

## IX-076 - ANÁLISE DE PERDA DE SOLO POR FLUXO SUPERFICIAL DIFUSO E CONCENTRADO, DE UM PROCESSO EROSIVO EM UMA ÁREA URBANIZADA

**Bruno Amaral Ferreira**<sup>(1)</sup>

Engenheiro Ambiental. Pós-Graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FUMEC.

**Sidney Portilho**

Geógrafo. Mestre em Análise Ambiental pela UFMG.

**Rafles Anselmo da Mata**

Engenheiro Ambiental. Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

**Renato de Carli Almeida Couto**

Engenheiro Ambiental. Pós-Graduando em Engenharia de Segurança do Trabalho pela FUMEC.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Marieta Ferreira Soares, 845 - Centro - Carmésia - MG - CEP: 35.878-000 - Brasil – Tel.: (31) 8308-6564 - e-mail: [brunocarmesia@yahoo.com.br](mailto:brunocarmesia@yahoo.com.br).

### RESUMO

Este trabalho tem como objetivo comparar os índices de perda de solo por fluxo concentrado na voçoroca com as perdas por fluxo difuso medidos em parcela de 2,5x5m no Bairro Água Fresca em Itabira/MG. O método utilizado foi o de pesquisa de campo, sendo os dados amostrados na ocorrência de eventos chuvosos, de forma pontual e simples. Foram amostrados cinco eventos chuvosos para mensurar a fração de solo carregada pelo escoamento superficial, e para determinação da taxa de infiltração após a incidência de chuvas. A taxa de infiltração também foi determinada por meio da técnica do infiltrômetro de anel. As técnicas de coleta de dados basearam-se em observação e experimentação em campo. A verificação da taxa de infiltração foi realizada em dois meios, sendo um dentro da voçoroca, em alta e baixa vertente, e na parcela localizada na parte externa da voçoroca. Verificou-se que a taxa de infiltração foi maior na parcela, quando comparada com a taxa determinada nas vertentes da voçoroca. Na análise de perda de solo verificou-se que a maior perda registrada ocorreu na parcela, no qual a voçoroca apresentou perda nula, pelo fato de se encontrar em processo de estabilização natural, sendo notável a presença de vegetação bem desenvolvida no seu interior. Contudo, o método utilizado mostrou-se eficiente e de fácil aplicabilidade para a descrição do fenômeno ocorrente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perda de solo, Taxa de infiltração, Voçoroca.

### INTRODUÇÃO

O Brasil, por suas características tropicais é caracterizado por ser uma região de altos índices pluviométricos. Esta configuração associada às regiões de solos arenosos descreve um cenário de alto potencial erodível, sendo predominante nestes ambientes o processo de erosão hídrica.

Existem diversos tipos de processo erosivo ocasionados pela ação das águas, sendo os principais conhecidos como: erosão por voçoroca, ravinas, sulcos, erosão laminar, dentre outros. Estes processos podem ocasionar mudanças radicais no ambiente, devido à remoção de solo pelo arraste das partículas instáveis.

Os processos erosivos podem ser influenciados por diferentes fatores, como a característica física do solo, intensidade de precipitação e intervenções antrópicas, podendo estes fatores comportar como agentes causadores ou intensificadores da erosão. Ressalta-se ainda, a atribuição dos modos de uso e ocupação do solo, que também interfere diretamente nesta questão.

Os tipos de erosões supracitados são caracterizados de acordo com o seu grau de carregamento de partículas e incisão no solo. Diante deste fato, o presente trabalho busca avaliar a perda de solo, por voçorocamento, ocasionado pelo escoamento superficial difuso e pontual no bairro Água Fresca da cidade de Itabira/MG.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O município de Itabira está localizado na região sudeste de Minas Gerais. Faz parte do quadrilátero ferrífero, e por meio rodoviário, está a cerca de 110 quilômetros de Belo Horizonte. O clima predominante é o tropical de altitude, característica típica da região sudeste, aonde a estação chuvosa se estende de modo geral, de outubro a março.

A voçoroca está localizada nas coordenadas UTM 23 K 0688751 e 7827410, possui forma coalescente, com uma área total de 732m<sup>2</sup>. Vale ressaltar que a voçoroca está inserida numa propriedade de pastagem dentro da área urbana do município, no bairro Água Fresca (figura 1).



