

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA
DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO
MUNICÍPIO DE IPAMERI-GO.**

ERICA APARECIDA VAZ ROCHA

**UBERLÂNDIA - MG
2007**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA
EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE
IPAMERI-GO.**

ERICA APARECIDA VAZ ROCHA

**UBERLÂNDIA - MG
2007**

ERICA APARECIDA VAZ ROCHA

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA
EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE
IPAMERI-GO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Sílvio Carlos Rodrigues.

**Uberlândia – MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2007**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Erica Aparecida Vaz Rocha

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM
ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE IPAMERI-GO.**

Prof. Dr. Sílvio Carlos Rodrigues (orientador)

Prof. Dr. Idelvone Mendes Ferreira

Prof. Dr. Adriano Rodrigues dos Santos

Data: ____/____ de ____.

Resultado: _____.

A Celestial, meu marido
pelo incentivo, apoio e amor em todos os
momentos...

Agradecimentos:

Ao amigo e professor Sílvio Carlos Rodrigues pela orientação no conhecimento e no crescimento profissional, o que só foi possível devido a confiança, a paciência e o respeito que a mim dedicou.

Ao meu querido marido Celestial, meus lindos filhos Matheus e Gabriel e minha amável mãe Ana Maria pelo companheirismo, amizade, carinho e principalmente pela compreensão nas horas difíceis.

Aos meus irmãos Edu, Renato e Graciele pelo incentivo, apoio e confiança.

Ao Prof. Dr. Idelvone Mendes Ferreira e Prof. Dr. Adriano Rodrigues dos Santos por terem aceitado participar da banca e pelo auxílio na conclusão deste trabalho.

Aos amigos Malaquias e Rosângela pela amizade, carinho e o apoio técnico na realização desta pesquisa.

Ao pessoal do Laboratório de Engenharia Civil, pelo tempo dedicado para a realização dos ensaios.

Aos meus amigos e colegas de trabalho do Colégio Comercial de Ipameri, Colégio Estadual Professor José Pio de Santana e Colégio Objetivo pelo apoio e compreensão nas minhas ausências.

Aos amigos do Laboratório de Geomorfologia e Erosão dos Solos – LAGES, em especial a Paulinha, toda minha gratidão.

Aos meus grandes amigos e companheiros de mestrado Fernando e Ricardo, valeu!

Aos meus amigos especiais que sempre estiveram comigo, de todo meu coração: Muito Obrigada!

"De repente, a vida começou a impor-se,
a desafiar-me com seus pontos de
interrogação, que se desmanchavam para
dar lugar a outros... Eu liquidava esses
outros e apareciam novos".

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

Palavras-chave: processos erosivos, voçoroca, monitoramento.

Esta dissertação apresenta uma revisão bibliográfica sobre os aspectos fundamentais do processo erosivo e os fatores que condicionam o seu desenvolvimento. Para demonstração de sua evolução foram utilizadas técnicas de monitoramento, com a intenção de relacionar dados de chuva, características do solo e cobertura vegetal. Foi selecionada uma ramificação que apresentava grande atividade, para determinação de sua evolução em um período de dois anos. Foi instalado no interior da voçoroca um vertedouro para monitoramento da vazão e coleta de sedimento transportado, o material coletado foi analisado no laboratório de Geomorfologia e erosão de solos – UFU, para obter informações sobre a granulometria. Através da técnica de estaqueamento foi possível quantificar a evolução das bordas da voçoroca e identificar os mecanismos responsáveis, tais como: alcovas de regressão, erosão por queda d'água, sendo, portanto que o escoamento superficial é o fator principal para o desencadeamento destes processos. A análise granulométrica do material determinou que a dinâmica de transporte varia de acordo com o índice pluviométrico que altera o volume da vazão que conseqüentemente aumento a sua capacidade de transporte. O material coletado nas paredes da voçoroca apresentou um índice de plasticidade entre 6 e 15% indicando que é uma área que apresenta média resistência a erosão interna, o que determina que o principal fator responsável pela dinâmica erosiva é o escoamento superficial. Portanto, a evolução da voçoroca tem como causa os efeitos de fatores naturais como as características do solo, já que este pode ser dividido em três camadas sendo a superior uma camada mais argilosa, a segunda composta por seixos de quartzo originado da própria rocha e uma terceira que é a rocha alterada, dessa forma pode vir a explicação para os movimentos de massa, já que a terceira camada é mais arenosa é portanto mais friável, um outro fator é a topografia que contribui para a formação do escoamento superficial e as características das chuvas. E, as atividades antrópicas que muito contribui para a acelerar os processos erosivos, devido a substituição da vegetação natural e o uso inadequado do solo.

ABSTRACT

Key Words: Erosion process, gully, monitoring,

The municipal district of Ipameri has his economy based in agricultural activities that it unchained a series of erosive processes. This study had as objective a bibliographical revision about the fundamental aspects of the erosive process and the factors that condition his development. For demonstration of her evolution monitoring techniques were used, with the intention of relating rain data, characteristics of the soil and vegetable covering. It was selected a ramification that presented great activity, for determination of her evolution in a period of two years. It was installed inside the gully a drain for monitoring of the flow and collection of transported sediment. The collected material was analyzed in the Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos -UFU, to obtain information on the granulometry. It was possible to quantify the evolution of the borders of the gully and to identify the responsible mechanisms. The: regression, erosion goes fall of water, therefore that the superficial drainage i the main factor goes the development of these process. The analysis granulometry of the material determined that the transport dynamics vary in agreement with the pluviometric index that alters the volume of the flow that consequently increase his/her transport capacity. The material collected in the walls of the gully presented a plasticity index between 6 and 15% indicating that it is an area that presents measured resistance the erosion interns, what determines that the main responsible factor for the erosive dynamics is the drainage superficial. The evolution of the gully has as cause the effects of natural factors as the characteristics of the soil, because it is treated of a soil that can be divided in three layers being to superior a loamier layer, second composed by pebbles of originated quartz of the own rock and a third that it is the altered rock, in that way the explanation can come for the mass movements, since the third layer is sandier is therefore crumblier, another factor is the topography that contributed to the formation of the superficial drainage and the characteristics of the rains. The erosion of the soil manifest as the biggest problem for the people who make the use of the land.

SÚMARIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS DA PESQUISA	04
2.1. Objetivo Geral	04
2.2. Objetivos específicos	04
3. JUSTIFICATIVA	05
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO- METODOLÓGICA	08
4.1. Processos erosivos	08
4.2. Fatores controladores dos processos erosivos	12
4.2.1. Topografia	14
4.2.2. Solo	15
4.2.3. Cobertura vegetal	19
4.2.4. Clima	20
4.3. Escoamento Superficial	21
4.4. Escoamento Subsuperficial	23
4.5. Ravinas e voçorocas	24
5. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS	34
5.1. Revisão Bibliográfica	35
5.2- Trabalho de campo	35
5.3. Laboratório	36
5.3.1. Determinação do Limite de Liquidez e Plasticidade	36
5.3.2. Análise Granulométrica	37
5.4- Monitoramento da voçoroca com estacas.	38

5.5. Levantamento Fotográfico	39
5.6. Vertedouro	39
5.7- Vazão	41
6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	42
6.1. Geologia	42
6.2. Geomorfologia	44
6.3. Solos	45
6.4. Aspetos Bióticos	48
6.4.1. Aspectos da vegetação	48
6.4.2. Aspectos da Fauna	50
6.5. Ocupação do solo do município	51
6.6. Clima	54
6.7. Hidrografia	55
6.8. Histórico de ocupação	58
7. RESULTADOS	62
7.1. Descrição da voçoroca	62
7.2. Monitoramento com estacas	75
7.3. Descrição dos perfis de alteração	81
7.4. Transporte de partículas por fluxos concentrados no interior da voçoroca	86
8.0. CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
9.0. REFERENCIAS	95

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa de localização de Ipameri no Estado de Goiás e a área de estudo.	03
2. Descrição diagramática do processo erosivo	18
3. Balanço hidrológico	21
4. Morfologia de sulcos e voçorocas	26
5. Modelo para ravinas e voçorocas.	27
6. Aparelho utilizado para determinação do limite de plasticidade “CASAGRANDE”	37
7. Vertedouro montado no interior da voçoroca.	41
8. Medição da variação da vazão.	42
9. Formas de relevo encontradas no município	45
10. Vista geral do solo aflorante nas paredes da voçoroca	47
11. Cultura de soja numa colina próxima ao Córrego Vai e Vem	52
12. Plantação de algodão na região dos topos planos	53
13. Cachoeira do Vai Vem	56
14. O Córrego Vai e Vem	57
15. Lençol aflorado no interior da voçoroca em período chuvoso.	62
16. Margem esquerda da voçoroca, vegetação mais desenvolvida.	63
17. Margem direita da voçoroca, área transformada em pastagem.	64
18. Ramificação monitorada.	64
19. Alcovas de regressão formada pelo escoamento superficial.	65
20. Caminho formado pelo pisoteio do gado.	66
21. Escoamento superficial concentrado sendo desviado para fora da área da voçoroca.	67

22. Representação da dinâmica de escoamento superficial na área estudada.	68
23. Fluxo sendo desviado para fora da área da voçoroca.	69
24. Fluxo desviado para a estrada.	69
25. Fluxo concentrado na estrada.	69
26. Processo de encachoeiramento do fluxo superficial na borda da voçoroca	70
27. Erosão por queda-d'água	70
28. Sulco formado pelo escoamento superficial no interior da voçoroca.	71
29. Rachaduras na parede da voçoroca local onde ocorreu a queda do talude	72
30. Formação de Piping	73
31. Canal feito por um animal	74
32. – Representação da forma como foram dispostas as estacas para o monitoramento da evolução desta ramificação na área de pesquisa	76
33. Escoamento superficial concentrado na cabeceira da voçoroca	79
34. Representação do perfil de alteração. Parede da voçoroca	81
35. Escorregamentos das paredes da voçoroca, processo que contribui para o avanço das bordas da voçoroca.	84
36. Dispositivo usado para a coleta de sedimentos	87
37. Determinação da vazão	87
38. Foto tirada no dia 14/09/2006	88
39. Transporte de material no interior da voçoroca. Blocos de 25 cm	89
40. Representação da variação da vazão em três dias monitorados	91
41. Variação no transporte de sedimentos	91

QUADROS

Quadro 01 - Principais rebanhos da região Centro Oeste entre 1985 e 1996	60
Quadro 02 - Medidas obtidas com o monitoramento feito com estacas no período de 11/12/2004 a 26/07/2005 (período chuvoso).	78
Quadro 03 - Medidas obtidas com o monitoramento feito com estacas no período de 26/07/2005 a 26/11/2005 (período chuvoso).	79
Quadro 04 - Medidas obtidas com o monitoramento feito com estacas no período de 28/11/2005 a 15/09/2006.	80
Quadro 05 – Resultado da análise granulométrica.	83
Quadro 06 – Índice de Plasticidade.	85
Quadro 07 – Dados do Peneiramento	92

INTRODUÇÃO

A preservação do meio ambiente e dos recursos naturais tornou-se atualmente uma grande preocupação, e o solo devido a sua importância na natureza e sua utilização pelo homem, está entre os recursos naturais a serem preservados.

Com as atividades agropecuárias que vem sendo intensificada para suprir as necessidades do homem, aliada ao uso da terra de maneira inadequada, sem a necessária preocupação com a preservação de suas potencialidades, acaba por gerar perdas irreversíveis, entre elas está o aumento da suscetibilidade à erosão, que causa modificações no relevo, remoção da camada superficial e fértil do solo, assoreamento dos rios, além de consequências indiretas.

Os prejuízos causados pela erosão existem a muito tempo, porém o que mais preocupa é a ação do Homem, a medida que intensifica suas atividades utilizando as terras além de sua capacidade. Felizmente, a cada momento, surgem novos métodos para se estabelecer áreas de maior risco à erosão, a proporção das perdas de solo, medidas de contenção, possibilitando, assim, uma atuação na tentativa de controle.

Sendo então a erosão de solos uma das principais causas da diminuição da produtividade dos solos agricultáveis, torna-se necessário o conhecimento dos fatores que a determinam, bem como a magnitude de cada um deles e de suas interações, possibilitando assim o seu uso e manejo de maneira adequada, com perdas mínimas de sua produtividade pelos processos erosivos.

Para isso há vários métodos para a identificação e determinação de áreas susceptíveis a erosão que podem ser obtidos através de monitoramento da evolução de processos erosivos, diagnóstico de ocorrência e cadastramentos, entre os quais está a estimativa dos parâmetros envolvidos com perdas de solo por erosão, e também o uso de modelos de prognóstico de

perdas de solo para avaliar a capacidade de resistência que uma determinada área apresenta frente ao processo erosivo.

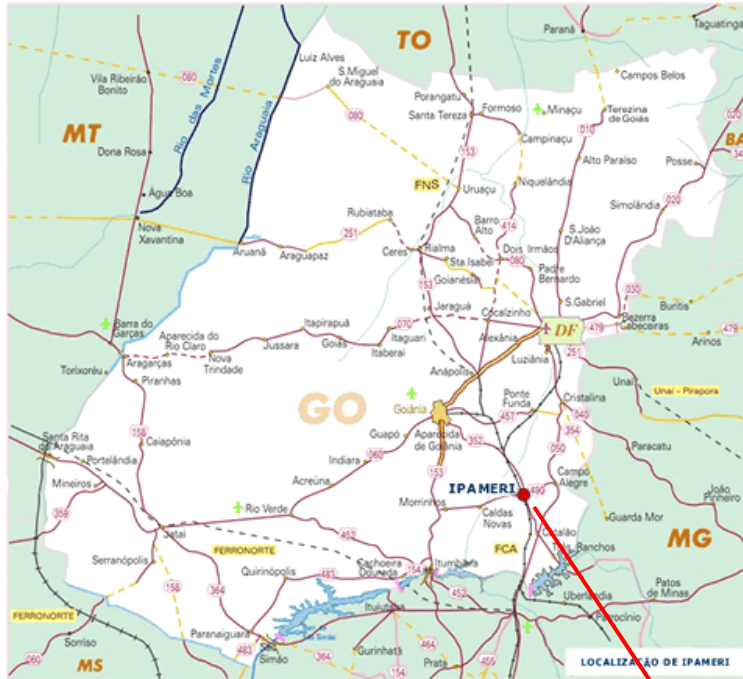
Os desenvolvimentos de processos erosivos em diferentes áreas estão relacionados com a erodibilidade do solo, com a influência da topografia e dos fatores climáticos além do tipo e forma de uso da terra que são desenvolvidos. A interação desses fatores irá determinar uma maior ou menor atividade erosiva, em conformidade com os aspectos ecodinâmicos presentes na área.

Na área de estudo, localizada no município de Ipameri sudeste do Estado de Goiás (Fig.01), foram realizados estudos a fim de apresentar dados referentes aos fatores atuantes no processo erosivo, conhecendo sua dinâmica, identificando as causas e conseqüências deste fenômeno. Com a caracterização da área, os dados do monitoramento com estacas, análise granulométrica, ensaios de laboratório, mapas, fotografias e outras informações importantes para a conclusão do trabalho, poderão também ser úteis para novas pesquisas na região.

A voçoroca situa-se próximo a cidade, onde estão localizados as instalações das empresas Caramuru (depósito de soja e fábrica de óleo) e Algodoeira Califórnia, é uma área que desperta muito interesse pois é um local destinado a instalação de outras empresas.

Como o município vem se destacando como um grande pólo agrícola na produção de grãos aumentando as expectativas de crescimento econômico do município, cresce a necessidade de intensificação de estudos voltados à utilização dos recursos naturais, pois o conhecimento adequado dos recursos, analisando o conjunto dos elementos da natureza e seus limites, possibilita a diminuição dos impactos causados por atividades humanas sem o devido planejamento.

Portanto, é de grande importância conhecer os fatores que de forma integrada determina a erosão, sendo então indispensável para o planejamento de atividades que tem como objetivo a conservação do solo e da água.



Mapa do Município de Ipameri

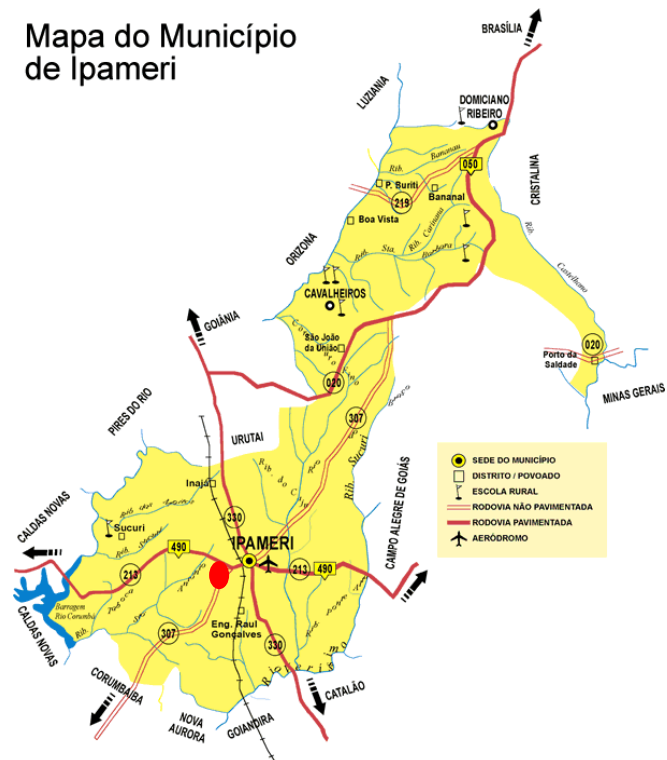


Fig.01 – Representação da localização do município de Ipameri no Estado de Goiás. Em destaque (vermelho) está a área de estudo. (Organizado por ROCHA – Junho de 2006).

2- OBJETIVOS DA PESQUISA

2.1- Objetivo Geral:

O presente trabalho visa caracterizar os mecanismos de evolução atuantes na voçoroca localizada no município de Ipameri-GO a partir de monitoramento e análise dos processos erosivos internos e nas margens da voçoroca.

2.2- Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar a intensidade com que as bordas da voçoroca estão recuando, visando avaliar seu crescimento.
- ✓ Realizar uma análise das características físicas da área de estudo, com vistas à contextualização geográfica do local.
- ✓ Relacionar a quantidade de chuva com o crescimento da voçoroca.
- ✓ Coletar e analisar os sedimentos erodidos no interior e paredes da voçoroca, com a intenção de conhecer as características físicas do material transportado.

3- JUSTIFICATIVA

A crescente urbanização do Brasil nas últimas décadas ocasionou a ocupação do Cerrado o que provocou o aparecimento de cidades com economia baseada na exploração do solo. Este domínio que predomina terras de baixa fertilidade passou a ser explorado a partir da utilização de corretivos e fertilizantes além da adoção de uma agricultura altamente mecanizada, transformando a região Centro-Oeste em um grande produtor de grãos.

A economia do município de Ipameri-GO é baseada na agricultura e pecuária, onde atualmente o município conta com técnicas modernas e mecanizadas, principalmente na região da Chapada, localizada ao norte do município, apresentando características como relevo plano que favorece a cultura de grandes lavouras.

O município se destaca como o maior produtor de grãos da região Sudeste de Goiás e um dos maiores do Estado, os produtos de maior destaque são; algodão, já que o solo e o clima do município são adequados para produção deste com boa qualidade e a soja que se adaptou bem trazendo grande produtividade e rentabilidade.

A região apresenta um grande potencial para a agricultura, o que traz também consequências danosas para o meio ambiente como erosão de solos. Em se tratando da agropecuária, a bovinocultura é a de maior destaque, sendo destinada para corte e produção leiteira.

De acordo com a economia da região e as expectativas de crescimento do município de Ipameri-GO, aumenta a necessidade de intensificação de estudos voltados à utilização dos recursos naturais, pois o conhecimento adequado dos recursos, analisando o conjunto dos elementos da natureza e seus limites, possibilita a diminuição dos impactos causados por atividades humanas sem o devido planejamento.

Já que, atividades humanas desordenadas, como a retirada da cobertura vegetal substituindo por pastagens e lavouras trouxeram graves impactos ao meio ambiente, entre eles destaca-se a erosão de solos, visto que é um processo ocasionado pela ação da água no solo desmatado que intensifica o escoamento superficial tornando-se um problema sério devido ao seu poder destrutivo e as grandes perdas de solo, que traz sérios prejuízos.

A erosão é uma forma natural de modelagem do relevo e agindo com outros fatores também naturais atuam de maneira equilibrada sobre o meio, onde a quantidade de solo erodida está em correspondência com o que é produzido pela natureza, quando há interferência do Homem há uma aceleração deste processo, o que não permite que o solo tenha tempo suficiente para recuperação.

Trata-se de um processo que causa empobrecimento do solo, pois a perda deste provocada pela erosão, reduz a produtividade da terra, devido à perda de nutrientes e a degradação de sua estrutura física além de outros graves problemas ambientais como: assoreamento, poluição de mananciais e desertificação.

São vários os fatores envolvidos no processo de erosão, como as características climáticas, propriedades dos solos, topografia e práticas de uso dos solos, que terão magnitudes diferentes para cada região.

Tendo em vista o potencial agrícola e o destaque frente às agroindústrias, o município de Ipameri-GO tende a sofrer mudanças tanto sociais quanto naturais, pois o crescimento na produção leva ao uso de novas técnicas, como a utilização de máquinas modernas, insumos agrícolas, trazendo assim uma transformação espacial e conseqüências ambientais como o desencadeamento de processos erosivos.

Os sistemas agrícolas consomem muitos recursos naturais, seja pela forma de produção mais primitiva desencadeando o desmatamento, perda de solos, redução da fertilidade natural, erosão, etc, ou pela produção altamente intensificada que consomem

relativamente menos recursos naturais no local, mas introduzem no meio ambiente novos elementos e produtos causadores de desequilíbrios.

Guerra (2005) apresenta estudos sobre processos erosivos que tem sido feito em todo mundo com a utilização de uma série de novas técnicas e métodos de acordo com os objetivos de estudo, recursos humanos e financeiros e características geográficas do local.

Na intenção de conhecer a dinâmica erosiva da área de estudo optou-se por adequar técnicas para obter as informações necessárias deste processo em questão. Com os procedimentos utilizados pretende-se obter dados para quantificação da evolução da voçoroca no período de dois anos. Então, a pesquisa procurou mensurar a evolução da voçoroca, conhecer os fatores atuantes no processo erosivo, quantificar e analisar os sedimentos transportados no interior da voçoroca.

Assim, pretende-se com este trabalho levantar e organizar informações sobre a dinâmica dos processos erosivos, caracterizar a área de estudo e a desenvolver a utilização de técnicas alternativas para monitoramento de voçorocas.

4- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

4.1- Processos erosivos

O termo erosão originou-se do latim (erodere) que significa corroer. Este termo é usado para designar o desgaste da superfície da Terra causado pela ação conjunta de agentes naturais como a água corrente, o gelo, o vento e organismos vivos. É na verdade um fenômeno geológico comum que resulta em uma forma de desenvolvimento do relevo, este processo ocorre através do desprendimento e arraste das partículas de solo.

Identificam-se duas formas de processos erosivos:

- ✓ Erosão geológica que é um processo natural de evolução da superfície terrestre, caracterizado pela desagregação e transporte de partículas do solo pelos agentes erosivos, é um processo que acontece de forma lenta e contínua.
- ✓ Erosão acelerada que é aquela desenvolvida principalmente pela ação humana que gera desequilíbrio nas fases da erosão natural e de sedimentação, já que se trata de um processo acelerado e destrutivo.

Diz Silva et al (apud Aciesp, 1997) a erosão natural ou geológica é o desgaste da superfície da terra por água, gelo ou outros agentes naturais, sob condições de meio ambiente natural em termos de clima e vegetação, sem perturbações provocadas pelo Homem, sendo possível estabelecer o ciclo dessa forma de erosão. Verifica-se uma sequência de fases evolutivas das formas de relevo a partir da dissecação e aplainamento vertical da paisagem. Essas fases podem ser divididas em juvenil, matura e senil.

Morgan, 1995 (apud Miranda 2005) define que a erosão do solo é um processo bifásico de destacamento de partículas individuais do solo e seu transporte pela água e o vento. A

deposição ocorre e a energia é insuficiente para transportar as partículas, considera ainda dois tipos de agentes erosivos:

- ✓ Aqueles que atuam realmente e que removem uma espessura relativamente uniforme do solo. O destacamento pelas gotas de chuva e o escoamento superficial como fluxos rasos de largura infinita incluem-se neste caso;
- ✓ E aqueles que concentram sua ação em canais, como os fluxos de água em pequenos sulcos, os quais podem ser obliterados por intemperismo, ou feições permanentes e de maiores dimensões como ravinas.

A atuação do Homem com suas atividades de ocupação das terras de forma inadequada faz com que este processo aumente sua intensidade tornando-se destrutivo e conseqüentemente trazendo o empobrecimento das terras produtivas.

As atividades antrópicas destacam-se como o fator central no desenvolvimento dos processos erosivos acelerados, iniciados a partir da retirada da cobertura vegetal provocando a ruptura do equilíbrio natural do meio físico, onde a velocidade do desgaste será maior que o processo de recuperação, dificultando uma situação de estabilidade.

Segundo Ministério do Meio Ambiente, 2000 (apud Miranda 2005) o solo, quando em seu estado natural, tem um equilíbrio dinâmico, com interações contínuas entre seus componentes físicos, químicos e biológicos. Em geral, o uso do solo, para qualquer finalidade, resulta na quebra desse equilíbrio. No entanto, quando usado racionalmente, de acordo com sua aptidão e com técnicas apropriadas, o solo atinge um novo estado de equilíbrio que pode ser estável e produtivo. Seu uso inadequado, por outro lado, resultará em instabilidade e degradação, com perda parcial ou total de sua capacidade produtiva. A recuperação dessa capacidade é por vezes possível, mas implica em custos elevados para a sociedade.

Para Cavinatto et al (1999) as ações humanas que afetam os solos produzem sempre consequências nocivas de maior ou menor monta. Enumeram-se então algumas dessas ações exercidas sobre o solo e as principais consequências que delas podem derivar:

- ✓ Remoção da cobertura vegetal: a vegetação atua como um protetor natural do solo, pois ameniza o impacto das gotas de chuvas, permiti maior infiltração das águas, reduz a quantidade e a velocidade das enxurradas que provocam o arrastamento da camada superficial e mais fértil do solo para os recursos hídricos.
- ✓ Atividades agropastoris: o manejo inadequado do solo nestas atividades constitui uma das principais causas da erosão e do transporte de solos férteis. O uso de máquinas destrói as estruturas do solo, desagregando-o tornando-o mais suscetível a erosão. Já pecuária, o pisoteio do gado causa uma das maiores destruições, pois compactando o solo torna-o mais impermeável formando canais de escoamento concentrado intensificando a erosão.
- ✓ Mineração: atividade para obtenção de minérios é feita no solo e subsolo é uma atividade destrutiva, pois compromete o solo e o ambiente próximo pela poluição, além de destruir a estrutura do solo e subsolo.
- ✓ Urbanização: os espaços urbanos são destinados às construções, tendem a ser ambiente diferente a natureza. As atividades de construção levam a impermeabilização da área aumentando o escoamento superficial das águas acelerando o processo de erosão, provocando também enchentes e inundações da própria cidade.

Estando o solo desprotegido dá-se inicio ao processo erosivo, conforme Guerra (1999), a dinâmica erosiva tem início quando as gotas da chuva batem nos solos, começando o *splash*, que pode causar a ruptura dos agregados, provocando a selagem do solo, seguida pela infiltração de água e formação de poças (ponds), a medida que o solo torna-se saturado.

A partir daí, a água começa a escoar na superfície, primeiramente em lençol, depois

através de fluxos lineares, que evoluem para microrravinas, podendo algumas formar cabeceiras, e algumas dessas cabeceiras podem bifurcar, formando novas ravinas.

Para diferenciar os tipos de feições erosivas, são utilizados os seguintes termos e definições:

- ✓ Erosão laminar: caracteriza-se pela remoção de uma fina camada de solo relativamente uniforme, causada pela chuva e pelo escoamento superficial. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1990) a remoção de camadas delgadas de solo sobre toda a área é uma forma de erosão menos notada, e por isso a mais perigosa. Os solos tomam uma coloração diferente e diminui a produtividade. A erosão laminar arrasta as partículas mais leves do solo, e considerando que a parte mais ativa do solo de maior valor, é a integrada pelas menores partículas, podem-se julgar os seus efeitos sobre a fertilidade do solo.
- ✓ Erosão linear: caracteriza-se pela formação de canais, onde a remoção e o transporte das partículas de solo são feitos pelo escoamento concentrado e em velocidades maiores, porém condicionado as características do local, possui um poder erosivo maior formando feições lineares como, sulcos, ravinas ou voçorocas.
 - Sulcos: pequenos canais resultantes da concentração de escoamentos superficiais concentrado
 - Ravinas: Feições erosivas resultantes do aprofundamento dos sulcos oriundos da concentração do escoamento superficial;
 - Voçorocas: constituem feições de erosão mais complexa e destrutiva no quadro evolutivo da erosão linear e são originadas por dois tipos de escoamento que podem atuar em conjunto ou separadamente: o superficial e o subsuperficial. São erosões de grande porte, com formas variadas e de difícil controle.

Cerri et al. 1997 (apud Cruz, 2001), de acordo com revisão dos principais conceitos sobre os processos erosivos, ressaltam a grande variedade de termos relacionados à erosão dos solos e a necessidade de haver uma colocação clara dos conceitos adotados em estudo de erosão. Segundo os autores as voçorocas representam a forma de erosão mais complexa e mais destrutiva no quadro evolutivo da erosão linear. Correspondem ao produto da ação combinada das águas do escoamento superficial e subterrâneo, desenvolvendo diversos fenômenos como piping (erosão interna), liquefação de areias, escorregamentos, corridas de areia, etc. São erosões de grande porte, com formas variadas e de difícil controle.

Ainda de acordo com o autor, as alterações no equilíbrio morfo-hidro-pedológico, em decorrência do inadequado uso e ocupação do solo, são consideradas como fatores principais o surgimento de voçorocas. Quando se instalam ao longo dos cursos d'água, principalmente em sua cabeceira, são denominadas de voçorocas de encosta. Em geral são ramificadas, de grande profundidade, apresentando paredes irregulares e perfil transversal em "U".

Para Bigarella et al. 1994, apesar da questão da erodibilidade produtora de voçorocas representar um enfoque sistêmico, verifica-se que em países tropicais onde o índice pluviométrico é mais acentuado, o efeito resultante é o presente dinamismo hídrico que também resulta em forte impacto no ambiente. Este impacto pode ser estudado tendo em vista as características do relevo, o uso e ocupação do solo assim como o tipo de solo em conjunto com outros fatores.

4.2- Fatores controladores dos processos Erosivos

As condições naturais que exercem grande influência no aparecimento, desenvolvimento e resultado dos processos erosivos, incluem os fatores naturais climáticos, hidrológicos, topográficos, geológicos, pedológicos e características da vegetação.

Além desses fatores destacam-se também as atividades antrópicas, como os desmatamentos, plantações, abertura de estradas e a expansão de cidades, ações que aceleram o processo erosivo.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto, (1999) os processos erosivos são decorrentes dos seguintes fatores: declividade, pluviosidade, comprimento da encosta, capacidade de absorção da água pelo solo, resistência do solo à erosão e a densidade da cobertura vegetal, sendo a água o mais importante agente erosivo e o escoamento concentrado ocasiona entalhes profundos, bem como o movimento de grandes massas de solo.

E, em Filho (1998) as características litológicas do substrato rochoso, associadas à intensidade do intemperismo e à natureza da alteração e grau de fraturamento, condicionam também a suscetibilidade do material à erosão.

Em Salomão & Iwasa (1995):

Com a deflagração dos processos erosivos, em função da ocupação do solo, estes são comandados por diversos fatores relacionados às condições naturais dos terrenos, destacando-se a chuva, a cobertura vegetal, a topografia e os outros tipos de solo.

Em Silva et al. (2004) “a erosão é um processo complexo no qual vários fatores exercem influência, de forma e magnitude variável, conforme o local de ocorrência”. Assim, erosão de solos trata-se de um processo interativo e natural influenciado por fatores que podem ser naturais ou antrópicos.

4.2.1- Topografia

Em Casseti (2004):

A vertente se caracteriza como a mais básica de todas as formas de relevo, razão pela qual assume importância fundamental para os geógrafos físicos. Essa importância pode ser justificada sob dois ângulos de abordagem: um, por permitir o entendimento do processo evolutivo do relevo em diferentes circunstâncias, o que leva à possibilidade de reconstituição do modelado como um todo (conceito de geomorfologia “integral” de Hamelim, 1964), e outro por sintetizar as diferentes formas do relevo tratadas pela geomorfologia, encontrando-se diretamente alterada pelo homem e suas atividades (conceito de geomorfologia “funcional” do referido autor).

Ainda de acordo com o autor uma vertente contém informações importantes para a compreensão dos mecanismos morfogenéticos que são responsáveis pela elaboração do relevo na escala de tempo geológico (propriedades geoecológicas), possibilitando também a compreensão das mudanças processuais recentes (processos morfodinâmicos), na escala de tempo histórico, se individualizando como palco de transformações sócio reprodutoras.

Portanto, o processo erosivo envolve diferentes fatores que atuam de forma e magnitude variada, entre estes se destacam: a topografia do terreno, que é representada pela declividade e pelo comprimento do declive, que são fatores de grande influência sobre a erosão. O tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem da velocidade com que ela escorre, e essa velocidade é função do comprimento do declive e da inclinação do terreno.

Para Bertoni & Lombardi Neto (1999) o comprimento da rampa é um dos mais importantes fatores na erosão do solo, pois com o aumento do comprimento da rampa, ocorre um aumento no volume de escoamento superficial, produzindo um aumento na intensidade de erosão, principalmente sobre a forma de sulcos.

4.2.2- Solo

A natureza do solo, com suas propriedades físicas, principalmente estrutura, textura, permeabilidade e densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo exercem diferentes influências na erosão. Suas condições físicas e químicas, ao conferir maior ou menor resistência à ação das águas, caracterizam o comportamento de cada solo exposto a condições semelhantes de topografia, chuva e cobertura vegetal (BERTONI & LOMBARDI NETO 1990).

A erodibilidade do solo é uma consequência de suas características físicas e do seu manejo, enquanto que a erosividade é medida através das características da chuva. A erodibilidade torna-se mais complexa, pois está ligada a outras variáveis. Assim, conhecer o solo é importante para saber se e como usá-lo.

As principais características físicas e químicas do solo que podem influenciar no processo erosivo são:

- ✓ A textura que compreende a distribuição quantitativa das classes de tamanho de partículas que compõem o solo. É uma propriedade permanente do solo que depende das características do material originário e dos agentes naturais de formação do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).
- ✓ A estrutura se relaciona à forma como se arranjam às partículas do solo, estas formas determinarão a variação da permeabilidade à água como também a resistência a erosão. Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999) há dois aspectos de estrutura do solo a ser considerado no estudo de erosão:
 - A propriedade físico-química da argila;
 - A propriedade biológica causada pela matéria orgânica;

- ✓ A porosidade refere-se à proporção de espaços ocupados pelos fluidos e gases em relação ao espaço ocupado pela massa de solo, a perda da porosidade está associada à redução do teor de matéria orgânica, a compactação e ao efeito do impacto das gotas da chuva, fatores que causam diminuição dos tamanhos dos agregados, reduzindo o tamanho dos poros Bertoni & Lombardi Neto (1990).
- ✓ A permeabilidade é uma característica do solo ligada a capacidade que este possui em deixar a água passar através do perfil. É um fator relacionado ao tamanho, volume e distribuição dos poros, que varia com a profundidade (BERTONI & LOMBARDI NETO 1990).
- ✓ A densidade do solo, relação entre a sua massa total e volume, é inversamente proporcional, resulta na diminuição dos interstícios, tornando o solo menos erodível (SALOMÃO, 1999).

A quantidade de matéria orgânica no solo é também um fator de grande importância, em Salomão & Iwasa (1995):

A matéria orgânica incorporada no solo permite maior agregação e coesão entre partículas, tornando o solo mais estável em presença de água, mais poroso, e com maior poder de retenção de água. A matéria orgânica retém de duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a capacidade de infiltração.

Os autores ressaltam também que:

Dependendo do argilomineral presente no solo, observa-se diferente comportamento erosivo. As argilas do tipo montmorilonita são pouco estáveis em água ao contrário das caulinitas; as ilitas apresentam comportamento intermediário.

Assim, em Lepsch (1982), a mais importante propriedade coloidal da argila é a afinidade pela água e pelos elementos químicos nela presente. O pequeno tamanho das partículas aumenta a superfície específica, o que lhe confere maior adsorção de íons nas reações do solo. Esse fato explica a grande variação entre o comportamento físico e físico-

químico das argilas e das areias, pela grande diferença que existe entre as superfícies específicas desses dois constituintes do solo e suas composições mineralógicas.

Outra característica importante do solo, com relação ao comportamento erosivo é a sua espessura. Solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superiores, favorecendo o desenvolvimento de enxurradas (SALOMÃO & IWASA 1995), e ainda, uma característica relevante no processo erosivo é:

A gradiência textural entre os horizontes superiores do solo é uma das características pedológicas mais importantes em relação ao seu comportamento erosivo. Trata-se da relação entre os teores de areia e argila observada nos horizontes superiores do solo. Solos com alta gradiência textural apresentam, portanto, horizonte A bem mais arenoso que o horizonte B, subjacente. Assim, por exemplo, solos do tipo podzólico, são em geral, mais suscetíveis à erosão que os do tipo latossólico, por apresentarem, logo abaixo do horizonte A (superior), um horizonte com maior concentração de argilas e com poucos macroporos que representa certa barreira à infiltração das águas. Como consequência, o fluxo de água logo abaixo da superfície, paralela a encosta, e a saturação do horizonte superior favorecem o desenvolvimento de enxurradas, tendendo a propiciar maior erosão nos podzólicos.

Um aspecto a ser mencionado referente ao solo é a atividade biológica que se desenvolve no solo e os processos bioquímicos correspondentes, pois estes têm participação ativa na agregação das partículas, e também na formação de canais proporcionando um aumento da permeabilidade.

Quanto à plasticidade, esta é definida como uma propriedade dos solos, que consiste em uma maior ou menor capacidade de serem eles moldados, sob certas condições de umidade. Em Gidigaw (1976 apud Miranda 2004) cita como influente na plasticidade dos solos, os seguintes fatores: a natureza dos minerais; a porcentagem de fração argila, a natureza dos Cátions Trocáveis e a quantidade de matéria orgânica.

Bertoni & Lombardi Neto (1990, apud Casseti 2003) destacam, dentre as propriedades do solo que influenciam na erosão, aquelas que controlam a velocidade de infiltração da água, a permeabilidade e a capacidade de absorção, e aquelas ligadas à coesão, que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e enxurrada.

Para Casseti (2003), a erodibilidade refere-se às propriedades inerentes ao solo (textura, estrutura, porosidade e profundidade) e reflete a sua suscetibilidade à erosão, a figura abaixo representa uma descrição diagramática do processo de erosão.

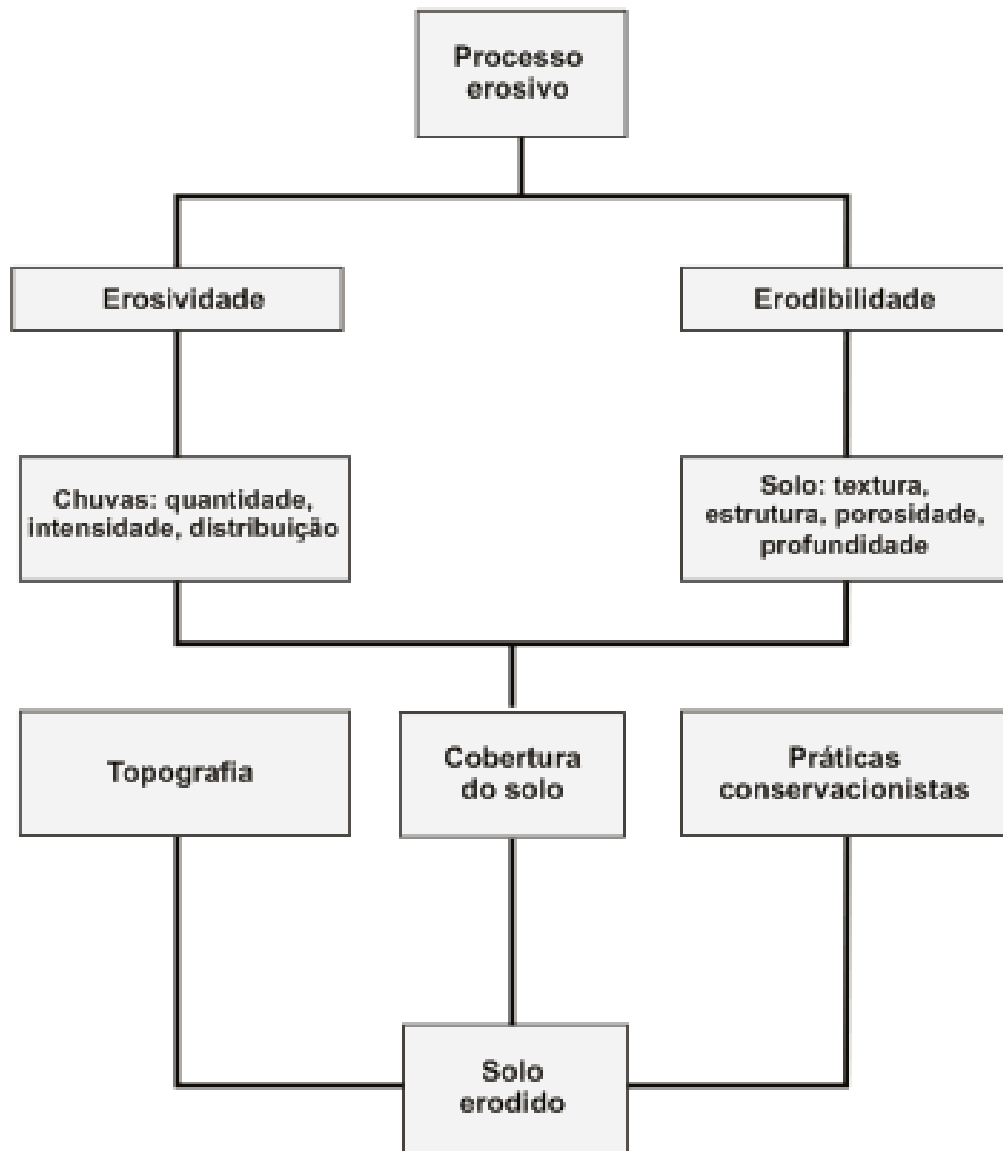


Fig. 02 – Descrição diagramática do processo erosivo, segundo Ramos (1982, apud, Prochnow 1990).

4.2.3- Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal é uma defesa natural contra a erosão, pois atua como uma proteção direta contra o impacto das gotas de chuva. Além de contribuir para a dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo, aumenta a infiltração da água; melhora estruturação do solo devido o acréscimo de matéria orgânica ao solo, aumentando a capacidade de retenção de água e a diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo maior atrito na superfície.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto 1985, os principais efeitos da cobertura vegetal perante aos processos erosivos:

- ✓ Proteção direta contra o *splash*.
- ✓ Dispersão e quebra da energia das águas da chuva.
- ✓ Possibilita o aumento da infiltração, devido ao trabalho das raízes.

Portanto, vegetação natural exerce uma melhor atuação na proteção dos solos frente à ação do efeito *splash* e contra a ação do escoamento concentrado, já na vegetação artificial tem perdas bem maiores de solo. Assim, a cobertura vegetal funciona como um escudo de proteção do solo contra a erosão.

A cobertura vegetal é uma defesa natural do solo contra a erosão. De acordo com Jorge e Uehara, 1998:

A cobertura vegetal tanto pode ser natural como a vegetação da Serra do Mar, quanto artificial ou cultural como as plantações. Entretanto a vegetação natural pode ser primitiva, virgem quando não tocada pelo homem, ou secundária, quando alterada pela ação antrópica. Em todos os casos o solo dispõe de uma certa cobertura que exerce uma ação maior ou menor de proteção contra as intempéries. Entretanto, pode se considerar que a relação de equilíbrio existente entre a vegetação primitiva e o solo, adquiridas ao longo anos, apontam para este tipo de cobertura vegetal como a de maior ação de proteção. A cobertura vegetal apresenta influência na distribuição da água pela interceptação, escoamento pelos troncos e concentração na serrapilheira.

4.2.4 – Clima

O clima exerce grande influência no processo erosivo, os principais efeitos do clima na degradação estão aliados ao fenômeno da precipitação e sua capacidade erosiva. A chuva é um dos fatores climáticos de relevância na erosão dos solos, o volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência do evento chuvoso (BERTONI & LOMBARDI NETO). Para Coelho Netto et al., 2002 “a pluviosidade é um fator preponderante na análise dos fatores que provocam o surgimento de processos erosivos e intensificam os já existentes”.

Erosividade é definida como a “habilidade da chuva em causar erosão”, sendo que para determinar a erosividade é preciso levantar dados sobre o total de chuva e suas características como a intensidade, momento e a energia cinética da chuva. Para Salomão & Iwasa (1995):

A água de chuva provoca a erosão de solo através do impacto das gotas sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energia variáveis, e através do escoamento da enxurrada. Sua ação erosiva depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço e de sua intensidade. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas, como tromba d'água, constituem a forma mais agressiva de impacto da água sobre o solo. Durante esses eventos, a aceleração da erosão é máxima.

