

RICARDO REIS ALVES

**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**

Relatório de Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito para obtenção do Título de Mestre.

Área de concentração: análise, planejamento e gestão ambiental

Orientador: Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues

**Uberlândia/MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**Ricardo Reis Alves****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**

Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues (Instituto de Geografia da UFU)

Prof. Dra. Cleide Rodrigues (Departamento de Geografia da USP)

Prof. Dr. Adriano Rodrigues dos Santos (Instituto de Geografia da UFU)

Data 29/04/07

Resultado: _____

A Deus, a minha família
e aos meus amigos por me
darem todo apoio necessário.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir este trabalho, tenho que agradecer toda a minha família, Dayane, pai, mãe e irmãos que me ajudaram muito na execução desta pesquisa. Agradeço também os técnicos do Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos, que são o Malaquias e a Rosangela. Ambos contribuíram muito para que esta pesquisa pudesse atingir os seus objetivos.

Agradeço profundamente aos meus amigos e colegas que trabalham comigo, pois quando eu precisava de tempo para estudar ou desenvolver alguma outra atividade eram eles que me possibilitavam isso no serviço. Todo aquele tempo de leitura, saídas para aulas e trabalho de campo. Agradeço também a empresa na qual trabalho. Lembro dos nomes do Adriano, do Moacir e do Gleides, que me ajudaram a fazer os dispositivos de coleta de dados.

O orientador desta pesquisa deve ser profundamente agradecido por mim, pois além de me orientar na pesquisa também me orientou para a vida. Passou por diversos problemas particulares e superou-os com grande destreza, conseguindo separar os problemas particulares das atividades profissionais.

Agradeço principalmente a Deus que apesar de todas as adversidades que ocorreram durante a realização deste trabalho, me deu força e saúde para que eu pudesse reagir e concluir este trabalho.

Muito obrigado a todos.....

“ Há, ainda, de um agente geológico notável – o Homem.
Este, de fato, não raro reage brutalmente
sobre a terra e entre nós, nomeadamente,
assumiu, em todo o decorrer da história,
o papel de um terrível fazedor de desertos.”
(Como se faz um deserto, Os sertões, Euclides da Cunha)

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

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

A área de estudo está localizada no município de Uberlândia – MG, em uma das fazendas experimentais da Universidade Federal de Uberlândia, que é conhecida como Fazenda Experimental do Glória. A voçoroca pesquisada encontra-se em uma região de contato entre Arenitos da Formação Marília e Basaltos da Formação Serra Geral. Neste local o Homem já fez inúmeras intervenções na paisagem, modificando as suas condições naturais.

Este estudo consiste no monitoramento da atividade de uma voçoroca, 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. Também eram tiradas diversas fotografias da ocorrência dos processos estudados, as quais também eram analisadas com mais afinco no laboratório.

O objetivo deste estudo era 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, mais sim a toda macro-bacia que a voçoroca está inserida.

**MONITORING OF THE EROSIVE PROCESS AND OF THE
HYDROLOGICAL AND SEDIMENTS DYNAMICS: A CASE STUDY AT
GLÓRIA FARM IN FIELD ZONE OF UBERLÂNDIA - MG**

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

The study area is located in Uberlândia – MG, in one of the experimental farms of the Federal University of Uberlândia, which is known as Glória Experimental Farm. The gully researched is located in a region of contact between Sand Stones and Basalts. In this place, the Humankind made a lot of interventions in the natural forms, and the most part of the vegetation was put down and the soil started to be used for agriculture and other Human uses.

This study consists in to monitoring a gully activity, considering the erosive process engaged, the hydrological dynamics and the

1 – INTRODUÇÃO

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 aparentemente apresentava um rápido crescimento, portanto, um potencial de estudo relativamente grande quanto à erosão de solos no meio rural.

Esta voçoroca apresenta um canal principal, um secundário e outros diversos canais conectados ao principal e ao secundário. 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 70 centímetros na foz. Durante todo o ano existe água no fundo do canal da voçoroca que é proveniente de exudações do lençol freático. O canal secundário permanece com vazão constante em seu leito aproximadamente 5 meses por ano, caracterizando-o como voçoroca com fluxo de lençol intermitente. As ramificações



Fig. 1 – Localização da área de pesquisa no contexto brasileiro (mapas sem escalas). (ALVES, Roberto – Setembro de 2003).

menores e menos profundas juntamente com as ravinas não apresentam exudação do lençol freático, entrando em funcionamento apenas durante os eventos chuvosos (Fig. 2).



Fig. 2 – A seta azul indica o canal principal da voçoroca enquanto que a seta vermelha indica o secundário.

(ALVES – Junho de 2004).

A voçoroca em questão, localiza-se em uma área de contato geológico entre os Arenitos da Formação Marília e os Basaltos da Formação Serra Geral. A cobertura vegetal local foi quase que completamente retirada para dar lugar às pastagens e formação de áreas de empréstimo de solo, de onde é retirado cascalho. En

outros. Todos os processos observados são indicativos de que a voçoroca encontra-se em pleno processo de crescimento.

O constante crescimento desta voçoroca também pode ser evidenciado quando a dinâmica hidrológica e a dinâmica de transporte de sedimentos no canal principal é estudada. A dinâmica hidrológica envolve obter conhecimento a respeito da pluviometria, das taxas de infiltração e da vazão do escoamento concentrado no canal. Ao obter estas informações, torna-se possível fazer relações entre os dados da dinâmica hidrológica. Já a dinâmica de sedimentos, está relacionada com a obtenção de dados sobre o transporte de sedimentos na região da foz da voçoroca. Enfim, após toda a coleta de dados, foi possível medir o grau de relação entre a dinâmica hidrológica e a dinâmica de sedimentos.

2 – JUSTIFICATIVA

2.1 – O avanço da fronteira agrícola sobre os Cerrados

Durante as décadas de 1960 e 1970 o Brasil estava passando por um 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 que interessa aqui é fazer um breve comentário sobre o avanço das fronteiras produtivas, mais precisamente da fronteira agrícola e quais foram (ainda são) os impactos negativos gerados por ela no Bioma 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 consideradas como inférteis. Fazendas foram criadas e as máquinas começaram a derrubada da vegetação para o início do plantio. Um detalhe muito importante não foi muito considerado durante esta ocupação: a possibilidade de geração de impactos ambientais negativos.

Com o aumento da intensidade de ocupação das terras agricultáveis surgiram impactos ambientais negativos, como por exemplo, 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 e dejetos urbanos, 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 Bioma, que ocupa uma área equivalente a 23% do território nacional (IBAMA, 2006).

2.2 – A ocorrência dos processos erosivos

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 uma alta concentração de energia no meio natural, facilitando o início e continuidade dos processos erosivos. Baccaro (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 vastas áreas compactadas pelo efeito “splash” até grandes voçorocas.

2.3 – Impactos ambientais, econômicos e sociais negativos gerados pelos processos erosivos

A medida que um processo erosivo começa a ocorrer, iniciam-se também impactos negativos ao meio ambiente, a economia e ao Homem. O primeiro impacto negativo

na_04_id_ay_77C_9C763797_ham_98GjCm(274946)2_x_93jG_s(4934H7_0d(9_573_y_CU(629)h3)Cm(279_9_kjã2(407

centímetros representam 75% de queda de produtividade (pesquisa realizada em diferentes culturas e solos no Estado de São Paulo).

Os processos erosivos com maior capacidade de transporte de sedimentos fornecem diariamente uma grande quantidade deste material para os canais fluviais adjacentes, aumentando consideravelmente a carga sólida 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 em seus leitos, aumentando os processos de assoreamento. Assim, a profundidade da calha de vazão dos canais fluviais sofre um acentuado decréscimo, e a sua navegabilidade fica comprometida e, além disso, há aumento de enchentes, pois os leitos não suportam mais o volume de água. O acréscimo na taxa de sedimentos transportados por estes 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, alterando assim, o equilíbrio da fauna e flora aquática.

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 (Esteves, 1988) (apud Silva, 2004).

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 Neto (1991) (apud 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 dos movimentos de grandes massas de solo.

Um outro impacto negativo, está ligado diretamente ao tempo de vida (tempo de utilização) das hidrelétricas, pois com os processos erosivos, aumenta-se a 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, e são gastos 6 bilhões de dólares por ano no mundo para dragar o material depositado.

Esta grande quantidade de impactos negativos, incluindo as esferas econômica, social e ambiental, faz com que os processos erosivos sejam estudados. E estes estudos vêm aumentando cada vez mais, e não puramente como estudos relacionados quase que estritamente à Geografia Física, mais sim fazendo uma relação entre esta Geografia Física e a Humana. O tipo de estudo apresentado nesta obra é um dos exemplos que contempla esta relação estrita entre as esferas da Humana e Física, pois através dos dados coletados e analisados, espera-se conseguir informações suficientes para mostrar o quanto esta voçoroca pode ser prejudicial. Além disso, as medições e análises feitas poderão auxiliar numa posterior aplicação de técnicas de recuperação ou mitigação da voçoroca.

3 – OBJETIVOS

3.1 – Objetivo geral

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

3.2 – Objetivos específicos

- Investigar e caracterizar os processos envolvidos diretamente na evolução da voçoroca e dar destaque ao seu poder de avanço;
- Verificar se existem relações entre produção de sedimentos e dinâmica hidrológica;
- Analisar a dinâmica hidrológica do canal dando ênfase ao comportamento da vazão, à infiltração de água no solo e à pluviometria;
- Caracterizar a variação quantitativa da taxa de transporte de sedimentos de fundo e da sua granulometria, considerando os sedimentos que passam pela região da foz;

4 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO METODOLÓGICA

Os objetivos propostos nesta pesquisa, que está relacionada com o desenvolvimento de uma voçoroca a partir do estudo dos processos envolvidos na sua formação, do comportamento hidrológico local e do transporte de sedimentos, faz necessário uma boa base teórico-metodológica no que diz respeito á formação dos processos erosivos, hidrologia, transporte de sedimentos, de sedimentação e os impactos ambientais, sociais e econômicos gerados pela erosão.

4.1 – Os processos erosivos

Alguns conceitos fundamentais devem ser compreendidos por pesquisadores que trabalham com a temática da erosão. Entre os conceitos, deve haver o de erosão de solos, da diferenciação entre erosão por salpicamento (ou efeito “splash”), ravinas e voçorocas, entre outros tipos de erosão.

Zachar (1982) (apud Silva, 2004), afirma que o termo erosão se originou do latim, precisamente do verbo “erodere”, que significa escavar. Autores como Guerra, Baccaro e Silva definem erosão como um processo de perda de solo da crosta terrestre, 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 ocorrerem 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.

Guerra (1999) e Silva (2004), definem bem os conceitos relacionados à erosão. Eles consideram que o salpicamento é o primeiro estágio de um processo erosivo superficial. O salpicamento é causado pela incidência direta da água da chuva sobre o solo, causando a selagem superficial e o destacamento de partículas do solo que ficam em predisposição para

serem transportadas e sedimentadas em outras regiões. No momento em que cada gota de chuva incide sobre a superfície do solo ela provoca o efeito “splash”, ou erosão por salpicamento, dando início ao processo erosivo. Segundo Guerra (1999):

...o efeito “splash” é o estágio inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõe o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial. Esta preparação se dá tanto pela ruptura dos agregados, quebrando-os em tamanhos menores, como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas do solo. Além disso, os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, provocando a selagem do solo, e uma conseqüente queda na capacidade de infiltração de água no solo e o aumento do escoamento superficial...

A ação do “splash” é acentuada ainda mais quando o Homem faz algum tipo de intervenção na paisagem, retirando a cobertura vegetal natural.

Na seqüência, havendo uma continuidade da chuva, começam a formar poças de acumulação de água. Guerra (1999), afirma que:

... a formação de poças na superfície do solo é o estágio que antecede a formação do escoamento superficial. Para que sejam formadas, é preciso que haja condições ideais para que a água se concentre nas irregularidades do solo, o que depende diretamente do tipo de solo, capacidade de infiltração e uso do solo.

Quando estas poças transbordam e se unem, passam a formar o escoamento superficial difuso. A erosão por fluxo laminar, segundo Guerra (1999), é o processo erosivo que se inicia quando as poças têm o seu limite de rompimento extrapolado, de modo que elas se unem e passam a escoar em lençol. Este escoamento transporta as partículas de solo destacadas durante a ação do efeito “splash”. Além disso, durante a sua ocorrência, ele é capaz de destacar mais partículas do solo e transportá-las para locais de sedimentação. Quando o fluxo laminar sofre canalização, seja em um sulco, ravina ou voçoroca, forma o

escoamento linear concentrado, que contribui para a formação e avanço dos processos erosivos lineares.

Oliveira (1999), afirma que os sulcos são as primeiras marcas visíveis deixadas no solo pelo escoamento superficial concentrado, sendo representadas por pequenos canais. Se o escoamento concentrado continuar no interior destes pequenos canais, eles evoluirão, dando origem a canais maiores, denominados de ravinas. Ao evoluir ainda mais, estes canais podem admitir dimensões de vários metros de profundidade, largura e extensão, e passam a ser denominados de voçorocas. Na região dos Cerrados, as voçorocas geralmente se caracterizam por apresentar um canal principal central de maiores dimensões e uma rede de ravinas e voçorocas menores conectadas ao canal principal. Além das voçorocas diferenciarem-se entre si pelas dimensões de ocorrência, elas se diferenciam também pelo afloramento ou não do lençol freático na base do canal.

A erosão ocasionada pelos fluxos lineares pode dar origem a diversas feições erosivas. Uma destas feições é a erosão por queda de água. Segundo Oliveira (1999), esta erosão se origina a partir da água do escoamento superficial que desemboca no interior de incisões erosivas. Este tipo de erosão possui muita energia e pode ser considerado um dos maiores responsáveis pela ocorrência do rápido desenvolvimento remontante dos canais na direção do topo das áreas de contribuição.

Os fluxos lineares possibilitam a formação das alcovas de regressão, das marmitas ou panelas, dos filetes subverticais e dos escamamentos. As alcovas de regressão são excelentes indicativos da ocorrência da erosão remontante. Isto se dá porque a presença de água dentro do canal durante as chuvas, proporciona a formação desta feição erosiva, que na prática, nada mais é do que negatividades do solo, ou seja, locais em que a camada inferior do solo foi retirada, deixando as camadas superiores sem sustentação. Neste caso, a camada inferior foi retirada nos momentos em que a força da queda de água diminuiu, de forma que a

água passou a escoar pela parede do canal, erodindo-a para dentro. Para Oliveira (1999), “*as alcovas de regressão podem ser esculpidas tanto pelo escoamento superficial na forma de filetes subverticais, quanto pela exfiltração do lençol freático, ou ainda pela combinação destes dois mecanismos*”.

As marmitas ou panelas se formam na base dos taludes. O que caracteriza este processo é a formação de depressões em locais onde o fluxo tende a formar vórtices, que destacam o solo com facilidade e contribui para uma erosão mais acentuada naquele ponto. Na área de pesquisa, as marmitas são encontradas principalmente nas bases das quedas de água ou próximo a elas. Entretanto, estas formações podem ser observadas em outros pontos dos canais das ravinas e voçorocas, sendo formadas por vórtices no fluxo de água que tiveram origem por algum outro evento.

Os filetes subverticais e os escamamentos são processos indicativos de que as partículas de solo foram destacadas de um local e estão sendo transportadas para outro. Estes processos se formam nas paredes da voçoroca no momento em que uma pequena quantidade de água carregada de partículas de solo escorre por estas paredes, deixando os pequenos pedaços de solo precipitados, evidenciando o transporte pela ação da água.

Ao analisar as obras dos autores que trabalham com a temática de erosão linear, percebe-se que não existe uma padronização para ser seguida quanto ao uso dos termos ravina e voçoroca. Oygarden (2003) (apud Alves, 2005), afirma que “*as ravinas iniciam-se por pequenos sulcos com formatos em V, enquanto que as voçorocas têm as margens íngremes ou abruptas e com formato em U*”. Para Torri & Borselli (2003) (apud Alves, 2005), uma incisão linear é considerada voçoroca quando a sua secção transversal for maior do que as secções transversais dos outros canais das proximidades, que no caso, são consideradas ravinas e sulcos. Existem outros autores que usam padrão de dimensões, como por exemplo, área e

profundidade para diferenciarem ravinas de voçorocas. Este último é o conceito mais comumente usado, que foi inclusive adotado nesta obra.

Autores como, Baccaro, Guerra (1999), em “Erosão e Conservação dos Solos”, retratam bem as fases de um processo erosivo e também indicam quais são os fatores que proporcionam o surgimento deste tipo de processo, e quais fatores podem ocasionar a aceleração de uma erosão. Para elucidar a importância de conhecer todas as fases de um processo erosivo na tentativa de mitigar este problema, Guerra (1999) afirma que:

O início do processo erosivo se reveste de grande importância, porque para evitar a erosão é preciso que se conheça a dinâmica erosiva, desde os seus primórdios, ou seja, a partir do momento em que as gotas de chuva começam a bater nos solos.

Silva (2004), também retrata a importância dos fatores atuantes no processo erosivo. Para ele, estes processos podem ser influenciados pelos diferentes tipos de solos, natureza geológica da rocha, clima, relevo e a cobertura do solo. O autor também mostra informações relevantes sobre os tipos de processos erosivos e da influência da erosão sobre os aspectos ambientais, econômicos e sociais.

4.2 – Dinâmica hidrológica

O ciclo hidrológico envolve a movimentação da água no meio físico. Segundo a Secretaria Estadual de Meio Ambiente de São Paulo (2006), afirma-se que “...dentro do ciclo hidrológico a água pode estar no estado gasoso, líquido ou sólido, distribuindo-se tanto na sub-superfície e superfície da Terra como na atmosfera. A água encontra-se em constante circulação, passando de um meio a outro ou de um estado físico a outro...” (Fig. 3).

Há uma série de processos que permitem a circulação da água na Terra, que são a evaporação, transpiração, precipitação (chuva, neve ou granizo), escoamento superficial, infiltração e escoamento subterrâneo. Os meios de circulação da água que serão utilizados no

desenvolvimento deste trabalho será a precipitação, a infiltração e uma junção entre o escoamento superficial e o subterrâneo. Estes meios de circulação serão utilizados por estarem relacionados diretamente ao processo de produção e transporte de sedimentos nos processos erosivos.