### Legenda

 Delimitação da Voçoroca  
Área delimitada: 732m<sup>2</sup>

F

**Figura 1: Área da voçoroca em estudo.**

Para uma avaliação mais específica desse problema na zona urbana do município, selecionou-se uma encosta erodida para amostragens qualitativas e quantitativas desse processo. Foram feitas medições de perda de solo por escoamento concentrado e difuso em parcelas amostrais e no interior da voçoroca, medições de infiltração de água no solo com infiltrômetro de anel e relações com cobertura vegetal no interior e borda da forma erosiva.

### MONITORAMENTO

A distribuição da campanha de monitoramento ocorreu de forma pontual e simples, a partir de cinco eventos chuvosos distintos e compreendidos no mês de março de 2011. Os principais parâmetros mensurados foram a precipitação, a taxa de infiltração e a perda de solo.

A fim de avaliar a influência da cobertura vegetal e da característica granulométrica do solo na taxa de infiltração, utilizou-se um infiltrômetro de duplo-anel em quatro pontos distintos da área em estudo. Os dois primeiros foram fixados a montante da voçoroca em lugares sem vegetação e com vegetação e os outros dois

pontos dentro da voçoroca sem cobertura vegetal e com cobertura vegetal. Este método consiste em dois anéis concêntricos, instalados com auxílio de uma marreta (figura 2).

Após esta etapa colocou-se água nos dois anéis ao mesmo tempo, e com uma régua graduada acompanhando a infiltração vertical total no cilindro interno.

Nas diferentes partes do solo foram submetidas às medições a um mesmo volume, com uma coluna de água 20cm em um anel de 28cm de diâmetro, correspondendo a um volume aproximado de 12 litros. Em todos os pontos foi observado a penetração total da coluna de líquido e minuciosamente registrados a fração percolada a cada cinco minutos.



**Figura 2: Infiltrômetro de duplo-anel.**

Para a coleta de dados referentes às precipitações (em mm de chuva) foi instalado próximo à parcela um pluviômetro, aonde o tempo de cada evento chuvoso foi cronometrado para se estimar a intensidade de cada chuva visando classificá-las quanto ao seu potencial erosivo bem como avaliar a velocidade de infiltração dessa água no solo, e conseqüentemente avaliando o seu poder de arraste e transporte de sedimento resultando na perda de solo.

O escoamento difuso foi medido em parcelas amostrais conforme recomendações de Wischmeier & Smith (1978), Portilho (2003) e Portilho e Miranda (2009). A parcela foi delimitada com placas de alumínio, 2,5m de largura por 5m de comprimento, resultando uma área total de 12,5m<sup>2</sup>. As placas de alumínio de 45cm de largura e 0,4mm de espessura foram enterradas a uma profundidade de 15cm para evitar a entrada de escoamento superficial proveniente de outras partes da vertente (figura 3).



**Figura 3: Parcela e o sistema receptor.**

No limite inferior da parcela foi inserida uma calha de alumínio galvanizado para receber e coletar água e solo escoados de dentro das parcelas. Por meio de conexões de PVC (cloreto de polivinila), ligadas a um orifício na calha da parcela, a água escoada e o solo erodido foram levados para um galão receptor de 50 litros.

Baseado em Portilho (2003), o volume de solução de água/solo depositado no tambor deve ser homogeneizado antes de ser transferido para recipientes de 2 litros, devidamente etiquetados, contendo informações como data, quantidade total de material escoado (em Litros) e a duração do evento chuvoso. As amostras coletadas no tambor e na voçoroca foram analisadas em laboratório.

No laboratório foi adicionada uma solução de ácido clorídrico (HCl) a 15% até que toda a solução atingisse um pH aproximado de 2,5. Um pH abaixo de 2 pode corroer partículas de argila, portanto, não é recomendado. Este procedimento faz com que as partículas sólidas da solução (argila e silte) floculem e decantem no fundo do Becker por 24 horas. Após a decantação do material foi feita uma sifonação simples visando retirar e desprezar o máximo de água da solução. O material resultante da sifonação foi realocado para um recipiente de peso conhecido e levado a uma chapa para secagem a uma temperatura aproximada de 60°C. Posteriormente à secagem, o recipiente foi levado a um dissecador até atingir novamente a temperatura ambiente, e só assim realizado a pesagem final do material sólido (solo) contido na solução.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 são apresentados os cinco eventos amostrados para a avaliação da taxa de infiltração ocorrida durante a incidência de precipitações de diferentes intensidades. Estes eventos foram observados na área experimental definida por uma parcela de solo de 12,5m<sup>2</sup>.

