

ROBERTO REIS ALVES

**MONITORAMENTO EVOLUTIVO DE SEÇÕES
TRANSVERSAIS: ANÁLISE ESTATÍSTICO-
MORFOMÉTRICA DE PERDA DE SOLO E DA
QUALIDADE DA ÁGUA EM VOÇOROCA NO
MUNICÍPIO DE UBERLÂNDIA-MG**

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: Análise e Planejamento Sócio-Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues

UBERLÂNDIA (MG)
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2005

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Roberto Reis Alves

**Monitoramento Evolutivo de Seções Transversais: Análise Estatístico-
Morfométrica de Perda de Solo e da Qualidade da Água em Voçoroca no
Município de Uberlândia-MG**

Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues (Orientador)

Prof. PhD. Antônio J. Teixeira Guerra

Prof. Dr. Douglas Gomes dos Santos

Data: ____ / ____ de ____

RESULTADO: _____

A Deus, a minha esposa e a minha família
pelo incentivo nas horas difíceis,
pela paciência e amor a todo instante.

AGRADECIMENTOS

Na conclusão deste trabalho, tenho de agradecer àqueles que contribuíram direta ou indiretamente para o bom desempenho da minha vida acadêmica e para o desenvolvimento da pesquisa. Desde já agradeço a todos e aqui ressaltarei algumas pessoas:

À Gerciane pela compreensão durante os momentos em que tive de me dedicar mais a pesquisa que a ela, pela amizade, carinho e acima de tudo pelo amor.

Aos meus pais e irmãos pelo incentivo aos estudos, pelo amor, pela paciência, pela vida e em especial ao meu pai que contribuiu diretamente transportando-nos durante toda a pesquisa e ao meu irmão Ricardo pela ajuda no primeiro ano do trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Silvio Carlos Rodrigues, pelo seu profissionalismo, por seus ensinamentos, amizade, paciência e como não poderia deixar de esquecer dos trabalhos de campo dentro e fora do país.

Meus sinceros agradecimentos a Prof. PhD. Antônio J. Teixeira Guerra e o Prof. Dr. Douglas Gomes dos Santos por aceitarem participar da banca e por suas considerações que tenho certeza, serão para agregar mais valores científicos ao trabalho.

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães pelo auxílio com os dados estatísticos.

Ao amigo e companheiro de tradagens Prof. Mest. Antônio Carias Frascoli, por sua ajuda que foi muito importante no desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus amigos do LAGES (Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos), pelo companheirismo e amizade mostrados diariamente, em especial a Luciane e Ivone, companheiras também do mestrado.

Aos meus amigos técnicos do LAGES, Malaquias e Rosângela pelo trabalho de análise laboratorial, prontos a nos atender sempre que precisei e principalmente por suas grandes amizades.

Enfim, agradeço a Deus e a minha mãe pela saúde e por estar aqui agradecendo a todos vocês, sinal de que estou encerrando um estágio e iniciando uma grande etapa da vida para novas superações e desafios.

"Grandes realizações são possíveis quando se dá importância aos pequenos começos" (Lao Tsé)

Monitoramento Evolutivo de Seções Transversais: Análise Estatístico-Morfométrica de Perda de Solo e da Qualidade da Água em Voçoroca no Município de Uberlândia-MG

Palavras-chave: voçoroca; seções transversais; perda de solo; morfometria; qualidade da água

A área de estudo localiza-se no município de Uberlândia em Minas Gerais, nas seguintes coordenadas 788237 e 7903448 com altitude de 857m. O relevo apresenta formas suaves com pouca inclinação. Os solos são arenosos, ácidos e pouco coesivos, com presença de turfeiras, e existe na alta vertente uma forte influência hidromórfica. Pela classificação de Köpper, o clima predominante na região é o Cw, tipo tropical semi-úmido, com temperatura média de 23°C, com médias pluviométricas entre 1300 e 1700mm.

A pesquisa consiste no monitoramento por estaqueamento em nível por meio de perfilagens em sessões transversais ao longo do corpo da voçoroca, e também acompanhamento do recuo de cabeceira, mostrando graficamente a dinâmica evolutiva das paredes laterais, do alargamento e de aprofundamento da voçoroca. Foram estabelecidos três Seções transversais: Montante, Intermediária e Jusante, as quais foram medidas numa média de 17 em 17 dias de 2002 a 2004.

A técnica de monitoramento consiste em estender uma corda subdividida em intervalos de 20cm, com cores diferenciadas amarradas junto às estacas, permitindo assim o deslocamento de uma régua retrátil de metalon (5m) com uma trena fixada ao longo da mesma. Os dados permitiram análises estatístico-morfométrica da evolução do processo erosivo e além desses abordamos ainda aspectos como perda de sedimentos e qualidade da água.

Uma das análises feitas foi a da evolução do volume, no início das medições alterou de 245,96 m³ para 257,59 m³, sofrendo poucas modificações na estação seca, com retorno da atividade erosiva no período chuvoso, quando o volume evoluiu de 274,11 m³ em meados do mês de setembro de 2002 para 329,40 m³ no fim do mês de abril de 2004, houve uma variação total ao longo dos 26 meses de 83,44 m³. Pretendemos com este trabalho saber sobre a evolução da voçoroca e a conseqüente perda de sedimentos carregados e seus impactos sobre os recursos hídricos.

Monitoring Evolution of Cross-Section: Analysis Statistic-Morfometric of the Loss Soil and Quality Water In The Gully from Uberlândia's City (Central Brazil's Savanna)

Key Words: gully; cross-section; loss soil; statistic-morfometric; quality water

The study area is situated in Uberlândia's city (Minas Gerais), the following coordinate 788237 and 7903448 with altitude of 857m. The relief presents soft forms with little inclination. The ground are arenaceous, acid and little coesivs, with presence of peat bogs, and exist in the high source one strong hidromorffic (gley) influence. For the classification of Köpper, the predominant climate in region is Cw, half-humid tropical type, with average temperature of 23°C, rainy averages between 1300 and 1700mm. The research consists of the monitoring for stake in level by means of cross-section in three sessions to the long one of the body of gully (urban), and also accompaniment of the headboard, showing graphically the evolution dynamics of the sidewalls, the widening and deepening of gully.

Three Cross-section: Upstream, Intermediate and downstream tide had been established, which had been measured in a average of 17 in 17 days of 2002 at until 2004. The monitoring technique consists in extending a rope subdivided in intervals of 20cm, with colors differentiated moored together to the props, thus allowing the displacement of a retractable ruler of metalon (5m). These data had allowed to analyses statistic-morfometric of the erosive evolution process and beyond these we still approach aspects as production of sediments and quality of the water. One of the done analyses was of the evolution of the volume, which modified in the beginning of the measurements, of 245,96 m³ for 257,59 m³, suffering few modifications in the dry station, with return of the erosive activity in the rainy period, when the volume develop of 274,11 m³ in middle of the September (2002) for 329,40 m³ in the end of of April (2004), had a total variation to the long of the 26 months of 83,44 m³. We intend with this work to know on the evolution of gully and the consequent loss of carry sediments and its impacts on the hydrics resources quantifying them geometric and statistically.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Esquema de Seção Transversal na Voçoroca com Passagem de Sedimentos	29
Figura 02 e 03 – Comparativo da Distribuição dos Indicadores Sp/Sf (Área – Ionita) e Dmax (profundidade – Heede)	32
Figura 04 – Localização do Município de Uberlândia e Área de Monitoramento da Voçoroca	38
Figura 05 – Ilustra as Três Seções Transversais	43
Figura 06 – Utilização do Equipamento de Medição.....	44
Figura 07 – Procedimentos Operacionais durante a Pesquisa.....	46
Figura 08 – Perfil Transversal do Médio Córrego Lagoinha.....	52
Figura 09 – Uso do Solo na Área de Entorno da Voçoroca	58
Figura 10 – Cobertura Vegetal na Área de Entorno da Voçoroca	59
Figura 11 – Aterro sobre Área Hidromórfica	61
Figura 12 – Processo Erosivo no Primeiro dia de Monitoramento.....	62
Figura 13 – Queda do Talude Intermediário	63
Figura 14 – Início do Período Chuvoso	63
Figura 15 – Intemperismo Físico atuando sobre as Argilas.....	64
Figura 16, 17 e 18 – Evolução do Canal da Voçoroca	65
Figura 19 – Início do Trabalho de Monitoramento.....	66
Figura 20 – Dinâmica Evolutiva Abril/2003	67
Figura 21 – Final do Monitoramento Abril/2004	67
Figura 22 – Vertente onde Foram Feitas as Sondagens	69
Figura 23 – Variação Pedológica e Hidrológica dos Perfis	71
Figura 24 – Perfil Pedo-geológico.....	73
Figura 25 – Distribuição das Chuvas	74
Figura 26 – Precipitação Período de Intervalos de Monitoramento	75
Figura 27 – Seção Transversal de Montante.....	77
Figura 28 – Seção Transversal Intermediária.....	79
Figura 29 – Seção Transversal de Jusante.....	81
Figura 30 – Índices Pluviométricos – Seção de Montante	84
Figura 31 – Índices Pluviométricos – Seção Intermediário	88
Figura 32 – Índices Pluviométricos – Seção Intermediário	91

Figura 33 – Largura Base pela Largura Topo x Intervalos Monitoramento	98
Figura 34 – Profundidade Máxima pela Média Profundidade Máxima	99
Figura 35 – Relação entre a Evolução da Área Atual pela Área Inicial.....	100
Figura 36 – Evolução da Área Atual pela área Inicial	100
Figura 37 – Evolução da Área Atual pela Área Inicial por Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima.....	101
Figura 38 – Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima por Largura de Base pela Largura de Topo.....	102
Figura 39 – Relação entre Largura de Base pela Largura de Topo x Intervalos de Monitoramento – Seção Intermediária	103
Figura 40 – Relação entre Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima x Intervalos de Monitoramento	104
Figura 41 – Relação entre Evolução de Área Atual pela Área Inicial por Intervalos de Monitoramento	104
Figura 42 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial x Largura de Base pela Largura de Topo.....	105
Figura 43 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial x Profundidade Máxima pela Média da Profundidade	105
Figura 44 – Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima por Largura de Base pela Largura de Topo	106
Figura 45 – Relação entre Largura de Base pela Largura de Topo x Intervalos de Monitoramento.....	107
Figura 46 – Relação ente Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima x Intervalos.....	108
Figura 47 – Relação entre Evolução da Área Atual pela Área Inicial por Intervalos de Monitoramento.....	109
Figura 48 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial x Largura de Base pela Largura de Topo	109
Figura 49 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial por Profundidade Máxima – Seção Jusante	110
Figura 50 – Profundidade Máxima pela Média da Prof. Máxima pela Largura Base / Largura de Topo – Seção Jusante	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação Entre as Características de Ravinas, Voçorocas Temporárias e Permanentes	26
Quadro 2 – Classificação dos Cursos D'água.....	37
Quadro 3 – Resultado da Análise de solo na Média Bacia do Córrego Lagoinha	52
Quadro 4 – Quantidade de Sondagens.....	70
Quadro 5 - Médias Totais e Desvio Padrão do Desgaste Erosivo dos Pontos 23, 27, 32 e 41 - Perfil de Montante	87
Quadro 6 – Médias Totais e Desvio Padrão do Desgaste Erosivo dos Pontos 23, 25, 31 e 40 - Perfil Intermediário	90
Quadro 7 – Médias Totais e Desvio Padrão do Desgaste Erosivo dos Pontos 10, 14, 15 e 18 - Perfil de Jusante	92
Quadro 8 – Evolução da Área, Perímetro e Volume das Seções Transversais	94
Quadro 9 – Monitoramento de Cabeceira	96
Quadro 10 – Indicadores Físico-Químicos da Água Coletados no interior da Voçoroca.....	114

1 - Introdução

Esta pesquisa apresenta um estudo de monitoramento por estaqueamento em nível de voçoroca na área urbana no município de Uberlândia em Minas Gerais. Foram feitas perfilagens em três sessões transversais ao longo do corpo da voçoroca e também acompanhamento do recuo de cabeceira.

Estes dados permitiram análises estatístico-morfométrica da evolução do processo erosivo e além desses abordamos ainda aspectos como produção de sedimentos, vazão e qualidade da água. Pretendemos com este trabalho saber sobre a evolução da voçoroca e a conseqüente perda de sedimentos carreados e seus impactos sobre os recursos hídricos da área, avaliando-os geométrica e estatisticamente ao longo do período buscando entender além desses, outros fatores que sejam agentes da dinâmica erosiva local.

Num momento em que a preocupação com os recursos naturais está tão em voga, tanto na sociedade como em ações promovidas pelo governo, Ong's entre outros, saber mais acerca das ações antrópicas e seus impactos sobre tais recursos são fundamentais para conservá-los.

Então, compreender a dinâmica dos processos erosivos nos Domínios do Cerrado, ambiente tão degradado e pouco conhecido, significa fornecer subsídios para as ações governamentais pelo menos em escala local, para permitir no mínimo uma ocupação mais adequada desse espaço.

Como o presente estudo envolve dois recursos naturais essenciais para a sobrevivência humana, solo e água, ter informações buscando preservá-los é o que se espera como contribuição desta pesquisa, ou seja, servir como ferramenta

auxiliadora no processo de entendimento do mecanismo erosivo sendo útil ao planejamento urbano, pois fornece dados para posteriormente serem tomadas medidas de contenção e, se possível, estabilizar o processo de voçorocamento.

2 – Justificativa

2.1 – Histórico de Ocupação

Todos processos físico-ambientais se desenvolvem de forma natural, porém com o fluxo intenso das atividades humanas, tais processos se acentuam e intensificam. A partir disso como a área de estudo se encontra nos Domínios do Cerrado o histórico de ocupação da região está diretamente relacionado à degradação deste ambiente e, portanto as modificações antrópicas é um dos principais elementos a ser brevemente descrito a seguir.

No final da década de 1970 o cenário brasileiro começa a mudar, em função das políticas de desenvolvimento econômico do interior do país, visando a urbanização de outras regiões por meio de incentivos locacionais para as indústrias se estabelecerem. Esses fatores trouxeram as indústrias para do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, pois existia nessa região a possibilidade de baixar os custos de produção e elevarem seus lucros, por terem maiores facilidades de comunicações com os grandes centros, e ainda facilidades de instalação em terrenos mais baratos, teriam isenção de impostos, mão-de-obra abundante etc.

De acordo com Borges (2000), houve nos anos de 1970 um processo de descentralização ou de desconcentração das indústrias em direção às cidades médias que tivessem uma proximidade geográfica dos grandes centros ou com ligações viárias para estes locais. Com isto, muitos municípios no estado de São Paulo foram privilegiados como: Campinas, Taubaté e São José dos Campos.

Este conjunto de mudanças não poderia deixar de ocorrer também em outras partes do país, também nas chamadas cidades médias em Minas Gerais, Uberaba, Uberlândia e Juiz de Fora. Uberlândia começa a receber as grandes indústrias entre 1975 e 1986, destacando neste período: Souza Cruz, Daiwa, Brasfrigo, Cargil, entre outras multinacionais e nacionais. Este fator levou o município de Uberlândia e região a demandar por maiores quantidades de energia elétrica, mas também outras cidades que começavam a receber as indústrias de grande porte. Houve então por parte do governo brasileiro a política para suprir a falta de energia elétrica e a partir da década de 70, tem-se início vários projetos que culminaram com a construção de diversas usinas hidrelétricas na região.

Todas essas mudanças que ocorreram no setor industrial vinham associadas a mudanças na maneira de se produzir na agricultura brasileira, para contribuir ainda mais com o novo perfil de desenvolvimento industrial e com a crescente urbanização decorrente deste processo. Nos anos 70 e 80 também foram implementados na região, os programas de desenvolvimento como o POLOCENTRO (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), PRODECER (Programa Nipo-brasileiro de Desenvolvimento dos Cerrados), e o PADAP (Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba), os quais possibilitaram a integração dos domínios do cerrado ao

processo de industrialização iniciado na década de 50 e o desenvolvimento da agricultura, abrindo assim caminho para a chamada “Revolução Verde”.

Borges (2000) ainda coloca que esses incentivos possibilitaram a criação de melhorias na infra-estrutura regional, como a recuperação de estradas vicinais, implantação de sistemas de beneficiamento, armazenagem, transporte de produtos agrícolas e energia, além é claro de transformar grande parte da produção agrícola, uma vez que financiava e incentivava a agricultura comercial para a exportação, a mecanização e a modernização do campo, fortalecendo o complexo agroindustrial na região.

Todos esses programas de desenvolvimento visaram a ocupação de um novo espaço pelo avanço da fronteira agrícola em direção ao cerrado em áreas de relevo pouco dissecado, apresentando formas suaves que facilitam a mecanização. Portanto, implanta-se nesta região um novo modelo de agricultura voltado para a exportação e obtenção de uma maior produção dos insumos agrícolas, sementes melhoradas geneticamente, máquinas para plantio e colheitas e, conseqüentemente, o aumento do consumo de energia elétrica pela irrigação com a utilização de pivôs centrais entre outros.

Essas transformações levaram o Triângulo Mineiro a ter a atual configuração sóciopolítico, econômica e espacial e, de maneira mais específica, o porquê da atual configuração do município de Uberlândia e de sua degradação ambiental, pois os fatores colocados anteriormente configuraram o cenário perfeito para uma degradação ambiental muito acentuada, como por exemplo: poluição dos recursos hídricos, queimadas, disposições de resíduos em locais inadequados, retirada e ocupação por cultivos ou edificações em áreas que deveriam ser de preservação

permanente, desmatamentos indiscriminados, falta de manejo e planejamento para o uso do solo, tudo isso resultou numa degradação intensificada, havendo anualmente uma perda muito grande dos solos e de outros recursos naturais.

2.2 – Hipóteses de Pesquisa

São vários os tipos de degradação dos recursos naturais. Um exemplo claro é a perda de solo como registra Marques (2002) em seu trabalho, o qual, coloca que a Secretaria da Agricultura de São Paulo estima que 80% das terras cultivadas do Estado estão acima dos limites de tolerância, deixando claro que não somente existe uma degradação pedológica, como também hídrica e da biodiversidade de modo geral. O autor mostra da seguinte forma, o Estado de São Paulo possui as seguintes condições de perda de solo:

“Com a erosão, o Estado de São Paulo perde, a cada ano, por volta de 200 milhões de toneladas de terras férteis, das quais 40 milhões de toneladas vão para o fundo de rios e lagos. Isso representa a perda de 20 cm da camada superficial do solo de uma área de 100 mil hectares ou, aproximadamente, 500 propriedades rurais de 200 ha. A perda de nutrientes do solo equivalente em nutrientes foi estimada em cerca de US\$ 200 milhões. A erosão pode ser ainda representada pelas perdas em produtos cultivados, ou seja, perdem-se 10 kg de solo para cada 1 kg de soja produzida, 12 kg de solo para a produção de 1 kg de algodão, e 5 kg de solo para a produção de 1 kg de milho ... A Secretaria da Agricultura aponta que, dos 24,732 milhões de ha de área total cultivada no Estado, 75% encontram-se no limite de sua utilização. (Marques, 2002).”

Os processos erosivos geram uma grande quantidade de sedimentos, os quais são carregados para os cursos d' água, provocando o assoreamento diminuindo

a lâmina de água, influenciando diretamente no abastecimento da população e nos diversos usos da mesma. As voçorocas de modo geral são grandes geradoras de sedimentos, contribuindo portanto no processo de assoreamento.

Um estudo desenvolvido pelas Nações Unidas (2000) sobre os recursos hídricos estima que até 2025 o mundo passará por uma enorme crise de água. A pesquisa prevê que 2,7 bilhões de habitantes do planeta, 45% de toda a população mundial, ficará sem água. Este problema já pode ser encontrado em alguns países do Oriente Médio e do norte da África, atingindo uma população de 1 bilhão de seres humanos. Estima-se ainda, no estudo das Nações Unidas, que daqui 25 anos, países como Índia e China, uns dos mais populosos do planeta, juntamente com a África do Sul sofrerão também com a falta da água (Angelo *et al.* 2000).

A atuação da especulação imobiliária promove uma ocupação desordenada do espaço em vários municípios do país. Em Uberlândia isso ocorre com uma frequência muito grande, a falta de fiscalização e a negligência por parte dos órgãos competentes resultaram numa intensa degradação ambiental tanto no meio rural quanto urbano, sendo este último o ambiente de estudo desta pesquisa.

Nas áreas urbanas ocorre interferência antrópica direta sobre as formas de relevo, provocando mudanças, adequando-o às suas necessidades, ocupando áreas de preservação permanente com edificações, construção de ruas sobre solo hidromórfico, canalização do curso de córregos e rios, impermeabilização do solo etc, o que sempre provoca impactos sobre o meio ambiente. Na área de estudo da voçoroca na Bacia do Córrego Lagoinha em Uberlândia, por se localizar na área urbana, as formas originais do relevo foram intensamente alteradas pela ação antrópica.

A partir da análise do relevo da Bacia do Córrego Lagoinha e dos impactos ambientais identificados ao longo da mesma, surgiu a intenção de verificar a dinâmica das ações antrópicas e naturais sobre um ambiente modificado para avaliar a intensidade da degradação, como se dá a evolução do processo de degradação. Partindo dessa idéia, despertou-se a atenção sobre os processos erosivos que ocorrem ao longo do Córrego Lagoinha, em especial aqueles de maior intensidade, as chamadas voçorocas. O local escolhido para estudo se localiza na sub-bacia do Córrego Mogi, afluente direto do Córrego Lagoinha, que por sua vez é tributário do Rio Uberabinha, principal reserva de abastecimento da cidade de Uberlândia.

A partir das análises colocadas anteriormente e das observações de campo levantou-se as seguintes questões:

1 - Como seria o comportamento da voçoroca nas escalas temporal e espacial? Pode-se identificar períodos críticos da iniciação, desenvolvimento e sedimentação da voçoroca?

2 - Como seria as interrelações entre a dinâmica hídrica, da produção de sedimentos e do relevo local na evolução do processo erosivo em ambiente urbano?

3 – Quais os modelos apropriados para voçorocas, capaz de pré-dizer (a) a proporção de erodibilidade ao longo do tempo e espaço (b) o impacto do desenvolvimento da voçoroca na produção de sedimentos e na evolução da paisagem?

4 – Quais ações antrópicas condicionaram o desenvolvimento da voçoroca e quais atuam ainda sobre este processo?

5 – Quais são as técnicas de monitoramento e estudos experimentais mais adequadas?

6 – Quais os resultados alcançados, em que e como poderão ser utilizados?

A partir disso, foram formuladas hipóteses que poderiam ser validadas ou descartadas, porém havia a necessidade de levantar dados, sistematizá-los e analisá-los para chegar a resultados concretos, para daí sim, obter respostas e compreender tal evolução.

Para a verificação de tais hipóteses havia a necessidade de elaborar uma técnica de monitoramento e mensuração da voçoroca que resultasse na produção de um banco de dados e numa análise mais detalhada e, sem dúvida o objetivo mais complexo, determinar relações de perdas de solo por meio de gráficos, equações e quadros que possibilitassem representar localmente a evolução do relevo de tal forma a espacializar para a área da micro-bacia ou outras áreas com características físico-ambientais semelhantes.

3 - Objetivos

3.1 – OBJETIVO GERAL

O objetivo geral da pesquisa é monitorar, mensurar e analisar o processo erosivo acelerado em área urbana, por meio de técnicas quantitativas (seções transversais), buscando compreender a dinâmica evolutiva da voçoroca.

3.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar os processos de alterações do relevo e de outros acontecimentos que envolvam o relevo urbano na área de estudo;
- Fazer monitoramento por meio do estaqueamento em nível ao longo do corpo da voçoroca e na cabeceira a fim de colher informações pontuais da dinâmica local;
- Realizar coleta de água no período de chuvas e de estiagem a fim de detectar se estão ou não poluídas e em que grau, seguindo padrões específicos da ABNT;
- Analisar estatisticamente as informações correlacionando-as e ainda elaborar novas fórmulas ou utilizar fórmulas existentes, que nos permitam representar a evolução morfométrica dos perfis da voçoroca em escala local.

4 - Fundamentação Teórico-Metodológica

4.1 – Monitoramento e Mensuração de Processos Erosivos

De acordo com Bacarro (1999), numa abordagem mais geral a respeito da pesquisa em Geomorfologia, verificaram-se muitas vertentes de fundamentação teórica metodológica. Entre os vários pesquisadores que lidam com a questão da escala de abordagem geomorfológica, destacam-se: Tricart (1952 e 1965), Cailleux e Tricart (1956), Dylík (1957), Bertrand (1968), Ab´Saber (1969), Thornes e Brundsden (1977), Morgam (1979 e 1980), Thornes (1980), Cruz (1985), Baccaro (1999) e também Ross (2000) que propõem níveis experimentais de evolução da pesquisa.

Ross (2000), coloca que a pesquisa experimental se alicerça nas técnicas de quantificação para sistematizar e analisar informações obtidas em experimentos. O autor, ainda menciona a necessidade de quatro etapas operacionais de desenvolvimento da pesquisa.

A primeira etapa gira em torno do aspecto empírico, na qual o pesquisador tem que escolher uma ou mais áreas a fim de estudá-las, não podendo ser feito aleatoriamente. Para a seleção da área de instalação do experimento, é necessário previamente fazer um inventário do ambiente onde se quer estabelecer a estação de medição. A segunda fase consiste na instalação das estações de experimentos e a verificação de sua funcionalidade, não esquecendo que para a implantação da mesma os aspectos logísticos e o de adequação ambiental são fatores decisivos que podem influenciar nos resultados da pesquisa.

A terceira etapa consiste no trato laboratorial do material colhido nas estações e posteriormente é feito um levantamento estatístico das informações coletadas ao longo do período proposto pela pesquisa, sendo que nesta fase este dado nos permite alcançar algumas conclusões parciais. A quarta e última fase possibilita estabelecer reflexões que proponham conclusões gerais, resultantes da correlação dos dados oriundos da análise estatística com informações da pesquisa científica executada no inventário da etapa inicial.

Outros tipos de abordagens podem ser utilizados, como a proposta por Baccaro (1999), que estudou áreas do Cerrado em trabalhos desenvolvidos pelo Lages - Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos da Universidade Federal de Uberlândia. Portanto, numa escala mais pontual o objeto de nossa investigação se localiza no Domínio do Cerrado, por isso se faz necessário uma abordagem mais enfática sobre o referencial metodológico desenvolvido por Baccaro até mesmo pela facilidade de traçar possíveis comparativos com os dados coletados ao longo da pesquisa.

De acordo com Baccaro (1999), *o sistema geomorfológico do Cerrado é complexo na sua estrutura e funcionamento e vem recebendo a entrada de novos e intensos fluxos de energia e matéria, via ação antrópica.* Uma das principais alterações foi à retirada da vegetação para a prática de cultivos, não levando em conta nem mesmo as áreas mais sensíveis à degradação ambiental como as veredas, quebrando a sinergia que havia no meio ambiente, aumentando e intensificando, portanto, a degradação dos solos. Com isso, os processos erosivos ganharam uma dinâmica antrópica mais acelerada.

Para uma compreensão mais integrada das transformações pela qual passou e vem passando o Cerrado, tornam-se importante o conhecimento das componentes ligadas aos processos de transformações ambientais, ligadas às ações humanas (histórico de ocupação), as quais estão correlacionadas, pois influenciam diretamente na dinâmica do ambiente físico, por meio disso pode-se entender a importância da geomorfologia para dar respostas às diversas alterações de estabilidade ou de quebra da harmonia natural existente nos sistemas e subsistemas morfológicos.

Baccaro (1999), coloca que:

“A sustentabilidade ambiental do Cerrado encontra nos indicadores geomorfológicos índices valiosos e engloba os procedimentos de mensuração e de qualificação dos indicadores para operacionalizar o desenvolvimento sustentável. Ainda Baccaro et al. salientam que a busca de indicadores geomorfológicos para a sustentabilidade ambiental se traduz em dados qualitativos, mas sobre tudo quantitativos, para se detectar mudanças no sistema e se estabelecer os limites de equilíbrio dinâmico, tanto a nível local quanto regional. (Baccaro et al., 1999).”

Dependendo do tipo de estudo de vertentes que se deseja fazer a respeito de processos erosivos, como por exemplo as voçorocas em bacias hidrográficas, deve-se levar em consideração os fatores climáticos locais, como no caso do Cerrado que apresenta duas estações bem definidas uma seca e outra chuvosa. Por esses fatores, a autora *“explica da necessidade de uma reflexão adequada das escalas temporais e espaciais”* a serem utilizadas.

Baccaro (1999), coloca que os estudos dos processos erosivos numa escala temporal envolvendo períodos mais curtos, a dinâmica atual e o tamanho da área

(escala espacial – regional, local e pontual) são componentes que definem a metodologia a ser utilizada. Baccaro propõe três níveis de abordagem, os quais se enquadram dentro dos objetivos propostos nesta pesquisa, conforme tópicos a seguir:

1 - “Num primeiro nível de abordagem, implica a cartografia geomofológica relacionada à morfoescultura, onde se identificam formas de agradação e de denudação. Este trabalho de caráter regional é imprescindível para a compreensão da morfodinâmica em diferentes unidades geomorfológicas, dando subsídios para se identificar áreas representativas, onde serão desenvolvidos os estudos verticalizados e quantitativos sobre os processos erosivos num período curto de tempo....”

2 – “Num segundo nível de abordagem dos processos erosivos nas áreas de cerrado, o qual poderá ser adaptado e adotado também em outros sistemas geomorfológicos, parte-se para os estudos mais detalhados.....Essas áreas podem ser uma bacia hidrográfica (km² a dezenas de km²), cabeceiras de drenagem (km²), vertentes (m² a km²), voçorocas (centenas de m² a km²), estando a escolha relacionada com os objetivos do estudo e intimamente vinculada à representatividade dessa área (espaço) ao problema de erosão regional e/ou mecanismos específicos de erosão....”

3 – “O terceiro nível implica o monitoramento e a mensuração dos processos erosivos, numa escala temporal preestabelecida....”

Cunha & Guerra (2000), também destacam a importância da Geomorfologia 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.

Ainda dentro da perspectiva de Cunha & Guerra (2000), o diagnóstico é fator fundamental para a recuperação de áreas degradadas, por isso as pesquisas feitas por instituições (Universidades, Órgãos públicos, ONG's e Particulares), desse tipo de problema, têm a necessidade da obtenção de dados sistemáticos, os quais são desenvolvidos por meio do monitoramento das variadas formas de degradação, como por exemplo, o monitoramento de processos erosivos acelerados como as voçorocas.

4.2 – Processos Erosivos e Produção de Sedimentos

De acordo com Silva et al (2003), os processos erosivos naturais provocam o desgaste da superfície terrestre pela água, gelo ou outros agentes naturais, que num meio ambiente sem ações humanas, ou seja, com a presença da vegetação natural, do clima e de outros aspectos físicos sem alterações, torna possível verificar um ciclo erosivo quando se faz uma seqüência evolutiva nas formas do relevo.

Nos estudos apresentados por Guerra (1999), os processos erosivos desencadeados pelas chuvas de modo geral ocorrem quase que numa totalidade pelo planeta, entretanto na região dos trópicos isso ocorre com maior intensidade, pois os índices pluviométricos são bem mais elevados e em algumas regiões concentrados, o que acelera ainda mais o desgaste erosivo. Somado à energia das chuvas, alguns fatores acentuam os processos erosivos, como o desmatamento

para a extração de madeira ou para práticas agrícolas, pois retirando a cobertura natural os solos ficam desprotegidos facilitando a ação erosiva.

