

ANÁLISE PRELIMINAR DA EVOLUÇÃO EROSIVA DE UMA FEIÇÃO POR MEIO DE PARCELA EXPERIMENTAL NA BORDA URBANA DA ARIE MATA SANTA GENEBRA, CAMPINAS, SP

Mateus de Carvalho Queiroz (*), Patrik de Oliveira Aprígio, Nayara Messias de Lima

* Fundação José Pedro de Oliveira, estagio.ambiental@fjposantagenebra.sp.gov.br

RESUMO

Com a expansão urbana e as intensivas atividades humanas, a impermeabilização do solo e o manejo inadequado das águas pluviais vem agravando os processos erosivos. Estes ocorrem não somente pela variável antrópica, mas também física e natural do ambiente. Para monitorar e controlar os impactos causados, faz-se necessário obter dados sobre a movimentação de solo e os fatores que influenciam a constante alteração de áreas suscetíveis, por meio de parcelas experimentais e utilizando técnicas de estaqueamento. Em virtude disso, o trabalho analisa a evolução de uma feição erosiva por meio de uma parcela com área de 32 m², instalada na borda leste da Área de Relevante Interesse Ecológico Mata Santa Genebra (ARIE MSG), que confronta com área urbanizada, e está sujeita a escoamento superficial torrencial direcionado para dentro do fragmento protegido. Os resultados preliminares mostram que o transporte e a deposição de solo estão relacionados com a dinâmica hídrica. Além disso, variações no transporte e na deposição de solo são intensificadas em períodos com maiores acúmulos e intensidades de precipitação. Assim, este trabalho é relevante para compreensão dos impactos resultantes do escoamento superficial difuso na bacia de contribuição de uma feição erosiva, fornecendo subsídios para a instalação de outros pontos de monitoramento de erosão na borda da UC, bem como para seleção e implantação de práticas conservacionistas, com o objetivo de minimizar impactos negativos na ARIE decorrentes do escoamento superficial.

PALAVRAS-CHAVE: Processos erosivos; Parcela experimental; Estacas e pinos; Degradação dos solos; ARIE Mata Santa Genebra.

INTRODUÇÃO

As erosões são atualmente um risco em potencial para o solo. Presentes naturalmente no meio físico, erosões são frequentemente intensificadas pelas atividades humanas em áreas urbanas. A impermeabilização do solo e o manejo deficiente das águas pluviais acarretam o aumento do escoamento superficial, que desencadeiam os processos erosivos. (PETRI e BOURSCHIEDT, 2016; APRÍGIO e QUEIROZ, 2017). Nesse sentido, e conforme Guerra (1998), são necessárias pesquisas sobre a remoção e transporte de solo que subsidiem o planejamento, controle e recuperação desses processos, que segundo Laurance *et al.* (2002) são influenciados pelo efeito do uso de solo em sua envoltória.

No contexto da ARIE Mata Santa Genebra, o uso predominante na face leste da Zona de Amortecimento (ZA) é urbano. A impermeabilização do solo pelo pavimento, assim como sistemas ineficientes de manejo de águas pluviais impactam diretamente a borda da Unidade de Conservação (UC).

Assim, o uso de parcelas experimentais no monitoramento de processos erosivos possibilita, de forma simples, direta, de grande precisão e baixo custo, avaliar quantitativamente a evolução temporal, da erosão laminar e linear em função das alterações do relevo (MOMOLI, 2011; MORAES *et al.*, 2015). Para isso, é imprescindível também o monitoramento da precipitação, pois esta constitui um agente erosivo importante assim como os fatores antrópicos (NETTO, 1998).

Do exposto, o objetivo deste trabalho é analisar a evolução de uma feição erosiva na borda leste da ARIE Mata Santa Genebra em Campinas-SP, com bacia de contribuição predominantemente urbana nesta face, por meio da instalação de uma parcela experimental e compilação de informações geradas e coletadas em campo.

