

O ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA VOÇOROCA A PARTIR DA ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA DE VAZÃO E SEDIMENTOS TRANSPORTADOS

R. R. ALVES¹

¹Universidade Federal de Uberlândia

Av. João Naves de Ávila, 2121 – Campus Santa Mônica, sala 1H18 – 38408-100, Uberlândia (MG) – Tel: (34) 3239-4169, Email: ricardoreisalves@gmail.com

E. A. V. ROCHA²

²Universidade Federal de Uberlândia

Av. João Naves de Ávila, 2121 – Campus Santa Mônica, sala 1H18 – 38408-100, Uberlândia (MG) – Tel: (34) 3239-4169

S. C. RODRIGUES³

³Universidade Federal de Uberlândia

Av. João Naves de Ávila, 2121 – Campus Santa Mônica, sala 1H18 – 38408-100, Uberlândia (MG) – Tel: (34) 3239-4169

RESUMO

Esta pesquisa tem o objetivo geral de estudar como ocorre o desenvolvimento de uma voçoroca no meio rural, levando em consideração a taxa de transporte de sedimento e o comportamento da vazão no curso principal. Para atingir os objetivos foram realizadas atividades técnicas no campo relacionadas com a coleta de dados sobre a dinâmica hidrológica e transporte de sedimento por arraste e suspenso. No intuito de realizar a medição da vazão na região da foz foi construído um vertedouro feito de armação de concreto e metal. Para fazer a medição da vazão era utilizada uma bacia plástica com capacidade de 11 litros. Marcava-se o tempo necessário para que a bacia enchesse e a partir deste valor regras de três foram elaboradas para saber a vazão do canal em litros por segundo. O vertedouro serviu também como local de coleta das amostras de sedimento de fundo. Para isto, um recipiente plástico era colocado na saída das comportas para barrar o fluxo de sedimentos. Posteriormente, cada amostra passava por processos de mensuração de peso e determinação das porcentagens das classes texturais. Já os sedimentos suspensos eram coletados à montante do vertedouro. Para isto, era retirada uma amostra de dois litros de água através do uso de uma seringa farmacêutica. Estas metodologias utilizadas estão baseadas principalmente em autores como Guerra, Christofoletti, Baccaro, Carvalho, Coelho Neto e Villela. A vazão na voçoroca tem sua variação dependente de dois fatores, que é o índice pluviométrico e a taxa de infiltração na área de captação da bacia. Desta forma, a variação da curva da vazão para mais ou para menos ocorre em função da sazonalidade do clima, apresentando uma variação que atingiu o valor de 60% ao comparar a menor e a maior vazão (sem presença de precipitações). Ficou constatado que a voçoroca encontra-se em pleno desenvolvimento, perdendo grandes quantidades de sedimentos por ano. O desenvolvimento da voçoroca ocorre de forma diferenciada no decorrer do ano, tendo maiores taxas de desenvolvimento durante a estação chuvosa, obedecendo uma importante relação existente entre o aumento da vazão sendo diretamente proporcional ao aumento da taxa de transporte de sedimentos. Mesmo dentro da estação chuvosa a dinâmica de desenvolvimento ainda possui muitas diferenciações, sendo que foi comprovado que a voçoroca se desenvolve mais em forma de picos durante as fortes pancadas de chuva, momento que ocorre as maiores vazões e taxas de sedimento suspenso e de fundo.

Palavras chave: voçoroca, sedimento, vazão, infiltração e pluviometria.

INTRODUÇÃO

Durante as décadas de 1960 e 1970 o Brasil estava passando por intenso “surto” desenvolvimentista em que a produção industrial e rural passaram a adquirir cada vez mais o preceito do capitalismo sobre produção em larga escala. A partir das décadas citadas a “fronteira produtiva brasileira” começou a conquistar novas terras no país, avançando primeiramente na direção do Cerrado.