Em seu trabalho, Guerra (1999), faz uma análise completa desde os primeiros estágios de evolução dos processos erosivos até alcançarem maiores estágios como ravinas e voçorocas. Esta pesquisa, no entanto centrou-se no estudo do processo em estágio mais avançado (voçoroca), nas mudanças da geometria do canal e na quantidade de sedimentos perdida, porém houve também a preocupação com os estágios iniciais dos processos erosivos, pois estes determinam e continuam suas ações erosivas no processo de voçorocamento.

Vários autores como Guerra (1999); Hudson (1993); e Salomão (1999), indicam que o ciclo hidrológico é o ponto de partida dos processos erosivos, o efeito *splash* ou o resultado das relações da energia cinética do impacto da gota da chuva sobre o solo é o primeiro estágio do processo erosivo, porque é ele o responsável direto pela ruptura dos agregados, diminuindo a superfície de contato, selando a parte superior do solo e facilitando o transporte das partículas pelo escoamento superficial. Nesta pesquisa a força cinética é a principal responsável pelas modificações na geometria dos perfis e no transporte de sedimentos na voçoroca.

Ainda como estágio seguinte ao *splash*, Guerra (1999), caracteriza a formação de crostas na superfície dos solos, o que leva a diminuição da porosidade reduzindo, a capacidade de infiltração resultando na formação de poças (*ponds*) nas deformações do solo. Num estágio posterior, com a saturação do solo, em função da baixa porosidade, ocorrerá uma interligação das poças levando ao escoamento superficial (*runoff*) e dependendo da capacidade erosiva das chuvas a taxa de escoamento superficial será maior ou menor.

Segundo Filizola (2000), a compactação do solo promove a compressão dos poros tornando-os muito reduzidos ou inexistentes impedindo o acesso livre do ar e da água. Como resultado aparece uma zona mais umidificada acima da camada compactada, a saturação do solo desencadeia os processos erosivos dando início a sulcos provocados pela energia da água favorecendo os processos de ravinamentos.

Após a selagem do solo e formação do escoamento superficial, aceleram-se os processos erosivos. Guerra (1999) explica a formação de dois tipos de escoamento, o primeiro em Lençol (*sheetflow*) “*a princípio, o fluxo é difuso, ou seja, um escoamento em lençol. Esse tipo de processo é também conhecido como fluxo laminar, provocando a erosão em lençol, ou a erosão laminar.*”

Outro tipo de escoamento é o de fluxo linear (*flowline*), a energia da água concentrada em pequenos canais promove conseqüentes modificações superficiais na vertente, o autor define concentração de fluxo da seguinte forma:

“ É o estágio seguinte ao escoamento em lençol. Nesse estágio começa a haver uma concentração do fluxo de água em canais bem pequenos, em pontos aleatórios da encosta, a profundidade do fluxo aumenta e a velocidade diminui, devido o aumento da rugosidade, e há uma queda simultânea da energia do fluxo, causada pelo movimento de partículas que são transportadas por esses pequenos canais e que são os embriões das futuras ravinas (Guerra, 1999). ”

Com relação ao escoamento superficial, o terceiro estágio colocado por Guerra (1999) é com relação à evolução de microrravinas (*micro-rills*), pois o escoamento superficial concentrado esculpiu pequenos canalículos. No estágio de fluxo linear, a concentração de sedimentos aumenta a força de atrito entre as

partículas do solo e o assoalho dos canalículos formados, resultando numa maior erosão dentro dos canais em formação em função do aumento de rugosidade causado pela turbulência localizada. Esse processo leva a formação de cabeceiras (*headcuts*) que é o quarto estágio da evolução das ravinas. O autor descreve assim microrravinas de cabeceira:

“As cabeceiras tendem a coincidir com um segundo pico na produção de sedimentos, resultante da erosão ocorrida dentro das ravinas... nesse estágio de evolução das ravinas, o processo está alcançando um nível de equilíbrio dinâmico, ou seja, nesse estágio ocorre uma zona de deposição de sedimentos, abaixo das cabeceiras, indicando que a taxa de produção de sedimentos, a partir do recuo das cabeceiras, excede a capacidade de transporte do fluxo de água (Guerra, 1999).”

Guerra (1999) coloca que nesse processo, a partir da evolução das cabeceiras em direção a alta vertente, o canal se alarga e aprofunda (corrasão), elevando sua capacidade de transporte de sedimentos chegando aos canais e desenvolvendo outras cabeceiras, tornando-se pequenas ravinas. Essas constantes regressões de cabeceira podem progredir e se transformar em voçorocas evoluídas a partir da concentração do fluxo, o que causa grandes prejuízos tanto no meio rural quando urbano.

Ainda para o fluxo concentrado no meio urbano, a erosão e o transporte de sedimentos superficiais são diferentes dos que ocorrem em áreas agrícolas em função do tipo de solo e do tipo de uso, porém poderá ocorrer erosão semelhante em ambos os lugares. No entanto no meio urbano predominam aquelas de fluxo concentrado conectados geralmente às redes de drenagem.

Oliveira (1999) mostra que em erosões por quedas-d' água com a redução da profundidade do escoamento e de sua descarga sobre as margens ocorrerá também redução das partículas, as paredes laterais se tornam mais verticalizadas tendendo a estabilidade, quando comparadas ao canal principal. As margens nesse ponto de alguma forma possuem maior coesão relativa, o que resulta numa estabilidade aparente levando o escoamento a formar um encachoeiramento.

Pode-se verificar que a ação erosiva em forma de cascata, sobre materiais de diferentes coesões, são dependentes diretas da sazonalidade (intervalo) e da quantidade de chuvas, pois estes produzem o escoamento superficial na cabeceira das incisões erosivas, ou ao longo de seus canais. Segundo Oliveira (1999) *quedas-d' água podem ser geradas tanto durante chuvas intensas e concentradas, quanto durante chuvas de baixa intensidade, porém contínuas ao longo de um ou mais dias.*

De acordo com Hillel apud Oliveira (1999) o solapamento é um outro tipo de erosão por quedas-d'água, ele está mais ligado a descargas menores na área de contato entre a lâmina d'água e a borda do degrau onde há a queda, um filete de água se distingue do volume principal da cascata e percola as paredes da incisão de forma difusa esculpindo alcovas de regressão.

Este tipo de regressão está ligado principalmente ao transporte das partículas que compõem o solo que variam entre areias médias, a silte e argila. Depois de uma seqüência de eventos chuvosos, esse tipo de escoamento cavita uma alcova de forma sinusoidal na parede do degrau. Quando ocorre o aprofundamento no talude, as alcovas levam a desmoronamentos periódicos, os quais prolongam a extensão das margens, ou da cabeceira de incisão em direção a montante (Oliveira, 1999).

Já com relação ao movimento de massas localizadas, o autor descreve:

“Vários são os movimentos de massa que podem ser verificados em voçorocas. Praticamente toda a gama de transporte em massa auxilia o desenvolvimento dessas incisões, desde os mais lentos aos mais rápidos e desde os mais sólidos aos mais fluídos...esses movimentos dependem basicamente da resistência dos materiais... esses fatores podem ser organizados de acordo com a sua contribuição, seja para aumentar as tensões cisalhantes, seja para diminuir a resistência ao cisalhamento (Oliveira, 1999).”

Oliveira ainda descreve fatores que aumentam ou diminuem a tensão de cisalhamento no que diz respeito ao movimento de massa localizado em voçoroca:

“Fatores que aumentam as tensões de cisalhamento em encostas e paredes de voçorocas da seguinte forma: remoção do suporte lateral; sobrecarga; solapamento; pressão lateral; tensões transitórias relacionadas a vibrações de diversas origens. Fatores que diminuem a resistência ao cisalhamento...: composição e textura; natureza e resultantes físico-químicas; efeitos da água matricial; alterações da estrutura; remoção da vegetação (Oliveira, 1999).”

O mecanismo de concentração do fluxo em cabeceiras resulta em margens abruptas deixando-a mais escarpada subvertical a vertical. Como consequência, há um desenvolvimento rápido das margens da voçoroca ou ainda a ocorrência de erosão hidráulica de subsuperfície, como os *piping* e eventualmente processos de movimentos de massa, mesmo em áreas muito pequenas. Uma vez iniciado o processo de retração das margens das voçorocas pela migração da cabeceira, tenderá a uma inclinação mais suavizada nas vertentes onde as margens se tornam mais distantes uma da outra, assumindo características parecidas a de rios ou córregos.

Em recentes áreas de estudo sobre processos erosivos, Poesen et al (1999), colocam num primeiro momento, que voçorocas são importantes processos de degradação do solo e ocorrem em diversos ambientes, causando considerável perda de solo e conseqüentemente uma elevada produção de sedimentos. Num segundo momento as voçorocas possuem efeitos ligados por transferência de escoamento e sedimentos oriundos das partes altas do relevo depositando nas partes mais baixas e a ocorrência de canais permanentes onde os efeitos da erosão provocada pela água são agravados. Com isso, observações em diferentes ambientes mostram que o desenvolvimento de voçorocas e sua ampliação na paisagem aumentam o carregamento de sedimentos para as partes baixas do relevo e para os cursos d'água.

São vários os prejuízos causados pelo escoamento superficial sendo responsáveis pelos processos erosivos e estes pela perda de solo e das propriedades químicas do mesmo. Autores como Poesen (1999), Oygarden (2003), Guerra (1999), Baccaro (1999), Ploey (1990), entre outros, falam da importância e descrevem também a falta de estudos de perda de solo em voçorocas, e da necessidade de monitoramento, da experimentação e do estudo de modelos de voçorocas para saber dos seus efeitos sobre as mudanças no meio ambiente baseado nos dados da proporção de desgaste erosivo nas voçorocas.

Estudos realizados por Poesen (2003) indicam que voçorocas e canais erodidos são dominantes como fontes de sedimentos em muitos ambientes do Mediterrâneo. Dados coletados em diferentes partes do mundo mostraram que a taxa de perda de solo em voçorocas representa no mínimo 10% ou mais dos 94% do total de sedimentos produzidos pela erosão hidráulica.

Partindo das colocações anteriores sobre os processos erosivos e suas diversas formas de desgaste, percebe-se que 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 freqüência 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.

Christofolletti (1988) descreve que 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.

Os efeitos da sazonalidade estão intimamente ligados às maiores ou menores cargas de sedimentos carregados. A carga dissolvida é composta pelos minerais das rochas intemperizados, os quais são transportados numa solução química para os cursos d'água. O índice de carga dissolvida em solução depende, na maior parte, da contribuição relativa da água subterrânea e do escoamento superficial carregando as partículas para os rios, sofrendo diferenciações na escala temporal e espacial.

Christofolletti (1988), faz uma divisão dos tipos de transporte de sedimentos são eles:

- 1 – Carga do leito ou de arrasto: são as partículas que rolam longitudinalmente pelo curso da água e estão em contato quase que permanente com o leito.

2 – Carga sólida saltitante: composta por material com granulometria maior, como areias e cascalhos, os quais são transportados por meio da saltação, deslizamento ou rolamento na superfície do curso d'água. Em função do volume e da densidade das partículas, a velocidade da carga do leito é muito mais lenta que a do fluxo, pelo fato de as partículas não se deslocarem de modo contínuo dependendo da correnteza ou do choque entre partículas.

3 – Carga em suspensão: está ligada ao fluxo de partículas de granulometria reduzida como silte e argila, que por serem pequenas e leves se conservam em suspensão durante a movimentação turbulenta pelo canal resultando na carga de sedimentos suspensos. Diferenciando ambas, Silva et al (2003) colocam que o principal mecanismo que as diferencia é o tipo de transporte e não o tamanho das partículas. Em geral, a carga suspensa é o material mais fino do leito, mantida em suspensão pela turbulência da água.

4.3 – Definições de Ravinas, Voçorocas e Modelos de Análises Morfológicas

Na literatura de modo geral existem várias definições para ravina e voçorocas, e a intenção a seguir é mostrar algumas dessas conceituações. De acordo com FAO (1965) uma definição comumente usada diz que as voçorocas se caracterizam por serem profundas e por não poderem ser removidas normalmente pelas atividades agrícolas.

Já Oygarden (2003) 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.

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 limitam-se a aprofundar.

Uma explicação mais abrangente sobre os fatores determinantes num processo erosivo do tipo voçoroca é dada por Torri & Borselli (2003), na qual os mais comuns são: primeiro 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.

Entretanto, nenhum destes motivos são totalmente aceitos. Porque o primeiro coloca valores arbitrários sobre o perfil transversal; o segundo apresenta somente áreas agrícolas, e a concepção de que a prática normal em fazendas é certamente alterada pela força mecânica que o agricultor tem a sua disposição. Já a última definição não separa voçoroca de ravinas.

O que Torri & Borselli colocam como mais aceito é que em contato com a superfície uma voçoroca é um corte linear caracterizado por intensos episódios erosivo, já suficientemente amplo (largura/profundidade) no perfil passando a ser potencialmente um destaque na paisagem. Outros conceitos muito utilizados são o de *ephemeral gully* (voçorocas temporárias) e *permanent classical gullies* (voçorocas permanentes ou clássicas). O termo *ephemeral gully* foi primeiramente discutido por Foster na década de 1980. Foster (1986) define que voçorocas temporárias possuem esta forma em função da concentração do fluxo, contrário as ravinas, as quais são formadas claramente por canais. Voçorocas temporárias são causadas inteiramente pelo fluxo da água das chuvas e não pelo impacto das gotas. Elas são abertas num curto período e as áreas são restauradas anualmente pelos agricultores, ao contrário das voçorocas permanentes. Esta freqüentemente se desenvolve onde a água naturalmente se concentra em sulcos dos arados, estradas de terra ou na direção do talvegue.

Poesen (2003), explica que o termo voçoroca temporária foi introduzido para determinar a concentração do fluxo e suas diferenciações em relação ao potencial erosivo, menores em ravinas e maiores nas voçorocas temporárias, porém menor que a erosão em voçoroca permanente ou clássica. Zheng e Huang (2002) em seus estudos determinam que dependendo do tamanho, as voçorocas são divididas em

temporária e permanente. As temporárias são mais largas e profundas que ravinas, mas elas podem ser retiradas parcialmente ou completamente pelas atividades agrícolas, pois se formaram na paisagem em função da concentração do fluxo, concordando com Foster e Torri & Borselli. Ao passo que as voçorocas permanentes são também canais erodidos, porém mais amplas que as temporárias, não sendo removidas pelos equipamentos agrícolas.

Existem autores que estabelecem tamanhos, um dimensionamento para determinar se são ou não voçorocas. Hauge apud Oygarden (2003) define voçoroca como sendo uma seção transversal com uma área maior que 929 cm² e usualmente possui escoamento de água durante e imediatamente após a ocorrência de chuvas ou seguidas de rápido derretimento do gelo e da neve. A *Soil Science Society of America* (2001) define que, para a conceituação de voçorocas permanentes nos solos agrícolas deve-se levar em consideração a profundidade dos canais e a facilidade com que estes são retirados ou entupidos com equipamentos agrícolas, tipicamente possuindo de 0,5m a 25 ou 30 m de profundidade.

Brice & Imeson apud Poesen (2003) dentro do critério tamanho, adotam um mínimo de largura de 0,3m e um mínimo de profundidade variando entre 0,5 e 0,6m, porém ressaltam que não existe definição clara para os limites de dimensões de voçorocas. Guerra (1998) traz a conceituação que ravinas seriam incisões de até 50 centímetros de largura e profundidade. Acima desses valores, as incisões erosivas seriam denominadas de voçorocas. O Quadro 1 apresenta uma síntese dos conceitos e das diversas tipologias ligadas a ravinas, voçorocas temporárias e permanentes de acordo com Zheng & Huang (2002).

Quadro 1 – Comparação entre as Características de Ravinas, Voçorocas Temporárias e Voçorocas Permanentes

Ravinas	Voçorocas Temporárias	Voçorocas Permanentes
São normalmente removidas pelas atividades agrícolas; usualmente não ocorrem no mesmo lugar.	São marcas temporárias, usualmente removidas pelas atividades agrícolas; Ocorrem no mesmo lugar.	Voçorocas Permanentes não são removidas pelas atividades agrícolas.
É possível medir algumas, mas são usualmente menores que voçorocas temporárias.	Usualmente são maiores que ravinas porém menores que voçorocas permanentes.	Usualmente são maiores que voçorocas temporárias.
O perfil transversal é relativamente pouco profundo.	O perfil transversal tende a ser mais largo que profundo, suas cabeceiras não são bem definidas porque não são provenientes das atividades agrícolas.	O perfil transversal de muitas voçorocas tende a ser estreito e relativamente profundo. As paredes laterais são escarpadas. Usualmente as cabeceiras são proeminentes.
O padrão do fluxo desenvolve vários pequenos canais paralelos e desconexos terminando em voçorocas temporárias, em terraços ou em locais onde ocorrem deposição. Elas possuem geralmente o mesmo espaço e tamanho.	Usualmente possuem padrão de forma dendrítico ao longo de depressões de cursos d' água, ocorrendo onde houve concentração do fluxo na paisagem inclusive na convergência deste em ravinas. O padrão do fluxo é influenciado pela agricultura, tipo cobertura, pela presença de terraços, ou outras ações antrópicas.	A forma tende a um padrão dendrítico ao longo dos cursos d'água. Os padrões não dendríticos ocorrem em valas ao longo de estradas, terraços ou em canais de desvio.
Ocorrem sobre vertentes com relevo suave nos caminhos da drenagem.	Ocorrem ao longo das formas de drenagem abrindo canais ou voçorocas.	Geralmente ocorrem bem definidas nos caminhos de drenagem.
Os solos são removidos formando canais, as atividades agrícolas como medida paleativa conseguem recuperar a área tampando-os, porém elas são ao mesmo tempo as causas do retorno do processo de ravinamento nas vertentes no próximo ciclo de chuvas, quando o solo se encontra deprotegido.	Os solos são removidos por um fluxo em estreitos canais, tipicamente aprofundam a camada agricultável do solo por ter a camada logo abaixo maior resistência. Os solos são removidos para os espaços vazios da área adjacente pela ação mecânica em lençol, provocando maiores danos que a erosão em ravinas.	Os solos são removidos aprofundando o perfil, e podem erodir a superfície menos resistente do leito rochoso.

Fonte: Zheng & Huang (2002) In Gully Erosion - Published in Encyclopedia of Soil Science - Adaptação e organização: ALVES, R.R. - 2004

A questão da geometria ou geomorfia também é colocada por alguns autores como Nachtergaele (2003), Ionita (2003), Torri & Borseli (2003) e outros como se fosse uma determinante para classificação de grandes voçorocas por meio de relações de proporcionalidade. Foram feitas a seguir breves considerações sobre as pesquisas destes autores voltadas para a morfometria em voçorocas. Segundo o sugerido por Poesen (2003) a classificação de voçorocas efêmeras deve ser feita por meio da relação (razão) largura pela profundidade (W / D). Sendo que voçorocas com relação $W / D >$ que 1 são facilmente recobertas pelas práticas agrícolas causando mais estragos em plantações e removendo a parte fértil dos solos. Destaca-se também o estudo de Nachtergaele baseado em parte nas formas e evoluções dos canais.

“Demonstrated that (ephemeral) gullies can be considered as channels characterised by a mean width (W) between that of rills and (small) rivers. For all these channels, W seems to be essentially controlled by peak flow discharge (Q) and the relation between both parameters can be expressed by the equation $W = a.Q^b$, with a being a coefficient and the exponent b varying from 0.3 for rills, over 0.4 for (ephemeral) gullies to 0.5 for (small) rivers. For gullies, the proposed $W - Q$ relation only holds for concentrated flow incising relatively homogenous soil material in terms of erodibility (i.e. soil erodibility remains constant with depth) Nachtergaele et al (2003).”

As relações de fluxo de descarga foram primeiramente estudadas por Leopold e Maddock nos Estados Unidos iniciados em meados das décadas de 1950 e são discutidos aqui por terem as voçorocas permanentes desenvolvimento semelhante ao de rios e córregos. Torri & Borselli (2003) mencionam que os processos atuantes nos locais durante a formação e desenvolvimento de voçorocas são freqüentemente parecidos com os que ocorrem em rios. Na visão de Torri & Borselli (2003)

referenciando Leopold e Maddock, pois seu modelo teve por base as fórmulas de fluxo anual de descarga desenvolvida por estes dois últimos pesquisadores, os quais trabalharam com a relação de fluxo de descarga, nos Estados Unidos em 1965, levando em consideração o alargamento (W) e aprofundamento (D) do canal. Ficando assim as fórmulas:

“It is reported that many researchers found relationships between mean annual flow discharge and channel width (W) and depth (D) based on the power-type relationships...:

$$W = a.Q^b \qquad D = c.Q^d$$

where a and c are empirical coefficients depending on some channel characteristics, and b and d varying from 0.34 to 0.61 and from 0.16 to 0.46, respectively, following the type of flow discharge Q, i.e., mean annual discharge, bank full discharge, mean annual flood or the discharge exceeded in 50%, 15% and 2% of cases. (Torri & Borselli, 2003)”

Um outro modelo que trabalha com a geometria de voçoroca pesquisada por Torri & Borselli (2003) é baseado principalmente na descrição física envolvida nos processos erosivos e está relacionado com a erosão por fluxo concentrado nas dinâmicas de fundo e nas paredes da voçoroca. Eles subdividem a voçoroca em duas partes: a primeira caracterizada pela rápida incisão durante a formação da voçoroca e a segunda quando o canal estabiliza e passa a prevalecer as dinâmicas nas paredes laterais.

A partir das pesquisas de outros autores como Beven e Kirkby (1993); Vandaele et al (1996); Vandekerckhove et al., (1998); Montgomery e Dietrich (1994), entre outros, Torri & Borselli (2003) estabeleceram em seus estudos uma série de modelos geomorfométricos para tentar entender o processo de instalação e desenvolvimento dos processos erosivos. Como exemplo da evolução dos modelos, têm-se as variáveis básicas adotadas para o desenvolvimento das fórmulas, as

quais permitiram-nos separar uma seção do canal estabelecendo largura (W), comprimento (L) e aprofundamento (D) pontualmente e particularmente indicando a quantidade de sedimentos carreados. A quantidade de sedimentos no canal e o volume de água dentro do mesmo num dado intervalo de tempo se dá de acordo com a seguinte fórmula: $\Delta Q_{sto} = Q_{IN} - Q_{OUT} + Q_L + Q_S + Q_B - Q_{SED}$ (Figura 1) :

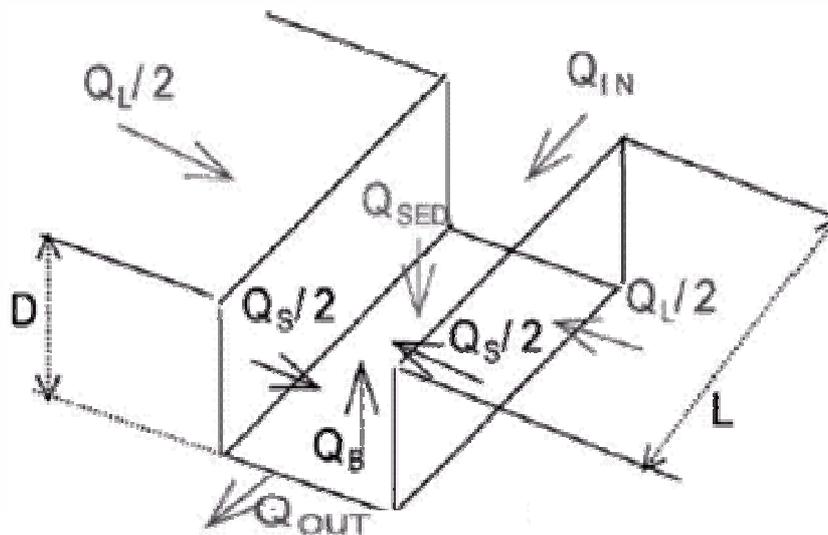


Figura 1 – Esquema de uma seção transversal numa voçoroca com passagem de sedimentos – Autores: Torri & Borselli (2003 - p. 452)

A equação apresentada na Figura 1 anterior serviu como suporte que permitiu diferentes tipos de análise morfométrica estabelecidos por Torri & Borselli (2003) a partir de ΔQ_{sto} que é a variação temporal do sedimento momentaneamente suspenso na água passando pela seção do canal escolhida, pode-se estabelecer outros tipos de derivações . Se nos referirmos, por exemplo, ao pequeno intervalo de tempo, um tipo de derivação possível será de acordo com a fórmula: $\partial q_{sto} / \partial t = q_{IN-OUT} + q_L + q_S + q_B - q_{SED}$. Onde q_i ($i = IN - OUT, L, S, B$) significa a descarga por

unidade de comprimento do canal e q_{sto} é a acumulação de sedimentos por unidade de comprimento do canal.

Ainda sobre a abordagem de Torri & Borselli (2003), com relação a variáveis como largura, profundidade e perfil transversal, mostra que a seção da voçoroca aumenta enquanto as paredes laterais são erodidas, isto ocorre porque o fluxo de água se concentra na parte baixa, erodindo as paredes resultando no seu colapso. Quando o processo ocorre de maneira intensa, como nos casos de pico de fluxo chuvoso, a voçoroca será ampliada, pois o canal tenderá a uma forma mais retangular com as paredes verticalizadas, assim que isto acontece desmoronam, aumentando a largura e o comprimento.

Sobre a colocação anterior os autores conseguiram chegar à seguinte razão de alargamento do canal: $\partial W / \partial t = q_s / \rho D$, onde ρ é a densidade do solo, D é a profundidade do canal e o q_s é a contribuição de sedimentos das paredes verticais por unidade de comprimento do canal pela unidade de mudança da profundidade da voçoroca num determinado período. O D se deve à relação de deposição e saída de sedimentos no leito da voçoroca, as entradas laterais são insignificantes em relação à quantidade de sedimentos das paredes laterais e do leito da voçoroca na fase mais importante do processo erosivo concentrado que é durante os picos de descarga. Então: $\partial W / \partial t = 1 / \rho \cdot q_B - q_{SED} / W$.

Enfim, Torri & Borselli (2003) fazem uma série de análises e derivações de fórmulas que são importantes, porém demonstrá-las em sua totalidade não é essa a intenção desse estudo. Outros autores como Ionita (2003), Schnabel (1997) e Hudson (1993), também trabalharam com pares como: largura, profundidade, área, perímetro, volume, relacionando-os com os eventos chuvosos, com a perda de solo

entre outros. Ionita (2003) trabalhou relacionando eficiência hidráulica em voçorocas descontínuas e preocupou-se em fazer as medidas de largura, profundidade e comprimento bem como a determinação da agradação da voçoroca e para isso adotou algumas pesquisas científicas tais como: Schumm (1960), do *Soil Conservation Service of the USDA* (1966) e também Heede (1976) e com base nelas e em seus dados e observações de campo estabeleceu seus modelos.

Ionita (2003) a partir da análise da área de voçorocas na parte Leste da Romênia estabeleceu um novo fator de forma. Uma análise da seção total de voçorocas descontínuas na cidade de Barlad, permitiu a Ionita a chegar um novo indicador de eficiência hidráulica estabelecido a partir da relação de área da *Seção Atual (Sp)* pela *Seção Preenchida ou ocupada (Sf)*. O valor 1 deste fator de forma (Sp/Sf) representa o ponto inicial da eficiência hidráulica dentro de voçorocas descontínuas. Os valores mais elevados do que este ponto inicial estão caracterizando o alcance eficiente da voçoroca com pouca agradação. Os valores abaixo do ponto inicial definem o alcance ineficiente da voçoroca que com o passar do tempo se tornará obstruída por aluvio.

Outro tipo de indicador de eficiência é dado por Heede (1976), o qual estabelece a partir da razão de *Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima (D_{max} / D_{mean})* o índice de 2 para a voçoroca ter início ao grau de eficiência hidráulica de desgaste. Ambos os indicadores o de Heede que trabalha com a razão *Profundidade Máxima por Média da Profundidade Máxima (D_{max} / D_{mean})* e Ionita que trabalha com razão entre a área *Seção Atual pela Seção Anterior (Sp / Sf)* verificaram a eficiência hidráulica em voçorocas, porém possuem valores de linhas de eficiência diferenciados Heede (2.0) e Ionita (1.0). Por exemplo,

quando se comparam os dois indicadores para trabalhos realizados em voçorocas em duas bacias hidrográficas diferentes tem-se (Figuras 1 e 2):

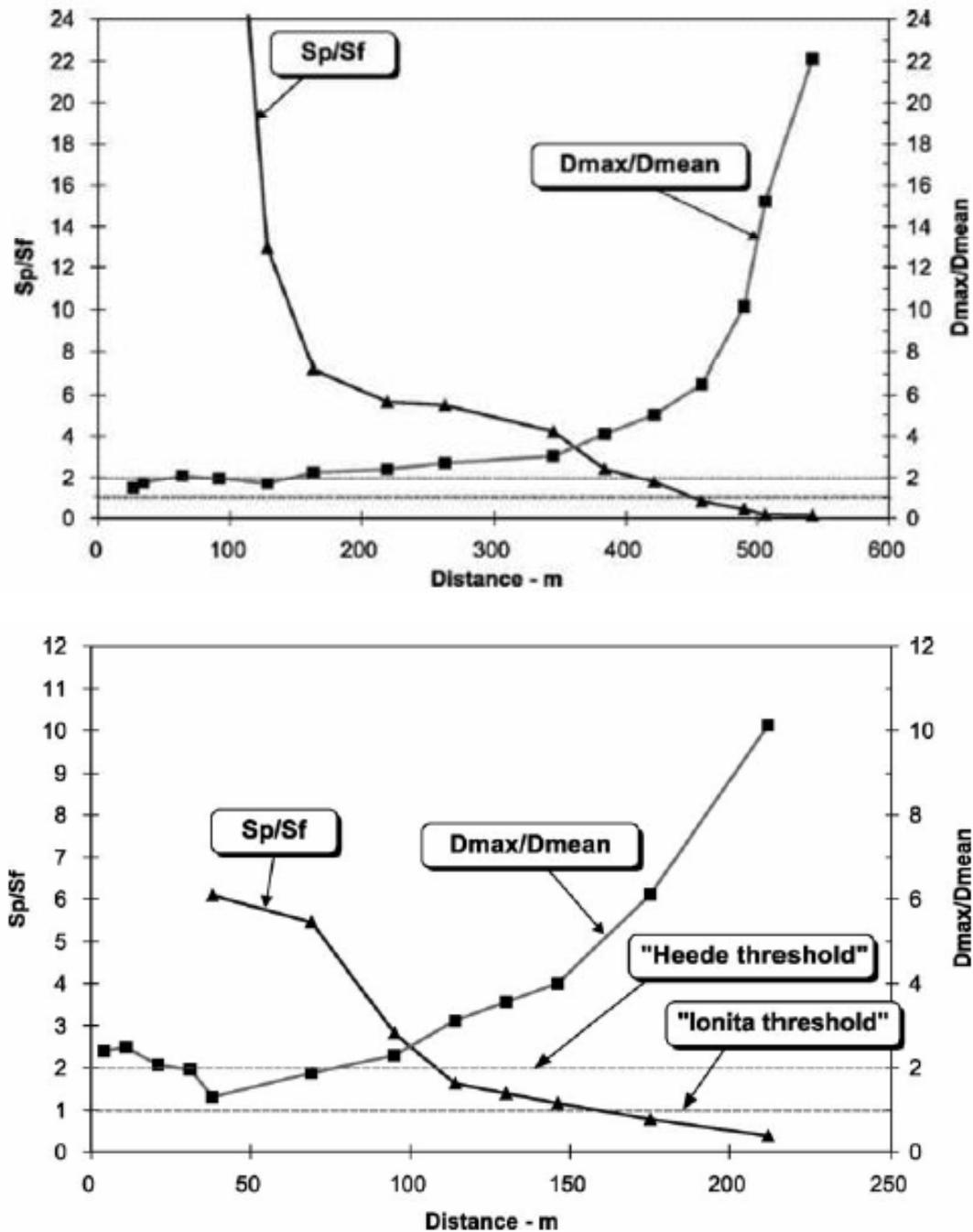


Figura 2 e 3 - Comparativo da distribuição dos indicadores Sp/Sf (lonita) e $Dmax/Dmean$ (Heede) em Vale Pustii, alto da base de Jeravat (primeiro) e Gornei-Ibana Valley, Romênia (segundo) (2003) - p.375 e 376.