MATERIAS E MÉTODOS

A área escolhida para a análise e monitoramento da evolução erosiva, localiza-se na borda leste da ARIE MSG (*Figura 1*), caracterizada por vegetação arbórea e dossel contínuo de regeneração natural e trilha de chão batido pouco utilizada na borda da mata, conforme Aprígio e Queiroz (2017).

A bacia de contribuição do processo erosivo é composta por uso predominantemente urbano, com vias impermeabilizadas e infraestruturas de drenagem ineficientes.

A feição erosiva é caracterizada como ravina de desnível em borda de fragmento, conforme Poesen *et al.* (1996) (Figura 2), e cerca de 30 metros a jusante da ravina, existe um afluente do Córrego do Guará (APRÍGIO e QUEIROZ, 2017).

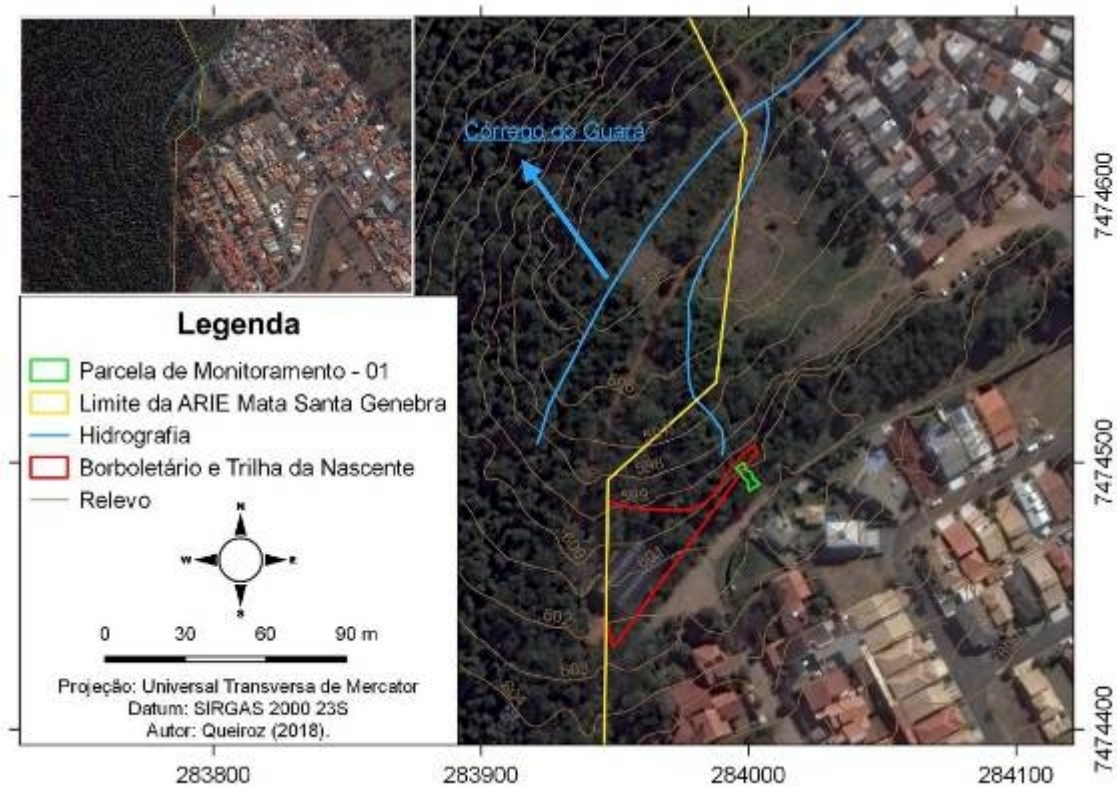


Figura 1 – Área de estudo localizada na borda da ARIE MSG em Campinas-SP.



Figura 2 – Vista da feição erosiva pelo lado de dentro da ARIE.

Para a coleta de dados, foi instalada uma parcela experimental com estacas verticais e pinos horizontais em pontos estratégicos da área, adaptando-se a metodologia proposta em Casado *et al.* (2002) e Moraes *et al.* (2015).

