



XVI

Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada

Territórios Brasileiros: Dinâmicas,
Potencialidades e Vulnerabilidades
28 de junho a 04 de julho de 2015
Teresina - Piauí



ANAIS

ISSN: 2236-5311

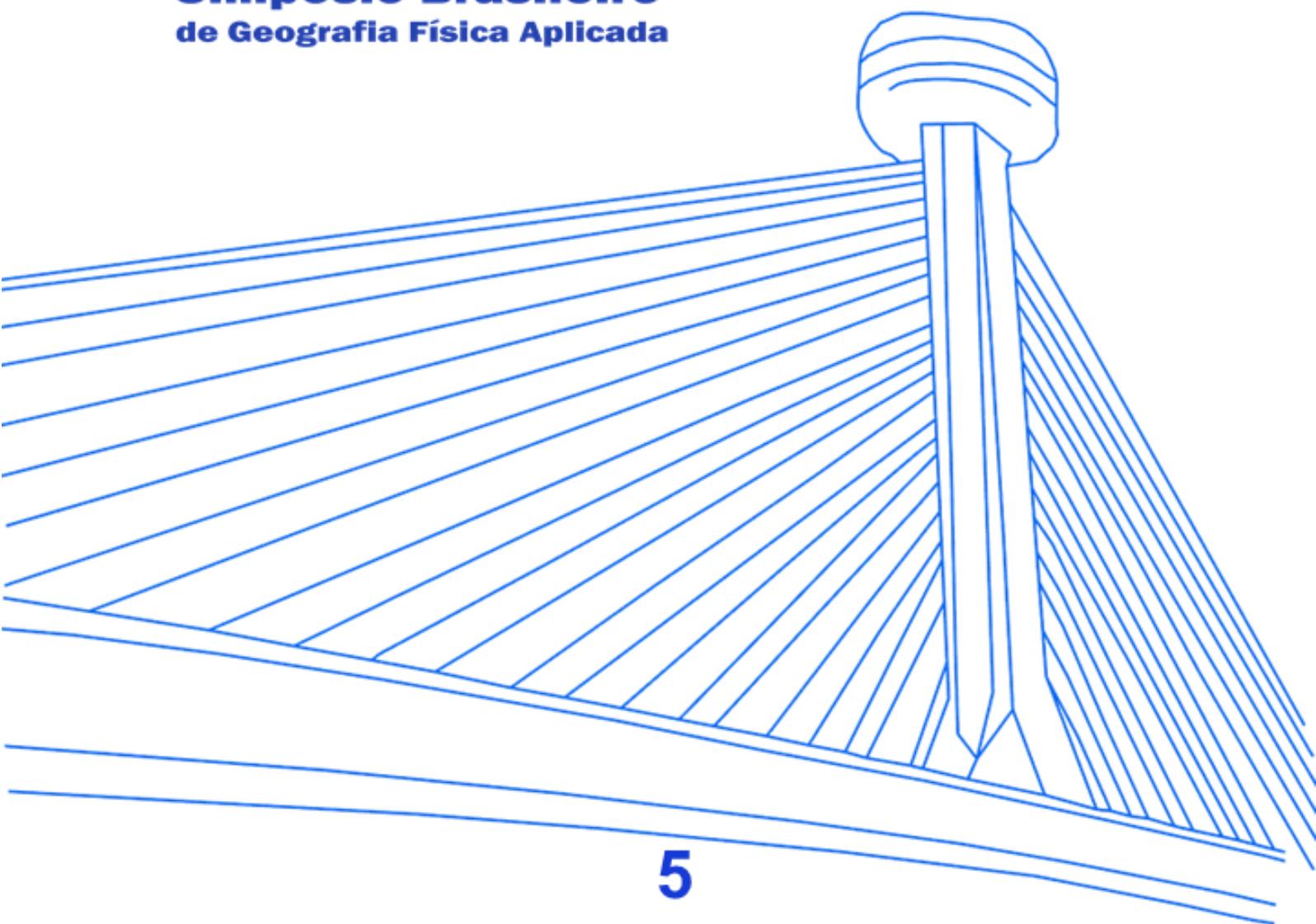
Realização



Patrocínio e Apoio



XVI
Simpósio Brasileiro
de Geografia Física Aplicada



5

**Geomorfologia e solos:
epistemologia, técnicas, processos
dinâmicos e mudanças na paisagem**

**AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL E DA PERDA DE SOLO SOB
DIFERENTES COBERTURAS E DECLIVIDADES EM SILVA JARDIM, RJ**