As Figuras 1 e 2 mostram análises feitas em algumas voçorocas com os dois tipos de indicadores, o de Ionita e o de Heede. O primeiro indicador mostra que as voçorocas apresentaram eficiência hidráulica em 79% de seus comprimentos e somente uma pequena parte delas tiveram sua eficiência limitada. Já pelo segundo indicador as voçorocas são hidraulicamente eficientes somente em 24% do total de seus comprimentos. O indicador de Heede apresenta uma flutuação de início da eficiência hidráulica em 2.0, quando a base da voçoroca sofre agradação.

A partir das informações anteriores Ionita (2003) procura demonstrar a deposição de sedimentos na área do perfil transversal, conseqüentemente estabelece outro modelo de forma usando medições de *largura inferior ou de fundo (Wb)* pela *largura de topo (Wt)*. De acordo com Ionita (2003), determinar a quantidade de sedimento que preencheu uma determinada área de uma seção transversal é muito difícil e demorado. Conseqüentemente, é extremamente útil determinar um indicador que permita de maneira mais rápida e fácil avaliar a eficiência hidráulica.

Desde que o perfil transversal das voçorocas descontínuas associadas com a sedimentação ao longo da voçoroca tenha forma trapezoidal, pode-se concluir que a relação da *largura inferior ou de fundo (Wb)* pela *largura de topo (Wt)* é um indicador apropriado. A relação entre os novos indicadores morfométricos (Wb / Wt), mostram-se mais fáceis de ser determinado no campo, e o indicador de eficiência hidráulica (Sp/Sf), é mais difícil por se tratar de derivações por meio de regressões matemáticas. Foi percebida uma forte relação inversa entre esses indicadores (Wb / Wt e Sp / Sf) de $R^2 = 0.95$ ou 0.97 . Para Ionita (2003) foram estas duas

principais formas de análise morfométrica Sp / Sf e Wb / Wt , sendo o primeiro comparado com o modelo de Heede $Dmax / Dmean$,

Schnabel (1997), também trabalha a questão morfométrica desde 1990 em uma pequena área no Sudoeste da Espanha. Schnabel estuda a variação topográfica por meio de seções transversais em voçorocas determinando e quantificando a perda de solo. Para quantificar a perda de solo ocasionada pelos picos de chuvas, Schnabel (1997) usou a metodologia de Gerlach (1967). Gerlach propõem o uso de calhas para a captura de sedimentos em diferentes tipos de coberturas vegetais. Em sua pesquisa Schnabel (1997) dispões suas calhas em áreas com cobertura de porte arbóreo, em áreas de pastagens, em áreas com afloramentos rochosos e áreas de colúvio, para verificar, nos diferentes tipos de terrenos o desgaste erosivo.

No que diz respeito à erosão do tipo voçoroca, Schnabel (1997) em suas pesquisas faz o monitoramento em 20 seções transversais diferentes. As medições foram feitas anualmente em geral após o período de chuvas. O princípio da determinação da erosão ou da acumulação de material se deu pela seguinte fórmula:

$$A = \frac{C_1 + C_2}{2} * 0,1 + \frac{C_1 + C_2}{2} * 0,1 + \frac{C_1 + C_2}{2} * 0,1$$

Onde: A: Erosão ou acumulação de sedimentos no perfil (m^2);

$C_n = P_nA - P_nB$ é a distância entre o nível horizontal e a superfície do solo nun tempo A e B (m).

Schnabel (1997), mostra que a erosão total é a soma das seções monitoradas ao longo da voçoroca. Os perfis são examinados em intervalos de 15 m onde existe esta possibilidade. Em pontos determinados do canal, com recuo ativo de cabeceira,

os transectos são espaçados sendo alocados mais próximos um dos outros. Já Hudson (1993) usa como indicadores dados de largura e área para obter o cálculo do volume. O método consiste no cálculo aproximado de superfícies irregulares, elaborado conforme metodologia desenvolvida pelo autor, como pode ser visto na fórmula: $V = \sum (A_1 + A_2 / 2 * L) + (A_2 + A_3 / 2 * L) + \dots$, (onde: $V =$ volume, $A =$ área e $L =$ distância lateral).

4.4 – Indicadores Físico-Químicos da Qualidade da Água

De acordo com a FEAM (1997), a caracterização da qualidade da água está ligada a diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos, os quais são oriundos da própria natureza ou foram antropicamente introduzidos. Os parâmetros são indicadores se a água está ou não contaminada seguindo a padrões pré-estabelecidos para seus diversos usos.

Foram escolhidos sete indicadores físico-químicos para a análise de contaminação, dois físicos: Cor aparente (mg Pt / l) e Temperatura (°C) e quatro de natureza química: Dureza Cálcica (mg / L); Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg O₂ / L); Oxigênio Dissolvido (mg O₂ / L); Ph; Dureza Magnésica (mg /L).

Segundo a classificação dos parâmetros da Resolução CONAMA nº 20 (1986) os indicadores escolhidos são caracterizados da seguinte forma:

“1 – Cor: resulta da existência, na água, de substâncias em solução; pode ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos;”

“2 – Temperatura: medida da intensidade de calor; é um parâmetro importante, pois, influi em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), com reflexos sobre a vida aquática;”

“3 – pH (potencial hidrogeniônico): representa o equilíbrio entre íons H⁺ e íons OH⁻, varia de 7 a 14; indica se uma água é ácida (pH inferior a 7), neutra (pH igual a 7) ou alcalina (pH maior do que 7); o pH da água depende de sua origem e características naturais, mas pode ser alterado pela introdução de resíduos; pH baixo torna a água corrosiva; águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações; a vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9.”

“4 – Dureza: resulta da presença, principalmente, de sais alcalinos terrosos (cálcio e magnésio), ou de outros metais bivalentes, em menor intensidade, em teores elevados; causa sabor desagradável e efeitos laxativos; reduz a formação da espuma do sabão, aumentando o seu consumo; provoca incrustações nas tubulações e caldeiras. Classificação das águas, em termos de dureza (em CaCO₃): Menor que 50 mg/l CaCO₃ – água mole; Entre 50 e 150 mg/l CaCO₃ – água com dureza moderada; Entre 150 e 300 mg/l CaCO₃ – água dura; Maior que 300 mg/l CaCO₃ – água muito dura.”

“5 – Oxigênio Dissolvido: é indispensável aos organismos aeróbios; a água, em condições normais, contém oxigênio dissolvido, cujo teor de saturação depende da altitude e da temperatura; águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica por bactérias aeróbias é, geralmente, acompanhada pelo consumo e redução do oxigênio dissolvido da água; dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores muito baixos, ou zero, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios.”

“6 – A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): é a quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica por ação de bactérias aeróbias. Representa, portanto, a quantidade de oxigênio que seria necessário fornecer às bactérias aeróbias, para consumirem a matéria orgânica presente em um líquido (água ou esgoto). A DBO é determinada em laboratório, observando-se o oxigênio consumido em amostras do líquido, durante 5 dias, à temperatura de 20°C. “

Os padrões de qualidade da água variam para cada tipo de uso. Por isso, os parâmetros de potabilidade para o abastecimento humano são diferentes das águas destinadas a recreação, e estes, por sua vez, não são iguais aos estabelecidos para a água de irrigação ou para uso nas indústrias, sendo que estas últimas dependem do tipo de produtos que fabricam para determinar uma maior ou menor qualidade da água.

Existem 4 Classes de classificação dos cursos d' água de acordo com seus usos conforme Quadro 2 do COPAM (1986):

Quadro 2 - Classificação dos Cursos d'água (COPAM nº 10/86)

Uso Preponderante da Água	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Abastecimento doméstico, sem prévia ou com simples desinfecção	X				
Abastecimento doméstico, após tratamento simplificado		X			
Abastecimento doméstico, após tratamento convencional			X	X	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X				
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho)		X	X		
Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película		X			
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas			X		
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras				X	
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.		X			
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.			X		
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X
Usos menos exigentes					X

Fonte: COPAM nº 10/1986 – Organização: ALVES, R.R. (2005)

5 – Localização da Área de Estudo

A voçoroca se localiza, no município de Uberlândia, Triângulo Mineiro, nas coordenadas 788237-7903448 UTM (Zona 22) e foi escolhida por se tratar de uma evolução desencadeada por ações antrópicas. A localização da região e do

município de Uberlândia e ainda da bacia hidrográfica do Córrego Lagoinha juntamente com a voçoroca estão representadas na Figura 4.

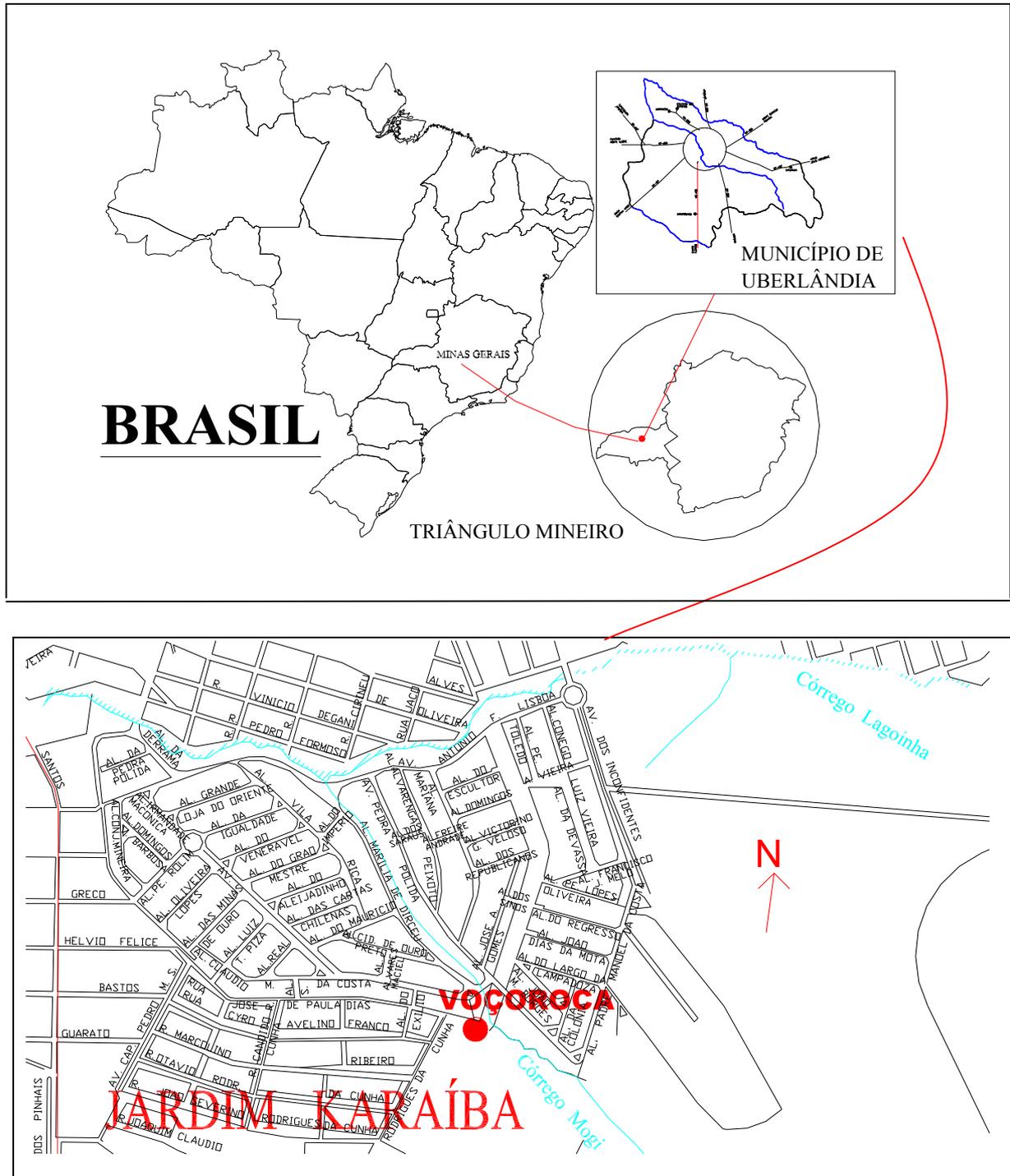


Figura 4 - Localização do Município de Uberlândia e da Área de Monitoramento da Voçoroca (Bairro e Bacia Hidrográfica) - Organizador: Roberto Reis Alves - 2003

6 - Metodologia da Pesquisa

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram feitos vários levantamentos bibliográficos que nortearam a fase inicial da escolha da temática e da área de estudo. Como se trata do acompanhamento (monitoramento) da evolução de voçoroca, adotou-se uma escala que vai de cm^2 a m^2 em função do tamanho da área dentro da micro-bacia. A partir dessa escolha da área de estudo e após adotar uma metodologia própria foi possível o exercício do levantamento primário de dados, os quais dependeram de vários trabalhos de campo.

Com relação aos levantamentos mais detalhados foram feitas tradagens para uma melhor compreensão da estruturação dos solos na vertente em questão, além de levantamento de uso do solo e pluviométrico, sendo os dados do último fornecidos pelo Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. As coletas de solo foram analisadas no LAGES (Laboratório de Geomorfologia e Erosão do Solos da Universidade Federal de Uberlândia) e água coletada foi analisada no Laboratório de Efluentes e Resíduos Industriais do SENAI de Uberlândia.

Mesmo tendo como principal eixo os dados primários, as consultas aos dados secundários foram uma constante durante toda a pesquisa. Um outro tipo de análise dos dados coletados foi o tratamento estatístico-morfométrico das informações, o que permitiu uma visão completa e detalhada da dinâmica erosiva local ao longo de 26 meses de monitoramento com a modelagem do relevo na forma de gráficos de perfilagens, média, desvio padrão, entre outros tipos de análise morfométrica.

6.1 - Recursos Materiais

Os materiais utilizado para o desenvolvimento da pesquisa foram:

- 1 – Câmeras Fotográficas: Mitsuca BF-678 e posteriormente Máquina Digital Panasonic E-3000;
- 2 – Corda subdividida por cores em intervalos de 20cm;
- 3 – Régua retrátil de metalon;
- 4 – Trena de 5 metros e 50m;
- 5 – Armadilha de coleta de sedimentos de folha de zinco;
- 6 – Vertedouro de folha de zinco;
- 7 – Sistema de Posicionamento Global (G. P.S.);
- 8 – Funil de plástico;
- 9 – Filtro de papel;
- 10 – Proveta;
- 11 – Peneiras;
- 12 – Balança de precisão;
- 13 – Garrafas PET;
- 14 – Estacas de demarcação dos três perfis e cabeceira;
- 15 – Trado holandês;
- 16 – Faca;
- 17 – Carta de Münsell;
- 18 – Caderneta de Campo;
- 19 – Pá;
- 20 – Sacos plásticos;

- 21 – Garrafas plásticas para coleta de amostras de água;
- 22 – Termômetro;
- 23 – Mangueira transparente;
- 24 – Fotografias aéreas;
- 25 – Cartas topográficas;
- 26 – Base Cartográfica cedida pela Prefeitura Municipal de Uberlândia;
- 27 – Cronômetro;
- 28 – Software Excel e AutoCAD 14;

Para as análises laboratoriais de granulometria foram usados os seguintes materiais do Laboratório de Geomorfologia Erosão dos Solos (LAGES): pratos plásticos para secagem das amostras, destorroador de solo, peneiras de malhas de 2mm; 0,210mm e 0,053mm, pincel, cápsula de porcelana (cadinho), balança de precisão, água destilada, solução de NaOH, béqueres, pipeta graduada, piceta, funil de vidro, suporte do funil, agitador mecânico, mufla, bastão de vidro e cronômetro

6.2 - Procedimentos Técnicos-Operacionais

Em todos os trabalhos de campo foram feitas anotações sobre as condições do relevo, foram tiradas fotografias do local, permitindo visualizar claramente a evolução da voçoroca. Além disso, foram feitas várias observações visuais e anotações de campo que nos possibilitou enriquecer o trabalho. Desde o princípio da pesquisa o objetivo estava centrado em fazer um acompanhamento da evolução de processo erosivo em área urbana na Bacia do Córrego Lagoinha, então vieram

os questionamentos, onde montar as estações, qual metodologia adotar e quais procedimentos técnicos seriam os mais indicados para o monitoramento e mensuração da voçoroca nesta área, conforme citado na justificativa.

A principal dificuldade foi estabelecer uma forma de medição que pudesse nos fornecer uma base confiável de dados, e outra dificuldade foi estabelecer o período em que seriam feitas as medições, pois até então não se tinha conhecimento sobre experimentos semelhantes. Primeiramente, fizemos um reconhecimento da área por meio de trabalho de campo e após observações, escolhemos o melhor ponto para estabelecer a estação de medição e monitoramento. Cabe salientar que trabalhos de campo foram uma constante ao longo de toda a pesquisa.

Feito isto, optamos por uma vertente que chama a atenção por apresentar edificações em parte de um campo hidromórfico, e após a mudança do talvegue de uma nascente, acentuou-se o processo erosivo na área, o que a primeira vista parecia ser potencializado nos períodos de chuva. O local oferecia uma gama de perguntas que somente a partir de um monitoramento por determinado período (02/02/2002 à 29/04/2004), se entenderia em parte a evolução do processo erosivo.

Num segundo momento, a questão a ser resolvida era como montar uma estação de medição no local. Após revisão bibliográfica, optamos pelas adaptações de alguns experimentos e a criação de instrumentos próprios, que oferecessem facilidade e permitisse alcançar os resultados desejados. Ao longo da pesquisa foi necessário fazer algumas adaptações ao equipamento.

Para realizar às medições estabelecemos um critério para as condições físicas do local, adotando o monitoramento em três seções transversais (Montante; Intermediário; Jusante/Foz – Figura 5) e para a escala temporal de intervalos de coleta de dados, foram monitorados numa média de 15 em 15 dias, iniciados em fevereiro/2002, no final do período chuvoso até abril de 2004, completando um ciclo de 26 meses. A técnica de monitoramento consiste na medição do avanço lateral e de profundidade da voçoroca, por meio do estaqueamento em nível estabelecida com mangueira transparente com água, sendo que as estacas foram dispostas nas duas margens da microbacia.

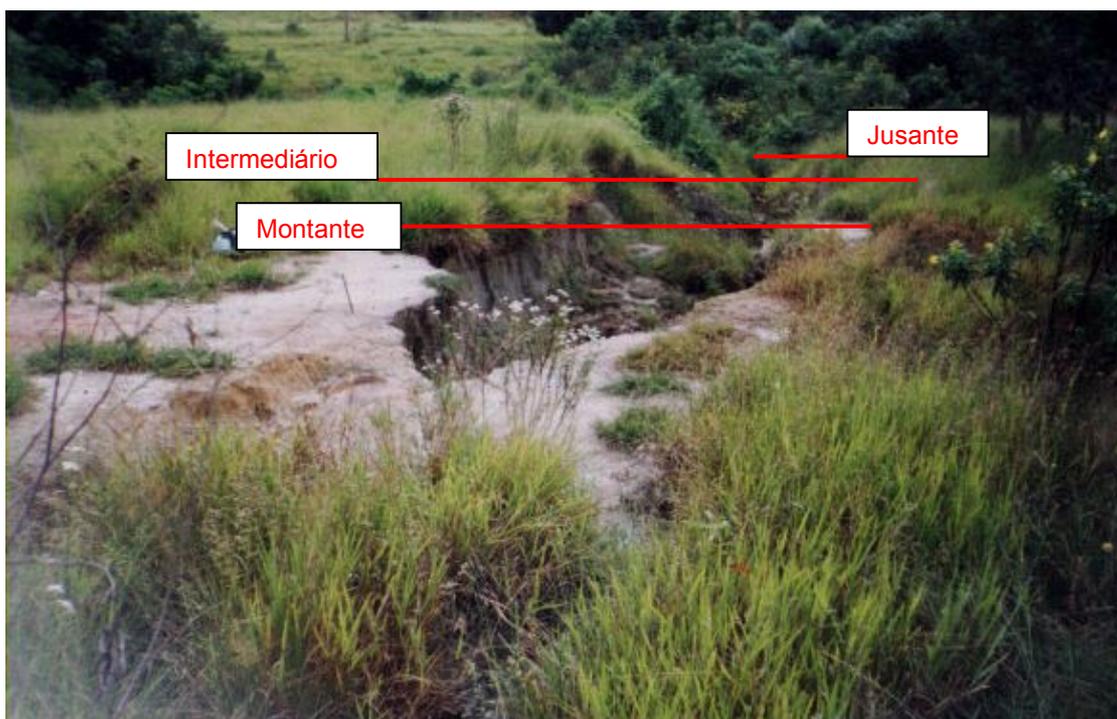


Figura 5 – Ilustra aproximadamente as três seções transversais de monitoramento ao longo do canal da voçoroca (Roberto R. Alves – 11/04/2003)

As medições foram feitas, com uma corda subdividida em intervalos de 20cm, com cores diferenciadas amarradas junto às estacas, sendo assim subdividida para permitir o deslocamento de uma régua retrátil de metalon (5m) projetada pelos pesquisadores (Roberto Reis Alves e Ricardo Reis Alves), com uma trena de 5m fixada ao longo da mesma (Figura 6). Ainda como recurso da pesquisa, também foram feitas fotos do local em vários momentos, o que permitiu traçar fotos-comparações na evolução da voçoroca.



Figura 6 – Mostra a utilização do equipamento de medição das seções transversais. Autor: Roberto R. Alves – 06/2002

Além do monitoramento por perfilagem ainda estão sendo coletados dados da cabeceira da voçoroca por meio do estaqueamento. Foram instaladas 6 estacas, a uma distância inicial de 2,00 m da borda em linha reta medida com trena de 5m de 3 em 3 meses.

A área de estudo envolve a presença de um pequeno canal com água permanente ao longo do ano com variações na vazão na época da seca e nos eventos chuvosos, por isso o carreamento de sedimentos também é permanente, variando de acordo com a sazonalidade, sendo mais intensos nos picos de chuva.

Os dados coletados foram colocados em ficha de campo (Anexo I) e posteriormente as informações foram armazenadas em uma planilha no software Excel, e a partir deles pode-se formar tabelas, gráficos, fazer médias, desvio padrão, entre outros. Usando o software Auto CAD R14 foi possível a visualização do avanço do processo erosivo, do cálculo da área, do perímetro e do volume e com isso compreender a dinâmica do processo.

Entre os meses de outubro e dezembro de 2003, ocorreram problemas com o equipamento, como quebra das estacas por pisoteio do gado, nos meses secos as queimadas atingiram as estacas, dentre outras ações antrópicas que foram obstáculos durante a pesquisa e ainda houve quebra da régua de medição, a qual, era feita de alumínio e pouco resistente, o que provocou atrasos nas medições.

Este estudo foi desenvolvido dentro da metodologia disposta no fluxograma, indicado na Figura 7:

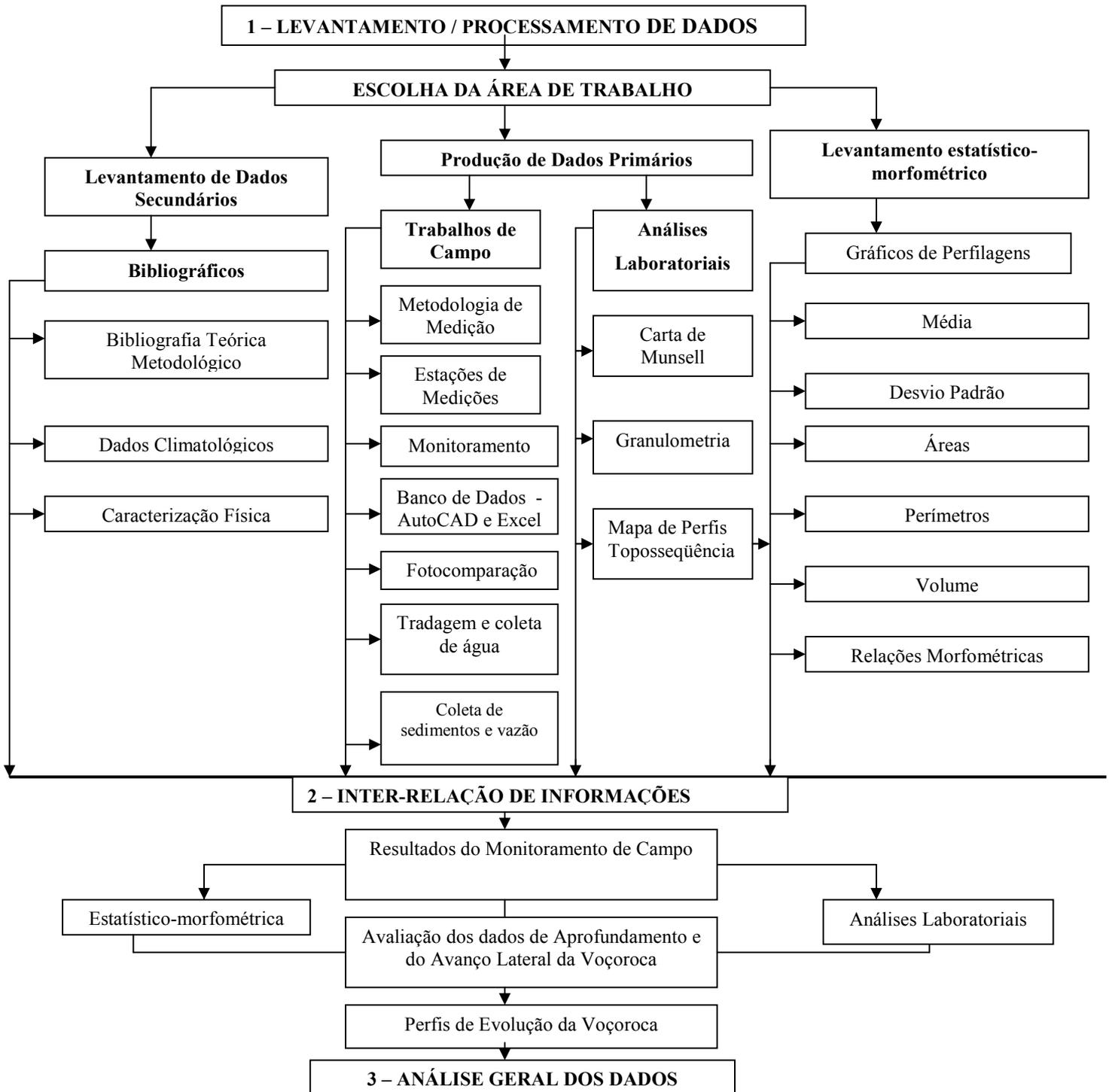


Figura 7 - Procedimentos Operacionais durante a pesquisa
 Fonte: Adaptado de Rodrigues (1998) - Organizador: Roberto Reis Alves – julho 2003

7 - Caracterização Físico-Geográfica da Área de Estudo

7.1 – Caracterização Física da Área de Estudo

7.1.1– Geologia

De acordo com Nishyama (1989), o Triângulo Mineiro está localizado quase que totalmente dentro da Bacia Sedimentar do Paraná, sendo que a litologia local é composta por formações de idades Mesozóicas e Cenozóicas correspondendo aos arenitos do Grupo Bauru (Formação Marília e Adamantina), basaltos da Formação Serra Geral e os arenitos da Formação Botucatu. Na região em questão afloram também rochas de litologias do Pré-Cambriano, o embasamento cristalino às margens do rio Araguari, sendo representadas pelos migmatitos, gnaisses e granitos do Complexo Goiano.

A área de monitoramento da voçoroca está inserida na bacia hidrográfica do Córrego Lagoinha, tem sua litologia composta por Arenitos da Formação Marília, Cobertura Detrito Laterítica e Basaltos da Formação Serra Geral. Contudo, boa parte dessas rochas se encontram recobertas por sedimentos do cenozóico. A maior parte da bacia é formada sobre arenitos da Formação Marília que se estende desde as principais nascentes do córrego Lagoinha até o início de seu baixo curso.

O outro tipo de rocha que compõe a litologia da bacia é o Basalto da Formação Serra Geral, os quais afloram na região do baixo curso do córrego, principalmente no fundo do canal do córrego Lagoinha e também em parte do fundo do canal do córrego Mogi. Apesar de existirem esses afloramentos, o basalto

encontra-se quase que totalmente recoberto por sedimentos cenozóicos, e também por sedimentos recentes provenientes do médio e alto curso do córrego Lagoinha. O baixo curso do córrego por ser constituído de rocha basáltica proveniente de derrames diferentes, e tanto o córrego Lagoinha quanto o Mogi passam a apresentar sucessivas quedas d'água.

7.1.2 – Geomorfologia

De acordo do Baccaro (1991), o Triângulo Mineiro está localizado na Morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e nas unidades Morfoesculturais de planaltos. As unidades morfológicas, ou seja, os padrões de formas semelhantes encontrados na região são principalmente os padrões em forma de colinas, sendo que aparecem também os padrões de formas tabulares, constituindo o principal interflúvio entre as bacias dos rios Grande (ao sul) e Paranaíba (a oeste e ao norte).

Baccaro (1991), observa que os tipos de formas de relevo predominantes são as colinas com associações a algumas planícies fluviais, tendo como vertente predominante as do tipo convexa, que aparecem associadas a uma menor quantidade de vertentes côncavas, denominando-as de Áreas de Relevos Medianamente Dissecados.

Baccaro *et al.* (2001), desenvolveu um trabalho sobre unidades geomorfoestrutural no Triângulo Mineiro, identificando novas unidades geomorfológicas na região, a saber são: Planalto Dissecado dos Rios Grande-Paranaíba, Planalto Tabular, *Canyon* do Araguari, Planalto Dissecado do Tijuco,

Planalto Residual e Planalto Dissecado do Paranaíba. Todo esse conjunto associado está inserido na Morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná, com exceção do Planalto Dissecado do Paranaíba, o qual faz parte de outra unidade morfoestrutural, formadas por rochas do Grupo Araxá (gnaisses, migmatitos, micaxistos, granitos etc) e também por rochas do Complexo Basal.

O Projeto Radam Brasil (1982) coloca o município de Uberlândia situado no domínio dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, formados por subunidades das chapadas sedimentares do Triângulo Mineiro, com forma predominante de relevo tabular, levemente ondulado, variando a altitude entre 650 e 900m.

Com relação ao relevo na área de monitoramento observa-se que as colinas são as formas de relevo predominantes, apresentando em maior quantidade as vertentes convexas, as quais aparecem associadas às vertentes côncavas. Por último, vale a pena caracterizar também o fundo do vale, o qual normalmente se apresenta plano ou aberto com aluvião. Como já foi dito muita das formas originais do relevo já foram alteradas pela ação antrópica.

Quando se analisa o relevo, não pode ser esquecida a questão do índice de declividade de uma determinada área, pois esse índice contribui para que se determine a condição do escoamento superficial, entre outros processos influenciando diretamente, por exemplo, na velocidade de escoamento. Na área da bacia as declividades variam desde índices baixos (2%), o que contribui para determinar um escoamento com velocidade baixa, até índices relativamente altos para a região, entre 12% e 16% como na área da voçoroca, o que contribui para determinar um escoamento com alta velocidade.