O governo brasileiro fez acordos com outros países para viabilizar a produção agrícola no Cerrado. Foram feitas diversas pesquisas tendo como interesse a produção de grãos em larga escala nas terras do Brasil central que antes eram subjugadas como inférteis. Então fazendas foram instaladas e as máquinas começaram a derrubada do Cerrado para o início do plantio. Um detalhe muito importante não foi muito considerado durante esta ocupação: a possibilidade de geração de impactos ambientais.

Com o aumento da intensidade de ocupação das terras agricultáveis surgiram impactos ambientais como, diminuição da cobertura vegetal nativa, rebaixamento do nível do lençol freático devido a diminuição da infiltração e irrigação mal planejada, a contaminação de canais fluviais por insumos agrícolas, o surgimento de processos erosivos nas mais variadas escalas, assoreamento dos canais fluviais, entre outros. O que se vê hoje nas áreas de Cerrado é uma grande modificação da paisagem ocasionada pela ação antrópica, sendo que nos dias atuais, restam poucas áreas nativas ainda preservadas deste domínio que ocupa uma área equivalente a 22% do território nacional.

Este estudo está fundamentado no desenvolvimento de um processo erosivo, mais precisamente uma voçoroca, que se encaixa perfeitamente como sendo um impacto negativo impulsionado a partir da ocupação mal planejada.

Os processos erosivos ocorrem de forma diferenciada nos diversos domínios ambientais existentes na Terra. Nos domínios tropicais estes processos se dão de forma mais intensa devido à grande concentração de chuvas em um período do ano (GUERRA, 1999). No domínio do Cerrado esta concentração de precipitações se dá de forma intensa, com chuvas concentradas durante aproximadamente 6 meses, o que propicia um alto acúmulo de energia no meio natural, facilitando o início e continuidade dos processos erosivos. BACCARO (in GUERRA, 1999), afirma que a grande concentração de energia liberada pelas chuvas, associada à ocupação Humana pouco ordenada e também a susceptibilidade dos solos ao processo erosivo, faz com que o Cerrado apresente uma grande quantidade desses processos nas mais variadas escalas, desde grandes áreas compactadas pelo efeito “splash” até grandes voçorocas.

A medida que um processo erosivo começa a ocorrer, iniciam também impactos negativos gerados por esses processos ao meio ambiente, a economia e ao Homem. O primeiro impacto negativo causado à paisagem é a perda de solo *in situ*, seja por meio de erosão laminar ou erosão por sulcos, que destaca as partículas do solo e as transportam até sofrerem sedimentação. Este fenômeno de perda de solo provoca um

conseqüente empobrecimento de sua fertilidade, diminuindo a quantidade e a qualidade dos solos disponíveis para as atividades agropastoris.

Uma pesquisa realizada recentemente por BERTONI & LOMBARDI NETO (in SILVA, 2004), foi comprovado que a perda de solos por processos erosivos reflete diretamente na diminuição da produtividade. Os autores afirmaram que na cultura de milho ao haver perda de 5 centímetros de espessura de solo, haverá uma redução de produtividade de 15%; 10 centímetros representam 22% e 30 centímetros representam 75% de queda de produtividade.

Os processos erosivos com maior capacidade de transporte de sedimentos fornecem diariamente uma grande quantidade de sedimentos para os canais fluviais adjacentes, aumentando consideravelmente a carga de sedimentos destes canais. Gera-se então uma corrente de impactos a partir deste momento, os quais podem ser considerados concomitantemente de cunho ambiental, econômico e social.

O aumento da carga de sedimentos dos canais fluviais acaba gerando uma maior taxa de sedimentação nestes canais, o que conseqüentemente aumenta os processos de assoreamento. Assim, a profundidade da calha de vazão dos canais fluviais sofre um acentuado decréscimo, o que compromete a navegabilidade e proporciona o aumento de enchentes (extravasamento) nos fundos de vale. O acréscimo na taxa de sedimentos transportados pelos canais fluviais também provoca o aumento da turbidez da água. Isto faz com que a quantidade de luz que passa pela lamina de água seja diminuída, o que altera o equilíbrio da fauna e flora aquática. ESTEVES (1988), apud SILVA (2004), reforça esta afirmativa “... águas com alta turbidez afetam a entrada de luz na coluna de água. Não havendo entrada de luz cai a taxa de produção primária do ecossistema, afetando toda a cadeia alimentar, inclusive com alterações nos padrões de produção e consumo de gases como oxigênio, gás carbônico, sulfatos, entre outros.