Foram instaladas vinte e duas estacas e quatro pinos pela extensão da ravina em uma área de 32 m², sendo 4 m de largura e 8 m de comprimento (Figura 3). O estaqueamento utilizou vergalhões de aço com 80 cm, deixando expostos

30 cm para estacas e 5 cm para pinos. Concomitantemente à instalação da parcela, foram medidas a largura e o perfil longitudinal (Figura 4) da feição a fim de acompanhar a evolução do processo erosivo durante seis meses.

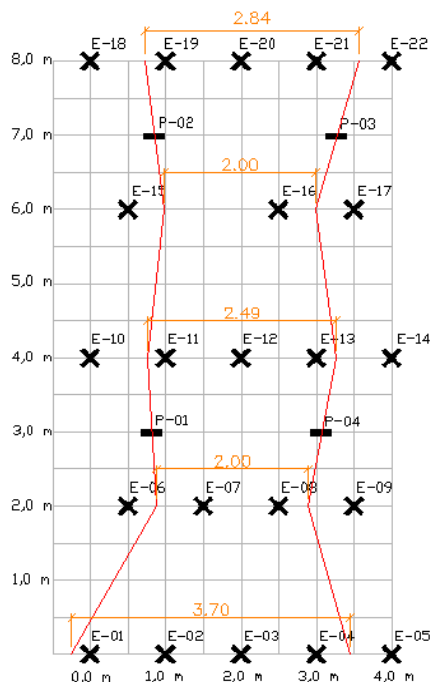


Figura 3 – Croqui da parcela experimental.