Nos locais em que o índice de declividade é alto, associado à ocupação humana que contribui para a impermeabilização do solo, é onde se percebe a maior intensidade do escoamento superficial, que em algumas horas de chuvas concentradas pode ser responsável por uma remodelação drástica das formas de relevo inseridas nas paisagens urbanas. Em específico no local onde se localiza a voçoroca, no Bairro Karaíba, tem-se a seguinte feição física: situa-se em uma área de relevo dissecado e de topo plano, com altitude de 857 metros em média.

Os processos geomorfológicos recentes na bacia hidrográfica são facilmente percebidos, tanto no alto, como no médio e baixo curso do córrego Lagoinha. É possível observar processos de ravinamento em constante progressão, conseqüentes assoreamentos, solapamentos das margens do córrego, voçorocas, os quais são passíveis de um estudo mais aprofundado através de um acompanhamento periódico (monitoramento).

7.1.3 – Solos

De acordo com um levantamento de solos feito pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), o município de Uberlândia apresenta um maior percentual em área do tipo Latossolo Vermelho-escuro e Latossolo Vermelho-amarelo ambos distróficos ou álicos nas áreas correspondentes às chapadas.

Os solos de maior fertilidade como por exemplo o Latossolo Roxo, aparecem nas vertentes e interflúvios do baixo curso do Rio Uberabinha e nas médias e altas

bacias dos afluentes do Rio Araguari. Já os solos Podzólico Vermelho-amarelo, estão localizados próximo ao fundo de vale do Rio Araguari e afluentes.

Nos fundos dos relevos mais suaves geralmente tem-se a ocorrência de veredas sendo ponto de afloramento do lençol freático ocorrendo as nascentes de vários córregos da região, apresentando um grande acúmulo de material orgânico, o que dá a cor escura ao solo, ocorrendo, portanto, os chamados solos hidromórficos.

Na Bacia do Córrego Lagoinha a maior parte dos solos são do tipo Latossolo Vermelho-escuro, porém, apresenta próximo a confluência com o Córrego Mogi um tipo de solo com formação mais recente e menos intemperizado, originando o Cambissolo proveniente do afloramento basáltico. Nas margens do Córrego Lagoinha e atingindo muitas vezes a meia encosta aparecem os solos hidromórficos que apresentam como principais características, o grande acúmulo de material orgânico e umidade originando solos com tons escuros ou acinzentados. Este tipo de solo ocorre ao longo de boa parte do leito, variando somente sua largura.

Ainda para se compreender um pouco melhor a dinâmica do relevo local, estabelecendo inter-relações com o processo erosivo em estudo, foram feitas tradagens ao longo da vertente, as quais estão mais detalhadas no sub-tópico 6.2. Porém, foi feita uma seqüência de coleta de amostras de solo em diversos pontos da Bacia do Córrego Lagoinha. Contudo, merecem destaque as amostras colhidas no médio curso do mesmo próximo ao parque de exposição agropecuária, as quais foram analisada pelo LAGES no Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Em estudo prévio a respeito dos solos da Bacia do Córrego Lagoinha, Alves & Reis (2001), indicou a presença de solos variando de argila arenosa a franco-argilo-arenoso, conforme Quadro 3 e Figura 06:

Quadro 3 – Análise Granulométrica de solo na Média Bacia do Córrego Lagoinha

Amostra		Profundidade	Argila	Silte	Areia Grossa	Areia Fina	Areia Total	TOTAL
Lab.	Campo	Cm	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	P01	120	40,96	1,74	19,20	38,10	57,30	100,00
2	P02 A1	50	40,80	2,20	22,60	34,40	57,00	100,00
3	P02 A2	100	44,49	1,86	21,45	32,20	53,65	100,00
4	P03 A1	40	41,38	2,62	20,50	35,50	56,00	100,00
5	P03 A2	100	42,20	3,00	20,00	34,80	54,80	100,00
6	P04 A1	30	33,28	5,62	35,70	25,40	61,10	100,00
7	P04 A2	120	39,97	1,38	27,85	30,80	58,65	100,00
8	P04 A3	180	42,95	2,00	26,25	28,80	55,05	100,00
9	P04 A4	270	51,08	3,22	31,95	13,75	45,70	100,00
10	P05	200	48,32	2,43	28,25	21,00	49,25	100,00

Amostras Analisadas no Laboratório de Geomorfologia do Instituto de Geografia - U.F.U. - Julho 2001

Organizador: Alves, Roberto Reis (2001)

As amostras foram colhidas próximas ao Parque de Exposição da cidade de Uberlândia (Camaru) em perfil transversal, caminhando da margem esquerda para direita (Figura 8).

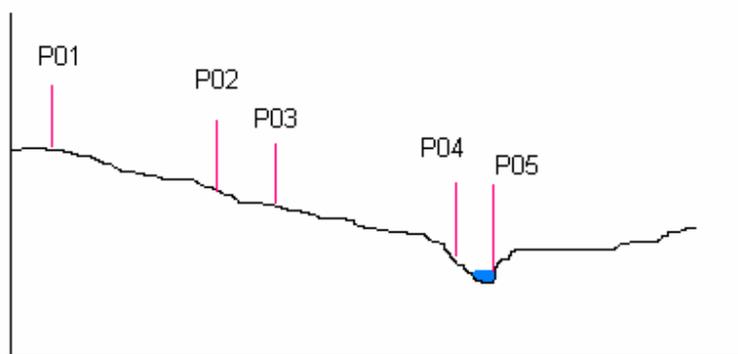


Figura 8 – Perfil transversal do Médio Córrego Lagoinha, está disposto do sentido SW (P01) para o NW (P05) com escala aproximada de 1: 3000. (Roberto R. Alves – Out/01)

7.1.4 - Clima

Segundo a classificação de Köpper, o clima predominante no Triângulo Mineiro é o Cw, tipo tropical semi-úmido, com temperatura média de 23°C, que se caracteriza por apresentar, seis meses secos e com temperaturas amenas (inverno - abril a setembro) e os outros seis meses, quentes e chuvosos (verão - outubro a março). De acordo com Mendes (2001), o Triângulo Mineiro apresenta média pluviométrica anual entre 1300 e 1700mm.

De acordo com Magnago et al (1983), o período seco é influenciado pelo avanço da zona anticlinal em direção ao interior, as massas Equatorial Atlântica (mEa) e a Tropical Atlântica (mTa), com características de estabilidade, repulsa, a Frente Intertropical (FIT) empurrando-a em direção a linha do Equador, provocando a queda excessiva das precipitações no Triângulo Mineiro. Nessa época mesmo com a influencia da Frente Polar, a queda da umidade e estabilidade formada pela massa Tropical não permite a formação de nuvens e conseqüentemente impede a ocorrência das chuvas, por isso, tem-se um período de seis meses de estiagem.

Nos seis meses úmidos, a dinâmica atmosférica do Triângulo Mineiro é influenciada pelos sistemas tropicais e equatoriais, e ainda recebe influência das massas polares provenientes do sul do Brasil, que provocam chuvas e quedas na temperatura. No verão, a massa equatorial continental (mEc) quente e úmida, com instabilidade convectiva, se desloca para as áreas de baixas pressões resultando no aquecimento, da região central do país.

Associado a esse sistema de dinâmica atmosférica, quando há a entrada dos alísios de nordeste, dá origem a Frente Intertropical (FIT) que provoca as grandes

pancadas de chuvas (EMBRAPA, 1982). Nesse, período em que as chuvas são mais concentradas é quando geralmente elas provocam maiores transtornos ao Homem e também traz diversos problemas para o próprio meio ambiente.

7.1.5 - Vegetação

O cerrado é um domínio vegetal nativo do Brasil Central, porém ocorrem manchas desta vegetação em diversas regiões do país. O cerrado ocupava cerca de um quarto do território brasileiro, sendo ultrapassado somente pela Floresta Amazônica. Dentro do Cerrado é possível encontrar e separar fitofisionomias.

De acordo com Coutinho (2002), com a Ong A Última Arca de Noé: Ecossistemas Brasileiros (2001) e com a WWF-Brasil (2002) o Cerradão apresenta espécies com vegetação exuberante, considerada um tipo de formação florestal, com fechamento do dossel de 70%, em média, com espécies arbóreas de 15 m; O Cerrado Típico ou *Stricto Senso* com formação savânica que têm como característica de destaque uma camada arbórea descontínua menor que o anterior, atingindo 8 m de altura; Campo Cerrado forma intermediária de vegetação entre o cerrado típico e o campo sujo, as árvores são bem espalhadas, ocorrem estratos herbáceos e gramíneas ao mesmo tempo; Campo Sujo possui pequenas árvores e arbusto, os quais geralmente se concentram em ilhas de vegetação; Campo limpo formado por gramíneas; A Mata Mesofítica dos fundos de vale ou encostas, formado por árvores de maior porte; a Mata de Galeria que ocorre ao longo dos rios; e a

vegetação típica de áreas de veredas sendo o principal representante o buriti (*Mauritia flexuosa*).

Além dessa espécie colocada anteriormente destacam-se inúmeras, tais como: Aroeira-vermelha (*Astronium fraxinifolium*); Candeia (*Gochnatia polymorpha*); Embiruçu (*Eriotheca pubescens*); Fruta-de-ema (*Couepia grandiflora*); Guatambu (*Aspidosperma macrocarpon*); Ipê-branco-do-brejo (*Tabebuia serratifolia*); Lixeira (*Curatella americana*); Pimenta-de-macaco (*Xylopia aromatica*); Piqui (*Caryocar brasiliense*);

Os domínios do cerrado, segundo o mapa Galileu (2000) da WWF – Brasil, cobre 23% do território nacional. Apesar dessa expressividade, o cerrado nunca teve a devida proteção que merece, e com isso, principalmente depois do avanço da fronteira agrícola, o cerrado passou por um intenso processo de desmatamento para a instalação de grandes plantações e de pastagens, restando poucas áreas de vegetação natural.

Atualmente, na região do Triângulo Mineiro, encontram-se poucos resquícios da vegetação de cerrado, sendo que, o que resta, está quase sempre concentrado próximo aos cursos de água (Mata Mesofítica) e nas áreas que os fazendeiros são obrigados a preservar em suas fazendas seguindo as leis ambientais vigentes no Estado de Minas Gerais e no país.

A área de estudo apresenta vegetação típica de veredas das chapadas do Brasil Central. Existe no local espécies gramíneas ornamentais típicas de solos hidromórficos (Gleysolos), apresentando ao longo dos cursos d'água vegetação mais densa de maior porte, apesar de degradada, percebe-se a presença de imbaúba (*Cecropia spp*), mama-de-porca (*Fagara acrean*), sangra-d'água (*Cróton*

urucurana), barbatimão (*Stryphnodendron rotundifolium* Mart.), açoita cavalo (*Luhea Speciosa*), pimenta-de-macaco (*Xylopia aromática*), muricis (*Byrsonima verbascifolia*) apresentando ainda a palmeira característica das veredas o buritizeiro (*Mauritia flexuosa*) entre outros.

8 - Análises dos Resultados

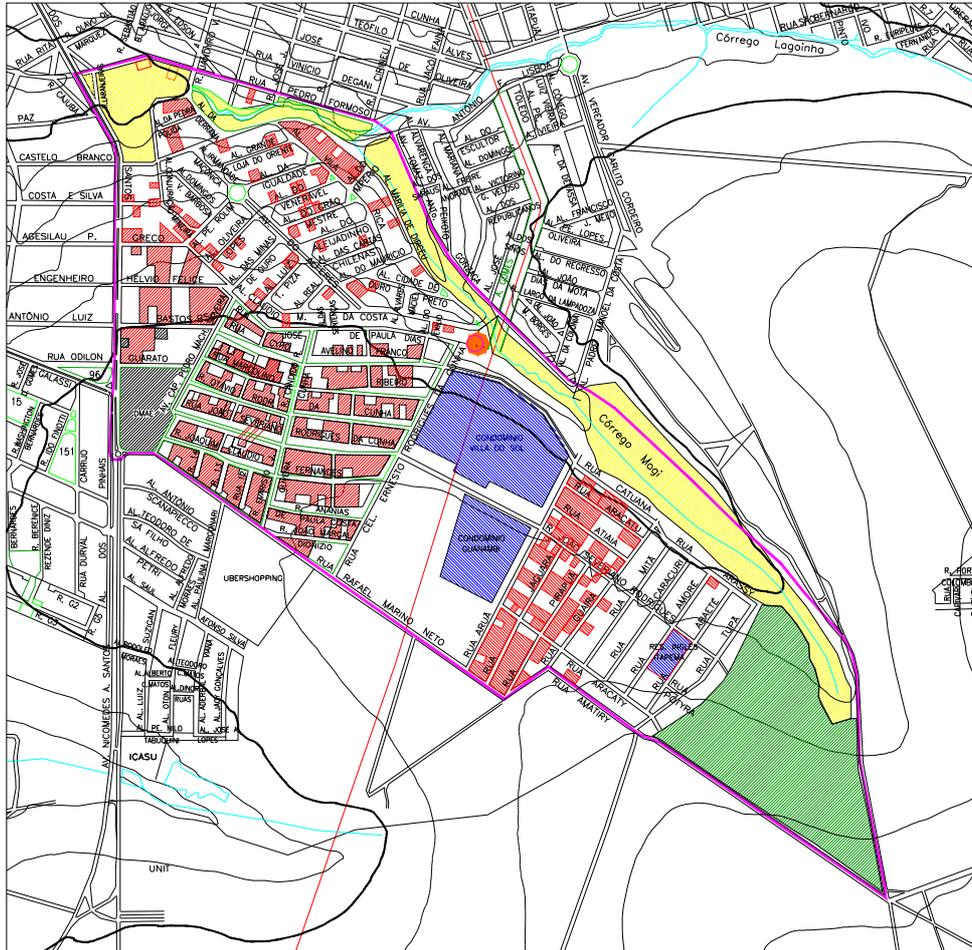
8.1 - Descrição da área da voçoroca: uso e ocupação do solo

A área de estudo localiza-se nas proximidades do cruzamento das ruas José de Paula Dias com Coronel Ernesto Rodrigues Cunha onde existe uma nascente, afluente do Córrego Mogi. Devido a toda ocupação desordenada da área, em função de um mal planejamento, deu-se início a um forte processo erosivo que já alcançou níveis muito acelerados, atingindo o lençol freático e caracterizando uma voçoroca. Esta parte do bairro apresenta relevo com forma relativamente inclinada por se tratar de fundo de vale. Além disso, os solos são arenosos, ácidos e pouco coesivos, com presença de turfeiras, e existe na alta vertente uma forte influência hidromórfica.

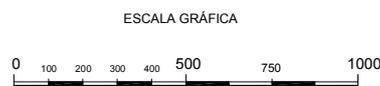
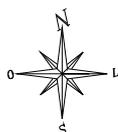
Ao longo do canal do córrego, formou-se uma queda d'água que catalisou a força de desgaste da água, facilitando ainda mais o desencadeamento do processo erosivo e configurando no local uma voçoroca com anfiteatro ovóide, com paredes íngremes na parte superior e um estreitamento do canal à jusante.

A Figura 09 - Uso e Ocupação do Solo da Área de Entorno da Voçoroca e também a Figura 10 - Cobertura Vegetal da Área de Entorno da Voçoroca, a seguir, tem-se a atual configuração de uma parte do bairro Karaíba, exatamente nas proximidades da área de estudo. Nota-se o avanço das edificações sobre as áreas que deveriam ser de preservação permanente e a infra-estrutura criada para suporte da população residente do local potencializa os problemas, por exemplo, a impermeabilização do solo, a conexão de tubulações de escoamento de água pluvial diretamente sobre o leito das nascentes e córregos entre outros fatores que aumentam e aceleram ainda mais a degradação ambiental.

Figura 09 - Uso do Solo na Área de Entorno da Voçoroca

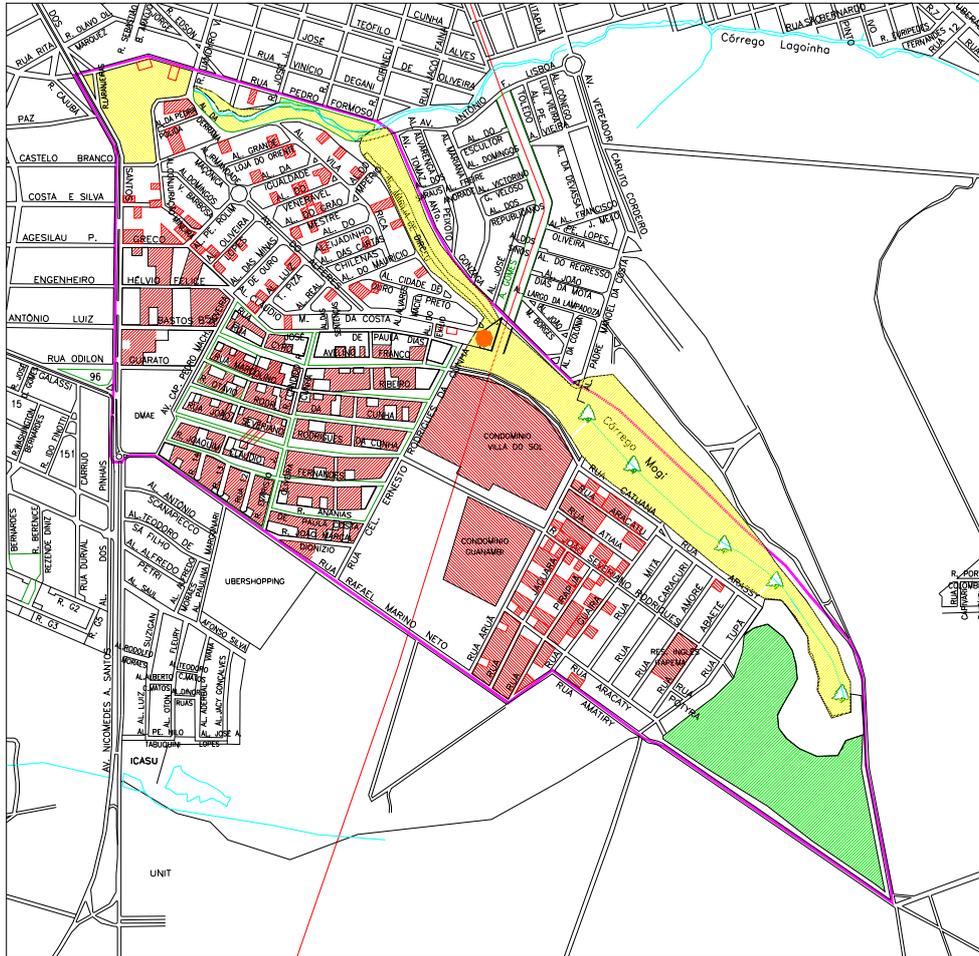


LEGENDA			
	Lote Vago		Área de Preservação Permanente
	Área Urbanizada		Condomínio Fechado
	Área não-loteada		VOÇOROCA
	Área Institucional		



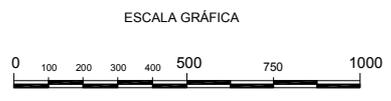
TÍTULO	
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	
DATA	AUTOR
18/08/2002	MARCO GENARO
ESCALA	FONTE
1:15.000	Base Cartográfica Digital do Perímetro Urbano de Uberlândia - MG - PMU

Figura 10 - Cobertura Vegetal na Área de Entorno da Voçoroca



LEGENDA

Veredas e Áreas Úmidas	Sem Cobertura
Cerrado Preservado	Mata Galeria
Cerrado Degradado	VOÇOROCA



TÍTULO	
COBERTURA VEGETAL	
DATA	AUTOR
18/08/2002	MARCO GENARO
ESCALA	FONTE
1:15.000	Base Cartográfica Digital do Perímetro Urbano de Uberlândia - MG - PMU

De acordo com Alves (2001) com a construção das edificações, houve a concentração das águas que antes corriam em direção ao nível de base, ou seja, em condições de relevo normal, e com a modificação para um talvegue perpendicular, alterando seu curso natural houve o desencadeamento e acentuamento da dinâmica erosiva na voçoroca. O leito desse afluente do Mogi foi desviado para correr sobre uma canalização aberta de concreto, cujo fluxo de água provém por baixo e pelos fundos das residências. Ressaltando que a Prefeitura realizou obras no local, fazendo somente uma caixa de coleta e estendendo a canalização por aproximadamente 100 m, aumentando a concentração das águas pluviais sobre o canal da voçoroca.

Ainda na área da voçoroca ocorre o aumento da energia cinética em função de um ponto de ruptura (*knickpoint*) na cabeceira da mesma a partir desse ponto no relevo forma-se erosão por quedas-d' água (*plunge pool erosion*), ou seja, o escoamento verte para dentro da voçoroca, turbilhonando e escavando próximo ao encachoeiramento, o que leva a queda de talude em alguns pontos localizados. Além da ocorrência de queda-d'água na área de estudo existe também com uma certa frequência o solapamento da base de taludes e o movimento de massa localizado.

A retirada da cobertura vegetal foi outro fator responsável pela aceleração do avanço da voçoroca, pois a estabilidade do sistema foi quebrada, tornando-o mais susceptível ao processo erosivo. Isso resultou em uma acentuação da energia da água trabalhando sobre o solo, pois na média vertente o fluxo passou a correr diretamente sobre o mesmo, elevando-se, portanto, seu poder de erosão. Esse é um dos principais fatores do avanço da voçoroca.

O monitoramento realizado na pesquisa indicou e pode comprovar por fotografias, diversas ações antrópicas em vários momentos, tais como: queimadas, aterros, canalização, pisoteio do gado entre outros, como o que pode ser visto na Figura 11 que ilustra o atual estado de degradação nas proximidades da área de estudo.



Figura 11 – Aterro sobre área hidromórfica, ao fundo os processos erosivos intensificados pelo pisoteio do gado. Autor: Roberto R. Alves – 23/03/2002.

A figura 12 registra o início do monitoramento na área da voçoroca, na qual pode-se observar uma grande quantidade de sedimentos depositados de diversas granulometrias e alguns solapamentos na base logo abaixo do encachoeiramento. As outras seqüências fotográficas ilustram os vários estágios evolutivos da voçoroca.



Figuras 12 – Processo erosivo no primeiro dia de monitoramento (02/02/2002) ainda pouco profundo e com avanço lateral inexpressivo, porém nota-se ravinamento nas paredes e um grande acúmulo de sedimentos dentro do corpo da voçoroca. Autor: Roberto Reis Alves – 02/02/2002

O avanço lateral nas paredes da voçoroca e o aprofundamento foram algumas das constatações feitas ao longo da pesquisa sobretudo nos momentos de chuvas intensas o que potencializava o desgaste erosivo, porém mesmo durante as épocas de seca, era facilmente percebido o ressecamento do solo, provocando fissuras nas argilas preparando para futuros solapamentos (Figuras 13, 14 e 15). Vale salientar ainda sobre as ações antrópicas que as mesmas provocaram

modificações nas paredes da voçoroca embora em pequenas proporções. Por exemplo, crianças de bairros mais carentes brincavam na área fazendo represas dentro do canal da voçoroca, escadas em suas paredes etc.



Figura 13 – Queda do talude intermediário na margem esquerda da voçoroca, uma das maiores modificações que ocorreu neste perfil, a queda ocorreu na noite do dia em que se fez a primeira medição. Autor: Roberto R. Alves – 23/04/2002



Figura 14 – Início do período chuvoso (outubro), ocorreram novas quedas no talude intermediário em função do solo estarem muito seco na estação anterior e que uma parte do material foi carreado. Nota-se ainda que a vegetação seca inicia sua regeneração. Autor: Roberto R. Alves – 08/10/2002



Figura 15 – Canal acima do Perfil de Montante com intemperismo físico atuando sobre as argilas no campo hidromórfico provocando fissuras nos taludes ao longo do canal, facilitando a atuação das águas no período de chuva quebrando a estrutura dos agregados – Autor: Roberto R. Alves – 17/07/2002

As Figuras 16, 17 e 18 mostram a evolução da cabeceira da voçoroca do início ao fim do período de monitoramento.



Figura 16, 17 e 18 – Da esquerda para direita percebe-se a evolução do canal da voçoroca com a erosão sendo ativada no período de chuvas (outubro/março. A primeira foto foi feita em outubro/2002, a segunda em abril/2003 e a terceira em abril/2004– Autor: Roberto R. Alves).

As figuras 19, 20 e 21 mostram como foi a evolução do corpo da voçoroca por foto-comparação do início do monitoramento 02/02/2002 até o encerramento do mesmo em 29/04/2004.



Figura 19 – A Imagem mostra o do início do trabalho de monitoramento Fevereiro/2002 –
Autor : Roberto R. Alves



Figura 20 – A Dinâmica evolutiva em Abril/2003 é facilmente percebida quando comparada a figura 17 - Autor : Roberto R. Alves



Figura 21 – Por último a figura ilustra a dinâmica evolutiva no período final de monitoramento em Abril/2004 - Autor : Roberto R. Alves

As Figuras 19, 20 e 21, ilustram a dinâmica do processo erosivo no período de 26 meses. Nas fotografias pode-se verificar tanto o aprofundamento quanto à queda das paredes da voçoroca desde o início do monitoramento (figura 19), quando choveu 218 mm do dia 02 ao dia 10.

No período de monitoramento no mês de dezembro 2002 registrou-se 532 mm de chuva, entre os dias 02/11 e 27/12/2002, o que provocou grandes mudanças no corpo da voçoroca. Cabe salientar que o intervalo maior deu-se em função dos problemas operacionais ocorridos. Em seguida (figura 20), entre 11/03 e 11/04/2003, os índices pluviométricos foram de 331,4mm, o que provocou um grande desmoronamento levando o encachoeiramento mais a montante. Por último, (figura 21), quando se encerrou o monitoramento (seções transversais) nos intervalos de medições entre os meses de janeiro e abril caiu 829,2 mm de chuvas provocando grandes transformações principalmente na cabeceira (dados trabalhados adiante) nas três seções transversais, sendo que a de montante foi a mais afetada.

8.2 – Toposseqüência na Área de Estudo

A vertente tem do seu ponto mais alto ao mais baixo 346 m de extensão e ao longo dela foram estabelecidos pontos estratégicos para a coleta das amostras. A vertente está representada em parte na Quadro 4. No total das 8 sondagens foram coletadas e identificadas as cores 105 amostras.

Das 105 selecionaram-se as mais representativas, por algum motivo mais importante como mudanças de cores, presença de seixos, carvão etc, totalizando 67 amostras para serem analisadas sua granulometria.

Durante o monitoramento foram feitas 8 tradagens (sondagens), na margem esquerda do Córrego Mogi, para compreender melhor a dinâmica erosiva do local a partir da análise granulométrica das amostras coletadas. O lugar escolhido para toposseqüência na vertente apresenta-se de acordo com a Figura 22.



Figura 22 – Parte da vertente onde foram feitas às sondagens. Autor: Roberto R. Alves – 10/02

Os pontos escolhidos foram assim distribuídos ao longo da vertente: o Ponto de Sondagem 1 (S1), foi o marco zero localiza-se nas coordenadas 788080-7903262; a Sondagem 2 (S2), era para ter sido feita a 173m de S1, porém em função da avenida foi feito um recuo de 13m para que não houvesse contaminação do solo por materiais usados na construção da mesma, localiza-se na metade da vertente nas coordenadas 788162-7903389; o Ponto da Sondagem 3 (S3) localiza-se nas coordenadas 788123-7903333, foi feito a 86,50 m de S1 na metade de S2; a Sondagem 4 (S4) foi realizada a 43,25 m de S1 localizada nas coordenadas 788100-7903303; o Ponto da Sondagem 5 (S5) deu-se a 116,75 m de S1, também com recuo de 13m em função da avenida, localiza-se nas coordenadas 788138-7903363; a Sondagem 6 (S6) foi realizada a 216,25 m de S1 num ponto de ruptura da vertente localizada nas coordenadas 788189-7903416; a Sondagem 7 (S7) foi feita dentro da voçoroca a 281,12 m de distância de S1; a Sondagem 8 (S8) foi realizada na planície de inundação do Córrego Mogi no último ponto a 346 m de S1 localizada nas coordenadas 788241-7903473.

Pode-se observar na Figura 24, no talude da Seção Transversal de Montante, da voçoroca ilustrando os materiais superficiais da parte mais baixa da vertente.

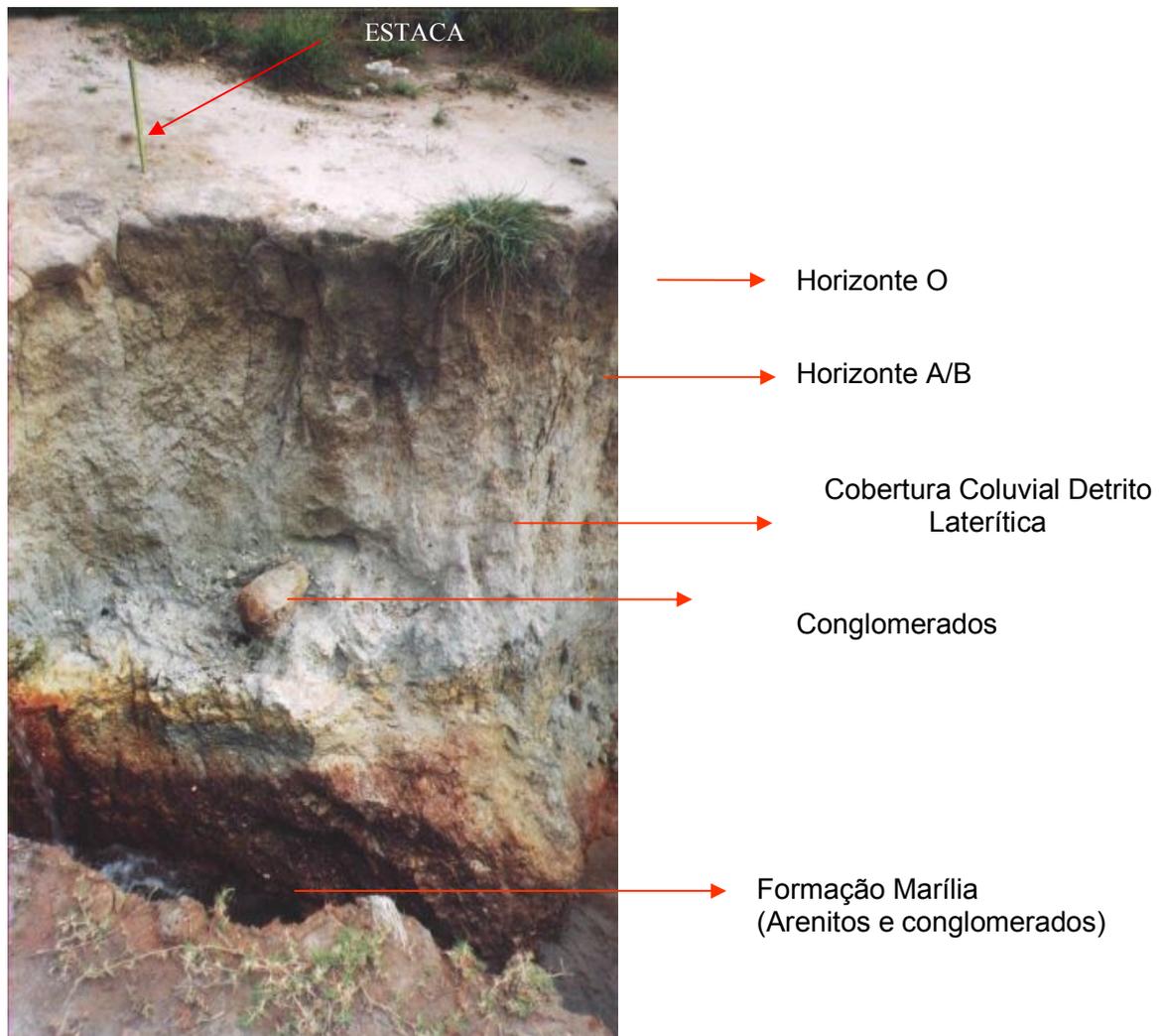


Figura 24 – Perfil Pedo-geológico da parte baixa da vertente. Autor: Roberto R. Alves – 03/03

Este perfil na data tinha 3,60 m, a estaca localizada acima na figura tem 30 cm, servindo como referência da profundidade no transecto de Montante. Nele percebe-se desde o horizonte mais superficial no qual nota-se a presença de matéria orgânica até o horizonte mais profundo, onde ainda se vê a rocha matriz (arenito), com alguns conglomerados, prova de transporte e deposição de material aluvial ou por colúvio sobre esta rocha.