HUGO M RODRIGUES¹
GUSTAVO M VASQUES²
MARCELO W LEMES³
REINER O ROSAS⁴

1 Universidade Federal Fluminense
hugomr@id.uff.br

2 Embrapa Solos

gustavo.vasques@embrapa.br

3 Universidade Federal Fluminense
marcelowlemes@hotmail.com

4 Universidade Federal Fluminense
reiner_rosas@id.uff.br

Resumo

A erosão é um fenômeno que exige pesquisa que identifique sua origem, magnitude, evolução e mitigação. O trabalho buscou identificar a influência da quantidade de chuva, declividade do terreno e cobertura vegetal sobre o escoamento superficial (ES) e perda de solo (PS) utilizando análise de variância e modelos lineares. Selecionou-se duas encostas no município de Silva Jardim, RJ, onde quatro parcelas de erosão foram instaladas e monitoradas durante 12 meses, de acordo com o delineamento experimental: 2 declividades (28% x 51%) x 2 coberturas (capim x solo exposto) x 12 repetições (meses). A chuva e a cobertura influenciaram significativamente ($p < 0.05$) o ES e a PS, explicando 89 e 87% das suas variâncias, respectivamente. As parcelas com solo exposto tiveram maiores ES e PS. Por outro lado, a declividade não teve influência significativa. Somente o ES explicou 97% da variância da PS. Isso, aliado à ausência de interações chuva x cobertura nos modelos de predição, indica um controle da PS pela cobertura de maneira indireta através do controle do ES. Os resultados confirmam em parte os resultados de trabalhos anteriores, sendo que a influência da declividade e de outros possíveis fatores sobre o ES e PS precisa ser melhor entendida na área de estudo.

Palavras-chave: Erosão. Análise de variância. Modelo linear

Abstract

There is a need for research to identify the causes, amount, evolution and mitigation of erosion. The study aimed at identifying the influence of the amount of rainfall, slope gradient and land cover on surface runoff (SR) and sediment yield (SY) using analysis of variance and linear models. Two slopes were selected in the Silva Jardim municipality, RJ, Brazil, where four erosion plots were installed and monitored during 12 months, according to the following experimental design: 2 slope gradients (28% x 51%) x 2 land covers (grass x bare soil) x 12 repetitions (months). Rainfall and land cover significantly influenced ($p < 0.05$) SR and SY, explaining 89 and 87% of their variances, respectively. The plots with bare soil had larger SR and SY. On the other hand, slope gradient showed no significant effect. Surface

runoff explained alone 97% of the variance of SY. That, along with the absence of significant rainfall x land cover interactions in the prediction models, indicates that land cover controls SY indirectly by controlling SR. The results partially confirm the results from previous studies, and indicate that the influence of slope gradient and other possible factors on SR and SY need to be better understood in the study area.

Keywords: Erosion. Analysis of variance. Linear model.

1. Introdução

A erosão hídrica é um problema de escala global e, no Brasil, é responsável pela perda de áreas agricultáveis, além de trazer prejuízos a outras atividades econômicas. A própria atividade agrícola gera e agrava o problema quando realizada de maneira inadequada, não respeitando a declividade do terreno ou a capacidade máxima de produção do solo, por exemplo. A perda dos horizontes superficiais do solo traz como consequência direta a diminuição da sua capacidade produtiva, afetando a sustentabilidade da produção agrícola. O desmatamento, expansão urbana, grandes obras de engenharia e outras intervenções antrópicas também são importantes causadores de erosão.

Existem diversas técnicas para quantificar e estimar o escoamento superficial (ES) e a consequente perda de solo (PS) em função dos seus processos ou fatores condicionantes, sendo que a grande maioria dos trabalhos utiliza parcelas de erosão, conforme proposto por Wischmeier e Smith (1978), e muitos usam simulador de chuva. Por exemplo, Joshi e Tambe (2010) usaram simulador de chuva para medir o efeito da declividade e cobertura vegetal sobre o ES e a PS, observando os menores valores de ES e PS em parcelas com menor declividade e cobertura de capim e maiores em áreas declivosas com solo exposto. Li et al. (2014) observaram, em média, redução de cerca de 30% no ES e 80% na PS quando cobriram o solo com resíduos vegetais, em relação ao solo exposto.

