

## **PERDAS DE ÁGUA E SOLO E EROSIVIDADE DAS CHUVAS EM CAMPO NATIVO E POVOAMENTO DE EUCALIPTO NO BIOMA PAMPA, SÃO GABRIEL-RS**

*Regis Lanza<sup>1</sup>, Mirian Lago Valente<sup>2</sup>, Miriam Fernanda Rodrigues<sup>3</sup>, José Miguel Reichert<sup>4</sup>, Jean Paolo Gomes Minella<sup>5</sup>, Fabiano de Vargas Arigony Braga<sup>6</sup>, Rosane Barbosa Lopes Cavalcante<sup>7</sup>*

**RESUMO** --- A chuva e o uso e manejo do solo influenciam nos processos erosivos de solos naturalmente frágeis, antes ocupados com campo nativo. Objetivou-se estimar a erosividade da chuva mensal (EI30) e avaliar as perdas de água e solo em campo nativo e em área de eucalipto. O estudo foi conduzido em parcelas experimentais instaladas em duas bacias hidrográficas pareadas com diferentes usos (povoamentos de eucalipto e campo nativo), em São Gabriel-RS. Cada bacia possui três parcelas de erosão (3,0 x 1,0 m) para a estimativa das perdas de água e solo, e pluviógrafos e *dataloggers* para monitorar a precipitação. As amostras para a determinação das perdas de solo e de água foram coletadas em intervalos quinzenais, de dezembro de 2013 a junho de 2014. A perda de água e solo foi maior para o campo nativo (115,3 L m<sup>-2</sup> e 46,0 kg ha<sup>-1</sup>) comparado ao povoamento de eucalipto (26,0 L m<sup>-2</sup> e 23,0 kg ha<sup>-1</sup>). O EI30 apresentou coeficiente de correlação com as perdas de solo nas bacias de eucalipto e campo, respectivamente, de 0,89 e 0,78. Há um efeito positivo da cobertura vegetal na proteção do solo para reduzir a erosão hídrica, o que demonstra a importância da floresta de eucalipto na redução do escoamento superficial e da erosão do solo.

**ABSTRACT** --- Rainfall and soil use and management influence erosion processes of naturally fragile soils, previously occupied with native grass. This study aimed to estimate the monthly rain erosivity (EI30) and assess soil and water losses in native grassland and eucalyptus. The study was conducted in experimental plots established in two paired watersheds with different uses (eucalyptus and pasture), in São Gabriel, RS. Each watershed has three erosion plots (3.0 x 1.0 m) for estimating water and soil losses, and were instrumented with recording rain gauges and dataloggers to monitor precipitation. Samples to determine soil and water losses were collected at given intervals, from December 2013 to June 2014. Water and soil loss was higher for native pasture (115.3 L m<sup>-2</sup> and 46.0 kg ha<sup>-1</sup>) compared to eucalypt plantation (26.0 L m<sup>-2</sup> and 23.0 kg ha<sup>-1</sup>). The EI30 was correlated with soil losses in eucalyptus and pasture plots, respectively with R<sup>2</sup> of 0.89 and 0.78. There is a positive effect of vegetation cover on soil protection to reduce water erosion. This result shows the importance of eucalyptus forest in reducing runoff and soil erosion.

**Palavras-chave:** erosão, escoamento superficial, *Eucalyptus saligna*, pastagem.

<sup>1</sup> Mestrando em Ciência do solo. PPGCS – UFSM, Av. Roraima, 1000, Santa Maria-RS, 97105-900, Santa Maria (RS). Email: regislanza@gmail.com

<sup>2</sup> Doutoranda em Engenharia Florestal. PPGEF – UFSM, Av. Roraima, 1000, Santa Maria-RS, 97105-900. Email: mirian\_sm@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Doutoranda em Engenharia Florestal. PPGEF - UFSM Av. Roraima, 1000, Santa Maria-RS, 97105-900. Email: miriamf\_rodrigues@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Professor PhD. Universidade Federal de Santa Maria/Campus Camobi Av. Roraima, 1000, Santa Maria-RS, 97105-900. Email: reichert@ufsm.br

<sup>5</sup> Professor Dr. Universidade Federal de Santa Maria/Campus Camobi Av. Roraima, 1000, Santa Maria-RS, 97105-900. Email: jminella@gmail.com

<sup>6</sup> Pós-Doutorando Engenharia Florestal. PPGEF – UFSM Av. Roraima, 1000, Santa Maria-RS, 97105-900. Email: fabianovab@gmail.com

<sup>7</sup> Doutoranda Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. IPH – UFRGS Av. Bento Gonçalves, 7500, Porto Alegre-RS, 91501-970 Email: RBCavalcante@cmpcrs.com.br

## INTRODUÇÃO

A utilização inadequada de áreas com baixa aptidão agrícola e alta fragilidade ambiental contribuem para a erosão hídrica, a qual causa redução da capacidade produtiva dos solos e aumento da transferência de sedimentos e poluentes para os cursos de água (Minella *et al.*, 2007). Contudo, grande parte da erosão provocada pelo impacto direto das gotas da chuva e, ou, pelo escoamento superficial do excesso de água da chuva deve-se às características físicas específicas das chuvas, que podem ser expressas pelo índice de erosividade EI30 (Montebeller *et al.*, 2007; Bazzano *et al.*, 2010) de cada região (Eltz *et al.*, 2013).