8.3 – DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA DURANTE A PESQUISA

Na área onde está localizada a voçoroca, segundo dados do Laboratório de Climatologia e Recursos Naturais do Instituto de Geografia (Estação Meteorológica do Campus Santa Mônica - UFU), foi registrada pluviosidade total no período de 26 meses de monitoramento um acumulado de 3676,5 mm.

No primeiro ano os índices pluviométrico foram de 1799,30 mm e no último ano de monitoramento 1877,20 mm. Isto mostra num primeiro momento a sazonalidade regional e num segundo os picos chuvosos, mostra quando ocorre o aumento no escoamento superficial e conseqüentemente maiores modificações na geometria da voçoroca. Na Figura 25 temos a distribuição das chuvas ao longo dos meses de monitoramento.

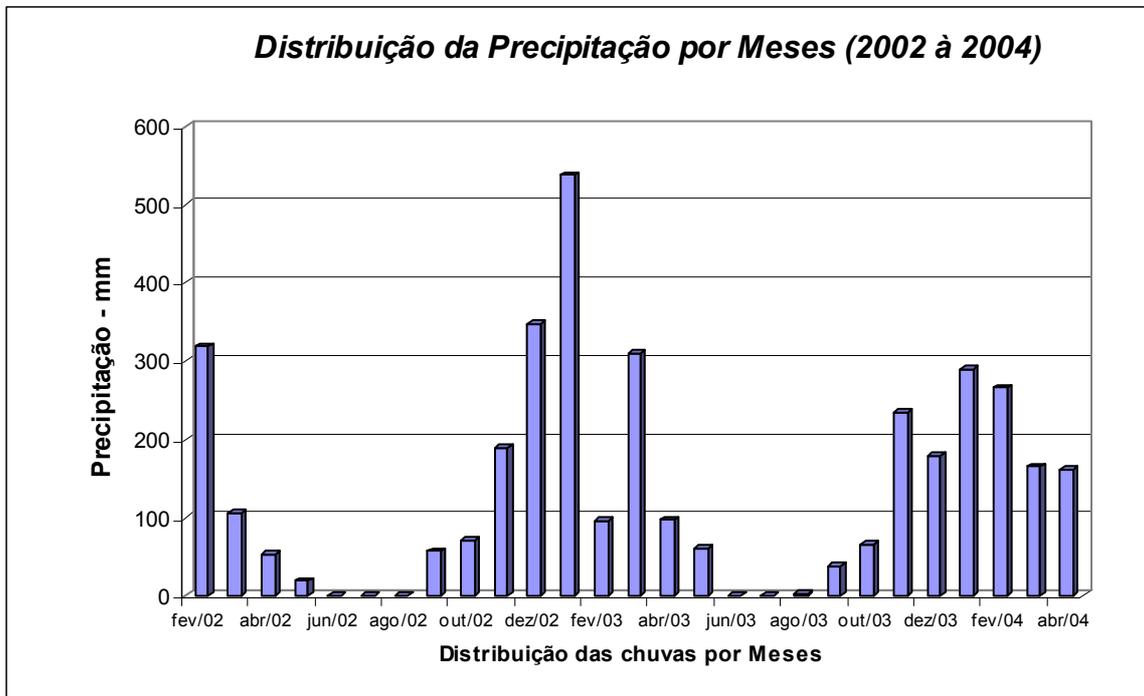


Figura 25 – Mostra a distribuição das chuvas por meses de fevereiro de 2002 a abril de 2004 - Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Naturais – IGUFU - Autor: Roberto Reis Alves – setembro/2004

Na Figura 26, foi dividido por período de monitoramento, e ilustra como se deu a distribuição das chuvas, mostrando claramente a sazonalidade, ao longo dos 26 meses com médias de intervalos de 15 dias:

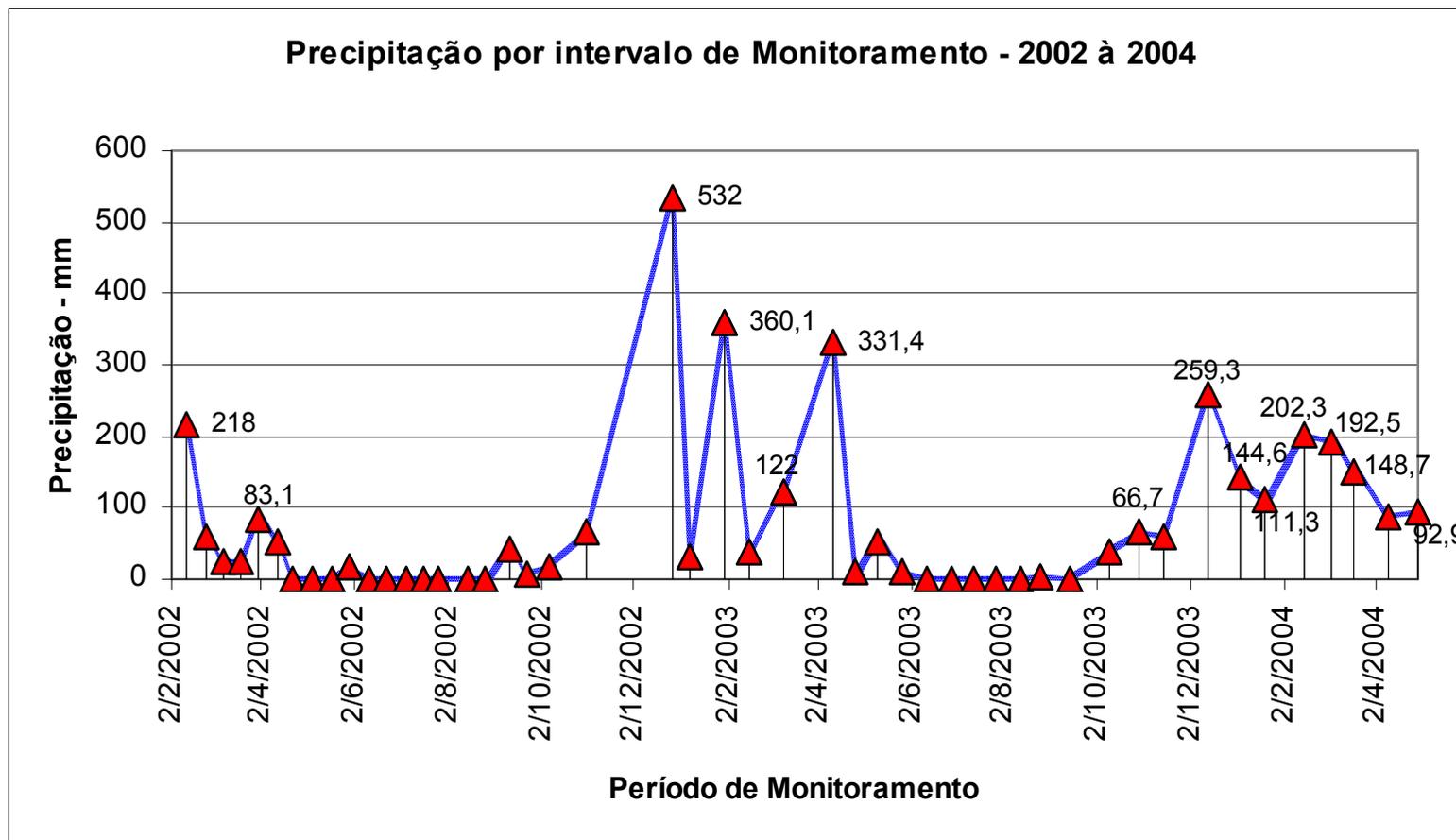


Figura 26 – Ilustra a precipitação de acordo com o período de intervalos de monitoramento da voçoroca - Fonte: Laboratório de Climatologia e Recursos Naturais – IGUFU Autor: Roberto Reis Alves – agosto/2004

8.4 – Descrição das Seções Transversais: Montante, Intermediário e Jusante

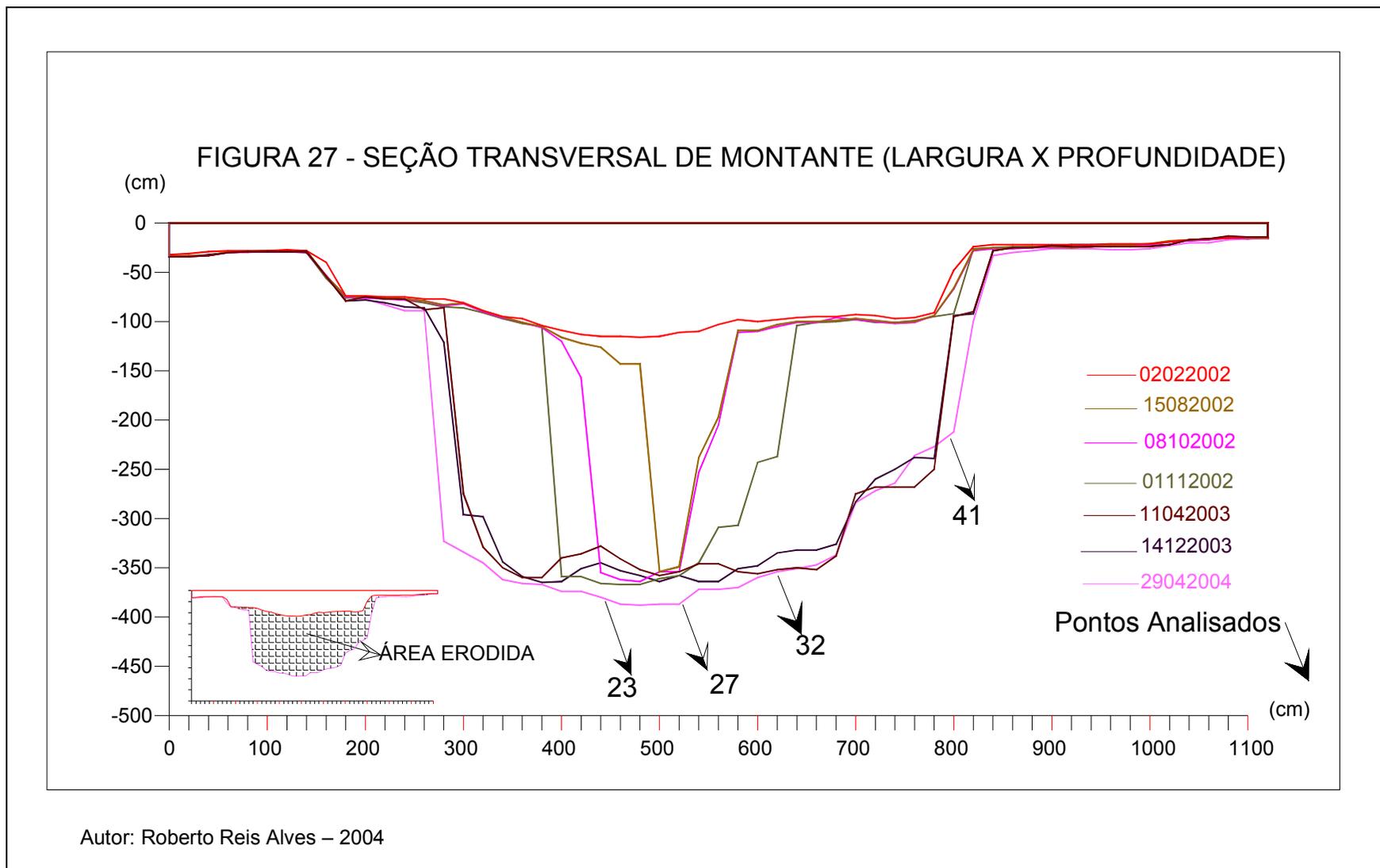
A pesquisa centra-se no monitoramento de três seções transversais: Montante, Intermediário e Jusante, as quais são mostradas graficamente como se deram seus processos evolutivos, iniciado em 02/02/2002 até 26/04/2004.

Os dados coletados possibilitaram formular tabelas e a partir dessas, elaborar gráficos da evolução do processo erosivo, permitindo compreender a dinâmica evolutiva nos períodos de seca e de chuva, verificando os efeitos da sazonalidade.

Nessa pesquisa fez-se a opção pelas tabelas geradas no software Excel para facilitar a tabulação dos dados, enquanto os gráficos foram desenvolvidos no software AutoCAD R14, o qual permite traçar com maior precisão os gráficos da evolução erosiva da voçoroca.

Os dados foram georeferenciados e criadas fórmulas matemáticas no Excel de acordo com as informações e metodologia das seções transversais para que os mesmos gerassem as linhas nas coordenadas corretas formando os gráficos no software AutoCAD R14.

Os produtos resultantes desse processo são gráficos que permitem visualizar o avanço tanto em profundidade quanto lateralmente, como podem ser visto nas Figuras 27, 28 e 29.

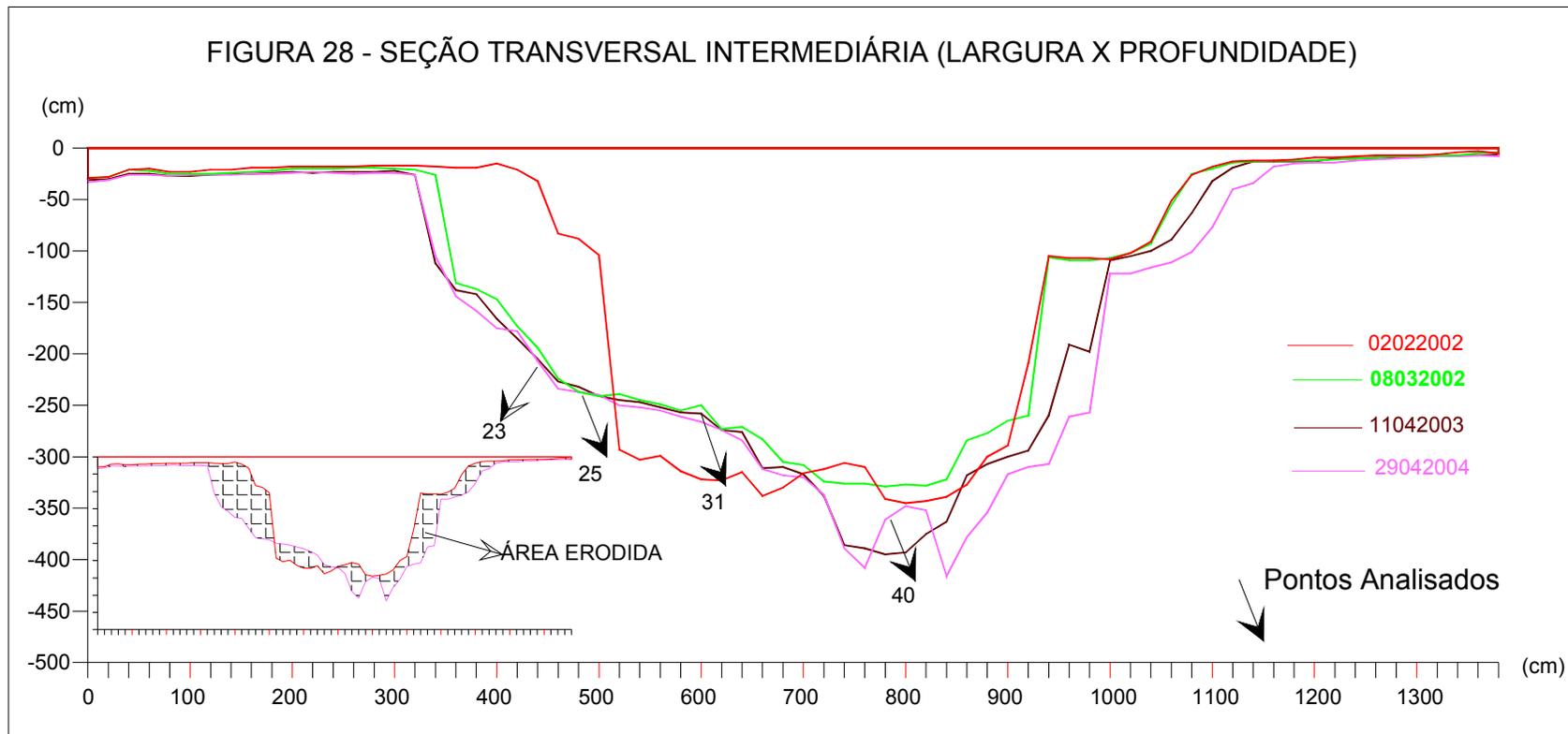


A Figura 27 apresenta a Seção Transversal de Montante, a qual apresenta a maior energia cinética, pois neste local existe uma pequena cachoeira, sendo o setor de maior atividade erosiva. Esta Seção possui 11,40 metros de comprimento de uma estaca a outra (57 pontos subdivididos de 0,20m cada). Como pode ser visto na figura, a linha referente à primeira medida de cor vermelha na legenda, indica a situação inicial do monitoramento.

A profundidade num mesmo ponto variou ao longo do período, ficando os registros mais profundos inicialmente 1,16 m e no final do monitoramento alcançou 3,88 metros. O avanço lateral nas primeiras medições possuía como largura de fundo em torno de 2,00m com profundidades médias de 1,14m no final do monitoramento passou a ter largura de 4,00m com profundidades médias de 3,69m.

Ao final do período representando a última medição linha de cor magenta, indica que a forma no local foi completamente modificada, aumentando ainda mais a profundidade e seu avanço lateral, potencializado principalmente no período chuvoso que vai de outubro a março, quando comparado com as outras cores de linha que representa fases do monitoramento mais iniciais.

Para uma melhor visualização da evolução do processo erosivo utilizou-se a representação colorida nos gráficos. As cores indicam as datas com modificações mais representativas. Elas ilustram o avanço em profundidade e também as modificações laterais do talude, bem como momentos de acumulação de sedimentos ou outros materiais tais como: lixo, restos de construção, pedaços de madeira, ou mesmo seixos ou blocos que desprenderam das laterais.



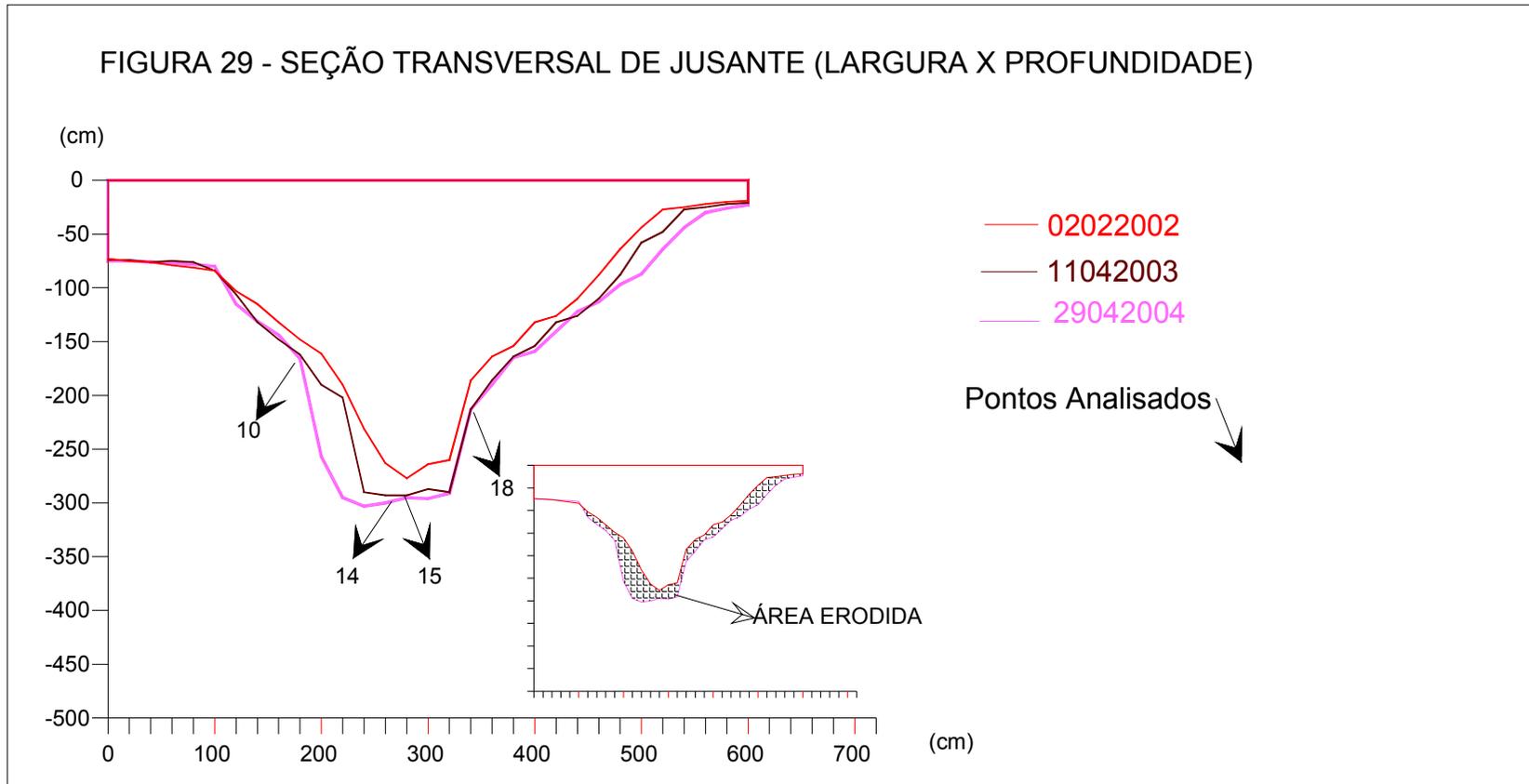
Autor: Roberto Reis Alves - 2004

A Figura 28 mostra a Seção Transversal Intermediária, ela possui entre as estacas 14,00 metros de comprimento (70 pontos subdivididos de 0,20m cada). Na primeira medição de cor vermelha registrou-se como ponto mais profundo 3,30 metros, sendo que no ponto mais profundo na última medição, chegou-se a registrar 4,16 metros de aprofundamento. Nota-se a evolução da Seção, logo em seguida a primeira medição, representada pela cor vermelha, houve um grande recuo lateral no talude da margem esquerda da voçoroca, no dia 02/02/2002 no mesmo ponto onde foi registrado apenas 0,19m após o solapamento 12/02/2002 passou a ter 1,30m.

Logo em seguida a queda, conforme mostra a cor verde, houve uma grande deposição de sedimentos no canal da voçoroca. Este material depositado dentro da voçoroca cimentou e permaneceu no local mesmo passando outro período de chuvas na região. Ao final de 14 meses boa parte do material ainda ficou praticamente inalterado em sua forma sofrendo apenas erosão laminar. A única parte do material carregado foi a que caiu sobre o canal, como pode ser visto na figura representada pelo aprofundamento na cor marrom 11/04/2003.

Ao final dos 26 meses de monitoramento representado pela linha de cor magenta, observou-se uma nova fase nessa seção, onde está havendo o aprofundamento do leito para a retomada do processo erosivo lateral o que resultará na ampliação do anfiteatro. Na linha de cor magenta nota-se uma anomalia do que seria o normal representado pelas outras linhas, pois ocorre um aparente acúmulo de material na parte mais profunda, trata-se de uma manilha de 0,66m que rolou e ficou presa no local influenciando na dinâmica erosiva e conseqüentemente nas medições.

FIGURA 29 - SEÇÃO TRANSVERSAL DE JUSANTE (LARGURA X PROFUNDIDADE)



Autor: Roberto Reis Alves – 2004

Por último na Seção Transversal de Jusante (foz do canal da voçoroca), representado pela Figura 29, entre as estaca dista 6,20 metros (31 pontos em intervalos de 0,20m). O aprofundamento evoluiu assim, na primeira medição de cor vermelha, o ponto mais profundo foi de 2,77m, na última medição (26 meses) o ponto mais profundo alcançou a casa dos 3,03 m.

A cor marrom indica 11/04/2003, no final do período chuvoso houve evolução modificando tanto as paredes laterais quanto aprofundando o canal. Na Seção de Jusante nota-se somente processo erosivo com saída de sedimentos sem presenças significativas de material sedimentado ao longo do perfil, porém em alguns momentos houve preenchimento do canal. Em relação aos dois primeiros perfis este foi o que menos sofreu alterações.

Já na cor magenta percebe-se tanto o aprofundamento como o avanço lateral. O primeiro uma constante durante a pesquisa o segundo também, no entanto com maior intensidade na margem esquerda onde ocorreu um pequeno abatimento evoluindo os pontos da seguinte forma: ponto 11 de 1,61m para 2,57m, o ponto 12 de 1,90m no início do monitoramento para 2,95m no final e o ponto 13 de 2,31 para 3,03m.

8.5 – Análise da Evolução de Pontos Relacionando-os com Índices Pluviométricos e Médias

Para um melhor entendimento do processo evolutivo de desgaste da voçoroca fez-se dois tipos de análises diferenciadas: 1) Médias Totais por Intervalos de Medições e 2) Desvio Padrão. Os dados citados anteriormente estão colocados a

seguir, e por se tratarem de quadros muito extensos foram selecionados 4 pontos em cada 1 das três seções transversais, os quais estão em destaque a seguir, ilustrando melhor a descrição da evolução do processo erosivo pontualmente.

Além dos Quadros de Média e Desvio Padrão, foram colocados gráficos dos índices pluviométricos e gráficos evolutivo de cada um dos pontos, para título de comparação, visando a uma melhor compreensão do processo de desgaste erosivo e a variação da média ao longo do período monitorado em cada uma das Seções Transversais (Montante, Intermediário e Jusante). Cada um dos Pontos analisados nas Seções Transversais foi indicado sua posição nas Figuras 27, 28 e 29.

As relações entre os gráficos dos Pontos escolhidos com os de índices Pluviométricos possui uma relação inversamente proporcional. Merece destaque o acumulado de 01/11/2002 a 27/12/2002 e outras medições ao longo do monitoramento quando tivemos problemas com o equipamento. Cabe salientar, que a variabilidade da média, mas principalmente do desvio padrão é grande ao longo do tempo.

8.5.1 – Análise de Pontos na Seção de Montante

A Seção Transversal de Montante possui 57 pontos equidistantes 0,20m um do outro compreendendo uma largura total de 11,40m. No entanto, procuramos demonstrar apenas 4 pontos dos 57. Como exemplo da evolução erosiva confrontamos os dados de pluviosidade com os dados de aprofundamento dos pontos, ambos associados para facilitar a observação da dinâmica erosiva pontualmente (Figura 30). Os pontos escolhidos foram: 23, 27, 32 e 41.

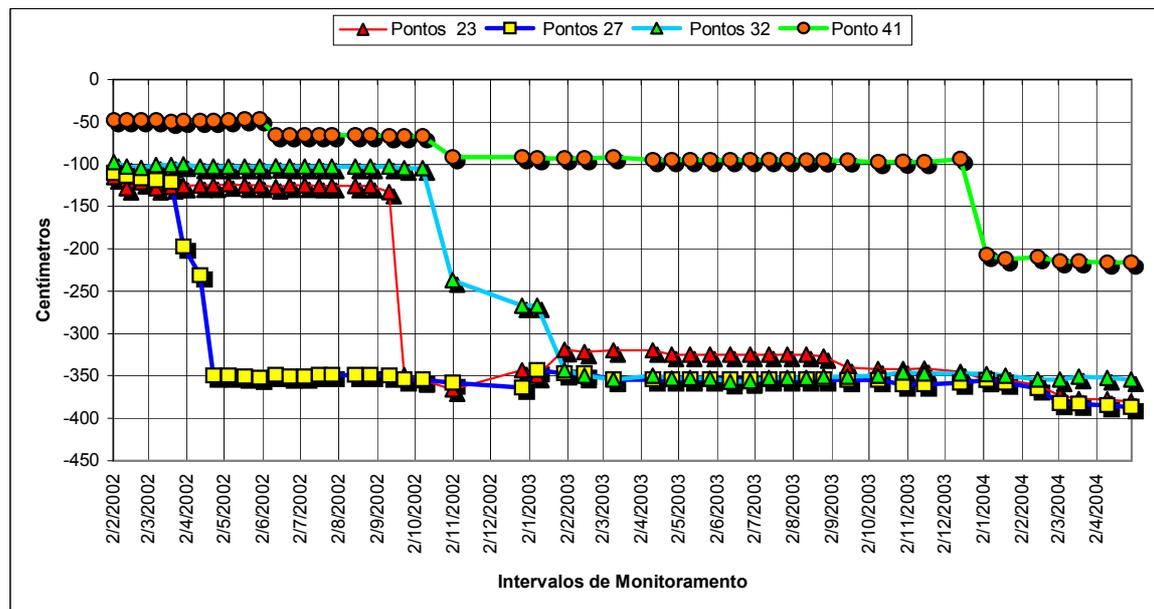
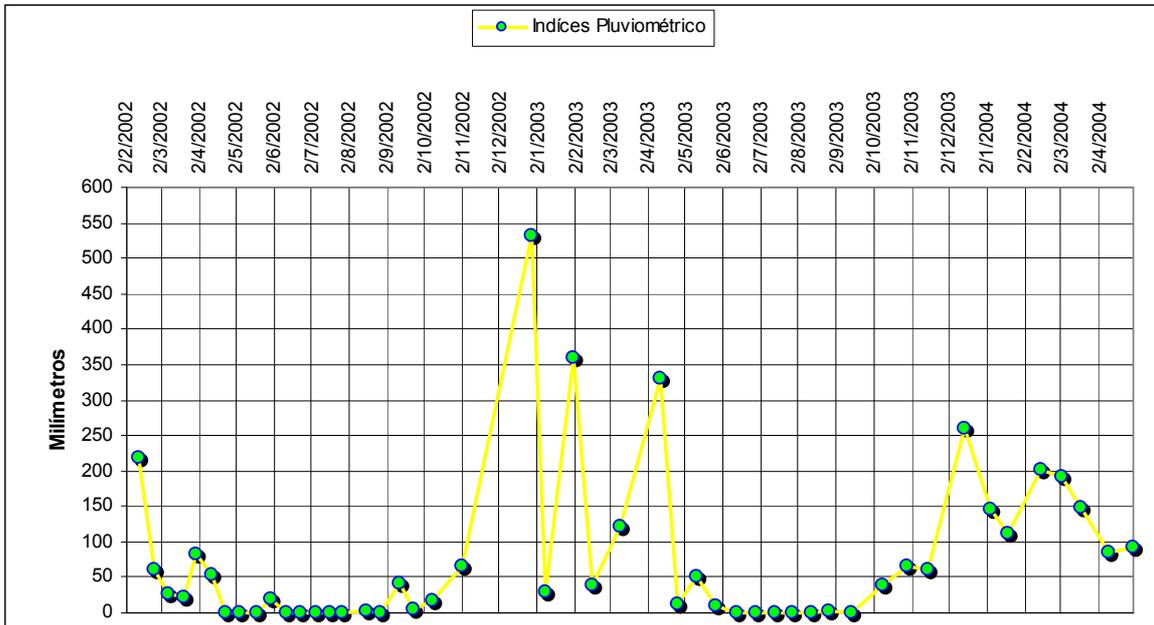


Figura 30 – Relação dos Índices Pluviométricos por Aprofundamento de Pontos – Seção de Montante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Os pontos comportaram-se assim: entre os dias 02 e 12/02/2002 houve o último evento mais importante naquele final de período chuvoso, pois ele foi o responsável direto por modificações pouco significantes inicialmente, mas que

preparou o local, para rupturas que vieram a ocorrer no próximo período de chuvas.

