sul do Brasil, em um recente estudo avaliando as perdas de solo e água por erosão hídrica, observaram-se perdas de solo fortemente influenciadas pelo sistema de manejo variando com os anos de cultivo, enquanto as perdas de água variaram menos do que as de solo, tanto nos sistemas de manejo do solo quanto nos anos de cultivo (Bertol et al., 2007).

A avaliação das perdas de solo é fundamental ao monitoramento das alterações e dos impactos dos sistemas de manejo sobre o ambiente, pois torna viável a aplicação de medidas que reduzam ou solucionem o problema da erosão, principalmente no momento da escolha e da adoção da prática de manejo.

Neste contexto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as perdas de solo por erosão hídrica, em florestas de eucalipto pós-plantio em diferentes idades, relacionando-as com as observadas em mata nativa

e solo descoberto, e compará-las com os limites admissíveis de perdas para as classes de solos estudadas no município de Guaíba, RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Guaíba, região sudeste do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), em áreas da Aracruz Celulose S.A.- Unidade Guaíba.

A região está situada nas coordenadas 30°06'50" de latitude Sul e 51°19'30" de longitude Oeste (correspondentes a 6661,8 Km N e 468,5 Km E, projeção UTM, Fuso 22 , Datum South America 1969) e altitude de 23m.

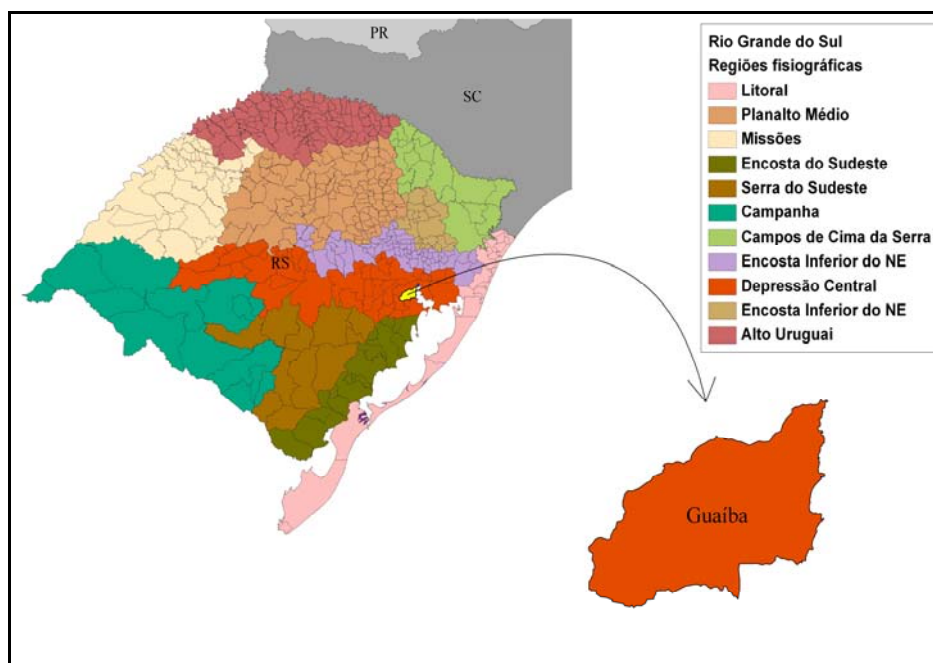


FIGURA 1 Localização da área de estudo em Guaíba, RS e regiões fisiográficas do estado.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cfa, subtropical úmido, que se caracteriza por apresentar chuva durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente

superior a 22°C e a do mês mais frio, superior a 3°C. A precipitação média anual é de, aproximadamente, 1.400 mm (Aracruz Celulose, 2008).

A formação florestal é constituída pela mata subtropical alta e mata subtropical arbustiva que se desenvolvem na encosta e na serra do sudeste (Lemos et al., 1973).

A área de estudo se localiza na região fisiográfica Depressão Central (Santos & Bortolas, 2004) (Figura 2), região situada entre o planalto e a serra do sudeste onde predominam solos arenosos e medianamente arenosos, além de solos vermelho-amarelos e solos vermelhos (Castro, 2006). Os principais solos encontrados na Unidade Guaíba são: Neossolo Quartzarênico, Gleissolo Melânico, Planossolo Hidromórfico, Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho, Cambissolo Háptico e Neossolo Litólico (Santos & Bortolas, 2004), com amplo domínio dos Argissolos. A distribuição destes solos em uma seqüência na paisagem da região estudada encontra-se na Figura 2.

O experimento foi instalado nas principais classes de solos existentes na região: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico Tb (PVA2), Argissolo Vermelho distrófico latossólico Tb (PVd3) e Cambissolo Háptico Tb distrófico argissólico (CXvd3), nos relevos suave ondulado (3% a 8% de declive) e ondulado (8% a 20% de declive), para os dois primeiros e forte ondulado (20% a 45% de declive), para o último.

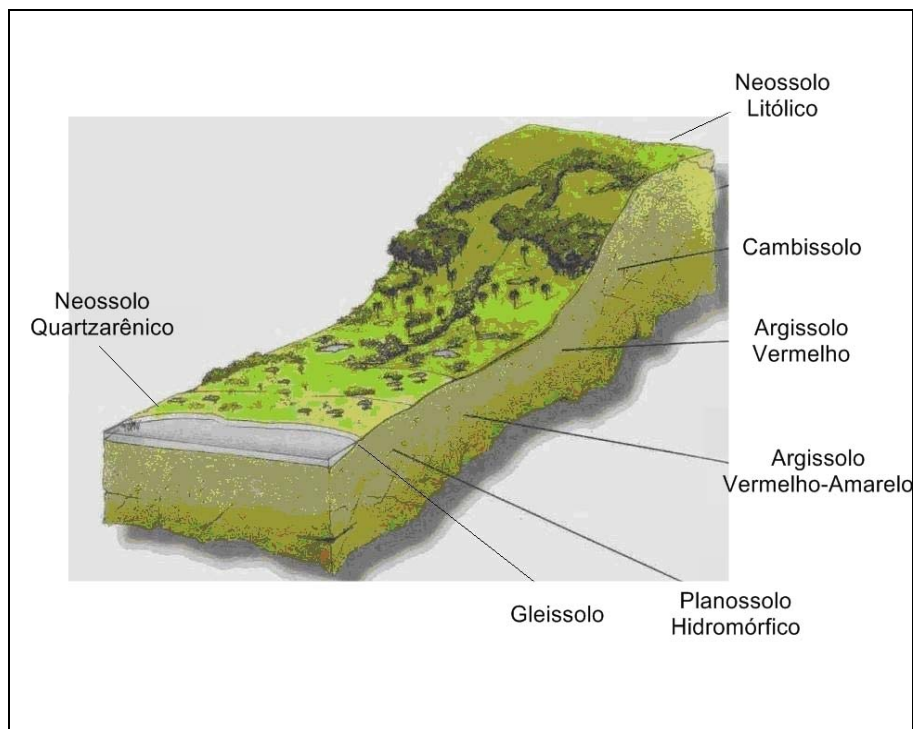


FIGURA 2 Sequência de solos na paisagem no caminhamento litoral-interior (Streck et al., 2002; Santos & Bortolas, 2004).

Os sistemas de manejo avaliados estão localizados em três diferentes hortos: Petim, Colorado (Col.) e Terra Dura (T. Dura), e suas respectivas caracterizações podem ser observadas na Tabela 1.

O preparo do solo adotado para a implantação da cultura do eucalipto foi escarificação ou subsolagem a 60 cm, com cultivo mínimo e abertura da linha de plantio. Resíduos da colheita anterior, tais como cepa, folha, galhos e madeira da ponta das árvores, permaneceram na área. Foi realizado o controle da matocompetição no pré-plantio, utilizando-se o herbicida pós-emergente Round-up, aplicado em área total, na dosagem de 3 litros ha⁻¹, num total de duas aplicações.

TABELA 1 Caracterização dos sistemas de manejo estudados em florestas plantadas e sistemas de referência, nos solos estudados em Guaíba, RS.

| Solo | Sistemas de manejo | Símbolo | Descrição |
|----------------|--------------------|---------------------|--|
| PVA2 (Petim) | Eucalipto | EUC (3,0) | Sistemas florestais de eucalipto com diferentes idades |
| CXvd3 (Petim) | | EUC (3,0) | |
| PVd3 (Col.) | | EUC (2,0) | |
| PVd3 (T. Dura) | | EUC (2,0);EUC (7,0) | |
| PVA2 (Petim) | Solo descoberto | SD | Sistema referencial de máxima perda de solo |
| CXvd3 (Petim) | | | |
| PVd3 (Col.) | | | |
| PVd3 (T. Dura) | | | |
| CXvd3 (Petim) | Floresta nativa | FL | Sistema referencial de equilíbrio |
| PVd3 (T. Dura) | | | |

PVA2 (Petim): Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico Horto Petim; CXvd3 (Petim): Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico Horto Petim; PVd3 (Col.): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Colorado; PVd3 (T.Dura): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Terra Dura.

Os dados para a avaliação das perdas de solo por erosão hídrica são referentes ao período de novembro de 2006 a outubro de 2007. Foram instaladas parcelas-padrões no campo, com dimensões de 12,0 x 12,0 m, para parcela sob eucalipto e 4,0 x 12,0 m para solo descoberto e mata nativa, conforme Figura 3. A maior dimensão dessas parcelas obedeceu ao sentido do declive, tendo sido escolhidas áreas com o declive máximo característico de cada classe de solo estudada. As parcelas foram cercadas com chapas galvanizadas, as quais possuem largura de 0,40 m, com penetração de 0,20 m no solo, permanecendo a outra metade (0,20 m) acima da superfície do mesmo.