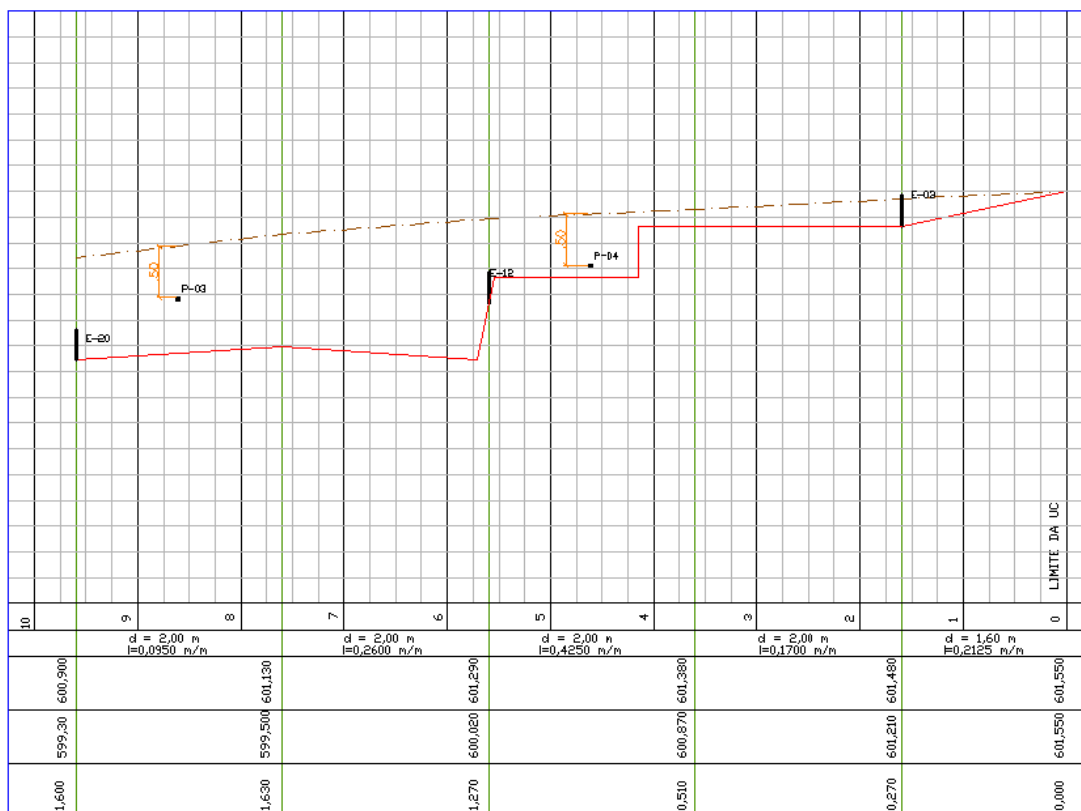


Figura 4 – Perfil longitudinal da parcela experimental.

O monitoramento quinzenal, com a coleta dos valores de altura das estacas em relação ao solo permite aferir as dinâmicas erosivas em um curto período, tendo início em Fevereiro/2018, sempre às 9h00min.

Também foram acompanhados os índices pluviométricos para o mesmo período por meio da estação meteorológica do CEPAGRI (AGRITEMPO, 2018), permitindo comparar a relação da dinâmica das chuvas com a dinâmica da feição erosiva. O monitoramento preliminar dos primeiros 3 meses ocorreu no período de janeiro a abril, distribuídos no verão, estação característica com maior período de chuvas torrenciais.

RESULTADOS

A instalação da parcela foi realizada em janeiro/2018, com um mês de antecedência em relação ao início das coletas. Quinze dias após a instalação da parcela foi realizada uma coleta preliminar com intuito de averiguar possíveis interferências e gerar valores de referência para discussão, como o pisoteio e compactação do solo, que segundo Emmett (1965), são as principais causas de contaminação dos dados.

Durante os três meses de monitoramento foram realizadas 6 coletas. Os dados de variação de comprimento das estacas e pinos entre coletas sucessivas constam das Tabelas 1 e 2. A variação do comprimento foi coletada em centímetros, os valores negativos indicam erosão, e os positivos, deposição de sedimento.

Tabela 1 – Variação entre dados coletados das estacas durante o monitoramento (quinzenal).

Data	Inicial (04/01)	Piloto (19/01)	21/fev.	07/mar.	21/mar.	04/abr.	18/abr.	
Estacas	Exposto	Δy	Δy	Δy	Δy	Δy	Δy	Exposto
E-01	30,00	0,00	-0,50	0,80	0,10	-0,20	-0,20	30,00
E-02	30,00	0,00	-2,00	0,00	-0,60	0,70	0,10	31,80
E-03	30,00	-0,50	3,00	0,50	4,20	-6,20	0,00	29,00
E-04	30,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,70	-0,70	30,50
E-05	30,00	0,00	0,50	0,10	-0,10	0,10	-0,40	29,80
E-06	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,10	29,70
E-07*	45,00	15,00	-1,00	-0,50	0,50	-0,60	0,00	31,60
E-08	30,00	0,00	2,80	-0,20	0,10	-0,40	0,20	27,50
E-09	30,00	0,00	0,00	0,30	0,10	0,00	-0,20	29,80
E-10	30,00	0,00	0,00	0,00	-0,10	-0,40	0,20	30,30
E-11	30,00	0,20	-0,40	0,90	-0,50	-1,00	1,50	29,30
E-12	30,00	-0,20	-10,30	-1,20	0,20	-4,00	0,10	45,40
E-13	30,00	0,00	-1,00	0,90	0,30	-0,30	0,10	30,00
E-14	30,00	-0,80	0,30	0,00	-0,50	0,10	-0,10	31,00
E-15	30,00	0,60	0,20	-1,20	1,10	-0,10	-0,10	29,50
E-16	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-2,00	0,60	31,40
E-17	30,00	0,00	-0,20	-0,30	-1,20	0,50	0,10	31,10
E-18	30,00	0,70	0,10	-0,40	0,10	-0,20	0,20	29,50
E-19*	45,00	-0,50	0,00	-0,10	-0,10	0,90	-0,20	45,00
E-20	30,00	0,00	1,00	-0,40	-4,60	-0,30	-0,20	34,50
E-21	30,00	-0,60	1,20	-0,10	-0,60	-0,10	0,30	29,90
E-22	30,00	-0,50	0,00	0,00	0,00	-0,50	0,40	30,60

*Estacas com dificuldade para instalação e que permaneceram em valores iniciais diferentes de 30 cm.