Os processos erosivos também causam impactos nas questões sanitárias e de segurança pública. Do ponto de vista sanitário, há uma questão estritamente relacionada com o aumento da turbidez gerado pelos sedimentos provenientes de processos erosivos, e assim, AZEVEDO NETTO (in SILVA, 2004), afirma que desinfetar águas com baixa turbidez mais com alto índice de coliformes produz águas mais seguras do que desinfetar águas com baixo índice de coliformes e alta turbidez. Sobre as questões de segurança pública, é sabido que principalmente durante o período chuvoso a ativação dos processos erosivos ocasionados pela água pluvial ocorre de forma intensa, e vidas e propriedades ficam expostas ao risco de queda de barreiras, escorregamentos e deslizamentos.

Um outro impacto negativo ocasionado está ligado diretamente ao tempo de vida (tempo de utilização) das hidrelétricas, pois com os processos erosivos, há um aumento da carga de sedimentos nos reservatórios e conseqüentemente há uma diminuição da capacidade de armazenamento de água. Segundo CARVALHO (2000), um estudo realizado pela ONU afirmou que o tempo de vida médio dos reservatórios das hidrelétricas mundiais até a década de 80 era de 100 anos. Hoje este tempo não ultrapassa os 30 anos.

Todos estes impactos gerados pela ocorrência dos processos erosivos faz com que eles despertem interesse para serem estudados, de modo que os impactos possam ser mensurados e compreendidos para que as técnicas de prevenção e recuperação de áreas atingidas por erosão sejam realmente eficazes. Considerando isto, esta pesquisa surgiu com o objetivo geral de estudar como ocorre o desenvolvimento de uma voçoroca no meio rural, levando em consideração a taxa de transporte de sedimento e o comportamento da vazão no curso principal.

ÁREA DE ESTUDO

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). O que foi fator determinante para escolha desta área foi a presença de uma voçoroca que apresentava um alto índice evolutivo, tendo portanto, um potencial de estudo relativamente grande quanto à erosão de solos no meio rural.



Figura. 1 – Localização da área de pesquisa no contexto brasileiro (mapas sem escalas).

(ALVES, Roberto – Setembro de 2003).

Esta voçoroca caracteriza-se por apresentar um canal principal, um secundário e outras diversas ramificações de voçorocas e ravinas conectadas ao canal principal e ao secundário (fig. 2). O canal principal tem aproximadamente 350 metros de extensão, altura máxima de 8 metros e uma largura que varia de 50 metros na região de montante a 1,70 metros na foz. Durante todo o ano existe água no fundo do canal da voçoroca que é proveniente de exudações do lençol freático, o que caracteriza este canal como sendo uma voçoroca úmida. O canal secundário da voçoroca permanece com vazão constante em seu leito aproximadamente 5 meses por ano, caracterizando-o como voçoroca com fluxo de lençol intermitente. As outras voçorocas menores e menos profundas juntamente com as ravinas não apresentam exudação do lençol freático, entrando em funcionamento apenas durante a ocorrência de eventos chuvosos.