Áreas tradicionalmente utilizadas para agricultura e pecuária, situadas especialmente na metade Sul do Rio Grande do Sul, foram e vêm sendo incorporadas ao sistema de produção florestal com espécies de eucalipto que possuem rápido crescimento, principalmente aquelas áreas com alguma limitação à produção de grãos, como encostas de alta declividade e solos rasos, arenosos e de baixa fertilidade. O aumento expressivo de áreas florestadas com essas espécies deve-se à crescente demanda por produtos de origem florestal. Apesar da contribuição à economia, o efeito da implantação de povoamentos de *Eucalyptus* ssp. em áreas de baixa aptidão e tradicionalmente utilizadas para pecuária extensiva ainda são pouco conhecidos e existem incertezas quanto à capacidade das áreas naturalmente frágeis em suportar esta espécie florestal exótica, sem que haja comprometimento dos recursos hídricos ou degradação dos solos. Entre as preocupações salientam-se o aumento da evapotranspiração, a redução da disponibilidade e armazenamento de água no solo, a redução da vazão média e incertezas em relação ao comportamento da perda de solo e da produção de sedimentos.

Os povoamentos de eucalipto podem apresentar um significativo controle do escoamento superficial, redução da vazão de pico (Mello *et al.*, 2007) e das perdas de solo e nutrientes por lavagem superficial e esse efeito controle torna-se mais eficiente à medida que o povoamento de eucalipto se desenvolve (Lima, 1990) e a cobertura e proteção do solo são proporcionadas pelo dossel e pela serapilheira acumulada sobre a superfície (Albuquerque *et al.*, 2001; Franco *et al.*, 2002; Gonçalves, 2002; Pires *et al.*, 2006).

Entretanto, a mobilização do solo para o cultivo agrícola ou florestal, bem como frequentes e intensas alterações no uso do solo podem promover impactos sócio-econômicos e ambientais negativos, como a erosão e a produção de sedimentos (Minella, 2007), com alteração na contribuição de cada fonte produtora de sedimentos. As perdas de solo para áreas ocupadas com povoamentos de eucalipto podem ser menores que os limites de tolerância, desde que práticas conservacionistas como cultivo mínimo e em nível sejam inseridas ao manejo (Martins *et al.*, 2003).

Os plantios de eucalipto implicam em redução significativa no fluxo de chuva e erosão quando comparados à área controle sem vegetação (Zhou *et al.*, 2002).

As áreas de pastagem desde que sejam bem conduzidas não apresentam elevadas perdas de solo. Entretanto, o que se tem observado no Brasil é que as áreas de pastagem normalmente são mal manejadas e apresentam uma significativa porcentagem de áreas em estado de degradação. Em áreas de pastagem ou de campo nativo, as informações sobre erosão e perdas de solo e de água são incipientes e a sua análise é importante para que se possa avaliar o efeito da substituição do sistema de pecuária pelo florestal. Pires *et al.* (2006) observaram que as menores perdas de água foram observadas para a área de pastagem plantada, em comparação à área com eucalipto de 0 a 2 anos de idade cultivado em nível. Para o mesmo estudo, a perda de solo foi maior para a área de pastagem plantada em relação à área com eucalipto plantado em nível, em dois dos três períodos avaliados, e as maiores perdas de solo para ambos os usos estiveram relacionadas ao volume total de chuva. Contudo a perda de solo acumulada foi maior para a área com eucalipto devido à elevada perda de solo observada em um mês de análise. No estudo de Panachuki *et al.* (2006), a área de pastagem teve menores perdas de solo em relação à área com plantio direto de soja, entretanto a perda de água foi maior na área de pastagem. Para ambos os usos, as perdas de solo e água aumentaram com o aumento na intensidade de precipitação.

Nesse contexto faz-se necessário avaliar a erosão hídrica e as condições que exercem influência sobre os processos erosivos em diferentes usos do solo, antes ocupados com campo nativo. Objetivou-se, com o presente estudo, avaliar as perdas de água e solo e estimar a erosividade hídrica mensal em campo nativo e em um povoamento de eucalipto em São Gabriel, inseridos no Bioma Pampa do Rio Grande do Sul.

## **MÉTODOS E MATERIAIS**

### **Área de estudo**

O estudo foi conduzido em parcelas instaladas em duas bacias hidrográficas pareadas experimentais, uma ocupada principalmente com povoamentos de eucalipto e outra com campo nativo pastejado e pastagem, ambas localizadas no município de São Gabriel-RS (Figura 1).