Na extremidade inferior das parcelas, foram colocadas calhas coletoras com cano plástico de 75 mm, que conduziram a enxurrada até os tanques

coletores, tendo o primeiro tanque de sedimentação capacidade para 250 L. Dentro desse tanque, colocou-se um recipiente calibrado para a coleta de sedimentos. O excedente da enxurrada passa por um divisor do tipo Geib, em que 1/15 de água da enxurrada é encaminhada para o segundo tanque coletor de água e sedimentação com capacidade para 500L (Figura 3).

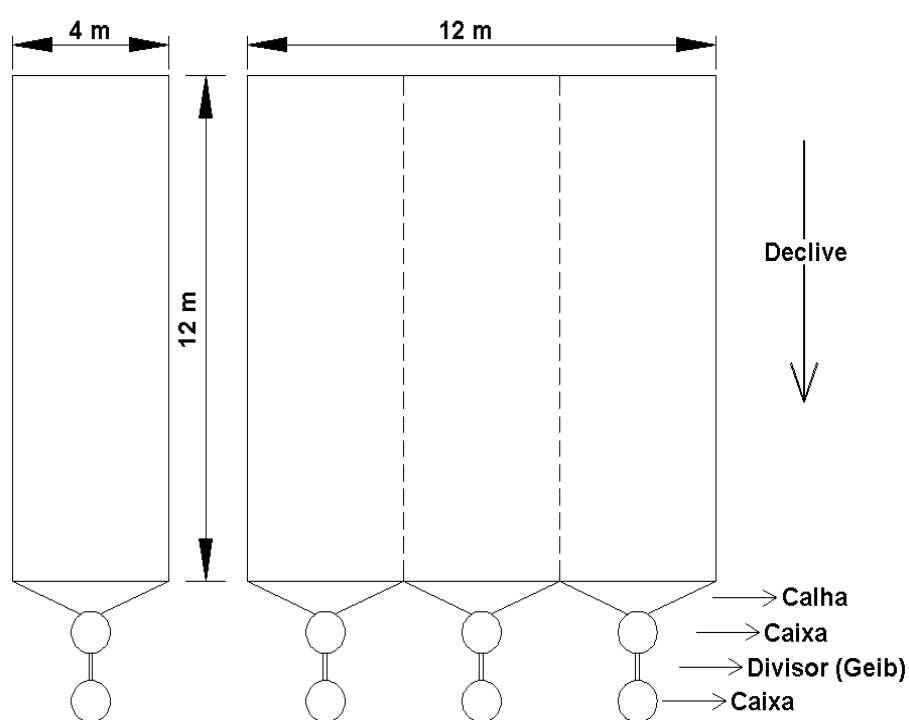


FIGURA 3 Desenho esquemático das parcelas de coleta de água e sedimentos.

As coletas de sedimentos foram realizadas para cada evento de chuva considerada erosiva, adotando-se a metodologia de Cogo (1978 a,b) com adaptações de Martins et al. (2003). Para a quantificação das perdas de solo, amostras de enxurrada e sedimentos foram retiradas dos tanques de coleta. Depois de agitar as amostras, foram retiradas três alíquotas de volume predeterminado, as quais foram transferidas para o laboratório e submetidas à

decantação. O material decantado foi seco em estufa, a 105°C. Os cálculos das perdas de solo foram efetuados em termos de Mg ha⁻¹.

Os dados de perdas de solo nas parcelas de eucalipto constaram de três repetições. Para análise estatística dos resultados, foi aplicado o Teste de Tukey, a 5% de significância.

As coletas das amostras de solo deformadas e indeformadas foram realizadas no mês de fevereiro de 2006, em três repetições, na profundidade de 0-20 cm, para determinações físicas e químicas em laboratório. Os atributos químicos e físicos dos solos estudados podem ser observados na Tabela 2.

As análises químicas foram realizadas conforme Embrapa (1997), a determinação do carbono orgânico total (CO) por oxidação a quente com dicromato de potássio e a titulação com sulfato ferroso amoniacal foi determinada conforme Raij & Quaggio (1983). As amostras indeformadas foram coletadas com amostrador de Uhland, sendo determinadas a densidade do solo (Ds), segundo Blake & Hartge (1986a) e a porosidade total (PT), segundo Danielson & Sutherland (1986). A partir das amostras deformadas, determinou-se a textura do solo pelo método de Bouyoucos modificado (Carvalho, 1985) e realizados o fracionamento da areia, estabilidade de agregados, segundo recomendação de Kemper & Rosenau (1986) e a densidade de partículas (Dp), segundo Blake & Hartge (1986b).

TABELA 2 Atributos químicos e físicos dos solos estudados em Guaíba, RS.

| SOLO | pH | P | K | Ca | Mg | Al | H + Al | SB | t | T | CO | | |
|----------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------|-----|--------|-----|--------------------|------|--------------------|------|-------|
| | (H ₂ O) | --mg dm ⁻³ -- | -----cmolc dm ⁻³ ----- | | | | | | g kg ⁻¹ | | | | |
| PVA2 (Petim) | 5,5 | 1,5 | 43,7 | 2,1 | 1,2 | 0,4 | 3,1 | 3,4 | 3,8 | 6,5 | 11,0 | | |
| CXvd3 (Petim) | 4,3 | 4,9 | 98,7 | 1,4 | 0,6 | 1,7 | 8,2 | 2,2 | 3,8 | 10,4 | 21,0 | | |
| PVd3 (Col) | 5,9 | 4,1 | 61,7 | 4,2 | 1,1 | 0,2 | 2,9 | 5,5 | 5,7 | 8,4 | 24,0 | | |
| PVd3 (T. Dura) | 5,1 | 2,5 | 62,0 | 1,0 | 0,5 | 1,2 | 6,3 | 1,7 | 2,9 | 8,0 | 9,0 | | |
| | Ds | Dp | VPT | Argila | Silte | AT | AMG | AG | AM | AF | AMF | DMG | Perm. |
| | ---Kg dm ⁻³ -- | | % | -----g Kg ⁻¹ ----- | | | | | | mm | mm h ⁻¹ | | |
| PVA2 (Petim) | 1,58 | 2,59 | 39 | 133 | 130 | 737 | 57 | 273 | 217 | 150 | 40 | 2,61 | 21 |
| CXvd3 (Petim) | 1,20 | 2,49 | 52 | 177 | 243 | 580 | 37 | 83 | 93 | 230 | 137 | 2,15 | 10 |
| PVd3 (Col) | 1,46 | 2,43 | 39 | 227 | 213 | 560 | 57 | 183 | 147 | 133 | 40 | 4,56 | 3 |
| PVd3 (T. Dura) | 1,73 | 2,50 | 31 | 240 | 140 | 620 | 60 | 130 | 200 | 180 | 50 | 4,48 | 50 |

PVA2 (Petim): Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico Horto Petim; CXvd3 (Petim): Cambissolo Háptico Tb Distrófico léptico Horto Petim; PVd3 (Col.): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Colorado; PVd3 (T.Dura): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Terra Dura; SB: soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7; CO: carbono orgânico; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partículas; VPT: volume total de poros; AT: areia total; AMG: areia muito grossa; AG: areia grossa; AM: areia média; AF: areia fina; AMF areia muito fina; DMG: diâmetro médio geométrico dos agregados; Perm: permeabilidade.

A permeabilidade do solo à água 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).

A partir dos atributos físicos e químicos dos perfis dos solos estudados, determinou-se a tolerância de perdas de solo para as classes estudadas. As tolerâncias de perdas de solo admissíveis foram estimadas pelas metodologias de Lombardi Neto & Bertoni (1975), Galindo & Margolis (1989) e Bertol & Almeida (2000) por meio dos seguintes atributos: profundidade efetiva do solo, relação textural entre os horizontes subsuperficial e superficial, permeabilidade e teor de matéria orgânica. A partir dos valores de tolerância de perda de solo obtidos pelos três métodos, obteve-se a média utilizada para avaliar as perdas de solo neste trabalho.

As precipitações e as erosividades do período foram determinadas com base nos dados pluviométricos obtidos junto à Agência Nacional das Águas (ANA, 2006) e modelos de literatura para estimativa da erosividade (Silva et al., 2007). Os dados constituíram-se de uma série histórica de precipitação total mensal de 39 anos de informações acumuladas (1967-2006), de onde se obtiveram o somatório dos meses de cada ano e os totais anuais, para a série de dados estudada. A equação, relacionando os índices de erosividade (EI_{30}) com os dados de precipitação, foi gerada a partir de informações da cidade de Lages, SC. Estas informações foram compiladas e trabalhadas por Bertol et al. (2002). O modelo linear resultou na seguinte equação:

$$EI_{30} = 4,7694 Pt - 131,79$$

em que Pt corresponde à precipitação mensal total, em mm.

O EI_{30} foi calculado para todos os dados da série de precipitação e, quando negativo, foi considerado zero. Com os valores obtidos para cada mês de cada ano, foram feitas as médias mensais e, a partir do somatório dessas, as médias anuais para cada região.

A precipitação anual média para o município de Guaíba foi de 1.286 mm e a erosividade média anual foi de $4.830 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, classificada como alta. Na Figura 4, observam-se os valores de precipitação e erosividade para o período de estudo.