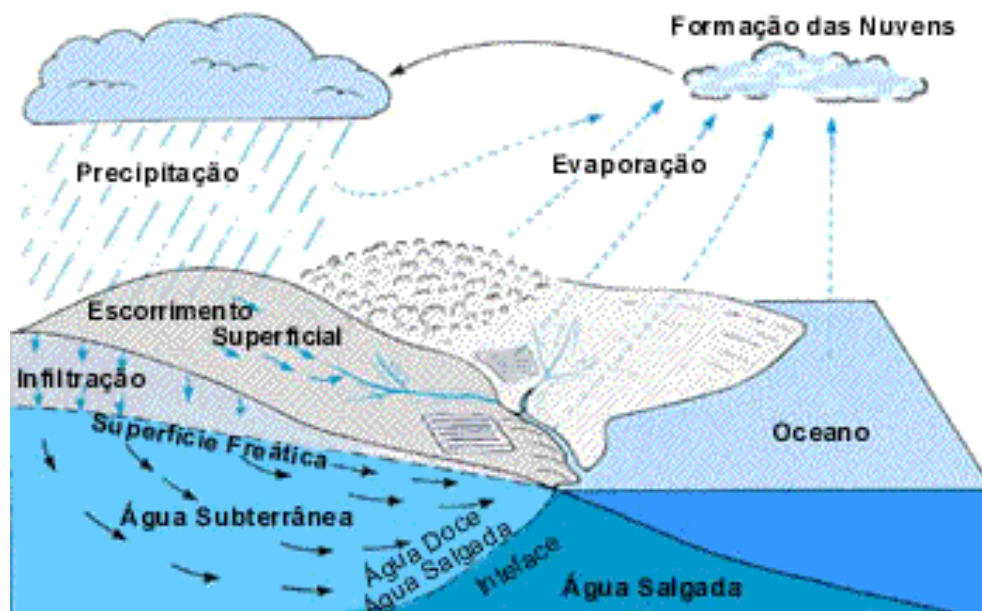


Fig. 3 – Esquema representativo do ciclo hidrológico (Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo – Junho de 2006).

Baccaro (1999) destaca bem a importância do ciclo hidrológico para a ocorrência dos processos erosivos. Para ela, um determinado ano no Cerrado pode ser mais erosivo do que outro, dependendo da distribuição das chuvas. Se ocorrerem chuvas nos meses de agosto a outubro que propiciem o re-brotamento da vegetação do Cerrado, o solo estará mais protegido contra os processos erosivos desencadeados pelas chuvas torrenciais de novembro a janeiro. Se estas chuvas iniciais que são de baixa intensidade não ocorrerem, quando as chuvas chegarem de forma mais intensa encontrarão o solo com pouca cobertura vegetal, aumentando consideravelmente a taxa de erosão.

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).

A infiltração de água no solo é um dos processos que permite a circulação da água pela Terra. Brandão *et al.* (2003), relata que “...a infiltração é o processo pelo qual a água atravessa a superfície do solo. O entendimento deste processo é muito importante, pois a taxa de infiltração de água no solo é um dos fatores que influencia mais o escoamento superficial, sendo responsável por processos indesejáveis, como a erosão...”.

O solo possui características diferentes que influenciam no processo de infiltração. Segundo Brandão *et al.* (2003), a textura e a estrutura influenciam diretamente na infiltração, porque determinam a forma, quantidade e continuidade dos poros do solo. Os solos que possuem predominantemente a areia grossa em sua formação, terão uma condutividade hidráulica e uma infiltração melhor do que aqueles que têm uma predominância de partículas finas como o silte e a argila. Aqueles solos que possuem estruturas verticais têm uma maior capacidade de infiltração, em comparação com aqueles que têm estruturas predominantemente horizontais. Em algumas situações, a estrutura do solo pode exercer mais influência do que a textura sobre a taxa de infiltração de água.

A presença ou não de cobertura vegetal também influencia na ocorrência da infiltração. Quando há a cobertura natural do Cerrado, mesmo em locais de cerrado *stricto sensu*, ocorre a formação de uma serrapilheira que protege a camada superior do solo. A presença da vegetação também permite a formação de uma maior quantidade de macroporos no solo. Assim, quando a água da chuva incide sobre esta vegetação, além da energia cinética das gotas serem dissipadas pelas folhas das árvores e arbustos e não incidirem diretamente sobre a superfície terrestre, ela terá que atravessar a camada de matéria orgânica formada

sobre o solo. Isto faz com que o solo receba a água de maneira lenta, permitindo uma maior infiltração e queda na formação do escoamento superficial.

O tipo de uso do solo também tem influência sobre a infiltração. Terras onde há criação de gado ou um intenso trabalho de máquinas agrícolas sofrem uma grande compactação, o que sela os poros do solo e diminui ou até mesmo impede a passagem da água. Quando o solo fica descoberto, o impacto direto das gotas da chuva proporciona a formação do efeito “splash” (erosão por salpicamento), que desagrega partículas do solo e também executa a sua selagem.

A taxa de infiltração de água no solo contribui diretamente na formação e aceleração dos processos erosivos. A infiltração sofre influência de diversos fatores, como as características do solo, tipo de cobertura do solo, tipo de preparo e manejo do solo e o encrostamento superficial (Brandão et al, 2003). Se a infiltração ocorrer mais rapidamente, haverá uma menor quantidade de água na superfície do solo para formar o escoamento superficial, diminuindo o número de eventos erosivos ocasionados por estes escoamentos.

O escoamento superficial é um dos meios que proporciona a circulação da água no ciclo hidrológico, podendo ocorrer pelo escoamento do excedente hídrico gerado durante as chuvas nas vertentes e pelo escoamento em canais. Para Villela e Matos (1977), “... o escoamento superficial abrange desde o excesso de precipitação que ocorre logo após uma chuva intensa e se desloca livremente pela superfície do terreno, até o escoamento de um rio, que pode ser alimentado tanto pelo excesso de precipitação como pelas águas subterrâneas”. Christofolletti (1980), afirma que “o escoamento fluvial faz parte integrante do ciclo hidrológico e a sua alimentação se processa através das águas superficiais e das subterrâneas”.

A ocorrência do escoamento superficial é influenciada por diferentes fatores, como o clima, o tipo de solo, rocha, relevo, cobertura vegetal e uso do solo. Uma região que

apresente clima mais úmido com chuvas intensas, solos com predominância de partículas finas e estruturas horizontais, rocha matriz impermeável e/ou próximo à superfície, relevo dissecado que apresente altas declividades, deficiência na cobertura vegetal e uso do solo intensificado pelas ocupações urbanas e rurais, terá a formação de um escoamento superficial de forma mais ligeira e intensa durante uma chuva nas vertentes, se comparado com regiões que apresente características opostas àquelas citadas.

Villela e Matos (1977), tratam de questões referentes à variação da vazão de água em um canal. Segundo eles, as variações que ocorrem na vazão são influenciadas por fatores geológicos, pluviométricos, umidade do solo, temperatura, topografia, tipo de vegetação e forma da bacia. Sendo assim, um estudo físico geral da bacia hidrográfica estudada é essencial para entender a variação da vazão ao longo do tempo.

Sobre a influência das chuvas na vazão de um canal, Villela e Matos (1977), afirmam que:

... iniciada a precipitação, parte é interceptada pela vegetação e obstáculos e retida nas depressões até preenchê-las completamente, parte se infiltra no solo suprindo a sua deficiência de umidade. Uma vez excedida a capacidade de infiltração, inicia-se o escoamento superficial direto. A vazão então aumenta até atingir um máximo, quando toda a bacia estiver contribuindo. Terminada a precipitação, o escoamento superficial prossegue durante certo tempo e a curva de vazão vai diminuindo e retorna ao seu valor normal.

A vazão é um tipo de grandeza que caracteriza o escoamento superficial, juntamente com o coeficiente de escoamento superficial, tempo de concentração, tempo de recorrência e o nível de água (Villela & Matos, 1977). A quantidade da vazão de um canal é um fator essencial para a determinação da dinâmica de sedimentos que ocorre no seu interior, o que torna estas considerações extremamente úteis para o entendimento do transporte de sedimentos. Christofolletti (1980) faz uma associação entre a vazão de um canal e sua

capacidade de transporte de sedimentos, tratando inclusive do processo de migração de canais fluviais que ocorre principalmente devido à dinâmica de sedimentos no interior do canal.

4.3 – Transporte de sedimentos

Christofoletti (1980), trabalha nesta obra com o transporte de sedimentos em canais com presença de escoamento superficial, o que pode ser aplicado também ao tipo de canal da voçoroca que foi pesquisada. Ele afirma que:

...a carga detrítica nos cursos de água é uma mistura de partículas de várias espécies, tamanhos e formas... a sedimentação em fluxos de água inclui os processos de remoção, transporte e deposição das partículas do regolito, envolvendo toda dinâmica da bacia de drenagem... os canais fluviais possuem três tipos de cargas distintas, que são, a dissolvida, a dos sedimentos em suspensão e a do leito do canal.

A carga do leito do canal é composta por partículas de granulometria maior, como areias, cascalhos e matacões, os quais são transportados 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 devido ao fato de estas partículas poderem se deslocar de forma intermitente (Christofoletti, 1980). A quantidade e o tamanho do material transportado no fundo do canal depende da sua capacidade e competência. Christofoletti (1980), define capacidade de transporte como sendo *“a maior quantidade de detritos de determinado tamanho que o fluxo do canal consegue transportar, enquanto que o maior diâmetro encontrado entre os detritos é referente à sua competência”*.

Já a carga em suspensão, é representada por partículas de granulometria reduzida, como por exemplo, silte e argila, as quais são tão pequenas que se conservam em suspensão no fluxo de água, tendo uma velocidade superior a das partículas do material de leito (Christofoletti, 1980). As partículas dissolvidas são os elementos ou compostos químicos que se encontram homoganeamente dissolvidos na água, como por exemplo, o cloro e o sódio.

Este tipo de sedimento possui velocidade ainda maior do que aquela apresentada pelos sedimentos suspensos.

O transporte realizado pelos canais fluviais, contribui para a formação de processos de assoreamentos, os quais ocorrem nas mais variadas escalas. Carvalho (2000), trabalhou com questões relativas ao assoreamento que ocorrem nos reservatórios de usinas hidroelétricas, chegando a conclusão de que os reservatórios brasileiros perdem em média 0,5% da sua capacidade de armazenamento de água por ano devido ao assoreamento. Ainda neste trabalho, ele faz a associação mostrando a importância que os processos erosivos têm no que diz respeito aos assoreamentos e, por fim, mostra diversas metodologias para coleta de sedimentos de leito e suspenso e também metodologias que dizem respeito a determinação da vazão de água de um canal fluvial.

5 – METODOLOGIA DE PESQUISA

5.1 – Procedimentos técnicos operacionais

As pesquisas envolvendo o estudo de algum fator da dinâmica ambiental quase sempre estão relacionadas com uma grande quantidade de procedimentos técnicos. No caso desta pesquisa, foi necessário utilizar técnicas que envolviam atividades no campo, as atividades de laboratório, de geoprocessamento e de geoestatística.

5.1.1 – Atividades técnicas no campo

As atividades técnicas realizadas no campo estão relacionadas com a coleta de dados sobre a dinâmica hidrológica, transporte de sedimento por arraste, levantamento de toposequência e a caracterização dos diferentes processos erosivos que influenciam no desenvolvimento do canal principal. A necessidade de utilização destas atividades foi definida após um estudo preliminar na região da voçoroca em março de 2004.

O intervalo de tempo entre uma medição e outra dependia diretamente da disponibilidade de transporte para ir até o campo, o que ao longo da pesquisa foi um fator limitante, fazendo com que o intervalo entre medições variasse. Apesar das dificuldades, procurava-se realizar os trabalhos de campo com uma diferença aproximada de quinze dias.

O único determinismo em relação a uma escala temporal ocorreu durante o acompanhamento do comportamento da voçoroca no decorrer de um dia. Nesta oportunidade foram coletadas amostras a cada hora, para ajudar a explicar o quanto a voçoroca pode ter o seu comportamento alterado em um curto espaço de tempo.

5.1.1.1 – Dinâmica hidrológica

Para trabalhar com a dinâmica hidrológica foram determinados três tipos de atividades, que eram: 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 . 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 (Fig.4).

As dimensões deste vertedouro foram determinadas a partir de observações preliminares da vazão constante no canal e a possível variação durante os fortes eventos chuvosos. A partir disso, a construção foi feita tendo 100 centímetros de comprimento, 70 centímetros de altura e 40 centímetros de largura, tendo ainda quatro comportas com 15 centímetros de diâmetro cada, e uma quinta comporta na parte central com 10 centímetros de diâmetro (Fig. 5).

Após a construção e adaptação do experimento para medição de vazão a metodologia de amostragem foi enfim definida. Para coletar as amostras de vazão foi necessário utilizar um recipiente plástico (bacia) grande o suficiente para recolher todo o escoamento e um cronômetro digital, sendo que a bacia era colocada na saída das comportas e o tempo total de enchimento era então mensurado (Fig.6). Em cada momento de medição eram coletadas 10 amostras da vazão a cada 5 minutos, cujos dados eram utilizados para diminuir as probabilidades de erros e diminuir também as tolerâncias.



Fig. 4 – A área destacada pelo círculo vermelho representa onde foi construído o vertedouro para medição de vazão (ALVES – Abril de 2004).



Fig. 5 – Esta figura ilustra o vertedouro de medição de vazão em sua fase final de construção. A seta azul indica onde era o canal de desvio e as vermelhas indicam o posicionamento das ensecadeiras durante a construção.

(ALVES – Junho de 2004).



Fig. 6 – Esta figura mostra a bacia plástica utilizada no procedimento de medição de vazão (ALVES – Setembro de 2004).

Um outro fator importante que influencia na dinâmica hidrológica local é o índice pluviométrico. Para obter os valores da pluviosidade, foi necessário utilizar os dados da estação climatológica do Instituto de Ciências Agrárias da UFU, localizada a um quilômetro da voçoroca.

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 diferentes (Fig. 7). Para fazer os ensaios de infiltração foram utilizados infiltrômetros de anel, régua milimetrada e cronômetro, além de martelo de borracha e de aço para fixação dos infiltrômetros.



Fig. 7 – Esta figura serve para identificar os locais onde foram realizados os ensaios de infiltração (ALVES – Junho de 2004).

5.1.1.2 – Amostragem de sedimentos de fundo

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, sendo que uma bacia plástica era fixada nesta saída e permanecia ali por cinco minutos coletando a amostra (Fig. 8). As amostragens feitas durante os eventos chuvosos não possuíam um limite fixo de tempo, tendo somente como regra a permanência da bacia plástica na saída das comportas até o seu enchimento total, o que levava apenas alguns segundos.

Após o tempo necessário para fazer a amostragem, a bacia era retirada da frente das comportas e logo em seguida o excesso de água era drenado, tendo sempre o cuidado de não alterar a granulometria da amostra e sem perder o material coletado. Para evitar alterar o tamanho dos grãos deste sedimento, as amostras eram transportadas para o laboratório ainda na bacia plástica que realizara a coleta. Somente em casos esporádicos, como em amostragens

realizadas seguidamente (eventos chuvosos ou coleta de hora em hora), o sedimento era colocado em sacos plásticos com os devidos registros anotados, sendo transportados cuidadosamente para o laboratório.



Fig. 8 – Esta figura representa a coleta de uma amostra de sedimento arrastado pelo fundo do canal. (ALVES – Setembro de 2004).

5.1.1.3 – Toposequência e a caracterização dos afloramentos das camadas sedimentares

Para coletar os dados da toposequência, o seguinte material foi utilizado: mira métrica de 3 metros de altura, mangueira de nível, linha, trena de 30 metros, pá de jardineiro, sacos plásticos e câmera fotográfica. Os dados deste perfil foram coletados à margem esquerda da voçoroca (Fig. 9).

Toda coleta de dados deste perfil foi feita de alta para baixa vertente, sendo que eram coletados concomitantemente os dados de comprimento de rampa, desnível e as amostras do material sedimentar das paredes da voçoroca. Para coletar as amostras dos taludes, era feita uma observação no terreno a procura de locais que representavam contatos de camadas de diferentes granulometrias. Um detalhe importante desta coleta era que em todo

ponto fazia-se amostragens em todas as diferentes camadas do perfil, as quais eram levadas para o laboratório para as análises qualitativas e quantitativas pertinentes.



Fig. 9 – A linha vermelha representa o local onde foram coletados os dados de variação de desnível (ALVES – Junho de 2004).

5.1.1.4 – Processos envolvidos no avanço da voçoroca

Para estudar e entender os processos envolvidos no avanço da voçoroca foi necessário executar vários trabalhos de campo para identificar e localizar estes processos *in situ*. Para auxiliar na identificação e localização foram tiradas fotos aéreas da região, possibilitando o estudo em áreas antes inexploradas.

Com uma foto aérea georeferenciada impressa e com o uso de um GPS os processos influentes no avanço da voçoroca eram constatados no campo e registrados. Entre estes processos, os que interessavam era a erosão por “pipping”, erosão por queda de água, compactação do solo (selagem), formação de poças, formação de escoamento superficial, ravinas, voçorocas, caneluras, alcovas de regressão, movimentos de massa (principalmente as quedas de blocos) e formação de painéis. Ao serem identificados estes processos também

eram registrados em uma ficha de campo, onde tinham as suas características fundamentais apontadas. Finalmente, estes registros de campo eram levados para o laboratório, onde eles eram analisados.

5.1.1.5 – Trabalhos de campo para a cartografia e geoprocessamento

Os trabalhos de campo relacionados com este tema foram necessários para ajudar a fazer o georeferenciamento. Este georeferenciamento era feito com o uso do GPS, em que a coordenada de determinados pontos era retirada e depois comparada com os mesmos pontos da foto em laboratório. Além disso, estes trabalhos de campo também serviram para delimitação de alguma área ou evento de interesse e ainda para tirar dúvidas quanto a algumas observações feitas a princípio nas fotos aéreas. O veículo utilizado para a execução das fotos aéreas foi um ultraleve e a câmera fotográfica foi a Sony Digital – P92.

