

## **Monitoramento dos Processos Erosivos e da Dinâmica Hidrológica e de Sedimento de uma Voçoroca: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia-MG**

ALVES, Ricardo Reis – UFU (ricardoreisalves@gmail.com); SERATO, Douglas Santana – UFU (douglas.serato@gmail.com); CAMPOS, Eduardo Humberto – UFU (eduardoh.campos@yahoo.com.br); SILVA, Josimar Filisbino – FCU (jfsilva@prove.ufu.br); RODRIGUES, Silvio Carlos – UFU (silgel@ufu.br)

### **Resumo**

Este estudo consiste no monitoramento da atividade de uma voçoroca localizada no município de Uberlândia - MG, levando em consideração os processos erosivos envolvidos, a dinâmica hidrológica e o transporte de sedimentos. Para coletar dados no campo sobre os assuntos abordados, foi necessário construir um vertedouro na foz do fluxo da voçoroca, que fornecia dados sobre vazão e transporte de sedimentos, que posteriormente eram analisados em laboratório. O objetivo deste estudo foi mostrar o quanto os processos erosivos por voçorocamento podem ser prejudiciais ao equilíbrio do meio ambiente, principalmente pela grande quantidade de sedimentos que é gerada nestes processos. Esta voçoroca está conectada diretamente a afluentes de ordens inferiores da Bacia Hidrográfica do Paraná, e parte da grande quantidade de sedimentos produzida nela pode acabar gerando problemas em áreas a sua jusante, principalmente assoreamento de canais e reservatórios de hidroelétricas. Isto deixa claro que a problemática do voçorocamento não é intrínseco somente ao *loco* onde ocorre a voçoroca, mas a toda macro-bacia que a voçoroca está inserida.

**Palavras chave:** sedimento, vazão, erosão, voçoroca, transporte de sedimento.

### **Abstract**

This study consists in to monitoring a gully activity in Uberlândia - MG, considering the erosive process engaged, the hydrological dynamics and the sediments transport. For collecting data in the field about these topics, it was necessary to construct a little dam at the mouth of gully flow, which used to improve data about water flow variation and the sediments transport, which were analyzed in the lab. The objectifies of this study were to show the influences of the erosive process by gullies in the equilibrium of the environment, specially because of the large quantity of sediments that is generated in this process. This gully is connected directly to a brook stream of inferior order of the Paraná Hydrologic Basin, and part of the large quantity of sediments produced in this gully can cause a lot of problems in Down Basin area, specially for the rivers channels and hydroelectric lakes. This shows that the problematic of gullies it is not intrinsic just to the *loco* where the gully is, but to all macro-basin where the gully is inserted.

**Key Words:** sediment, water flow, erosion, gully, sediment transport.

### **1 – Introdução e Justificativa**

A área de pesquisa está localizada na zona rural do município de Uberlândia – MG (Fig. 1), na Fazenda Experimental do Glória (área da Universidade Federal de Uberlândia), onde há predominância de clima tropical. Neste local existe uma voçoroca úmida (Fig. 2), conectada a rede de drenagem, estando localizada sobre um contato litológico entre os Basaltos da Formação Serra Geral (litologia inferior) e os Arenitos da Formação Marília.



Fig. 1 – Localização da área de pesquisa no contexto brasileiro (mapas sem escalas). A seta indica a localização da Fazenda do Glória.

Fonte: ALVES, 2003 – pg. 6



Fig. 2 – Voçoroca estudada.

Fonte: ALVES, 2006 – pg. 28

A evolução dos processos erosivos causa uma série de impactos negativos ao meio ambiente, a economia e também para o social. Neste caso, parte dos sedimentos produzidos durante a evolução deste processo erosivo pode ser direcionada para o Rio Uberabinha, contribuindo para o seu assoreamento. Quando estes sedimentos e os de outros

processos erosivos não se decantam no Uberabinha, eles são transportados para os canais do Rio Araguari e a jusante para o Rio Paranaíba, onde também contribuem para o assoreamento destes canais, e também de reservatórios de hidrelétricas.