O total e a intensidade das chuvas podem causar diferentes taxas de erosão, ao provocar a dispersão das partículas, cujo efeito está em função da duração e frequência da chuva. Quanto maior a intensidade da chuva, maior a perda de solo por erosão (BERTONI & NETO 1985).

Para Miranda (2004) a distribuição, quantidade e intensidade das chuvas são fatores importantes, tanto para erosão como para a infiltração. Se cair mais chuva do que a quantidade que se infiltra no solo, ocorre escoamento e erosão.

4.3- Escoamento superficial

Em Caseti 2003, para se ter uma idéia das diferentes formas de escoamento da água em uma vertente, apresenta-se o esquema utilizado por Carson & Kirkby (1972), denominado de balanço hidrológico próximo à superfície.

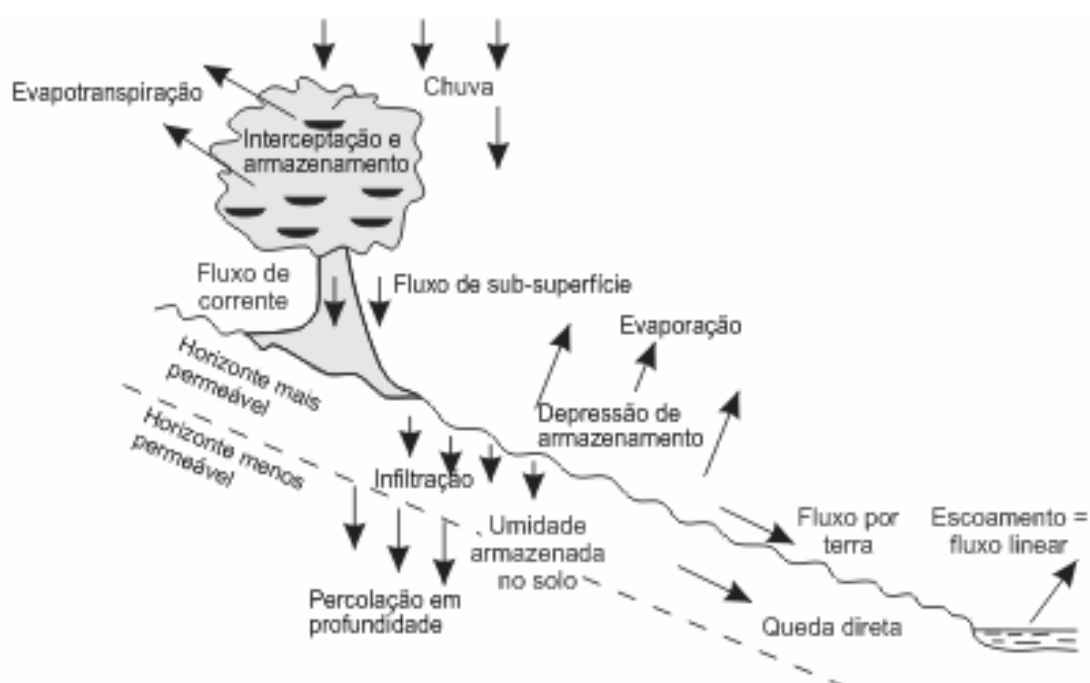


Fig.03 – Balanço hidrológico.

Assim, de acordo com o autor citado:

A água precipitada sobre uma vertente apresenta vários caminhos. Parte é evapotranspirada e outra é armazenada ou ainda interceptada pelo dossel, momento em que se registra o fluxo pelo tronco. A partir de então se tem o processo de infiltração na zona de maior permeabilidade, podendo chegar a maiores profundidades, com armazenamento da umidade no solo e fluxo de subsuperfície (*throughflow*). O excedente, ou o que não foi infiltrado fica armazenado em depressões superficiais, onde parte é evaporada e outra escoada na superfície (*overland flow*), podendo integrar o fluxo fluvial.

Para Jorge et al (1998) o escoamento superficial corresponde à parcela da água precipitada que permanece na superfície do terreno, sujeita à ação da gravidade que a conduz para cotas mais baixas, que depende das características hidráulicas do solo e das rochas, da cobertura vegetal e das estruturas biológicas, assim como da forma da bacia de drenagem, da declividade de sua superfície e do teor de umidade dos seus terrenos. Se a área for ocupada com atividades antrópicas deve se considerar as diversas formas de uso que intensificam ou atenuam o escoamento.

O escoamento superficial tem início à medida que a água infiltra no solo e começa a saturá-lo, formando poças na superfície. Para Horton (1945) apud Guerra (1999), quando a precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, inicia-se o escoamento superficial. A água acumula-se em depressões (microtopografia) na superfície do solo, até que começa a descer a encosta, através de um lençol (*sheetflow*), que pode evoluir para uma ravina. Nesse processo, esse fluxo passa a ser linear (*flowline*) depois evolui para microrravinas (*micro-rills*), em seguida para microrravinas de cabeceiras (*headcuts*). Ao mesmo tempo em que essa evolução vai se estabelecendo na superfície do terreno pode ocorrer também o desenvolvimento de bifurcações, através dos pontos de ruptura (*knickpoints*) das ravinas.

A forma como se dá este escoamento superficial ao longo da vertente e que vai determinar a forma de desenvolvimento da erosão, se laminar ou linear. Se o escoamento acontece de forma difusa, ocasionando uma remoção de forma relativamente uniforme do solo, temos uma erosão laminar, se há uma concentração do fluxo formando incisões na superfície do solo, desenvolve-se então a erosão em sulcos que poderá evoluir com o aprofundamento para ravinas.

4.4 - Escoamento Subsuperficial

De acordo com Casseti (2003):

O escoamento de subsuperfície pode carrear quantidade variável de grãos de solo, partículas de argila e outros colóides, além de material em solução iônica. Algumas mudanças de estado se dão durante o transporte, tornando-se impraticável a distinção rígida entre dissolução e transporte em suspensão. Dentre os fatores que geram fluxo de subsuperfície podem se considerar as descontinuidades de horizontes pedogênicos e os contatos litoestratigráficos diferenciados por fatores texturais.

Em Guerra (1999):

O escoamento subsuperficial é o movimento lateral da água em subsuperfície, nas camadas superiores do solo, controla o intemperismo, afeta a erodibilidade dos solos, através de suas propriedades hidráulicas, influenciando o transporte de minerais em solução. Este processo possui efeitos erosivos, provocando o colapso da superfície situada acima, resultando na formação de voçorocas. A propósito disso, Dunne 1970 e 1980 (apud Baccaro 1999) ressalta que há vários fluxos e caminhos a serem percorridos pela água que podem desencadear processos erosivos, como o retorno da água subsuperficial a superfície, exfiltração dos fluxos subsuperficiais, pode acionar a erosão (*seepage erosion*) no ponto de alívio do aquífero ou promover a lavagem e remoção de partículas em túnel.

Os pipings são túneis onde ocorre erosão interna em subsuperfície que podem variar em diâmetros e são formados a partir do intemperismo de acordo com as condições geoquímicas e hidráulicas do local. Neles há remoção e transporte de material, proporcionando então o desenvolvimento dos canais, o que pode ocasionar a queda do solo que está acima.

O fenômeno *piping* provoca a remoção de partículas no interior do solo formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo de água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a voçoroca ou criam novos ramos. Assim a voçoroca é acompanhada de erosão superficial, que se conjugam no sentido de dotar essa forma de erosão de elevado poder destrutivo (SALOMÃO, 1999).

4.5 - Ravinas e Voçorocas

O escoamento superficial segue em forma de canalículos anastomosados, cujo traçado é comandado pelas irregulares do solo, da serrapilheira e pela vegetação da vertente. Este escoamento é responsável pela erosão laminar, remoção uniforme da parte superior do solo, porém, a água pode se concentrar em canais, gerando incisões caracterizando a erosão linear, onde pode gerar feições como sulcos, ravinas e voçorocas. De acordo com alguns autores e técnicos do IPT-SP:

Admite que, com o aprofundamento e alargamento das incisões passa-se progressivamente de sulcos às ravinas e destas às voçorocas (ALMEIDA FILHO, 2001; IWASA e FENDRICH, 1998; INFANTI JUNIOR e FORNASARI FILHO, 1998). Nesta visão, adotada aqui, sulcos são as incisões menores com larguras e profundidades que não ultrapassam os 50 cm e evoluem principalmente por erosão devida ao escoamento superficial canalizado. Ravinas são incisões cuja largura e profundidade ultrapassa aquelas dos sulcos e evoluem sob ação de escoamento superficial difuso, escoamento superficial canalizado e movimentos de massas. Voçorocas são caracterizadas pela interseção do lençol freático, com o aparecimento de surgências nas cabeceiras e nas laterais da incisão. Além dos processos atuantes nas ravinas, as voçorocas evoluem também pela erosão devida às águas subterrâneas.

São encontradas várias definições para ravinas e voçorocas, pretende-se fazer então um levantamento dos conceitos encontrados. No projeto Voçorocas e ravinas em Anápolis (GO): Evolução no período 1965-2004 (2003) (em fase de elaboração), encontra-se as seguintes definições:

Segundo GUERRA (1998) voçorocas tem paredes íngremes e fundos geralmente planos, com perfil em “U”. Uma abordagem um pouco mais detalhada da morfologia das voçorocas é proposta por MAGALHÃES e FURTADO (2001), que as classificam em ovóides, coalescentes e lineares: as voçorocas ovóides têm a forma de anfiteatro de paredes íngremes a montante e um canal a jusante; nas voçorocas coalescentes observa-se a presença de vários anfiteatros, devidos a existência de ramificações do sulco principal; as voçorocas lineares são as mais simples, constituídas por um sulco que pode terminar em um canal estreito.

Uma abordagem da morfologia das erosões relacionada a sua evolução é apresentada por MACIEL FILHO (1997) que assinala quatro fases: formação de ravina; aprofundamento da incisão erosiva; alargamento da

erosão com formação de fundo plano e interseção do lençol freático, quando a erosão torna-se uma voçoroca; estabilização da voçoroca com redução da declividade das paredes e instalação da vegetação. Este autor assinala que uma mesma erosão pode apresentar estágios diversos em diferentes partes da incisão.

COTTON (1958) descreve a evolução de voçorocas e ravinas iniciando na parte baixa de uma vertente côncavo-convexa, progredindo em direção à montante e coalescendo com as erosões adjacentes, devido ao alargamento das incisões. Segundo este autor as erosões se estabilizariam resultando numa nova vertente, com declividade menor do que a da encosta inicial.

Para Oygarden (2003 apud Reis 2004) dá outra definição para distinguir ravinas de voçorocas. As ravinas iniciam-se por pequenos sulcos com formatos em V, enquanto que as voçorocas têm as margens íngremes ou abruptas com formato em U. As voçorocas se desenvolvem como as ravinas resultantes do escoamento superficial.

Ainda em Reis (2004):

Também existem voçorocas que não foram iniciadas por ravinas, mas pelo escoamento superficial, pela erosão por *piping*, por solapamento e por infiltração erodindo a base da escarpa. Uma combinação de processos pode ainda ocorrer dificultando fazer uma descrição da evolução de maneira mais detalhada.

Entretanto, o desenvolvimento de voçorocas requer elevadas taxas de energia (aumentando o escoamento superficial) para ambos retirarem e transportarem as partículas. A *Soil Science Society of America* (2001) define voçoroca como sendo o processo erosivo no qual o escoamento superficial concentrado resulta freqüentemente em estreitos canais, em curtos períodos, removem o solo destes e limita-se a aprofundar.

Para Torri & Borselli (2003 apud Reis 2004), os fatores determinantes nas erosões do tipo voçorocas mais comuns são: uma incisão linear é uma voçoroca quando a seção transversal é maior que o valor de referência de ravinas e sulcos próximos do local; numa segunda definição voçoroca é uma incisão linear que não pode ser removida por cultivos no terreno durante a atividade agrícola normal. Outras definições se baseiam, sobretudo em evidências morfológicas ou sobre o tipo de processos que fazem com que surja uma voçoroca em um determinado lugar. Por exemplo, uma voçoroca pode ser definida como um perfil nos quais as dinâmicas das paredes laterais são importantes e predominantes sobre as dinâmicas de fundo.

Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1986 apud Miranda, 2005) na formação e aprofundamento dos sulcos, interceptando o lençol freático, pode-se observar um somatório de processos erosivos pela ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais fazendo com que o ravinamento atinja grandes dimensões. É nesse estágio que se deve aplicar a designação de voçoroca, diferenciando de ravinas. Como ravinamento, entende-se a erosão causada simplesmente pela concentração do escoamento superficial, processo este que, muitas vezes, coroa a degradação do solo iniciada pela erosão laminar.

Salomão (1999) diferencia ravinas de voçorocas da seguinte maneira: o ravinamento se processa em função apenas da erosão superficial, com a linha de água apresentando grandes declives, canal profundo, estreito e longo, as voçorocas formam-se devido tanto a erosão superficial como a erosão subterrânea, com tendência tanto para alargar-se como para aprofundar-se até atingir o seu equilíbrio dinâmico.

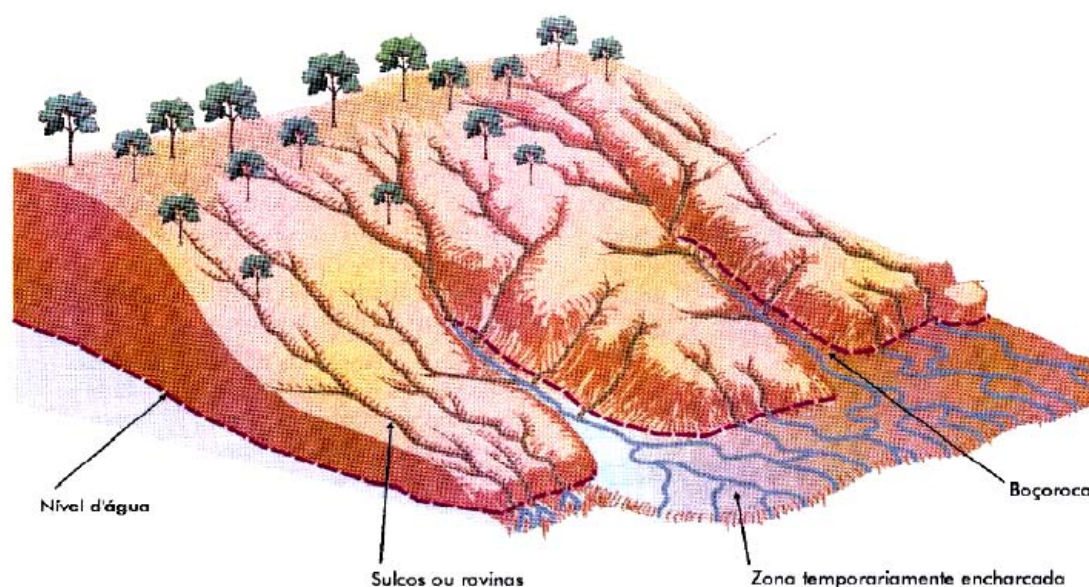
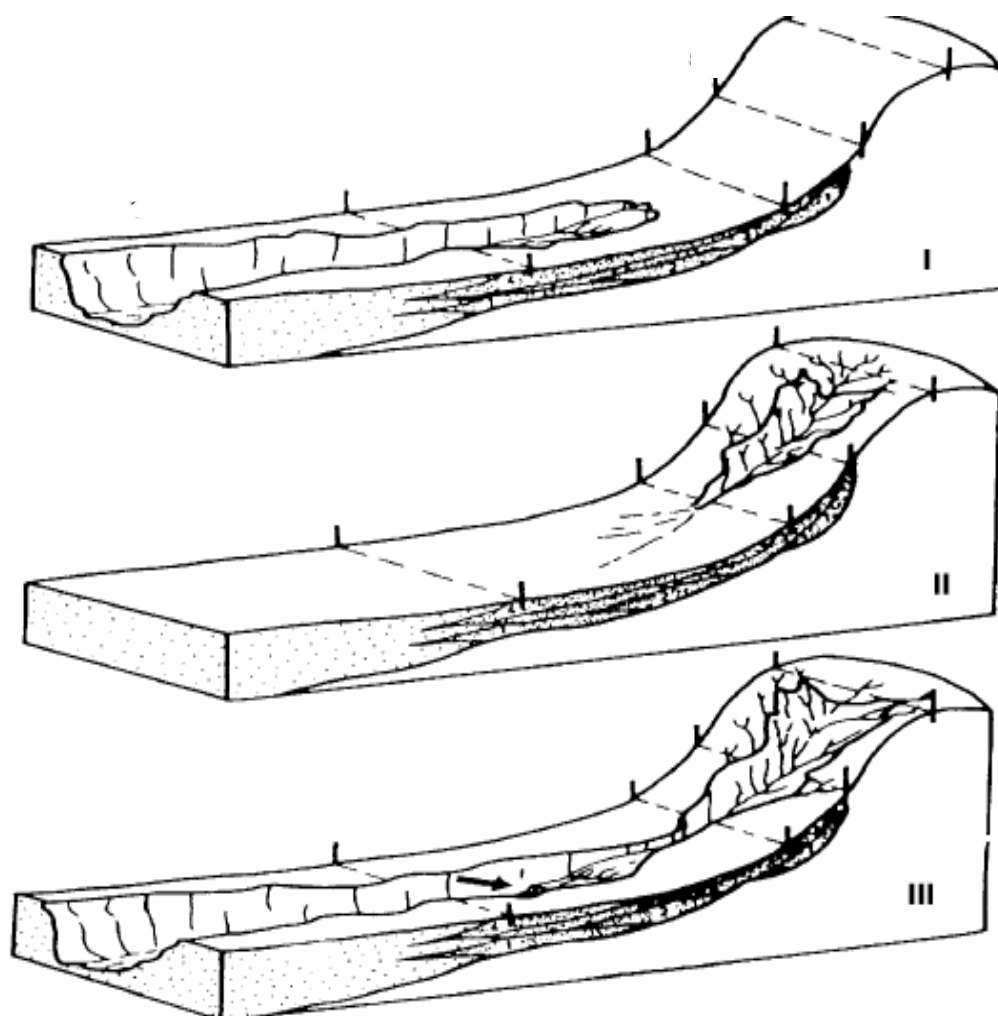


Fig. 04 – Morfologia de sulcos e voçorocas. (Karmann, 2000).

Oliveira (1999) elaborou um modelo para as ravinas e voçorocas, destacando três padrões principais de voçorocas: formas conectadas a rede regional de canais onde prevaleceriam os fluxos superficiais, formas desconectadas e que ocorrem nas encostas

superiores das cabeceiras de drenagem, com fluxos superficiais dominantes e formas resultantes da junção das duas anteriores, com uma interação de fluxos superficial e subsuperficial (fig.05.).



- I – Voçoroca conectada a rede hidrográfica.
- II – Voçoroca desconectada da rede hidrográfica.
- III – integração entre os dois tipos anteriores

Fig. 05 – Modelo para ravinas e voçorocas.

As voçorocas constituem uma forma impressionante e também muito complexa do processo erosivo, pois nelas atuam diferentes processos que vão desde o escoamento superficial até os de erosão interna como os solapamentos, pipings, desabamentos,

escorregamentos e outros que de maneira alternada operam durante a sua evolução, gerando feições de grandes dimensões.

As ocorrências de voçorocas afetam a produtividade do solo, restringe o uso da terra, ameaça as estradas e construções e o solo erodido pode causar assoreamento dos recursos hídricos e se contaminados por produtos químicos afetam a qualidade da água, portanto trás consequências diretas e indiretas que de alguma forma prejudica o meio ambiente.

O surgimento de voçorocas está ligado à formação de escoamento superficial concentrado, pois o fluxo gerado atinge uma velocidade capaz de destacar e transportar partículas de solo. Ressalta-se que a atuação da água subterrânea constitui como um fator que diferencia as voçorocas de outros tipos de processos erosivos como os sulcos e ravinas. E, como adquirem grandes profundidades, com a proximidade do lençol freático pode provocar uma intensificação do processo erosivo favorecendo o desenvolvimento de mecanismos como a erosão interna e os movimentos de massa.

As voçorocas de acordo com Guerra (2005) são canais d'água intermitentes, sendo maiores do que as ravinas, nestes canais há o escoamento da água durante e imediatamente após as chuvas e, ao contrário das ravinas, as voçorocas não podem ser removidas pelo preparo do solo normal. E, as voçorocas tendem a se formar onde grandes volumes de escoamento superficial são concentrados e descarregados em encostas com solos erodíveis, as voçorocas são comuns em pastagens e é provavelmente, a principal forma de erosão em bacias hidrográficas. As voçorocas podem não ser tão significativas como as ravinas, em termos de quantidade total de solo erodido, mas podem ser bastante destrutivas em termos de danos as rodovias, aterros e bacias hidrográficas.

Segundo Carvalho (1992 apud Santos, 1997) propõe o seguinte processo de voçorocamento:

- ✓ Sulcagem do terreno promovida pelo fluxo superficial concentrado;

- ✓ Aprofundamento do sulco até atingir o lençol freático, com conseqüente elevação do gradiente hidráulico de saída e promoção de erosão interna;
- ✓ Remoção eficaz dos escombros e do produto de erosão interna pelo escoamento torrencial;
- ✓ Manutenção temporária de paredes subverticais com fissuração das paredes durante o período seco;
- ✓ Formação de cavidades abobadadas ao pé das cabeceiras pela ação combinada dos seguintes fenômenos: jateamento pela enxurrada, erosão interna e desarticulação estrutural do solo;
- ✓ Colapso das porções destacadas das fissuras das paredes;
- ✓ Aquietação gradual do fenômeno pela diminuição progressiva do gradiente hidráulico de saída e pela redução da contribuição externa;

Segundo Santos (1997), na fase madura a voçoroca atinge um perfil em “U”, apresentando quase sempre grandes dimensões. O desenvolvimento de diversos braços é bem representativo para voçorocas desenvolvidas sobre solos espessos e em regiões onde o clima registra duas estações distintas. Quando é atingida a estabilização do fundo da voçoroca, as paredes evoluem até um perfil de equilíbrio, onde é obtido o perfil em “V”, cuja profundidade é limitada pela ocorrência do substrato rochoso.

As voçorocas são difíceis de serem controladas, segundo Guerra (2005) um controle eficiente deve estabilizar tanto a base do canal quanto as cabeceiras, já que o desgaste contínuo da base da voçoroca leva ao seu aprofundamento e alargamento, enquanto o desgaste das cabeceiras prolonga o canal para áreas ainda não atingidas pela voçoroca e aumento a rede de canais e a densidade através do desenvolvimento de tributários.