5.1.2 – Procedimentos em laboratório

No Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos da Universidade Federal de Uberlândia foram realizadas todas as análises das amostras coletadas durante os trabalhos de campo. As amostras trabalhadas dizem respeito à dinâmica hidrológica da área de pesquisa, ao transporte de sedimentos, toposequência e caracterização do regolito.

5.1.2.1 – Análise das amostras da dinâmica hidrológica

Os dados de vazão coletados no vertedouro foram organizados em tabelas no Microsoft Excel. A partir desta organização as tabelas foram incrementadas, fornecendo resultados instantâneos após o lançamento dos dados, como por exemplo, vazão e média de vazão por um período.

A partir dos resultados desta tabela, foram elaborados gráficos que permitiam uma melhor visualização dos valores de vazão, possibilitando a verificação de alguma anomalia ou tendência assim que o dado da amostragem chegava ao laboratório.

Para determinar os dados de vazão era levado em consideração o tempo gasto para encher a bacia na saída do vertedouro (dado em segundos) e a capacidade da bacia utilizada, que neste caso era de 11 litros. Na seqüência era executada uma regra de três simples para determinar a vazão na razão de metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Em relação à quantificação pluviométrica, os dados eram obtidos no Laboratório de Irrigação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Estas informações eram encaminhadas para o LAGES para organização e tabulação de dados no software Microsoft Excel, de forma que contribuísse para facilitar o relacionamento de dados entre chuva e qualquer uma outra informação. Assim, os dados quantitativos de chuva puderam ser estabelecidos em diversas unidades de tempo, variando desde a quantidade em dias até em um ano ou por período chuvoso. Da mesma forma, os dados sobre os ensaios de infiltração também eram levados para o laboratório e passavam por um processo organizacional no Excel (em tabela e gráfico), facilitando o acesso e a sua interpretação.

5.1.2.2 – Tratamento das amostras de sedimento de fundo

O primeiro passo no laboratório era preparar as amostras para as análises, de forma que cada uma delas preservasse as suas condições estruturais, pois parte dos sedimentos eram formados pela junção de diversos grãos menores, os quais poderiam se romper e mascarar a amostra se os devidos cuidados não fossem tomados. Durante a preparação as amostras eram retiradas da bacia de coleta no campo ou de sacos plásticos e eram colocadas em pratos plásticos para secar ao ar e à sombra, e ainda era protegida de qualquer outra interferência externa que pudesse alterar os resultados das análises, como por

exemplo, poeira presente na atmosfera ou perda acidental do material da amostra. Outro detalhe importante que ajudava a manter a integridade da amostra era o curto espaço de tempo entre a coleta e o tratamento, de forma que em apenas cinco dias as amostras passavam por todo o processo de preparação e eram então destinadas ao tratamento final. Uma exceção a esta regra de tempo ocorria quando havia um grande transporte de sedimento durante os eventos chuvosos, que refletia no aumento da quantidade da amostra e, conseqüentemente, uma quantidade maior de tempo era gasta para preparar este material até que toda a sua umidade fosse retirada.

Para fazer o tratamento quantitativo era necessário pesar as amostras preparadas em uma balança de precisão que registra resultados até de centésimos de grama. Cada amostra era então pesada e o resultado era anotado, o que representava a quantidade total de sedimentos coletadas em um determinado evento e durante um tempo pré-estabelecido. 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 (metros cúbicos por segundo).

A dinâmica de sedimentos dos canais fluviais pode ser bastante variável e depende de diversos fatores geográficos, como a presença ou não de chuva. Assim, os valores de sedimento de fundo encontrados, podem ser considerados apenas para o momento em que a coleta da amostra foi realizada, impedindo assim exageros de generalizações que acabariam por vez mostrando uma realidade completamente diferente das condições reais.

O tratamento quantitativo das amostras também incluía uma análise granulométrica do material coletado. Para fazer esta análise o método tradicional de análise de solo não pôde ser utilizado, pois nele há uma separação dos grãos dos agregados de argila por hidróxido de sódio e por agitação mecânica e isso alteraria os resultados desta pesquisa,

porque uma grande parte do sedimento transportado é formado por agregados de argila, silte e areia. O método que se mostrou mais eficaz foi o do peneiramento em um agitador de peneiras (Fig. 10), 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. Para complementar o trabalho do agitador de peneiras os seixos maiores que 200mm eram retirados manualmente da peneira superior, o que concomitantemente determinava uma outra classe da amostra analisada.



Fig. 10 – Agitador de peneiras com cinco malhas diferentes executando o peneiramento. Ao lado direito há uma amostra do material preparado para ser peneirado. (ALVES – Julho de 2005).

Para representar melhor as classes granulométricas do sedimento transportado e também de acordo com o material disponível no laboratório, foi feita uma subdivisão da areia em três classes e o silte e argila foram agrupados em uma única classe, pois através do peneiramento não é possível separar silte de argila.

Com a determinação das classes granulométricas a serem utilizadas, os outros parâmetros usados no peneiramento foram então definidos. Estes outros parâmetros era o

tempo gasto em cada peneiramento, a frequência de vibração do agitador e a quantidade de material em cada peneiramento. Vários testes foram realizados previamente e ficou definido que a melhor frequência de trabalho do agitador era de 40Hz, o que proporcionava a agitação das peneiras com um comprometimento reduzido da integridade do material transportado na forma de agregado. A quantidade máxima de material por peneiramento foi estabelecida em 200 gramas, pois quando uma quantidade maior era colocada, a malha das peneiras começava a entupir, e aí seria necessário aumentar a frequência de vibração, comprometendo assim a estruturação do sedimento. Para determinar o tempo máximo de agitação foram colocadas 200 gramas de material a uma frequência de 40Hz e o tempo alcançado para fazer a separação ideal das classes foi de 10 minutos.

Todas as amostras já preparadas e com o seu peso total conhecido eram peneiradas e separadas em sete classes: seixo grosso, seixo médio, seixo fino, areia grossa, areia média, areia fina e silte-argila. Em seguida cada uma destas classes era pesada e o valor em porcentagem de cada uma era dado em relação ao peso total da amostra, demonstrando quais eram as classes granulométricas que estavam presentes em maior ou menor quantidade. Os resultados obtidos eram anotados em tabelas e em forma de gráficos no Excel o que facilitava a visualização e comparação dos dados durante a pesquisa.

5.1.2.3 – Análise da toposequência e a caracterização do regolito

Os dados da toposequência coletados em campo foram levados para o laboratório onde foram organizados. As informações sobre o comprimento da vertente e da variação da altitude foram transferidas para o papel milimetrado e posteriormente vetorizada através do software CartaLinx, o que ajudava a visualizar e compreender ainda mais as dimensões da voçoroca.

As amostras do material sedimentar das paredes da voçoroca foram levadas para o laboratório onde passaram por um processo de secagem ao ar e à sombra. Devido a complexa formação sedimentar ocorrente, e também pela presença de solos em alguns pontos, foi necessário trabalhar com 49 amostras das mais variadas camadas e em pontos diferentes, garantindo assim uma análise mais detalhada de cada camada ao longo de seu comprimento. Cada uma das amostras secas passou por análises granulométricas (as mesmas sete classes utilizadas no tratamento das amostras de sedimento de fundo).

5.1.2.4 – Análise de dados sobre os processos envolvidos no avanço da voçoroca

A análise dos dados sobre os processos envolvidos no avanço da voçoroca tratava de assuntos referentes à quantificação e descrição dos processos envolvidos.

6 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

6.1 – Clima

6.1.1 – Clima regional

De acordo com a classificação de Köppen o tipo de clima que ocorre no município de Uberlândia é o Tropical Semi-úmido (Cw). O clima local é caracterizado por apresentar uma temperatura média anual de 23°C, média pluviométrica anual entre 1300mm e 1700mm e uma estação chuvosa e quente (verão) e outra seca apresentando temperaturas mais amenas (inverno) (Mendes, 2001).

Cada uma das estações, a chuvosa ou a seca, dura em média seis meses. Este processo característico ocorre devido ao deslocamento da área de influência das massas de ar que atuam sobre a região, que são elas: Massa Equatorial Continental, a Tropical Atlântica e a Massa de Ar Polar.

Durante o inverno a Massa de Ar Equatorial Continental se desloca para região centro norte da Amazônia brasileira e a Tropical Atlântica desloca-se na direção da região Nordeste. Essas duas massas de ar são ricas em umidade e instabilidade e o resultado deste deslocamento é que a região central do Brasil, onde está a cidade de Uberlândia, se torna seca. Concomitantemente a este processo, a Massa de Ar Polar ganha força neste período e consegue atingir a região, causando quedas bruscas de temperatura.

No verão todo este processo se inverte e as Massas de Ar Equatorial Continental e Tropical Atlântica se deslocam para o centro-sul do país proporcionando o aumento da umidade e instabilidade, enquanto que a Massa de ar Polar perde força e não consegue mais avançar para a região com tanta força e frequência trazendo o frio do sul. Esta junção de fenômenos atmosféricos é que caracteriza esta estação como sendo quente e úmida.

Dentro deste período chuvoso ocorrem duas fases distintas, uma que apresenta precipitações mais intensas e outra com intensidade inferior e precipitações mais duradouras.

Isto ocorre porque em certos momentos desta estação os ventos alísios do nordeste entram no sistema atmosférico atuante no país, dando origem a Frente Intertropical, que é responsável pelo período das fortes pancadas de chuva (período de chuvas mais intensas) (Mendes, 2001), quando ocorre uma presença maior de energia no Meio Ambiente, intensificando a formação dos deslizamentos e de diversos tipos de processos erosivos.

6.1.2 – Clima na área de pesquisa

Na Fazenda do Glória há uma estação climatológica que coleta dados sobre o tempo desde o ano de 2000. Para entender melhor a ocorrência das chuvas em uma determinada região, o ideal é trabalhar com dados históricos que possam fornecer informações sobre as precipitações. Ao analisar os dados históricos da estação do Glória, fica visível a variação das taxas pluviométricas anuais (Fig. 12), que segundo (Mendes, 2001), pode ser ocasionada pela ação de fenômenos atmosféricos relacionados a dinâmica local de massas de ar, ou mesmo pela ação de fenômenos atmosféricos globais, como o El Niño e a La Niña.

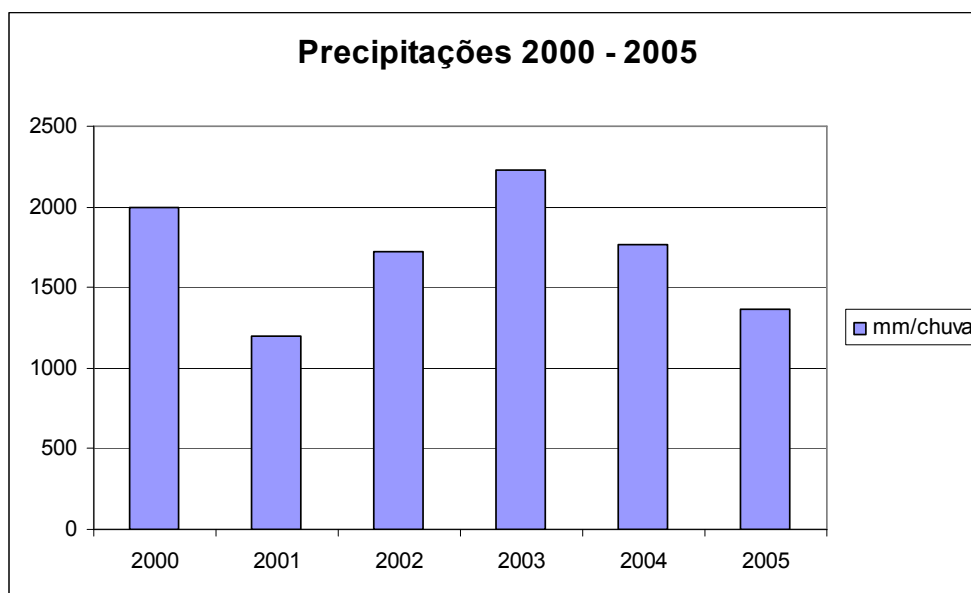


Fig. 12 – Gráfico histórico de precipitações na Fazenda do Glória (Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. Organização: ALVES – Junho de 2006).

6.2 – Geologia

6.2.1 – Geologia regional

O município de Uberlândia está localizado próximo à borda norte da Bacia Sedimentar do Paraná, onde a litologia se mostra disposta em sobreposição de camadas que variam desde idades Cretáceas até o Pré-Cambriano. De acordo com Nishiyama (1989), ao fazer uma análise partindo das altitudes mais elevadas para as mais baixas são encontradas respectivamente as rochas cretácicas do Grupo Bauru que são representadas pelos arenitos, siltitos e argilitos das Formações Marília e Adamantina. Logo abaixo desta litologia estão dispostas as rochas de idade Jurássica do Grupo São Bento que são formadas por camadas de basaltos intercaladas por arenitos eólicos, sendo representativas das Formações Serra Geral e Botucatu. Descendo ainda mais no perfil litológico, encontra-se as rochas do Proterozóico que são denominadas de Rochas do Grupo Araxá e são formadas por um Complexo Basal Quartzítico que recobre o Micaxistos, Anfibólitos, Gnaisses e Granitos. Por fim, a camada de menor altitude em afloramentos, que são as rochas do Complexo Goiano, sendo representadas principalmente por Granitos e Micaxistos.

No município de Uberlândia é possível identificar afloramentos de todas as formações citadas anteriormente. Nas áreas mais elevadas, que coincide com a sede municipal, podem ser observados os afloramentos do Grupo Bauru já bem intemperizados. Ao caminhar no sentido dos fundos de vale dos córregos encontra-se afloramentos de uma larga camada de seixos que são característicos do Bauru e logo abaixo encontra-se os afloramentos de Basaltos do Grupo São Bento. As rochas do Grupo Araxá e do Complexo Goiano só afloram no Canyon do Rio Araguari.

6.2.2 – Geologia na área de pesquisa

A voçoroca estudada está localizada em uma área de contato geológico entre o Grupo Bauru e o Grupo São Bento (Fig. 13). Neste local ocorrem resquícios de arenitos

intercalados por lentes de siltitos e argilitos, principalmente no médio curso da voçoroca e que já passaram por um intenso processo de intemperismo e hoje resguardam poucas características estruturais originais da rocha. Na região do baixo curso da voçoroca afloram os Basaltos.



Fig. 13 – O espaço existente entre as linhas vermelhas na figura A representa a região onde afloram os basaltos e fora destas duas linhas está a área do arenito. A área circulado em preto indica a voçoroca. A figura B mostra uma região do canal da voçoroca onde há arenito recoberto por uma camada de seixos rolado que se estende até a superfície (seta amarela). Por fim, a figura C ilustra a Formação Basáltica presente no leito do canal para onde flui a voçoroca (ALVES – Junho de 2004).

Ainda em relação as características geológicas locais, um outro evento que merece destaque é o comportamento das águas subterrâneas. Devido ao fato de a voçoroca estar localizada em região de média para baixa vertente e sobre um contato de litologias mais permeáveis com outras menos permeáveis e ainda pela extensa área de alimentação do lençol freático localizada a montante, passa a existir condições ideais para que a água do lençol exude nesta área.

O que mantém o canal da voçoroca alimentado com água durante todo o ano é justamente a presença destas exudações. Durante o período chuvoso o lençol é abastecido constantemente, o que reflete no aumento do número de exfiltrações (Fig. 14) e, conseqüentemente, no aumento da taxa de vazão. Durante a seca, a água que sai na zona de exudação é a que foi acumulada durante as chuvas, e no decorrer da seca, ocorre uma tendência de diminuição do número de exudações, diminuindo drasticamente a taxa de vazão do canal principal.



Fig. 14 – Esta exudação que possui característica intermitente, encontra-se no contato entre um material arenoso com um argiloso em um patamar mais elevado do que as exudações perenes. Ela só entra em atividade durante o período chuvoso (ALVES – Janeiro de 2005).

6.3 – Solos

6.3.1 – Solos regionais

Nas regiões tabulares (partes mais elevadas) do município de Uberlândia é comum encontrar Latossolos bem desenvolvidos, sendo que em alguns pontos eles apresentam uma grande profundidade. O Latossolo Vermelho e o Latossolo Vermelho Amarelo são os que aparecem em maior quantidade recobrando o município. Ambos os Latossolos se caracterizam por apresentar um perfil laterítico bem desenvolvido tanto em profundidade quanto no sentido de agregação, formando uma crosta ferruginosa extremamente resistente.

Na região, o saprolito do arenito pode ser visto na zona de contato entre esta litologia e os basaltos (este material predomina na área da voçoroca estudada). Logo acima dos afloramentos rochosos do basalto, nas regiões de baixa vertente é comum aflorar o Latossolo Vermelho Aluminiférico, que é proveniente da ação do intemperismo sobre esta rocha.

Nos fundos dos vales dos córregos e também nas regiões de veredas formam-se os solos ricos em matéria orgânica (Organossolos) e os solos aluviais, devido à presença de maior umidade e de fontes de matéria orgânica. Os Neossolos litólicos também se formam no município e estão associados principalmente à área de solos formados a partir das rochas do Proterozóico e do Pré-Cambriano e que se encontram em áreas de altas declividades.

6.3.2 – Solos da área de pesquisa

Na Fazenda do Glória é possível encontrar o Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho Amarelo, Organossolo, Aluviosolos e Neossolo litólico. A área de pesquisa representa uma pequena parte da fazenda, entretanto, esta pequena área contém todos os tipos de solo encontrados na fazenda, com exceção do Latossolo Vermelho.

Na área estudada é possível afirmar que existem apenas dois lugares onde há solo bem estruturado, um na área de montante onde ocorre o Latossolo Vermelho Amarelo e também na região dos basaltos próximo a foz da voçoroca, onde há formação de Neossolos Litólicos extremamente recentes e incipientes. No restante da erosão, mais precisamente em sua parte intermediária, o que aflora é um material saprolizado a partir dos arenitos e que se mostra praticamente sem estrutura e sem agregação e existe também aquele saprolito mais recente que ainda preserva parte das características da rocha (Fig. 15). Além deste material em fase de saprolização existem várias camadas de sedimentos, representado principalmente por seixos rolados intercalados por pequenos grãos de quartzo, no qual não é possível observar a presença de estruturas bem definidas, tornando-se assim uma camada bastante friável e, por isso, bem susceptível a ação dos processos erosivos.