## **2 – Fundamentação teórico metodológica**

Autores como Guerra, Baccaro e Silva definem erosão como um processo de perda de solo, que pode ser ocasionado por agentes naturais ou antrópicos, tendo natureza química e/ou física e ainda biológica. Um processo erosivo é dividido em três fases distintas, que podem ou não ocorrer simultaneamente. A primeira é o destacamento de partículas do solo, a segunda é o transporte das partículas destacadas e a terceira refere-se à sedimentação que estas partículas sofrem.

O comportamento hidrológico de um local depende basicamente de três fatores, precipitação, infiltração de água no solo e escoamento superficial. Este escoamento pode ser tanto aquele ocasionado pelo excedente hídrico das chuvas nas vertentes, como aquele dos canais fluviais, que pode ser alimentado pelas chuvas ou pelo escoamento subterrâneo (Villela & Matos, 1977).

Christofolletti (1980), trabalha nesta obra com o transporte de sedimentos em canais com presença de escoamento superficial, o que pode ser aplicado também à voçoroca estudada. A carga do leito do canal (sedimento de fundo) é composta por partículas de textura maior, como areias, cascalhos e matacões, as quais são transportadas através da saltação, deslizamento ou rolamento na superfície do leito. A velocidade desta carga é extremamente lenta devido ao volume e densidade dos detritos, o que ocorre pelo fato de estas partículas poderem se deslocar de forma intermitente.

## **3 – Objetivos**

O objetivo geral desta pesquisa é estudar como ocorre a evolução de uma voçoroca no meio rural, levando em consideração os fatores geográficos, a taxa de transporte de sedimento e o comportamento hidrológico local.

## **4 – Metodologia**

As atividades técnicas realizadas no campo estão relacionadas com a coleta de dados sobre a dinâmica hidrológica e transporte de sedimentos de fundo. Para trabalhar com a

dinâmica hidrológica foram determinados três tipos de atividades: medição de vazão na foz do canal principal da voçoroca, pluviometria e o comportamento da infiltração de água no solo. No intuito de realizar a medição da vazão na região da foz foi construído um vertedouro feito de armação de concreto e metal e com comportas de tubos de PVC, que tinha como objetivo desviar a água para um local em que ela pudesse ser mensurada em relação ao fator tempo, fornecendo resultados em  $m^3/s$ .

Para obter os valores pluviométricos foi necessário utilizar dados da estação climatológica do Instituto de Ciências Agrárias da UFU, localizada na fazenda. A última atividade referente à dinâmica hidrológica foram os ensaios de infiltração. Estes ensaios foram realizados margeando a voçoroca e de forma que todas as diferentes formações superficiais tivessem a sua capacidade de infiltração conhecida, totalizando 10 pontos.

O vertedouro, primordialmente idealizado para amostragens de vazão, passou a desempenhar um papel importante sobre o estudo de sedimento de fundo, pois também se mostrou eficiente na coleta de amostras para este estudo. As amostragens do sedimento arrastado pelo fundo eram feitas na saída das comportas.

Para fazer o tratamento quantitativo do sedimento de fundo era necessário pesar as amostras em uma balança de precisão que registra resultados até de centésimos de grama. Cada amostra foi pesada e o resultado anotado. Tendo a quantidade do material em gramas e o tempo total da coleta, pode-se, então, executar uma regra de três simples para determinar a quantidade de sedimentos por segundo que estava passando pela foz da voçoroca em um determinado momento. Este resultado era dado em  $m^3/s$ .

O tratamento quantitativo das amostras também incluía uma análise granulométrica do material coletado. O método que se mostrou mais eficaz foi o do peneiramento em um agitador de peneiras, que separava a amostra entre seixos maiores que 3,35mm e até 200mm, seixos entre 2mm e 3,35mm, areia grossa entre 0,210mm e 2mm, areia média entre 0,125mm e 0,210mm, areia fina de 0,053mm a 0,125mm e a classe de silte e argila que ficaram agrupadas representando as partículas menores que 0,053mm.

## **5 – Resultados**

### **5.1 – Dinâmica hidrológica**

As chuvas na área de pesquisa caracterizam-se por serem precipitadas em forma de pancadas intensas e curtas no início e fim do período chuvoso. No meio da estação

chuvosa é comum ocorrer dias, até mesmo semanas, em que há predominância de chuva fina e constante, principalmente nos meses de novembro a janeiro. Mas neste período há também a ocorrência de chuvas intensas e duradouras, momento em que foram registrados os maiores índices pluviométricos na área estudada em um único dia, que chegou a atingir 137mm/dia em 22 de dezembro de 2004 (Fig. 3).