Em Oliveira (1999) os principais mecanismos envolvidos no processo erosivo, acompanhados de considerações genéricas de ordem física são:

- ✓ Deslocamento de partículas por impacto de gotas de chuva;
- ✓ Transporte de partículas de solo pelo escoamento superficial difuso;
- ✓ Transporte de partículas por fluxos concentrados;
- ✓ Erosão por quedas-d'água;
- ✓ Solapamento da base de taludes;
- ✓ Liquefação de materiais de solo;
- ✓ Movimentos de massa localizados;
- ✓ Arraste de partículas por percolação;
- ✓ Arraste de partículas por fluxos concentrados em túneis ou dutos;

Entre os prejuízos causados pelas voçorocas, ressalta o transporte de sedimentos conforme Reis (2004):

As voçorocas e canais são fontes consideráveis de sedimentos e dependendo do período de observação, o percentual de perda do solo será parcialmente determinado pela magnitude e frequência dos eventos chuvosos caracterizando normalmente por haver um decréscimo na produção total de sedimentos no período seco e um aumento na contribuição de sedimentos no período chuvoso.

De acordo com Christofolletti (1988 apud Reis 2004) os sedimentos levados pelos cursos d'água possuem diferentes granulometrias e por isso sofrem um processo de transporte que varia dependendo dos aspectos físicos locais e do escoamento. Boa parte da carga de sedimentos dos cursos d'água é resultante da ação erosiva que as águas exercem sobre as paredes das margens e do fundo do canal. No entanto a maior parte dos sedimentos tem sua origem na remoção detrítica das vertentes.

O material que é transportado para corpos d'água como rios, várzeas e represas provoca assoreamento e diminui a disponibilidade de água para os agroecossistemas e para o consumo humano.

De acordo com Miranda (2004) a prática agrícola associada às características climáticas são as principais causas de erosão e de degradação do solo no Brasil, as perdas ambientais associadas ao recurso do solo para o uso agrícola e florestal, causadas por processos de erosão são estimadas em 5,9 bilhões de dólares ou 1,4% do PIB brasileiro. O Ministério do Meio Ambiente estima que se perca anualmente, um bilhão de toneladas do solo, por causa da erosão.

Para Guerra (2005) o estudo das formas de relevo é de importância fundamental para a recuperação de áreas degradadas. Na realidade, as atividades econômicas que o Homem desenvolve na superfície terrestre estão situadas sobre alguma forma de relevo e algum tipo de solo, e estas formas de relevo darão uma resposta, que pode ser mais catastrófica ou de menor impacto, dependendo do uso do solo e das técnicas utilizadas, além das características do meio físico.

Cunha & Guerra (2000 apud Reis 2004) ressaltam que a Geomorfologia tem grande importância nos estudos de impactos ambientais, com relação à quebra da harmonia natural resultantes da degradação ambiental, seja ela numa bacia hidrográfica ou em parte dela, numa vertente, uma voçoroca entre outros objetos de estudos, os quais são importantes para conhecer a dinâmica da evolução dos processos de degradação do meio ambiente. Outro fator de destaque é procurar inter-relacionar os estudos do meio físico com as ações antrópicas, pois quem os desencadeia também procura resolver, recuperar, recompondo locais degradados.

São realizadas diversas pesquisas com a utilização de variados métodos para obtenção de dados sobre as formas de degradação. O monitoramento de processos erosivos, por

exemplo, tem sido feito com a utilização de diferentes técnicas e procedimentos. São realizados estudos referentes a fatores físicos, econômicos e sociais, além de experimentos destinados a determinações de perdas por erosão, realizando diagnósticos das áreas degradadas.

Metodologia é definida como a explicação, detalhada de toda ação desenvolvida no método que é o (caminho) da pesquisa. Para Casseti (2003) as metodologias são guias que programam as investigações e o método é um auxiliar da estratégia, e esta se caracteriza como segmento programado “metodológico”.

Ainda segundo o autor para uma compreensão fácil da diferença entre método e metodologia utilizando se o argumento geomorfológico, como exemplo, os níveis sistematizados por Ab’Sáber (1969) que se caracterizam como estratégia auxiliar para o desenvolvimento da pesquisa geomorfológica, portanto, referem-se propriamente ao método, ao passo que as formas e instrumentais utilizados para o estudo de cada um dos referidos níveis correspondem a metodologia.

Ab’Saber 1969 (apud Casseti, 2003) desenvolve uma metodologia aos estudos geomorfológicos sobre o Quaternário composto de três partes integradas: a compartimentação topográfica, a estrutura superficial e a fisiologia da paisagem. A fisiologia da paisagem, parte fundamental da pesquisa que pressupõe as duas primeiras, procura desenvolver um entendimento da funcionalidade ou organização da paisagem através do conhecimento da função de cada elemento do quadro ambiental, no processo de funcionamento da paisagem – como os fluxos de energia e matéria que fazem funcionar dinamicamente a paisagem (ROSS, 2000, p.39).

Com base no exposto acima neste estudo pretende-se desenvolver a pesquisa com apoio nos três níveis de tratamento geomorfológico propostos por Ab’ Saber (1969), que: no

1º nível constitui em realizar a compartimentação topográfica na área de estudo através de um levantamento de documentos topográficos com vistas a obter informações sobre a topografia local na intenção de elaborar um prognóstico relativo aos fatores condicionantes e a susceptibilidade a erosão linear.

No 2º nível que se refere a estrutura superficial da paisagem através de um levantamento e identificação dos sistemas pedológicos representativos da área de estudo reconhecidos pelos dos perfis de alteração onde foram também coletadas amostras para ensaios de laboratório relativos a caracterização dos materiais. E o 3º nível, fisiologia da paisagem que foi estudado a relação entre a pluviometria e sua distribuição e a dinâmica da ocorrência erosiva, através do qual serão descritos o provável comportamento hídrico da vertente e suas relações com os materiais afetados e cotejados com a susceptibilidade identificada.

5- PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

É possível encontrar diversos trabalhos que demonstram técnicas e procedimentos diferentes utilizados para estudar processos erosivos. Para Bertoni & Lombardi Neto (1990) em linhas gerais as pesquisas dos fatores físicos que influenciam sobre a erosão podem se resumir assim:

- a) características de intensidade, duração e frequência das chuvas.
- b) características físicas e químicas dos solos.
- c) características da vegetação.
- d) perdas de solo e água ocasionada pelas diferentes chuvas em várias unidades de solo com diferentes coberturas vegetais.
- e) estudo da influência do clima, vegetação e solo sobre a erosão e enxurrada.
- f) efeitos das práticas vegetativas, edáficas e mecânicas sobre as perdas de solo e água.
- g) efeitos econômicos das diferentes práticas e sistemas de manejo.

Portanto, para o desenvolvimento da pesquisa proposta foram adotados procedimentos para que fosse possível conhecer a correlação entre os fatores atuantes no processo erosivo e sua dinâmica de desenvolvimento, caracterizando fatores como: solo, declividade, clima, vegetação, áreas de maior atividade erosiva, o uso da terra e outros fatores que interferem na evolução do processo erosivo.

Após os levantamentos no campo e dados obtidos através de técnicas utilizadas para monitoramento foi possível a definição dos tipos de ensaios que seriam necessários para análise do processo erosivo em questão.

5.1- Revisão bibliográfica.

Para o desenvolvimento da pesquisa foram feitos levantamentos bibliográficos a fim de conhecer os trabalhos realizados nesta área tanto nacional como internacional e assim enriquecer cientificamente o projeto proposto. Assim foram levantados conteúdos relacionados a processos erosivos, mecanismo de voçorocamento, monitoramento de erosão, características geoambientais da área, para tanto foram selecionados produções nacionais e internacionais.

5.2- Trabalho de campo

Com intenção de alcançar os objetivos propostos para esta pesquisa seguiu-se uma metodologia de trabalho em que as observações feitas no campo são de fundamental importância para a caracterização dos fatores envolvidos no processo erosivo, bem como sua dinâmica. Para tanto foram coletadas amostras de solo para os ensaios no laboratório, realização de medidas, levantamento topográfico, registros fotográficos, identificação das áreas de maior atividade erosiva e outros fenômenos atuantes em voçorocas.

As visitas ao campo foram realizadas a fim de determinar melhor uma correlação visual entre os mecanismos erosivos no local e os fatores atuantes envolvidos no desenvolvimento do processo erosivo, são fatores importantes como: topografia, declividade do terreno, características do solo, vazão, cobertura vegetal e uso do solo.

Durante os trabalhos de campo também foram realizados a descrição dos perfis de alteração observados nas paredes da voçoroca e com material coletado no local para ensaios em laboratório, visando descrever as características morfológicas, como: profundidade,

transição entre os horizontes, cor, textura, porosidade, consistência e presença da atividade biológica, considerando como uma outra forma de avaliar as feições erosivas.

5.3- Laboratório

Para avaliação dos mecanismos atuantes em um processo erosivo fez se necessários ensaios específicos em laboratório, visto que apenas caracterização visual não seria suficiente. A fim de determinar parâmetros como: granulometria e consistência foram coletados materiais nas paredes da voçoroca para análise em laboratório os quais foram definidos diante das observações feitas no campo, com a intenção de compreender propriedades físicas do solo, e seu potencial erosivo, os ensaios foram realizados nos Laboratórios de Geomorfologia e Erosão de Solos (LAGES) do Instituto de Geografia e Engenharia Civil, ambos da Universidade Federal de Uberlândia. Entre eles:

5.3.1. Determinação do Limite de Liquidez – (NBR 6459- 1984) e Limite de Plasticidade (NBR 7180- 1984)

Para Vargas 1977 (apud Santos 1997) as propriedades físicas de maior interesse do ponto de vista geotécnico no estudo de um solo são: textura, plasticidade e estrutura, sendo possível através destas propriedades físicas realizar uma identificação satisfatória dos solos. Salienta que estas propriedades são suficientes para a identificação dos solos, já que a previsão do comportamento geomecânico depende também das condições naturais em que o solo se encontra.

Para que maiores informações sobre as características físicas do solo fossem disponíveis para conhecimento da influência deste fator na evolução da voçoroca, já que a partir de observações feitas no campo foram identificados processos como taludes

praticamente verticais com alcovas de regressão e grande quantidade de queda de blocos no interior da voçoroca, portanto, optou-se pela realização de ensaios de caracterização, a fim de correlacionar as características físicas do solo com a susceptibilidade a erosão. Estes foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia.

Com o ensaio foi possível identificar a influência das partículas argilosas, demonstrando que o solo pode ter comportamento diferente de acordo com as características dos minerais presentes.

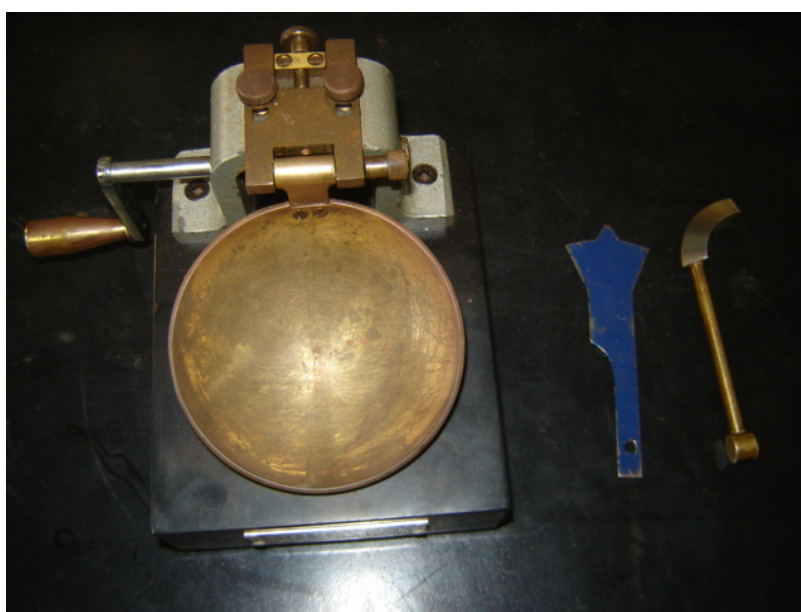


Fig.06- Aparelho utilizado para determinação do limite de plasticidade "CASAGRANDE"

Autor: ROCHA, E. A. V., set. /2006.

5.3.2- Análise granulométrica

A análise granulométrica dos sedimentos transportados no interior da voçoroca foi baseada na proposta da EMBRAPA (1979). Os sedimentos foram coletados em dispositivos colocados no interior da voçoroca onde era monitorado o tempo.

Em laboratório era feita a separação entre o material mais grosseiro daquele de menor fração, este processo era realizado através do peneiramento com peneiras que variavam entre

$>3,35$ e $<0,053$. Antes desse processo é retirado 20 g para a análise granulométrica, onde é feita a separação do material mais fino, para isso foram utilizado 100ml de água destilada e 15 ml de Hidróxido de Sódio (NaOH) para a desagregação das partículas, sendo usado para este resultado a mesa agitadora. Todo o material é pesado a fim de deduzir a quantidade transportada no evento chuvoso monitorado.

5.4- Monitoramento da voçoroca com estacas.

Para se determinar a evolução de uma voçoroca são necessárias medições tanto no desenvolvimento vertical quanto horizontal. Para isso estacas colocadas em intervalos regulares e com as medições feitas fornecem dados para determinar a intensidade com que as bordas da voçoroca estão se movimentando.

De acordo com Guerra (2005):

(...) as voçorocas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço, para se conhecer como e para onde estão evoluindo, é necessário fazer o seu monitoramento. Uma das maneiras utilizadas é colocar estacas no solo, ao redor das voçorocas, afastadas uma das outras cerca de 20 metros (esse afastamento pode ser maior caso a dimensão da voçoroca seja quilométrica), com afastamento de pelo menos 10 metros das bordas da voçoroca. Após a colocação dessas estacas é preciso que se faça um esquema da distribuição espacial das estacas e seja medida a distância de cada estaca até a borda da voçoroca. A cada dois ou três meses (ou com uma periodicidade relacionada à distribuição temporal das chuvas) retorna-se ao local e realiza-se nova medição. Com isso, pode-se traçar com um bom grau de precisão a evolução da voçoroca, no tempo e no espaço. Essa evolução pode estar associada com a distribuição das chuvas, com as propriedades do solo, com a cobertura vegetal, com o uso e manejo da terra, etc.

Portanto adotou-se a metodologia proposta por Guerra com modificações para a confecção das malhas de referência. As malhas foram construídas com a utilização do teodolito, trena e estacas de madeira em torno da ramificação monitorada da voçoroca, seguindo uma forma retangular com medidas iguais entre as estacas. Estaqueou-se ao redor da voçoroca, mantendo-se uma distância de 5 metros entre cada uma delas. Uma vez colocadas

as estacas no solo e feito o esquema da distribuição espacial das mesmas formando um retângulo, retornou-se uma vez por mês ao campo para a medição da distância das estacas em relação à borda da voçoroca, verificando assim se ocorreu ou não o aumento da erosão. Tal método não deve ser utilizado como única fonte para avaliar o desenvolvimento do processo erosivo, pois devem ser observados os fatores condicionantes que alteram o desenvolvimento da voçoroca.

A distribuição retangular das estacas deve-se ao fato que colocadas dessa maneira obtém-se maior controle das medidas, visto que se por ventura alguma se perca, através das outras é possível determinar o avanço das bordas da voçoroca.

5.5- Levantamento fotográfico

Foi realizado um trabalho com registros fotográficos a fim de fornecer mais informações para a pesquisa. De acordo com Silva et al, (2004) métodos fotogramétricos oferecem suporte informativo a outros métodos utilizados. Qualquer tipo de fotografia é útil para o estudo de processos erosivos.

Assim todo evento diferente observado na voçoroca era fotografado com o intuito de obter a representação do fenômeno, data, local e outros dados importantes para a pesquisa.

5.6- Vertedouro

Definidos os fatores que influenciam no desenvolvimento de um processo erosivo, as técnicas para avaliação de sua dinâmica devem levar em conta as inter-relações entre os fatores, visto que estudados isoladamente podem propiciar uma compreensão diferente de quando visto como um todo. Com essa intenção as técnicas utilizadas para o monitoramento

da voçoroca possibilitam quantificar, determinar, demonstrar o conjunto de fatores atuantes em uma erosão.

Afim de que fosse possível estabelecer as perdas de solo foi instalado um vertedouro no interior da voçoroca, com 1,60cm de comprimento, 80 cm de altura, 50 cm de largura, construído com placas de concreto, com a finalidade de coletar o material transportado, tanto sedimento de fundo, quanto sedimento suspenso.

Foram colocadas no fundo do vertedouro armadilhas para coleta do material de fundo, para sedimentos suspensos, foram adaptados tubos de PVC com alturas de 5, 10 e 15 cm para coleta desse material suspenso, todo material foi analisado em laboratório e sempre relacionado a outras metodologias para estudos desse processo erosivo.

A enxurrada passa pelo vertedouro adaptado com os coletores de sedimentos de onde são retiradas amostras para determinação da quantidade e a textura do solo transportado por análise em laboratório.

Segundo Reis 2004 (apud Christofolletti 1988): "o sedimento de fundo é maior e mais denso do que o sedimento suspenso e por isso, o seu transporte é realizado por meio de arraste no fundo do canal". Este tipo de sedimento origina-se basicamente de rochas e solo, e dependendo do tamanho do canal em que o transporte está sendo realizado, ele poderá ter o diâmetro de alguns milímetros e ter seu peso dado em gramas ou poderá ter o diâmetro em metros e o peso ser dado em quilos.

Assim, foram feitas coletas em período chuvoso bem como em períodos de estiagem, para obtenção de dados referentes ao material sólido arrastado, a quantidade deste correlacionado ao tempo de coleta.



Fig.07 – Vertedouro montado no interior da voçoroca.
 Autor: ROCHA, E. A. V., mar. /2005.

5.7– Vazão

Para a realização desta pesquisa na qual trabalhou-se com o acompanhamento do processo de evolução das bordas da voçoroca e também os fatores atuantes no processo erosivo, fez-se necessário a determinação da vazão e quantidade de sedimentos transportados, possibilitando então conhecimento de alguns fatores referentes a dinâmica erosiva. Foram adaptados alguns dispositivos e metodologias para obter estas informações.

Este acompanhamento foi feito no final do vertedouro, utilizando uma vasilha de 6 litros que compreendia todo o fluxo de água e o tempo era cronometrado, o material coletado era levado para o laboratório pesado e peneirado.



Fig. 8 – Técnica utilizada para medição da variação da vazão.
Autor: ROCHA, E. A. V., mar. /2005.

6- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Mesmo se tratando de uma área que teve sua cobertura vegetal retirada, compactação do solo, manejo inadequado para plantio que são situações que deixam o solo propício a processos erosivos, para uma avaliação e análise da evolução da voçoroca é necessário que se tenha um conhecimento sobre as características físicas do local e uso do solo como também a relação entre estes fatores.

6.1 – Geologia

O município de Ipameri encontra-se sobre rochas do Pré Cambriano, constituídas por metassedimentos do Grupo Araxá, estando inserida no segmento meridional da Faixa de Dobramentos Uruaçu, configurando-se dentro da Faixa Brasília.

Segundo Almeida et al., 1976; Marini et al., 1984 denomina-se como Faixa Brasília uma unidade geotectônica formada por variadas unidades de rochas metassedimentares que foram depositadas e deformadas na borda oeste do Cráton do São Francisco, que evoluiu do meso ao neo- Proterozóico, sendo que este metamorfismo e deformação são mais intensos em direção a oeste o que deixa evidenciado a importância do evento termal Brasileiro, percebe-se então a presença de terrenos mais antigos e ciclos orogênicos pré-Brasileiros. Além de extensos terrenos gnáissicos e granulíticos expostos especialmente nas suas porções centro, oeste e norte que constituiriam o embasamento antigo das seqüências supracrustais da faixa, tendo sido +incluídos no chamado Maciço Mediano de Goiás.

O Grupo Araxá definido por Barbosa (1955) ocorre principalmente no segmento sudeste da Faixa Brasília, e é constituído por micaxistos e quartzitos. Na base desta unidade é possível observar biotita e hornblenda, além de em alguns locais ser possível de detectar a presença de rochas vulcânicas associadas com o micaxisto do próprio Grupo Araxá.

Já uma grande área na parte central do sudeste do Estado de Goiás é caracterizada pela exposição de terrenos de alto grau metamórfico denominado por Complexo Anápolis-Itauçu. Este está exposto entre rochas metassedimentares do Grupo Araxá, que ao longo da zona interna da faixa Brasília forma uma zona alongada de noroeste para sudeste sobre (260x70 km) estendendo dos limites de Itauçu no noroeste para a área do município de Ipameri no sudeste de Goiás.

Para Araújo et al., 1994, Winge 1995, Wolff 1991 este complexo é formado por uma associação de diferentes tipos de rochas de alto grau metamórfico formado por granulitos ortoderivados que inclui corpos máficos-utramáficos granulitizados, constituídos por metagabros, metapiroxenitos, metanortositos, e também corpos de composição charnoquítica e enderbitica, migmatitos e ortognaisses de composição tonalítica a granítica e um grande volume de granulitos e gnaisses aluminosos, contendo sillimanita e granada, eventualmente

apresentando cordierita, espinélio e safirina, possivelmente derivados de sedimentos pelíticos a grauvaquianos.

6.2. Geomorfologia

O Estado de Goiás em sua maior parte está localizado no Planalto Central, este que apresenta terrenos cristalinos e sedimentares antigos. Para Barbosa et al (2004) o relevo tem a fisionomia de um vasto planalto formado por chapadas e chapadões cristalinos e sedimentares de estrutura horizontal e sub-horizontal, seus antigos planaltos foram modificados por processos erosivos e de sedimentação.

Analizando as formas do relevo do município de Ipameri este se localiza na área de transição entre as Morfoestruturas da Bacia Sedimentar do Paraná e da Bacia Sedimentar do Araguaia-Tocantins. Apresenta formas de relevo em que predomina o padrão de morros intercalado por algumas planícies fluviais e por colinas. Ocorrem também além destas formas os topos planos.

Os morros ocorrem justamente em áreas que coincidem com atividades endógenas mais recentes, principalmente pela presença de material intrusivo. As intrusões elevaram o material da crosta terrestre de forma diferenciada, causando a elevação de algumas áreas em relação a outras. Com o passar do tempo geológico algumas dessas elevações e outras mais antigas passaram a sofrer erosões diferenciais, formando assim o padrão de forma de colinas intercalado entre os morros. O material erodido foi então acumulado nos grandes vales fluviais, dando origem às planícies fluviais. Os topos dos morros com maiores extensões passaram por um processo erosivo que culminou na formação de topos planos, os quais se tornaram extremamente úteis para a aplicação da agricultura mecanizada.