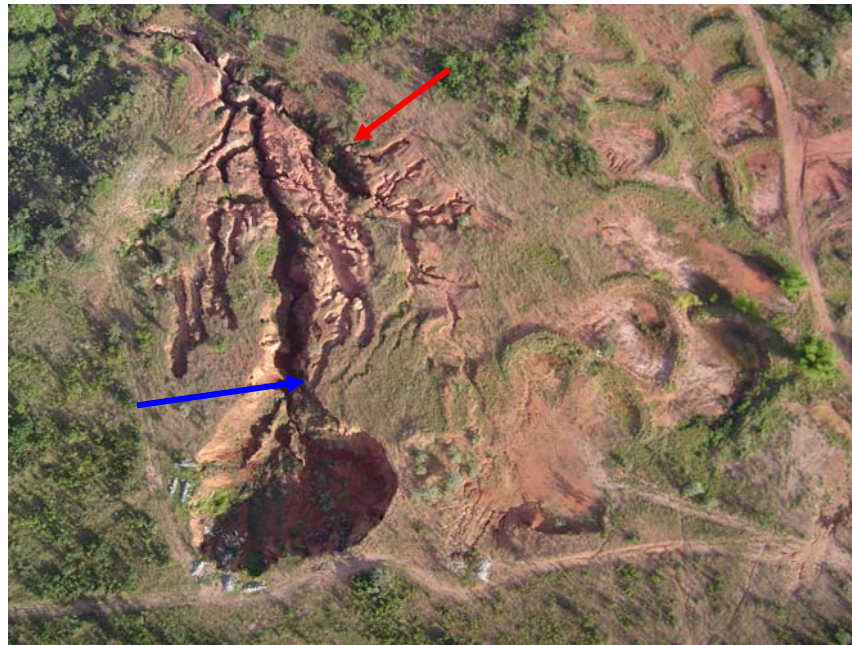


Figura 2 – A seta azul indica o canal principal da voçoroca enquanto que a seta vermelha indica o secundário. Os outros canais existentes na figura representam a malha de voçorocas secas e de ravinas. (ALVES, Ricardo – Junho de 2004).

Ainda a respeito da área de estudo pode-se afirmar que a voçoroca está localizada numa área que apresenta um clima sazonal, apresentando uma estação quente e úmida que se estende de outubro a março e outra mais amena e seca que estende de abril a setembro. É importante destacar também que esta área está localizada em uma região de contato litológico entre os Basaltos da Formação Serra Geral com os Arenitos da Formação Marília, que são rochas com altas diferenças na dureza e permeabilidade, constituindo portanto uma excelente área de exudação de água neste contato litológico.

METODOLOGIA

As atividades técnicas realizadas no campo estão relacionadas com a coleta de dados sobre a dinâmica hidrológica e transporte de sedimento por arraste e suspenso. 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 litros por segundo (L/s). Durante a construção deste vertedouro foi necessário utilizar métodos bem parecidos com aqueles usados na construção de hidrelétricas, como por exemplo, a construção de ensecadeiras e de um canal de desvio. O local da construção deste vertedouro foi escolhido estrategicamente por estar em uma área extremamente entalhada, com pouca largura e apenas a cinco metros da foz da voçoroca.

Para fazer a medição da vazão era utilizada uma bacia plástica com capacidade de 11 litros. Marcava-se o tempo necessário para que a bacia enchesse e a partir deste valor regras de três foram elaboradas para saber a vazão do canal em litros por segundo ou m³/s.

O vertedouro serviu também como local de coleta das amostras de sedimento de fundo. Para isto, um recipiente plástico era colocado na saída das comportas para barrar o fluxo de sedimentos por um período de cinco minutos. Posteriormente, cada amostra era secada a sombra e passava por processos de mensuração de peso e determinação das porcentagens das classes texturais. Já os sedimentos suspensos eram coletados à montante do vertedouro. Para isto, era retirada uma amostra de dois litros de água através do uso de uma seringa farmacêutica, que ajudava a fazer uma pré-seleção dos grãos transportados em suspensão. No laboratório as amostras passavam por uma filtragem em peneira com malha de 0,053mm (limite máximo comum do silte) e em seguida a filtragem final era realizada em filtro de papel. Este processo servia para determinar a quantidade de gramas de sedimentos sendo transportadas por litro de água.

RESULTADOS

A vazão na voçoroca tem sua variação dependente de dois fatores, que é o índice pluviométrico e a taxa de infiltração na área de captação da bacia. Desta forma, a variação da curva da vazão para mais ou para menos ocorre em função da sazonalidade do clima, apresentando uma variação que atingiu o valor de 60% ao comparar a menor e a maior vazão (sem presença de precipitações) (graf.1).