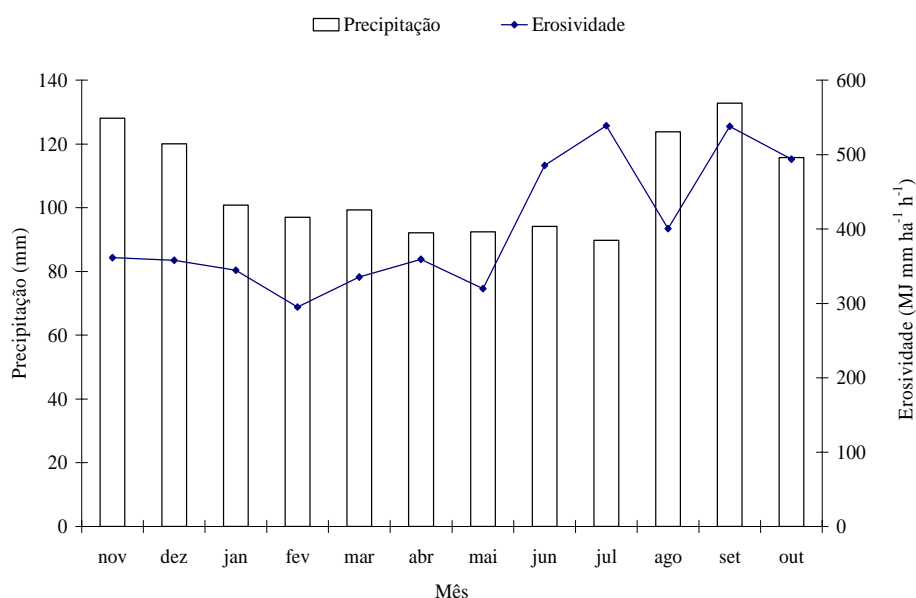


FIGURA 4 Precipitação e erosividade mensal das chuvas no município de Guaíba, RS (2006/2007).

Observa-se maiores precipitações no período de agosto a dezembro, com máxima de 133 mm em setembro, e menores no período de janeiro a julho, com mínima de 90 mm em julho.

Em estudo realizado na região fisiográfica Depressão Central, próximo ao local de instalação do presente trabalho, utilizou-se um pluviômetro no local do ensaio para avaliar a precipitação mensal durante o período de outubro de 2006 a setembro de 2007. Os resultados obtidos foram comparados às médias históricas (1961-1990) da região da grande Porto Alegre. A precipitação mensal observada mostrou-se sempre superior à precipitação histórica. A maior diferença ocorreu no mês de março de 2007, registrando uma precipitação de 400 mm e precipitação histórica de 100 mm. A precipitação histórica acumulada no período observado foi 952 mm acima dos valores da normal climatológica, que é de 1335 mm (Baptista, 2008).

O índice médio de erosividade mensal foi de $402,5 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, semelhante ao observado para o município de Pelotas (RS), com $426,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ (Santos, 2003). Também na região de Pelotas (RS), uma análise das chuvas erosivas ocorridas no período de 1961-1998 verificou valores semelhantes aos encontrados neste trabalho para precipitação e erosividade no município de Guaíba. O valor médio anual da precipitação pluviométrica situou-se dentro da faixa média 1.200 a 1.500 mm e o índice anual de erosividade apresentou valor médio de $4.918,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com acentuada variabilidade entre os anos estudados, com valores extremos de 2.024 e 13.845 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Estas oscilações podem ter como origem as várias ocorrências de fenômenos El Niño, os quais alteram positivamente os padrões de precipitação na região. Ressalta-se, ainda, que a precipitação erosiva correspondeu, em média, a 75,9% do valor médio anual da precipitação total, conferindo, portanto, um elevado potencial erosivo das chuvas da região (Lago, 2000).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perdas de solo nos sistemas estudados

Os valores de perdas de solo obtidos no período de novembro de 2006 a outubro de 2007 podem ser observados na Tabela 3.

As perdas totais de solo do período tiveram amplitude de 0,046 a 14,637 Mg ha⁻¹. Tais valores ocorreram na classe PVd3 (T. Dura), nos tratamentos FL e SD, respectivamente. A perda de solo foi acima da tolerância permitida apenas na parcela de solo descoberto PVd3 (T. Dura) (Tabela 3).

Independentemente da classe de solo e da localização das parcelas, observa-se, na Tabela 3, que as menores perdas ocorreram nas áreas de FL, as perdas intermediárias nas áreas de EUC e as maiores nas áreas de SD. Estes resultados evidenciam a eficiência da FL em proteger o solo contra o impacto direto da gota de chuva e o favorecimento da erosão hídrica decorrente da exposição do solo no tratamento SD.

No horto Petim, entre as classes PVA2 e CXvd3, as maiores perdas observadas no PVA2 se devem à sua textura superficial mais arenosa (Tabela 2), que facilita o arraste pela enxurrada.

Na classe PVd3 dos hortos Terra Dura e Colorado, os solos apresentam textura arenosa (Tabela 2), com maior profundidade e sobre horizonte B argiloso, adquirindo, portanto, maior risco de erosão do que aqueles de textura média/argilosa. A camada arenosa de baixa coesão é facilmente arrastada pelo escoamento superficial, enquanto o horizonte B argiloso confere baixa permeabilidade, ambos os fatores contribuindo para o aumento da erosão.

As diferenças nas perdas de solo, de acordo com os tratamentos no PVd3 (T. Dura), mostram a importância da cobertura vegetal. A ausência de cobertura pode deixá-lo extremamente suscetível à ação erosiva da chuva, enquanto a cobertura florestal, proporcionada pela floresta de eucalipto aos sete anos de idade, protege o solo da chuva e permite maior permeabilidade,

reduzindo o escoamento superficial e, conseqüentemente, as perdas por erosão. Tais resultados concordam com os observados por outros autores (Lima, 1996; Zhou et al., 2002; Martins et al., 2003; Cardoso et al., 2004; Martins, 2005; Oliveira, 2006). A interceptação das gotas de chuva pelo dossel da mata, a existência de uma rica camada de folhas (serrapilheira) e os maiores teores de matéria orgânica formando agregados mais estáveis, são os fatores responsáveis por esta redução.

De modo geral, as perdas de solo mensais foram correspondentes ao potencial erosivo da chuva no período (Figura 4), excetuando os meses de dezembro e março, com altas perdas e menor erosividade. Estes resultados também foram observados por Cogo et al. (2003), avaliando as perdas por erosão hídrica no Rio Grande do Sul. Os autores constataram maior potencial de erosão hídrica no período do ano compreendido entre janeiro e março, induzindo maiores perdas em culturas anuais, independentemente do manejo adotado.

Perdas de solo para os sistemas com eucalipto

Em relação aos sistemas com eucalipto, a menor perda de solo foi observada no CXvd3 (Petim) com EUC (3,0) e a maior, no PVd3 (Col.) com EUC (2,0), 1,064 e 6,249 Mg ha⁻¹ período⁻¹, respectivamente (Tabela 3). As perdas de solo nos sistemas com eucalipto estiveram bem abaixo da tolerância permitida para os solos (Tabela 3). Na classe PVd3 (Col.), o EUC (2,0) esteve abaixo da tolerância (12,9 Mg ha⁻¹ ano⁻¹), porém, apresentou perdas, em média, três vezes maiores em relação aos demais sistemas avaliados, atingindo, aproximadamente, 50% da tolerância admissível.

Com exceção do CXvd3 (Petim), as maiores perdas de solo observadas nos plantios mais jovens (2-3 anos) e menores no plantio de sete anos (Tabela 3) indicam que as perdas decrescem com o aumento da idade. Dessa forma, no período pós-plantio, tais perdas são elevadas devido à desagregação propiciada pelo preparo inicial e pouca cobertura vegetal para a proteção do solo. Com o crescimento e o desenvolvimento da cultura, as perdas sofrem redução, com valores próximos aos observadas para a situação em equilíbrio (FL). No caso do EUC (7,0), observa-se que o sistema está tendendo para a sustentabilidade em relação à erosão hídrica, pois as perdas estão se aproximando das observadas em FL.

Nos Argissolos, principalmente PVd3, em ambos os hortos, ocorreram as maiores perdas de solo para eucalipto. A espessa camada arenosa superficial destes solos sobre horizonte B argiloso, em relevo ondulado, os deixa mais suscetíveis à erosão. A camada arenosa é de baixa coesão, tornando o solo facilmente arrastável, enquanto a camada argilosa no horizonte B confere baixa permeabilidade, propiciando o deflúvio e, conseqüentemente, o escoamento superficial de água.

O CXvd3 (Petim) foi a classe que apresentou menor perda de solo para eucalipto, mesmo apresentando maior propensão à erosão em decorrência da

menor reserva de nutrientes, menor profundidade efetiva e relevo mais acidentado (20% a 45%). Observando-se as perdas em FL, constatam-se maiores perdas no CXvd3 (Petim) e menores no PVd3 (T. Dura), conseqüência da menor suscetibilidade à erosão deste último na condição de equilíbrio. Assim, as menores perdas observadas em EUC no CXvd3 (Petim) se devem ao manejo diferenciado adotado nestes solos, com máxima redução dos possíveis impactos. Na mesma região, avaliando as perdas de solo por erosão hídrica em Cambissolo Háplico no período de outubro de 2006 a setembro de 2007 para sistemas com eucalipto sob cultivo mínimo e subsolagem, Baptista (2008) observou resultados semelhantes ao verificado neste estudo, com perda de 1,39 a 1,57 Mg ha⁻¹ período⁻¹.

Entre o PVd3 nos hortos Colorado e Terra Dura, as maiores perdas observadas para EUC no horto Colorado se devem à menor permeabilidade relativa deste em relação ao horto Terra Dura e uma camada superficial mais arenosa (Tabela 2).