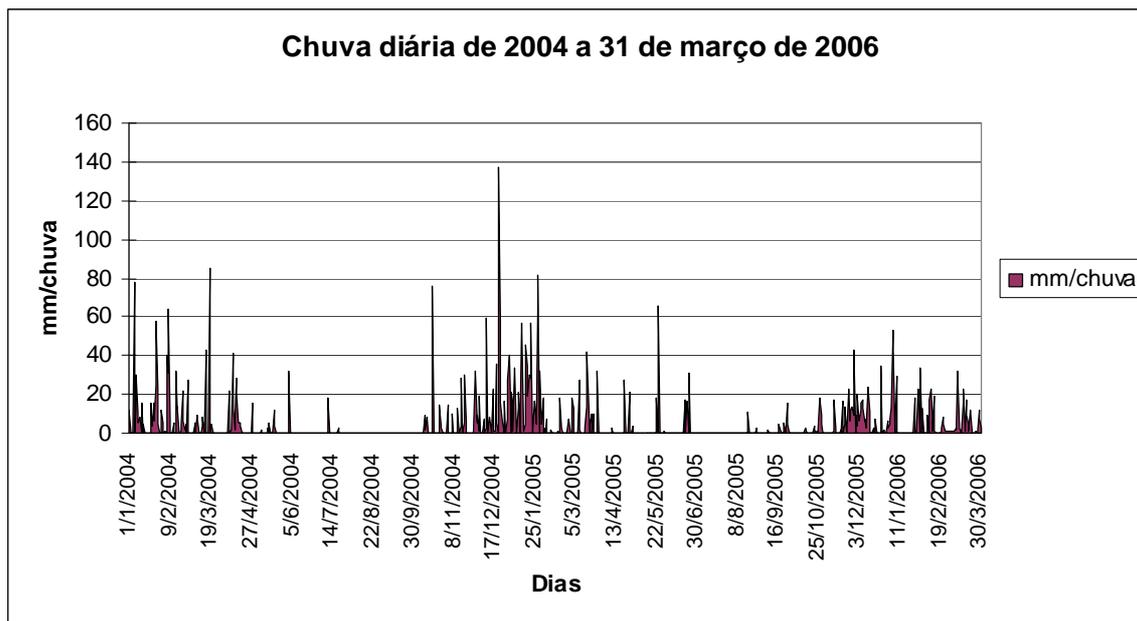


Fig. 3 – Gráfico diário de chuvas durante 821 dias na área de pesquisa.  
Fonte: Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. Organização: ALVES, 2006 – pg. 22

A taxa de infiltração também é integrante do ciclo hidrológico. Diferentes valores de infiltração foram encontrados, o que indica que a ação do processo de infiltração ocorre de forma bem heterogênea nas margens dos canais, contribuindo na formação de escoamentos superficiais e de taxas erosivas com valores também heterogêneos.

A grande flutuação do nível do freático reflete em uma variação dos valores de vazão na voçoroca, que durante a estação úmida aumenta e na seca decresce (Fig. 4). A variação influenciada diretamente pelo escoamento subterrâneo apresentou uma discrepância de 65,53% entre a vazão máxima e a mínima registradas.

Mesmo dentro de um único mês a variação do fluxo subterrâneo provocava discrepâncias muito acentuadas entre os valores de vazão. Estas diferenças se acentuavam ainda mais quando ocorriam precipitações. As chuvas alteravam a curva normal da hidrógrafa, pois eram capazes de fornecer água para o canal principal através do escoamento superficial e subsuperficial formado pelo excedente hídrico nas vertentes mais altas.

Algumas medições de vazão também foram realizadas durante eventos chuvosos. Em um destes casos, houve uma precipitação de 17 milímetros em 45 minutos. Ao decorrer 40 minutos de chuva intensa, a vazão máxima foi alcançada, tendo o valor de  $719 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ . Após 35 minutos deste pico de vazão, o fluxo ainda refletia os efeitos da chuva, apresentando uma vazão de  $280 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ . Isto comprova a grande influência que as chuvas têm sobre a dinâmica hidrológica do canal e, conseqüentemente, sobre o desenvolvimento da erosão.