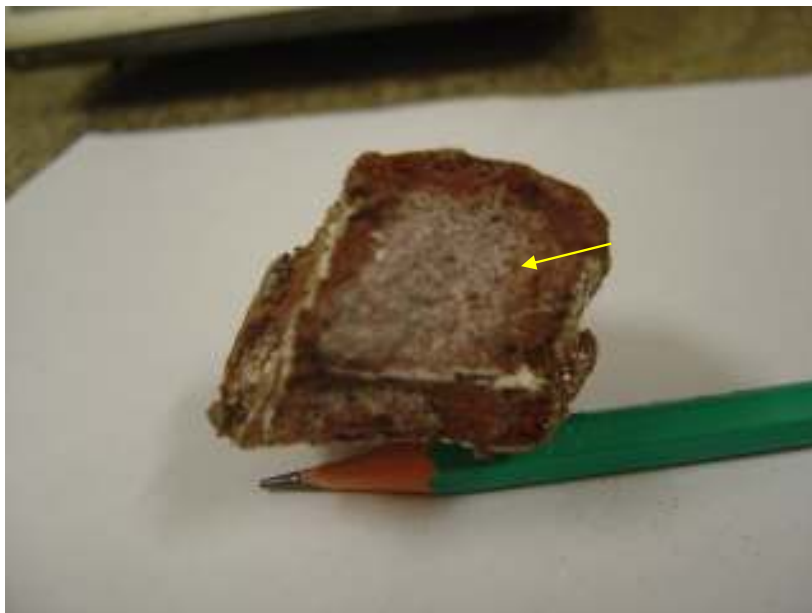


Fig. 15 – Fragmento de Siltito em intemperização. Neste caso é possível observar a presença do intemperismo químico agindo de fora para dentro, intensificando o processo de saprolização. (ALVES – Dezembro de 2005).

A camada laterítica existente apresenta-se as vezes aflorando na superfície, mas em outros casos, ela está recoberta pelas camadas de sedimentos ou mesmo de solo. Em algumas situações, a laterita se apresenta como uma camada bem espessa e resistente de

concreção e em outras situações esta camada apresenta descontinuidades e nem mesmo aparece no perfil.

6.4 – Geomorfologia

6.4.1 – Geomorfologia regional

Segundo Baccaro (1991), o município de Uberlândia está localizado dentro da Morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná na região de unidades morfoesculturais de planaltos. Como padrão de formas predomina as colinas, sendo que no município é comum observar colinas pouco extensas separadas uma das outras por pequenas planícies formadas pela rede de drenagem, formando assim uma paisagem com uma grande quantidade de interflúvios. Ainda como padrão de formas, porém menos representativo, existe as formas tabulares que são muito planas e estão localizadas nas altitudes mais elevadas.

6.4.2 – Geomorfologia na área de pesquisa

Na Fazenda do Glória existem tanto as colinas (predominantes) quanto os tabuleiros como padrão de forma do relevo. A área de pesquisa está localizada na vertente de uma colina que apresenta uma declividade média entre 6%, tendo um comprimento de rampa total de aproximadamente 1000 metros e forma predominantemente convexa. Deste comprimento total apenas os últimos 750 metros são de fundamental importância neste trabalho, pois partindo de alta para baixa vertente há uma descontinuidade na formação do escoamento superficial, fato que faz com que cerca de 400 metros do comprimento da vertente funcionem como possível área de contribuição. Os outros 350 metros da vertente é onde existe a incisão da voçoroca.

Normalmente o que se observa é a formação de voçorocas em vertentes côncavas. Mas neste caso, os processos erosivos que deram origem a voçoroca se estabeleceram em uma

vertente convexa, que via de regra, provoca divergência do escoamento superficial e dificulta a ocorrência de processos erosivos incisórios. A presença de exudações de água na área de contato foi provavelmente o “estopim” de início de toda esta erosão, que com o passar do tempo foi avançando de forma remontante na direção da média vertente (Fig. 16).

Segundo Ross (2000), na classificação taxonômica do relevo os processos erosivos são considerados como formas recentes e estão agrupadas no sexto táxon. A área de pesquisa concentra as mais diversas formas de relevo deste táxon, as quais podem ser enumeradas em ordem de escala de ocorrência como: compactação do solo, formação de sulcos, formação de ravinas e voçorocas.



Fig. 16 – As setas azuis indicam o direcionamento do fluxo divergente da vertente convexa da colina. A região envolvida pela linha preta indica onde ocorre a vertente côncava sobre a convexa, local em que o fluxo deixa de ser divergente e passa a ser convergente. (ALVES – Junho de 2004).

6.5 – Flora e fauna

6.5.1 – Flora e fauna do Cerrado

Uberlândia está situada dentro do Domínio do Cerrado, o qual está presente em vários estados do país representando 23% de abrangência. A vegetação do Cerrado apresenta

uma grande diversificação de características que pode variar em função de diversos fatores geográficos, como por exemplo, umidade, temperatura e altitude. Com isto, dentro do Domínio do Cerrado foram feitas as seguintes divisões em subsistemas: campos, cerrado *stricto sensu*, cerradão, mata mesofítica, matas ciliares e veredas (Barbosa, 1996).

Os campos ocupam as áreas de maiores altitudes e mais frias e são representados principalmente por espécies de gramíneas. O cerrado *stricto sensu* é composto principalmente por arbustos retorcidos, por gramíneas e por pequenas espécies de plantas que possuem baixa estatura, estando localizados em regiões de solo menos fértil e temperaturas mais elevadas. O Cerradão tem a fisionomia mais vigorosa do que o cerrado *stricto sensu*, sendo que o porte arbóreo pode variar entre 10 e 15 metros de altura, e sua ocorrência é registrada em solos de maior fertilidade. As matas possuem um porte arbóreo mais vigoroso do que o cerradão e encontra-se sobre solos de fertilidade ainda maior. As matas ciliares possuem praticamente as mesmas características das matas, sendo que a diferença mais marcante é que elas estão localizadas junto aos canais fluviais. A vegetação que compõe as veredas são espécies que se adaptam bem a regiões de alagadiços, como por exemplo, o Buriti (*Mauritia flexuosa*). As veredas estão localizadas nas grandes altitudes nos topos dos planaltos e de modo geral nas cabeceiras de nascentes dos córregos e rios do Domínio do Cerrado (Barbosa, 1996).

O Domínio do Cerrado apresenta uma grande quantidade de animais endêmicos e também comuns a outros Domínios do Brasil. Como exemplo de animais presentes neste Domínio Ambiental podem ser citados o tamanduá bandeira, a onça parda, o veado campeiro, a arara canindé, entre outras diversas espécies de mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes.

6.5.2 – Flora e fauna na área de pesquisa

Na Fazenda do Glória é possível encontrar remanescentes de cerrado *stricto sensu*, de cerradão e de mata ciliar. A maior parte da cobertura vegetal original da fazenda já

foi retirada para dar lugar a algum tipo de uso agropecuário, restando preservados a mata ciliar, até mesmo por ser área de preservação permanente, algumas ilhas de cerradão e algumas poucas espécies do cerrado *stricto sensu*, nascendo ou rebrotando nas áreas de pastagens.

A área de influencia da voçoroca possui uma fraca cobertura vegetal. O pouco de vegetação que existe é representada pelas espécies da mata ciliar e cerrado *stricto sensu* (Fig.17). Apesar da área de mata ciliar ser pequena ela abriga uma grande quantidade de vida animal, principalmente répteis (Fig. 18) e pássaros e os seus ninhais, como por exemplo, tucanos, mutuns, seriemas, canários, pássaros pretos, urubus, gaviões e pombas.



Fig. 17 – As áreas onde a vegetação se encontra com as copas mais fechadas é representativa da Mata ciliar. Em contraste com esta área está a região da voçoroca, onde originalmente havia cobertura de Cerrado Stricto Senso, mais foi retirado para dar lugar a pastagens. Hoje, a antiga vegetação vem tomando conta vagarosamente, sendo possível visualizar a ocorrência de ilhas de arbustos. (ALVES – Junho de 2004).



Fig. 18 – Cobra Cascavel na região da foz da voçoroca. (ALVES – Abril de 2005).



Fig. 19 – Ipê amarelo florido durante o período da seca. (ALVES – Agosto de 2005).

Apesar de já ter sofrido muito com as intervenções antrópicas, a vegetação do cerrado vem se recuperando e espécies da Flora como a sucupira, ipê amarelo (Fig. 19), ipê

rosa, lixeira, murici, gabiroba, cajuzinho, pitanga, bacupari, lobeira, entre outras, já podem ser encontradas.

No resquício das formações vegetativas da área pesquisada, algumas espécies da Fauna ainda podem ser encontradas, tendo uma certa diversificação em exemplares de pássaros, répteis, peixes, anfíbios e mamíferos. As espécies de animais observadas durante a pesquisa foram:

- Pássaros: tucanos, seriemas, mutuns, urubus, canários, periquitos, gaviões, pombas, rolinhas, garças e marrecos (estes dois últimos foram observados em um pequeno lago que se forma na região de média vertente durante o período chuvoso);
- Répteis: cascavel, jararaca, urutu preto, cobra de duas cabeças e lagartos;
- Peixes: traíra preta, lambari, cascudo e bagre. Estas espécies foram identificadas tanto no canal da voçoroca, no córrego que a voçoroca é afluyente e também num pequeno lago que se forma na média vertente durante as chuvas.
- Anfíbios: sapos, rãs e pererecas.
- Mamíferos: veado campeiro, tamanduá bandeira, raposa e o lobo guará. Destas espécies somente a raposa não está ameaçada de extinção. Ainda há relatos de moradores da fazenda que afirmam que já capturaram uma onça parda e dois filhotes (década de 90), os quais foram devidamente encaminhados para os cuidados do IBAMA.

6.6 – Uso e ocupação da terra

6.6.1 – Uso e ocupação da terra na região

O avanço da fronteira agrícola na direção de Uberlândia ocasionou um intenso desmatamento da cobertura vegetal natural para que o solo pudesse ser utilizado principalmente em atividades agropastoris. Foram criadas diversas fazendas tendo como

principal objetivo a produção de gado de corte e leiteiro e também a produção monocultora de grãos nas regiões mais planas.

6.6.2 – Uso e ocupação da terra na área pesquisada

Na Fazenda do Glória o uso agropecuário também foi intensamente admitido, destacando a produção de leite, criação de gado de corte, criação de rãs, piscicultura, criação de caprinos, criação de frangos, plantação de sorgo para silagem, milho, soja, hortaliças e café. Na mesma vertente onde está localizada a voçoroca, localiza-se também áreas de pastagens e milharal, que são ocupações que deixam o solo desprotegido da ação da chuva e, conseqüentemente, podem proporcionar a formação de uma maior quantidade de processos erosivos.

7 – OS DIVERSOS PROCESSOS EROSIVOS ENVOLVIDOS NA EVOLUÇÃO DA VOÇOROCA

A voçoroca estudada tem uma gama de processos erosivos contribuindo direta ou indiretamente para o seu desenvolvimento, como por exemplo, erosão por salpicamento (efeito “splash”), erosão por escoamento superficial, por queda de água, entre outros processos que fazem com que esta evolução seja interdependente. Oliveira (1999), citou que ao fenômeno da erosão por voçoroca, cabe o conceito de sinergia, justamente pela ocorrência das interações dos mecanismos individuais de erosão.

O local estudado caracteriza-se por apresentar uma extensa malha dendrítica de canais menores conectados ao canal principal da voçoroca e por apresentar um rápido desenvolvimento remontante dos canais, que em alguns casos já estão bem próximos da linha do divisor de águas. A maior parte dos processos envolvidos no crescimento desta voçoroca fica ativa somente durante o período das chuvas. Isto ocorre porque durante as chuvas passa a existir uma maior quantidade de energia no meio natural, precisando ser dissipada de alguma forma, o que acaba resultando no desgaste excessivo do solo. Entretanto, quando ocorrem os seis meses de seca na região, ainda assim a voçoroca continua em pleno desenvolvimento, mas em uma escala bem reduzida.

7.1 – Os processos erosivos evolutivos durante o período chuvoso

Quando chega o período das chuvas, chega também o maior período de atividade evolutiva da voçoroca, momento em que há um intenso destacamento e transporte de sedimentos. Isto é agravado ainda mais porque a taxa média de infiltração de água no solo é baixa e, com isso, há uma rápida formação de poças em um evento chuvoso, que ligeiramente

formam o escoamento em lençol, que em um curto espaço temporal acaba dando origem aos escoamentos superficiais concentrados, ricos em energia.

A vertente onde está a voçoroca apresenta uma grande quantidade de material superficial atacado pela ação do efeito “splash” (Fig. 20). Como é sabido, a maior parte da vegetação natural local foi retirada para dar lugar aos pastos e, além disso, existem áreas completamente desnudas, não apresentando nem mesmo gramíneas como cobertura vegetal. A zona que sofreu um maior ataque deste efeito localiza-se às margens do conjunto dos canais tributários da margem direita, onde a cobertura vegetal é praticamente inexistente.

A conseqüente queda na taxa média de infiltração, proporcionada pela ação do efeito “splash”, permite que uma rede de outros processos erosivos seja formada. Assim, durante uma chuva mais concentrada, a água que não infiltra acaba formando poças na superfície do solo. Toda área no entorno da voçoroca fica tomada por poças no início de um evento chuvoso, o que antecede a formação dos escoamentos superficiais.



Fig. 20 – Solo às margens da voçoroca já atacado pela ação do efeito “splash”. Observe que o solo apresenta-se compactado e com partículas desagregadas em sua superfície (ALVES – Maio de 2004).

Quando estas poças não suportam mais o volume de água, elas se unem, formando os escoamentos superficiais difusos e concentrados, que dão origem respectivamente à erosão laminar e à erosão por fluxo linear.

Outro fator que contribui diretamente na formação da erosão laminar e por fluxo linear, e que reflete diretamente no processo evolutivo da voçoroca, é a existência das áreas de contribuição na vertente. As áreas de contribuição observadas podem variar desde pequenas dimensões próximas de 10m^2 a 120.000m^2 , e são responsáveis por contribuir com uma grande quantidade de água na formação do escoamento superficial, aumentando consideravelmente a taxa deste escoamento nos canais.

O local onde há predominância de ação da erosão laminar localiza-se na região da média vertente, e também à margem direita da voçoroca. Sabe-se que este tipo de erosão de solo não traz grandes prejuízos visíveis para as paisagens, mas ocasionam outros males, como por exemplo, a diminuição da fertilidade do solo. A ocorrência desta erosão pode ser comprovada pela existência de diversos depósitos de sedimentos ocorridos em embaciamentos no solo. Além disso, a diferença de coloração do solo é muito grande, o que facilitava determinar que certo tipo de sedimento que apresentava uma determinada cor só poderia ter sido transportado de outros lugares.

A erosão por fluxo linear concentrado ocorre em diversas escalas, variando desde pequenos sulcos no solo, passando pelas microravinas, ravinas e atingindo o estágio em que o canal passa a ser denominado de voçoroca. Ao fazer uma análise do local de estudo, será visto que ele é formado por uma voçoroca principal que possui um canal secundário e uma rede de outras voçorocas, ravinas, microravinas e sulcos conectados a ela.

Todos os canais envolvidos nesta enorme junção de processos erosivos são responsáveis pela admissão da água proveniente da área de contribuição. Estes canais contribuintes se formaram de maneira remontante quando o escoamento superficial passou a

chegar pelas laterais do canal principal da voçoroca. Nos locais em que a água chegava pela lateral, formaram-se dezenas de quedas de água. Além disso, a região onde ocorre os canais estudados é formada por um material superficial pouco consolidado, friável e extremamente susceptível aos processos erosivos.

Durante o tempo de execução da pesquisa foi evidenciado através da comparação e análise de arquivo fotográfico que os canais da margem esquerda do canal principal encontravam-se em um estado mais estável do que os canais da margem direita (Fig. 21). Isto ocorreu por dois motivos. Primeiro, o material sedimentar da margem esquerda permitia uma rápida infiltração da água da chuva. Segundo, a área de contribuição da margem esquerda era tão curta que não possibilitava a formação de escoamentos superficiais em grande escala, não tendo, portanto, uma influencia significativa no avanço dos canais. Além disso, uma estrada foi construída no local, desviando o fluxo e diminuindo ainda mais a área de contribuição. Ao contrário dessa situação, os canais da margem direita possuíam áreas de contribuição maiores e mais influenciadoras.



Fig. 21 – A área circulado em amarelo representa os canais da margem esquerda conectados ao canal principal da voçoroca e a seta azul representa uma estrada que diminui a área de contribuição desta margem. Já a área circulado em laranja engloba os canais conectados da margem direita (ALVES – Junho de 2004).

Os canais da margem direita evoluíram rapidamente durante a pesquisa. Após dois períodos chuvosos, mesmo aqueles que tinham área de contribuição pequena (Fig. 22), evoluíram rápido na direção do divisor, de forma que atualmente resta em média cinco metros de extensão para que o processo de erosão remontante se extingue nestes canais, alcançando o topo do divisor de águas. No final do período chuvoso de 2005/2006, os canais com pequena contribuição já tinham avançado aproximadamente dois metros lineares, levando em consideração as suas medidas no início da pesquisa. Além disso, eles sofreram um pequeno alargamento e um forte aprofundamento.



Fig. 22 – Ravinas e voçorocas da margem direita que mesmo apresentando uma pequena área de contribuição, evoluíram rapidamente na direção do topo do divisor de água (ALVES – Junho de 2004).

A maior parte dos canais da margem direita caracteriza-se por apresentar pequenas áreas de contribuição, e por serem estreitos e rasos. Entretanto, o segundo mais expressivo canal da área, localiza-se justamente nesta margem, e ficou conhecido ao longo da pesquisa por ser o canal mais ativo. Isto ocorreu devido ao fato dele possuir uma vasta área de contribuição que é de aproximadamente 15.000m², além de estar situado onde a taxa de

infiltração é mais baixa. A junção destas características acabou proporcionando a formação de um escoamento superficial com um potencial erosivo muito forte. Outro fator que contribuiu para o avanço rápido deste canal foi a diferença de níveis de alturas presentes em seu interior, que foram formadas a partir da descontinuidade de camadas sedimentares com diferentes granulometrias, formando rupturas e, conseqüentemente, uma série de quedas de água. No total, este canal avançou aproximadamente 22 metros durante a pesquisa, tendo uma profundidade média de 1,5 metros e largura média de 3 metros (Fig. 23). O acompanhamento destas dimensões iniciou em 2004, e através de medições no campo e análise de arquivo fotográfico, foi possível chegar a estas conclusões.