Contudo, a forma do relevo influencia sobre o modo e intensidade que o Homem ocupa e pratica suas atividades. Como prova disto, pode ser citado o fato de os topos planos e as colinas aplainadas e extensas terem passado por intenso processo de mecanização agrícola, se tornando sequeiros produtores de grãos. As colinas e as áreas mais acidentadas estão sendo ocupadas pelas pastagens, enquanto que as planícies fluviais estão sendo utilizadas como pastagem e para culturas de subsistência.



Fig. 09 – Esta figura serve para ilustrar a diversificação de formas de relevo que existe no município de Ipameri. Ao fundo é possível observar um padrão de forma de morro e ao centro é possível ver colinas longas e aplainadas intercaladas por pequenas planícies fluviais.
Autor: ROCHA, E. A. V., Maio/ 2006.

6.3– Solos

Os solos em áreas de Cerrado apresentam características diferentes devido a variação climática, o grau de intemperismo, as formas de relevo e variação do material litológico, assim, pode ser encontrado solos como os latossolos, cambissolos, gleyssolos, organossolos e solos podzólicos.

De acordo com o mapa de solos no município de Ipameri há o predomínio de uma associação de latossolo vermelho escuro + latossolo vermelho amarelo, ambos distróficos, com textura argilosa, relevo suave ondulado e plano + Cambissolo distrófico ou álico Tb textura argilosa cascalhenta ou média cascalhenta relevo ondulado ou suave ondulado todos A moderado (Led 8). E, associação de Cambissolo distrófico ou álico Tb, textura média cascalhenta ou argilosa cascalhenta, relevo ondulado e forte ondulado + solos Litólicos distróficos textura média cascalhenta relevo forte ondulado, ambos fase pedregosa + Cambissolo álico Tb, textura argilosa relevo suave ondulado e forte ondulado, todos distróficos a moderado. Esta informação foi retirada do mapa elaborado pelo SIEG (Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás, 2004) em escala maior, portanto na área do município podem ser encontrados outros tipos de solo, como, por exemplo, o neossolo litólico.

A voçoroca localiza-se em material de alteração sobre embasamento de micaxistos pertencentes ao Grupo Araxá, que foram definidos através de análises no laboratório e trabalhos de campo. Este material é profundo, de boa drenagem, textura argilosa, boa agregação e de estrutura granular, possui boa permeabilidade e porosidade.

Identifica-se na parede da voçoroca a ocorrência de três camadas, sendo a primeira um manto superficial composto por partículas mais finas sem material grosseiro e suas propriedades estão relacionadas com as características do saprolito.

Em seguida uma camada de quartzo que varia quanto à profundidade e espessura, em alguns locais é possível identificá-la na superfície, sua composição mineralógica corresponde a fragmentos da rocha local. A camada inferior é o saprolito, isto é, a rocha alterada por fatores de formação do solo mantendo ainda as características da qual este se formou.

(A)**(B)**

Fig. 10- (A) Vista geral das paredes da voçoroca. (B) Detalhe do perfil, camada superficial e camada de cascalho quartzítico.

Autor: ROCHA, E. A. V., mar. / 2006.

6.4 – Aspectos Bióticos

6.4.1 – Aspectos da Vegetação

O Cerrado é a grande unidade fitogeográfica do Estado de Goiás, que de acordo com Barbosa et al (2004) constitui uma paisagem fitogeográfica originária dos seguintes componentes: Deficiência dos minerais do solo, parcela reduzida de húmus e fatores ecológicos ou ambientais, como o clima e logo que associados determinam diferentes tipos de Cerrado.

Para Ferreira (2003) conceitualmente, hoje pode se definir o Cerrado como sendo uma savana tropical constituída por vegetações rasteira e arbustiva e principalmente por gramíneas coexistentes com árvores e arbustos esparsos, ou seja, englobando os aspectos florísticos e fisionômicos da vegetação, sobre um solo ácido e relevo suave ondulado, recortada por uma intensa malha hídrica.

O Cerrado abrange uma grande área do Brasil recobrando quase dois milhões de quilômetros quadrados, ou aproximadamente 23% do território, inclui quase a totalidade dos Estados de Goiás e Tocantins, e parte de outros estados. Constitui-se em uma área que desperta grande interesse a diversas áreas de pesquisa, representa um dos maiores domínios do Brasil em se tratando de aproveitamento econômico, já que tem sido explorado em grande parte por lavouras e criação de gado.

Trata-se de um domínio que apresenta diferentes aspectos, isto relacionado com características do clima, solo, recursos hídricos, relevo, portanto em regiões mais úmidas, ou nas baixadas a vegetação é composta por árvores de maior porte, em regiões mais secas a vegetação predominante é aquela de gramíneas e pequenos arbustos.

Barbosa et al (2004) diferencia os elementos fisionômicos desse Bioma quanto aos seus extratos arbóreo e arbustivo-herbáceo:

➔ Estrato arbóreo: árvores de porte baixo, caule tortuosos recobertos de casca grossa, folhas grandes e pilosas, ausência de árvores espinhosas. Exemplos: pequiizeiro, lixeira, sucupura, ipê e outros.

➔ Estrato arbustivo-herbáceo: caracterizam-se pela existência por moitas, tufo, espécies arbustivas e semi-arbustivas. Exemplos: gabioba, pitanga, capim-gordura, caju, assa-peixe e outros.

Ainda segundo o autor, o bioma Cerrado distribuído pelo território nacional, no contexto da globalização da economia, está sofrendo rigoroso processo de impactos ambientais em termos de degradação e destruição de significativos ecossistemas brasileiros. Já que devido ao aumento da população cresce a necessidade de se associar desenvolvimento científico e tecnológico com desenvolvimento social, portanto vive-se um momento em que ciência, produção e sociedade estão interligadas, o que leva a necessidade de um desenvolvimento sustentável, assim ter melhores oportunidades econômicas, sociais e culturais em busca de melhoria na qualidade de vida e conservação do meio ambiente.

A região de Ipameri é uma área onde o Cerrado é significativo, em todo o município encontram-se tipos fisionômicos diferentes, apesar de hoje existirem extensas áreas de degradação, isto devido ao aumento das lavouras para o cultivo principalmente de soja e algodão, além de grande área destinada à pastagem.

Na área de estudo devido aos processos de ocupação a vegetação natural foi degradada, pois se trata de uma área com pastagens, que teve sua cobertura natural retirada, havendo assim destruição de espécies da flora e fauna.

6.4.2 – Aspectos da Fauna

O Cerrado possui uma grande diversidade faunística, tendo catalogado mais de 1.600 espécies animais, entre mamíferos, aves, répteis e anfíbios. Isto faz com que este ecossistema possua o segundo maior conjunto animal da Terra. As aves representam a grande maioria destas espécies, representando mais da metade do total de animais identificados (AMBIENTE BRASIL, 2006). Não se deve esquecer que ainda existem os invertebrados que são encontrados de forma abundante no Cerrado, como por exemplo, as térmitas, as formigas, abelhas, vespas e mosquitos.

O avanço da ocupação humana sobre o Cerrado provocou o desmatamento do habitat dos animais. Com isto, toda a cadeia alimentar foi desestruturada, porque com a devastação da vegetação a quantidade de consumidores primários diminuiu drasticamente, e conseqüentemente, as espécies dos níveis tróficos superiores também diminuíram. Além do mais, houve um período em que a caça não era tão fiscalizada quanto atualmente, principalmente durante o início da ocupação do Cerrado. A ocupação do Cerrado foi catastrófica para a fauna, pois houve uma diminuição acentuada da quantidade de animais silvestres; 65 espécies deste ecossistema estão ameaçadas de extinção, como por exemplo, os mamíferos tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e as aves como mutum-do-sudeste (*Crax blumenbachii*) e a arara-azul-grande (*Anodorhynchus hyacinthinus*).

Algumas espécies de animais podem ser observadas com mais frequência no município, principalmente espécies de aves, como a saracura (*Aramides cajanea*), pica-pau (*Colaptes campestris*), bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*), periquito (*Brotogeris chiriri*), beija-flor (*Amazilia versicolor*), codorna (*Nothura maculosa*), tucano (*Ramphastos toco*) e seriemas (*Cariama cristata*). Alguns répteis também, entre eles a cobra cascavel (*Crotalus durissus*

collilineatus), a jibóia (*Boa constrictor amarali*) e pequenos lagartos e espécie de mamífero, como o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*).

Devido ao fato do município ter passado por um intenso processo de desmatamento e parte das espécies animais sofrerem com as caçadas, atualmente torna-se muito difícil o contato direto com algum tipo de animal.

Muitos animais mortos são encontrados nas estradas pavimentadas que dão acesso à Ipameri. Nelas são comumente observadas carcaças de animais atropelados por automóveis, como por exemplo, tamanduá-bandeira (ameaçado de extinção), tamanduá-mirim, raposa, entre outros mamíferos, aves, répteis e anfíbios.

6.5- Ocupação do solo no município.

O tipo de área que desperta interesse para produção agrícola é aquela que possui um solo mais desenvolvido e estruturado, que são representadas pela região de topos planos e pelas colinas com vertentes de declividades mais suaves, onde predomina a produção de monoculturas. As áreas de planícies fluviais também são utilizadas na produção agrícola, mais se restringem basicamente à produção de subsistência e comércio em pequena escala, destacando a plantação de mandioca, banana e frutas cítricas. As culturas de subsistência também estão presentes nas regiões de colinas, porém em escala bastante reduzida.

Nas áreas de colinas há um predomínio do cultivo de soja, milho e arroz, sendo que a soja até então é a cultura que domina a paisagem nesta região (fig.11). Como já foi afirmado, o solo deste local é bem desenvolvido e estruturado. Entretanto ele é pouco fértil para o cultivo dessas espécies, o que despende de gastos por parte dos fazendeiros para controlar a acidez e a fertilidade do solo. Ainda assim a produção de monoculturas nesta região se mantém extremamente lucrativa, o que faz com que cada vez mais as terras planas com solos

bem estruturados sejam usadas pelos fazendeiros. O recente interesse por este tipo de terra (a partir de 1980) acaba causando uma falsa idéia de que os fazendeiros tomaram consciência dos danos ambientais causados quando as regiões de declividades mais acentuadas e os morros são utilizados na produção rural. Na realidade o que se vê é que este interesse é movido quase que exclusivamente pelo lucro que as monoculturas mecanizadas das terras planas oferecem em detrimento com as culturas ou criação de gado nas áreas mais acidentadas que possuem solos rasos e poucos estruturados.

Nos topos planos há uma predominância do cultivo do algodão (fig. 12). Mais não deixam de ocorrer plantações de soja, milho e arroz, porém, em escala bem reduzida. O algodão toma conta desta paisagem principalmente porque há melhores condições de trabalho concebidas pela terra plana, que acaba facilitando o uso extensivo de máquinas agrícolas que esta cultura exige.



Fig. 11 – Cultura de soja numa colina próxima ao Córrego Vai e Vem
Autor: ROCHA, E. A. V., Abril / 2006.



Fig.12 – Plantação de algodão na região dos topos planos. Este cultivo é feito por parceiros da Algodoeira Califórnia.
Autor: ROCHA, E. A. V., Junho / 2006.

A procura por terras planas ficou mais acentuada com o passar do tempo, principalmente porque as monoculturas se mostraram como fontes extremamente rentáveis. Quando estas terras já se encontravam intensamente ocupadas, o ambiente das veredas passou a sofrer drenagens para que estas terras também pudessem ser utilizadas na produção agrícola, gerando um impacto ambiental negativo quase que irreversível para o meio ambiente.

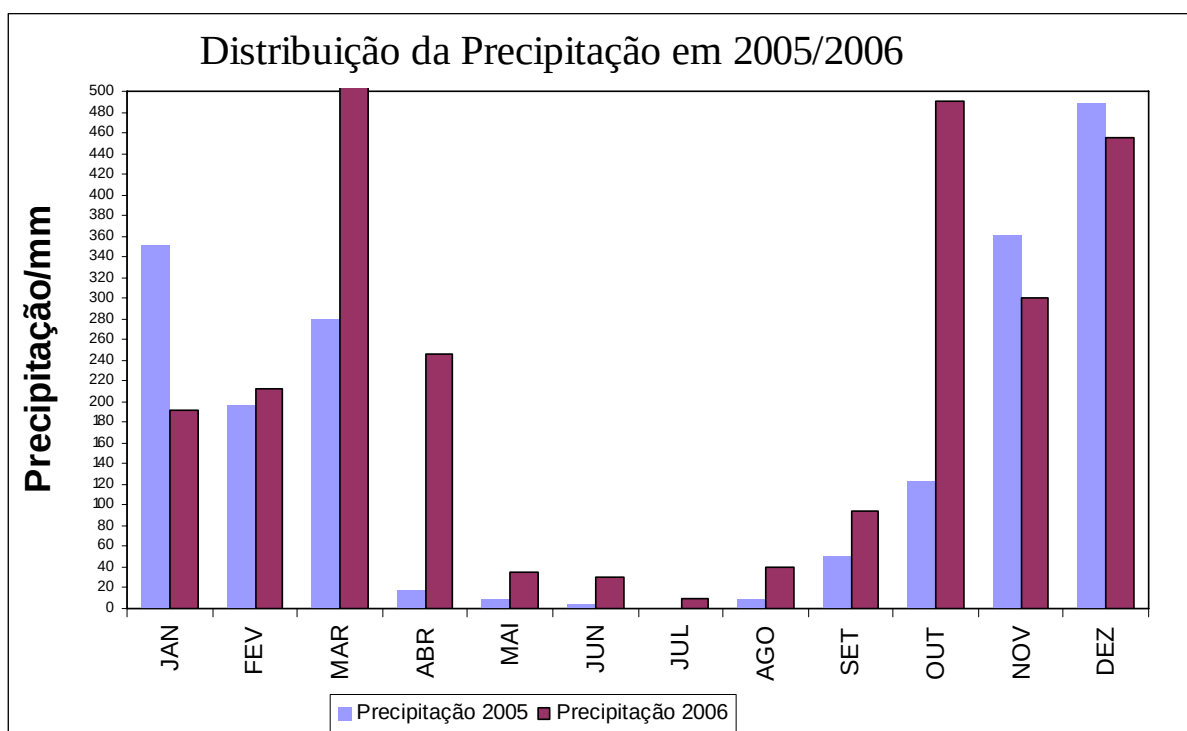
Apesar do uso do solo proporcionado pelo Homem causar uma série de impactos ambientais negativos na área estudada, este uso é necessário para garantir a produção de alimentos para a população dos centros urbanos. Para amenizar os impactos ambientais, diversas medidas vêm sendo tomadas pelos produtores rurais, como por exemplo, a diminuição do uso de agrotóxicos, racionalização do uso da água e a aplicação da técnica do plantio direto que ameniza os problemas ocasionados pelos processos erosivos quando o solo fica completamente exposto no período após a colheita.

6.6– Clima

Em Goiás o clima tropical é predominante, sendo sua característica mais marcante a presença de duas estações bem definidas: um verão úmido e um inverno seco. As temperaturas médias variam entre 18° e 26° C, com uma amplitude térmica significativa, considerando-se o regime dominante nos planaltos elevados que forma grande parte de Goiás.

A cidade de Ipameri está localizada em uma região do Cerrado onde o clima segundo Köpper 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 apresentando temperaturas mais amenas (inverno) (MENDES 2001).

Na área de pesquisa foram registrados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – 10º Distrito de Meteorologia de Goiânia um total de chuvas de 1.895,80 mm no ano de 2005 e de 2.625,30 mm no ano de 2006.



Fonte: INMET – 10º Distrito de Meteorologia de Goiânia
Org. ROCHA, E. A. V., dez. / 2006.

6.7. Hidrografia

O município de Ipameri está localizado dentro da Bacia Hidrográfica do Paraná, que é uma bacia hidrográfica de âmbito internacional sendo de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social do Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai.

Devido a grande importância desta bacia hidrográfica a preocupação com o seu manejo e recuperação vem crescendo, e uma das provas disto foi a instituição dos Comitês de Bacias Hidrográficas e da criação da ANA (Agência Nacional de Águas) que vem atuando concomitantemente no controle do uso dos recursos hídricos, na elaboração de leis de uso, no cumprimento das leis e punindo os infratores que não respeitam as regras e fogem do conceito de “sustentabilidade”, ou não possuem as devidas licenças ambientais para utilização do recurso.

Ao dividir a Bacia do Paraná em sub-bacias, Ipameri insere-se na sub-bacia do Rio Paranaíba, sendo que as águas que vertem pelo município são importantes afluentes da margem direita deste rio. Os rios que cortam o município são: Rio Corumbá, Veríssimo e Rio do Braço. Estes rios possuem a sua vazão sustentada pelo fluxo proveniente de uma série de córregos e ribeirões das mais variadas ordens, constituindo assim todo o sistema de drenagem do município. Entre estes córregos e ribeirões destacam-se o Ribeirão Sucuri e o Córrego Vai e Vem.

Estão nas terras do município também o rio do Braço, que nasce na chapada em um local chamado de Pindaíbal, e o rio Veríssimo que nasce em um local conhecido como Cabeceiras. O rio do Braço deságua no Veríssimo, que por sua vez é afluente do Paranaíba. Já o rio Corumbá aflui para o Paranaíba, na parte tida como a mais alta, a sudoeste e o São Marcos que banha as terras do município em curta extensão também aflui para o Paranaíba na parte mais baixa a sudeste.

O ribeirão Vai-Vem possui uma importância expressivamente maior em relação a outros pertencentes ao município, as nascentes deste ribeirão estão localizadas próximas as áreas urbanas do Município de Ipameri, sendo que alguns quilômetros depois ele e outros de seus afluentes já cortam a cidade. Na área urbana, o Vai e Vem teve a sua estrutura bastante modificada pela ação do Homem, principalmente no que diz respeito ao desmatamento de sua mata ciliar, a canalização de seu curso e da modificação da qualidade de suas águas. Este córrego é utilizado pela população da cidade de formas variadas, como por exemplo, captação de água para o abastecimento da cidade e como receptor da rede de esgotos do município. As suas águas também abastecem as propriedades rurais e servem também para um outro uso ainda não tão difundido entre os habitantes, que é o turismo ecológico, principalmente por causa de uma seqüência de corredeiras e quedas de água localizada em seu curso médio que banha a cidade, este é tributário do Veríssimo.



Fig. 13 – Este local é conhecido como Cachoeira do Vai e Vem e possui um grande potencial de aproveitamento turístico até então não tão difundido entre a população local. Estas quedas de água já foram utilizadas para geração de energia elétrica em uma pequena central hidrelétrica que hoje se encontra desativada.
Autor: ROCHA, E. A. V. Maio / 2006.

De acordo com moradores desta área é comum encontrar espécies típicas da Sub-bacia do Paranaíba, como por exemplo, o lambari, o piau e o mandi. É notada por eles a diminuição da quantidade e qualidade dos peixes coincide justamente com o período do avanço da fronteira produtiva sobre a região, que culminou também na diminuição da vegetação, incluindo a da mata ciliar e também na mudança das propriedades químicas da água com a presença maior de poluentes.



Fig. 14- O Córrego Vai e Vem é bem caudaloso, comprovando o fato de ser um canal fluvial de grande importância desta micro-bacia.
Autor: ROCHA, E. A. V. Maio / 2006.

A maior parte da mata ciliar deste córrego já foi retirada para dar lugar a pastagens ou culturas de ciclo curto. Além disso, a maior parte da vegetação natural da bacia também já foi retirada, e a falta destas vegetações influencia diretamente na ocorrência de processos erosivos. Próximo à área de influência deste canal foi possível observar a presença de processos erosivos nas mais diversas fases, como erosão pelo efeito “*splash*”, erosão laminar, erosão por sulcos, ravinas e voçorocas. Todos estes processos erosivos geram uma grande

quantidade de sedimento a cada período chuvoso e essas partículas de sedimentos são transportadas para o canal do Vai e Vem contribuindo para o aumento de sua taxa de assoreamento. A taxa de transporte de sedimento é tão elevada que mesmo em períodos de seca a uma distância de aproximadamente 12 quilômetros da zona urbana, as suas águas são observadas na tonalidade escura. Outro processo erosivo também visto neste canal foi o solapamento das margens, ocasionado pelo poder abrasivo da água associado a falta de vegetação ciliar.

Uma outra característica peculiar do Vai e Vem é que ele possui uma ampla planície de inundação no seu entorno, que pode atingir a marca de até 2Km de largura, apresentando diversas marcas de inundações recentes. A ocorrência destas inundações faz com que a planície seja fertilizada pelas águas com matéria orgânica e outros nutrientes, possibilitando a formação de solos mais férteis, os quais são destinados pelo Homem na maioria das vezes para o cultivo de pastagens.

6.8- Histórico de ocupação

Segundo Pires (2000) seria possível resumir a história da região Centro Oeste em quatro fases. A primeira seria o ciclo da preação de índios e a extração de minérios, que perduraram nos primeiros séculos do período colonial e imperial. A segunda fase foi marcada pela decadência do ouro e outros minérios preciosos e a expansão da pecuária extensiva. Nesse período sobressai a política dos coronéis e donos de grandes extensões de terra. Inicia-se, ao final, a construção de ferrovias e outras estradas que acabam alterando o cenário regional. A terceira fase (1930-1950) voltou para a busca da modernização e integração nacional. Por fim, a última fase tem seu auge a partir dos anos 1970 e intensificada na década

seguinte: destinou-se à exploração da fronteira agrícola, com base na tecnologia e no capital intensivo.

A pecuária formou uma base para a economia agrária regional. A expansão das fazendas de gado foi responsável pela ocupação de grandes áreas de terra no sudeste goiano, especialmente em áreas de Cerrado. Tal situação não foi diferente no município de Ipameri-GO.

Segundo Moreyra (1982) a pecuária em Goiás teve início paralelamente a fase da mineração, esta atividade desenvolveu-se uma ativa sociedade de criadores e comerciantes de gado. Ainda no período colonial, muitas fazendas e arraiais surgiram a partir dessa atividade econômica.

Para Barsanuf (1994) os pontos de grande importância para a introdução do gado em Goiás foram os currais nordestinos e os paulistas. Fazendeiros do Piauí e da Bahia conduziram suas boiadas, subindo o São Francisco; depois de percorrerem o oeste baiano e ultrapassar a fronteira natural do Espigão Mestre, alcançaram o território goiano. Pará e Maranhão também foram pontos de partida de rebanhos, os quais seguiram o vale do Tocantins e se dispersaram a partir do norte do Estado. O gado que partiu de São Paulo e Minas Gerais traçou a mesma trilha dos mineradores; após atravessar o Triângulo Mineiro, os rebanhos espalharam em território goiano.

Um dos fatores que favoreciam a criação de gado era o baixo custo exigido pela atividade, além das boas condições físicas e climáticas oferecidas pela região, outro fator de destaque era a pastagem natural do Cerrado que favorecia o desenvolvimento desta atividade.