A bacia hidrográfica ocupada com campo nativo situa-se na Fazenda Alvorada, de propriedade particular, entre as coordenadas geográficas 30°30'54'' e 30°31'35'' de latitude S e 54°09'17'' e 54°10'14'' de longitude O, a uma altitude média de 280 m. A bacia hidrográfica ocupada com povoamentos de eucalipto situa-se no horto florestal Ponta das Canas, pertencente à empresa Celulose Riograndense (CMPC), entre as coordenadas geográficas de 30°30'18'' e

30°30'47'' de latitude Sul e 54°09'09'' e 54°10'17'' de longitude O, a uma altitude média de 280 m.

O clima da região é, de acordo com a classificação climática de Köepen, do tipo “Cfa”, subtropical úmido, sem estiagem (Moreno, 1961; Alvares *et al.*, 2013), com temperaturas média anual de 18,6 °C, do mês mais quente de 31 °C e do mês mais frio de 5 °C (Moreno, 1961). As médias mensais de precipitação são todas superiores a 60 mm e a precipitação média anual é de 1356 mm (Moreno, 1961). Apesar de as chuvas serem bem distribuídas durante o ano, eventos de estiagem são recorrentes e frequentes em toda a região (Atlas Socio-econômico do Rio Grande do Sul, 2008).

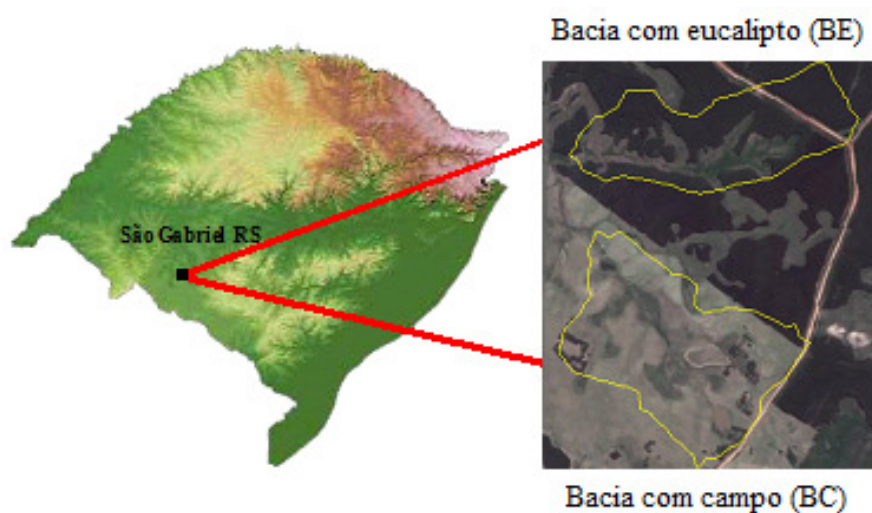


Figura 1 – Localização das bacias hidrográficas de eucalipto (BE) e campo (BC), São Gabriel-RS. Adaptado de: Peláez (2014).

### Uso do solo

Os principais usos do solo da BC são campo nativo (61,68%), pastagem cultivada (31,05%), mata ciliar (2,13%), lago (1,73%) e casa (0,09%) (Figura 2a). O domínio fisionômico do campo nativo é formado no estrato superior pelas espécies *Saccharum angustifolium*, *Aristida laevis*, *Baccharis riograndensis*, *Andropogon lateralize*, *Eryngium pandanifolium*, e no estrato inferior por *Paspalum ssp.*, *Axonopus affinis* e *Fimbristylis autumnalis*, enquanto a pastagem plantada é composta por aveia (*Avena strigosa*) (Figura 2a).

Os usos do solo da BE consistem em povoamentos de *Eucalyptus saligna* (61,6%), campo com vassouras (22,07%), mata ciliar (7,95%), estradas (5,77%) e afloramento de rocha (2,61%)

(Figura 2b). Os povoamentos de eucalipto foram implantados em 2006 (sete anos de idade durante o período de estudo), com espaçamento de 3,0 x 3,3 m. As árvores possuem diâmetro médio de 17 cm, tomados a 1,30 m de altura, e altura média de 25 m.