TABELA 3 Perdas de solo por erosão hídrica, no período de novembro de 2006 a outubro de 2007, nos solos e nos sistemas estudados.

| Solo | Sistema de manejo | TP Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹ | Meses 2006/2007 | | | | | | | | | | | | Total |
|---------------|-------------------|---|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | |
| PVA2 (Petim) | SD | 10,1 | 0,065 | 0,309 | 0,255 | 0,047 | 0,598 | 0,000 | 0,050 | 0,215 | 0,087 | 0,052 | 0,425 | 0,124 | 2,228 |
| PVA2 (Petim) | EUC (3,0) | | 0,152 | 0,434 | 0,127 | 0,084 | 0,606 | 0,000 | 0,092 | 0,472 | 0,097 | 0,033 | 0,023 | 0,028 | 2,147 |
| CXvd3 (Petim) | SD | 7,3 | 0,014 | 0,064 | 0,099 | 0,031 | 0,148 | 0,000 | 0,024 | 0,099 | 0,030 | 0,098 | 0,048 | 0,123 | 0,779 |
| CXvd3 (Petim) | EUC (3,0) | | 0,106 | 0,163 | 0,108 | 0,007 | 0,079 | 0,000 | 0,007 | 0,188 | 0,111 | 0,100 | 0,091 | 0,105 | 1,064 |
| CXvd3 (Petim) | FL | | 0,001 | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,008 | 0,004 | 0,007 | 0,016 | 0,120 | 0,160 |
| PVd3 (Col) | SD | 12,9 | 0,011 | 0,065 | 0,022 | 0,000 | 1,138 | 0,000 | 0,715 | 1,576 | 3,957 | 0,149 | 1,369 | 1,241 | 10,243 |
| PVd3 (Col) | EUC (2,0) | | 0,215 | 0,401 | 0,47 | 0,000 | 0,65 | 0,000 | 0,129 | 0,336 | 0,254 | 0,42 | 1,542 | 1,832 | 6,249 |
| PVd3 (T.Dura) | SD | 12,9 | 0,110 | 4,468 | 1,873 | 0,365 | 1,764 | 0,000 | 0,502 | 0,717 | 0,802 | 0,447 | 1,799 | 1,791 | 14,637 |
| PVd3 (T.Dura) | EUC (2,0) | | 0,180 | 0,635 | 0,343 | 0,054 | 0,878 | 0,000 | 0,080 | 0,185 | 0,211 | 0,087 | 0,075 | 0,130 | 2,858 |
| PVd3 (T.dura) | EUC (7,0) | | 0,105 | 0,169 | 0,103 | 0,016 | 0,208 | 0,000 | 0,028 | 0,080 | 0,230 | 0,027 | 0,057 | 0,085 | 1,108 |
| PVd3 (T.dura) | FL | | 0,009 | 0,006 | 0,003 | 0,001 | 0,011 | 0,000 | 0,001 | 0,002 | 0,004 | 0,002 | 0,006 | 0,002 | 0,046 |

PVA2 (Petim): Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico Horto Petim; CXvd3 (Petim): Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico Horto Petim; PVd3 (Col.): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Colorado; PVd3 (T.Dura): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Terra Dura; EUC (2,0): eucalipto dois anos de idade; EUC (3,0): eucalipto três anos de idade; EUC (7,0): eucalipto sete anos de idade; SD: solo descoberto; FL: floresta nativa; TP: tolerância de perda de solo.

Em termos de produtividade do eucalipto, Castro (2006) observou, para o mesmo local de estudo, um favorecimento do armazenamento de água e o crescimento do sistema radicular em Argissolos Vermelhos, devido à maior profundidade. Por outro lado, as menores reservas de nutrientes e menores profundidades efetivas dos Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos os predispunham a um maior potencial de erosão (Castro, 2006). Contudo, no presente trabalho, observaram-se maiores perdas de solo no Argissolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo e menores no Cambissolo.

Aplicou-se o teste de médias nos sistemas com eucalipto. Observa-se, na Tabela 4, que os resultados quanto às perdas de solo apresentaram, em relação às classes de solo, a perda na classe PVd3 (Col.) significativamente maior que a constatada na classe CXvd3 (Petim) e estatisticamente igual às classes PVA2 (Petim) e PVd3 (T. Dura).

TABELA 4 Perdas de solo em diferentes classes de solos sob plantio de eucalipto.

| Solo | Perdas de solo |
|----------------|---|
| | ----- Mg ha ⁻¹ período ⁻¹ ----- |
| CXvd3 (Petim) | 1,064 a |
| PVd3 (T. Dura) | 1,983 ab |
| PVA2 (Petim) | 2,146 ab |
| PVd3 (Col.) | 6,249 b |

PVA2: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico Horto Petim; PVd3 Col: Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Colorado; PVd3 T.Dura: Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Terra Dura; CXvd3 (Petim): Cambissolo Háplico Tb Distrófico léptico Horto Petim. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

Na Tabela 5, observa-se, em relação aos sistemas de manejo, uma diferença significativa entre o EUC (2,0) e o EUC (7,0), porém, o EUC (3,0) esteve estatisticamente igual a ambos, sugerindo um decréscimo em perdas de solo significativo nos primeiros anos de desenvolvimento da cultura.

TABELA 5 Perdas de solo em sistemas com eucalipto de diferentes idades.

| Sistemas de manejo | Solo |
|--------------------|---|
| | ----- Mg ha ⁻¹ período ⁻¹ ----- |
| EUC (7,0) | 1,108 a |
| EUC (3,0) | 1,605 ab |
| EUC (2,0) | 4,554 b |

EUC (7,0): eucalipto com sete anos de idade; EUC (3,0): eucalipto com três anos de idade; EUC (2,0): eucalipto com dois anos de idade. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5%.

4 CONCLUSÕES

As perdas de solo para a cultura do eucalipto foram menores do que os limites de tolerância, indicando a adequação do manejo deste sistema no tocante à erosão hídrica.

Plantios de eucalipto de diferentes idades se comportam de formas distintas em relação à erosão hídrica. Há significativa redução das perdas de solo após os três primeiros anos do ciclo da cultura, podendo alcançar perdas similares às observadas em floresta nativa após esta fase.

As perdas de solo para eucalipto ficaram relativamente próximas das observadas em floresta nativa, indicando a sustentabilidade deste sistema em relação à erosão hídrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se que os valores de erosividade no presente estudo se referem a uma série histórica de precipitação total mensal de 39 anos de informações acumuladas. Estações pluviométricas foram instaladas na área para a obtenção de dados que possibilitarão um acompanhamento mais detalhado do processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Informações hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2006.

ARACRUZ CELULOSE. **Resumo público do plano de manejo florestal da Aracruz Celulose**: unidade Guaíba. Guaíba, RS, 2006. 25 p.

ARACRUZ CELULOSE. **Relatório anual 2006**. Disponível em: <<http://www.aracruzcelulose.com/doc/pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. BRACELPA. **Estatísticas do setor**. 2006. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/>>. Acesso em: 27 mar. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico**. 2006. Disponível em: <<http://www.ipef.br/estatisticas/#Relatorios>>. Acesso em: 20 fev. 2008.

BALBINOT, R. **Implantação de florestas geradoras de créditos de carbono**: estudo de viabilidade no sul do Estado do Paraná, Brasil. 2004. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

BAPTISTA, J. **Métodos de preparo de solo e sua influência na erosão hídrica e desenvolvimento inicial de *Eucalyptus saligna* em um Cambissolo Háptico da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul**. 2008. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 657-668, jul./set. 2000.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 133-142, jan./fev. 2007.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; VISENTIN, D.; COGO, N. P. Erosividade das chuvas e a sua distribuição entre 1989 e 1998 no

município de Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 455-464, maio/jun. 2002.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986a. v. 1, p. 363-375.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986b. v. 1, p. 377-382.

BRITO, L. de F. **Erosão hídrica de Latossolo Vermelho Distrófico Típico em área de pós-plantio de eucalipto na Região de Guanhães (MG)**. 2004. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SÁFADI, T.; FONSECA, S.; FERREIRA, M. M.; MARTINS, S. G.; MARQUES, J. J. G. S. M. Erosão hídrica avaliada pela alteração da superfície do solo em sistemas florestais. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 66, p. 25-37, dez. 2004.

CARVALHO, M. A. de. **Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizontes B latossólico e B textural**. 1985. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

CASTRO. **Reserva e disponibilidade de nutrientes para o eucalipto em solos do Rio Grande do Sul**. 2006. 63 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CHAVES, H. M. L. Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, 1996. p. 731-750.

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: I. aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa, 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: I. aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa, 1978b. p. 99-107.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, jul./ago. 2003.

D'ANDRÉA, A. F. **Atributos físicos indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo no sul de Goiás**. 2001. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DANIELSON, R. E.; SUTHERLAND, P. L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 443-461.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; RIGHES, A. A. Mulching vertical: técnica de manejo de enxurradas em sistema plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 85, 2005. Disponível em: <<http://www.plantiodireto.com.br>>. Acesso em: 20 mar. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997. 212 p.

GALINDO, I. C.; MARGOLIS, E. Tolerância de perdas por erosão para solos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 95-100, jan./abr. 1989.

GONÇALVES, J. L. M. Principais solos usados para plantações florestais. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 47-130.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 131-204.

HERNANI, L. C.; FREITAS, P. L.; PRUSKI, F. F.; MARIA, I. C. de. A erosão e seu impacto. In: MANZATTO, C. V.; FERREIRA JUNIOR, E.; PERES, J. R. **R. Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. 174 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Ciência e tecnologia no setor florestal brasileiro**: diagnóstico, prioridades e modelo de financiamento. 2003. Disponível em: <http://www.ipef.br/mct/MCT_02.htm>. Acesso em: 20 jan. 2008.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**: part 1: physical and mineralogical methods. 2. ed. Madison: ASA, 1986. p. 425-441. (Agronomy Monograph, 9).

LAGO, J. C. **Erosividade das chuvas na metade Sul do Rio Grande do Sul**. 2000. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

LAL, R.; GRIFFIN, M.; APT, J.; LAVE, L.; MORGAN, M. G. Managing soil carbon. **Science**, v. 304, Apr. 2004. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org>>. Acesso em: 18 mar. 2008.