Cita-se como fato importante para o desenvolvimento das atividades agropecuárias na década 60 à ampliação das rodovias ligando a região Centro Oeste a regiões mais desenvolvidas do país, aumentando assim o processo de ocupação do Cerrado com

implantação de atividades agropecuárias modernas, atraindo pessoas de outras regiões como das Regiões Sudeste e sul.

Já na década de 70 a Fronteira Agrícola avança sobre a região Centro Oeste provocando modificações na economia. De acordo com Pires (2000) a ação estatal fora fundamental para imprimir o desenvolvimento regional baseado na agricultura moderna. Nesse período é que são lançados vários programas e projetos de injeção de recursos e indução de práticas agrícolas modernas e capitalizadas. Nessa época surgem o Programa de Desenvolvimento da Região de Grandes Dourados (PRODEGRAN), para a região de Dourados – MT, o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO), para 12 pólos espalhados na região do Cerrado, incluindo Minas Gerais, o Programa de Cooperação Nipo Brasileira de Desenvolvimento dos Cerrados PRODECER e outros de cunho mais estadual.

A produção de grãos na Região Centro Oeste é responsável pela produção de 24% da produção nacional, conforme dado fornecido pelo IBGE. Porém mesmo com tais dados sobre o crescimento das atividades agrícolas, a expansão da criação de gados tem uma grande importância, dados fornecidos pelo IBGE mostram o grande aumento desta atividade nos anos de 1985 a 1996.

Quadro 01- Principais rebanhos da região Centro Oeste entre 1985 e 1996

UF	1985			1996		
	Bovinos	Suínos	Aves	Bovinos	Suínos	Aves
MS	15.017.906	400.656	2.801.000	19.754.356	508.813	10.971.000
MT	6.545.956	671.150	3.673.000	14.438.135	671.789	13.066.000
GO	14.476.565	1.442.031	11.448.000	16.488.390	1.004.074	13.281.000
DF	75.866	34.981	2.446.000	85.615	69.321	5.778.000
TOTAL	36.116.293	2.548.818	20.368.000	50.766.496	2.253.997	43.096.000

Fonte: IBGE - Produção da Pecuária Municipal (1985) e Censo Agropecuário 1995-1996.

O município de Ipameri tem sua origem em um arraial de agricultores e criadores de gado, fundado por Francisco José Dutra. Os primeiros moradores vieram do estado de Minas Gerais por volta de 1816 e fixou nas proximidades do Ribeirão Vai-Vem. Em 1845 devido ao aumento de habitantes, o arraial passa a ser uma paróquia, em 1858 é elevado à vila, neste período com o nome de Vai Vem pelo fato do Ribeirão que banha o local possuir sinuosidade. Já em 12 de setembro de 1870 desmembrou-se do município de Catalão recebendo o nome de Entre Rios por estar localizado entre os rios Veríssimo e Corumbá. Em 26 de março de 1904, com a Lei Estadual nº. 42, a cidade passa a se chamar Ipameri, Ipau-mery que significa entre águas ou entre rios. Hoje o município é formado por três distritos: Ipameri, Cavalheiro e Domiciano Ribeiro. Possui uma área de 4.368,6 km² e uma população estimada de 25.000 habitantes.

Em 1913 inicia-se a construção da primeira etapa da ferrovia, que trouxe um grande progresso, conectando Ipameri à Capital do Estado e ao restante do país de forma rápida e eficiente, possibilitando a ligação do município com centros maiores.

Na década de 50 com a decadência do transporte ferroviário a cidade sofreu um período de isolamento e atraso, época em que perdeu grande parte de suas indústrias. Porém cerca de quarenta anos depois o município começa a desenvolver, isto devido às estradas que ligam o município ao restante do país que foram asfaltadas.

Já a atividade industrial do município tem presenciado um crescimento com a chegada de empresas nestes últimos anos, principalmente agroindústrias devido ao desempenho quanto a agricultura e sua localização, atraindo empresas como: Algodoeira Califórnia, que atua na área de beneficiamento de algodão; Caramuru Alimentos e LASA, na área de produção de óleo de soja. Outras atividades também são desenvolvidas no município e tem grande participação na produção industrial como: a indústria de laticínios e as cerâmicas.

7.0- RESULTADOS

7.1- Descrição da voçoroca

Trata-se de uma voçoroca com grandes dimensões, sua extensão é de aproximadamente 1.050 metros, variando de 10 a 15 metros de profundidade, é uma feição erosiva que possui paredes com contornos tortuosos, e largura de até 60 metros, está interligada ao curso d'água local, mostra-se parcialmente estabilizada com presença de vegetação com diversificadas espécies.

Localiza-se no município de Ipameri-GO, que, de acordo com relatos de antigos moradores da cidade aquele local era uma antiga estrada muito utilizada por carros de boi, a voçoroca foi utilizada também como local de treinamento de tiro pelos militares do 6º Batalhão de caçadores, que foi transferido para Jataí-GO no ano de 1975.

A voçoroca possui dois canais com diferentes graus de estabilidade, apresenta o lençol freático aflorado, o volume de escoamento de água em seu interior varia de acordo com as alterações climáticas, diminuindo o volume no período de estiagem e aumentando no período chuvoso (Fig.15).



Fig.15– Lençol aflorado no interior da voçoroca em período de estiagem.
Autor: ROCHA, E. A. V. set./2005.

A margem esquerda do canal principal apresenta-se mais estável, pois há um avançado desenvolvimento da vegetação que contribui para a estabilização. Essa vegetação tem como contribuição a proteção ao solo quanto ao impacto da gota de chuva, o aumento da capacidade de infiltração e retenção da água no solo, dispersão e quebra da energia do escoamento superficial, além do reforço ocasionado pelo sistema radicular aumentando a estabilidade da massa, desta forma neste talude é onde se percebe um menor crescimento da voçoroca (Fig.16).

De acordo com Santos (1997) “atingida a estabilização do fundo da voçoroca, as paredes laterais evoluem até um perfil de equilíbrio com posterior desenvolvimento de vegetação”.



Fig.16–Talude esquerdo da voçoroca, vegetação mais desenvolvida.

Autor: ROCHA, E. A. V. set./2005.

Já a margem direita apresenta-se menos estabilizada, pois o uso do solo nesta margem da voçoroca é um fator que contribui para o avanço do processo erosivo, pois, a retirada da cobertura vegetal transformando a área em pastagem, a compactação do solo causada pelo pisoteio do gado, e os caminhos por eles criados canalizam a água concentrando o fluxo

contribuindo com a dinâmica erosiva, portanto é mais ativa com ocorrência de mecanismos como a erosão por queda-d'água e movimento de massa (Fig.17).



Fig.17 – Talude direito da voçoroca, área transformada em pastagem.
Autor: ROCHA, E. A. V. Abril/2005.

Encontra-se no canal principal na margem direita uma ramificação que apresenta um elevado estágio de evolução, e sua dinâmica aparentemente está ligada ao uso do solo e a outros fatores que contribuem com o processo erosivo aumentando o seu poder destrutivo, nela é possível identificar alguns destes fatores como alcovas de regressão, movimentos de massa, erosão por queda-d'água, sulcos e ravinas e filetes subverticais, fatores que justificam o fato de ter escolhido tal ramificação para o monitoramento (Fig.18).



Fig.18 – Ramificação monitorada.
Autor: Jury Maio / 2004.

O uso do solo da área de estudo é destinado a atividades agropecuárias e com a substituição da vegetação local e o pisoteio do gado possibilitou um aumento do poder erosivo através da ação da água sobre o solo, assim, as atividades praticadas no local possibilitaram a formação de um fluxo concentrado de água que escoava para dentro da voçoroca provocando uma erosão por queda d'água, ocasionando a formação de alcovas de regressão, movimentos de massa, arraste de sedimentos no interior da voçoroca, mecanismos estes que contribuem para a evolução do processo erosivo, possibilitando o recuo das bordas da voçoroca.

As alcovas de regressão são formadas pelo escoamento superficial tanto por filetes subverticais como pela exfiltração do lençol freático e mesmo em ação conjunto entre estes fatores. Na área monitorada podem ser observadas alcovas de regressão formadas a partir do escoamento superficial (fig.19), observam-se estas feições erosivas, que contribui para o recuo da cabeceira.



Fig.19 – Alcovas de regressão formada pelo escoamento superficial.
Autor: ROCHA, E. A. V. set./2005.

Vale ressaltar que o escoamento concentrado formado pela água da chuva nos caminhos feito pelo pisoteio do gado (canais) atingiu algumas das ramificações do lado direito da voçoroca, fato percebido em trabalho de campo em um dia de muita chuva.

O escoamento superficial formado segue pela encosta até atingir estes canais feitos pelo pisoteio do gado, que desviará grande parte da água para fora da área que está a voçoroca. Assim não são todas as ramificações do lado direito da voçoroca que recebe este fluxo concentrado, portanto nota-se que algumas apresentam maior atividade que outras (Fig. 20 e 21).



Fig.20 – Caminho formado pelo pisoteio do gado.



Fig. 21– Escoamento superficial concentrado sendo desviado para fora da área da voçoroca.

Autor: ROCHA, E. A. V. dez../2005.

O lado esquerdo da voçoroca não é tão afetado por este escoamento, pois a água é desviada por uma estrada, passando a “correr” pelo lado contrário a erosão. Como a empresa que está instalada próximo construiu uma rede pluvial para captação da água da chuva, contribuiu ainda mais para o controle do escoamento superficial, possibilitando uma maior proteção do lado esquerdo, não sendo observado então grande avanço da voçoroca.

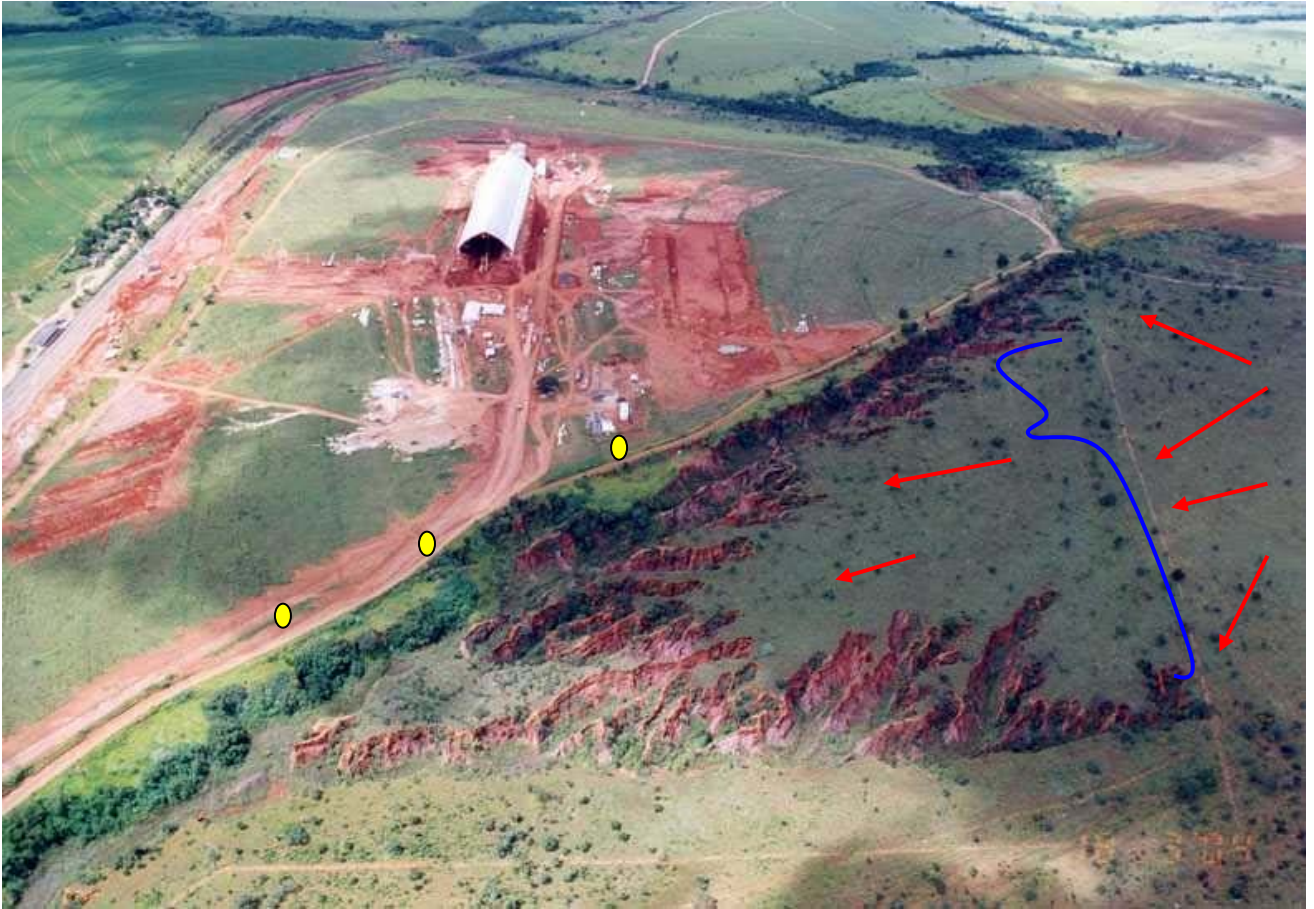


Fig. 22 – Representação da dinâmica de escoamento superficial na área estudada.

-  Formação do escoamento superficial
-  Canais formados pelo pisoteio do gado
-  Rede pluvial construída pela empresa Caramuru.



Fig. 23 – Fluxo de escoamento pluvial sendo desviado para fora da área da voçoroca.



Fig. 24– Fluxo de escoamento pluvial desviado para a estrada.



Fig. 25 – Fluxo de escoamento pluvial concentrado na estrada.
 Autor: ROCHA, E. A. V. dez../2005.

A ação das águas superficiais concentradas ao desaguardem na voçoroca em forma de cachoeira provoca a erosão por queda d'água. Este processo se inicia a partir da turbulência formada pela água que remove materiais no ponto onde o impacto sobre o solo é mais intenso, escavando uma depressão na base da borda erosiva. A intensidade de sua atuação depende do volume e duração da chuva. Na voçoroca estudada este mecanismo ocorre de forma acentuada na ramificação que está sendo monitorada na margem direita, como mostra as figuras 26 e 27.



Fig. 26– Processo de encachoeiramento do fluxo superficial na borda da voçoroca.

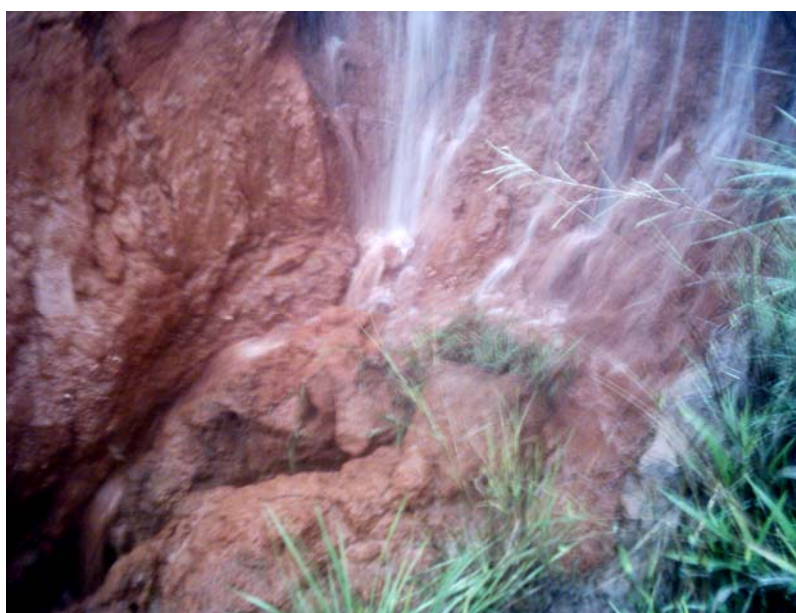


Fig.27 – Erosão por queda-d'água.

Autor: ROCHA, E. A. V. dez../2005.

Os sulcos podem ser formados no interior da voçoroca devido ao escoamento concentrado que indica “rotas de organização”, através deste escoamento é possível observar o material erodido sendo transportado.



Fig. 28 - Sulcos formado pelo escoamento superficial no interior da voçoroca. Notar que os sulcos cortam o sedimento depositado no fundo da erosão. Em destaque diferentes níveis de depósitos.

Autor: ROCHA, E. A. V. dez. /2005.

O avanço das paredes da voçoroca está associado também aos solapamentos da base dos taludes, observações feitas durante a pesquisa em momentos de chuva onde ocorria a queda d' água no interior da voçoroca (Fig. 29). Este mecanismo ocorre quando o solo é encharcado pela chuva ou acontece a diminuição do fluxo de escoamento superficial que deságua na erosão em forma de cachoeira, este mecanismo tende a evoluir remontante com grande poder erosivo, como foi descrito acima, quando mencionado o mecanismo de voçorocamento. Este fato também pode ser observado na ramificação que está sendo monitorada

Os movimentos de massa localizados acontecem devido a fatores que aumentam o cisalhamento ou diminuem a resistência às tensões do cisalhamento nos taludes, são provocados por fatores como, solapamentos, modificações na estrutura, desmatamentos, características físicas do solo.

No último período chuvoso foram observados vários acontecimentos assim em toda a voçoroca inclusive na ramificação monitorada, as causas são diferentes, porém é um mecanismo associado à ação da água superficial ao atingir a voçoroca, o escoamento no interior da voçoroca e os ressecamentos nos períodos de estiagem são fatores ligados a estes mecanismos.



Fig. 29 – (A) Rachaduras na parede da voçoroca local onde ocorreu a queda do talude.
(B) Queda do talude.
Autor: ROCHA, E. A. V./ 2005.

É importante salientar que há mecanismos de difícil reconhecimento no campo como os *pipings* que ocorrem na maioria das voçorocas, é um mecanismo complexo ligado a fenômenos como os desabamentos e solapamentos, pois estes permanecem após a chuva, retirando material da base, contribuindo com o processo erosivo (Fig.30).

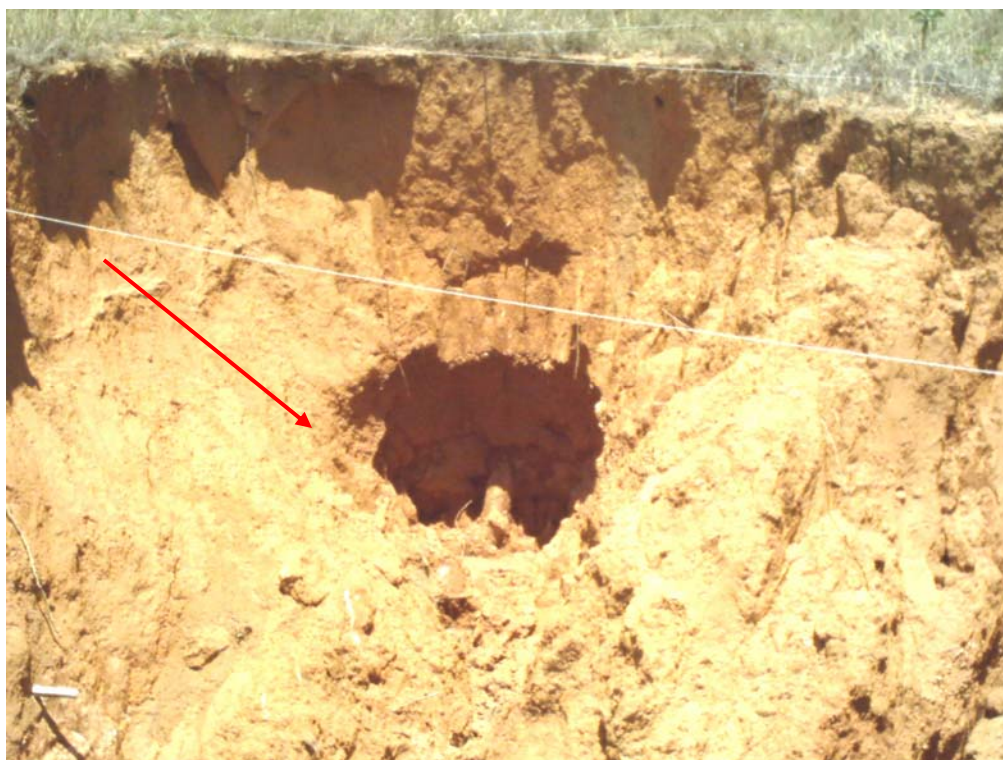


Fig. 30 – *Piping*

Autor: ROCHA, E. A. V. set./2006.

Um fator de grande relevância no processo erosivo é a agregação das partículas, para isto, as atividades biológicas e processos bioquímicos correspondentes são importantes para este resultado. Em locais onde as atividades biológicas são intensas, além da agregação das partículas, devido às substâncias viscosas que são produzidas pelos organismos, estes também têm participação na formação de canais e no aumento da permeabilidade quando constroem seus caminhos no interior do solo.

Na voçoroca em questão foi constatada a presença de tatus, e uma grande quantidade de canais escavados por eles, o que facilita o escoamento da água da chuva por estes canais ocasionando também transporte de sedimentos. (Fig.31)

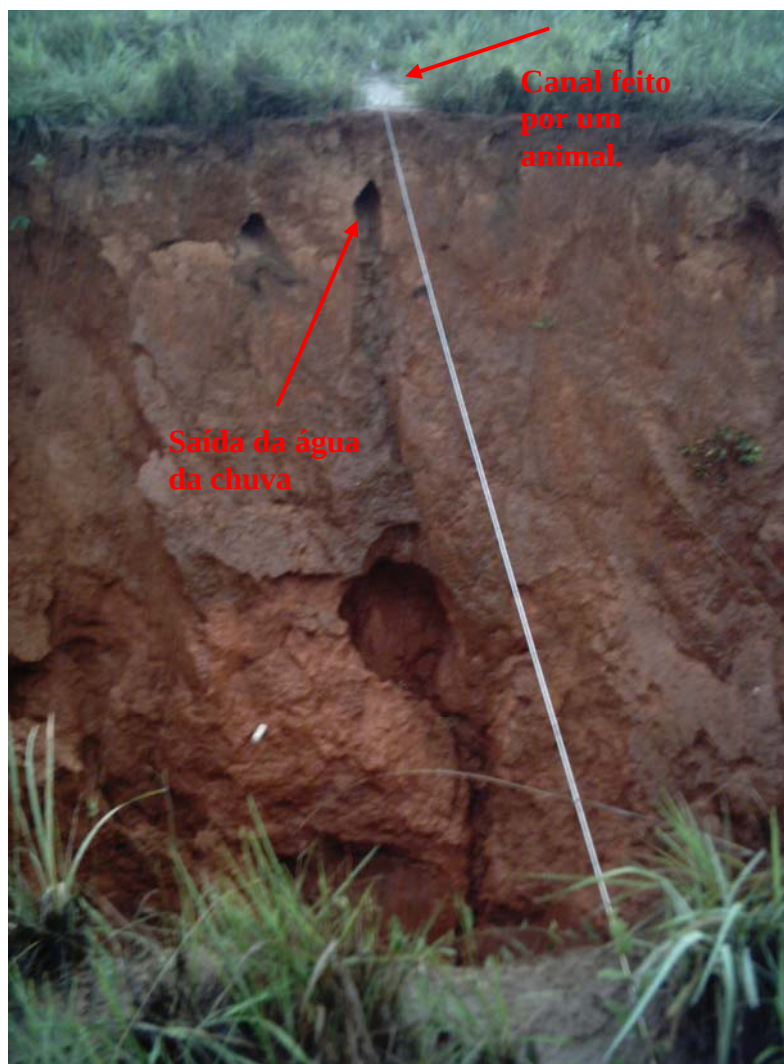


Fig.31 – Túnel originado de perfuração por tatu que se transforma em local de transporte de sedimentos e contribui para o crescimento da voçoroca.
Autor: ROCHA, E. A. V., nov. / 2005.