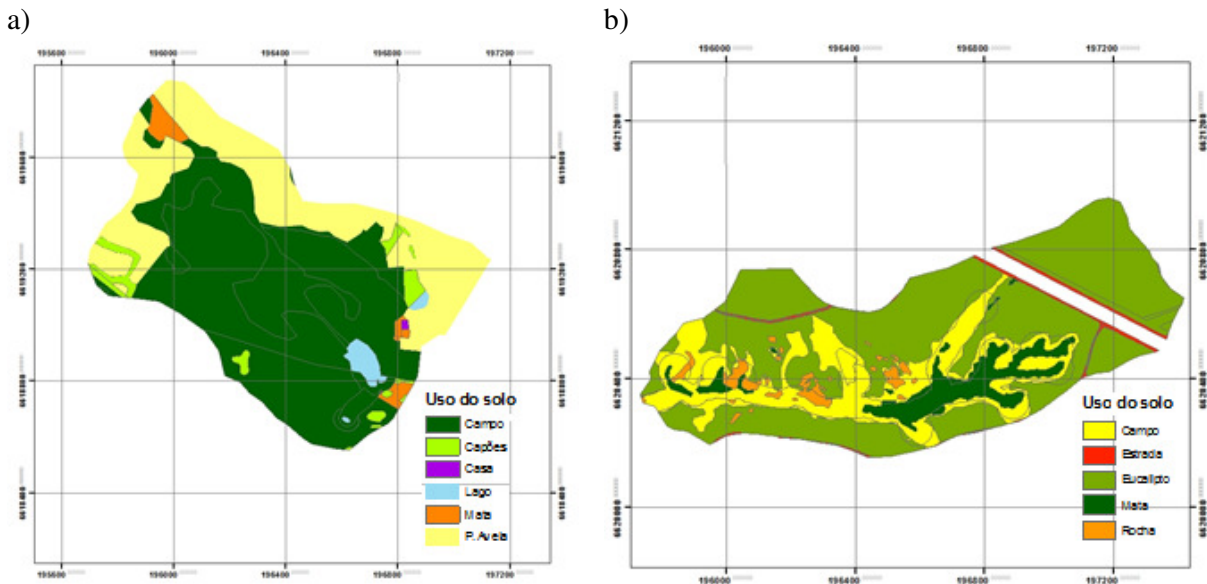


Figura 2 – Uso do solo na bacia hidrográfica de campo (BC), na Fazenda Alvorada (a) e na bacia hidrográfica com eucalipto, no horto florestal Ponta das Canas (b), São Gabriel-RS. Adaptado de: Peláez (2014).

### Parcelas de erosão

Para a estimativa das perdas de água e solo, parcelas de erosão foram instaladas dentro da área de cada bacia, onde se buscou abranger os usos mais representativos. Na BE, a parcela de erosão foi instalada em área com eucalipto, enquanto na BC a parcela foi instalada em área com campo nativo (Figura 3), ambas com declividade média de 9%.

Cada parcela foi composta por três sistemas coletores com área de captação de 3,0 x 1,0 m por coletor. Os coletores foram delimitados por chapas de ferro inseridas no solo e mantidas com altura de 10 cm sobre o nível do solo. Na extremidade inferior de cada coletor (menor altitude), foi colocada uma calha de lâmina galvanizada com 1,0 m de largura, para conduzir a solução de água e solo erodido para um reservatório de 220 L (Figura 3).

a)



b)



Figura 3 – Parcelas de perda de água e perda de solo em campo nativo (a) e em povoamento de eucalipto (b), São Gabriel-RS. Adaptado de: Peláez (2014).

### Precipitação

Cada bacia possui uma seção de monitoramento hidrológico com pluviógrafos e *dataloggers* que armazenam os dados de precipitação em intervalos de tempo fixos de 10 minutos. Em intervalos quinzenais, os dados de precipitação foram somados para a determinação do volume total de chuva e para a determinação da erosividade da chuva.

### Quantificação das perdas de solo e de água

As amostras para a determinação das perdas de solo e de água foram coletadas em intervalos quinzenais, durante o período compreendido entre dezembro de 2013 e junho de 2014.

A quantificação do volume escoado foi realizada no campo com o auxílio de um recipiente com capacidade de 16 L. O montante escoado foi coletado em recipientes com volume de 23 L, de modo que fosse coletada e quantificada toda a água escoada. A perda de água em cada uso foi determinada considerando-se o volume médio de água armazenado nos três recipientes coletores instalados no campo (Equação 1).

$$ESCi = Vi/Ai \quad (1)$$

em que:  $ESCi$  = escoamento superficial no período  $i$  ( $L\ m^{-2}$ );  $Vi$  = volume de água escoado no coletor no período  $i$  (L);  $Ai$  = área da parcela ( $m^2$ ).

Após a mensuração do volumen de agua armazenados nos recipientes, as amostras coletadas no campo foram levadas ao Laboratorio de Física do Solo da Universidade Federal de Santa Maria e permaneceram em repouso por um período de 30 dias para sedimentação. Após o processo de sedimentação, água sobrenadante ao sedimento depositado no fundo dos recipientes foi sifonada e o restante da solução (água+solo) foi transferida para béqueres, previamente pesados, e mantidos em estufa a uma temperatura de 50 °C até atingirem peso constante. A massa de solo foi obtida pela pesagem direta de cada amostra após a secagem em estufa.

A perda de solo em cada uso foi determinada considerando-se a média de perda de solo dos três recipientes coletores (Equação 2).

$$E_i = P_{Si}/A_i \quad (2)$$

em que:  $E_i$  = perda de solo para o período  $i$  ( $g\ m^{-2}$ );  $P_{Si}$  = peso de solo seco para o período  $i$  (g);  $A_i$  = área da parcela ( $m^2$ ).

### **Estimativa da erosividade da chuva**

A discretização temporal de cada evento de precipitação foi utilizada para a determinação da energia cinética, por meio de pluviógrafos instalados nas bacias. A energia cinética para cada chuva individual foi determinada pela equação 3 (Hudson, 1965).

$$EC = 29,8 - \left(\frac{127,5}{I}\right) \quad (3)$$

em que:  $EC$  = energia cinética ( $J\ m^{-2}\ mm^{-1}$ ) e  $I$  = intensidade ( $mm\ h^{-1}$ ).