Tabela 2 – Variação entre dados coletados dos pinos durante o monitoramento (quinzenal).

Data	Inicial (04/01)	Piloto (19/01)	21/fev.	07/mar.	21/mar.	04/abr.	18/abr.	
Pinos	Exposto	Δy	Δy	Δy	Δy	Δy	Δy	Exposto
P-01	5,00	-0,20	-1,60	-0,30	0,00	-1,40	0,00	8,50
P-02	5,00	0,30	0,20	-0,10	0,20	-0,10	0,00	4,50
P-03*	10,00	0,00	0,60	-0,20	-0,40	0,00	-0,20	10,20
P-04	5,00	-0,80	-1,40	-0,50	-0,20	-0,10	0,20	7,80

*Pino com dificuldade para instalação e que permaneceram em valores iniciais diferentes de 5 cm.

As mudanças observadas nas Tabelas 1 e 2 estão diretamente ligadas à variação dos índices pluviométricos acumulados (volume) e à intensidade das chuvas durante o período de monitoramento (Tabela 3). O acompanhamento dos dados de precipitação, conforme Petri e Bourscheidt (2016), é importante para se determinar a influência dos eventos de chuvas nos processos erosivos e na perda de solo, além dos demais fatores associados ao uso do solo.

Tabela 3 – Pluviometria acumulada entre coletas sucessivas, em mm, de janeiro a abril de 2018.

	Períodos	Eventos	Precipitação acumulada (mm)	Intensidade máx. (mm/h)	Intensidade mín. (mm/h)	Intensidade méd. (mm/h)
P1	04/jan. a 19/jan.	33	32,21	19,80	0,76	2,06
P2	20/jan. a 21/fev.	33	208,74	28,76	0,77	6,56
P3	22/fev. a 07/mar.	11	37,33	13,74	1,50	3,84
P4	08/mar. a 21/mar.	11	45,98	24,39	0,76	5,35
P5	22/mar. a 04/abr.	09	58,92	9,58	1,50	4,83
P6	05/abr. a 18/abr.	0	0	0	0	0

Fonte: AGRITEMPO, 2018.

DISCUSSÃO

A coleta piloto, realizada em 19 de janeiro, e a primeira coleta, realizada em 21 de fevereiro, foram tomadas como padrão de referência para análise dos dados posteriores, pois, nesses dois períodos, ocorreram variações acentuadas, acima de 10 cm, nas estacas E-07 e E-12. Além disso, os períodos entre coletas foram diferentes, o que dificultou a comparação realista dos eventos de precipitação.

É interessante considerar que, nesses dois períodos (P1 e P2), foi registrado o maior número de eventos pluviométricos (33 eventos), bem como a menor e a maior intensidade média de precipitação, respectivamente.

Essa correlação pode ser demonstrada na estaca E-07, que, no período P1, apresentou deposição de 15 cm com baixa intensidade pluviométrica e com pouco intervalo entre a instalação. Esses dados corroboram a ideia de Emmett (1965), em que as coletas em curto período da data de instalação das parcelas experimentais causam divergência nos dados devido a intervenção.

Da mesma forma, foi observado na estaca E-12 no P2 uma variação de -10,30 cm, demonstrando erosão associada à alta intensidade pluviométrica. Notou-se que, quando há um arraste significativo, resíduos sólidos urbanos e material vegetativo ficam presos na estaca, gerando erosão ou acúmulo de sedimentos ao redor da estaca (*Figura 5*).