Como o ES e a PS variam em intensidade e de acordo com as características do ambiente, o presente trabalho buscou identificar a influência da quantidade de chuva, declividade do terreno e cobertura vegetal sobre o ES e a consequente PS em uma área representativa de colinas dissecadas e morros rebaixados do Estado do Rio de Janeiro. A área localiza-se à jusante da Represa de Juturnaíba, que abastece de

água diversos municípios, sendo, portanto, de grande importância entender os fatores que influenciam os processos erosivos na área.

2. Material e Métodos

2.1. Coleta de dados

A área de estudo localiza-se na Unidade de Gestão Santo Antônio do Maratuã, no município de Silva Jardim, RJ. Foram selecionadas duas encostas com geomorfologias típicas da região, sendo uma do tipo morro rebaixado, com 28% de declividade, e outra do tipo colina dissecada, com 51% de declividade. Em cada encosta, foram instaladas duas parcelas de erosão, conforme Wischmeier e Smith (1978), com 22 x 4 m, sendo uma coberta por capim (*Brachiaria decumbens* Stapf) e a outra deixada com o solo exposto. Em cada encosta foi instalado um pluviômetro.

A coleta de dados foi realizada manualmente durante 12 meses, de junho de 2013 a maio de 2014. Após cada evento de chuva, o volume da chuva dos dois pluviômetros e o volume de ES (água mais sedimentos) recolhido pelas caixas coletoras eram anotados no campo. Um recipiente calibrado era utilizado para retirada de alíquotas que eram posteriormente analisadas em laboratório para determinar a concentração de sedimentos (solo perdido) na água. O volume escoado vezes a concentração de sedimentos determinou a PS da parcela, em gramas, que foi convertida para toneladas por hectare ($Mg\ ha^{-1}$) dividindo-se pela área da parcela ($88\ m^2$). Todos os dados coletados foram agrupados mensalmente.

Em resumo, o trabalho utilizou o seguinte delineamento experimental: 2 declividades x 2 coberturas x 12 repetições (meses). Portanto, foram registradas 48 observações contendo dados mensais de chuva (mm), ES (L) e PS ($Mg\ ha^{-1}$).

2.2. Análise estatística

Primeiro, a influência da declividade e da cobertura sobre o ES e PS, respectivamente, foram analisados utilizando análise de variância (ANOVA). Em seguida, foram ajustados modelos lineares para predição do ES e da PS, respectivamente, em função da quantidade de chuva e dos fatores que apresentaram influência significativa sobre essas variáveis na ANOVA.

Por último, considerando que a medição do ES é simples e direta no campo, enquanto a da PS envolve um processo laborioso e detalhado realizado em laboratório, se ajustou um modelo de predição da PS (de difícil medição) em função do ES (de fácil medição), com o objetivo de suprimir a etapa de laboratório. A qualidade dos modelos de predição foi avaliada pelos índices: coeficiente de determinação (R^2), erro médio (EM) e raiz do erro quadrado médio (REQM).

Para que todos os pressupostos da ANOVA e do modelo linear fossem comprovados, foi necessário transformar as variáveis de interesse para o seu logaritmo natural. Isso também ajudou os modelos de predição, já que foram observadas relações lineares do tipo log-log entre elas.

3. Resultados

3.1. Estatística descritiva dos dados

O ES e a PS foram, em média, maiores nas parcelas com solo exposto em relação às vegetadas, enquanto que o efeito da declividade foi menos aparente (vide próxima seção). Pode-se também observar que a conversão dos dados para logaritmo natural os aproximou da distribuição de frequência normal (Tabela 1).