O índice  $EI_{30}$  foi obtido por meio da multiplicação da energia cinética total ( $EC_T$ ) das chuvas erosivas e da intensidade máxima ocorrida no período de 30 minutos consecutivos ( $I_{30}$ ) (Wischmeier & Smith, 1958).

## **RESULTADOS E DISCUSÃO**

A perda de água foi maior para o campo nativo ( $115,3\ L\ m^{-2}$ ) em comparação à área com povoamento de eucalipto ( $26,0\ L\ m^{-2}$ ) (Tabela 1). Para os valores médios mensais de perdas de água em relação ao total precipitado (Tabela 1), foram observados altos valores dos coeficientes de variação entre os meses, possivelmente devido à irregularidade da distribuição das chuvas ao longo do ano, afetando diretamente as taxas de perdas de água (Tabela 1). O povoamento de eucalipto

reduziu em aproximadamente quatro vezes a perda de água em relação ao campo nativo. Esses resultados ressaltam a importância que a cobertura vegetal pelo plantio florestal desempenha no controle das perdas de água e de solo por meio do escoamento superficial.

Para a perda total de água, a distribuição irregular de chuvas no período do estudo pode explicar os altos valores de coeficientes de variação encontrados. As maiores perdas de água ocorreram nos meses de janeiro e março, quando o volume precipitado foi maior. Essas perdas corresponderam a 91,99% e 96,12% das perdas totais para o uso com eucalipto e campo nativo, respectivamente.

O mesmo comportamento da perda de água foi observado para a perda de solo, em que o campo nativo teve perda de solo de 46,0 kg ha<sup>-1</sup> durante o período de monitoramento, enquanto o povoamento de eucalipto teve uma perda de solo de 23,0 kg ha<sup>-1</sup>, o que equivale a uma perda de solo aproximadamente 50% menor para a área cultivada com eucalipto em relação ao campo nativo (Tabela 1).

Nas perdas mensais de solo, altos valores dos coeficientes de variação também foram observados, pelo mesmo motivo mencionado em relação às perdas de água. O período crítico para erosão em ambos os tipos de uso foi verificado entre os meses de janeiro e março, quando ocorrem as maiores precipitações e valores elevados de erosividade (Tabela 1). As perdas corresponderam a 82,66% e 78,26% das perdas totais no povoamento de eucalipto e no campo nativo, respectivamente. O alto valor de perdas de solo observado no mês março, em relação aos outros meses, está relacionado à ocorrência de um volume de precipitação de 348,97 mm, que gerou erosividade de 270154,31 J m<sup>-2</sup> mm h<sup>-1</sup>.

Os maiores índices de erosividade das chuvas ocorreram nos três primeiros meses de 2014 (janeiro a março), com um valor acumulado de aproximadamente, 87,27% e 88,48% do valor total ocorrido durante o período experimental. Eltz *et al.* (2013) avaliaram a erosividade para o município de São Gabriel durante um período de 31 anos, onde foram analisadas 1409 chuvas erosivas e observaram que, em relação ao volume, as chuvas erosivas perfizeram 88,4%, com apenas 11,6% do volume total de chuvas não erosivas no período. Isso significa que grande parte da precipitação tem condições de causar erosão do solo e sinaliza, portanto, maior necessidade de cuidados conservacionistas dos usuários dessas terras. Aqueles autores observaram que o período de outubro a maio concentra 75% da erosividade anual.



Tabela 1 – Precipitação (P), índice de erosividade (EI 30), perda de água (PA) e perda de solo (PS) em área com eucalipto e com campo nativo, em São Gabriel-RS

Mês	P (mm)	EI 30 (J m <sup>-2</sup> mm h <sup>-1</sup> )	PA (L m <sup>-2</sup> )	% PA em relação à P	PS (kg ha <sup>-1</sup> )
Campo nativo					
Dez/13	119,6	30587,05	1,3	1,0	4
Jan/14	249,7	255736,11	10,0	3,8	8
Fev/14	214,5	61107,74	3,8	1,8	9
Mar/14	349,0	270154,31	97,5	28,0	19
Abr/14	143,7	2592,06	1,4	1,0	3
Mai/14	138,7	40150,92	1,3	1,0	2
Jun/14	146,2	3033,22	0,5	0,3	1
Total	1232,8	663361,41	115,3	9,4	46
Povoamento de eucalipto					
Dez/13	118,5	42318,08	0,6	0,5	2
Jan/14	249,2	254254,6	5,6	2,2	7,1
Fev/14	182,4	96397,99	3,7	2,0	4
Mar/14	302,1	240448,82	14,6	4,9	8
Abr/14	120,5	1928,95	0,6	0,4	1
Mai/14	118,8	36058,07	0,7	0,6	1
Jun/14	126,9	5911,44	0,3	0,2	0
Total	1099,8	677317,94	26,0	2,4	23