Percebe-se que o ponto 27 foi o ponto que mais sofreu aprofundamento nas primeiras medições, sem alterações significativas para os pontos 19, 32 e 41. A partir daí nenhum dos pontos sofreu modificações representativas em suas profundidades, pois iniciou o período de seca na região.

O processo volta a ser ativado em meados do mês de setembro quando iniciou o período chuvoso no dia 11/09/02 registrando-se 41,9 mm de chuva, conforme Figura 30. Por ter havido uma queda de talude na margem esquerda o Ponto 23 foi o que teve as maiores alterações após a primeira chuva, pois tinha 1,33m e passou a ter 3,49m. Os outros tiveram maiores modificações em sua geometria na chuva do dia 01/11/2003, quando o Ponto 41 vai de 0,67m para 0,92; O Ponto 32 vai de 1,05m para 2,37m; Os Pontos 23 e 27 foram os que menos alteraram nessa chuva, o primeiro passando de 3,49m para 3,66m e o segundo de 3,54m para 3,58m.

Nas chuvas no mês de dezembro, o acumulado no período de 01/11/2003 a 27/12/2003 foi de 532mm o Ponto 23 chama a atenção por ter ocorrido um processo de sedimentação, houve uma queda de talude a montante que afetou este ponto no canal provocando uma diminuição na profundidade de 3,66m para 3,43m, porém ainda dentro desse mesmo pico de chuva ocorreu a retirada de parte dos sedimentos e o aprofundamento de 3,43m para 3,50m. O Ponto 41 nesse período permaneceu com 0,92m. Já os Pontos 27 e 32 sofreram reduções respectivamente de 2,37m para 2,67 e 3,58m para 3,64m. Novamente no próximo pico chuvoso acumulado entre 08/01/2003 a 30/01/2003 (360,10mm) houve acúmulo de sedimentos no Ponto 23 proveniente da parede lateral a montante diminuindo de

3,50m para 3,19m. O ponto que mais sofreu modificações nesse pico foi o Ponto 32 aumentando sua profundidade de 2,67m para 3,43m. O Ponto 27 foi de 3,43m para 3,47 e o Ponto 41 não mudou.

No último pico de chuvas no dia 11/04/2003 de 331,40mm as alterações em todos os 4 Pontos foram muito reduzidas. Logo após ocorre uma redução nas chuvas e entramos novamente no período de estiagem, notamos uma linearidade inclusive em todos os gráficos sem maiores transformações. Em 09/10/2003 ocorreram as primeiras chuvas (38,10mm), porém um único Ponto o 23 foi que teve sua geometria mudada passando de 3,27m para 3,40m. Mesmo com baixo índice pluviométrico do mês outubro de 2003 no dia 29/10 houve modificações nos Pontos 27 de 3,50m para 3,60mm e acúmulo de sedimentos no Ponto 32 de 3,56m para 3,41m. Modificações a mais significativa somente no mês de dezembro no Ponto 41 aprofundando de 0,94m para 2,07m.

Alterações de maior importância nos outros pontos somente no final do mês de janeiro e fevereiro nos Pontos 23 e 27 modificando respectivamente de 3,54m para 3,73m e de 3,58m para 3,82mm, sendo que o Ponto 32 manteve uma linearidade até o final do monitoramento. Ainda constatou-se a variação que houve no período por meio das médias e desvio padrões acumulados nos 4 pontos escolhidos (Quadro 5), possibilitando visualizar o desgaste total e por dia em 26 meses.

Quadro 5 - Médias Totais e Desvio Padrão do Desgaste Erosivo dos Pontos 23, 27, 32 e 41 em cm

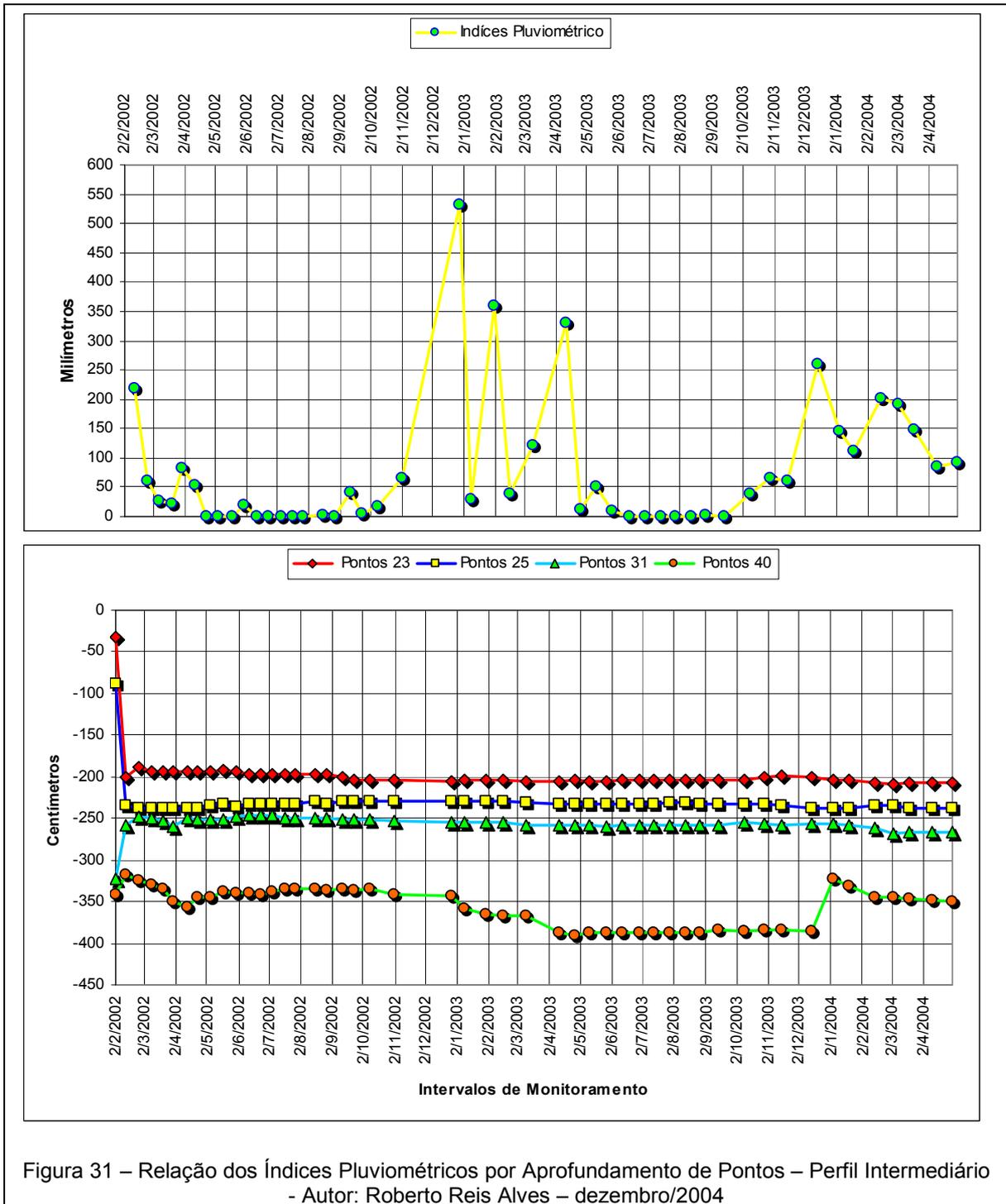
PONTOS	MÉDIA da Medição Atual - anterior (cm/mês)	Média EM 26 MESES/Período total de monitoramento 816 dias (cm/dia)	Desvio Padrão da Medição Atual - anterior (cm/mês)	Desvio Padrão em 26 MESES/Período total de monitoramento 816 dias (cm/dia)	PONTOS
23	-9,4485	-0,3150	56,2878	1,8763	23
27	-10,1470	-0,3382	36,8742	1,2291	27
32	-9,4117	-0,3137	39,0063	1,3002	32
41	-6,1764	-0,2059	29,6456	0,9882	41

Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Foram feitas 49 medições no total, num período de 816 dias de monitoramento o que deu uma média de 17 dias de intervalos entre as medições. Vale ressaltar que nem todos os pontos tiveram comportamentos de desgastes erosivos como os demonstrados, a mesma coisa para o desvio padrão. Por exemplo, na Média percebe-se um desgaste maior no Ponto 27 de -0,33cm/dia, sendo que os Pontos 23 e 32 foram mais regulares com desgaste de -0,31cm/dia e o Ponto 41 com o menor índice -0,20cm/dia. Já no Desvio Padrão o comportamento deu-se com maiores alterações no Ponto 23, ficando na seqüência decrescente de índices Pontos 32, 27 e 41. No Ponto 23 houve uma evolução do início ao fim do monitoramento de -1,15m para -3,80m; o Ponto 32 foi de -1,11m para -3,87m; o Ponto 27 foi de -0,98m para -3,54m e por último o Ponto 41 -0,48 para -2,16m.

8.5.2 – Análise de Pontos na Seção Transversal Intermediária

A Seção Transversal Intermediária possui 70 pontos divididos 0,20m um do outro totalizando 14,00m. Assim como na Seção de Montante, procuramos demonstrar apenas 4 pontos dos 70. Como exemplo da evolução erosiva confrontamos os dados de pluviosidade com os dados de aprofundamento dos pontos (Figura 31). Os pontos escolhidos foram: 23, 25, 31 e 40.



Os Pontos comportaram-se assim: entre os dias 02 e 12/02/2002 houve o último evento mais importante naquele final de período chuvoso 212mm de chuva,

sendo ele o responsável direto por modificações muito significativas nestes perfis, pois houve uma grande queda no talude e deposição do material dentro do corpo da voçoroca vindo a ocorrer novas mudanças somente no próximo período de chuvas. Percebe-se que os pontos 23 e 25 foram os que mais sofreram aprofundamento nas primeiras medições e o Ponto 31 com a queda do talude houve o acúmulo de sedimentos provocando um aumento da profundidade passando de -3,22m para -2,66m. Após o primeiro grande evento chuvoso os Pontos 23, 25 e 31 mantiveram uma linearidade sem alterações mais acentuadas até o fim do monitoramento.

Já o Ponto 40 foi o que mais sofreu modificações coincidentes com os picos de chuva. No primeiro pico chuvoso houve um assoreamento aumentando de -3,41m para 3,17m. Foram ocorrendo alterações ao longo do mês de fevereiro e no último pico chuvoso do mês de março de 2002 (83,10mm), foi de -3,17 para -3,57m, voltando a ser assoreado no fim do mês de abril quando alcança -3,45m e mantendo uma certa linearidade chegando ao fim do período seco assoreando um pouco mais indo para -3,35m. A retomada do aprofundamento do Ponto 41 tem seu início no acumulado do mês de dezembro de 2002 (532 mm) sendo que desse período até o acumulado do mês de abril de 2003 houve um rebaixamento para -3,88m. Voltado novamente ao período de secas na região quando não há maiores alterações. No início do próximo período de chuvas no final de 2003 não houve alterações.

Entretanto, no final de dezembro de 2003 até abril de 2004 houve um arraste de uma manilha (0,66m) para dentro do canal da voçoroca provocando modificações no perfil aumentando de -3,86m para -3,23m. Durante esse tempo da manilha obstruindo o canal ocorreu erosão nas laterais da manilha sempre provocando o aprofundamento do canal e a movimentação da mesma, porém as chuvas não

tiveram energia o suficiente para removê-la para outro ponto da voçoroca. Ao final do monitoramento o Ponto 41 tinha uma profundidade de -3,50m.

Quadro 6 - Médias Totais e Desvio Padrão do Desgaste Erosivo dos Pontos 23, 25, 31 e 40 em cm

PONTOS	MÉDIA da Medição Atual - anterior (cm/mês)	Média EM 26 MESES/Período total de monitoramento 816 dias (cm/dia)	Desvio Padrão da Medição Atual - anterior (cm/mês)	Desvio Padrão em 26 MESES/Período total de monitoramento 816 dias (cm/dia)	PONTOS
23	-6,4337	-0,2145	42,9780	1,4326	23
25	-5,4780	-0,1826	37,2560	1,2419	25
31	-2,0588	0,0686	17,0790	0,5693	31
40	-0,3308	-0,0110	20,2770	0,6759	40

Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Da mesma forma dos cálculos de Médias Totais e Desvio Padrão feitos para 4 Pontos nas medições de Montante no Perfil Intermediário foram analisados os Pontos 23, 25, 31 e 40 (Quadro 6). O Ponto 23 entre os escolhidos foi o que teve maior desgaste de -6,43 cm/mês. Em seguida os que mais sofreram modificações foram em ordem os Pontos 25, 31 e 40. Em relação ao Desvio Padrão houve a maior modificação no Ponto 23, esse valor acentuado se deu em função de forte mudança no perfil nas primeiras medições diminuindo a profundidade de -0,32m para -2,00m, a mesma coisa para o Ponto 25 diminuindo de -0,88m para -2,34. Já os Pontos 31 e 40 sofreram o aumento da profundidade em função da queda da parede lateral. Aumentaram respectivamente de -3,22m para -2,58m e de -3,41 para -3,17m.

8.5.3 – Análise de Pontos na Seção Transversal de Jusante

Por último na Seção Transversal de jusante com 31 pontos divididos 0,20m cada compreendendo uma largura total de 6,20m. Como nas seções anteriores,

procuramos demonstrar apenas 4 pontos. Como exemplos da evolução erosiva também confrontam os dados de pluviosidade com os dados de aprofundamento dos pontos (Figura 32). Os pontos escolhidos foram: 10, 14, 15 e 18.

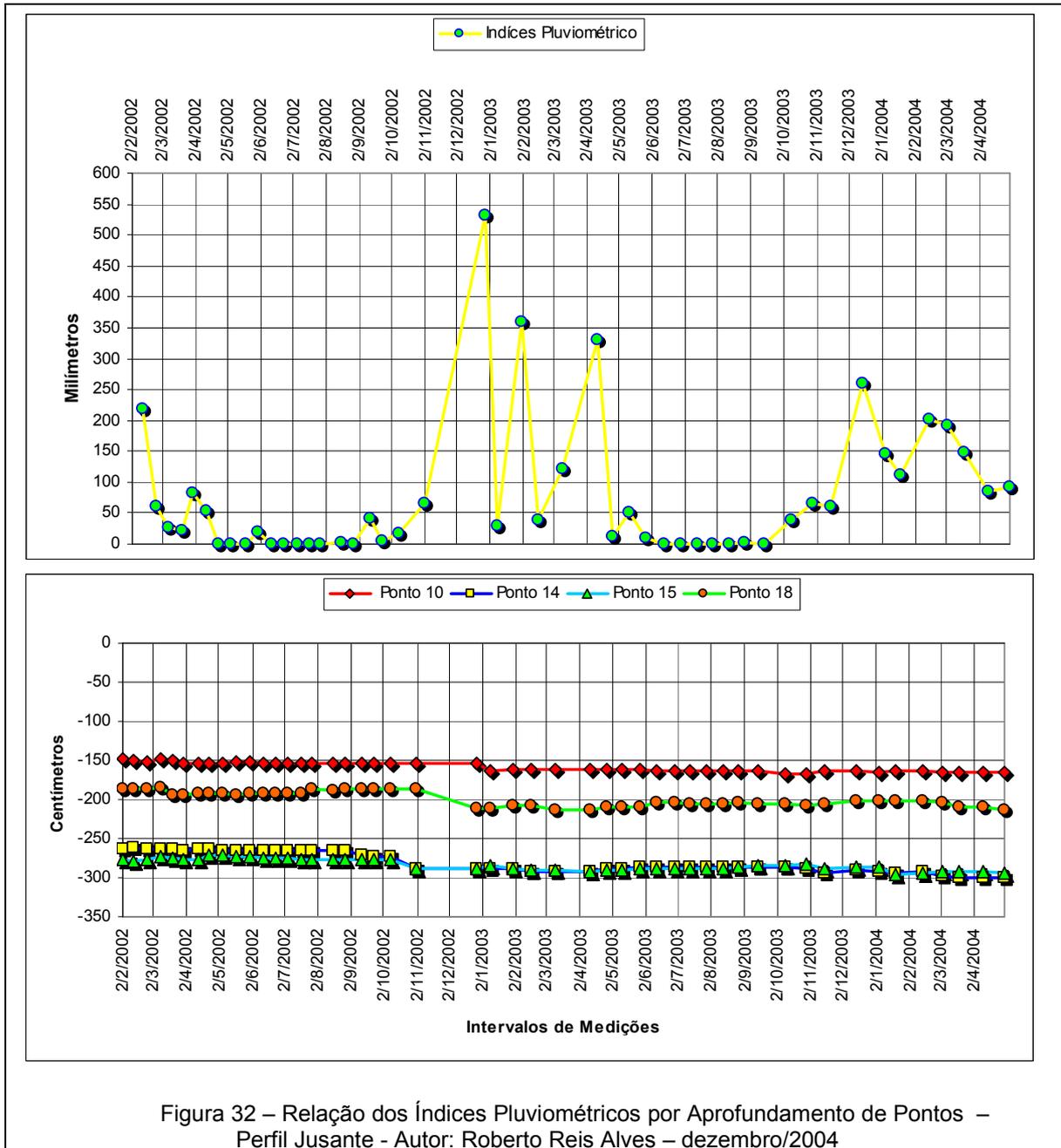


Figura 32 – Relação dos Índices Pluviométricos por Aprofundamento de Pontos – Perfil Jusante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Pode-se verificar junto a Figura 32, que as variações foram mínimas do início das medições passando pelo primeiro período de estiagem vindo somente a serem de fato modificados somente no início do período chuvoso do final de 2002. Os Pontos 14 e 15 voltam a serem ativados com as chuvas do mês de outubro para novembro quando o primeiro reduziu de -2,73m para -2,88m e o segundo de -2,77m para -2,88m. Modificações maiores no Ponto 18 ocorreram de novembro para dezembro no acumulado de 532mm aprofundando de -1,86m para -2,12m. O Ponto 10 é o que sofreu menos alterações diminuindo de -1,53m para -1,63 no final de dezembro para janeiro. Entrando no período de secas diminuem os aprofundamentos nos pontos.

No próximo período de chuvas outubro de 2003 até abril de 2004 os Pontos 10 e 18 mantiveram uma linearidade até o final do período de medições. As maiores modificações no período de chuva foram nos Pontos 14 e 15 evoluindo respectivamente de -2,89m para -3,00m e de -2,82 para -2,95m.

Quadro 7 -- Médias Totais e Desvio Padrão do Desgaste Erosivo dos Pontos 10, 14, 15 e 18 em cm

PONTOS	MÉDIA da Medição Atual - anterior (cm/mês)	Média EM 26 MESES/Período total de monitoramento 816 dias (cm/dia)	Desvio Padrão da Medição Atual - anterior (cm/mês)	Desvio Padrão em 26 MESES/Período total de monitoramento 816 dias (cm/dia)	PONTOS
10	- 0,6618	-0,0221	3,2687	0,1090	10
14	- 1,3602	-0,0453	5,2025	0,1734	14
15	- 0,6618	-0,0221	4,8652	0,1622	15
18	- 0,9926	-0,0331	8,0820	0,2694	18

Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Quando se compara o Quadro 7 do perfil de Jusante com os outros colocados anteriormente percebe-se o quanto a variação foi menor tanto na evolução do perfil quanto nas relações de Média e Desvio Padrão. No Perfil de Jusante foram

analisados os Pontos 10, 14, 15 e 18. Dos 4 o Ponto 14 foi o que mais teve maior perda de sedimentos -1,36 cm/mês.

O Desvio Padrão maior ocorreu no Ponto 18 e 14 do início ao fim das medições o comportamento evolutivo do primeiro foi de -1,86m para -2,13m e do segundo de -2,63 para -3,00m. Para os Pontos 15 e 10 respectivamente a dinâmica erosiva foi de -2,77 para -2,95m e - 1,48 para -1,66m.

8.6 – Descrição da Área, Perímetro e Volume

Um outro tipo de visualização pode ser feito por meio da análise da área e perímetro do perfil transversal e do volume da voçoroca. Os cálculos foram feitos a partir dos gráficos apresentados nas Figuras 27, 28 e 29.

Utilizando-se das funções do software AutoCAD R14, foram feitos os cálculos da área e do perímetro do perfil transversal mostrando a evolução do processo erosivo, permitindo em cada uma das 49 medições verificar quantitativamente a perda de sedimentos totais em cada um dos três perfis.

Por meio de outros tipos de abordagem das informações do avanço das seções tanto em profundidade quanto lateralmente, representado também pelas Figuras 27, 28 e 29, foi possível mostrar parâmetros geométricos tais como: área, perímetro e volume, permitindo, um outro tipo de avaliação da dinâmica erosiva no local, conforme os resultados apresentados no Quadro 8:

Quadro 8 – Evolução da Área e Perímetro das Seções Transversais e Volume da Voçoroca no Período

PERÍODOS	Perfil Montante		Perfil Intermediário		Perfil de Jusante		VOLUME (m3)
	ÁREA (m2)	PERÍMETRO (m)	ÁREA (m2)	PERÍMETRO (m)	ÁREA (m2)	PERÍMETRO (m)	
2/2/2002	7,17	23,24	16,26	46,48	7,49	14,34	245,96
12/2/2002	7,39	23,31	17,06	31,34	7,52	14,34	257,59
24/2/2002	7,40	23,29	17,28	31,28	7,53	14,30	260,74
8/3/2002	7,45	23,30	17,56	31,39	7,53	14,27	264,77
20/3/2002	7,48	23,30	17,67	31,32	7,62	14,29	266,46
30/3/2002	7,94	24,50	18,00	31,44	7,63	14,36	271,62
12/4/2002	8,72	26,97	18,25	31,39	7,62	14,34	275,95
23/4/2002	8,84	27,17	18,21	31,38	7,62	14,30	275,50
5/5/2002	8,86	27,12	18,19	31,34	7,62	14,30	275,23
18/5/2002	8,91	27,13	18,15	31,19	7,64	14,31	274,73
30/5/2002	8,95	27,12	18,17	31,30	7,64	14,32	275,06
12/6/2002	8,98	27,15	18,12	31,41	7,65	14,33	274,39
23/6/2002	8,99	27,14	18,15	31,39	7,65	14,33	274,82
5/7/2002	9,00	27,15	18,14	31,39	7,64	14,33	274,68
17/7/2002	9,00	27,13	18,12	31,27	7,65	14,34	274,41
27/7/2002	9,00	27,14	18,10	31,23	7,64	14,36	274,11
15/8/2002	9,01	27,13	18,10	31,17	7,64	14,35	274,12
27/8/2002	9,01	27,12	18,12	31,17	7,64	14,36	274,41
11/9/2002	9,13	27,13	18,09	31,15	7,65	14,39	274,11
23/9/2002	10,49	27,20	18,12	31,15	7,65	14,40	275,90
8/10/2002	10,55	27,22	18,10	31,15	7,65	14,40	275,67
1/11/2002	12,87	27,55	18,14	31,15	7,82	14,66	278,73
27/12/2002	15,49	27,58	18,39	31,45	7,87	14,62	284,96
8/1/2003	16,42	27,61	18,60	31,39	8,02	14,82	289,03
30/1/2003	17,73	27,62	19,34	31,47	8,02	14,80	300,86
15/2/2003	17,83	27,65	19,32	31,73	8,14	14,93	300,80
10/3/2003	18,83	27,56	19,40	31,85	8,25	14,85	303,05
11/4/2003	18,88	27,71	19,81	31,78	8,35	14,83	309,03
26/4/2003	18,90	27,95	19,82	32,12	8,32	15,56	309,16
11/5/2003	18,91	27,96	19,86	32,04	8,33	15,57	309,75
27/5/2003	18,91	27,94	19,80	32,08	8,33	15,56	308,90
12/6/2003	18,91	27,95	19,79	32,07	8,31	15,56	308,73
28/6/2003	18,92	27,99	19,80	32,07	8,31	15,54	308,89
13/7/2003	18,93	27,94	19,80	32,08	8,30	15,54	308,89
28/7/2003	18,93	27,93	19,77	31,73	8,32	15,54	308,48
12/8/2003	18,93	27,97	19,77	32,08	8,32	15,55	308,48
26/8/2003	18,94	27,95	19,84	32,08	8,32	15,54	309,48
14/9/2003	19,04	27,86	20,01	32,10	8,32	15,51	312,00
9/10/2003	19,02	27,80	20,10	32,02	8,35	15,51	313,29
29/10/2003	18,92	27,77	20,02	31,51	8,36	15,52	312,06
15/11/2003	18,99	27,74	20,23	31,82	8,43	15,55	315,19
14/12/2003	19,07	27,55	20,40	31,94	8,56	15,68	317,82
4/1/2004	19,29	27,41	20,33	32,59	8,64	15,70	317,12
19/1/2004	19,39	27,40	20,61	32,78	8,67	15,73	321,24
14/2/2004	19,68	27,41	20,78	32,89	8,69	15,67	323,97
3/3/2004	19,92	27,52	20,94	33,06	8,83	15,66	326,62
18/3/2004	20,22	27,27	20,98	33,03	8,85	15,66	327,51
10/4/2004	20,35	27,70	21,01	33,13	8,88	15,65	328,10
29/4/2004	20,59	27,58	21,08	33,31	8,95	15,68	329,40

Autor: Roberto Reis Alves – agosto/2004

A maior modificação na área foi na Seção de Montante com uma variação de 13,42 m². O perímetro de maior variação foi o da Seção Intermediária, entre o

período inicial em fevereiro de 2002 e abril de 2004, a diferença foi de 13,17m para o perímetro, sendo que a explicação para a diminuição foi a queda do talude dentro do corpo da voçoroca, entre os dias 02/02/2002 e 12/02/2002, mostrada nas Figuras 27, 28 e 29, representado pela (Linha de cor verde) medições do dia 08/03/2002 (Figura 27). A variação da área do Perfil Intermediário no período foi de 4,82 m².

Observa-se que houve também um crescimento no perímetro da Seção de Montante, evoluindo de 23,24m para 27,58m com uma variação de 4,34m. Na Seção de Jusante não ocorreram modificações tão significativas na área e nem no perímetro, a modificação da área foi de 1,46 m² e o perímetro 1,34m.

Já o volume variou no início das medições, de 245,96 m³ para 257,59 m³, no período de 10 dias. Poucas modificações ocorreram na estação seca, com retorno da atividade erosiva a partir do início do período chuvoso, quando o volume evoluiu de 274,11 m³ em meados do mês de setembro de 2002 para 309,16 em abril de 2003 e para 329,40 m³ no fim do mês de abril de 2004, houve uma variação total ao longo dos 26 meses de 83,44 m³.

8.7 – Monitoramento de Cabeceira

O monitoramento de cabeceira foi iniciado em 15/11/2003 até 31/05/2004. Foi definido mais um tipo de monitoramento em função da dinâmica erosiva ser remontante como já havia superado a Seção de Montante, definiu-se uma outra forma de avaliação do desgaste que pudesse quantificar a perda de solo.

O Quadro 9 mostra como foi a variação de desgaste na cabeceira:

Quadro 9 – Monitoramento de Cabeceira

MEDIÇÕES(m) / Nº ESTACAS	15/11/2003	19/1/2004	3/3/2004	31/5/2004	Desgaste (m)	Disposição das Estacas
1	2,00	1,66	1,65	1,63	0,37	Margem Esquerda
2	2,00	1,80	1,24	1,20	0,80	Margem Esquerda
3	2,00	1,80	1,40	1,37	0,63	Centro
4	2,00	1,57	1,43	1,43	0,57	Centro
5	2,00	1,92	1,89	1,89	0,11	Margem Direita
6	2,00	1,85	1,83	1,81	0,19	Margem Direita

Organizador: Roberto Reis Alves (janeiro/2005)

Percebe-se um pouco mais da dinâmica erosiva atuando do centro para a margem esquerda, onde o processo de desgaste foi maior. Isto se dá em função do encachoeiramento e dos degraus formados com as quedas do talude redirecionando a água do canal e também parte do escoamento superficial para a margem esquerda.

9 – Análise Estatístico-morfométrica das Seções Transversais

Os gráficos estatísticos-morfométricos foram baseados nas pesquisas de Ionita (2003), Poesen (2003) e Heede (1976), a partir de indicadores em estudos desses pesquisadores relacionados a larguras (W), profundidade (D) e área (S). Os gráficos serviram de ensaios para derivar outros tipos de relações entre as variáveis adaptando-os a realidade local e de dados coletados durante a pesquisa.

As relações gráficas básicas são as seguintes: Largura de Base pela Largura de Topo (W_b / W_t) por Intervalos de Medições (fev/2002 a abr/2004); e Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima ($D_{máx.} / D_{média}$) por Intervalos de Medições (fev/2002 a abr/2004). Com relação à área, além da indicação no Quadro 7, apresentam-se novamente os dados trabalhados em gráficos para que houvesse uma forma de interrelacioná-los com as informações de largura e profundidade. Por último mostram-se as relações entre as variáveis W_b / W_t por $D_{máx.} / D_{média}$.

De acordo com Ionita (2003) os seus indicadores (W_b / W_t e Sp / Sf) possuem eficiência hidráulica a partir do valor 1,0 nos gráficos, ou seja, acima dessa linha a voçoroca alcança a eficiência de desgaste erosivo. Já Heede (1976) pelos indicadores ($D_{máx.} / D_{média}$) essa eficiência hidráulica somente é alcançada graficamente a partir do valor 2,0. Houve uma adaptação destes dois autores a realidade dos nossos dados usando algumas das variáveis e em alguns dos casos usando a confrontação das mesmas variáveis.

9.1 – Seção Transversal de Montante

A Figura 33 mostra a evolução da Largura de Base pela Largura de Topo ao longo do período de monitoramento. Os momentos de ascendências no gráfico coincidem com os períodos de chuva na região, quando ocorrem as maiores alterações morfométricas e o período de estiagem na região está representado pela

retilinearidade dos pontos no gráfico. Percebe-se uma forte relação entre estes dois indicadores resultando num coeficiente de relação de $R^2 = 0,84$.