Tabela 1 – Estatística descritiva da quantidade de chuva, escoamento superficial (ES) e perda de solo (PS), por parcela

Estatística	Original			Logaritmo natural		
	Chuva	ES (L)	PS (Mg ha ⁻¹)	Chuva	ES (L)	PS (Mg ha ⁻¹)
Declividade de 28% / Capim						
Média	177,64	638,58	0,13	4,87	3,83	-5,90
Desvio padrão	125,36	997,08	0,25	0,95	5,15	3,96
Mediana	143,30	73,00	0,00	4,96	4,29	-6,54
Mínimo	15,28	0,00	0,00	2,73	-11,51	-11,51
Máximo	449,07	2737,00	0,76	6,11	7,91	-0,27
Assimetria	0,63	1,31	1,63	-0,83	-2,08	0,07
Declividade de 28% / Solo exposto						
Média	177,64	3381,92	1,61	4,87	5,98	-1,64
Desvio padrão	125,36	3178,15	2,15	0,95	5,72	4,08
Mediana	143,30	2122,50	0,69	4,96	7,65	-0,38
Mínimo	15,28	0,00	0,00	2,73	-11,51	-11,51
Máximo	449,07	10057,00	7,51	6,11	9,22	2,02
Assimetria	0,63	0,62	1,61	-0,83	-2,33	-1,38

	Declividade de 51% / Capim					
Média	178,30	483,83	0,07	4,87	3,71	-5,95
Desvio padrão	125,08	653,95	0,10	0,96	5,16	4,04
Mediana	142,86	219,50	0,01	4,96	5,00	-5,54
Mínimo	14,64	0,00	0,00	2,68	-11,51	-12,67
Máximo	448,82	2071,00	0,31	6,11	7,64	-1,18
Assimetria	0,63	1,23	1,11	-0,87	-2,05	-0,25
	Declividade de 51% / Solo exposto					
Média	178,30	3301,92	1,61	4,87	5,92	-1,77
Desvio padrão	125,08	3097,17	2,22	0,96	5,74	4,26
Mediana	142,86	2472,50	0,64	4,96	7,81	-0,45
Mínimo	14,64	0,00	0,00	2,68	-11,51	-11,51
Máximo	448,82	9980,00	7,65	6,11	9,21	2,03
Assimetria	0,63	0,69	1,60	-0,87	-2,29	-1,33

3.2. Análises de variância

Entre os fatores analisados, somente a cobertura teve efeito significativo ($p < 0.05$) sobre a variação tanto do ES quanto da PS, sendo que as médias de ambos foram maiores no solo exposto. Além disso, a interação entre cobertura e declividade não foi significativa (Tabela 2).

Tabela 2 – Análises de variância do escoamento superficial e perda de solo, respectivamente, em função da declividade e cobertura

Fonte	GL	SQ	QM	F
Escoamento superficial				
Declividade	1	0,09	0,09	0,48
Cobertura	1	57,18	57,18	36,96**
Declividade x Cobertura	1	0,01	0,01	0,10
Mês	11	1286,54	116,96	
Declividade x Mês	11	2,06	0,19	
Cobertura x Mês	11	17,02	1,55	
Declividade x Cobertura x Mês	11	1,39	0,13	
Perda de solo				
Declividade	1	0,09	0,09	0,16
Cobertura	1	213,68	213,68	28,01**
Declividade x Cobertura	1	0,02	0,02	0,07
Mês	11	640,70	58,25	
Declividade x Mês	11	6454,00	0,59	
Cobertura x Mês	11	83,91	7,63	
Declividade x Cobertura x Mês	11	3547,00	0,32	

GL, graus de liberdade; SQ, soma de quadrados; QM, quadrado médio

** Significativo ($p < 0.05$)

3.3. Modelos de predição do escoamento superficial e perda de solo

O ES foi predito com R^2 de 0,89 em função da quantidade de chuva e cobertura, ou seja, somente a chuva e a cobertura explicaram 89% da variância do ES. O EM do modelo foi 0,50 $\ln(L)$ e o REQM foi 4,67 $\ln(L)$ (Tabela 3).

Para a PS, o modelo de predição em função da chuva e cobertura obteve R^2 de 0,87, EM de 2,23 $\ln(\text{Mg ha}^{-1})$ e REQM de 9,90 $\ln(\text{Mg ha}^{-1})$, enquanto o modelo usando somente o ES como variável independente obteve R^2 de 0,97, EM de 0,40 $\ln(\text{Mg ha}^{-1})$ e REQM de $\ln(\text{Mg ha}^{-1})$. Neste último modelo, se testou a inclusão da cobertura como segunda variável independente, mas ela se mostrou não significativa.