Esse fato se repetiu no P5, quando E-12 apresentou erosão de -4,00 cm, associada às maiores intensidades pluviométricas seguidas, registradas em P4 e P5. Essa mesma tendência foi observada em E-16 e E-20, quando foram registrados -2,00 e -4,60 cm de erosão, respectivamente, em P5 e P4.



Figura 5 – Erosão na jusante da estaca causada pelo acúmulo de resíduos a montante.

Observou-se, a montante da feição, que recebe diretamente o escoamento superficial decorrente do uso do solo na bacia de contribuição, a formação de um bolsão de sedimentos depositados (*Figura 6*). A dinâmica é inversa entre E-02 e E-03. No P4, houve erosão em E-02 e deposição em E-03, enquanto no P5, a dinâmica inverteu-se. O fluxo gerado pela feição passa ainda pelas estacas discutidas (E-07, E-12, E-16 e E-20), como se seguisse o movimento natural meândrico do escoamento superficial de um curso d'água.



Figura 6 – Acúmulo de sedimentos à direita, entre E-03 e E-02.

As estacas posicionadas na borda da feição erosiva (E-01, E-04, E-05, E-06, E-08, E-09, E-10, E-11, E-13, E-14, E-15, E-17, E-18, E-19, E-21 e E-22) não registraram mudanças significativas, alterando-se entre erosão e deposição, sem muita variação relacionada às precipitações. Nestas estacas, houve acúmulo de sedimentos com granulometrias maiores, principalmente pelo acúmulo de serrapilheira, que forma barreira aos sedimentos, confirmando, assim, que o maior volume de escoamento superficial é decorrente da bacia de contribuição urbana, devido à infraestrutura de drenagem ineficiente.

Nos pinos observou-se a mesma dinâmica. Os pinos P-01 e P-04, por estarem posicionados a montante da erosão, sofreram mais transporte de solo, principalmente nos períodos com maiores precipitações acumuladas e intensidades médias (P4 e P5). No P2 foram registradas erosões de -1,60 e -1,40 cm, em P-01 e P-04, respectivamente. Porém, é difícil afirmar se a movimentação ocorreu por interferência da instalação ou por eventos pluviométricos, uma vez que o período foi mais extenso que os demais e apresentou dados extremos.

As maiores alterações na camada de solo ocorreram em períodos com maiores acúmulos de precipitação, e com intensidades médias acima de 4 mm/h, registrando perda ou deposição de solo acima de 2,00 cm. Os maiores volumes

de chuva foram registrados entre os meses de janeiro a abril totalizando 379,14 mm. Após 03 de abril, não houve eventos significativos para causar maiores alterações no transporte de solo.

Por fim, com os resultados obtidos durante as coletas, foi possível observar como as variações pluviométricas estão relacionadas com o transporte e deposição de solo na feição erosiva, e diretamente com o escoamento superficial da bacia de contribuição. Entretanto não foi possível aferir o impacto relativo a intensidade de cada evento individualmente para aprofundar as análises.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As conclusões preliminares deste trabalho demonstram como a fase terrestre do ciclo hidrológico tem forte influência sobre as dinâmicas do solo. Nota-se que as maiores perdas de solo coincidem com as maiores intensidades de precipitação, enquanto os maiores acúmulos geralmente estão associados aos baixos índices pluviométricos.

Contudo, não foram considerados os dados físicos do solo, que, conforme sugerido na metodologia de Bertoni e Lombardi Neto (2010), são essenciais para determinar a perda indireta de solo, em toneladas por hectares, por meio das alterações da superfície. Os testes físicos serão realizados em parceria com o laboratório de solos da Faculdade de Engenharia Ambiental e Sanitária da PUC-Campinas (responsável pela coleta e análise dos parâmetros físicos de solo da Universidade).

Ademais, ações de minimização dos impactos também podem ser tomadas dentro da UC para diminuir o arraste de sedimentos para a nascente próxima, por meio de medidas e infraestruturas de controle físico que diminuam o aporte de resíduos na corrente e a velocidade de escoamento superficial. Além disso, são necessárias ações efetivas por parte do poder público para melhorar a rede de drenagem do bairro, que é deficiente e gera riscos sanitários a população.