Os eventos chuvosos tiveram diferentes tempos de duração, sendo para o evento 1 (E1) 2,4mm/h com duração de duas horas e meia. No evento 2 (E2) foi medido 0,54mm/h em uma duração de dezoito horas e meia, e para os eventos 3, 4 e 5 (E3, E4 e E5, respectivamente) observou-se 1,19; 0,11 e 0,8mm/h com as respectivas durações de dezesseis horas, quatro horas e cinquenta minutos, e uma hora.

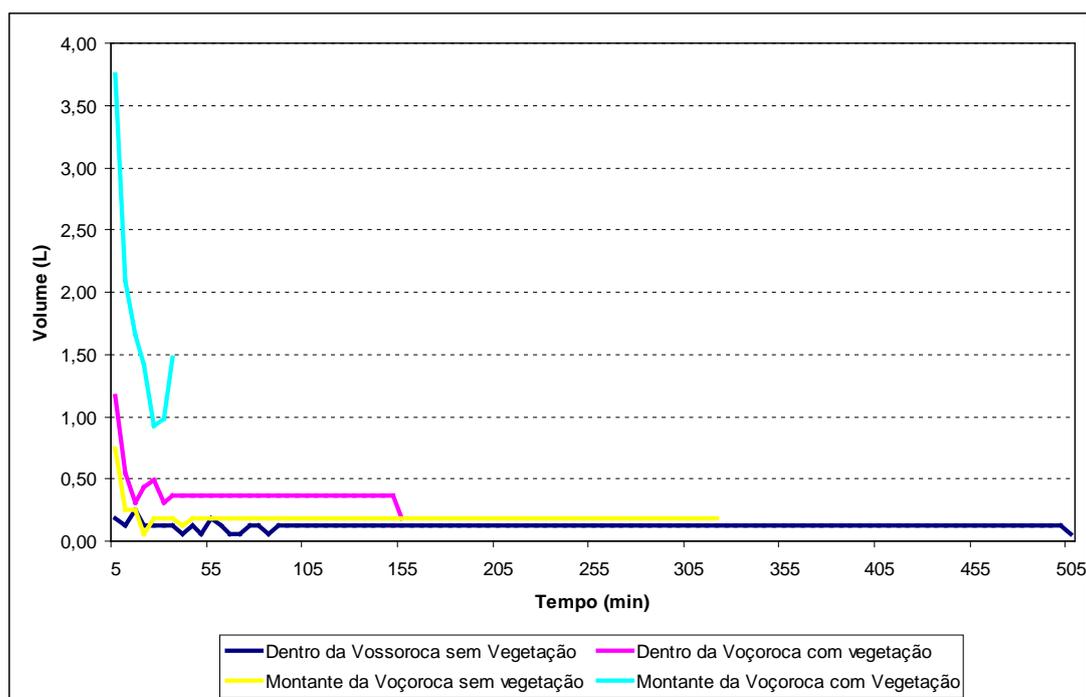
**Tabela 1: Dados obtidos na parcela experimental durante eventos chuvosos.**

Evento	Volume (L)	Intensidade precipitação (mm/h)	Volume infiltrado (L)	Volume escoado (L)	Taxa de infiltração (L/min)	Precipitação (mm)
E1	75	2,40	72	3,0	0,48	6
E2	125	0,54	116,50	8,5	0,10	10
E3	237	1,19	234	3,0	0,24	19
E4	6,25	1,11	5,85	0,4	0,02	0,5
E5	10	0,80	9,50	0,5	0,16	0,8

Os resultados amostrados demonstraram uma relação direta entre o volume pluviométrico e a taxa de infiltração nos eventos de curta duração. Foi observado que a maior intensidade de precipitação ocasionou maior volume infiltrado, sendo justificado devido a maior disponibilidade de água e o solo ainda não exceder o seu potencial de infiltração, visto que chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas de longa duração têm mais tempo pra se infiltrarem.