Sistemas de produção florestal integrados com pastagem (silvipastoris) resultaram em perdas de solo de 32 kg ha<sup>-1</sup> para pinus e 18 kg ha<sup>-1</sup> para eucalipto, enquanto a perda de solo na área cultivada com aveia e milho foi significativamente maior, com 359 kg ha<sup>-1</sup>, em estudo realizado por Ribaski *et al.* (2005), de julho a setembro de 2004. Esses resultados corroboram aqueles observados no nosso estudo e evidenciam o efeito positivo do componente florestal para a interceptação e redução da energia cinética da chuva, para a redução do escoamento superficial, aumento da infiltração de água no solo e, por consequência, redução nas perdas de solo por erosão (Ferraz, 2006). Pires *et al.* (2006) avaliaram as perdas de solo num período de três anos em plantios com eucalipto plantado em nível (0,260 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), eucalipto plantado na direção do declive (0,386 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), eucalipto plantado na direção do declive com queima dos restos culturais (0,815 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), pastagem plantada (0,209 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), solo descoberto (13,179 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Numa pesquisa com *Eucalyptus grandis* feita durante um período de quatro anos, Lima (1996) determinou perdas de 1,0 a 6,5 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para o primeiro ano, e de 0,01 a 0,14 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, para o quarto ano, enquanto na parcela sem cobertura vegetal as perdas de solo variaram entre 3,2 e 11,32 t ha<sup>-1</sup> por ano, observando uma diminuição acentuada de perdas de solo com o tempo de cultivo.

Perdas de solo e água por erosão hídrica foram avaliadas em sistemas florestais na região de Aracruz (ES) no estudo realizado por Martins *et al.* (2005), no qual, as perdas de água foram de 21,68 mm em eucalipto, 10,46 mm na mata e 61,95 mm em solo descoberto, em solo Argissolo Amarelo. No mesmo estudo, as perdas de solo foram de, aproximadamente, 1,2 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o eucalipto, 0,07 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a mata e 2,0 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para o solo descoberto. Estudos feitos por Rodriguez & Camargo (2009) no município do Quindío, na Colômbia, mostraram perdas de água igual a 1,29 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em plantios de árvores madeiráveis e de 1,25 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> em pastagem, enquanto as perdas no solo foram de 0,211 t ha<sup>-1</sup> e 0,214 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os autores afirmam que as perdas estiveram associadas à precipitação e coincidem com os meses de maior chuva.

A perda de solo é influenciada pela perda de água. O aumento na perda de água leva ao aumento potencial da perda de solo, o que indica que pode ocorrer redução na quantidade de partículas de solo disponíveis para o transporte e que a energia responsável pelo transporte de partículas também é responsável pela desagregação do solo, mas a magnitude de desagregação é menor, pois não ocorre aumento proporcional da perda de solo com o aumento da perda de água. Esses resultados ficam mais evidentes quando, no nosso estudo, a relação entre a perda de água e solo nos diferentes usos apresentam coeficientes de correlação ( $r^2$ ) de 0,92 e 0,90 para campo nativo e povoamento de eucalipto, respectivamente (Figura 4).

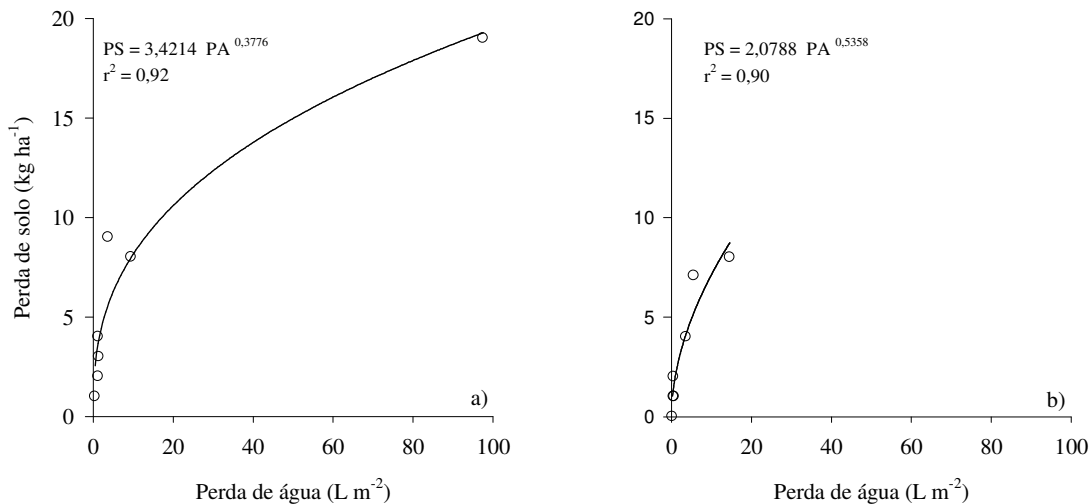


Figura 4 – Correlação entre a perda de água e a perda de solo para o campo nativo (a) e para o povoamento de eucalipto (b).

As perdas de solo podem ser explicadas pela alteração, no decorrer da chuva, das condições da superfície e da umidade do solo; quando ocorre a máxima intensidade de chuva, o solo está muito úmido, favorecendo a desagregação e o transporte das partículas de solo. Como grande parte da erosão hídrica deve-se às características físicas específicas das chuvas (Montebeller *et al.*, 2007; Bazzano *et al.*, 2010), a erosividade da chuva foi mais efetiva para o aumento da perda de solo no campo nativo (Figura 5). Isso representa a fragilidade e a facilidade dessas áreas em perderem solo, mesmo em chuvas menos erosivas.