Analisando os dados até aqui coletados, pode-se concluir que a área está sobre grande influência antrópica devido ao manejo inadequado das águas pluviais urbanas no bairro do entorno e pelo descarte inadequado de resíduos sólidos e efluentes líquidos.

Por fim, a técnica de parcelas experimentais tem se mostrado eficiente para análise da dinâmica da feição erosiva, tanto de transporte quanto de deposição, causados pelo escoamento superficial. As informações levantadas servirão como referencial para medidas de planejamento e gestão, auxiliando à tomada de decisão quanto às ações a serem implementadas para o controle dos processos erosivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGRITEMPO – SISTEMA DE MONITORAMENTO AGROMETEOROLÓGICO. Dados meteorológicos. Campinas-SP: Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura - CEPAGRI, 2018.
2. APRIGIO, P. O.; QUEIROZ, M. C. Caracterização de feições erosivas e de assoreamento na borda leste da ARIE Mata de Santa Genebra. Relatório Técnico. Campinas: Fundação José Pedro de Oliveira – FJPO, 2017. 23p.
3. BERTONI, J. LOMBARDI NETO, F. Conservação dos solos. 7ª ed. São Paulo: Editora Ícone, 2010.
4. CASADO, A. P. B.; HOLANDA, F. S. R.; ARAÚJO FILHO, F. A. G.; YAGUIU, P. Evolução do processo erosivo na margem direita do Rio São Francisco: Perímetro irrigado Continguiba/Pindoba – SE. Revista Brasileira De Ciência Solo, Viçosa, v. 26, p. 231-239, 2002. <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n1/24.pdf>
5. EMMETT, W. W. The vigil network: Methods of measurement and a sampling of data collected. In: SYMPOSIUM OF BUDAPEST, 1, 1965, Gentbrugge, Bélgica. Anais... Gentbrugge: International Association of Hydrological Sciences, 1965. n. 66, p. 89-106. Disponível em: <http://hydrologie.org/redbooks/a066/iahs_066_0089.pdf>. Acesso em: 07 Mai. 2018.
6. GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. p. 337-375. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S.B. (org). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1998.
7. LAURANCE, W. F., LOVEJOY, T. E., VASCONCELOS, H. L., BRUNA, E. M., DIDHAM, R. K., STOUFFER, P. C., GASCON, C., BIERREGAARD, R. O., LAURANCE, S. G. and SAMPAIO, E. Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-Year Investigation. Conservation biology, United States, v. 13, n. 3, p. 605-618, 2002.
8. MOMOLI, R. S. Dinâmica da sedimentação em solos sob matas ciliares. 2011. 190 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-08082011-102417/publico/Renata_Momoli_versao_revisada.pdf>. Acesso em: 16 out. 2017.
9. MORAES, I. C.; CORRÊA, E. D.; COUTO JR. A.; PINTO, S. A. F. Análise das perdas de solo de parcelas experimentais em pastagens no centro leste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35, 2015, Natal, RN. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS, 2015, 4 p. Disponível em: <<https://www.sbc.org.br/cbcs2015/arearestrita/arquivos/1764.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

10. NETTO, A.L.C. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. (org). Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos. 3^a ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 1998. p. 93-144.
11. PETRI, C. A.; BOURSCHIEDT, V. A análise de processos erosivos em áreas degradadas no contexto urbano com o de geotecnologias. In: JORNADA DE GESTÃO E ANÁLISE AMBIENTAL. 1, 2016, São Carlos, SP. Anais... São Carlos: UFSCar, 2016, p. 11-14.
12. POESEN, J.; VANDAELE, K.; VAN, W. B. Contribution of gully erosion to sediment production on cultivated lands and rangelands. In: WALLING, D. E.; WEBB, B. W. (Orgs.). Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives. Exeter: International Association of Hydrological Sciences, 1996. n° 236, p. 251-266.