LEMOES, R. C.; AZOLIN, M. A. D.; ABRAÃO, P. V. R.; SANTOS, M. C. L. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuárias, Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. 431 p. (Boletim técnico, 30).

LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: USP, 1996. 301 p.

LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. **Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. 12 p. (Boletim técnico, 28).

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 735-741, jul./ago. 2003.

MARTINS, S. G. **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES**. 2005. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S.; MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 395-403, maio/jun. 2003.

NEARY, D. G.; HORNBECK, J. W. Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality. In: NEARY, D. G.; HORNBECK, J. W. **Impacts of forest harvesting on long-term site productivity**. Londres: Chapman and Hall, 1994. Cap. 4, p. 81-119.

NUNEZ, J. E. V.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. do; MAZUR, N. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre distribuição química e perdas de fósforo de um Argissolo. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 101-109, 2003.

OLIVEIRA, F. P. **Erosão hídrica em áreas florestais no Vale do Rio Doce, Região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais**. 2006. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PIRES, L. S. **Sistemas de manejo de eucalipto e erosão hídrica em Latossolo Vermelho Amarelo, muito argiloso na região de Belo Oriente**. 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 16p. (Circular, 63)

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 Number, 53).

RANZINI, M.; LIMA, W. P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com Eucalyptus, no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 144-159, jun. 2002.

REYNOLDS, W. D.; VIEIRA, S. R.; TOPP, G. C. An assessment of the single-head analyses for the constant head well permeameter. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 72, n. 4, p. 489-501, 1992.

SANTOS, C. N. dos. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas da Metade Sul do Rio Grande do Sul**. 2003. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

SANTOS, R. D.; BORTOLAS, E. P. **Levantamento semidetalhado dos solos de hortos da unidade Guaíba-Aracruz com proposta de criação de unidades de manejo**. Guaíba: Aracruz Celulose, 2004. 154 p.

SILVA, C. G. da; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F. de. Atributos físicos, químicos e erosão entressulcos sob chuva simulada, em sistemas de plantio direto e convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 144-153, jan./abr. 2005.

SILVA, M. L. N.; MARTINS JÚNIOR, J. A.; LIMA, G. G.; AVANZI, J. C.; OLIVEIRA, A. H.; CURI, N.; ARAÚJO, E. F. Erosividade das chuvas na região sudeste do estado do Rio Grande do Sul: primeira aproximação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado, RS. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007. p. 20.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; SGARBI, F.; MUNIZ, M. R. A. **Seja o doutor do seu eucalipto**. Piracicaba: Potafós, 2001. 32 p.

STOLTE, J. L. B.; RITSEMA, C. J.; ELSSEN, H. G. M. van den; HESSEL, R. Modelling water flow and sediment processes in a small gully system on the Loess Plateau in China. **Catena**, Amsterdam, v. 54, n. 1/2, p. 117-130, Nov. 2003.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS/UFRGS, 2002. 107 p.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, dez. 2007.

ZHOU, G. Y.; MORRIS, J. D.; YAN, H. H.; YU, Z. Y.; PENG, S. L. Hydrological impacts of reforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in southern China. **Forest Ecological Management**, Amsterdam, v. 167, n. 1/3, p. 209-222, Aug. 2002.

CAPÍTULO 2

RESUMO

OLIVEIRA, Anna Hoffmann. Perdas de nutrientes e carbono orgânico por erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do Rio Grande do Sul. In: _____. **Erosão hídrica em florestas de eucalipto na região sudeste do Rio Grande do Sul**. 2008. Cap. 2, p.35-53. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

A erosão é o principal processo de perdas de nutrientes nos trópicos e, por isso, a avaliação da quantidade de nutrientes perdida se torna necessária à utilização sustentável dos solos florestais. O presente estudo foi realizado com o objetivo de quantificar as perdas de nutrientes e de carbono orgânico (CO) nos sedimentos da enxurrada, no período de abril de 2007 a janeiro de 2008, em floresta de eucalipto (EUC), relacionando-as com as observadas em floresta nativa (FL) e solo descoberto (SD). O estudo foi conduzido no município de Guaíba, região sudeste do estado do Rio Grande do Sul, nas principais classes de solos existentes na região: Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA2), Argissolo Vermelho (PVd3) e Cambissolo (CXvd3). Em todos os solos, o P foi o nutriente que ocorreu em maior concentração nos sedimentos em relação ao solo original. Para os sistemas com eucalipto, a maior taxa de enriquecimento do sedimento de P ocorreu no PVA2 (Petim). As maiores perdas totais de nutrientes e CO em sistemas com eucalipto ocorreram no PVd3 (Col.) e as menores no PVd3 (T. Dura) com EUC (7,0). Dentre os nutrientes, a maior perda total nestes sistemas foi observada para o Ca, $3,1452 \text{ kg ha}^{-1}\text{período}^{-1}$. Considerando as baixas perdas de solo na maioria dos sistemas estudados, pode-se interpretar que as perdas de nutrientes e de carbono orgânico não estão comprometendo a sustentabilidade das florestas de eucalipto.

CHAPTER 2

ABSTRACT

OLIVEIRA, Anna Hoffmann. Nutrient and organic carbon losses by water erosion in eucalyptus forest in the Southeastern region of the Rio Grande do Sul. In: _____. **Water erosion in eucalyptus forest in the Southeastern region of the Rio Grande do Sul**. 2008. Chap. 2, p. 35-53. Dissertation (Master Program in Soil Science) - Federal University of Lavras, Lavras, MG.

Erosion is the main process of nutrients loss in the tropics, and therefore the assessment of the amount of lost nutrients becomes necessary for the sustainable use of forest soil. This study aims to quantify the loss of nutrients and organic carbon (OC) in runoff sediments, in the period of April 2007 to January 2008, in eucalyptus forest (EUC), relating them to those found in native forests (FL) and bare soil (SD). The study was conducted in the town of Guaíba, Southeastern region of the state of Rio Grande do Sul, in the main classes of soils existing in the region: Red Yellow Argisol (PVA2), Red Argisol (PVd3) and Cambisol (CXvd3). In all soils, P was the nutrient that occurred in highest concentration in the sediments in relation to the original soil. For the systems with eucalyptus, the greatest rate of enrichment of P occurred in PVA2 (Petim). The highest total losses of nutrients and CO occurred in PVd3 (Col.) and the lowest ones in PVd3 (T. Dura) with EUC (7.0). Out of the nutrients, the highest total loss in these systems was observed for Ca, 3.1452 kg ha⁻¹ period⁻¹. Considering the low losses of soil in most of the studied systems, one can interpret that the losses of both nutrients and organic carbon are not compromising the sustainability of eucalyptus forests.

1 INTRODUÇÃO

Nos trópicos, a erosão hídrica é o principal processo de perdas de nutrientes, os quais tendem a se concentrar na superfície do solo pela adição ou pela reciclagem (Resende et al., 2002). A avaliação da quantidade de nutrientes perdida por erosão em diferentes sistemas de manejos e cobertura vegetal é de fundamental importância no planejamento e na adoção de práticas conservacionistas que proporcionem, de forma equilibrada, o uso e a sustentabilidade dos solos florestais (Ramakrishna & Davidson, 1998).

O aumento da produção para a maioria das culturas, nos últimos anos, tem sido influenciado pelos melhoramentos da tecnologia com cultivares mais produtivas, pela expansão das áreas plantadas com ocupação de novas fronteiras agrícolas e pelo emprego de fertilizantes suprindo os nutrientes carreados pelas enxurradas. Estes fatores são responsáveis por ocultar os efeitos da erosão hídrica no solo (Eswaran et al., 2001), caracterizada como o principal mecanismo de alteração e degradação dos atributos do solo, com reflexos diretos na produtividade.

É difícil calcular, em termos econômicos, o quanto o país já perdeu e continua perdendo de nutrientes dos solos e fertilizantes adicionados, em virtude da ação das enxurradas sobre os solos, oriundas da erosão hídrica (Corrêa, 2005).

Em culturas agrícolas anuais, uma quantificação recente destas perdas anuais por erosão hídrica para diferentes sistemas de manejo constatou gastos financeiros significativos decorrentes das perdas de P, K, Ca e Mg, independentemente do sistema de manejo do solo. No sistema de semeadura direta, as perdas por hectare foram de US\$ 14,83 ao ano, enquanto no preparo mínimo foram de US\$ 16,33 ao ano e, no preparo convencional, de US\$ 24,94 ao ano. Na média destes sistemas de manejo do solo, o valor monetário total anual por hectare das perdas de fósforo correspondeu a 8,6%, enquanto para

potássio e cálcio mais magnésio os valores correspondem a 76,8% e 14,6 %, respectivamente (Bertol et al., 2007).

As concentrações de nutrientes no material transportado podem representar grandes quantidades de adubos perdidos e que devem ser adicionados ao solo para que a sua capacidade produtiva se mantenha em níveis adequados (Cassol et al., 2002; Bertol et al., 2004). O material de solo arrastado pela erosão hídrica é mais rico em fósforo, cálcio, magnésio, potássio e carbono orgânico do que o solo original. Isto se deve ao material transportado, o qual é mais rico em silte e argila do que o solo de onde se originou o sedimento, uma vez que essas partículas são mais facilmente transportadas e contêm maiores quantidades de nutrientes adsorvidas (Seganfredo et al., 1997; Bertol et al., 2004).

A qualidade da água em bacias hidrográficas está intimamente relacionada com o escoamento superficial, o qual fornece os materiais – sedimentos e nutrientes – que, ao serem transportados e depositados, darão origem aos processos de assoreamento e de eutrofização das águas (Sautini et al., 2004). O escoamento superficial em zonas agrícolas contribui significativamente para o problema da qualidade da água em todo o mundo (Lima et al., 2002).