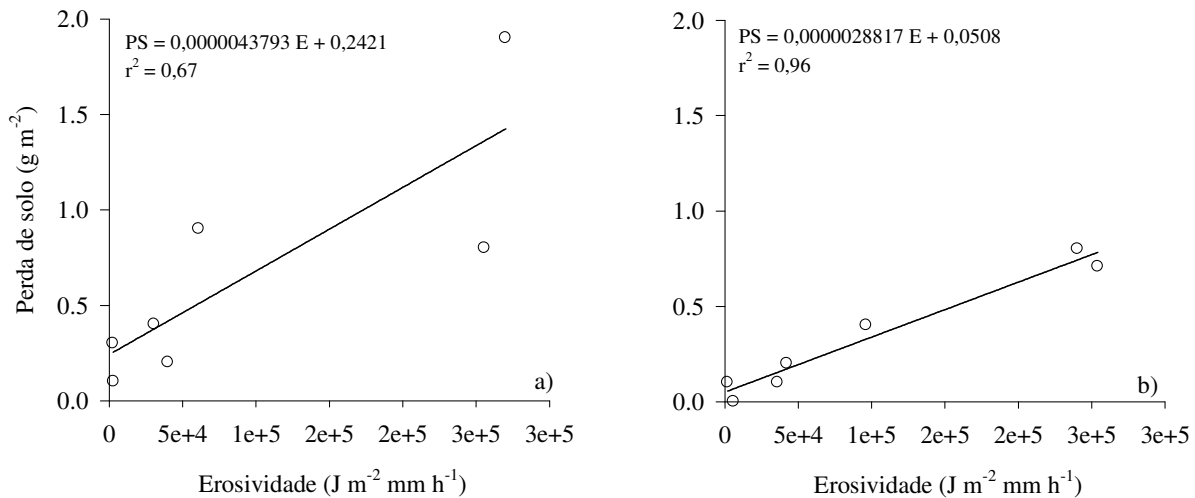


Figura 5 – Relação entre as perdas de solo (PS) e a erosividade ( $\text{EI}_{30}$ ) para o campo nativo (a) e para o povoamento de eucalipto (b).

A característica da chuva  $\text{EI}_{30}$  (índice de erosividade), apesar de desenvolvida nas condições climáticas dos Estados Unidos por Wischmeier & Smith (1958) e onde se apresentou bem correlacionada com a precipitação, apresentou um coeficiente de correlação com a precipitação nas bacias de campo nativo e eucalipto, respectivamente, na ordem de 0,82 e 0,91 (Figura 6). Outros autores, em estudos semelhantes, também chegaram à conclusão de que o parâmetro  $\text{EI}_{30}$  pode ser utilizado sem problemas como avaliador da erosividade das chuvas nas localidades observadas (Campos Filho, 1983; Albuquerque, 1991).

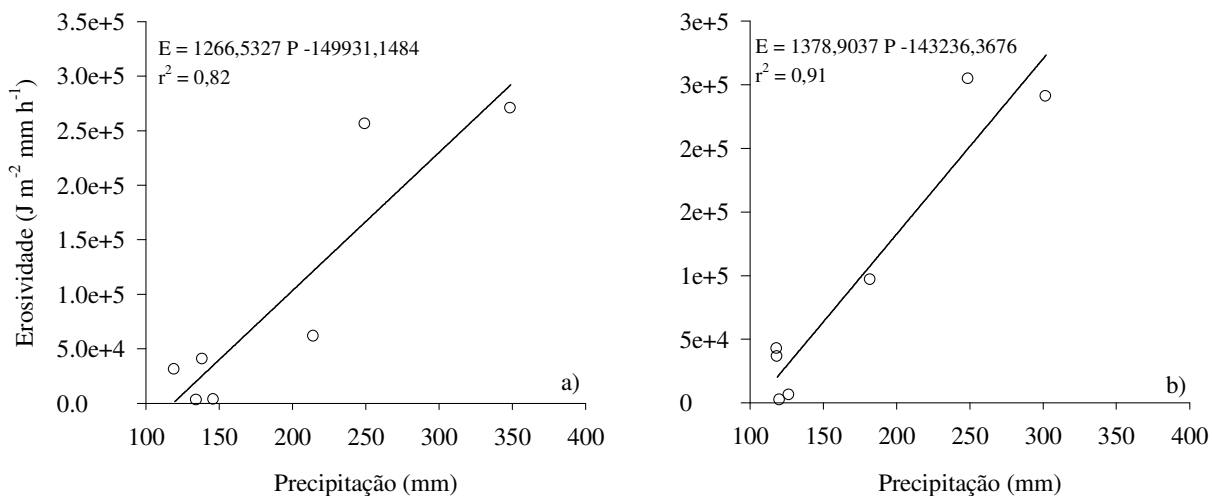


Figura 6 – Relação entre precipitação mensal acumulada e erosividade da chuva para o campo nativo (a) e para o povoamento de eucalipto (b).