A grande porcentagem de volume infiltrado na parcela se relaciona aos valores de precipitação em função da duração dos eventos. Estes resultados condizem com Bigarella (2007) ao retratar que os processos erosivos estão relacionados com a duração e a intensidade das precipitações, acarretando interferências no escoamento superficial.

Os resultados obtidos pelo método do infiltrômetro de anel são demonstrados na figura 4. A progressão temporal da medição da taxa de infiltração nas diferentes porções de solo demonstra que na vertente da voçoroca, na porção de solo sem cobertura vegetal, houve maior dificuldade de infiltração, precisando de maior tempo para infiltrar todo o volume aplicado.



**Figura 4: Volume infiltrado em função do tempo.**

Ainda na vertente, a porção com cobertura vegetal apresentou uma maior velocidade de infiltração, o que era esperado por Bertoni e Lombardi Neto (1990), confirmando que a cobertura vegetal é de grande importância para a proteção do solo contra processos erosivos e do efeito *splash*, que promove à micro compactação do solo acarretando redução da taxa de infiltração da água e aumento do escoamento superficial, além do aumento do carreamento de partículas de solo como consequência.

Com isso denota-se que a cobertura vegetal interfere na promoção da taxa de infiltração, o que pode ser evidenciado pelas interrupções no fluxo de escoamento superficial e pelo caminho preferencial criado pela penetração das raízes no solo.

A verificação da taxa de infiltração na parcela, na área externa da voçoroca, ocorreu de modo semelhante a das vertentes, porém, em menores proporções. Verificou-se que na vertente da voçoroca o solo já apresentava considerável grau de umidade, ao contrário do solo da parcela, justificando as maiores taxas de infiltração na parcela se comparada a vertente.

Os resultados apresentados na tabela 2 mostram que somente no evento 1 ocorreu maior perda de solo na voçoroca quando comparada a perda na parcela. Já nos outros eventos a perda de solo foi maior na parcela do que na voçoroca.

**Tabela 2: Perda de solo na voçoroca e na parcela.**

Evento	Precipitação (mm)	Perda de solo na voçoroca (g/L)	Perda de solo na parcela (g/L)
1	6	6,38	2,96
2	10	1,2	4,76
3	19	0	30,74
4	0,5	0	1,71
5	0,8	0,96	1,31

Esta perda se deu pelo fato da parcela possuir pouca vegetação, haja vista que o processo ocorrente neste ambiente trata-se de uma erosão laminar, que segundo Lepsch (2002) é também chamada de lavagem superficial, por remover uma camada delgada superior de todo o terreno, resultando em perdas de grande volume de solo.

A perda de solo foi maior na parcela pelo fato de possuir uma menor área quando comparada a área total da voçoroca em estudo, que tem aproximadamente 732m<sup>2</sup>, tendo a parcela 12,5m<sup>2</sup>. Com isto o volume precipitado terá uma maior área de contato, diminuindo assim o escoamento superficial juntamente com o carreamento de partículas, já na parcela o volume precipitado terá condições opostas, menor área com menor tempo de concentração. Isto proporciona que aos eventos três e quatro não tenha perda de solo e também um menor carreamento de partículas se comparado ao da parcela.

Apesar de a voçoroca ser um processo erosivo mais avançado, a mesma já se encontra em condição natural de recuperação (figura 5), apresentando características mais estáveis, como a presença de vegetação, a qual cumpre importante papel de redução da velocidade de escoamento superficial. Além disso, as plantas possuem raízes atreladas ao solo conduzindo por um caminho preferencial o fluxo de água, sendo de grande importância na promoção da taxa de infiltração, e conseqüentemente na menor perda de solo por transporte do escoamento superficial.



**Figura 5: Voçoroca em processo de estabilização natural.**

Outro fator que deve ser considerado ao se analisar a perda de solo é a composição granulométrica, que neste caso apresenta maiores concentrações de areia e silte, como apresentado na tabela 3. Foram analisadas sete amostras de solo em pontos distintos da voçoroca e do seu entorno. O solo, cujas características são semelhantes a da região, pode ser facilmente carreado pela força hídrica, uma vez que o mesmo encontra-se desprotegido de cobertura vegetal, que é a principal proteção de atenuação destes processos erosivos.