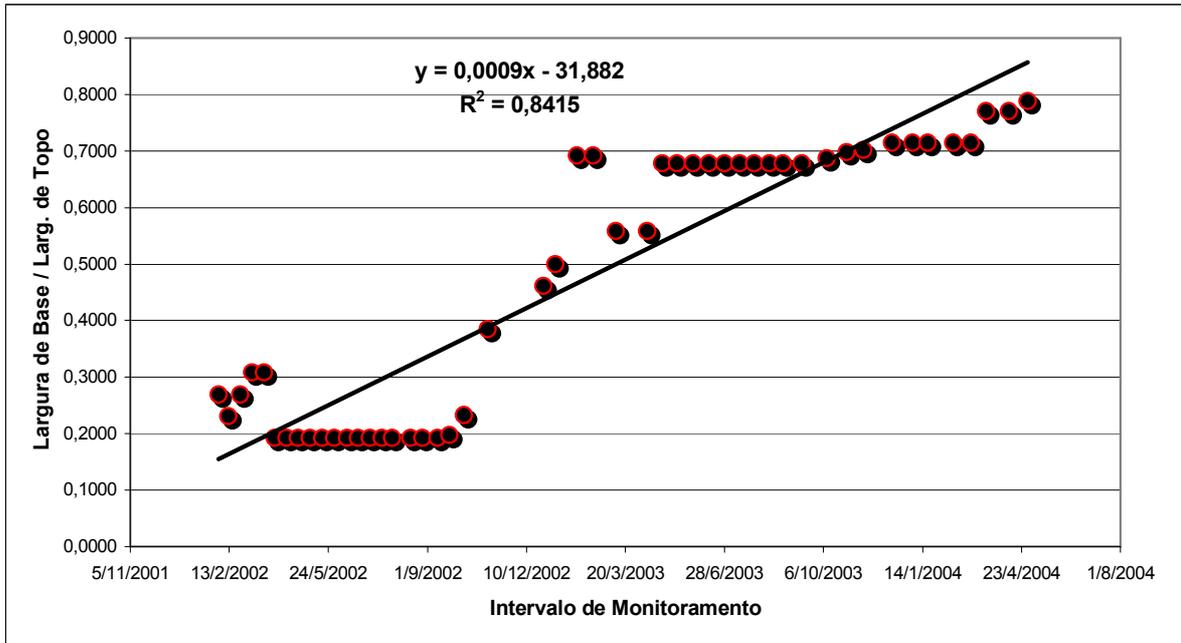


Figura 33 – Relação entre Largura de Base pela Largura de Topo X Intervalos de Monitoramento Seção de Montante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

A Figura 34 apresenta o aprofundamento na Seção de Montante relacionando Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima por Intervalos de Monitoramento. O gráfico mostra uma dispersão menos uniforme, indicando inclusive nas primeiras medições queda do talude e conseqüentemente o aprofundamento alterando o perfil. Nota-se também que mesmo no período de seca há mudança na profundidade em função da vazão constante do canal com média anual 20/03/2004 de 2,38 litros/segundo.

Observa-se ainda na figura momentos de sedimentações, resultado de quedas próximas a seção de monitoramento, as quais se acumulavam na mesma, alterando sua profundidade. A Seção Transversal de Montante foi a que mais sofreu

modificações pontuais ao longo do período de monitoramento, porém também o que mais sofreu influência de mudanças morfométricas de pontos acima e do colapso de paredes laterais próximas, o que influenciou na dinâmica erosiva de aprofundamento e na apresentação dos dados estatístico-morfométrico. A figura apresenta também uma relação muito forte entre as variáveis com $R^2 = 0,87$.

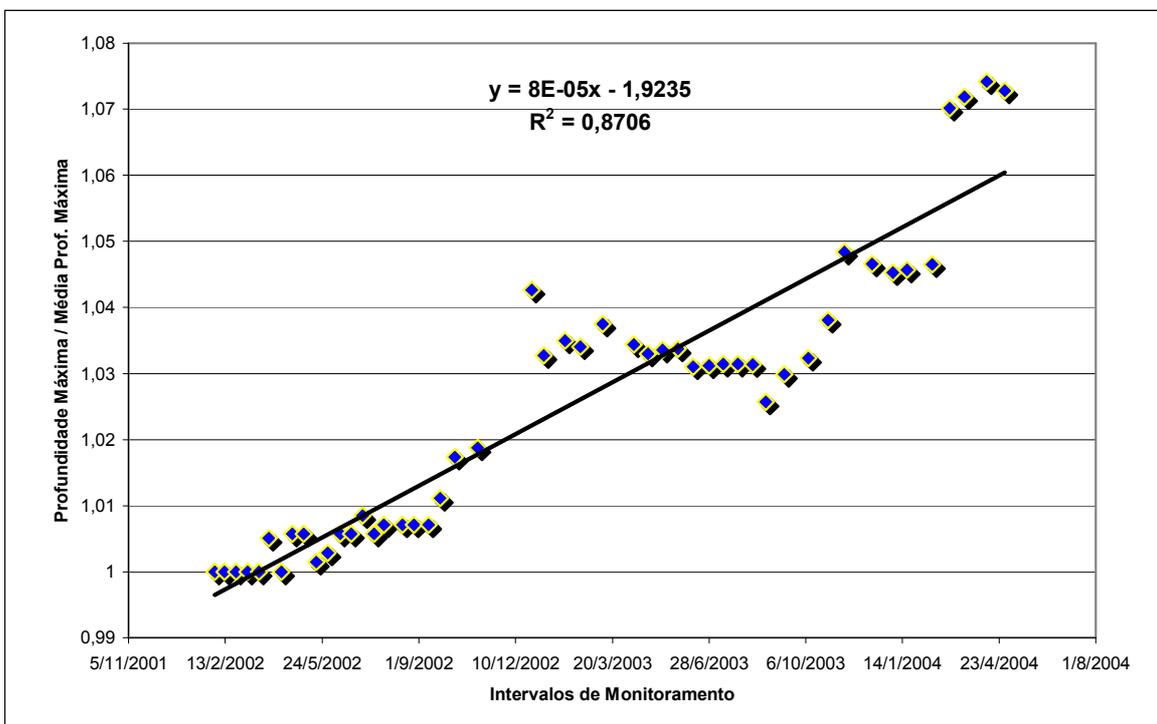


Figura 34 – Relação entre Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima X Intervalos de Monitoramento – Seção de Montante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

A área da Seção Intermediária apresenta-se conforme a Figura 35 com forte relação linear $R^2 = 0,87$. Entre todos os gráficos apresentados no três perfis este é a única exceção em relação ao indicador de Heede, o qual mostra sendo o fator de forma com eficiência hidráulica modeladora acima do valor 2,0.

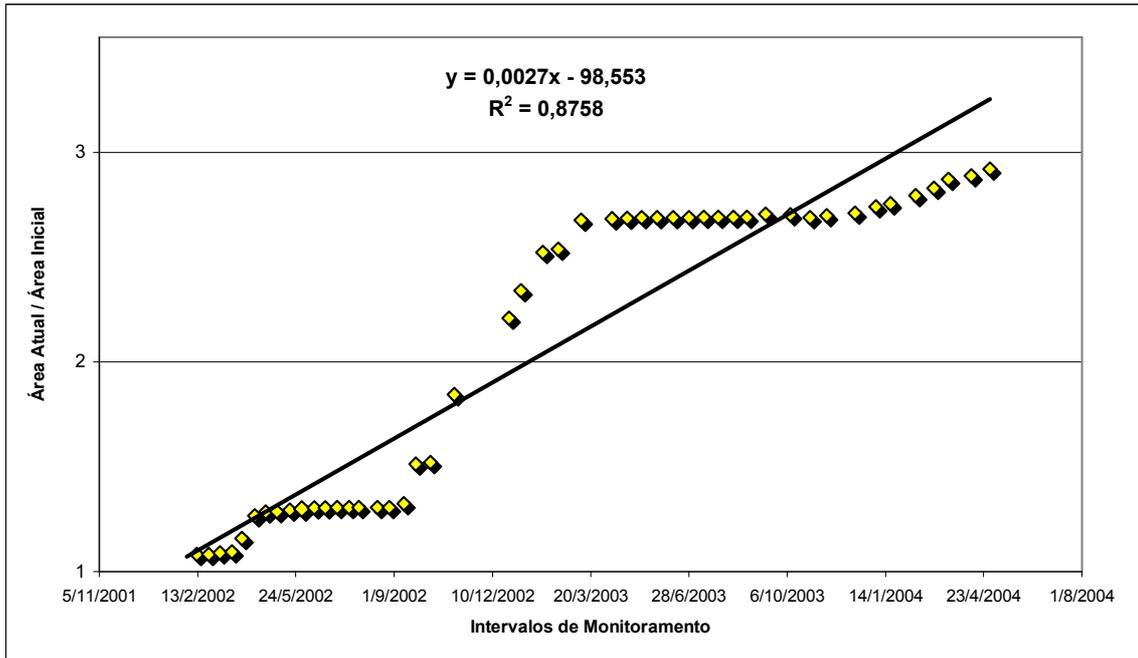


Figura 35 – Relação entre Evolução da Área Atual pela Área Inicial por Intervalos de Monitoramento – Seção de Montante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

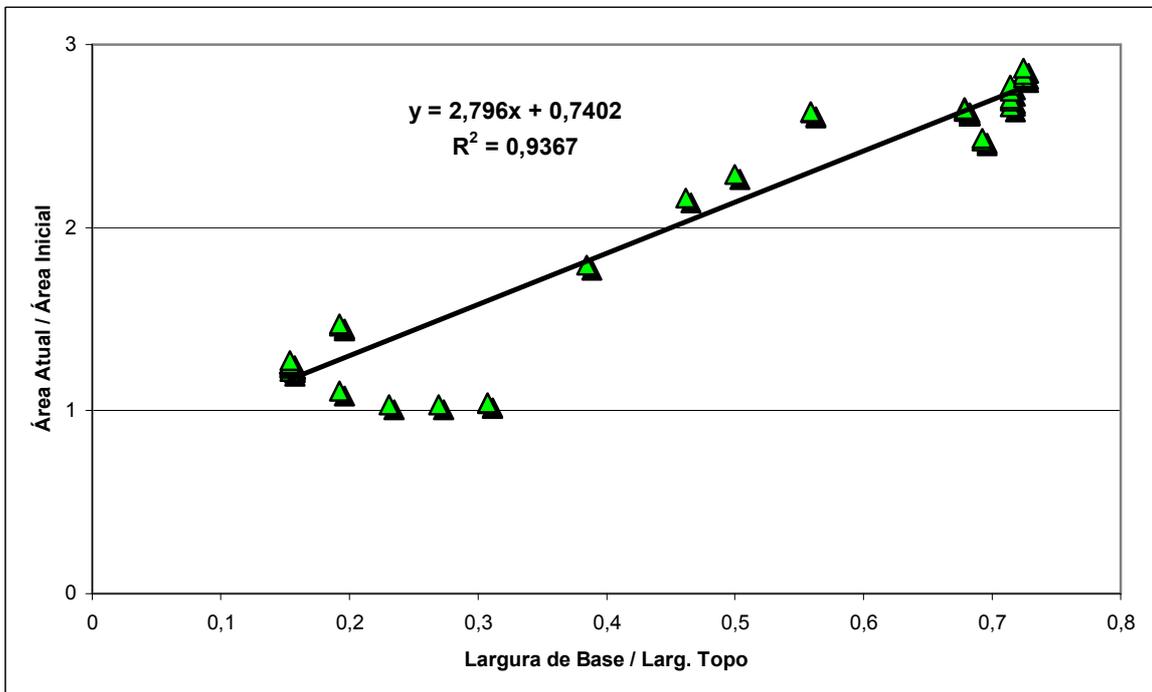


Figura 36 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial X Largura de Base pela Largura de Topo – Seção de Montante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Os dados permitiram confrontar Área Atual pela Área Inicial com as variáveis de Largura de Base pela Largura de Topo chegando aos indicadores da Figura 36. Nela nota-se uma relação extremamente forte entre os dados de Largura e Área alcançando um coeficiente de $R^2 = 0,93$.

Na Figura 37 houve a inter-relação da Área Atual pela Área Inicial por Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima. O gráfico novamente mostra uma relação representativa entre as variáveis com $R^2 = 0,79$. O avanço evolutivo é acelerado e ocorrem com proporcionalidade em ambas as variáveis.

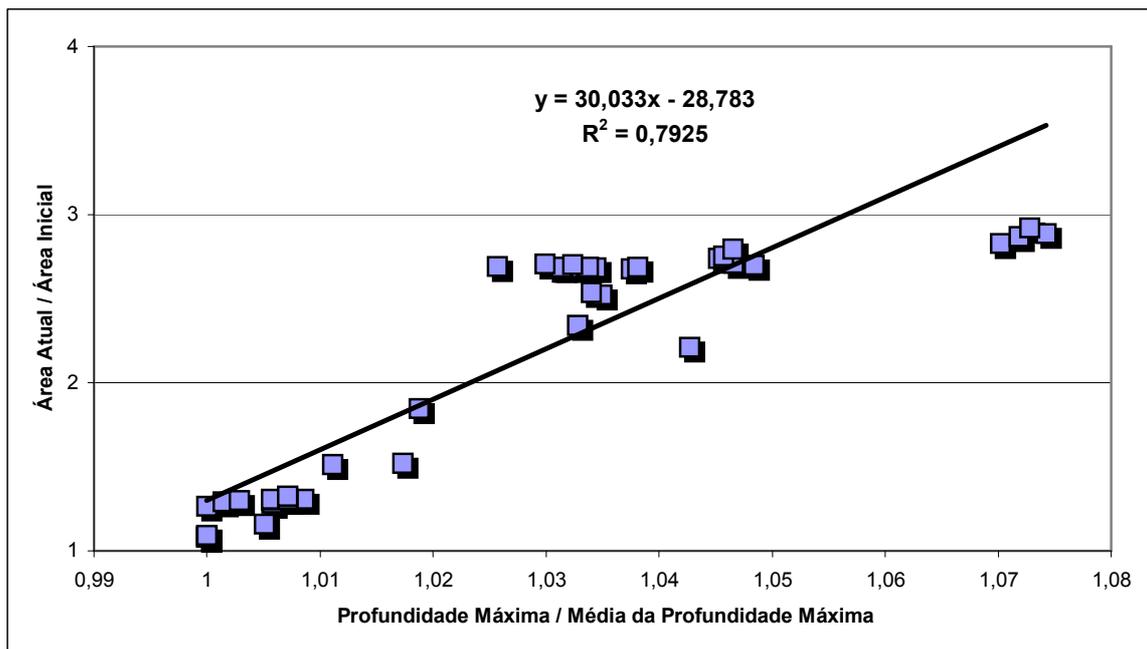


Figura 37 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial por Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima – Seção de Montante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

No último gráfico de Montante a Figura 38 mostra a relação entre as variáveis de Profundidade ($D_{\text{máx}}$ / $D_{\text{média}}$) e Largura (W_b / W_t), apresentando uma linearidade representativa com $R^2 = 0,74$.

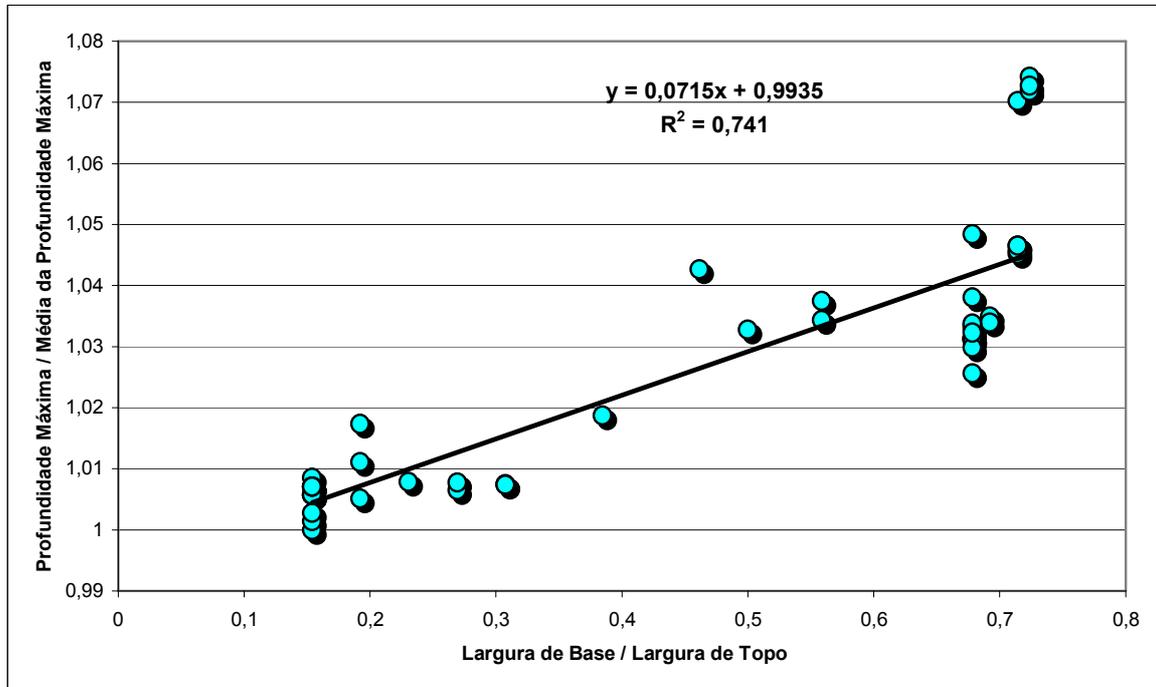


Figura 38 – Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima por Largura de Base pela Largura de Topo – Seção de Montante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

9.2 – Seção Transversal Intermediária

A Figura 39 mostra a evolução da Largura de Base pela Largura de Topo ao longo do período de monitoramento. Percebe-se uma forte relação entre estes dois indicadores resultando numa linearidade de $R^2 = 0,94$. Na figura nota-se momentos de ascendência gráfica coincidente com os picos de chuvas, ou seja, à medida que as chuvas aumentam ocorrem as maiores alterações de largura no perfil, bem como nos momentos de baixa energia cinética no período de seca na região representada

pelos triângulos dispostos linearmente é quando ocorrem poucas alterações ou não há modificações.

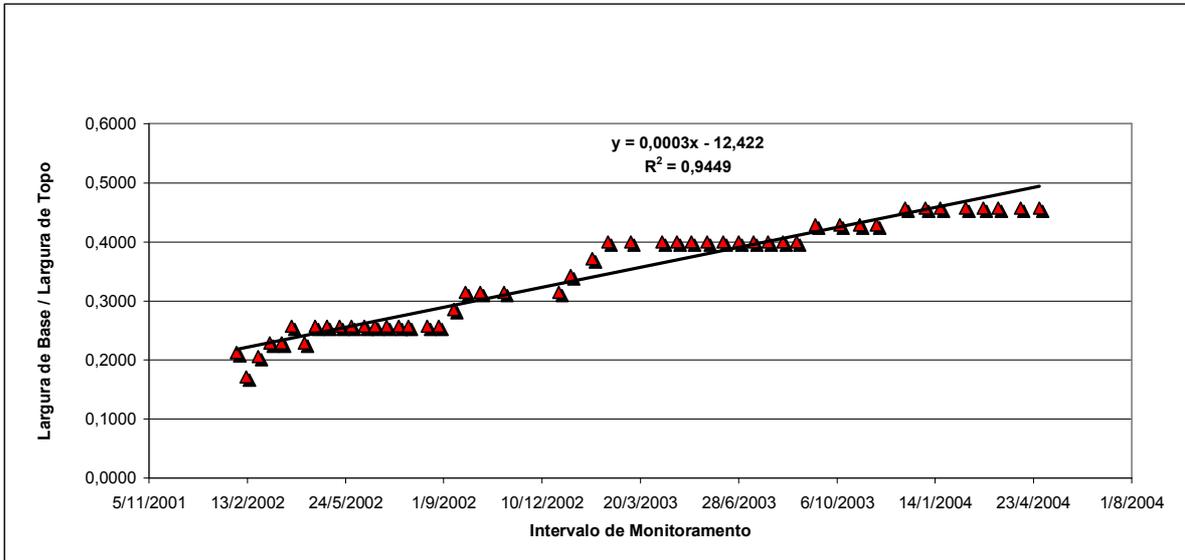


Figura 39 – Relação entre Largura de Base pela Largura de Topo X Intervalos de Monitoramento Seção Intermediária - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

A Figura 40 ilustra o aprofundamento no Perfil de Intermediário relacionando Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima por Intervalos de Monitoramento. O gráfico mostra uma dispersão menos uniforme do que o da Figura 34, indicando inclusive nos seus primeiros pontos a queda do talude que houve nas primeiras medições que alterou a geometria do perfil.

Da mesma forma nota-se a dinâmica de aprofundamento com o período de chuvas e uma dinâmica menos modeladora no período de seca, porém mesmo neste período cabe destacar que houve pequenas modificações no canal. A figura apresenta também uma relação entre as variáveis muito grande $R^2 = 0,87$.

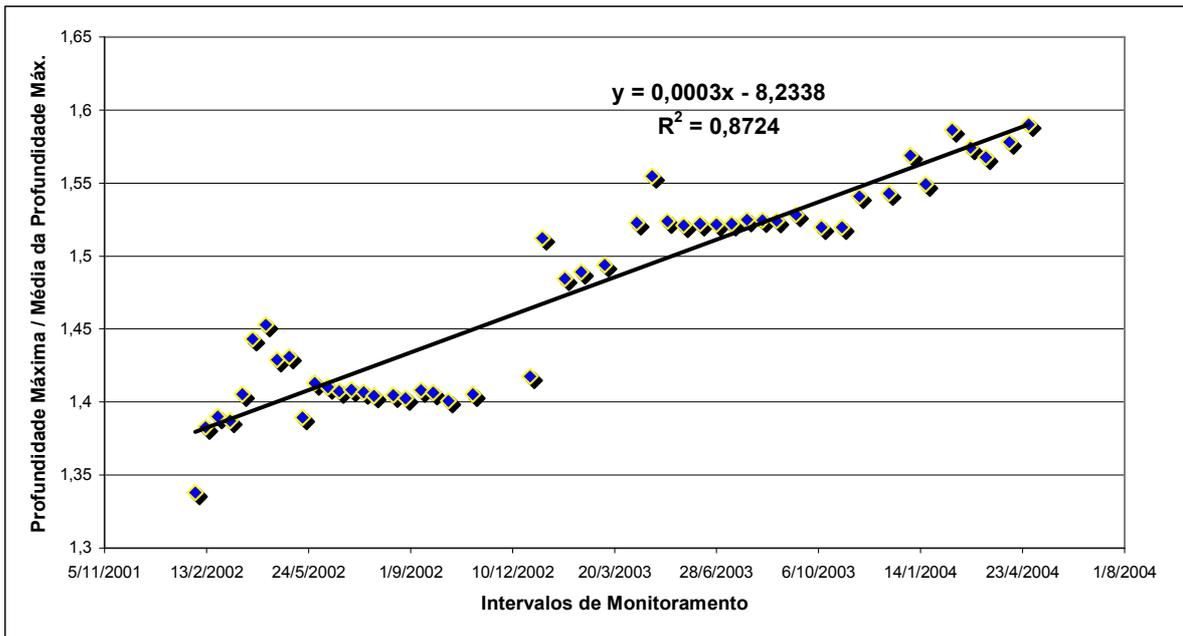


Figura 40 – Relação entre Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima X Intervalos de Monitoramento – Seção Intermediária - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Com relação à área do Perfil Intermediário graficamente apresenta-se da maneira exposta na Figura 41 com forte relação linear $R^2 = 0,94$.

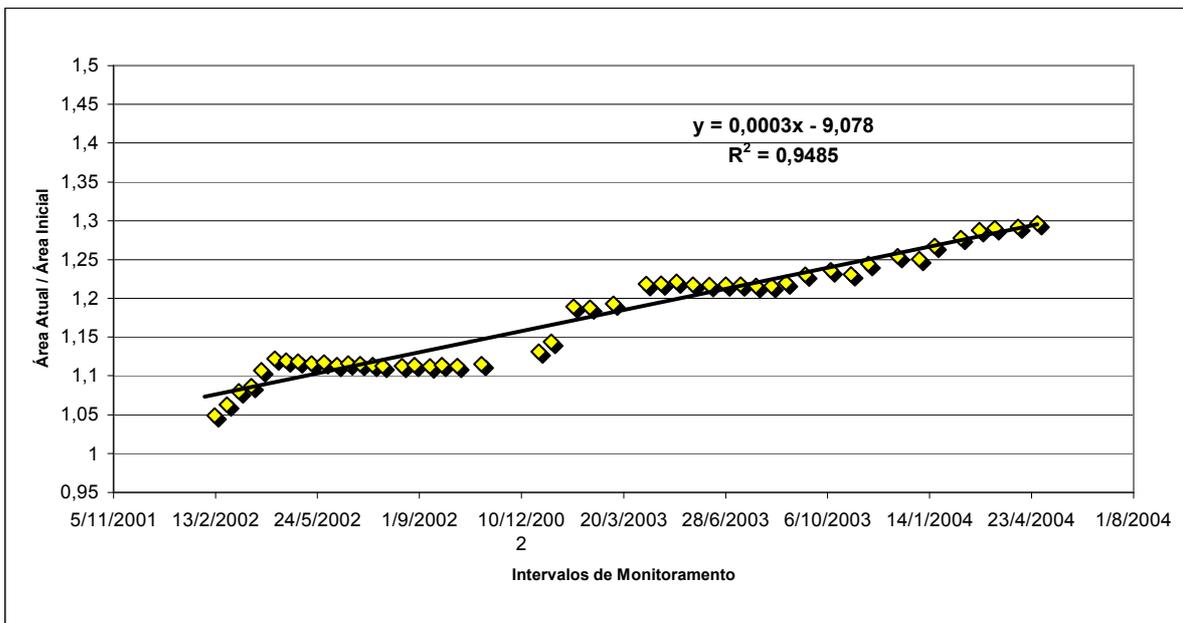


Figura 41 – Relação entre Evolução da Área Atual pela Área Inicial por Intervalos de Monitoramento – Seção Intermediária - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

As informações trabalhadas da Área Atual pela Área Inicial serviram para confrontar com as variáveis de Largura de Base pela Largura de Topo chegando aos indicadores da Figura 42. Nela nota-se uma relação extremamente forte entre os dados de Largura e Área alcançando um coeficiente de correlação de $R^2 = 0,94$.

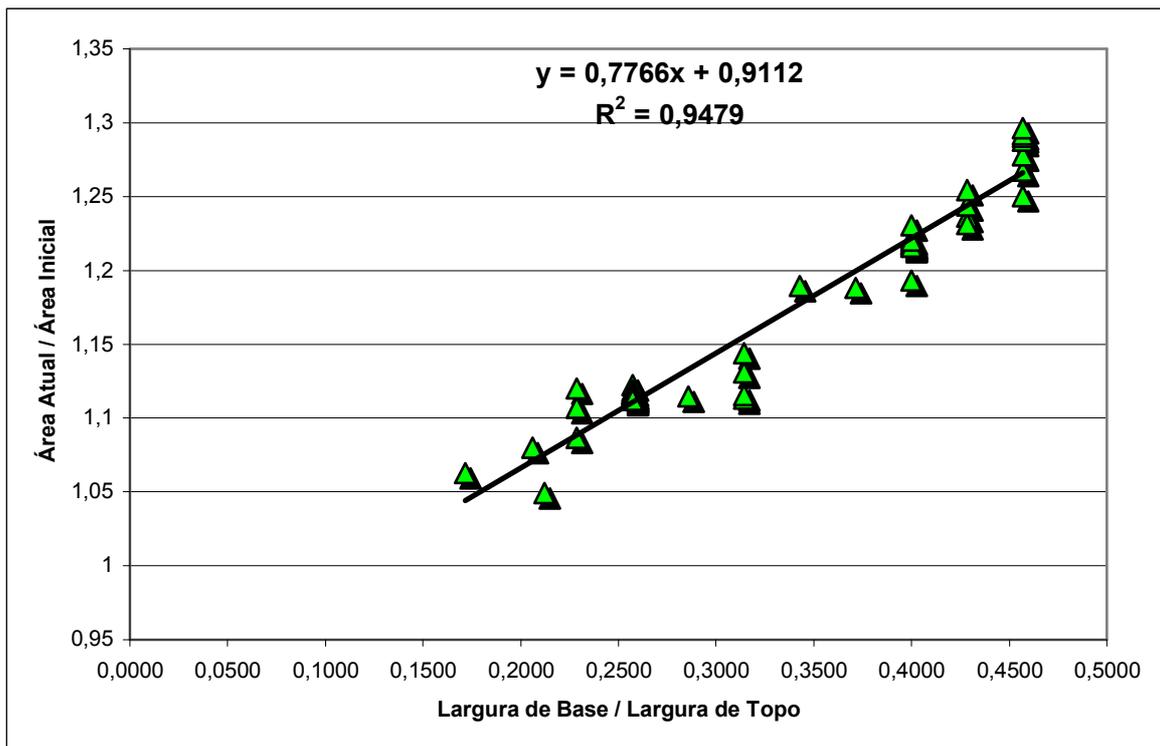


Figura 42 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial X Largura de Base pela Largura de Topo – Seção Intermediária - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Na Figura 43 tem-se a inter-relação da Área Atual pela Área Inicial por Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima. O gráfico novamente mostra uma forte relação entre as variáveis com $R^2 = 0,93$. O desgaste em profundidade e em largura é diretamente proporcional ao avanço evolutivo da área, pois a retirada de sedimentos é progressiva.

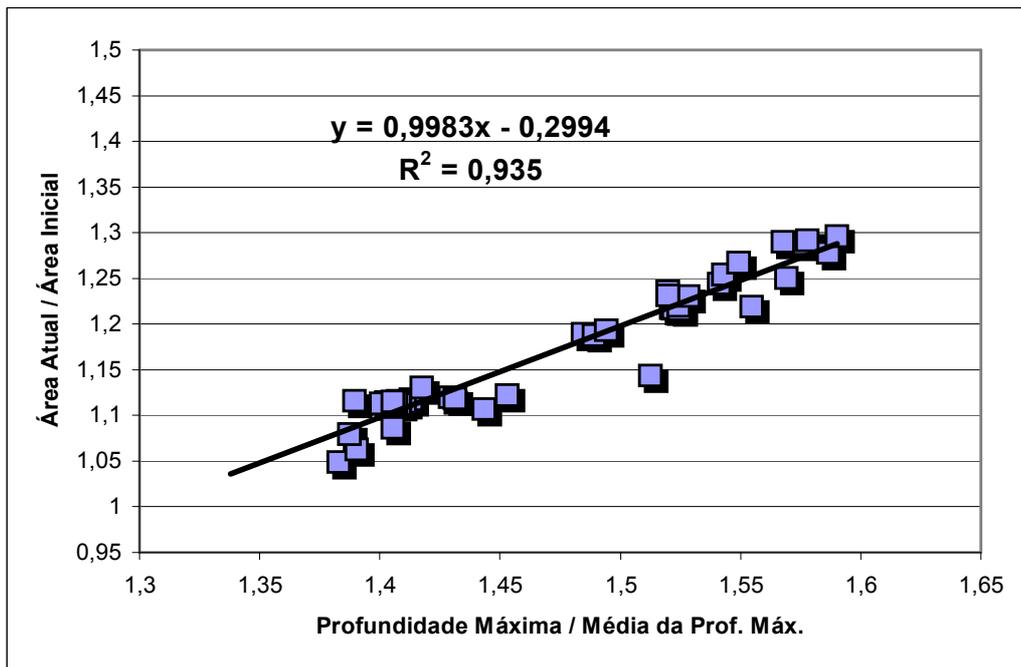


Figura 43 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial por Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima – Seção Intermediária - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Por último na Figura 44 tem-se a relação entre as variáveis de Profundidade e Largura que possuem uma forte relação $R^2 = 0,88$, pois profundidade e largura aumentam com proporcionalidade alta.