7.2- Monitoramento com estacas

A quantificação das taxa de crescimento da voçoroca foi obtida através do monitoramento de uma das ramificações, a qual apresenta grande atividade, sendo, portanto um exemplo da área mais ativa da mesma. São vários os mecanismos atuantes no processo erosivo, para a confirmação do desenvolvimento da erosão baseando na metodologia proposta por Guerra (1996) e por Hudson et al. (1993) a partir do estaqueamento esta foi monitorada por um período de dois anos. Assim, determinou-se o recuo de sua borda sendo possível também identificar os fatores mais atuantes no processo erosivo. Após o estaqueamento as medições foram feitas em intervalos de três meses.

As estacas foram fixadas com uma distância de 5 metros entre cada uma e com uma trena as medidas eram tiradas e anotadas em uma ficha, como as estacas foram numeradas e a ramificação foi mapeada com o uso de um teodolito, facilitou o acompanhamento do avanço da borda desta ramificação.

A ramificação mostra-se em fase de evolução com fenômenos que contribuem para a sua evolução, entre eles foi possível observar formação de alcovas de regressão, desbarrancamento de suas paredes, atividades biológicas. Porém pode-se dizer que o principal fator contribuinte para tais fenômenos é o escoamento superficial.

A área onde se localiza a voçoroca tem sua vegetação formada por pastagem que devido ao pisoteio do gado formaram-se canais que contribuíram para a concentração do escoamento superficial que ao atingir a cabeceira da ramificação monitorada contribuía com a sua evolução, portanto foram constatados grandes avanços em três estacas neste ponto. Observe o croqui da ramificação com a localização das estacas (Fig. 32).

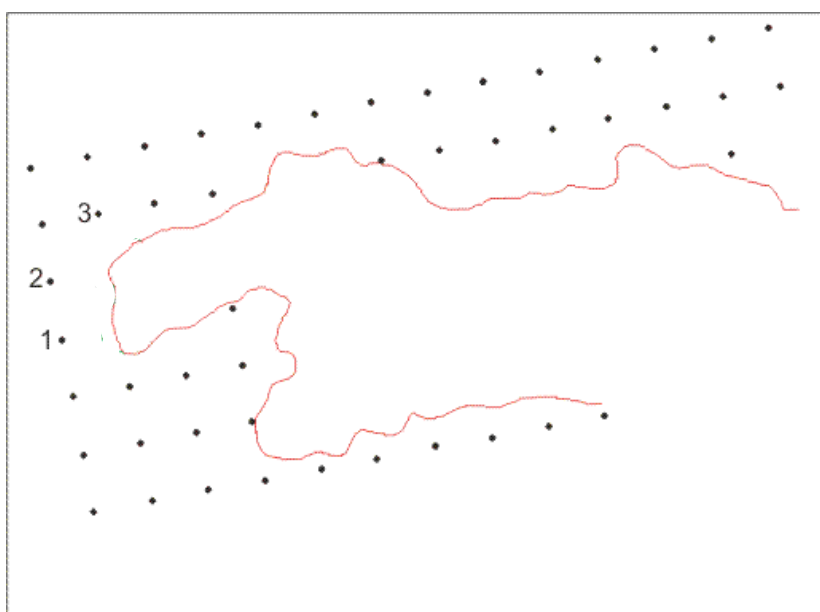


Fig.32 – Representação da forma como foram dispostas as estacas para o monitoramento da evolução desta ramificação na área de pesquisa
 Autor: ROCHA, E. A. V., mar. / 2005.

Na ramificação monitorada os pontos marcados pelas estacas 01, 02 e 03 localizados na cabeceira mostram-se em fase de recuo com desbarrancamento de suas paredes, os demais se mostram estáveis, apenas com erosão superficial.

Nos quadros 02 e 03 são apresentados os dados coletados através das medições feitas sempre na mesma direção, com o auxílio de cordões amarrados nas estacas, evitando dúvidas

quanto a medir sempre no mesmo lugar. Estas informações foram associadas com os dados de precipitação.

Vale ressaltar que, foram identificados na ramificação monitorada os principais mecanismos de erosão como: transporte de partículas por fluxos concentrados, erosão por quedas-d'água e pequenos movimentos de massa localizados, além de outras feições erosivas identificadas como: sulcos e ravinas no interior das voçorocas, alcovas de regressão, marmitas ou panelas e quedas de torrões.

As alterações feitas na metodologia proposta por Guerra (1996) foram baseadas nas técnicas apresentadas por Hudson (1997), onde a distribuição espacial das estacas feita de forma retangular deve-se ao fato que, se alguma das estacas fosse perdida, através das outras que estão distribuídas mantendo a mesma medida (5 metros) entre cada uma, possibilita a continuação das medições naquele ponto. Assim, durante os trabalhos de campo, com a fita métrica era realizado as medições da estaca até a borda da voçoroca.

No dia 26/02/2005 (intervalo de três meses após o estaqueamento) foi realizada a primeira medição com o intuito de averiguar a progressão da voçoroca. Foi constatado um avanço da borda da erosão na estaca nº 1 de 1.45m e na estaca nº 2 o avanço foi 1.33m, ressalta-se que estas estão localizadas na cabeceira da voçoroca, em toda sua extensão as medidas continuaram as mesmas, pois ficou determinado que o crescimento da voçoroca pode estar mais ligado ao escoamento superficial concentrado, que nestes pontos provocaram mecanismos de erosão que contribuíram para o recuo das bordas. Em toda a ramificação foram identificados mecanismos como estes, mas não com a mesma intensidade, já que o fluxo de escoamento concentrado não atinge toda a ramificação, portanto nas laterais da área monitorada houve recuo de no máximo 10 cm em algumas estacas. Assim, estes mecanismos responsáveis pelo crescimento da voçoroca são mais ativos nos pontos em que há um recuo

maior das bordas representados pelas estacas de nº 1, 2 e 3, as outras estacas apresentaram pequenas diferenças nas medida.

Observa-se que entre Dezembro e Julho, o crescimento da voçoroca aconteceu associado a mecanismos provocados principalmente pelo escoamento concentrado, que ao atingir a erosão possibilita a formação de alcovas de regressão. Como também foram monitorados a dinâmica de transporte de sedimentos, verificou-se que, com o avanço das bordas provocado pela erosão interna, relacionado com o índice de pluviometria, a quantidade de sedimentos produzida e transportada era bem maior.

Quadro 02 – Medidas obtidas com o monitoramento feito com estacas no período de 11/12/2004 a 26/07/2005 (período chuvoso).

Índice pluviométrico no período = 1260,3 mm

DATA	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
11/12/2004	4.63 m	5.03 m	4.03 m
26/02/2005	3.18 m	5.00 m	2.70 m
26/04/2005	3.18 m	5.00 m	2.70 m
26/07/2005	3.16 m	3.58 m	2.66 m
TOTAL	1.47 m	1.45 m	1.37 m

Organizado por: Erica A. V. Rocha.

Este avanço das bordas da ramificação monitorada deve-se a fatores como o escoamento superficial que atinge diretamente esta borda e os mecanismos provocados por ele, como: erosão por queda d'água, alcovas de regressão, movimentos de massa e mesmo as características físicas do solo (Fig.33).

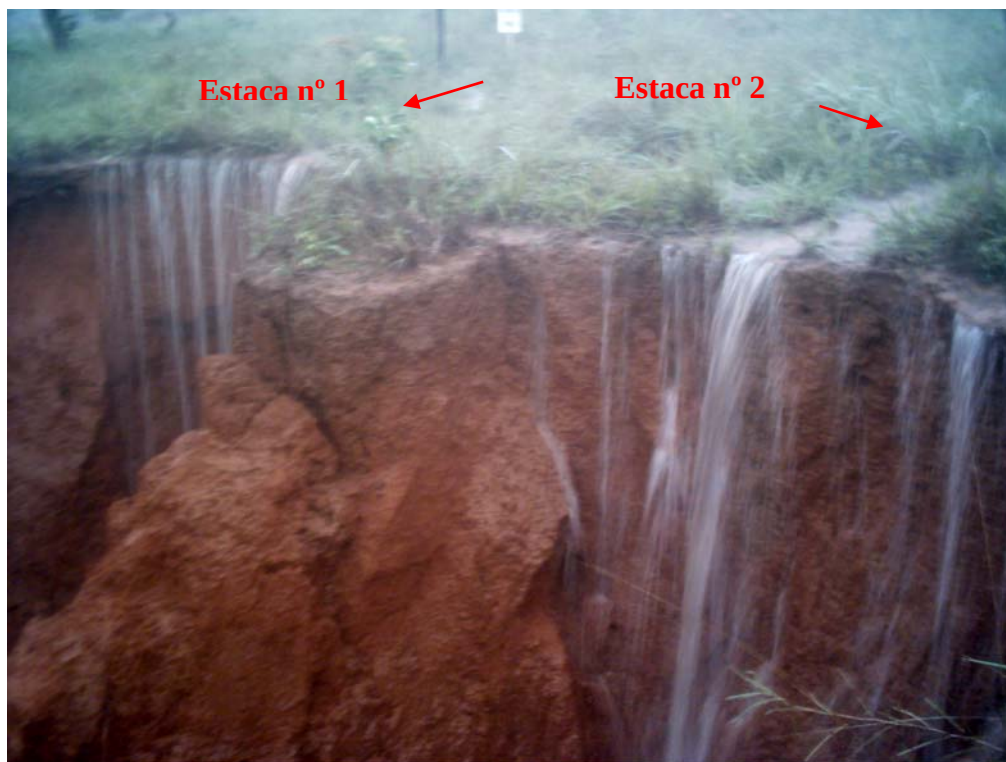


Fig. 33 – Escoamento superficial concentrado na cabeceira da voçoroca. Ramificação monitorada, neste local encontra-se as estacas nº 1, 2 e 3 que apresentaram maior evolução.

Quadro 03 – Medidas obtidas com o monitoramento feito com estacas no período de 26/07/2005 a 26/11/2005. (Índice pluviométrico no período = 545,9 mm)

DATA	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3
26/07/2005	3.16 m	3.58 m	2.66 m
26/09/2005	3.16 m	3.58 m	2.66 m
26/11/2005	3.16 m	3.58 m	2.66 m
TOTAL	0.0 m	0.0 m	0.0 m

Organizado por: Erica A. V. Rocha.

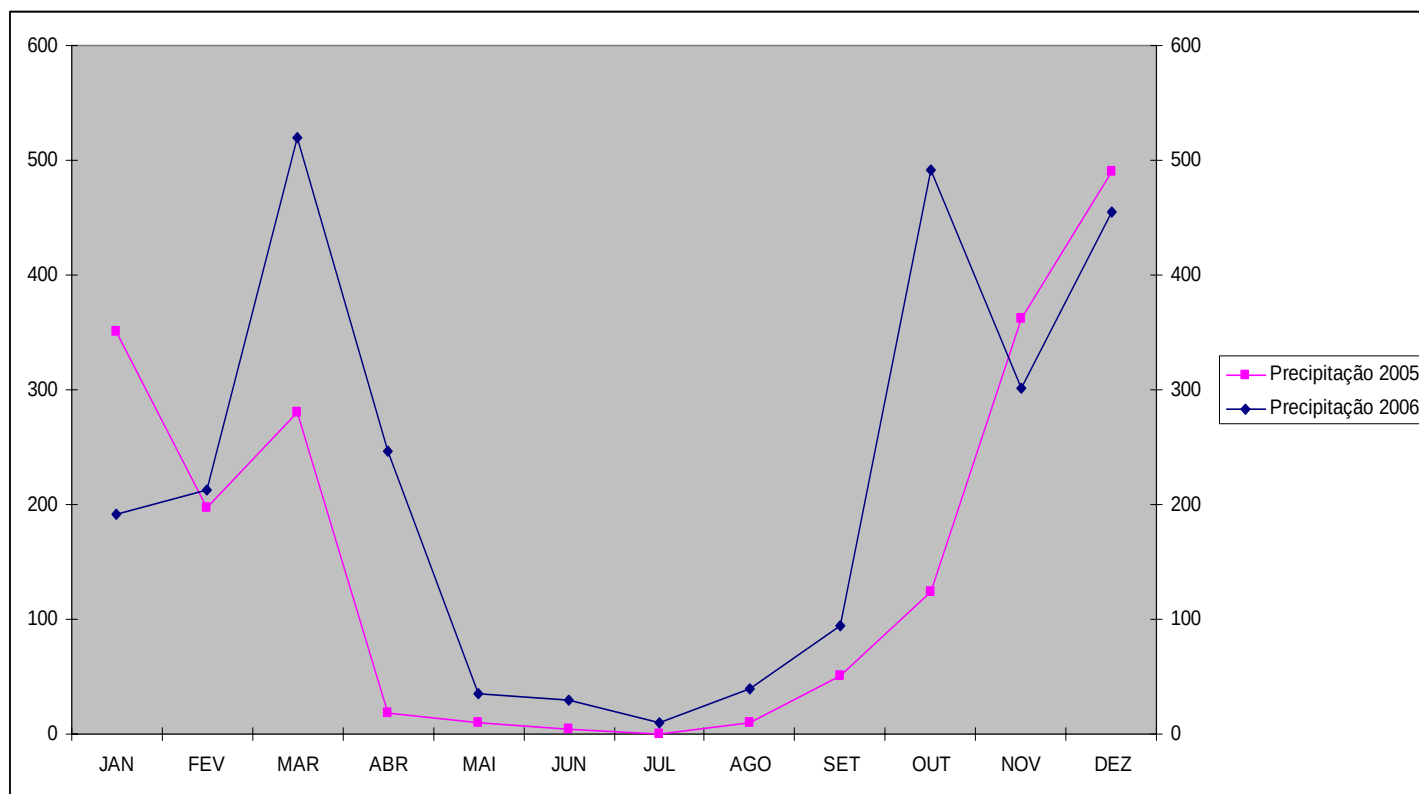
Quando comparado às informações dos quadros 02 e 03, vê-se que houve um maior avanço da borda da voçoroca no período compreendido de Dezembro a Julho que apresenta maior índice pluviométrico. Tal observação é evidenciada quando observado as medições nos meses de Julho a Novembro, que não apresentou crescimento.

No ano de 2006, através dos dados obtidos observa-se um crescimento maior em um dos pontos (estaca de nº 01), é possível constatar também que os períodos chuvosos ocorrem um crescimento maior, observe o quadro nº 04 e gráfico nº 01.

Quadro 04 – Medidas obtidas com o monitoramento feito com estacas no período de 28/11/2005a 15/09/2006. (Índice pluviométrico no período = 1379 mm)

DATA	PONTO 01	PONTO 02	PONTO 03
11/12/2005	2.46 m	3.58 m	2.66 m
06/01/2006	1.96 m	3.58 m	2.66 m
08/03/2006	0.75 m	3.58 m	2.66 m
10/06/2006	0.58 m	3.58 m	2.66 m
15/09/2006	0.48 m	3.40 m	2.66 m
TOTAL	1.98 m	0.18 m	0.00 m

Gráfico nº 02 – Precipitação 2005 e 2006.



7.3. Descrição dos perfis de alteração

Uma outra forma de avaliar os processos erosivos foi através da descrição dos perfis de alteração observados nas paredes da voçoroca, foram feitas observações com base nas seguintes características morfológicas: profundidade, transição entre os horizontes, cor, textura, estrutura, porosidade, consistência e presença da atividade biológica, dentre outras.

Os perfis representativos adotados foram aqueles onde as paredes possuíam maior altura, nos quais foi possível identificar a diferença entre os horizontes, resultante do processo de intemperismo. Em cada um dos horizontes identificados foram coletadas amostras para análise em laboratório.

A descrição foi feita do topo para a base, ressaltando que a área não apresenta grandes diferenças em suas características, a distinção é mais aparente a jusante, caracterizando neste local também área de maior concentração da vegetação, e também próximo ao curso d'água.

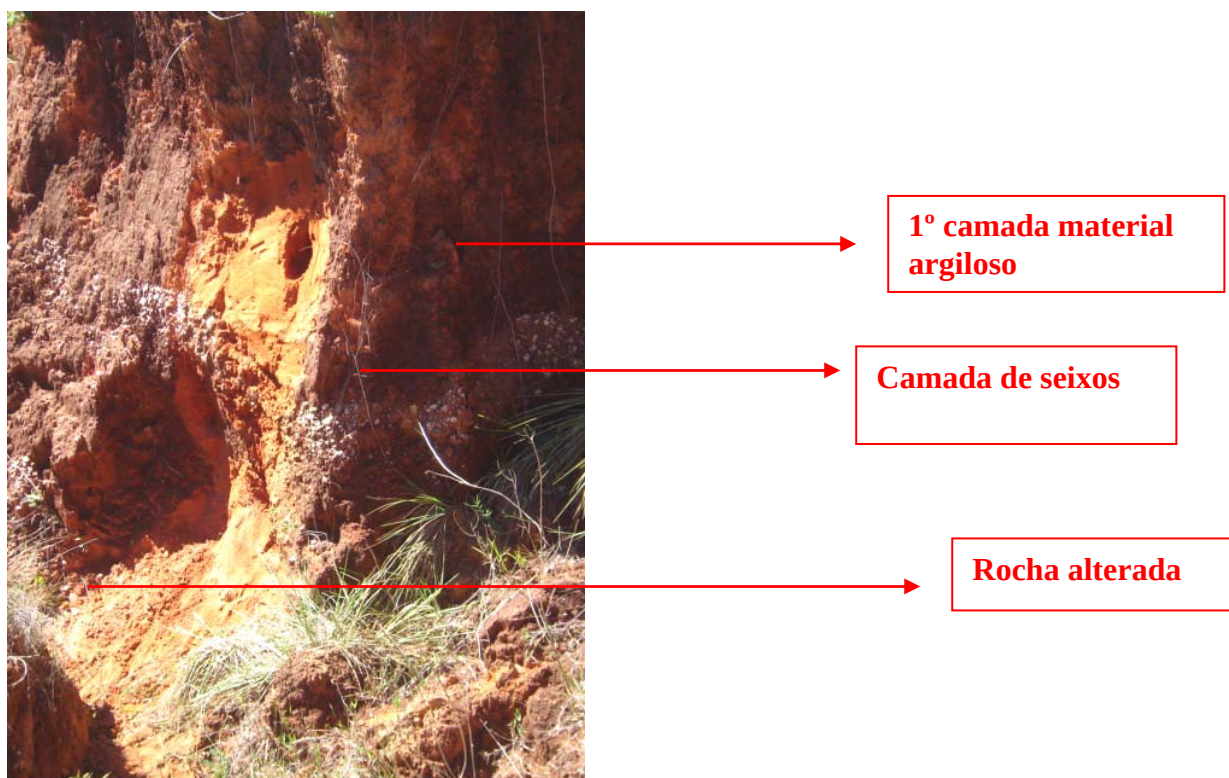


Fig.34 – Representação do perfil de alteração. Parede da voçoroca.
Autor: ROCHA, E. A. V., mar. / 2006.

Assim de acordo com a descrição feita, nos pontos 1, 2 , 3, 4 e 5, delimitou-se as camadas como (a), (b) e (c).

Ponto I:

➔ **(a)** 0 a 2.60 metros: possui cor 5YR 5/8 vermelho amarelada, baixa porosidade, textura argilosa, com estrutura granular, consistência ligeiramente dura e sua transição para o horizonte inferior é abrupta. Há presença de raízes.

➔ **(b)** 2.60 m a 3.40 metros: sua caracterização muito semelhante ao horizonte superior diferenciando na sua consistência que é macia.

Ponto II:

➔ **(a)** 0 a 2.40 metros: cor possui cor 5YR 5/8 vermelho amarelada, baixa porosidade, textura argilosa, com estrutura granular, consistência ligeiramente dura e sua transição para o horizonte inferior é abrupta.

➔ **(b)** 2.40 a 5.20 metros: é um horizonte constituído por seixos de quartzo, com alta porosidade.

➔ **(c)** 5.20 metros: já é um horizonte de rocha alterada, a cor é 2.5YR 4/6 vermelho, possui uma média porosidade, é de textura franco arenosa e consistência macia.

Ponto III:

➔ **(a)** 0 A 2.00 metros: é semelhante aos outros horizontes, a cor é 5YR 5/8 vermelho amarelada, de baixa porosidade, com textura argilosa, estrutura granular, a consistência é ligeiramente dura e sua transição para o horizonte inferior é abrupta.

➔ **(b)** 2.0 a 2.70 metros: ressalta-se que é um horizonte constituído por seixos de quartzo, com alta porosidade, o qual está presente em toda a voçoroca, é um material da própria rocha que não sofreu intemperismo.

➔ **(c)** 2.70 metros: é de cor 2.5 YR 5/4 Bruno avermelhado, possui alta porosidade, é de textura média e com estrutura granular, sua consistência é macia.

Ponto IV:

- ➔ (a) 0 a 0.80 cm: cor 5YR 4/6 vermelho amarelado, de baixa porosidade, é textura argilosa e estrutura granular, a consistência ligeiramente dura.
- ➔ (b) 0.80 a 1.90 metros: é um horizonte constituído por seixos de quartzo, com alta porosidade.
- ➔ (c) 1.90 metros: de cor 2.5 YR 5/4 Bruno avermelhado, alta porosidade, de textura franco arenosa e consistência macia.

Ponto V:

- ➔ (a) 0 a 0.82 cm: cor 2.5 YR 4/8 vermelho, alta porosidade, de textura franco arenosa e estrutura granular, sua consistência é ligeiramente dura.
- ➔ (b) 8.70 metros: cor 2.5 YR 4/8 vermelho, com média porosidade, textura franco arenosa, estrutura abrupta e consistência macia.

Quadro 05– Resultado da análise granulométrica.