Gráfico 1 – Este gráfico mostra a variação da vazão em função do tempo (ALVES – Abril de 2006).

O fluxo total da vazão da voçoroca sofre influencia direta também da ocorrência ou não de chuvas, da insolação e da alteração da quantidade do fluxo subterrâneo. Foi possível fazer medições deste fluxo antes e durante uma chuva concentrada de 32 mm em 50 minutos. O valor verificado antes da chuva era de $0,00116\text{m}^3/\text{s}$ e durante a chuva o pico da vazão alcançou $0,00719\text{m}^3/\text{s}$, resultando em uma variação de 619,82%.

A influencia direta da insolação ficou constatada quando foi feita um acompanhamento da vazão de hora em hora durante um dia inteiro. No início da manhã o valor da vazão era de $0,0021318\text{m}^3/\text{s}$ e no momento da insolação mais intensa atingiu o patamar de vazão de $0,0019629\text{m}^3/\text{s}$, o que representa uma variação de 8%.

Sabe-se que o fluxo subterrâneo influencia diretamente na vazão pela infiltração de água que ocorre no solo após as chuvas. Porém, este fluxo subterrâneo também pode influenciar na variação da vazão devido ao estabelecimento de caminhos preferenciais para o seu escoamento. A formação litológica local caracteriza-se por apresentar lentes de siltito, arenito e argilito de forma descontínua, as quais apresentam índices de percolação diferente, o que faz com que a água seja direcionada para os locais de percolação mais fácil. Isto proporcionou a ocorrência variável de exudações de água, sendo que algumas destas exudações ficavam ativas por apenas algumas horas, influenciando diretamente na vazão registrada.

A vazão do canal é uma variável importante que influencia no destacamento, transporte e sedimentação dos sedimentos transportados na calha da voçoroca. Para compreender melhor o processo de transporte de sedimentos foi feita uma divisão do material transportado em dois grupos de sedimentos: os sedimentos suspensos e os sedimentos de fundo. Os sedimentos suspensos são aqueles com dimensões reduzidas e que são transportados em fluxo pela lâmina de água. Segundo CHRISTOFOLETTI (1988) a carga de sedimentos em suspensão é representada por partículas de tamanho reduzido, como o silte e a argila que são extremamente leves.

Os fatores que influenciam diretamente no aumento da taxa de transporte deste tipo de sedimento é a ocorrência de chuvas, ventos fortes, interferência no canal por animais e a queda de blocos em períodos secos. O aumento da taxa de sedimento suspenso pode variar de acordo com a duração do fator influente, resultando numa maior ou menor perda de material na região da foz da voçoroca. Entretanto, quando há uma maior generalização a respeito deste tipo de sedimento e são desconsiderados boa parte dos fatores influentes, é possível estabelecer tendências de taxa de transporte de acordo com a sazonalidade climática regional, resultando em um maior transporte durante as chuvas quando ocorre o aumento da vazão (graf. 2).