A matéria orgânica, geralmente rica em nutrientes, é transportada com os sedimentos mais finos do solo devido à sua baixa densidade e por estar em maior concentração na superfície (Bertol, 2005), denotando o caráter seletivo da erosão hídrica que, ao carregar as partículas mais finas, conduz a fração mais fértil do solo (Pomianoski, 2005). A matéria orgânica perdida em maior quantidade é o principal fator na degradação de sua estrutura, acarretando maior erodibilidade e susceptibilidade ao escoamento superficial, reduzindo a capacidade de infiltração e do armazenamento de água (Dechen et al., 1981).

Em sistemas conservacionistas, como, por exemplo, o cultivo mínimo da cultura do eucalipto, a cobertura superficial proporcionada ao solo é bem mais eficiente do que em cultivos convencionais. Dessa forma, as perdas de solo e água neste tipo de manejo são reduzidas, influenciando diretamente a diminuição das perdas de nutrientes por erosão hídrica (Gonçalves et al., 2002). O preparo do solo aumenta a erosão e diminui o estoque de carbono orgânico do solo numa camada de 10 cm, em todas as fases erosionais, exceto a deposição (Shukla & Lal, 2005). O total de carbono orgânico perdido nos sedimentos em sistemas de manejo sem prática conservacionista, ou seja, morro abaixo, revela quantidades significativas de nutrientes sendo transportadas para as partes mais baixas do terreno, assemelhando-se à condição de solo descoberto. Tal resultado está ligado ao total de solo perdido (Bertol et al., 2005).

Em povoamentos de eucalipto em Latossolo Vermelho Amarelo sob diversos tipos de manejo, as perdas de nutrientes por erosão hídrica apresentaram valores muito baixos, correspondente às perdas de solo. Os teores de carbono orgânico no sedimento foram de 11 a 12 g kg⁻¹, enquanto Ca e Mg perderam, em média, 1,4 e 0,2 cmol_c dm⁻³, e P e K perderam, em média, 1,5 e 80 mg dm⁻³, respectivamente (Pires, 2004). Durante o ciclo da cultura do eucalipto na região dos Tabuleiros Costeiros, os teores médios de Ca e Mg encontrados no sedimento foram de 2,13 e 1,33 cmol_c dm⁻³, respectivamente e de 17,0 e 26,5 mg dm⁻³, para P e K (Martins, 2005). O autor observou maiores teores de Ca e Mg na enxurrada em relação ao sedimento, enquanto que os teores de P e K foram maiores no sedimento. Tais resultados também foram observados por Pires (2004), em sistemas com eucalipto, salientando a relação das perdas de P e K à alta afinidade destes elementos com a fração coloidal dos sedimentos. Para o nitrogênio em solos florestais cultivados, observa-se que a perda de sedimentos e de nitrogênio aumenta com o declive e a energia cinética da chuva, sugerindo

maior dependência da perda de nitrogênio relacionada à perda de sedimento do que à sua alta concentração no sedimento (Misra & Teixeira, 2001).

Os efeitos do cultivo nos nutrientes e nas características microbiológicas do solo são observados pelo enriquecimento de carbono e de nitrogênio nas menores frações dos agregados (2-0,25 mm). A distribuição do carbono orgânico, do nitrogênio total e do fósforo avaliados na análise de estabilidade de agregados em água mostra um enriquecimento preferencial destes elementos na fração de macroagregados (4,76 – 2,0 mm) para solos não cultivados e na fração de microagregados (< 0,25 mm) para solos cultivados. Considerando que o cultivo reduz as frações de macroagregados (>0,25 mm) para diâmetros menores e que pequenos agregados são preferencialmente removidos pela erosão hídrica, é clara a necessidade de práticas de manejo de solo sustentáveis que possam minimizar a perda de nutrientes (Adesodun et al., 2007).

Nesse sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de quantificar as perdas de nutrientes e de carbono orgânico nos sedimentos da enxurrada por erosão hídrica, entre abril de 2007 e janeiro de 2008, em florestas de eucalipto pós-plantio e em diferentes estágios de idade, relacionando-as com as observadas em floresta nativa e solo descoberto, no município de Guaíba, RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no município de Guaíba, região sudeste do estado do Rio Grande do Sul, em áreas da Aracruz Celulose S.A.- Unidade Guaíba. A região está situada nas coordenadas 30°06'50" de latitude Sul e 51°19'30" de longitude Oeste (correspondentes a 6661,8 Km N e 468,5 Km E, projeção UTM, Fuso 22, Datum South America 1969) e altitude de 23m.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cfa, subtropical úmido, que se caracteriza por apresentar chuva durante todos os meses do ano e possuir a temperatura do mês mais quente

superior a 22°C, e a do mês mais frio, superior a 3°C. A precipitação média anual é de, aproximadamente, 1.400 mm (Aracruz Celulose, 2006).

O experimento foi instalado nas principais classes de solos existentes na região: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico Tb (PVA2), Argissolo Vermelho distrófico latossólico Tb (PVD3) e Cambissolo Háptico Tb distrófico argissólico (CXvd3), nos relevos suave ondulado e ondulado para os dois primeiros e ondulado e forte ondulado para o último. Os três tratamentos estudados foram: solo descoberto, solo sob cultivo de eucalipto em diferentes idades e solo sob floresta subtropical alta (Lemos et al., 1973).

O preparo do solo adotado para a implantação da cultura do eucalipto foi o cultivo mínimo com abertura da linha de plantio. Resíduos da colheita anterior, tais como cepa, folha, galhos e madeira da ponta das árvores, permaneceram na área. Foi realizado o controle da matocompetição no pré-plantio, utilizando-se o herbicida pós-emergente Round-up, aplicado em área total na dosagem de 3 litros ha⁻¹, num total de duas aplicações.

Foram utilizadas amostras dos sedimentos de erosão coletadas no período de abril de 2007 a janeiro de 2008. A avaliação das perdas de solo foi realizada em parcelas instaladas no campo, com dimensões de 12,0 x 12,0 m, para o solo cultivado com eucalipto e 4,0 x 12,0 m, para o solo sob floresta nativa e solo descoberto. As parcelas foram contornadas com chapas galvanizadas com 0,40 m de largura, que foram enterradas 0,20 m.

Para quantificar as perdas de nutrientes, amostras foram coletadas do sedimento, segundo metodologia descrita por Cogo (1978 a,b). Após agitação da suspensão, foram retiradas três alíquotas de volume predeterminado, as quais foram transferidas para o laboratório e submetidas à decantação. O material decantado foi seco em estufa, a 105°C e, no sedimento, foram determinados os teores de P extraível, K⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis e carbono orgânico total. O complexo sortivo e pH em água foram determinados conforme Embrapa (1997)

e a determinação do carbono orgânico total (CO) determinado por oxidação a quente com dicromato de potássio e a titulação com sulfato ferroso amoniacal foi determinada conforme (Raij & Quaggio, 1983).

Admitiu-se que o sedimento removido das parcelas pela erosão era aquele da camada de 0 a 0,20 m de profundidade e comparou-se a composição química do sedimento erodido com o do mesmo solo e profundidade. Os teores de pH em água, carbono orgânico total e complexo sortivo dos solos estudados podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1 Atributos químicos dos solos estudados em Guaíba, RS.

| Solo | pH | P | K | Ca | Mg | CO |
|----------------|-----|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| | | -----mg dm ⁻³ ----- | -----cmolc dm ⁻³ ----- | -----cmolc dm ⁻³ ----- | -----cmolc dm ⁻³ ----- | g Kg ⁻¹ |
| PVA2 (Petim) | 5,5 | 1,5 | 43,7 | 2,1 | 1,2 | 11,0 |
| CXvd3 (Petim) | 4,3 | 4,9 | 98,7 | 1,4 | 0,6 | 21,0 |
| PVd3 (Col) | 5,9 | 4,1 | 61,7 | 4,2 | 1,1 | 24,0 |
| PVd3 (T. Dura) | 5,1 | 2,5 | 62,0 | 1,0 | 0,5 | 9,0 |

PVA2 (Petim): Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico Horto Petim; PVd3 (Col.): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Colorado; CXvd3 (Petim): Cambissolo Háptico Tb Distrófico léptico Horto Petim; PVd3 (T.Dura): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Terra Dura; CO: carbono orgânico.

A taxa de enriquecimento do sedimento (TES) correspondeu a uma relação entre concentração de nutrientes no sedimento de erosão e concentração de nutrientes no mesmo solo sob floresta nativa. Valores maiores do que 1,0 indicam que a concentração no sedimento erodido foi sempre maior do que no solo original, caracterizando a seletividade de arraste de material no processo da erosão hídrica que transporta, principalmente, as partículas mais finas, as frações mais reativas do solo e, conseqüentemente, com maior capacidade de carrear nutrientes e carbono orgânico (Silva et al., 2005). Valores menores que 1,0 indicam ausência de enriquecimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações de carbono orgânico total e de nutrientes no sedimento para os solos e sistemas estudados podem ser observadas na Tabela 2. O solo sob floresta nativa foi usado como referência de fertilidade na discussão dos resultados de perdas de nutrientes no sedimento (Tabela 1).