Fig. 23 – Na cor amarela está indicado o comprimento total que a voçoroca avançou durante o tempo da pesquisa (ALVES – Junho de 2004).

Ao fazer uma análise dos canais ocorrentes na margem esquerda da voçoroca principal, será percebido que eles possuem dimensões e formas diferentes se forem comparados com aqueles da margem direita. Quanto mais distante do canal principal nesta margem, mais friável são os solos. Por isso, formam-se facilmente canais não tão profundos, porém, mais largos, que se caracterizam por apresentar algumas feições testemunhas do

passado, que por serem mais resistentes ao processo erosivo, ficaram preservadas (Fig. 24). Ao aproximar da margem, os canais tornam-se ainda mais profundos, porém bastante estreitos. Isto se justifica pela ocorrência de material superficial mais silto argiloso (principalmente na média vertente), que possuem um maior poder de agregação e por isso são mais resistentes aos processos erosivos.



Fig. 24 – Canais da margem esquerda da voçoroca. Eles não são tão profundos, mas apresentam uma largura média de 2 metros. Na parte baixa da foto pode-se ver a localização da queda de água formada durante as chuvas, o que acelera o avanço da erosão remontante. Indicadas pelas setas azuis estão feições testemunhas que sofreram menos com a ação dos processos erosivos (ALVES – Novembro de 2004).

Na cabeceira de todos os canais conectados ao canal principal e ao secundário, é possível observar a ocorrência de rupturas abruptas de patamares. Isto ocasiona a formação de quedas de água, que dá origem à erosão por queda de água.

Onde há a erosão por queda de água nesta área, uma série de outros processos erosivos também ocorrem de maneira associada durante as chuvas, como por exemplo, a formação das alcovas de regressão (Fig. 25), filetes subverticais, marmitas ou panelas e escamamentos (Fig. 26). Não associados com as quedas de água, ocorrem também outros



Fig. 25 – Alcovas de regressão na margem direita do canal principal. Observe a ruptura abrupta de patamares, onde se forma a queda de água durante as chuvas. Quando a intensidade do fluxo diminui, a água erode as paredes do canal para o seu interior (ALVES – Maio de 2006).



Fig. 26 – Presença de escamas na superfície vertical das paredes da voçoroca (ALVES – Abril de 2005).

processos erosivos que influenciam diretamente no desenvolvimento da voçoroca, que é a erosão por dutos (pipping), poças de ressurgência, subsidência do terreno, solapamento das margens e movimentos de massa. Todos estes processos citados fornecem, ou são indicativos de fornecimento de sedimentos para o canal principal, cujo sedimento é transportado pelo canal até atingir o córrego do qual ele é afluente.

Uma feição erosiva, importante para o desenvolvimento dessa voçoroca é a erosão por dutos (pipping). Ela se forma onde há exfiltração do lençol freático de forma concentrada, pois no interior das camadas do solo ou saprolito, a ação da água combinada com a friabilidade dos sedimentos locais, possibilita a formação de erosão diferencial, resultando em um duto que direciona a água para determinado ponto. Estes dutos aumentam de dimensões

nãrr rmd

Nas áreas de exfiltração do lençol freático formam-se também as poças, que são justamente indicativas da presença do freático (Fig. 27). Elas se formam a partir da chegada de água por diversas direções àquele local. Durante a seca, algumas destas poças deixam de ser abastecidas pelo freático e, por isso, elas desaparecem por um período de tempo.



Fig. 27 – Formação de poças no interior do canal principal da voçoroca (ALVES – Outubro de 2004).

Outro processo erosivo existente no local é o solapamento das margens do canal. Este processo se dá quando a sustentação e coesão do solo é perdida. A perda da sustentação da margem ocorre quando o escoamento concentrado da base age abrasivamente nas bordas do canal, esculpindo incisões em suas laterais. A medida que ocorrem mais chuvas que alimentam o fluxo destes canais, as incisões na base das bordas aumentam. Consequentemente, as camadas subjacentes de solo cedem pela ação da força da gravidade, formando escorregamentos de areia, torrões e até mesmo a movimentação de blocos inteiros da margem (Fig. 28). O bordo direito da região de montante do canal principal tem o seu avanço acentuado devido à queda de blocos por solapamento da base. Esta erosão não ocorre

acentuadamente na região, podendo ser identificada principalmente nas áreas em que os

características só é encontrado nas camadas mais superiores do solo e na região da cabeceira do canal principal, justamente onde houve uma maior ocorrência de deslizamentos.



Fig. 29 – Movimento de massa de solo em forma de deslizamento. Processo ocorrido na cabeceira do canal principal. Nesta situação a agregação da massa movimentada foi perdida, restando como entulho uma grande quantidade de terra solta (ALVES – Dezembro de 2004).

7.2 – Os processos erosivos evolutivos durante a seca

Desde quando as chuvas se encerram, geralmente no mês de abril, as pequenas partículas (silte e areia fina) soltas ficam predispostas para serem transportadas pelo vento. As áreas que apresentam uma cobertura vegetal mais representativa, acabam dificultando o transporte das partes do solo pelo vento. Entretanto, sabe-se que a cobertura vegetal na área de pesquisa é bastante incipiente e que uma grande quantidade de partículas de solo foi colocada em predisposição durante o último evento chuvoso, tanto pela ação do salpicamento quanto pela ação da erosão laminar.

A evolução da voçoroca durante a seca se intensifica do meio para o final da estação, quando os índices de umidade relativa do ar ficam abaixo de 30% e quando os ventos sopram mais intensamente. O fato dos ventos serem mais intensos proporciona um

destacamento ainda maior de sedimentos e, por consequência, uma sedimentação de partículas mais acentuada no interior dos canais úmidos.

Quando a umidade do ar atinge índices muito baixos, a umidade presente na cobertura superficial (solo, camadas sedimentares e saprolito) tende a sair para a atmosfera através de alguns processos, como por exemplo, a evaporação. Isto faz com que a cobertura superficial fique muito seca e se contraia, diminuindo o seu poder de agregação. Surgem então planos de cisalhamento nos taludes dos canais, de modo que a formação sedimentar do local fica subdividida em blocos. No momento em que o limite de agregação dos blocos é rompido, eles caem no interior dos canais e, se caírem no interior de um canal úmido, formará uma nova fonte de sedimentos, os quais poderão ser transportados para a foz da voçoroca (Fig. 30).

Se houver uma grande movimentação de material durante uma destas quedas de blocos, o canal poderá sofrer um represamento. Na ocasião em que esta situação foi observada, primordialmente notou-se um súbito aumento na taxa de transporte de sedimentos, que logo cessou. Na seqüência, o transporte de sedimentos caiu bruscamente, devido ao fato da acomodação do material desprendido e também porque o represamento (a maior parte ocorria de média para baixa vertente) ocasionou a decantação do sedimento proveniente da região a montante.

O fenômeno da queda de blocos nesta época do ano pode ser observado em todos os canais de maior representatividade. Estes canais são aqueles que já evoluíram em profundidade ao ponto de atingirem camadas sedimentares de granulometrias diferentes, o que facilita a formação dos planos de separação (cisalhamento) entre os blocos e entre as camadas. O local onde ocorre a maior quantidade de quedas de blocos é no canal principal, sendo que a ocorrência se intensifica ainda mais de média para baixa vertente, onde surgem

camadas diferentes de arenitos, siltitos, seixos rolados e o contato com os Basaltos da Formação Serra Geral.



Fig. 30 – Queda de blocos na região de baixa vertente. Este bloco se desprendeu num plano de cisalhamento (fissura) e caiu na forma de diversos fragmentos menores para dentro do canal principal. Ainda existem vários planos de cisalhamento nas paredes do canal, que estão indicados pelas setas azuis. Note o represamento efetuado pelo material, que modificou completamente a dinâmica sedimentológica do canal (ALVES – Setembro de 2004).

Mesmo não sendo tão heterogênea no que diz respeito às camadas formadoras do solo, quanto a região de média e baixa vertente são, a região da cabeceira da voçoroca também passa pelo processo de quedas de blocos durante a seca. Isto ocorre porque no período das chuvas o escoamento superficial começou a entalhar fissuras em seguimentos do solo. Durante a seca as fissuras continuam evoluindo pela retração causada pela baixa umidade, até que os blocos se desliguem e caiam no interior do canal.

A análise feita neste capítulo é de fundamental importância para entender como ocorre o processo erosivo estudado. Aqui ficou claro que a voçoroca tem o processo evolutivo

8 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DA ATIVIDADE EVOLUTIVA DA VOÇOROCA

Para comprovar que a erosão por voçoroca estudada está em constante evolução, foram desenvolvidas e aplicadas algumas técnicas para lidar com a dinâmica de sedimentos e com a hidrologia nesta voçoroca. As técnicas adotadas serviram para fornecer dados sobre os sedimentos transportados pela voçoroca que chegavam até a região da foz. No que diz respeito à hidrologia, os resultados obtidos tinham âmbito predominantemente quantitativos, relacionando alguns fatores que fazem parte do ciclo hidrológico, como por exemplo, pluviometria, infiltração de água no solo e vazão no interior do canal da voçoroca.

O estudo da dinâmica de sedimentos de fundo e da hidrologia foi feito devido às possíveis relações existentes entre estas duas variáveis no desenvolvimento de um processo erosivo, seja ele em pequena escala, como na erosão por salpicamento, ou mesmo em grandes escalas, como em uma voçoroca. A relação entre hidrologia e produção de sedimentos foi estudada durante muito tempo por pesquisadores, o que fez com que várias equações de perda de solo por processos erosivos pudessem ser idealizadas e colocadas em prática. No estudo desta voçoroca, acreditava-se que havia uma relação direta da produção de sedimentos em função do ciclo hidrológico, mas ao mesmo tempo não era evidente como realmente se dava esta relação e, por isso, foi necessário trabalhar com as técnicas adotadas para elucidar a verdadeira relação existente entre o ciclo hidrológico e a produção de sedimentos em uma erosão por voçoroca neste ambiente rural do Cerrado.

8.1 – Dinâmica hidrológica: o comportamento das chuvas, infiltração de água no solo e o escoamento superficial no canal principal da voçoroca

8.1.1 – O comportamento das chuvas na área de pesquisa

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. 31). É ainda no período chuvoso, entre os meses de janeiro e março, que as chuvas cessam durante alguns dias e o calor intenso toma conta, caracterizando assim, a formação do veranico.

Durante a estação seca, a falta de umidade no ar e de instabilidade dificulta a formação de chuvas. Quando ocorrem precipitações neste período, elas estão relacionadas diretamente ao avanço da Frente Fria da Massa de Ar Polar, que é rica em umidade e instabilidade. Esta frente fria traz, predominantemente, uma chuva fina ou simplesmente gotículas de água condensadas na forma de neblina. Entretanto, as primeiras frentes frias que chegam à região possibilitam a formação de pancadas de chuva mais intensas, principalmente entre os meses de maio e junho, quando foram registrados valores de até 66mm/dia, ocorrido em 25 de maio de 2005.

Nos meses de agosto e setembro, que também são caracterizados pela seca, as chuvas, quando ocorrem, são fracas e espaçadas umas das outras (Fig. 31). Isto porque neste período a ação das frentes frias já diminuiu e a insolação aumenta, possibilitando uma maior evaporação e transpiração, que emite mais vapor de água para a atmosfera. A quantidade de

vapor emitida ainda não é suficiente para formar chuvas concentradas e com espaçamento de tempo reduzido entre uma e outra.

Os meses de abril e de outubro foram observados por serem meses transitórios entre as estações da seca e chuvosa. É justamente nestes períodos em que foi observada a mudança súbita na dinâmica de massas de ar. Estes meses caracterizam-se então por apresentarem chuvas ocasionadas tanto pelo avanço da Frente Fria do Sul quanto pela presença das Massas de Ar Equatorial e Atlântica ricas em umidade.

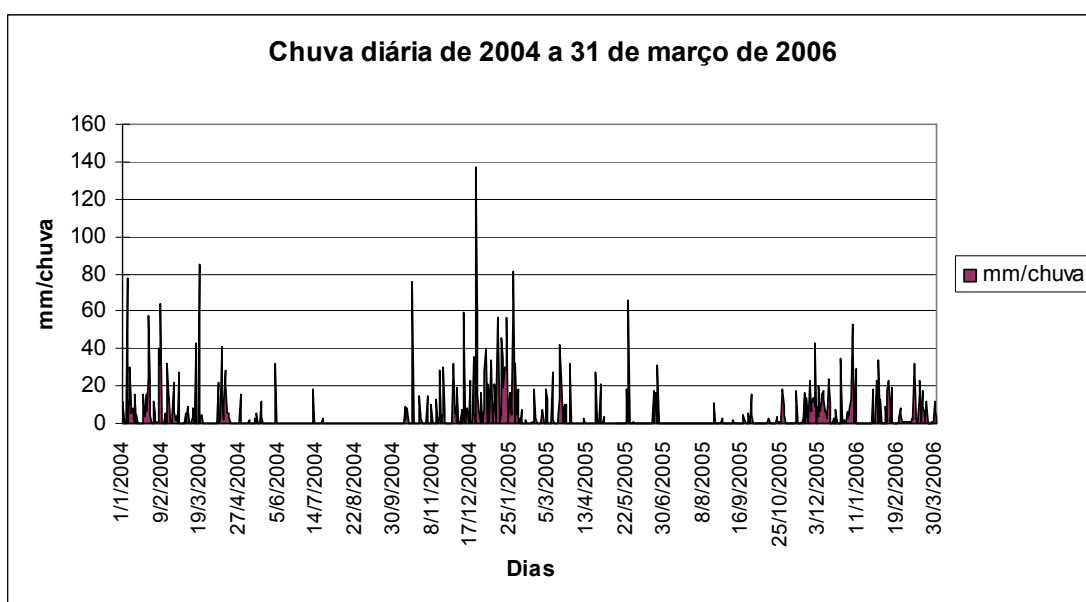
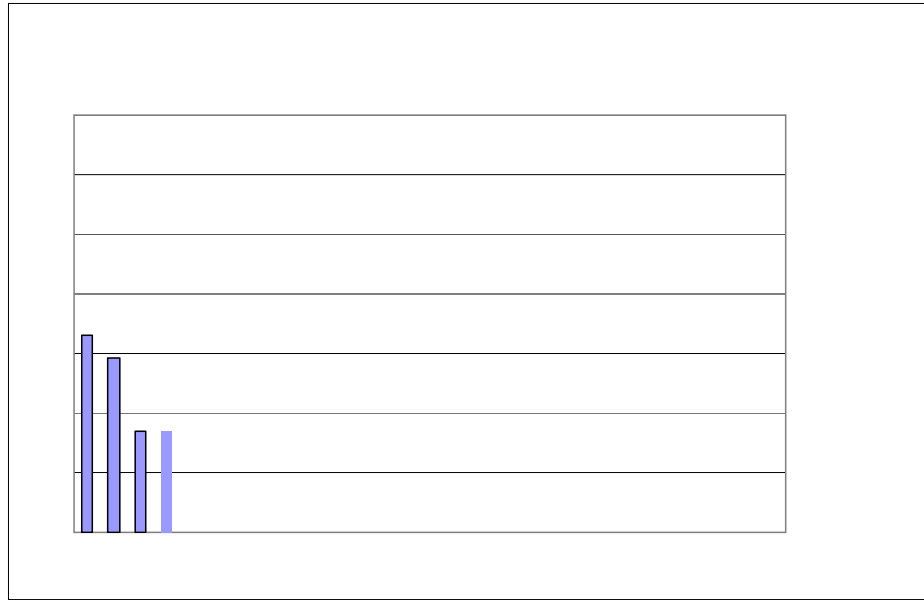


Fig. 31 – Gráfico diário de chuvas durante 821 dias na área de pesquisa (Dados: Instituto de Ciências Agrárias da UFU. Organização: ALVES – Junho de 2006).

Um processo erosivo bem desenvolvido que apresenta grandes dimensões é resultado da ação de diversos períodos chuvosos sobre a paisagem. Segundo depoimentos de trabalhadores da Fazenda do Glória, a voçoroca estudada já é conhecida entre eles desde a década de 1980. Mas para esta pesquisa, os dados de chuva utilizados referem-se somente ao período compreendido entre janeiro de 2004 e março de 2006 (Fig. 32).



ocorridas entre novembro e janeiro. Portanto, considerando a afirmativa feita, o ano de 2004 foi mais erosivo do que o ano de 2005.

Foi observado no campo que a ocorrência de diferentes tipos de chuvas possuem características distintas que influenciam mais ou menos na evolução da voçoroca estudada. Se houver uma chuva concentrada em um curto espaço de tempo após alguns dias de estiagem, o solo apresentará uma boa taxa de infiltração, e uma quantidade menor de escoamento superficial será formada. Porém, nos dias de estiagem uma determinada quantidade de sedimentos era destacada pela ação dos ventos e por outros processos de erosão física, ficando em predisposição para serem transportados durante a chuva. Isto refletia positivamente no aumento da taxa de sedimentos na região da foz do canal da voçoroca principal.

Se ocorressem dias seguidos com fortes pancadas de chuva, a voçoroca evoluía por pulsos evolutivos, de forma que um intenso destacamento de material e o seu transporte era efetuado durante cada chuva. Ao cessar cada uma das chuvas fortes, a taxa de transporte de sedimentos no canal principal diminuía bruscamente, indicando que o canal acabara de passar por uma intensa “lavagem”.

O tipo de chuva que trouxe menos impactos ao avanço do processo erosivo foi aquele em que a chuva fina e constante caía por dias ou até mesmo semanas. Este tipo de chuva permite que a água se infiltre no solo com mais eficiência, evitando assim, a formação dos escoamentos superficiais por excedente hídrico nas vertentes. Com isto, o destaque de sedimentos quase não ocorria (predominância de erosão por salpicamento), mantendo a taxa de transporte de sedimentos baixa e uniforme.