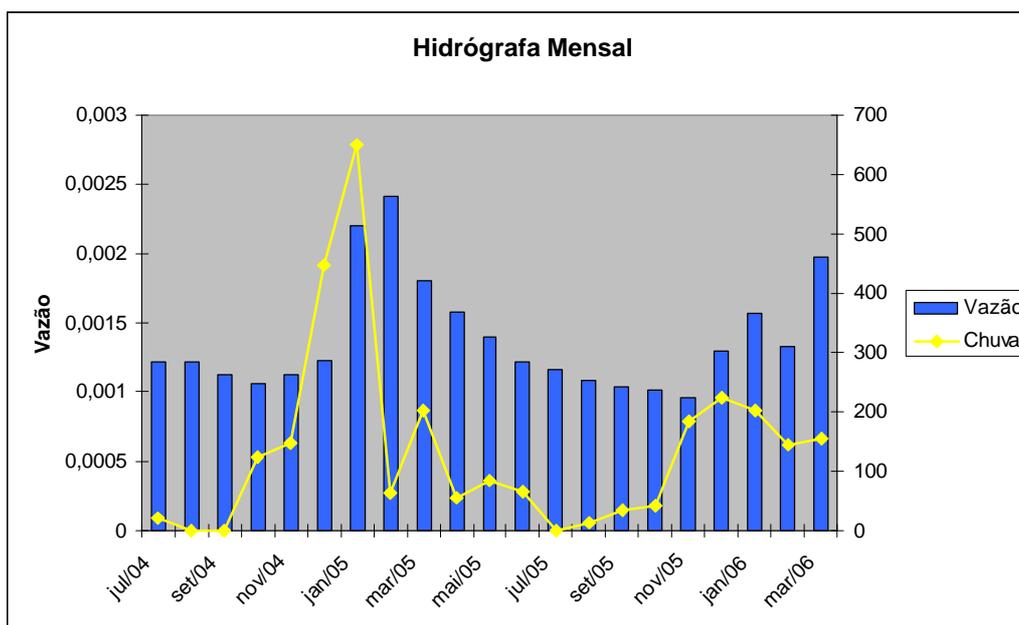


Fig. 4 – Hidrógrafa mensal e chuva no período de realização da pesquisa.

Fonte: ALVES, 2006 - pg. 78

## 5.2 – Dinâmica de sedimentos

No decorrer das coletas de dados, a maioria das amostras foram coletadas em dias sem grandes intervenções ou mesmo sem intervenções no leito da voçoroca. Isto refletia em pequenas mudanças na taxa de transporte do sedimento de fundo. Mas quando havia algum tipo de intervenção, e uma quantidade maior de sedimentos era colocada em predisposição para ser transportada, o valor da taxa de transporte subia de forma exorbitante, principalmente nos instantes iniciais em que ocorriam estas intervenções.

Mas era durante as chuvas que ocorriam os maiores picos de transporte de sedimentos de fundo, o que também ajudou a comprovar que o grande avanço das feições erosivas ocorriam justamente durante estes eventos. Durante o monitoramento de uma dessas chuvas, registrou-se o maior transporte deste sedimento. Esta chuva foi de 17mm, teve duração de 45 minutos e contribuiu para a formação de uma vazão de  $719 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ . Este

fluxo vazante foi capaz de conduzir  $22.811,01\text{g/m}^3$  de sedimentos, o que representou uma variação de 27.266,32% entre os valores registrados antes da chuva e durante o pico de sua ocorrência.

Este tipo de aumento da vazão, ocasionado pelo excedente hídrico das chuvas, possui uma relação extremamente forte sobre a produção e transporte de sedimentos de fundo (Fig. 5a e 5b). Entretanto, aquele aumento ou diminuição de vazão, proporcionado pela flutuação do freático, não possui a mesma influência sobre a produção e o transporte destes sedimentos, de forma que a relação existente entre a variação desta vazão e a variação da quantidade de sedimentos é muito fraca, e ainda com uma leve tendência de ser inversamente proporcional.