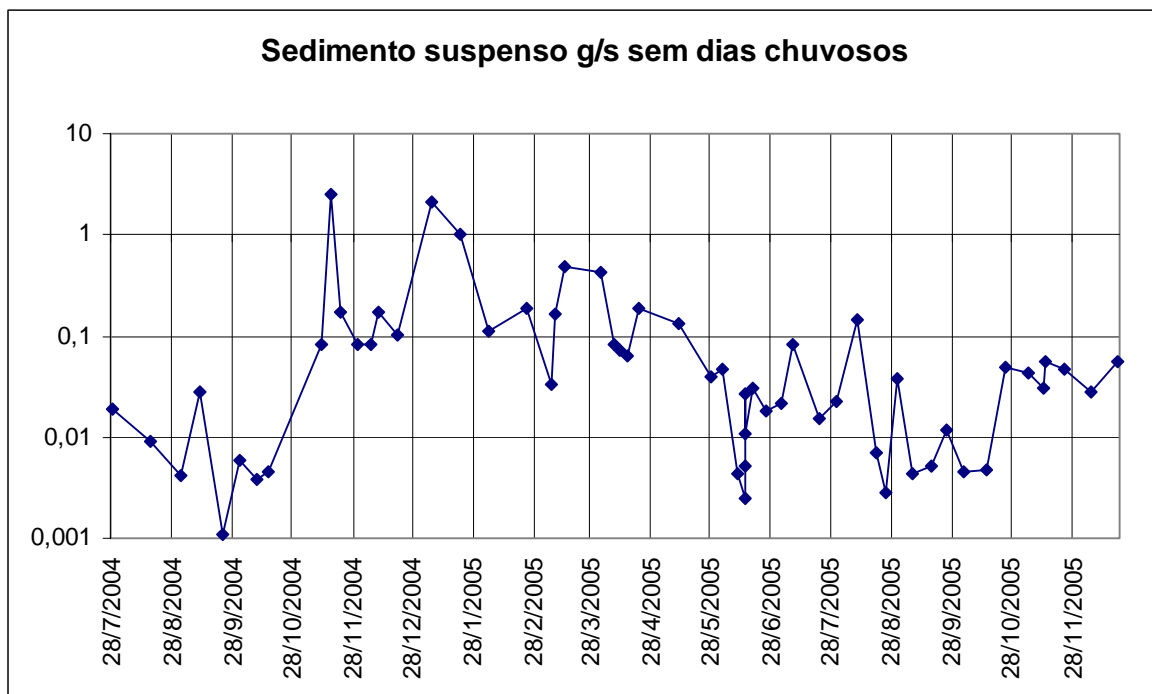


Gráfico 2 – Este gráfico representa a variação da taxa de sedimento suspenso de acordo com a sazonalidade climática (ALVES- Abril de 2006).

Os sedimentos de fundo segundo CHRISTOFOLETTI (1988) são aqueles de textura maior ou igual a argila e que pode variar dependendo da competência de transporte

do canal fluvial. Durante o período de estudo ficou comprovado que o canal da voçoroca conseguiu transportar até mesmo matacões de argila de 3 quilos e com 40cm de diâmetro durante os fortes eventos chuvosos e conseqüente aumento exagerado da vazão no canal. Entretanto a capacidade de transporte ficou restrita aos grãos de areia grossa que representavam em média 50% do material transportado no fundo do canal.

A taxa de transporte deste tipo de sedimento variava principalmente quando ocorria chuvas ou queda de blocos no interior do canal (graf. 3). Isto significa que este transporte ocorria obedecendo uma certa freqüência que era alterada devido a ocorrência de alguma destas variantes. A duração da ação destas variantes era curta, havendo picos de atuação seguidos de rápidas baixas, ou seja, havia um aumento exagerado na taxa de transporte seguido de uma redução mais lenta até que a taxa de transporte se fixasse em seu valor médio para aquela determinada época do ano.

A maior quantidade de sedimentos transportados ocorria durante a atuação das variantes, pois neste momento a taxa de transporte podia alcançar patamares superiores a 80.000% em relação as condições normais de transporte. Este fato leva a afirmar que a grande maioria deste tipo de sedimento era transportada durante a intervenção das variantes, principalmente durante as intensas chuvas.