Quando as chuvas finas persistiam, elas mantinham a taxa de infiltração do solo mais próximo do ponto de saturação. Em um determinado momento do período chuvoso, estas chuvas finas e duradouras passavam a ser intercaladas por pancadas de chuva forte e também duradoura. Formava-se então um quadro catast

havia a formação de um escoamento superficial na vertente com o acúmulo de muita energia hidráulica e abrasiva, que erodia com facilidade a base e as bordas dos canais, pois a ligação das partículas do solo se mostrava fraca devido à presença exagerada de água no sistema. Como reflexo disto, observava-se um aumento exorbitante na taxa de transporte de sedimentos na foz da voçoroca (Fig. 33).



Fig. 33 – A incidência de uma forte chuva na região da voçoroca provocou o aumento da vazão no canal principal. Consequentemente, houve um aumento na taxa de transporte de sedimentos, o que pode ser observado nesta imagem, que ilustra o encontro das águas transparentes de um córrego com a água barrenta da voçoroca (ALVES – Junho de 2005).

8.1.2 – O papel da taxa de infiltração na dinâmica evolutiva da voçoroca

Na área da voçoroca há uma vegetação muito incipiente, que apresenta gramíneas intercaladas por arbustos. A vegetação mais densa só é encontrada próximo aos canais fluviais. Quanto mais perto da voçoroca, menos densa é a formação vegetal, ao ponto do entorno dos canais apresentar a superfície completamente desnuda. Isto reflete na ausência da serrapilheira, que quando formada contribui positivamente no aumento da taxa de infiltração.

A incidência das gotas da chuva sobre o solo desnudo contribui na sua selagem e diminui a capacidade do solo de sofrer infiltração.

O material superficial da área de estudo, que pode ser solos, saprólitos e camadas sedimentares, variam em tipos e, conseqüentemente, têm uma variação de textura e estrutura. Na margem esquerda há uma predominância de material sedimentar, formado predominantemente por areia grossa e com baixa agregação e estruturação, que permite uma rápida infiltração da água. Na cabeceira do canal principal ocorre o Latossolo Vermelho Amarelo, com predominância de areias, permitindo-lhe uma boa taxa de infiltração. Na margem direita há saprólito de rochas sedimentares, com uma presença marcante de silte e seixos rolados. Além disso, a orientação das estruturas deste material é predominantemente na horizontal, o que dificulta muito a infiltração. Assim, a margem direita do canal pode ser considerada a região com a menor taxa de infiltração.

Para comprovar com clareza a capacidade de infiltração da região no entorno da voçoroca, foram determinados dez pontos diferentes de execução de ensaios de infiltração, sendo que todos foram realizados durante o período da seca e com o solo com pouca água. Três pontos de medição de infiltração ficaram na margem esquerda, mais três na região da cabeceira do canal principal e outros quatro pontos ficaram na margem direita (Fig. 34).

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 (Quadro 1), contribuindo na formação de escoamentos superficiais e de taxas erosivas com valores também heterogêneos. Como exemplo hipotético dos possíveis efeitos de uma taxa de infiltração heterogênea, considere que uma precipitação de 30mm ocorreu durante uma hora sobre a voçoroca. Considere agora os valores da infiltração nos pontos 4 e 9, que são respectivamente 0,05mm/min e 1,9mm/min. O resultado será que o solo do ponto 9 possui amplas condições de permitir a infiltração de toda a água caída sobre ele, enquanto que no



Fig. 34 – Pontos onde foram realizados os ensaios de infiltração. Os números azuis indicam os pontos da margem esquerda, os amarelos são aqueles da cabeceira do canal principal e os vermelhos indicam os pontos da margem direita (ALVES – Junho de 2004).

PT.	MARGEM	VERTENTE	MATERIAL SUPERFICIAL	TAXA INFILTRAÇÃO
1	Direita	Baixa	Saprolito com seixos e silte	0,3mm/min
2	Direita	Média	Saprolito com seixos e silte	0,2mm/min
3	Direita	Média	Saprolito com seixos e silte	0,4mm/min
4	Direita	Alta	Saprolito com seixos e silte	0,05mm/min
5	Cabeceira	Alta	Latossolo Verm. Amar.	0,9mm/min
6	Cabeceira	Alta	Latossolo Verm. Amar.	0,9mm/min

ponto 4 haverá um excedente hídrico de 27mm, que formará o escoamento superficial.

Segundo WIKIPÉDIA (2006), 1mm de chuva corresponde a 1 litro de água em 1 metro quadrado. Considerando isto, uma região que possua características de infiltração iguais à do ponto 4, e que tenha área de 100m², será capaz de gerar um excedente hídrico de 2,7m³ de água durante uma chuva de 30mm/h. Forma-se então um intenso escoamento superficial difuso e concentrado, resultando na acelerada ocorrência de diversos processos erosivos. Estas situações hipotéticas, baseadas em dados e em situações vivenciadas no campo, ajudaram a comprovar que a taxa de infiltração na margem direita é menor do que a taxa da margem esquerda e ainda exemplificaram a amplitude de formação de um escoamento superficial.

8.1.3 – A dinâmica do escoamento superficial no canal principal da voçoroca

Os fatores influentes no escoamento superficial na área pesquisada são bastante diversificados, podendo em alguns casos contribuir tanto positivamente quanto negativamente na formação dos diferentes escoamentos superficiais. Existem duas maneiras distintas de escoamentos superficiais, que é o escoamento difuso e o concentrado. Ocorrem também tipos diferentes de escoamentos superficiais, como os efêmeros, os intermitentes e os perenes.

Na voçoroca há uma grande quantidade de escoamentos efêmeros, que se formam tanto de forma difusa, quanto concentradamente em canais de ravinas e voçorocas. Este tipo de escoamento é o principal responsável pelo aumento do escoamento superficial, ou seja, da vazão no canal principal da voçoroca durante a estação das chuvas, principalmente pelo fato de existir uma grande malha de canais efêmeros conectados a ela (Fig. 35).

Aqueles escoamentos denominados de intermitentes sofrem influência direta da sazonalidade do clima local. O período das chuvas, intercalado por um longo período seco que chegou a apresentar até dois meses sem precipitações durante a pesquisa, faz com que o lençol freático tenha um nível flutuante, variando a sua altura de acordo com a estação do ano.

Quando chegam as chuvas o freático é abastecido lenta e gradualmente pela infiltração de água no solo, elevando o seu nível. Como resultado disso, algumas exfiltrações do lençol passam a ocorrer em locais mais elevados, principalmente nas zonas de alcova de regressão ou de queda de água existentes nas ravinas e voçorocas (Fig. 36).

A água infiltrada no solo durante as chuvas permite que os canais intermitentes continuem com escoamento superficial mesmo no início do período da seca. Mas nos últimos meses de seca, após uma longa estiagem, o nível do lençol cai, e o escoamento cessa nestes canais. O segundo maior canal na área estudada possui regime intermitente (Fig. 36), o que foi comprovado nos períodos de seca de 2004 e 2005, quando o canal permaneceu completamente seco entre os meses de agosto e outubro.



Fig. 35 – Exemplo de canal efêmero existente na área de estudo. No centro dele é possível observar uma linha de escavação feita por escoamento superficial durante a sua atividade (ALVES – Maio de 2004).

Os escoamentos perenes possuem uma grande importância no ciclo hidrológico, pois eles permanecem com fluxo de água durante todo o ano, sofrendo variações em sua vazão devido a diversos fatores de ordem natural e antrópica. É este tipo de escoamento que dá origem aos grandes rios, córregos e voçorocas úmidas, os quais sempre apresentam água

em seu leito. A fonte de água que alimenta o fluxo perene pode ter origem a partir do escoamento de excedente hídrico gerado nas encostas durante os eventos chuvosos e/ou a partir do escoamento subterrâneo. Na área de pesquisa existem dois canais com fluxo perene, que é o canal da voçoroca principal e o córrego que recebe o fluxo da voçoroca (Fig. 37).

O comportamento do escoamento superficial no canal da voçoroca principal é bastante variável ao longo do tempo. Para comprovar isto, houve um estudo concentrado sobre a vazão no interior do seu canal. A voçoroca principal possui um canal com entalhamento acentuado, podendo atingir até 8 metros de profundidade. Um entalhamento com estas proporções faz com que níveis mais baixos do freático sejam alcançados, ao ponto de abastecer o escoamento superficial durante todo o ano, possibilitando um constante estudo das taxas de vazões de seu fluxo.



Fig. 36 – Segundo canal com maior expressividade na área estudada. Ele possui características intermitentes, permanecendo completamente seco durante três meses no ano. A seta amarela indica a existência do escoamento superficial, enquanto que a linha azul indica o perfil do solo com presença de umidade e a vermelha indica o perfil de solo seco (ALVES – Setembro de 2004).

O lençol freático exfiltra em vários pontos no interior da voçoroca. A zona próxima a sua base é onde ocorre a maior parte das ressurgências, porém, a linha de umidade chega a alcançar mais de dois metros de altura a partir da base do canal, possibilitando a exfiltração de água pelas paredes da voçoroca. A maior frente de exudação perene localiza-se na cabeceira do canal, onde existe a erosão por dutos e também a formação de poças em sua base.

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. 38). A variação influenciada diretamente pelo escoamento subterrâneo apresentou uma discrepância de 65,53% entre a vazão máxima e a mínima registradas. O escoamento subterrâneo influencia de tal forma a vazão, que no início de outubro de 2004, foi evidenciado em campo que a ativação de uma nova erosão por duto, com exudação do freático, foi capaz de alterar a vazão até patamares só alcançados no final da primeira quinzena de novembro daquele ano, já com presença de chuva. Este novo duto ficou ativo somente por uma semana, e elevou a



vazão de $103 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$ para $110 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$. A atividade constante deste novo duto por um período de 24 horas, foi capaz de disponibilizar aproximadamente mais 6m^3 de água, aumentando a força hidráulica no canal e a capacidade de erosividade do fluxo.

Mesmo dentro de um único mês a variação do fluxo subterrâneo provocava discrepâncias muito acentuadas entre os valores de vazão (Fig. 39). 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.

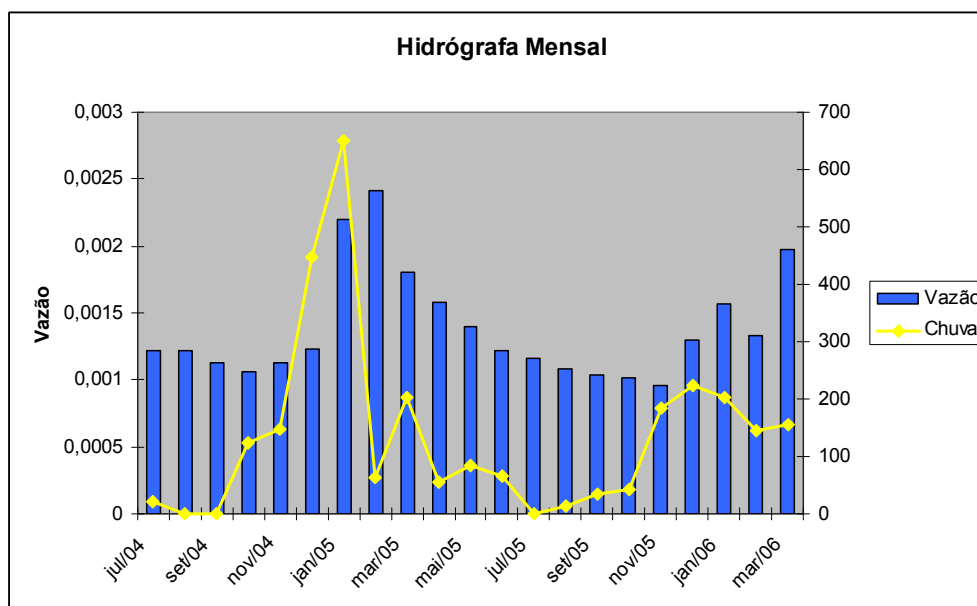
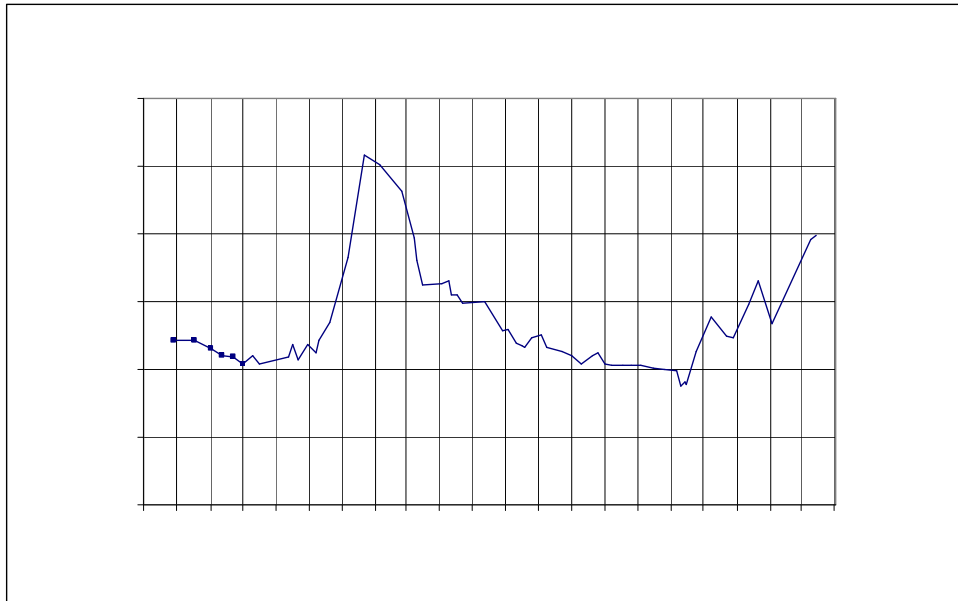


Fig. 38 – Hidrógrafa mensal no período de realização da pesquisa. Os dados foram coletados na foz da voçoroca (ALVES – Julho de 2006).

O comportamento da vazão pode variar em poucos instantes no decorrer de um dia, aumentando ou diminuindo, de acordo com exfiltrações do freático, precipitações, insolação e, momentaneamente, por queda de blocos das margens que formavam diques no

interior do canal. Para comprovar esta afirmação, foram feitas medições especiais de vazão, coletando informações em intervalos de uma hora.



nal. Isto pode ser afirmado porque a taxa de relação entre vazão e o tempo ao longo de um dia foi de 66,07%, o que representa uma alta taxa de relação.

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 $280 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$. Este dado comprova mais uma vez a grande influência que as chuvas têm sobre a dinâmica hidrológica do canal e, conseqüentemente, sobre o desenvolvimento da erosão.

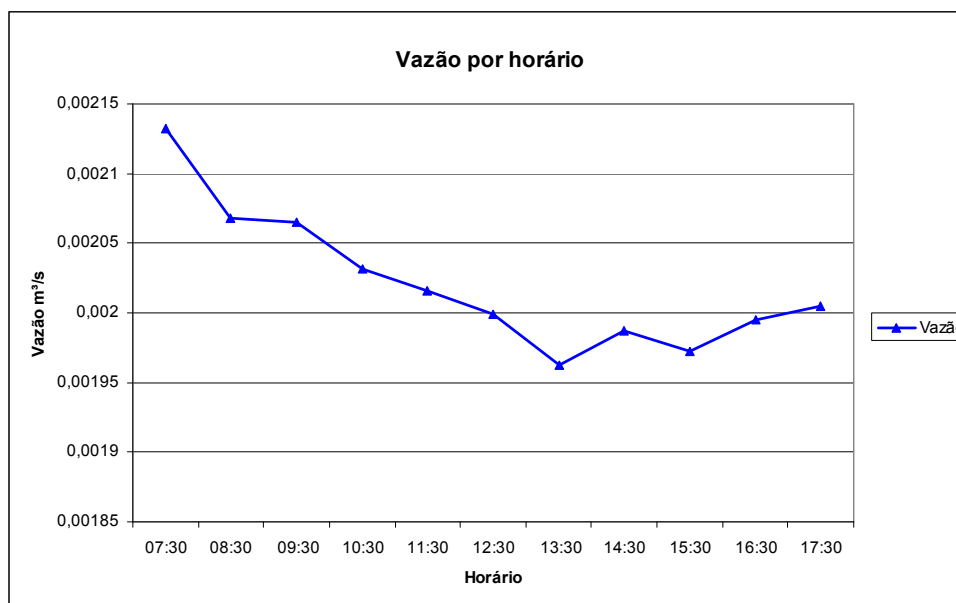


Fig. 40 – Gráfico da variação da vazão por hora no decorrer do dia 15 de março de 2006 (ALVES – Julho de 2006).

8.2 – O transporte de sedimentos no canal principal

Os processos erosivos possuem três fases distintas, que é o destacamento de material, o transporte e a deposição. Até então, foram discutidos assuntos relacionados com o

destacamento e transporte. Agora será discutido qual é a quantidade e o tipo de sedimento que é destacado na área estudada, e que consegue chegar até a foz do canal principal.

Antes da discussão sobre a dinâmica de sedimentos de um canal, é necessário relembrar algumas características fundamentais da área envolvida. A voçoroca principal possui uma extensa malha de ravinas e voçorocas efêmeras conectadas a ela e aos seus principais contribuintes, principalmente pela margem direita. Ela possui ainda três canais com características intermitentes, sendo que o principal deles conecta-se a ela no baixo curso pela margem direita e os outros dois pela margem esquerda, ambos no médio curso (Fig. 41). Toda a área de influência, ou área de contribuição, incluindo estes canais, fornecem energia e matéria na forma de sedimentos e água para a voçoroca principal, permitindo que uma complexa rede de dinâmica sedimentar seja criada.



Fig. 41 – Rede de canais responsável pelo fornecimento de energia e matéria para o canal principal. As setas indicam os principais fornecedores (ALVES – Junho de 2004).

O canal principal possui uma declividade média de 6% nos seus 350 metros de extensão. Ele é muito encaixado, apresentando profundidades que podem atingir 8 metros e largura predominante na média e baixa vertente em torno de 3 metros. As paredes do canal

possuem orientação predominantemente vertical, o que facilita o destaque de sedimentos e o seu entulhamento no interior do canal pela ação da força da gravidade.

8.2.1 – O transporte de sedimentos de fundo

Foram realizadas 72 medições diferentes para coletar dados sobre as taxas de transporte de sedimentos. A maior parte delas foi feita em dias diferentes, enquanto que uma quantidade bastante reduzida foi feita no intervalo de horas dentro de um único dia, servindo para comprovar a variação da taxa de transporte de sedimentos em um curto espaço temporal.