TABELA 2 Concentração de nutrientes e carbono orgânico total (CO) no sedimento de erosão dos solos estudados no período de 04/2007 a 01/2008, em Guaíba, RS.

| Solo | Sistema de manejo | pH | P | K | Ca | Mg | CO |
|----------------|-------------------|-----|---------------------------|--|--|--------------------|------|
| | | | -- mg dm ⁻³ -- | -- cmol _c dm ⁻³ -- | -- cmol _c dm ⁻³ -- | g Kg ⁻¹ | |
| PVA2 (Petim) | SD | 6,3 | 7,3 | 25,0 | 1,2 | 0,4 | 9,0 |
| PVA2 (Petim) | EUC (3,0) | 6,3 | 7,8 | 95,0 | 9,0 | 2,7 | 53,3 |
| CXvd3 (Petim) | SD | 6,1 | 14,4 | 50,7 | 1,8 | 0,7 | 15,0 |
| CXvd3 (Petim) | EUC (3,0) | 5,8 | 10,4 | 115,0 | 3,4 | 1,2 | 36,5 |
| PVd3 (Col) | SD | 6,2 | 10,8 | 83,7 | 4,2 | 1,4 | 18,0 |
| PVd3 (Col) | EUC (2,0) | 6,2 | 7,1 | 97,3 | 3,8 | 1,4 | 23,0 |
| PVd3 (T. Dura) | SD | 6,2 | 77,3 | 42,7 | 2,0 | 0,8 | 9,0 |
| PVd3 (T. Dura) | EUC (2,0) | 6,4 | 10,7 | 66,5 | 1,8 | 0,7 | 10,0 |
| PVd3 (T. Dura) | EUC (7,0) | 6,5 | 7,5 | 47,0 | 1,2 | 0,2 | 4,6 |

PVA2 (Petim): Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico Horto Petim; CXvd3 (Petim): Cambissolo Háptico Tb Distrófico léptico Horto Petim; PVd3 (Col.): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Colorado; PVd3 (T.Dura): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Terra Dura; EUC (2,0): eucalipto dois anos de idade; EUC (3,0): eucalipto três anos de idade; EUC (7,0): eucalipto sete anos de idade; SD: solo descoberto.

Observa-se, pelos dados da Tabela 2, que, de forma geral, os sedimentos são mais ricos em nutrientes que o solo original (Tabela 1), conforme observado por diversos autores (Seganfredo et al., 1997; Bertol et al., 2004; Martins, 2005). O P foi o nutriente que ocorreu em maior concentração nos sedimentos em relação ao solo original.

Esta maior concentração de P em relação ao solo original, entretanto, deve ser analisada com bastante cautela. Isso porque, no ambiente de deposição da enxurrada, podem ocorrer várias reações e liberação de P para a solução, como as reações de oxirredução e a elevação do pH do solo que, de uma faixa de 5,1 (Tabela 1) se eleva para a de 6,2 na água da enxurrada (Tabela 2), proporcionando um ambiente de maior solubilidade de P e também liberação do P ligado ao carbono orgânico solúvel em água. Adiciona-se a este aspecto o aumento de P na solução, devido à redução dos óxidos de ferro, liberando P adsorvido para a solução.

Entre Ca e Mg, para todos os sistemas, as maiores concentrações no sedimento foram observadas para Ca, devido aos maiores teores desses nutrientes no solo (Tabela 1), concordando com os resultados de Silva et al. (2005). Também em razão do maior teor no solo, o K apresentou maiores concentrações no sedimento, em relação ao P, revelando que o K é efetivamente mais móvel no solo e concentra-se menos na superfície do que o P nos preparos conservacionistas, conforme constatado também por Schick et al. (2000) e Bertol et al. (2004). A concentração desses dois elementos na superfície do solo nos preparos conservacionistas contribuiu para aumentar seu transporte pela enxurrada, especialmente quando adsorvidos aos sedimentos. A matéria orgânica é um dos primeiros constituintes do solo a ser arrastado e, associados a ela, podem estar o K e o P (Seganfredo et al., 1997).

Em relação aos sistemas com eucalipto, as maiores concentrações de Ca, Mg e CO ocorreram para EUC (3,0), em PVA2 (Petim) (Tabela 2).

A alta concentração de matéria orgânica na superfície do solo, especialmente nos sistemas conservacionistas de manejo de solo, associada à sua baixa densidade, justifica, por outro lado, a maior concentração de CO nos sedimentos transportados em tais sistemas do que na camada superficial do solo de onde foram removidos, conforme observado por Schick et al. (2000). A

menor concentração de CO nos sedimentos coletados nas parcelas de solo descoberto pode ser explicada pela ausência de vegetação, indicando a importância dos resíduos vegetais para a manutenção e ou aumento do teor de CO no solo, concordando com as observações de Bertol et al. (2004).

De modo geral, as concentrações de Ca, Mg e P no sedimento estão acima das observadas em outros estudos para sistemas com eucalipto (Pires, 2004; Martins, 2005; Oliveira, 2006). Quanto ao CO, os valores obtidos são maiores que os encontrados por Pires (2004) e Oliveira (2006) e similares aos encontrados por Martins (2005).

Os resultados acima podem ser explicados pela suscetibilidade destes solos à erosão, já que as perdas de nutrientes e matéria orgânica são decorrentes das perdas de solo. Para a classe CXvd3 (Petim), ressalta-se ainda o declive como fator determinante no caso de solos distróficos, em que um pequeno aumento no mesmo aumenta muito as perdas de nutrientes por erosão, fragilizando estes ecossistemas (Resende et al., 2002).

Os valores da taxa de enriquecimento do sedimento (TES) podem ser observados na Tabela 3.

A mais alta TES foi observada para o P, no PVd3 (T. Dura) em SD. Os maiores valores de TES foram observados no PVA2 (Petim) com EUC (3,0), exceto para o P. Verificaram-se TES maiores que 1,0 para todos os nutrientes em sistemas com eucalipto de 2-3 anos de idade, exceto para Ca e CO no PVd3 (Col.). De modo geral, em relação aos sistemas analisados, sistemas com eucalipto apresentaram TES maiores que 1,0 para CO, exceto para o EUC (7,0) (Tabela 3).

O P apresentou as maiores TES em todos os sistemas estudados (Tabela 3). Estes resultados concordam com os encontrados na literatura, relacionando tal comportamento à adsorção de P aos colóides (Seganfredo et al., 1997; Martins, 2005; Oliveira, 2006).

TABELA 3 Taxa de enriquecimento do sedimento em relação ao carbono orgânico total e nutrientes dos solos e tratamentos estudados.

| Solo | Sistema Manejo | P | K | Ca | Mg | CO |
|---------------|----------------|------|-----|-----|-----|-----|
| PVA2 (Petim) | SD | 4,9 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 0,8 |
| PVA2 (Petim) | EUC (3,0) | 5,2 | 2,2 | 4,3 | 2,3 | 4,8 |
| CXvd3 (Petim) | SD | 2,9 | 0,5 | 1,3 | 1,2 | 0,7 |
| CXvd3 (Petim) | EUC (3,0) | 2,1 | 1,2 | 2,4 | 2,0 | 1,7 |
| PVd3 (Col) | SD | 2,6 | 1,4 | 1,0 | 1,3 | 0,8 |
| PVd3 (Col) | EUC (2,0) | 1,7 | 1,6 | 0,9 | 1,3 | 1,0 |
| PVd3 (T.Dura) | SD | 30,9 | 0,7 | 2,0 | 1,6 | 1,0 |
| PVd3 (T.Dura) | EUC (2,0) | 4,3 | 1,1 | 1,8 | 1,4 | 1,1 |
| PVd3 (T.Dura) | EUC (7,0) | 3,0 | 0,8 | 1,2 | 0,4 | 0,5 |

PVA2 (Petim): Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico Horto Petim; CXvd3 (Petim): Cambissolo Háptico Tb Distrófico léptico Horto Petim; PVd3 (Col.): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Colorado; PVd3 (T.Dura): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Terra Dura; EUC (2,0): eucalipto dois anos de idade; EUC (3,0): eucalipto três anos de idade; EUC (7,0): eucalipto sete anos de idade; SD: solo descoberto.

As perdas totais de nutrientes na área podem ser observadas na Tabela 4. As perdas de nutrientes e CO nos sedimentos transportados pela enxurrada foram influenciadas pelas suas concentrações nos sedimentos produzidos (Tabela 2) e pelas perdas de solo por erosão. Desse modo, as referidas perdas, em geral, foram baixas, explicadas pela pequena quantidade de solo perdido.

O sistema EUC (7,0) apresentou as menores perdas de nutrientes, enquanto, de forma geral, as maiores perdas ocorreram para o PVd3 (Col.) em SD, exceto para o P, que apresentou maior perda no PVd3 (T. Dura) em SD, correspondendo à maior perda de solo. Para os solos PVA2 (Petim) e CXvd3 (Petim), houve tendência de os sistemas com eucalipto perderem mais nutrientes que o SD (Tabela 4).

O cálcio foi o nutriente que apresentou maior perda em todos os sistemas estudados, variando de 0,0076 a 3,1452 kg ha⁻¹ período⁻¹, para os

sistemas com eucalipto (Tabela 4). Tanto o Ca e o Mg como o K são nutrientes facilmente lixiviáveis. As maiores perdas de Ca foram decorrentes da maior concentração deste nutriente no solo, influenciada também pela operação de calagem, necessária à nutrição do eucalipto em Ca e Mg.

O constituinte encontrado em maior quantidade no sedimento erodido foi o CO, com perda mais acentuada no PVd3 (Col.) em SD, de 184,37 Kg ha⁻¹. Nos sistemas com eucalipto de 2-3 anos, as perdas de CO variaram de 28,58 a 143,73 kg ha⁻¹ período⁻¹ (Tabela 4). Estes valores são maiores que aos observados na literatura para sistemas com eucalipto (Martins, 2005; Oliveira 2006).