A maior parte dos sedimentos de fundo era composta por areias, principalmente por areia grossa e média. No período chuvoso de 2004/2005, houve uma alternância de concentrações, e a quantidade de areia média que mantinha-se como a segunda maior, foi superada pelas areias finas. Isto ocorreu porque durante as chuvas, as partículas mais intemperizadas das camadas superiores do solo eram transportadas para o canal, aumentando o índice de partículas menores no leito. Em contraste com isso, durante a seca as fontes de sedimentos eram basicamente as bordas do canal, que são constituídas por material menos intemperizados e afloramentos de seixos e areias quartzosas, refletindo em uma maior concentração de areia grossa e média. No período chuvoso de 2005/2006 (menos chuvoso que o último), houve uma leve tendência de aumento do transporte das areias finas, entretanto, a quantidade de areia média ainda se manteve superior.

Quanto mais a vazão aumentava, maior era a mudança na composição textural dos sedimentos de fundo. A uma vazão média de  $250 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ , houve uma grande alteração na composição dos sedimentos de fundo. Neste caso, o índice de concentração das diferentes areias se aproximaram uns dos outros. As tendências apresentadas a partir das análises dos dados indicaram que as areias terão índices bem próximos quando a vazão atingir aproximadamente  $700 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ . Estas tendências também indicaram que as taxas de areia grossa seriam superadas pelas taxas de seixos maiores que 3,35mm, quando a vazão atingisse  $470 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ .



Fig. 5a – Vertedouro durante o período seco de 2004.

Fonte: ALVES, 2004 – Trabalho de campo



Fig. 5b – Vertedouro após a primeira chuva do período chuvoso de 2004/2005.

Fonte: ALVES, 2004 – Trabalho de campo

## 6 – Considerações Finais

Ao estudar a voçoroca na Fazenda do Glória, foi constatado que ela encontra-se em pleno desenvolvimento e que este ocorre durante todo o ano, mesmo durante os períodos de seca. Durante a seca, processos de erosão característicos desta época entram em ação, deixando sedimentos em pré-disposição para serem transportados pelo escoamento superficial

do canal principal, que fica ativo durante todo o ano. Neste período há um grande transporte de detritos com dimensões reduzidas, sendo representado pelas partículas que têm dimensões variando entre areia grossa e silte-argila. Mas o grande desenvolvimento da voçoroca ocorre em forma de pulsos durante as chuvas do período úmido. Isto ocorre porque as águas das chuvas formam escoamentos superficiais bastante concentrados, apresentando fluxos com alta força hidráulica e abrasiva, capaz de destacar e transportar uma grande quantidade de sedimentos, inclusive blocos de argila e grandes seixos de quartzo e quartzito.

Para reduzir os impactos ambientais, econômicos e sociais gerados pelos processos erosivos, é necessário investir em planos de manejo das micro-bacias hidrográficas. Estes planos devem ocorrer principalmente nas regiões de canais de primeira e segunda ordem, que conectam-se diretamente aos processos lineares de erosão ou mesmo com o fluxo difuso da erosão laminar proveniente das áreas com intervenções antrópicas, principais fontes de sedimento dos canais fluviais. Com a prevenção e mitigação dos processos erosivos já existentes, o destacamento de sedimentos diminui, diminuindo o transporte e, conseqüentemente, a carga de detritos existentes nos canais fluviais.

### **Agradecimentos**

Agradeço a CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado. Agradeço também a FAPEMIG por dar apoio financeiro para participação neste evento.

### **Referências Bibliográficas**

Baccaro, C. A. D. (1999) Processos erosivos no Domínio do Cerrado. In GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (org). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1 ed. : 195-227.

Christofolletti, A. (1980) Geomorfologia Fluvial. Edgar Blucher. 313p.

Guerra, A. J. T. (1999) O início do processo erosivo. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (org). Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1 ed.: 17-55.

Leopold, L. B. (1995) Channel Form and Process. In LEOPOLD, L. B.; MILLER, J. P. e WOLMAN, M. G. Fluvial process in geomorphology. Dover publications, Nova York, 2 ed.: 151-195.

Poesen, J. (2003) Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena. Amsterdam-Netherlands, V50: 91-133.

Silva, A. M; Schulz, H. E. e Camargo, P. B. (2004) Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. Rima: 138p.

Villela, S. M. e Matos, A. (1977) Hidrologia Aplicada. MC Graw-Hill: 245p.