Na área de contribuição da voçoroca principal existem diferentes “fábricas de sedimentos” (Quadro 2), ou seja, áreas de onde o sedimento é destacado para ser fornecido ao leito principal. Onde há uma predominância de saprólito de rochas sedimentares em estágio avançado de intemperismo, há um maior fornecimento de material silto-argiloso. Existem as fontes de seixos de quartzo (claro, leitoso e escuro), as que fornecem seixos de quartzito, outras que fornecem seixos de arenitos, sendo todas com granulometria bem variada. A maior parte destas camadas de seixos é intercalada por areia quartzosa. As camadas superiores, bem intemperizadas, fornecem material laterizado e que possuem tamanhos variados.

Diversas granulometrias de material são transportadas por arraste neste leito. Estes materiais variam desde blocos de argila com diâmetro de 450mm até partículas muito reduzidas de argilas, podendo variar de acordo com a alteração da quantidade e tipo de energia e matéria existente no sistema. Isto reflete na capacidade e competência de transporte do canal.

Este canal possui capacidade e competência variáveis ao longo do ano. Se for considerado o período seco, quando o ritmo de transporte é ditado pelo fluxo exudante do escoamento subterrâneo, a maior parte dos detritos transportados possuem granulometria pequenas, variando entre 2mm e 0,053mm. Os maiores detritos nesta ocasião possuem

dimensões máximas de 10mm (competência). Porém, durante a estação chuvosa a capacidade e a competência do canal são alteradas devido ao acréscimo de energia proporcionado pelas chuvas, e a capacidade passa a ser representada por sedimentos que variam de 0,210 à 20mm, enquanto que os maiores detritos carregados pelo fluxo passam a ter até 450mm de diâmetro (Fig.42).

Para estudar a dinâmica de sedimentos de fundo no canal da voçoroca foi necessário considerar se o seu leito estava sofrendo algum tipo de intervenção, seja pela ocorrência de chuvas, pela presença de animais, queda de blocos das paredes do canal, trabalhos de dutos erosivos ou mesmo o aumento excessivo do transporte de sedimentos ocasionado pelos ventos. A existência de qualquer um destes eventos, ou a sua combinação, alterava a quantidade de matéria disponível para ser transportada e/ou a quantidade de energia disponível, aumentando a taxa de sedimentos por m^3 de água. Desta forma, pode-se afirmar que existem duas dinâmicas de sedimento de fundo, sendo uma sem intervenção ou poucas

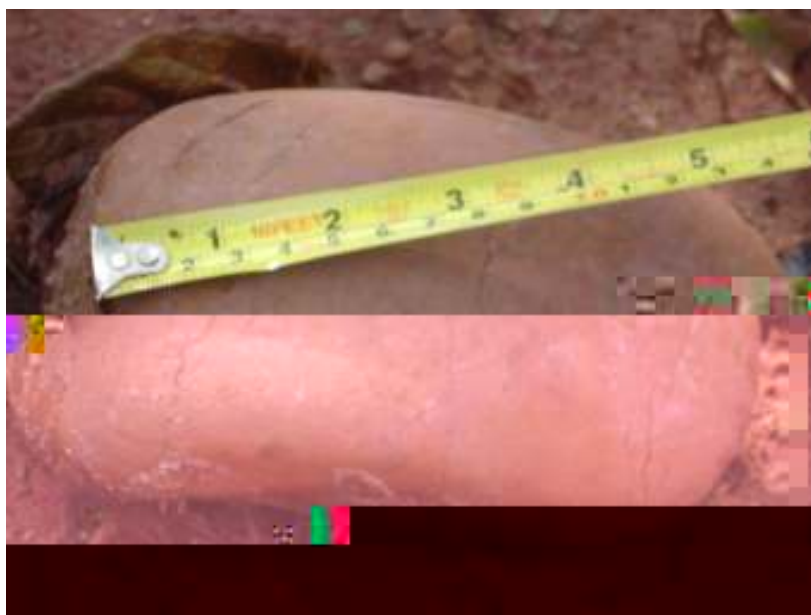


Fig. 42 – Seixo de quartzito, com 150mm e 513 gramas que foi carregado pelo fluxo do canal durante uma forte chuva (ALVES – Outubro de 2004).

intervenções e outra que apresenta algum tipo de intervenção significativa, ou mesmo tipos diferentes combinados.

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 (Fig. 43). 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 exagerada, principalmente nos instantes iniciais em que ocorriam estas intervenções.

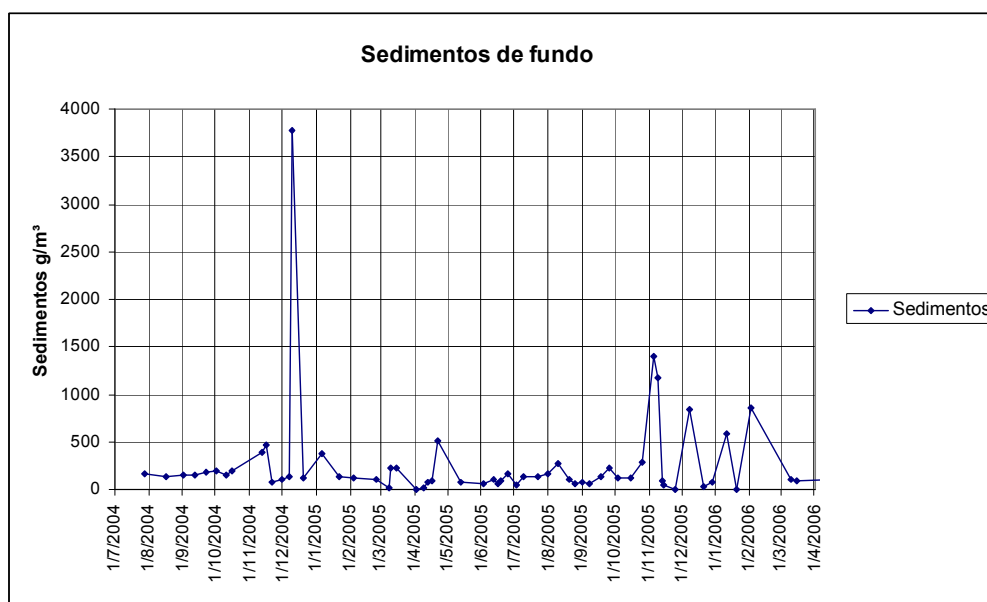


Fig. 43 – Este gráfico representa os valores de sedimento de fundo durante o tempo de coleta de dados desta pesquisa. Note que a maior parte das amostras apresentou valores bem próximos, o que indica a baixa incidência de intervenções significativas nestes dias. Os grandes picos, que representam um maior transporte de sedimentos, indicam fortes intervenções ocorrendo na voçoroca. As amostras coletadas durante as chuvas foram desconsideradas (ALVES – Julho de 2006).

As quedas de blocos e as precipitações eram os tipos de intervenções que tinham mais reflexo sobre o aumento da taxa de sedimentos de fundo. Quando os blocos se desprendiam das margens (Fig. 44), instantaneamente eles aumentavam a taxa de sedimentos.

Os locais de onde os blocos se desprendiam continuavam gradativamente fornecendo sedimentos e interferindo nas taxas de transporte e, além disso, havia a formação de diques feitos pela deposição do material caído, que quando se rompiam, também interferiam no aumento do transporte deste sedimento. Quando um destes blocos caía, formava-se uma cadeia de desequilíbrio da taxa de sedimentos, que só era interrompida quando uma forte chuva executava a lavagem do leito e das bordas do canal.

Em dezembro de 2004, uma seqüência de dias chuvosos fez com que diversas quedas de blocos ocorressem nas regiões ricas em seixos e areia quartzosa, movimentando material para dentro do canal. Com isto, o canal que tinha apresentado três dias antes uma taxa de sedimentos de fundo igual a $138,18\text{g/m}^3$, a uma vazão de $112 \times 10^{-5}\text{m}^3/\text{s}$, passou a ter um transporte de $3774,47\text{g/m}^3$, sob uma vazão idêntica de $112 \times 10^{-5}\text{m}^3/\text{s}$. Após dez dias que apresentaram algumas fortes pancadas de chuva, foi feito o registro de normalização do transporte de sedimentos de fundo, que passou a ser de $114,56\text{g/m}^3$, com um regime de vazão de $135 \times 10^{-5}\text{m}^3/\text{s}$.



Fig. 44 – Queda de blocos da margem para dentro do canal da voçoroca (ALVES – Novembro de 2004).

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 $22.811,01 \text{g}/\text{m}^3$ 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. 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 praticamente nula (Fig. 45). Fica claro então que outros fatores possuem relações mais fortes com a produção de sedimentos de fundo, como por exemplo, a queda de blocos das paredes da voçoroca.

Assim como foi feito no estudo da vazão, também foram realizadas algumas medições feitas com intervalos de uma hora em um único dia para a obtenção de dados sobre a dinâmica de sedimentos de fundo (Fig. 46). A partir disto, foi possível verificar o grau de relação entre as variáveis de sedimento de fundo e vazão no decorrer de um dia (Fig. 47).

A análise da relação entre a vazão e a taxa de transporte de sedimentos de fundo mostrou que a variação da vazão influenciou em 26,53% o transporte deste sedimento. Contrapondo com esta evidência, em 73,47% dos casos o valor da taxa de sedimentos foi influenciado por outros fatores influentes, que poderiam estar agindo de forma simples ou combinados entre si.

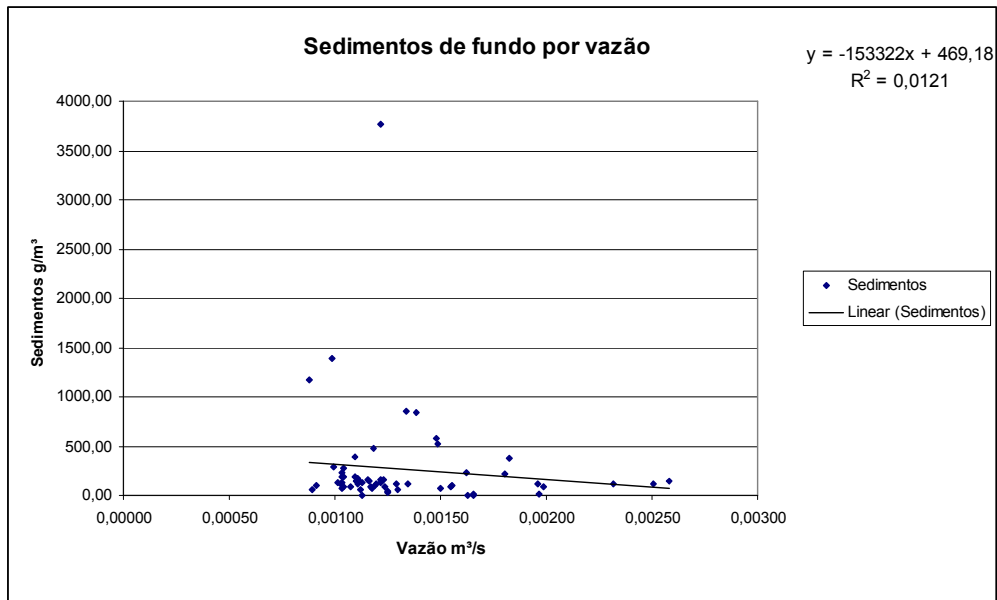


Fig. 45 – Gráfico da relação entre sedimentos de fundo e a vazão influenciada apenas pelo freático. O valor de R^2 é tão incipiente que descarta qualquer relação existente entre esta vazão e a produção de sedimentos de fundo (ALVES – Julho de 2006).

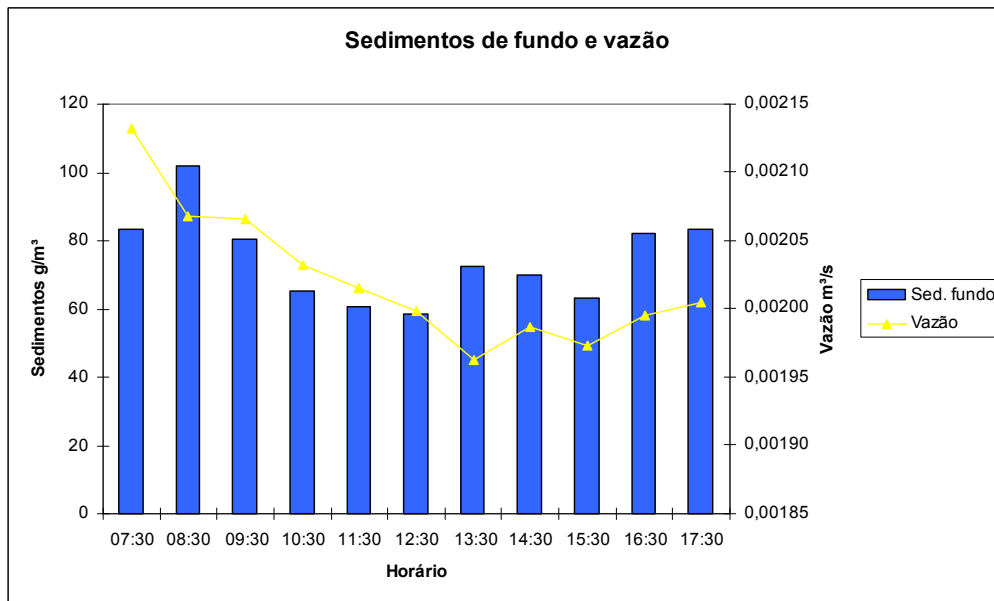


Fig. 46 – Gráfico representativo dos resultados obtidos durante um dia de campo em março de 2006. Nele é possível observar a variação da vazão e de sedimentos de fundo (ALVES – Agosto de 2006).



Fig. 48a – Vertedouro durante o período seco de 2004 (ALVES – Setembro de 2004).



Fig. 48b – Vertedouro após a primeira chuva do período chuvoso de 2004/2005 (ALVES – Outubro de 2004).

Os sedimentos de fundo coletados na pesquisa foram analisados de forma

2mm, areia grossa, areia média, areia fina e silte-argila, facilitando a determinação da capacidade e competência de transporte do fluxo em um determinado momento.

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 (Fig. 49).

Os valores de silte-argila mantiveram-se inferiores a 1%. Os valores de transporte de ambos os seixos também permaneceram baixos. Em uma ocasião, quando os dados foram coletados cerca de uma hora após uma chuva, a quantidade de seixos subiu, havendo uma predominância de seixos com dimensões entre 3,35mm e 2mm, que representou 27,41% do total da amostra. Durante a chuva em que a vazão aumentou para $719 \times 10^{-5} \text{m}^3/\text{s}$, houve uma predominância de seixos maiores que 3,35mm, que representou 69,90% do total do peso da amostra coletada.

O gráfico da figura 49 mostra dois picos descendentes muito fortes na quantidade de areia grossa sendo transportada. Estes picos ocorreram nos meses de março e junho de 2005 e foram registrados sobre a influência direta de chuvas. O forte transporte de areia grossa que antecedia e sucedia as medições foi substituído por um transporte muito fraco

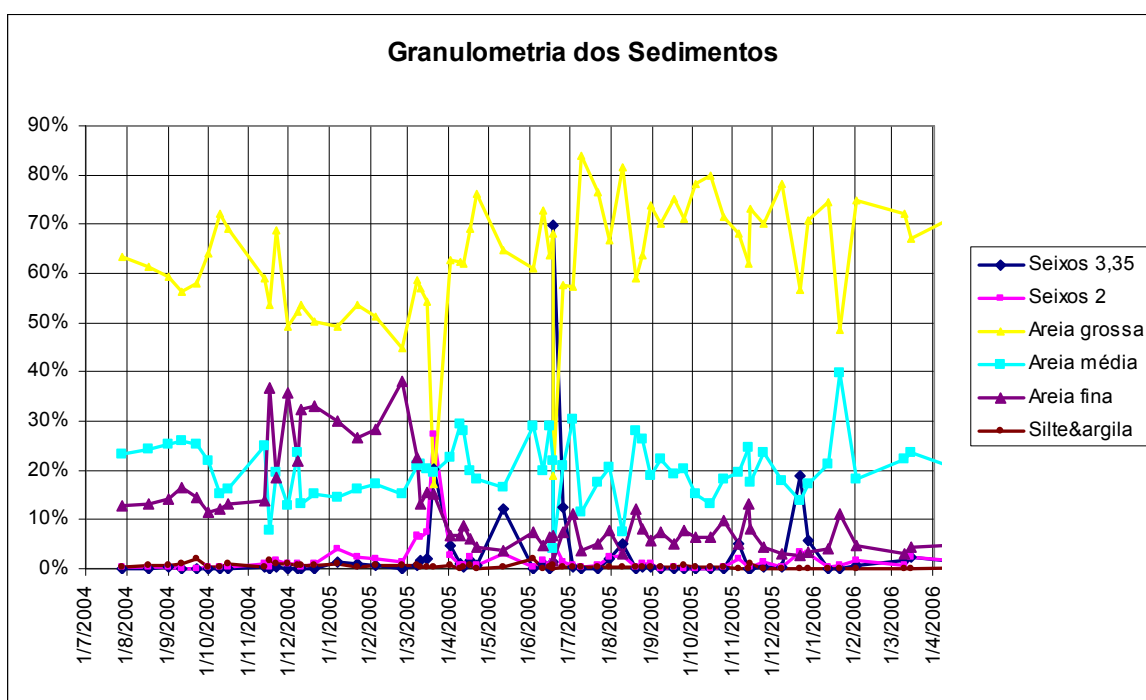


Fig. 49 - Gráfico da percentagem granulométrica dos sedimentos de fundo coletados no vertedouro (ALVES – Agosto de 2006).

desta granulometria, enquanto que os grãos com granulometria maiores assumiam as maiores concentrações no transporte.

O período chuvoso de 2004/2005 foi mais intenso do que o período chuvoso de 2005/2006. Ao analisar o transporte de areia grossa nestes dois períodos, mais precisamente entre dezembro e março de cada período, será observado que a presença maior de chuvas no período de 2004/2005 proporcionou um menor transporte de areia grossa, o qual manteve-se com uma variação máxima de 6,55% entre uma e outra medição. A irregularidade e a concentração reduzida das chuvas entre dezembro e março de 2005/2006, propiciou uma maior taxa média de transporte de areia grossa e uma maior variação entre uma e outra medição, apresentando picos de transporte entre medições de até 26,14%.