TABELA 4 Perdas totais de nutrientes e de carbono orgânico (CO) no sedimento de erosão dos solos estudados no período de 04/2007 a 01/2008, em Guaíba, RS.

| Solo | Sistema de manejo | Perda de | | | | | | |
|---------------|-------------------|--------------------------|-----|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | solo | pH | P | K | Ca | Mg | CO |
| | | --Mg ha ⁻¹ -- | | ----- Kg ha ⁻¹ ----- | | | | |
| PVA2 (Petim) | SD | 2,228 | 6,3 | 0,0103 | 0,0353 | 0,3384 | 0,0677 | 20,05 |
| PVA2 (Petim) | EUC (3,0) | 2,147 | 6,3 | 0,0103 | 0,1251 | 2,3709 | 0,4268 | 114,43 |
| CXvd3 (Petim) | SD | 0,779 | 6,1 | 0,0085 | 0,0299 | 0,2125 | 0,0496 | 11,69 |
| CXvd3 (Petim) | EUC (3,0) | 1,064 | 5,8 | 0,0081 | 0,0893 | 0,5281 | 0,1118 | 38,83 |
| PVd3 (Col) | SD | 10,243 | 6,2 | 0,0758 | 0,5872 | 5,8932 | 1,1786 | 184,37 |
| PVd3 (Col) | EUC (2,0) | 6,249 | 6,2 | 0,0294 | 0,4027 | 3,1452 | 0,6953 | 143,73 |
| PVd3 (T.Dura) | SD | 14,637 | 6,2 | 0,7750 | 0,4281 | 4,0101 | 0,9624 | 131,73 |
| PVd3 (T.Dura) | EUC (2,0) | 2,858 | 6,4 | 0,0211 | 0,1311 | 0,7096 | 0,1656 | 28,58 |
| PVd3 (T.Dura) | EUC (7,0) | 1,108 | 6,5 | 0,0002 | 0,0015 | 0,0076 | 0,0008 | 0,21 |

PVA2 (Petim): Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico Horto Petim; CXvd3 (Petim): Cambissolo Háptico Tb Distrófico léptico Horto Petim; PVd3 (Col.): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Colorado; PVd3 (T.Dura): Argissolo Vermelho Distrófico típico Horto Terra Dura; EUC (2,0): eucalipto dois anos de idade; EUC (3,0): eucalipto três anos de idade; EUC (7,0): eucalipto sete anos de idade; SD: solo descoberto.

Estes resultados explicitam a necessidade da aplicação de práticas conservacionistas que reduzam a ação erosiva da chuva, mantendo esta fração orgânica no solo, uma vez que ela é importante na manutenção da sua estrutura, na retenção de umidade, CTC e na redução das perdas de carbono (Bertol et al., 2005).

Comparando-se sistemas de eucalipto, nota-se que o EUC (2,0), no PVd3 (Col.), foi o sistema que mais perdeu nutrientes, com destaque para o Ca, o nutriente que sofreu maior perda em todos os sistemas com eucalipto (Figura 1). As perdas de nutrientes observadas no EUC (7,0) foram as menores nestes sistemas (Figura 1), o que era esperado, devido à condição de equilíbrio da cultura nesta idade, semelhante à floresta nativa.

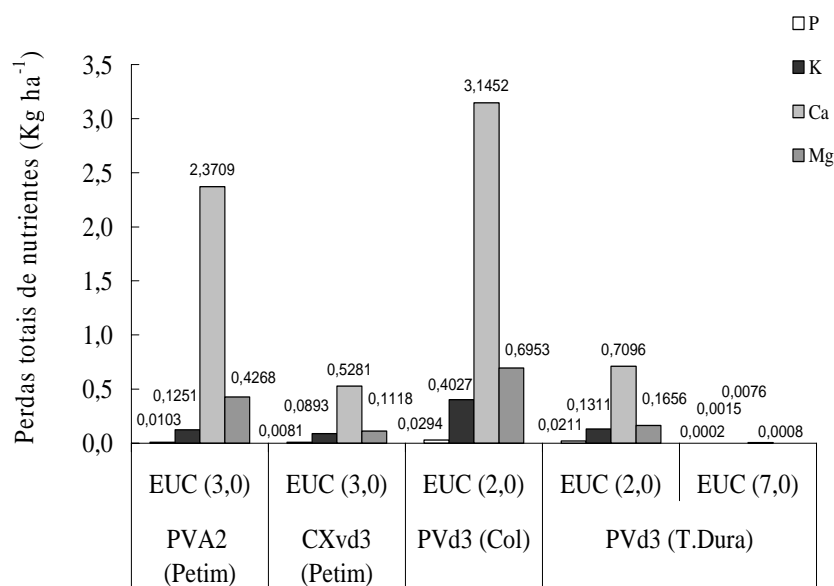


FIGURA 1 Perdas de nutrientes nos sistemas de eucalipto estudados.

4 CONCLUSÕES

Em todos os solos, o fósforo foi o nutriente que ocorreu em maior concentração nos sedimentos em relação ao solo original. Para os sistemas com eucalipto, a maior taxa de enriquecimento de fósforo ocorreu no PVA2 (Petim).

Em sistemas com eucalipto, as maiores perdas totais de nutrientes e carbono orgânico ocorreram no PVd3 (Col.) e as menores no PVd3 (T. Dura) com EUC (7,0). Dentre os nutrientes, a maior perda total foi observada para o cálcio.

Considerando as baixas perdas de solo na maioria dos sistemas estudados, pode-se interpretar que as perdas de nutrientes e de carbono orgânico não estão comprometendo a sustentabilidade das florestas de eucalipto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESODUN, J. K.; ADEYEMI, E. F.; OYEGOKE, C. O. Distribution of nutrient elements within water-stable aggregates of two tropical agro-ecological soils under different land uses. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 92, n. 1/2, p. 190-197, Jan. 2007.

ARACRUZ CELULOSE. **Resumo público do plano de manejo florestal da Aracruz Celulose**: unidade Guaíba. Guaíba, RS, 2006. 25 p.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J. C.; AMARAL, A. J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 133-142, jan./fev. 2007.

BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; GONZÁLEZ, A. P.; AMARAL, A. J.; BRIGNONI, L. F. Soil Tillage, water erosion, and calcium, magnesium, and organic carbon losses. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 578-584, Nov./Dec. 2005.

BERTOL, I.; LEITE, D.; GUADAGNIN, J. C.; RITTER, S. R. Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada: II perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 1045-1054, nov./dez. 2004.

BERTOL, O. J. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. 2005. 208 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

CASSOL, E. A.; LEVIEN, R.; ANGHINONI, I.; BADELUCCHI, M. P. Perdas de nutrientes por erosão em diferentes métodos de melhoramento de pastagem nativa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 705-712, jul./set. 2002.

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: I. aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa, 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: I. aproximação. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., 1978, Passo Fundo, RS. **Anais...** Passo Fundo: Embrapa, 1978b. p. 99-107.

CORRÊA, A. **Prejuízos com as perdas de solo nas áreas agrícolas**. Brasília, DF: Embrapa, 2005. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br/solos/alertaconservaçãodosolos>>. Acesso em: 5 jun. 2005.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997. 212 p.

ESWARAN, H. R.; LAL, R.; REICH, P. F. Land degradation: an overview. In: BRIDGES, E. M.; HANNAM, I. D.; OLDEMAN, L. R.; PENING DE VRIES, F. W. T.; SCHERR, S. J.; SOMPATPANIT, S. (Ed.). **Paper presented at responses to land degradation: the second International Conference on Land Degradation and Desertification at Khon Kaen, Thailand, 25-29 January 1999**. New Delhi: Oxford, 2001.

GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; WICHERT, M. C. P.; GAVA, J. L. Manejo de resíduos vegetais e preparo do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 131-204.

LEMOS, R. C.; AZOLIN, M. A. D.; ABRAÃO, P. V. R.; SANTOS, M. C. L. **Levantamento e reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Ministério da Agricultura, Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuárias, Divisão de Pesquisas Pedológicas, 1973. 431 p. (Boletim técnico, 30).

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B.; CÂMARA, C. D. Implicações da colheita florestal e do preparo do solo na erosão e assoreamento de bacias hidrográficas. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 373-392.

MARTINS, S. G. **Erosão hídrica em povoamento de eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros, ES.** 2005. 106 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MISRA, R. K.; TEIXEIRA, P. C. The sensitivity of erosion and erodibility of forest soils to structure and strength. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 59, n. 1/2, p. 81-93, Apr. 2001.

OLIVEIRA, F. P. **Erosão hídrica em áreas florestais no Vale do Rio Doce, Região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais.** 2006. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PIRES, L. S. **Sistemas de manejo de eucalipto e erosão hídrica em Latossolo Vermelho Amarelo, muito argiloso na região de Belo Oriente.** 2004. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

POMIANOSKI, D. J. W. **Perdas de solo e água em sistemas agroflorestais da bracinga (*Mimosa scabrella* Benth) em diferentes declividades e manejos.** 2005. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 16p. (Circular, 63)

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 number, 53).

RESENDE, M.; CURI, N.; LANI, J. L. Reflexões sobre o uso dos solos brasileiros. In: ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W.; COSTA, L. M. (Org.). **Tópicos em ciência do solo.** Viçosa: SBCS, 2002. v. 2, p. 593-644.

SAUNITI, R. M.; FERNANDES, L. A.; BITTENCOURT, A. V. L. Estudo do assoreamento do reservatório da Barragem do Rio Passaúna - Curitiba - PR. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 54, p. 65-82, 2004.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. L. R. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em diferentes sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 287-291, abr./jun. 1997.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, p. 437-447, abr./jun. 2000.

SHUKLA, M. K.; LAL, R. Erosional effects on soil organic carbon stock in an on-farm study on Alfisols in west central Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 2, p. 173-181, Apr. 2005.

SILVA, A. M. da; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. de; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 223-230, dez. 2005.