## CONCLUSÕES

As perdas de água e de solo foram maiores para o campo nativo em relação à área com povoamento de eucalipto. Há um efeito positivo da cobertura vegetal na proteção do solo contra a erosão hídrica e demonstra a importância da floresta de eucalipto na proteção do solo na redução do escoamento superficial.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq, ao Laboratório de Física do Solo e Hidrossedimentologia da Universidade Federal de Santa Maria e à Empresa Celulose Riograndense-CMPC.

## BIBLIOGRAFIA

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. (2013). *Köppen's climate classification map for Brazil*. Meteorologische Zeitschrift 22, pp. 711 - 728.

ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V.S. (2001). *Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um Luvissole em Sumé (PB)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo 25, pp. 121 - 128.

ALBUQUERQUE, A.W. (1991). *Determinação da erosividade das chuvas de Caruaru - PE: Correlação com perdas de solo 2. Distribuição e probabilidade de ocorrência*. Piracicaba - SP. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. (2010). *Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo 34, pp. 235 - 244.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1999). *Conservação do solo*. 4. ed. São Paulo: Ícone.

CAMPOS FILHO, O.R. (1983). *Avaliação da erosividade e sua correlação com perdas de solo e água no agreste de Pernambuco*. Areia - PB. 51 p. Tese (Mestrado em Agronomia) Curso de Pós-graduação em Manejo e Conservação do Solo. Universidade Federal da Paraíba.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; PASCOTINI, P.B. & AMORIM, R.S.S. (2013). *Potencial erosivo e características das chuvas de São Gabriel, RS, de 1963 a 1993*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 17, pp. 647 - 654.

FERRAZ, F.F.B. (2006). *Sedimentos finos em microbacias hidrográficas*. In: As Florestas Plantadas e a Água. São Carlos: RiMa, Cap. X, p. 157-170.

FRANCO, F.S.; COUTO, L.; CARVALHO, A.F.; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E.I.; SILVA, E.; MEIRA NETO, J.A.A. (2002). *Quantificação de erosão em sistemas agrícolas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais*. Revista Árvore 26, pp. 751 - 760.

GONÇALVES, J.L.M. (2002). *Conservação do solo*. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.). *Conservação e cultivo de solos para plantações florestais*. Piracicaba: IPEF, pp. 47 - 130.

HUDSON, W. (1965). *The influence of rainfall on the mechanics of soil erosion with to northern Rhodesia*. Cape Town, University of Cape Town, South Africa (tese de mestrado).

LIMA, W.P. (1990). *Overland flow and soil and nutrient losses from Eucalyptus plantations*. IPEF International 1, pp. 35 - 44.

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

MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARQUES, J.J.G.S.M. (2003). *Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES)*. Revista Brasileira de Ciência do Solo 27, pp. 395 - 403.

MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, A.M. (2007). *Simulação do deflúvio e vazão de pico em microbacia hidrográfica com escoamento efêmero*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 11, pp. 410 - 419.

MINELLA, J.P.G. (2007). *Utilização de técnicas hidrossedimentométricas combinadas com a identificação de fontes de sedimentos para avaliar o efeito do uso e do manejo do solo nos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica rural no Rio Grande do Sul*. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.

MONTEBELLER, C.A.; CEDDIA, M.B.; CARVALHO, D.F.; VIEIRA, S.R.; FRANCO, E.M. (2007). *Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas no Estado do Rio de Janeiro*. Engenharia Agrícola 27, pp.426 - 435.

MORENO, J.A. (1961). *Clima do Rio Grande do Sul*. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre, 73p.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1958). *Rainfall energy and its relationship to soil loss*. Transactions of the American Geophysical Union, Washington 39, pp.285 - 291.

PANACHUKI, E.; ALVESSOBRINHO, T.; VITORINO, A.C.T.; CARVALHO, D.F.; URCHEI, M.A. (2006). *Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 10, pp. 261 – 268.

PELÁEZ, J.J.Z. (2014). *Hidrologia comparativa em bacias hidrográficas com eucalipto e campo*. 156f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

PIRES, L.S.; SILVA, M.L.; CURTI, N.; LEITE, F.; BRITO, L. (2006). *Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na região centro-leste de Minas Gerais*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 41, pp. 687 - 695.

RIBASKI, J. (2005). *Sistemas silvipastoris: estratégia para o desenvolvimento ruralsustentável para a Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul*. Embrapa Florestas, 28p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 150).

RODRÍGUEZ, J.A.; CAMARGO J.C. (2009). *Erosión y escorrentía: indicadores de respuesta temprana del suelo a distintas coberturas en la zona cafetera de Colombia*. Recursos Naturales y Ambiente 58, pp. 15 - 31.

ZHOU, G.Y.; MORRIS, J.D.; YAN, J.H.; YU, Z.Y.; PENG, S.L. (2002). *Hydrological impacts of reafforestation with eucalypts and indigenous species: a case study in southern China*. Forest Ecology and Management 67, pp. 209 - 222.