**Tabela 3: Composição granulométrica do solo.**

Amostra	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A
Areia %	56,1	55,1	65,2	48,7	62,5	60,2	51,9
Silte %	35,2	38,2	27,5	32,3	33,4	32,7	34,1
Argila %	8,7	6,7	7,3	19	4,1	7,1	14

Acredita-se que a maior ou menor perda de solo está relacionada com o tipo de material disponível ao transporte e a intensidade dos eventos chuvosos, pois a intensidade elevada do evento pode acarretar um maior carreamento de partículas, ainda mais se for de um material mais solto e menos denso.

Tal fato pode ser consubstanciado segundo a abordagem de Guerra (1996), quando diz que os solos de características arenosas são mais friáveis, e a estabilidade dos agregados nesses solos é menor, portanto estão mais vulneráveis aos processos erosivos.

Nos eventos três e quatro não ocorreu escoamento superficial que por sua vez não ocasionou perda de solo. Um dos motivos para justificar este fato foi à duração da precipitação de dezesseis horas para o evento três e quatro horas e meia para o evento quatro. O evento três teve uma duração de precipitação elevada se comparada aos outros eventos, porém sua baixa intensidade fez com que não ocorresse escoamento superficial.

A precipitação menor, mais a duração do evento, juntamente com as características da voçoroca fizeram com que não ocorresse o escoamento do evento quatro.

## CONCLUSÕES

A taxa de infiltração encontrada no solo da voçoroca, em alta vertente tanto para a porção com cobertura vegetal e sem cobertura, foram maiores que em baixa vertente, em análise de mesma singularidade. Contudo, a taxa de infiltração verificada para a parcela de solo, fora da voçoroca, foi maior que as taxas encontradas nos quatro pontos da voçoroca, alta e baixa vertente.

A análise da perda de solo pelo processo de voçorocamento, no Bairro Água Fresca em Itabira, revelou que nos estágios analisados, a maior perda de solo foi registrada para a parcela, sendo que foram observados cinco eventos chuvosos. De modo geral em todas as incidências pluviométricas a parcela registrou maiores valores de perda de solo do que a voçoroca, tal fato possivelmente se explica pela diferença de processos envolvidos, que ocasionam a perda de solo e pela voçoroca apresentar-se em estágio natural de recuperação. Dessa forma, compreendeu que a mesma apresentou em equilíbrio estável, sendo até mesmo verificada a presença considerável de recobrimento vegetal em seu interior.

Conclui-se, portanto, que a maior perda de solo ocorreu por fluxo difuso, sendo representado pela perda de solo direcionada para a parcela. No entanto o método utilizado permitiu avaliar e quantificar de forma sucinta a taxa de infiltração e a perda de solo da área em questão, sendo um método eficiente e de fácil aplicação.

No âmbito deste trabalho sugere-se como novas frentes de pesquisa, a investigação de medidas mitigadoras da perda de solo, por diferentes processos erosivos, correlacionando determinadas medidas com a influência que a mesma ocasionará na taxa de infiltração do solo, de modo a proporcionar melhor condição de restabelecimento da cobertura vegetal da área afetada.

## AGRADECIMENTOS

Ao apoio e incentivo realizado pela FAPEMIG, na participação deste evento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F.. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990.
2. BIGARELLA, J. J.. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. 2.ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2007. v. 3.
3. FERREIRA, B. A. Perda de solo por fluxo superficial difuso e concentrado: um estudo no bairro água fresca em Itabira/MG. Monografia de graduação em engenharia ambiental, FUNCESI, Itabira, MG, 2011.
4. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
5. LEPSCH, I. F. Formação e conservação dos solos. São Paulo: Oficina de textos, 2002.
6. PORTILHO, S. Perda de solo por escoamento superficial e os padrões de infiltração e percolação da água no solo, microbacia do córrego quebra, Gouveia, espinhaço meridional, MG. Dissertação de mestrado, Belo Horizonte: Instituto de Geociências/UFMG, 2003.
7. PORTILHO, S.; MIRANDA, B. N.. Relações entre a erosão laminar a taxa de infiltração de água no solo em diferentes pontos da encosta, microbacia do Ribeirão Gomes de Melo, sub-bacia do Rio Piracicaba, município de Rio Piracicaba-MG. Anais do XI Simpósio Nacional de geomorfologia e conferência internacional de geomorfologia, Belo Horizonte, 2009.
8. WISCHMEIER, W. H. SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses. Agricultural research service Handbook 282, D.A. EUA, Washington, D. C. 1978.