Amostra	Argila %	Silte %	Areia fina %	Areia Grossa %	Areia total %
1 A	42,60	07,20	35,40	14,80	50,20
1 B	41,80	09,10	32,70	16,40	49,10
2 A	43,80	07,30	36,60	12,30	48,90
2 C	35,40	16,30	33,00	15,30	48,30
4 A	43,40	08,10	38,40	10,10	48,50
4 C	15,10	22,30	52,70	09,90	62,60
5 A	40,80	06,30	42,00	10,90	52,90
5 B	35,20	05,60	33,40	25,80	59,20
5 C	30,80	25,10	36,10	08,00	44,10

Amostras analisadas no Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geografia – UFU – 2006.

A ocorrência de escorregamentos que acontecem na voçoroca pode ser entendido pelas características do perfil do solo local, pois se a camada inferior é mais arenosa que a superior, portanto pode ocorrer que o fluxo no interior da voçoroca solapa as paredes em processo de

erosão interna provocando então os escorregamentos, processos estes que contribuem para a evolução da erosão. (Fig.37).



Fig.35- Escorregamentos das paredes da voçoroca, processo que contribui para o avanço das bordas da voçoroca.

Autor: ROCHA, E. A. V., mar. / 2006.

Para que estes mecanismos desenvolvam algumas condições são necessárias, Carvalho 1992 (apud Santos 2002) descreve que:

São condições necessárias, as estações chuvosa e seca bem definidas e a presença de espesso manto de intemperismo pedologicamente bem diferenciado, com horizonte superficial argiloso e coeso. Sendo, porém que a primeira condição provê fluxos subterrâneo e superficial na estação chuvosa e na seca encontra-se em condições preparatórias – fissuras nas paredes subverticais e rebaixamento do lençol freático. Na segunda condição proporciona paredes subverticais estáveis na capa argilosa e armazenamento de água nesta e abaixo, em terreno silto arenoso em coesão.

Para realização dos ensaios de limite de liquidez foi utilizado o método de Casagrande, feito com amostras coletadas nas paredes da voçoroca em cinco pontos diferentes, e a mesma amostra foi seca em placa de vidro para a realização dos ensaios de limite de plasticidade.

Marsal e Nuñez (1983 pág.86) apresentam os seguintes dados para o índice de plasticidade (IP) relacionada à erosão interna:

- ✓ $IP > 15 \rightarrow$ Alta resistência (exceto solos com alto teor de sódio – altamente susceptível à erosão interna)
- ✓ $6 < IP < 15 \rightarrow$ Média resistência.
- ✓ $IP < 6 \rightarrow$ Baixa resistência.

Assim sendo, em todos os pontos onde foram coletadas as amostras para a determinação dos Limites de Atterberg (liquidez e plasticidade), os valores definidos são maiores que 06 e menores que 15, portanto o solo da área estudada possui média resistência à erosão interna, apenas o ponto de nº 4, menor que 6 que apresenta baixa resistência a erosão interna.

Quadro 06 – Índice de Plasticidade.

Índice de Plasticidade	%
PONTO 1 A	0,2
PONTO 1 B	9,8
PONTO 2 A	8,9
PONTO 2 B	10,3
PONTO 3 A	10,5
PONTO 3 B	N/P
PONTO 4 A	11,8
PONTO 4 B	N/P
PONTO 5 A	10,4
PONTO 5 B	N/P

Organizado por: Erica A. V. Rocha

7.4- Transporte de partículas por fluxos concentrados no interior da voçoroca

O material removido com a queda d' água é transportado pelo escoamento pluvial no interior da voçoroca, a quantidade e a velocidade do fluxo dependem das características da chuva (intensidade e duração). Com o monitoramento da vazão e os dados pluviométricos obtidos foi possível fazer uma comparação entre as informações chegando a resultados sobre a quantidade e tamanho dos sedimentos transportados. O material transportado varia de areia, argila e silte, sendo, porém que há uma variação na granulometria conforme o evento chuvoso.

No período de estiagem a quantidade de sedimentos transportados diminui, assim como a vazão devido a ausência de precipitações concentradas. Com o início da estação chuvosa a quantidade de sedimentos transportada aumenta conforme a característica do evento chuvoso, e vai ser modificado também as características granulométricas das partículas transportadas.

O material transportado é fornecido por mecanismos de erosão interna, “a vazão do canal é uma variável importante que influencia no destacamento, transporte e sedimentação dos sedimentos transportados na calha da voçoroca” (REIS, 2006).

Para Uehara (1998):

Durante o transporte de partículas elas podem se depositar de forma diferenciada dependendo de sua granulometria, forma e densidade. Para determinada granulometria as esferas decantam mais rapidamente bem como os minerais mais pesados assentam-se antes dos minerais mais leves, estes então serão favorecidos pelo transporte em suspensão.

Foram coletadas informações relacionadas com a dinâmica de transporte de sedimentos por arraste e suspensão com observação aos fatores atuantes neste processo. As amostras para análise em laboratório foram coletadas no vertedouro construído no interior da voçoroca, na ramificação monitorada.



Fig. 36. Dispositivos usado para a coleta de sedimentos
 Autor: ROCHA, E. A. V., mar. / 2005.

No intuito de determinar a qualidade e quantidade de material transportado, foram determinados parâmetros como: a vazão, o peso e granulometria dos sedimentos, além do índice pluviométrico.

Para tanto no fundo do vertedouro foram adaptados recipientes para a coleta dos sedimentos transportados por arraste e na lateral do vertedouro canos de PVC em alturas variando em 5 cm, 10 cm e 15 cm para a coleta de sedimentos em suspensão, o tempo de coleta era monitorado bem como a vazão (Fig.39)



Fig 37 – Determinação da vazão.
 Autor: ROCHA, E. A. V., mar. / 2005.

Para monitorar a vazão, a medição era feita com a utilização de uma bacia plástica com capacidade de 6 litros. Marcava-se o tempo necessário para que a bacia enchesse e a partir deste valor regras de três foram elaboradas para saber a vazão do canal em litros por segundo ou m^3/s .

A vazão na voçoroca é alterada principalmente em função do índice pluviométrico, no período de estiagem foram constatados momentos em que não havia vazão no interior da voçoroca (fig.00). A fotografia abaixo foi tirada no dia 14/09/2005 o total de precipitação no mês de agosto foi de 9.8 mm e sem chuva até este dia.



Fig.38 – Foto tirada no dia 14/09/2006.
Autor: ROCHA, E. A. V.

Fica constatada que com a ocorrência de chuva é o fator de maior influência quanto ao transporte de sedimentos, tanto referente à variação da vazão quanto a contribuição para a ocorrência de mecanismos de erosão interna, a tabela abaixo traz informações sobre a variação da vazão e transporte de sedimentos.

Um outro dado importante a ser observado é que o tamanho do material transportado é resultado do volume e intensidade da chuva, visto que este material transportado pela água é fornecido pela erosão, portanto maior volume de água, maior será a capacidade de transporte de material em tamanhos variados. Na fig.41 abaixo é possível observar o transporte de matações de 24 cm e aproximadamente 2 kilos em um dia de chuva forte aumentando a vazão no interior da voçoroca.



Fig. 39– Transporte de material no interior da voçoroca. Blocos de 25 cm.
Autor: ROCHA, E. A. V., mar. / 2005.

Os canos de PVC instalados no vertedouro para a captação de material em suspensão, foram colocados a uma altura de 5 cm, 10 cm e 15 cm, como a vazão no interior da voçoroca não é volumosa, apenas em dias de muita chuva é que foi possível observar a qualidade do material transportado. Para exemplificar, no dia 12/12/2005 com dados pluviométricos de 00,00 a água do escoamento atingiu 15 cm de altura no vertedouro, o material foi coletado e feito o ensaio de peneiramento.

Constatou-se que o material coletado a 5 cm de altura é composto de material mais grosseiro com presença de seixos de $3,35 > 2$ em pequena quantidade, mais da metade dos sedimentos constituído de areia grossa. O material que atingiu 10 cm de altura, em menor quantidade, composto em quase metade de areia grossa, a 15 cm, o material estava constituído em grande maioria de areia média. Portanto, ocorre o transporte em suspensão quando a intensidade de turbulência é maior que a velocidade de deposição das partículas movimentadas, já o transporte por arraste é também função da forma, tamanho e densidade das partículas que compõe o material transportado.

Para obter dados sobre este material foi realizado no LAGES (Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos – UFU) o ensaio de peneiramento facilitando a identificação do tamanho das partículas transportadas, visando uma melhor interpretação do potencial de transporte do fluxo no interior da voçoroca. Assim:

➔ Dia 26/01/2006, registrou-se uma vazão de 0.17 l/s, foi feita uma coleta de sedimentos em um período de 48 horas, tendo em vista que o transporte de sedimentos era baixo necessitando de um tempo a mais para a coleta. Nesta semana não choveu, o último dado registrado foi no dia 20/01 (14.19mm), foram identificados também movimentos de massa neste período. Assim, obteve-se um valor de 0.10 gramas por segundo.

➔ Dia 30/01/2006 o índice pluviométrico registrado foi de 14.20mm, a vazão de 0.35 l/s, a coleta de sedimentos foi feita em um período de 17 segundos, portanto um total de 1.58 gramas por segundo.

➔ Dia 02/02/2006 registrou-se 13.72 mm de chuva, durante esta semana choveu bastante, a vazão foi de 3 l/s, constatando que a capacidade de transporte de sedimentos foi maior, em quantidade e também quanto ao tamanho das partículas. Esta informação esta relacionada aos movimentos de massa ocorridos nesta semana, em especial no dia 20/01, e aos eventos chuvosos ocorridos neste período o que contribuiu com a remoção e acúmulo de

sedimentos em suspensão no interior da voçoroca. Foi coletado um total de 333 gramas por segundo. Abaixo segue gráficos que são representativos da variação do transporte de sedimentos em relação a vazão, demonstrando a influencia da condição climática quanto a esta dinâmica (Fig. 42 e 43).

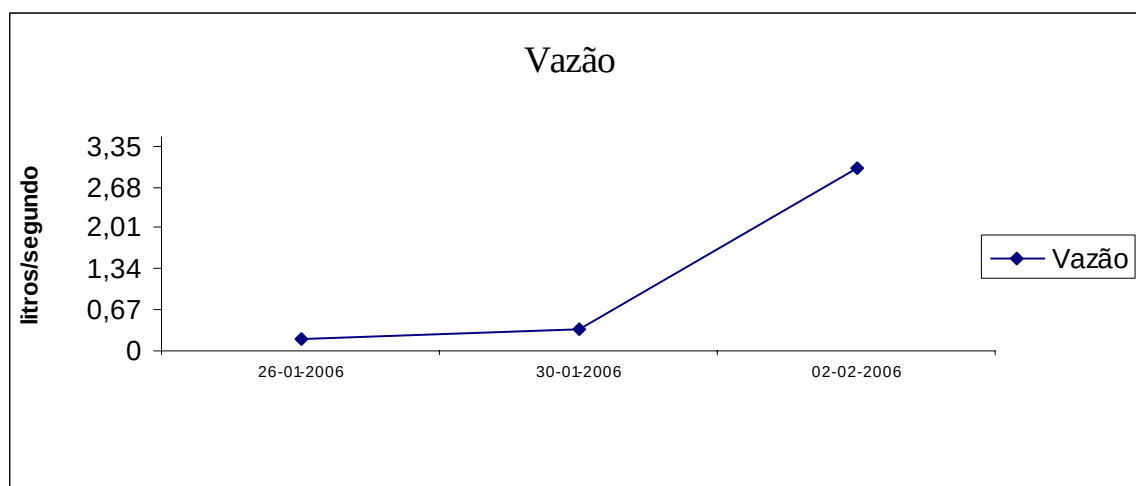


Fig. 40 – Representação da variação da vazão em três dias monitorados.
Org. ROCHA, E. A. V., set. / 2006.

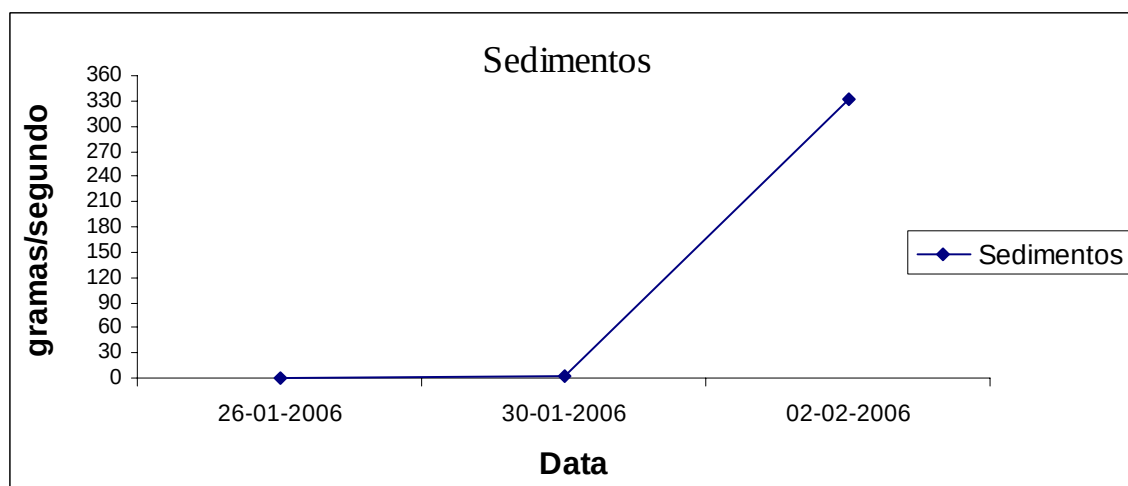


Fig.41 – Variação no transporte de sedimentos.
Org. ROCHA, E. A. V., set. / 2006.

O quadro 07 apresenta os dados do peneiramento do material coletado nestas datas citadas acima, o ensaio foi feito no LAGES – Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos – UFU.

Quadro 07 – Dados do Peneiramento

Amostra	26/01/2006	30/01/2006	02/02/2006
Seixos 20>50	-	-	9.37%
Seixos >3,35		0.33%	27.62%
Seixos 3,35 >2	0.03%	0.13%	1.17%
Areia grossa 2>0,210	49.26%	38.60%	40.01%
Areia média 0,210>0,125	30.61%	18.95%	17%
Areia fina 0,125>0,053	18%	32.67%	4.59%
Silte e argila <0,053	2.10%	9.33%	0.20%
Total utilizado para o ensaio.	1.606.48g	27g	666.02g

Org. ROCHA, E. A. V., set. / 2006.

Com as informações quanto a granulometria do material é possível concluir que a dinâmica do transporte está ligada às características da chuva, pois em dias de chuva intensa são transportados sedimentos de tamanhos maiores.

A produção e transporte de sedimentos fornecem diariamente uma grande quantidade de sedimentos para os canais fluviais gerando impactos, os quais trazem sérios prejuízos ao meio ambiente, pois a maior taxa de sedimentação nestes canais, aumenta os processos de assoreamento.

8.0- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a pesquisa foi possível atingir os objetivos propostos, já que possibilitou o acompanhamento do crescimento da voçoroca, identificando os fatores mais atuantes.

A análise das feições erosivas foi realizada com base nas informações obtidas através do monitoramento do avanço das bordas da voçoroca e a dinâmica de transporte de sedimentos em conjunto com os resultados dos ensaios de laboratório e a caracterização física da área de estudo.

Conclui-se que o processo erosivo estudado foi originado principalmente por fluxos de águas superficiais resultado das precipitações pluviométricas, com alguma contribuição das águas de sub-superfícies.

As características físicas da área de estudo constituem os fatores que contribuem para à erosão acelerada, como o relevo e o solo, visto que a declividade da área associada ao escoamento concentrado que é formado nos caminhos feito pelo gado e também as características das chuvas e a cobertura vegetal, além das atividades antrópicas contribuíram para que este processo acontecesse de forma acelerada.

Em observações feitas no campo e com o diagnóstico sobre a área, conclui-se que a geometria das feições erosivas é de forma linear, com desenvolvimento de mecanismos de erosão de cabeceira ativa, devido a grande intensidade fluxos concentrados superficiais direcionados pelas declividades, provenientes de água de chuvas, o que determina também o crescimento de algumas ramificações mais que as outras, já que este fluxo não atinge todas as ramificações.

De acordo com a constituição litológica e textural do material disposto no horizonte C do perfil constitui-se de um material siltoso, rico em feldspato e micas, que se desagrega facilmente pela ação da água, que ocasiona solapamentos de base, com posterior desabamento

das camadas superiores do perfil por força mecânica em função da perda de sustentação da base.

A área ocupada com pastagens promove a degradação dos recursos naturais, o manejo inadequado é responsável pela intensificação da ação dos fatores erosivos naturais o que promove o aparecimento de feições erosivas lineares.

Os resultados dos ensaios de laboratório foram conclusivos em mostrar que o solo transportado no interior da voçoroca apresenta variação na granulometria de acordo com o índice pluviométrico. Assim, nos períodos chuvosos a quantidade de material transportado é maior e com granulometria mais grosseira.

Quanto ao Índice de Plasticidade, o solo da área apresenta média resistência a erosão interna, portanto, o crescimento da voçoroca está mais relacionado com o período chuvoso, pois há formação de um fluxo concentrado de escoamento superficial que contribui com este processo.

O monitoramento feito com estacas possibilitou a determinação do crescimento da ramificação em alguns lugares, apenas três estacas (1, 2 e 3) se destacaram com um grande avanço da borda, e assim pode se dizer que o crescimento da voçoroca está ligado ao escoamento superficial que desencadeia mecanismos que são atuantes no desenvolvimento de processos erosivos, foram identificados processos como: alcovas de regressão, erosão por queda d'água, transporte de sedimentos no interior da voçoroca.

9- REFERÊNCIAS

ALVARENGA, M. I. N. Atributos do Solo e o Impacto Ambiental. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.

ALVES. R. R. Monitoramento evolutivo de seções transversais: Análise estatístico-morfométrica de perda de solo e da qualidade da água em voçoroca no município de uberlândia-MG.2004.131 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

ALVES. R. R. ; RODRIGUES. S. C. A dinâmica de sedimentos e a variação de vazão de água no canal de uma voçoroca no perímetro urbano de Uberlândia – MG. 6º Congresso Brasileiro de Geógrafos, 2004.

ARAÚJO, G.H.S., ALMEIDA, J.R., GUERRA, A.J.T. Gestão Ambiental de Áreas Degradadas. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, cap. 1 e 4. 2005.

BARBOSA, A.S., NETO, A.T., GOMES, H., Geografia: Goiás-Tocantins. Goiânia: UFG. 137 a 205.2004.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Editora Ícone, 1995. 356 p

BIGARELLA, J. J; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão Integrada da Problemática da Erosão. 1985. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 3. 1985. Livro Guia. Maringá: ABGE.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais: Fundamentos Geológico-Geográficos, Alteração Química e Física das Rochas, Relevo Cárstico e Dômico. Florianópolis: UFSC. 1994. vol.1.

BORGES. B. G. A Economia Agrária Goiana (1930-1960). Departamento de Historia – UFG.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. In: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/index.php.2006>.

CASSETI, V. Os desbarrancados de Palmelo-GO. Boletim Goiano de Geografia, v. 7/8, n. 1 jan./dez. 1987/1988. p.53-70.

CRUZ. C. Análise comparativa da evolução das boçorocas nos anos de 1962 e 1999 nos municípios de Pompéia e Oriente – SP. 2001. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geociência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista de Rio Claro, Rio Claro- SP, Rio Claro, 2001.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. J. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

DREW, David. Processos interativos homem - meio ambiente. 4^a edição. Bertrand Brasil. 1998.

FAUNA DO CERRADO. In: <http://www.ambientebrasil.com.br/.2006>.

FERREIRA, I. M. O afogar das veredas: Uma análise comparativa espacial e temporal das veredas do chapadão de Catalão (GO). 2003. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro, Rio Claro, 2003.

FILHO, G. S. de Almeida. Diagnóstico, Prognóstico e Controle de Erosão. Simpósio Nacional de Controle de Erosão. 2001, Goiânia. Anais. Goiânia: ABGE.

FILHO, N. F.; JR. N. I. Geologia de Engenharia. In: Processos de Dinâmica Superficial. São Paulo: ABGE, 1998. cap.9, p. 131-152.

GUERRA, A. J. J; CUNHA, S. B. da. Geomorfologia: Uma atualização de Bases e Conceitos. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, A. J. J. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. Revista do Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, nº 16, p. 32 – 37, 2005.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In. Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p. 139-155. 1995.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da & BOTELHO, R. G. M. O Início do Processo Erosivo. In: Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 15-55.

GUERRA, A. J. T.; ARAUJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R. Gestão Ambiental de Áreas Degradadas. 1º ED. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2005.

HUDSON, N. W. Field measurement of soil erosion and runoff. Cap. 2, 1983.

IBGE. Manual Técnico de Pedologia. Rio de Janeiro. IBGE. 2004.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET - 10º Distrito de Meteorologia de Goiânia - GO. 2006

JORGE. F. N.; UEHARA K. Geologia de Engenharia. In: Águas de Superfície. São Paulo: ABGE, 1998. cap.7, p. 101-109.

LEPSCH, I.F., Formação e Conservação dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MARSAL E NUÑEZ. Erosão Interna, p. 86. 1983.

MIRANDA, J. G. Mapeamento Geotécnico e estudo da susceptibilidade a erosão na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), escala 1:100.000, 2005.269 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

OLIVEIRA. M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 57-94

PINTO, C.S. Curso Básico de Mecânica dos Solos. São Paulo: Oficina de Textos, p.1 a 15. 2002.

PIRES. M. O. Região Centro Oeste: Consolidando a Fronteira: Aspectos da região relevantes para a atuação conjunta das organizações não governamentais. (Documento sobre a região Centro Oeste, preparado em apoio à atuação das organizações não governamentais reunidas no âmbito do Processo de Articulação e Diálogo (PAD). Brasília, 2000.

RAMIDAN. M. A. Estudo de um processo de voçorocamento da UHE de Itumbiara – GO. Dissertação (Mestrado em Geografia) PUC – Rio de Janeiro, 2004.

SALOMÃO. F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 229 – 265.

SALOMÃO. F. X. T., IWASA. O. Y. Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. In: Erosão e a ocupação rural e urbana. São Paulo: ABGE – IPT, 1995. cap.3, p.31-57.

Santos. P. C. Ipameri: Um novo ciclo de desenvolvimento. In: <http://portalsepin.seplan.go.gov.br/anuario/pecuaria/tabela15.htm>

SANTOS. R. M. M. Caracterização Geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no município de Goiânia. 1997.120 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) Departamento de Engenharia Civil – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 1997.

SECRETÁRIA DE ESTADO DO PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO (Goiânia-GO). SIEG. Sistema Estadual de Estatística e de Informação Geográfica. In: <http://www.sieg.go.gov.br/>

SILVA, A.M., SCHULZ, H.E., CAMARGO, P.B. Erosão Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos, Rima, 2004.