A única classe granulométrica que se mostrou influenciada diretamente pela variação da taxa de vazão foi a de seixos $> 3,35\text{mm}$. A análise da relação das variáveis seixo $> 3,35\text{mm}$ por vazão demonstrou um valor de relação de 57,9%. O transporte de areia grossa sofreu uma média influência da variação da vazão, de modo que esta relação apresentou uma taxa de 20,7%. O valor da relação entre vazão e areia média foi baixo, tendo um índice de 8,7%. O transporte das outras classes granulométricas praticamente não foi influenciado pela variação da vazão, tendo em sua maior parte índices de relação inferiores a 1%.

De modo geral a relação entre as variáveis de vazão e as diferentes classes granulométricas manteve-se baixa. Isto comprova que a variação granulométrica ocorrida em cada amostra foi influenciada pelos outros fatores que também influenciam na produção e transporte de sedimentos neste canal. Um destes outros tipos de fatores influentes que merece ser destacado é a queda de blocos das paredes do canal para o seu interior. Este tipo de influência pode ocorrer em qualquer época do ano, e de maneiras diferentes, hora aumentando ou diminuindo o fluxo de sedimentos com porcentagens de granulometrias diferentes.

A maior parte da coleta de dados foi feita sobre um regime de vazão médio de $150 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Com este índice médio de vazão havia claramente a predominância de transporte de areia grossa (Fig. 50), representando de 84,09% a 49,32% da composição das amostras. A areia média vinha na seqüência, representando o segundo maior transporte e com índices que compunham as amostras variando entre 30,27% e 7,74%. Bem próximos destes índices da areia média estavam os da areia fina, apresentando desde taxas de 36,62% até 2,54% do total das amostras analisadas.

Quanto mais a vazão aumentava, mudava mais a composição granulométrica dos sedimentos de fundo. A uma vazão média de $250 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, houve uma grande mudança na composição dos sedimentos de fundo. Neste caso o índice de concentração das diferentes areias se aproximaram uns dos outros. A areia grossa apareceu nas composições com índices variando de 53,69% a 17,15%, enquanto que o índice de areia média variou entre 19,65% e 15,23% e o da areia fina variou de 38,22% a 15,20%.

As linhas de tendências adicionadas ao gráfico da figura 50, evidenciaram que ao aumentar a vazão, maiores serão as variações nas concentrações das diferentes granulometrias formadoras do sedimento de fundo. As tendências mostradas por estas linhas 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 $470 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

Para comprovar a variação nas composições granulométricas do sedimento de fundo ao longo de um dia, foram feitos acompanhamentos diários, com retirada de amostras a cada hora. Em uma destas medições diárias, que foi efetuada em março de 2006, foi comprovado que a taxa de areia grossa permaneceu como a mais elevada durante toda a medição (Fig. 51), com valores que representavam de 76,72% a 58,77% do total das amostras.

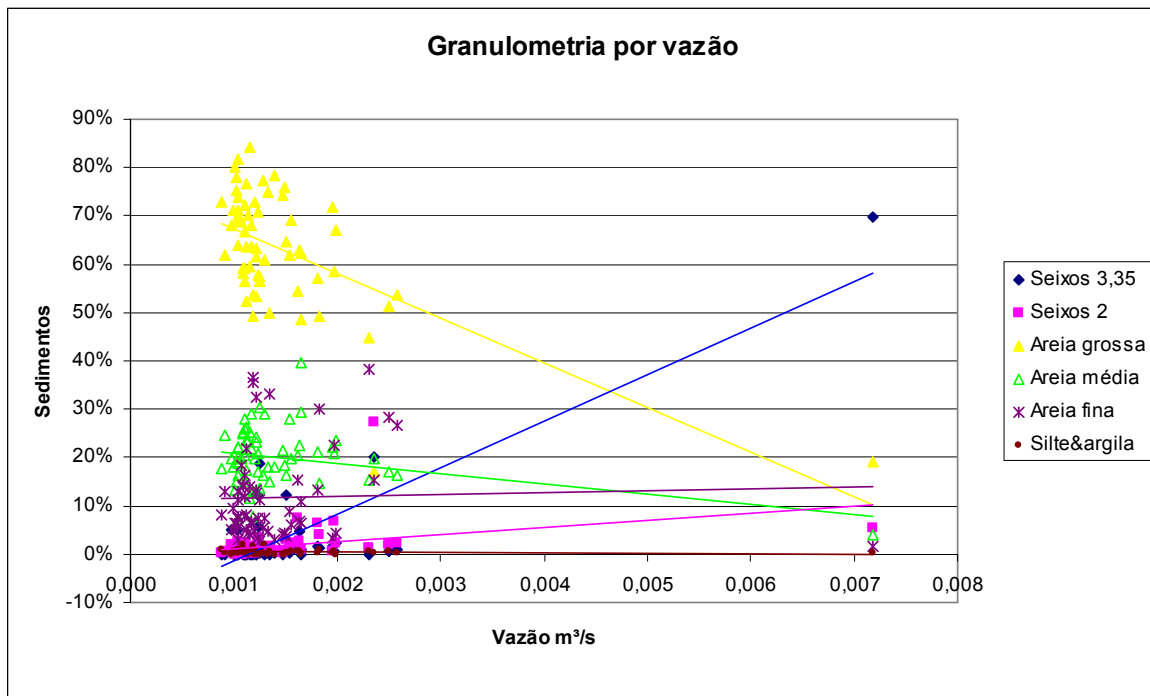
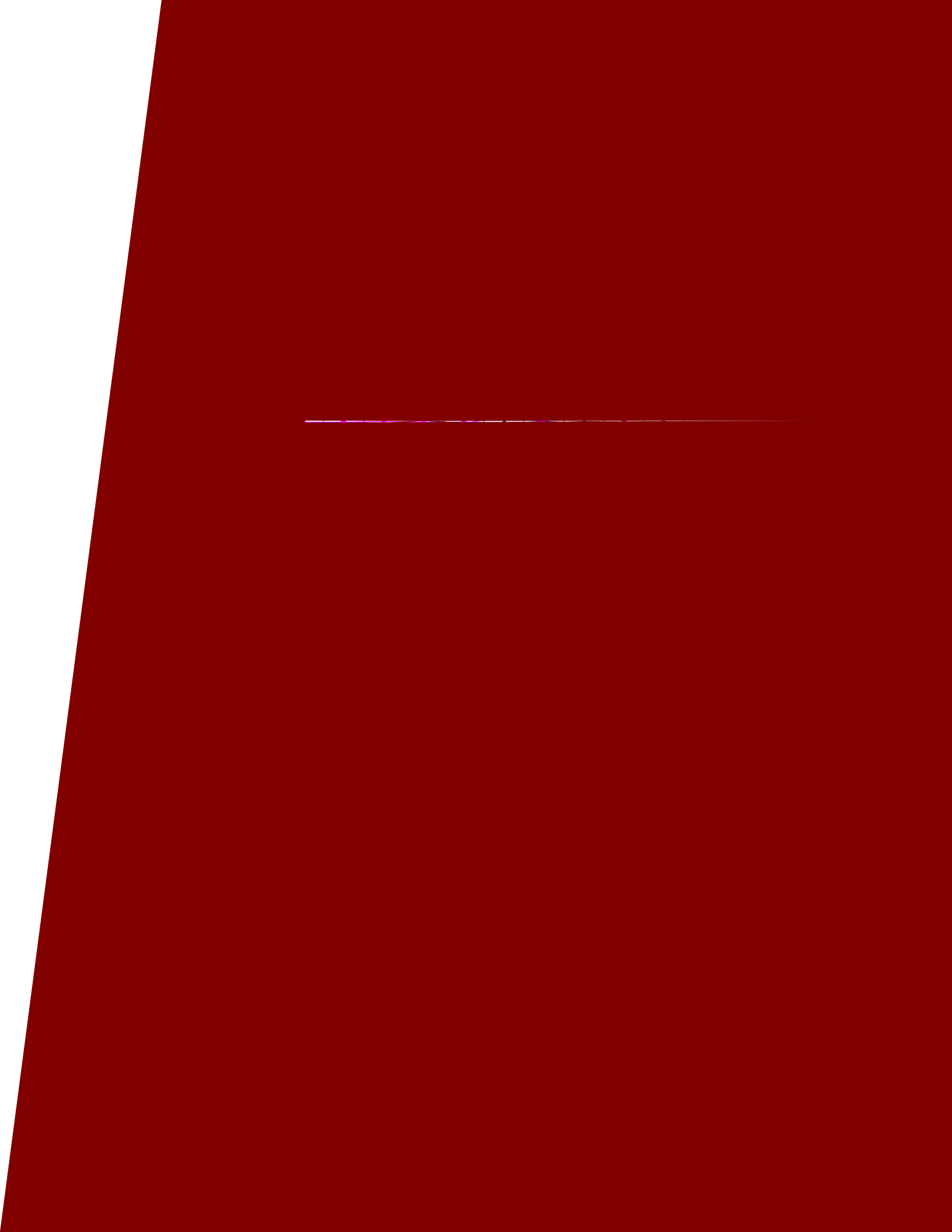


Fig. 50 – Gráfico das variáveis de vazão e das diferentes granulometrias formadoras das amostras de sedimentos de fundo e suas linhas de tendências em relação a variação da vazão (ALVES – Agosto de 2006).



alcançado. Nas horas subseqüentes foi registrada uma tendência de retorno da vazão, taxa de sedimentos e concentração de areia grossa e areia média aos patamares iniciais de quando esta medição foi iniciada. Na última medição a vazão medida foi de $201 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, a taxa transporte de sedimento era de $83,57 \text{ g/m}^3$, de concentração de areia grossa era de 66,32% e a de areia média era de 27,13%.

9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Homem, com suas diversas intervenções no meio natural, e sem os devidos cuidados com a preservação ambiental, vem cada vez mais desencadeando a formação e o desenvolvimento de processos erosivos nas mais variadas escalas, desde áreas recobertas pelos efeitos do salpicamento até as grandes voçorocas. Este quadro de intervenção e falta de cuidado não é diferente na região de Uberlândia, onde foi desenvolvida a pesquisa. A região foi ocupada por fazendeiros e por centros urbanos, o que proporcionou a retirada da cobertura do solo e a água da chuva passou a agir sobre as superfícies desnudas das vertentes, aumentando cada vez mais as quantidades e dimensões dos processos erosivos.

Ao estudar a voçoroca na Fazenda do Glória, foi constatado que ela encontra-se em pleno desenvolvimento, e que este desenvolvimento 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. Mais 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, que apresentam 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.

A evolução da voçoroca deve ser considerada sobre duas visões diferentes, quando há presença de chuvas e quando não há. Durante as chuvas, existe uma forte relação entre a vazão e a produção de sedimentos de fundo. Mas na seca, a relação entre vazão e

produção de sedimentos diminui consideravelmente, indicando que outros fatores influem com maior intensidade sobre o processo, como por exemplo, a queda de blocos das margens para o interior do canal. A capacidade e competência do canal não são alteradas de maneira considerável pela simples variação da vazão ocasionada pela flutuação do freático. Entretanto, quando a variação da vazão é influenciada diretamente pelo escoamento formado durante as chuvas, a capacidade e competência do canal aumentam exorbitantemente.

A evolução deste processo erosivo causa uma série de impactos negativos ao meio ambiente, a economia e também para o social. Parte dos sedimentos produzidos durante a evolução deste processo erosivo são direcionados 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.

Para diminuir os impactos ambientais, econômicos e sociais gerados pelos processos erosivos, é necessário investir em planos de manejo das micro-bacias hidrográficas, 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, que são as 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.

Os resultados desta pesquisa foram obtidos através de um esforço grande por parte do pesquisador e orientador. Não houve apoio da Universidade com as questões de transporte, materiais e para participação em eventos. O transporte da cidade para o campo era feito em carro próprio, as fotos aéreas foram tiradas de um ultraleve alugado pelo pesquisador em uma

cidade vizinha e os materiais para construção dos dispositivos de coleta de dados foram comprados com recursos próprios. É bom ressaltar que a Universidade ajudou cedendo espaço em uma de suas fazendas e possibilitou que o pesquisador utilizasse equipamentos do Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos para análise das amostras.

A coleta de dados deste tipo de trabalho é extremamente difícil e desgasta muito os pesquisadores, visto que a voçoroca estudada estava bastante desenvolvida e apresentava paredes íngremes, lama em alguns locais da base, o terreno superior era acidentado e apresentava alguns animais peçonhentos como cobras e aranhas. Na região da foz, frequentemente era necessário retirar com pás e enxadas uma grande quantidade de sedimentos que se acumulavam na saída do vertedouro, o que era um trabalho pesado, cansativo e demorado que era realizado pelo próprio pesquisador. Toda coleta e análise do material também foi realizada pelo pesquisador, e somente em poucas ocasiões ele recebeu algum tipo de ajuda.

Ao analisar todo contexto de realização desta pesquisa, concluí-se que hoje em dia a junção de inteligência, esforço e trabalho ainda é pouco valorizada em nosso país. Ao contrário do que ocorre em países mais desenvolvidos, onde aqueles que trabalham arduamente são reconhecidos. O Governo Federal e as próprias instituições teriam que dar mais apoio aos pesquisadores, que são pessoas importantes para o desenvolvimento do Brasil. Por mais esforçado que os pesquisadores sejam, a falta de apoio acaba desencadeando desânimo e o desenvolvimento de nosso país pode ficar comprometido.

10 – REFERÊNCIAS

ALVES, Ricardo Reis; ALVES, Roberto Reis; RODRIGUES, Silvio Carlos. Dinâmica de Sedimentos em Canal de Voçoroca Durante a Estação Seca: estudo de caso na cidade de Uberlândia-MG. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia e Encontro Sul-Americano de Geomorfologia, V e I. 2004, Santa Maria-RS. **Anais: Geomorfologia e Riscos Ambientais**. Santa Maria – RS. UFSM, 2004.

ALVES, Ricardo Reis; ALVES, Roberto Reis; RODRIGUES, Silvio Carlos. Processos Erosivos ao Longo da Bacia Hidrográfica do Córrego Lagoinha. In: Simpósio Regional de Geografia. Uberlândia: UFU, 2002.

ALVES, Roberto Reis; ALVES, Ricardo Reis; RODRIGUES, Silvio Carlos. Impactos Ambientais de processos erosivos em micro bacia hidrográfica no município de Uberlândia. In: **Simpósio Nacional de Geomorfologia**, 4. São Luis, 2002.

ALVES, Roberto Reis & RODRIGUES, Silvio Carlos. **Monitoramento Evolutivo de Secções Transversais em Voçoroca: análise estatístico-morfométrica de perda de solo no município de Uberlândia-MG**. Uberlândia: UFU, 2005. Dissertação de Mestrado em Geografia.

AZEVEDO, A. Carlos de & DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz. **Solos e Ambiente: uma introdução**. 1ed. Santa Maria-RS: Pallotti, 2004.

BACCARO, Claudete A. Dallevedove. Processos erosivos no Domínio do Cerrado. In: GUERRA, Antônio J. Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (organização). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 195-227p.

BACCARO, Claudete A. Dallevedove. Os Estudos Experimentais Aplicados na Avaliação dos Processos Geomorfológicos de Escoamento Pluvial em Área de Cerrado. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 5 (9 e 10): 55-61, Janeiro/Dezembro, 1993.

BARBOSA, A. S. Sistema Biogeográfico do Cerrado: alguns elementos para sua caracterização. Contribuições 3. Goiânia, 1996.

BRANDÃO, Viviane dos Santos; PRUSKI, Fernando Falco; SILVA, Demetrius David da. **Infiltração da água no solo**. 2ed. Viçosa-MG: Editora UFV, 2003.

CARVALHO, N. O; FILIZOLA, Jr; SANTOS, P. M. C; LIMA, J. E. F. W. **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**. 1ed. Brasília-DF : ANEEL/SIH, 2000, v.1. p.132.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia Fluvial**. 2ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1980.

CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T (organização). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

CUNHA, S. B. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T & CUNHA, S. B. (organização). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 337-375p.

FERNANDES, N. F. Movimentos de Massa: uma abordagem geológico-geomorfológica. In: GUERRA A. J. T. & CUNHA, S. B. (organização). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 123-185p.

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

IBAMA. **Avanço da Fronteira Agrícola Sobre os Cerrados**. Disponível em: <http://www2.ibama.gov.br/~geobr/Livro/anexos/anexo3.pdf>. Acessado em maio de 2006.

LEOPOLD, Luna B. Channel Form and Process. In: **Fluvial process in geomorphology**. 2ed. Nova York: Dover publications, 1995. 151-195p.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

MAFRA, Neusa M. Costa. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (organização).

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

OLIVEIRA, Marcelo A. Teixeira de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (organização). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 57-99p.

POESEN, J; DESMET, P. J. J; GOVERS, G; VANDAELE, K. Importance of slop gradient and contributing area for optimal prediction of the initiation and trajectory of ephemeral gullies. **Catena**. Amsterdam-Netherlands. V37. Outubro de 1999. 377-392p.

POESEN, J. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**. Amsterdam-Netherlands. V50. Janeiro de 2003 (número especial) 91-133p.

RODRIGUES, S. C. Análise da Fragilidade do Relevo: abordagem empírico experimental. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia, 12 (23): 167-189, jan./jun. de 2000.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia e diagnósticos ambientais. In: **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. 5ed. São Paulo: Contexto, 2000.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e preservação de processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T; SILVA, A. S; BOTELHO, R. G. M. (organização). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 229-267p.

SCHINEIDER, M. de Oliveira. **Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente**. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

SILVA, A. Maria. **Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos**. Uberlândia: UFU, 2000.

SILVA, A. M; SCHULZ, H. E; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. 1ed. São Carlos-SP: Rima, 2004.

SUGUIO, Kenitiro. **Introdução à Sedimentologia**. 1ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.

VILLELA, S. M. & MATOS, A. **Hidrologia Aplicada**. 1ed. Recife-PE: MC Graw-Hill, 1977.

WIKIPEDIA. **Circulação de água na Terra**. Disponível em: www.wikipedia.com.br. Acessado em Julho de 2006.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)