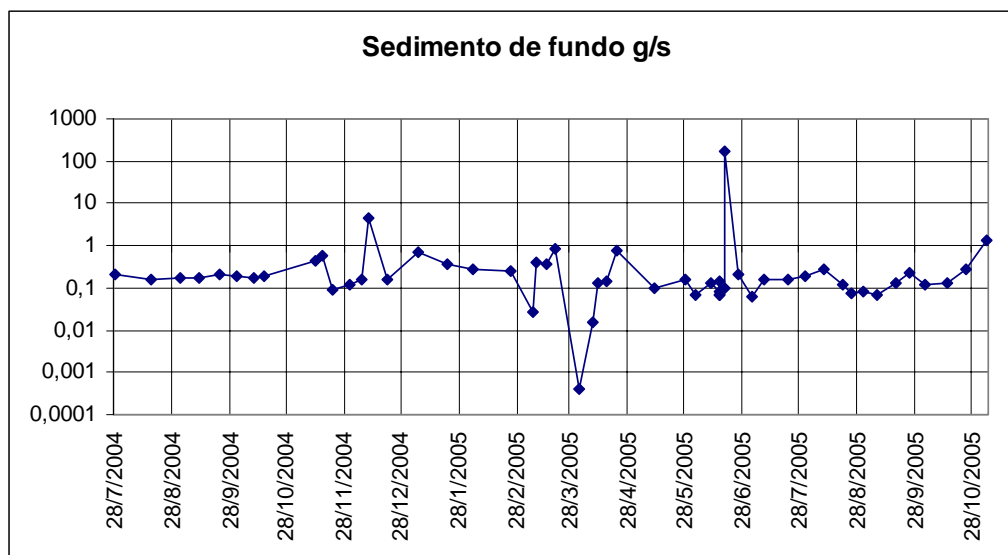


Gráfico 3 – Gráfico representativo da quantidade de sedimento transportado no fundo do canal da voçoroca (ALVES – Abril de 2006).

CONCLUSÕES

Para concluir este trabalho é importante ressaltar a relação direta que existe entre as modificações antrópicas e o aumento da taxa de processos erosivos. Prova disto foi o estudo desenvolvido nesta voçoroca na zona rural do município de Uberlândia,

acompanhando a variação da vazão e das taxas de transporte de sedimento suspenso e de fundo em um ambiente profundamente modificado pelo Homem.

Ao desenvolver este estudo foi constatado que a voçoroca encontra-se em pleno desenvolvimento, perdendo grandes quantidades de sedimentos por ano. O desenvolvimento da voçoroca ocorre de forma diferenciada no decorrer do ano, tendo maiores taxas de desenvolvimento durante a estação chuvosa, obedecendo uma importante relação existente entre o aumento da vazão sendo diretamente proporcional ao aumento da taxa de transporte de sedimentos. Mesmo dentro da estação chuvosa a dinâmica de desenvolvimento ainda possui muitas diferenciações, sendo que foi comprovado que a voçoroca se desenvolve mais em forma de picos durante as fortes pancadas de chuva, momento que ocorre as maiores vazões e taxas de sedimento suspenso e de fundo.

Ficou constatado que apesar da pouca quantidade de energia existente no ambiente durante o período da seca, ainda assim ocorre o desenvolvimento da voçoroca neste período. Isto é verdade devido à erosão por resecamento que ocorre nos taludes laterais da voçoroca, ocasionando a queda de grandes blocos no interior do canal, deixando portanto uma grande quantidade de sedimento preparada para ser transportada.

Este tipo de processo erosivo merece ser tratado com a devida importância porque todos os anos uma voçoroca é capaz de despejar toneladas de sedimentos em canais fluviais das mais variadas ordens. Este fato faz com que diversos impactos ambientais e sócio-econômicos negativos surjam, dependendo uma grande quantidade de gastos públicos na tentativa de mitigar estes impactos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Roberto Reis; REIS, Ricardo Alves; RODRIGUES, Silvio Carlos. **Impactos ambientais de processos erosivos em micro-bacia hidrográfica no município de Uberlândia**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. 2002, São Luis. Anais: São Luis, UFMA. 2002.

CARVALHO, Newton de Oliveira et al. **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**. 1. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2000.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia Fluvial**. V 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1988.

GUERRA, A. J. T et al. (organização). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

NISHIYAMA, Luiz. **Geologia do Município de Uberlândia e Áreas Adjacentes.** Sociedade & Natureza, Uberlândia, 1 (1): 9-16, junho 1989.

REIS, Ricardo Alves; ALVES, Roberto Reis; RODRIGUES, Silvio Carlos. **Processos erosivos ao longo da Bacia Hidrográfica do Córrego Lagoinha.** In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 1., 2002, Uberlândia. Anais Simpósio Regional de Geografia. Uberlândia: UFU, 2002. p. 31. CD ROM.

VILLELA, Swami Marcondes et al. **Hidrologia Aplicada.** V 1. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.