Tabela 3 – Modelos de predição do escoamento superficial (ES) e perda de solo (PS)

Equação	R^2	EM	REQM
$\ln(\text{ES}) = -6,81 + 2.36 \times \ln(\text{chuva}) + 2.38 \times \text{solo exposto}$	0,89	0,50	4,67
$\ln(\text{PS}) = -24.92 + 3.90 \times \ln(\text{chuva}) + 4.22 \times \text{solo exposto}$	0,87	2,23	9,90
$\ln(\text{PS}) = -14.90 + 1.86 \times \ln(\text{ES})$	0,97	0,40	4,20

R^2 , coeficiente de determinação; EM, erro médio; REQM, raiz do erro quadrado médio; \ln , logaritmo natural

4. Discussão

Enquanto a quantidade de chuva e o tipo de cobertura influenciaram significativamente o ES e a PS, a declividade do terreno não demonstrou influência sobre essas variáveis. Ainda, as parcelas em encostas mais declivosas tiveram, em média, menor ES e menor PS. Esses resultados foram inesperados e contrariam resultados anteriores (Joshi e Tambe, 2010; Li et al., 2014). Contudo, eles podem ser explicados pela maior porosidade total do solo e maior exposição ao sol da encosta mais declivosa (Lemes, 2014), o que, por um lado, aumenta a infiltração da água da chuva e, por outro, retarda o processo de saturação do solo após a chuva, consequentemente reduzindo o ES.

A PS foi fortemente explicada pelo ES (R^2 de 0,97), sendo que a cobertura não foi significativa nesse modelo (terceira equação). Por outro lado, na ausência do ES como variável independente, a cobertura tornou-se significativa (segunda equação).

Ainda, a cobertura influenciou o ES, sendo que a área com capim apresentou menor ES. Isso implica em que a cobertura vegetal controla a PS por meio do controle do ES, mas não afeta a PS em função da chuva. Mingguo et al. (2007) observaram comportamento similar na escala de bacia hidrográfica, porém, na escala de parcela, a cobertura afetou a relação entre ES e PS. A falta de interação entre chuva e cobertura nos modelos deve-se provavelmente à pouca diferença de chuva entre as encostas, enquanto a interação entre chuva e declividade não faz sentido, já que cada encosta possuía somente um pluviômetro.

5. Conclusões

O escoamento superficial e a conseqüente perda de solo foram influenciados pela quantidade de chuva e cobertura vegetal. Por sua vez, somente o escoamento superficial explicou 97% da variância da perda de solo, havendo, portanto, possibilidade de suprimir a etapa de medição da perda de solo em laboratório. Contudo, essa possibilidade deve ser avaliada em outras áreas de estudo sob diferentes condições.

A declividade do terreno não teve influência significativa no escoamento superficial ou na perda de solo, provavelmente devido a outros fatores conflitantes, como porosidade do solo e grau de exposição ao sol da encosta. Portanto, a influência da declividade e de outros possíveis fatores sobre o ES e PS precisa ser melhor entendida na área de estudo

6. Referências

- Joshi, V.U.; Tambe, D.T. Estimation of infiltration rate, run-off and sediment yield under simulated rainfall experiments in upper Pravara Basin, India: Effect of slope angle and grass-cover. **Journal of Earth System Science**, v. 119, pp. 763-773, 2010.
- Lemes, W.M. **Análise dos solos, dos processos erosivos e do comportamento hidrológico em colinas dissecadas e morros rebaixados sob diferentes usos na sub-bacia Santo Antônio do Maratuã, Silva Jardim – RJ**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2011.
- Li, X.; Niu, J.; Xie, B. The effect of leaf litter cover on surface runoff and soil erosion in Northern China, **PLoS ONE**, v. 9, e107789, 2014.
- Mingguo, Z.; Qianguo, C.; Hao, C. Effect of vegetation on runoff-sediment yield relationship at different spatial scales in hilly areas of the Loess Plateau, North China. **Acta Ecologica Sinica**, v. 27, p. 3572-3581, 2007.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1978. (Agriculture Handbook, v. 537).