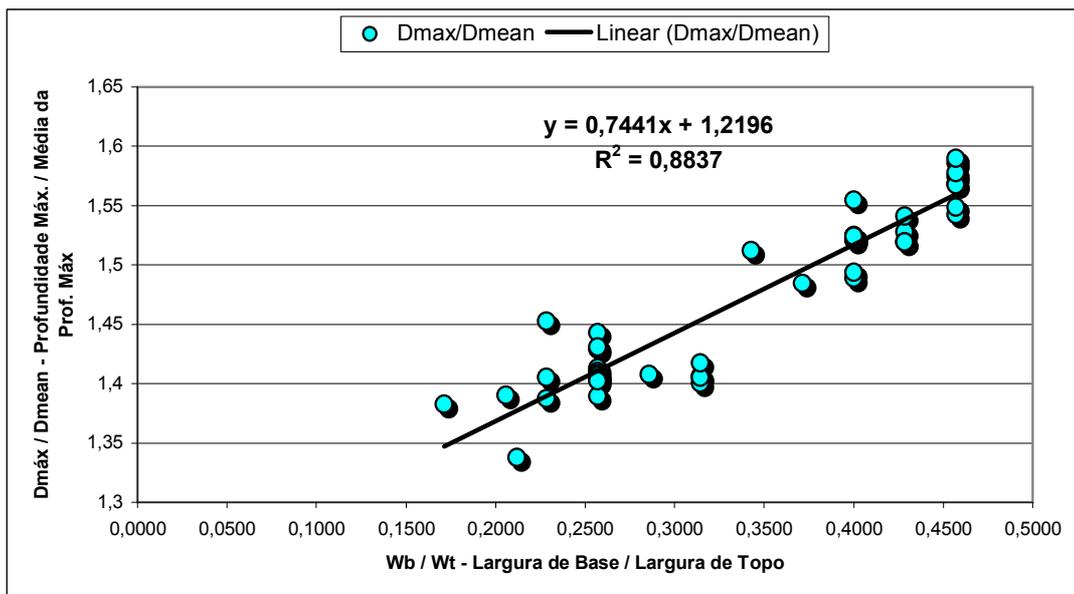


Figura 44 – Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima por Largura de Base pela Largura de Topo – Seção Intermediária - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

9.3 – Seção Transversal de Jusante

Na Figura 45 observa-se a evolução da Largura de Base pela Largura de Topo ao longo do período de monitoramento. Assim como no Perfil Intermediário os indicadores possuem uma forte relação, apesar de um pouco menor, apresentando coeficiente de correlação de $R^2 = 0,88$. Na figura nota-se nos momentos de crescimento gráfico também a coincidência com os picos de chuvas e na estação seca, não sofrendo grandes alterações. Percebe-se ainda que a evolução gráfica foi menos ativa do que no Perfil Intermediário.

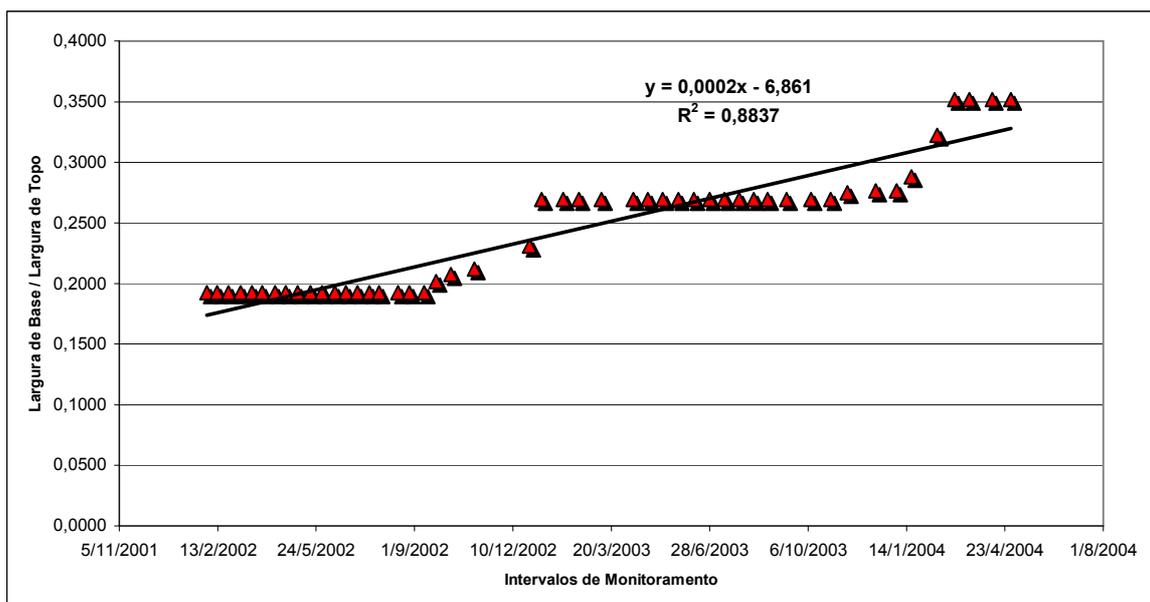


Figura 45 – Relação entre Largura de Base pela Largura de Topo X Intervalos de Monitoramento Seção de Jusante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

O aprofundamento na Seção Transversal de Jusante relacionando Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima por Intervalos de Monitoramento está ilustrado na Figura 46. O gráfico mostra uma dispersão inicial

no final do período chuvoso 2001 para 2002 onde ocorreu um acúmulo pequeno de sedimentos no canal, porém a própria vazão deste promoveu a retirada de parte dos sedimentos durante a estação seca.

Ocorrem maiores modificações na geometria do perfil na volta do período de chuvas 2002 para 2003, sendo que novas alterações somente no retorno do período de chuvas 2003 para 2004. A figura apresenta também uma relação representativa entre as variáveis com $R^2 = 0,84$.

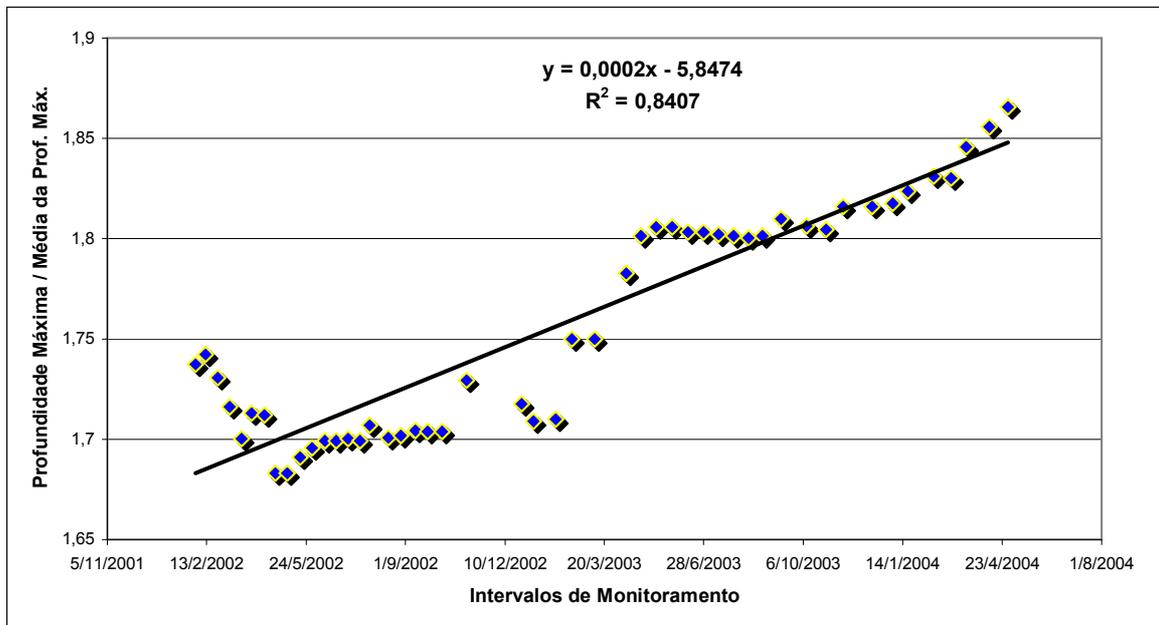


Figura 46 – Relação entre Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima X Intervalos de Monitoramento – Seção de Jusante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

A área do Perfil Jusante comportou-se graficamente como o demonstrado pela Figura 47, apresentando uma forte relação linear $R^2 = 0,95$.

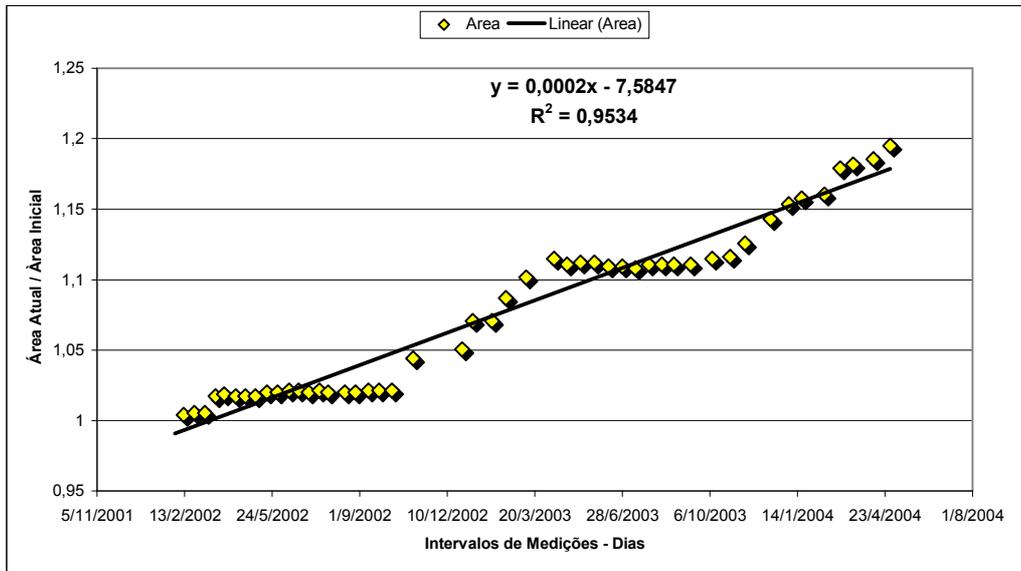


Figura 47 – Relação entre Evolução da Área Atual pela Área Inicial por Intervalos de Monitoramento – Seção de Jusante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

As informações trabalhadas da Área Atual pela Área Inicial serviram para confrontar com as variáveis de Largura de Base pela Largura de Topo, chegando aos indicadores da Figura 48. Nela nota-se uma relação extremamente forte entre os dados de Largura e Área alcançando um $R^2 = 0,94$.

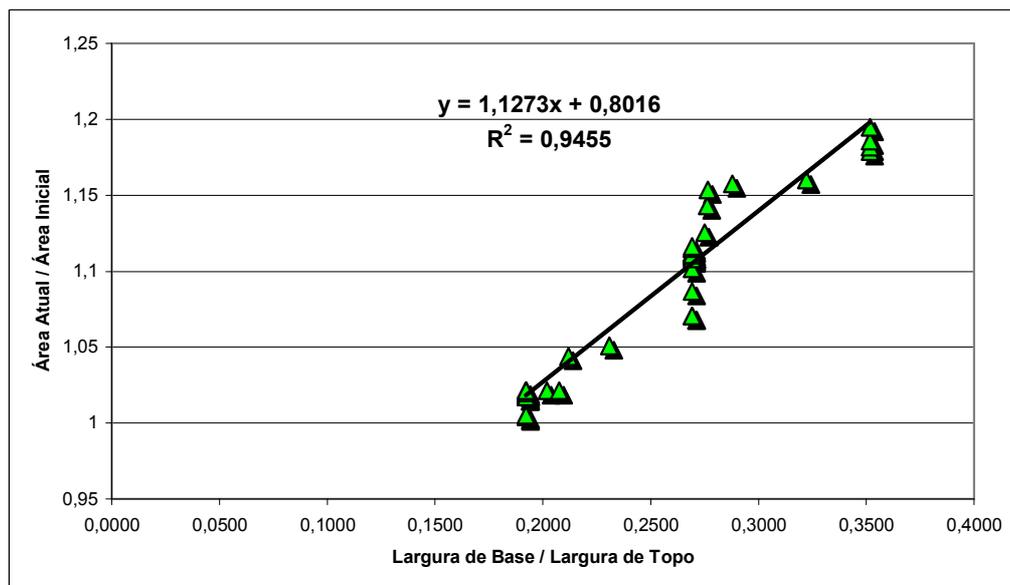


Figura 48 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial X Largura de Base pela Largura de Topo – Seção de Jusante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Na Figura 49 tem-se a inter-relação da Área Atual pela Área Inicial por Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima. O gráfico novamente mostra uma forte relação entre as variáveis com $R^2 = 0,90$.

A perda de sedimentos é progressiva, assim como na Figura 48 o desgaste em profundidade e em largura é diretamente proporcional ao avanço evolutivo da área.

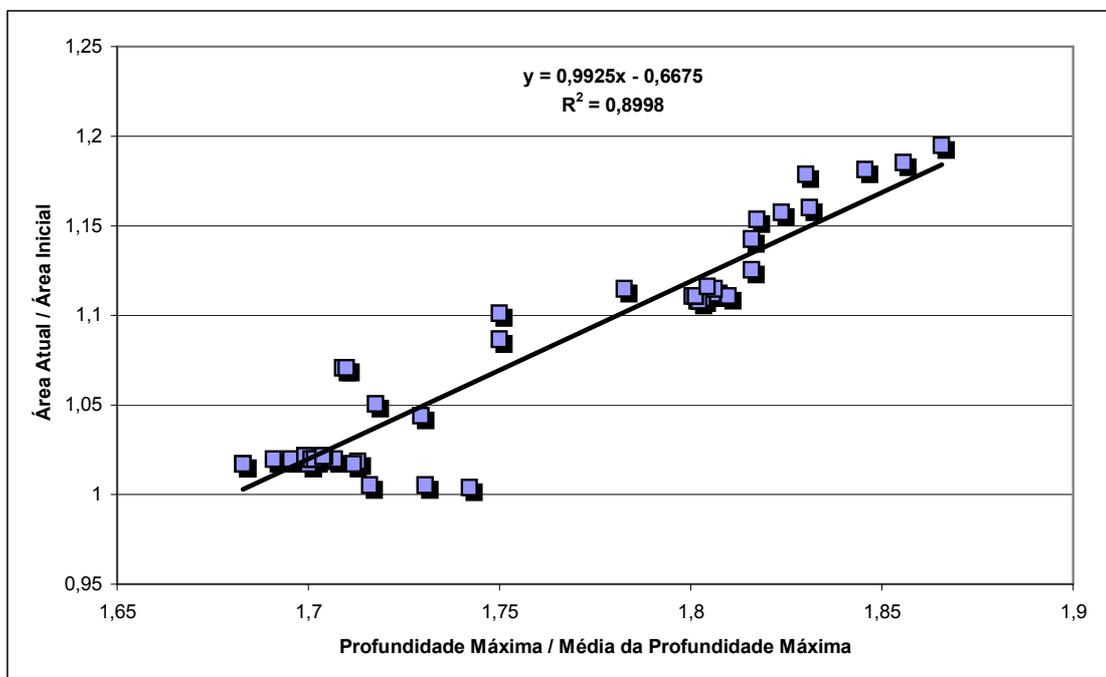


Figura 49 – Relação entre Área Atual pela Área Inicial por Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima – Seção de Jusante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

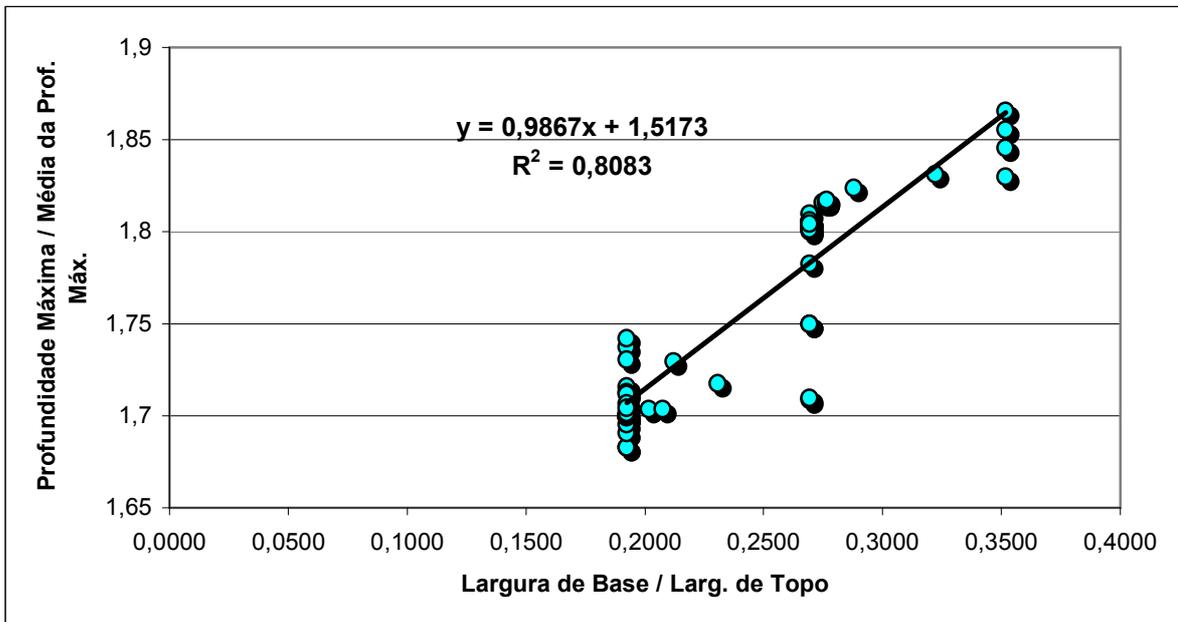


Figura 50 – Profundidade Máxima pela Média da Profundidade Máxima por Largura de Base pela Largura de Topo – Seção de Jusante - Autor: Roberto Reis Alves – dezembro/2004

Por último na Figura 50 apresenta-se a relação entre as variáveis de Profundidade e Largura, as quais possuem uma relação representativa com um coeficiente de correlação $R^2 = 0,80$, pois profundidade e largura aumentam com proporcionalidade.

Nas três Seções Transversais o que se nota é uma forte influência sazonal. Nos períodos de seca correspondente aos meses de abril a setembro, ocorrem poucas ou nenhuma alteração na largura, profundidade e conseqüentemente na área. Já no período de chuvas de outubro a março ocorrem profundas alterações tanto na largura, quanto em profundidade e na área. Com o aumento do escoamento superficial e pela concentração de fluxo, há o aumento da força modeladora provocando profundas mudanças no corpo da voçoroca e, portanto nas Seções Transversais como pôde ser visto nos gráficos de Largura de fundo / Largura de

Topo; Profundidade Máxima / Média da Profundidade Máxima e Área Atual / Área Inicial.

Cada uma das três Seções possui peculiaridades pontuais que determinam a maior ou a menor ocorrência de mudanças na morfometria. Isto pode ser facilmente comparado quanto se observa os coeficientes de correlação. Na Seção de Montante, onde houve as maiores modificações os coeficientes foram em alguns momentos os que tiveram menores índices, quando comparados com dados das outras Seções Intermediária e Jusante. Mesmo sendo menores apresentaram fortes correlações.

Como a metodologia adotada se preocupou com as informações dentro de cada Seção, as modificações próximas foram quantificadas pelo monitoramento justamente nos momento de preenchimento e saída rápida de material, o que na Seção de Montante foram fortemente influenciados pelas quedas de talude, colapsos nas paredes laterais, ações antrópicas (pisoteio do gado, represamento parcial etc), os quais modificavam a seção, influenciando e sendo constatada na análise e nos gráficos morfométricos.

Na Seção intermediária, além de sofrer as mesmas influências que a de Montante ocorreu o preenchimento do fundo do canal por uma manilha, o que também resultou numa fraca porém perceptível influência na correlação das variáveis, pois as mesmas poderiam ser um pouco mais elevadas. Já na Seção de Jusante ocorreram mais modificações antrópicas e de bioturbação, pois a água no local foi parcialmente represada em alguns momentos da pesquisa e ainda houve alterações provocadas por animais (roedores, tatu etc) que vivem na vereda, o que também teve pouca influência sobre os resultados das equações.

10 – Qualidade da Água no Ambiente de Pesquisa

Uma preocupação ao longo da pesquisa era para saber da qualidade da água intermitente dentro do canal da voçoroca no intuito de constatar se havia algum tipo de poluição que pudesse estar potencializando o desgaste erosivo, como no caso do aumento do pH, ou que tivesse um grau de poluição elevado que permitisse a proliferação de algas ou contaminado por algum outro tipo de resíduo que pudesse causar prejuízos maiores à população.

Fizemos a opção de coletar água em dois momentos da pesquisa, o primeiro no período de seca e o segundo momento no período de chuva para saber se existia ou não algum tipo de contaminação e se existia quantificá-la. As amostras de água foram analisadas pelo Laboratório de Efluentes e Resíduos Sólidos do SENAI – Uberlândia, seguindo a metodologia da ABNT.

Foram escolhidos, conforme colocado anteriormente, sete indicadores físico-químicos para a análise de contaminação: Cor aparente (mg Pt / l); Temperatura (°C); Dureza Cálcica (mg / L); Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg O₂ / L); Oxigênio Dissolvido (mg O₂ / L); Ph; Dureza Magnésica (mg /L).

Como em nossa pesquisa não era o principal objetivo fazer uma análise mais detalhada da qualidade da água e sim verificar alguns indicadores básicos de contaminação nos detivemos de maneira simplificada aos sete parâmetros físico-químicos escolhidos, sendo que na classificação do COPAM/86 o uso preponderante da água está classificado como de Harmonia paisagística enquadrando-se na classe 4.

Os dados coletados no período de chuva e no de seca na área de estudo estão dispostos no Quadro 10:

Quadro 10 – Indicadores Físico Químicos Coletados no Interior da Voçoroca

Períodos	Indicadores Físico-Químicas	Resultados
CHUVA	Cor Aparente (mg Pt / l)	50.00
	Dureza Cálcica (mg / L)	8.74
	Demanda Bioq. de Oxig. (mg O ₂ / L)	3.62
	Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ / L)	5.20
	pH	7.16
	Temperatura (°C)	27.00
	Dureza Magnésica (mg /L)	9.77
SECA	Cor Aparente (mg Pt / l)	7.50
	Dureza Cálcica (mg / L)	10.55
	Demanda Bioq. de Oxig. (mg O ₂ / L)	1.30
	Oxigênio Dissolvido (mg O ₂ / L)	6.70
	pH	7.19
	Temperatura (°C)	26.00
	Dureza Magnésica (mg /L)	1.69

Fonte : Laboratório SENAI – Uberlândia/MG (2004) – Organizador: ALVES, R. R. (2005)

De acordo com os resultados apresentados a Cor nos dois momentos estava dentro dos padrões que podem ser de até 75 (mg Pt / l). A variação ocorrida na Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B.O.) e no Oxigênio Dissolvido (O.D.) nos dois períodos foram pequenas, sendo que no período de chuvas houve maiores índices na D.B.O. por ter muita água no sistema vinda por escoamento superficial para dentro do corpo da voçoroca, influenciando inclusive sobre a Cor aparente.

Com relação à Temperatura a variação foi mínima, o pH apresentou-se entre 7,16 e 7,19 sendo, portanto considerada uma água alcalina, pois o pH é maior que

7. Já os dois tipos de Dureza a Cálcica e a Magnésica variaram assim no período a primeira 1,81 (mg / L) no período de seca aumentou e a segunda sofreu aumento no período de chuva 8,08 (mg / L), as duas mostrando índices menores que 50 (mg / L), sendo consideradas em termos de dureza água mole.

No Artigo 7º da Resolução CONAMA nº 20/1986, para a Classe 4 são estabelecidos os seguintes limites:

“a) materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausente; b) odor e aspectos não objetáveis;d) substancias facilmente sedimentáveis que contribuam para o assoreamento de canais de navegação: virtualmente ausentes; f) OD superior a 2,0 mg/l O₂, em qualquer amostra; g) pH: 6 a 9.”

De acordo com os padrões CONAMA (1986), todos os indicadores analisados na área de estudo não mostram qualquer tipo de anormalidade que a desqualifique da Classe 4 (Quadro 2), porém cabe ressaltar que o Artigo 7º prevê para essa classe a ausência de sedimentos que provoquem assoreamento e todo o trabalho demonstra que a voçoroca é uma importante fonte de saída de material sedimentável, que impacta sobre toda a rede hidrológica sendo este um importante fator a ser notado havendo portanto a necessidade de medidas mitigadoras para reduzir a intensa dinâmica erosiva do local.

11 - Considerações Finais

Esta pesquisa procurou compreender o comportamento evolutivo da voçoroca mediante a análise de elementos aceleradores do processo como: ações antrópicas e os efeitos mecânicos provenientes da energia das precipitações e escoamento. Por meio do monitoramento foi possível a elaboração de um banco de dados que permitiu chegar a algumas conclusões do processo de acordo com as características físico-ambientais local e regional.

A dinâmica do processo erosivo torna-se muito mais agressiva no período chuvoso, pois a energia das águas ataca toda superfície interna e aumenta a profundidade da voçoroca. Já no período de seca o processo erosivo é quase inerte, salvo as exceções das ações antrópicas no local como queimadas e pisoteio do gado, este último ocorre em função da mancha urbana ter alcançado áreas rurais. No período seco destaca-se a forte atuação dos processos físicos, provocando fissuras ao longo de todas as paredes da voçoroca, o que facilita no período chuvoso a atuação das águas.

É muito comum este tipo de dinâmica na região de cerrado, em função de um período de seis meses com chuvas e outros seis de estiagem. Embora haja diferenças o que se percebeu na pesquisa é que um período está intimamente ligado ao outro. O período de estiagem prepara o solo para as ações de desgaste erosivo, alterando as formas da voçoroca no período de chuvas quando a energia cinética potencializada pela concentração das chuvas modifica a sua morfometria. Além do tipo de solos da região apresentar forte presença de areias, o que os torna mais susceptíveis a erosão.

Então, a cada ciclo chuvoso o processo erosivo é ativado tendo variação somente em seus pontos de maior dinâmica ou de mudanças rápidas de forma, como foi o caso da Seção Transversal de Montante em relação às outras duas, porém o desgaste erosivo é uma constante ao longo do corpo da voçoroca. De acordo com os resultados alcançados certamente o próximo ciclo de chuvas alterará o ponto mais dinâmico, o qual estará constantemente num processo remontante em relação às três Seções adotadas pela pesquisa, sendo que os valores mostrados indicam que as formas da voçoroca evoluem em direção a média e a alta vertente em comprimento, alargamento e profundidade.

Com relação à eficácia do equipamento nos momentos iniciais da pesquisa ocorreram problemas, justamente por não ser feito do material apropriado, procurando soluções idealizamos um material mais resistente de fácil transporte por ser retrátil e didático em campo para facilitar as medições anexando à trena e estendendo a corda com cores alternadas para não confundir as medições em locais profundos dentro do corpo da voçoroca. A técnica utilizada da régua retrátil, com a trena e com a corda dividida por cores, associada os outros recursos materiais mostrou-se eficiente, pois os dados correspondem ao desgaste erosivo real ocorrido na área durante o período de monitoramento, havendo uma margem de erro nas medições entre 0,5 e 1,00cm.

Vale salientar que, este estudo gerou uma variada gama de dados, os quais foram analisados pela vertente aqui apresentada, porém as informações geradas possibilitam outros tipos de estudos (análises) e a possibilidade de continuidade do monitoramento ou outros tipos de pesquisas na área permitindo agregar novas informações sobre este processo erosivo no futuro.

Os resultados demonstrados pela evolução das seções transversais comprovam ser a voçoroca uma importante e impactante fonte de sedimentos sobre os recursos hídricos da qual a Bacia Hidrográfica faz parte, pois em alguns pontos as perdas mensais variaram entre 6 a 10cm, isto mostra a quantidade de perda de solo de dentro e de áreas adjacentes a voçoroca evidenciando o elevado grau de evolução da dinâmica erosiva, a qual se não forem tomadas medidas minimizadoras poderá alcançar dimensões ainda maiores.

Portanto, os resultados obtidos serão de importante relevância para o planejamento das autoridades governamentais para a elaboração e execução de obras de recuperação e recomposição desta e de outras áreas dentro do perímetro urbano ou mesmo no meio rural, pois por meio desses indicadores pode-se antever novas ocupações que serão feitas no município a fim de organizar espacialmente a cidade e ao mesmo tempo preservar o meio natural. As informações mostram claramente que a falta de algum tipo de medida minimizadora da dinâmica erosiva da voçoroca irá resultar em proporções ainda maiores a cada ciclo chuvoso, chegando a atingir as edificações irregulares dentro da APP e aumentando a degradação do meio ambiente.

Os resultados então possibilitaram propor algumas medidas mitigadoras para minorar os impactos ambientais ao longo da área de estudo e da Bacia do Córrego Mogi, são elas:

- A transformação da área hidromórfica de fato em APP (Área de Preservação Permanente), desapropriando as edificações que está dentro do perímetro previsto em lei, recuperando a área da voçoroca com gabiões ou o uso de biotexteis nas paredes laterais, fazer curvas de nível para

reduzir a energia do escoamento superficial, retirar a água da cabeceira, dispor barreiras naturais dentro do corpo da voçoroca e revegetando tanto dentro quando nas proximidades da mesma evitando seu avanço;

- Tornar o sítio que abriga a vereda e a nascente do Mogi em uma unidade de conservação, sendo que uma solução rápida e conciliadora poderia ser a implantação de uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), que ainda garante ao proprietário incentivos fiscais e não implica em desapropriação, ressaltando que dentro do sítio existe uma grande área preservada de cerrado *stricto sensu* a qual já existe projeto de loteamento;
- Substituição das áreas loteadas na APP e das áreas de pastagens do sítio onde se localiza a nascente do Mogi, por faixas de recuperação (plantio) da cobertura vegetal com espécies nativas;
- Por já estar previsto nas Leis municipais oferecer de fato incentivos como, por exemplo, desconto no IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) aos moradores do Bairro Jardim Botânico, por ser um loteamento grande e se localizar numa vertente tributária do Córrego Mogi, para que mantenha, em seus lotes, uma área permeável considerável (jardim, gramado, horta etc), a fim de reduzir o escoamento superficial e seu conseqüente assoreamento;

Quanto ao crescimento científico a pesquisa possibilitou desenvolver uma técnica própria com resultados pertinentes, os quais contribuíram no entendimento em parte dos processos erosivos e de sua dinâmica em área de Cerrado. Como projetos futuros à investigação de meios de recuperação de áreas degradadas, com

espécies arbóreas adequadas associadas a outras técnicas como biotexteis ou outros materiais biodegradáveis será certamente um dos focos principais de tese de doutorado.

12 – Referências Bibliográficas

A ÚLTIMA ARCA DE NOÉ: ECOSSISTEMAS BRASILEIROS. Disponível em: <http://www.ultimaarcadenoe.com/cerrado.htm>. Acessado em: 14 set. 2003.

ALVES, Roberto Reis; REIS, Ricardo Alves; RODRIGUES, Silvio Carlos. Monitoramento de Voçoroca por Método de Estaqueamento e Perfilagem Interna em Uberlândia-MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA e ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, V e I., 2004, Santa Maria - RS. **Anais: Geomorfologia e Riscos Ambientais**. Santa Maria – RS : UFSM, 2004. CD-ROM.

ALVES, Roberto Reis; REIS, Ricardo Alves; RODRIGUES, Silvio Carlos. Dinâmica da Evolução de Processo Erosivo na Bacia do Córrego Lagoinha na Cidade de Uberlândia-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, X., 2003, Rio de Janeiro - RJ. **Anais: Temas e debates da geografia física na contemporaneidade**. Revista do Departamento de Geografia (Geo UERJ). Rio de Janeiro - RJ: UFRJ, 2003. CD-ROM e Revista On-line.

ALVES, Roberto Reis; REIS, Ricardo A.; RODRIGUES, Silvio C. Dynamics of erosive process in the city of Uberlândia (Central Brazil). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM LAND DEGRADATION AND DESERTIFICATION (COMLAND), 2003, Catamarca (Argentina). **Anais Land Degradation and Desertification**. Catamarca (Argentina): UNCA, 2003. p. 30.

ALVES, Roberto Reis; REIS, Ricardo Alves; RODRIGUES, Silvio Carlos. Impactos ambientais de processos erosivos em microbacia hidrográfica no município de Uberlândia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4., 2002, São Luís. **Anais**. São Luís: UFMA, 2002.

ALVES, R. R.; et alli. As intervenções antrópicas no processo de gênese e evolução do relevo: caso do Córrego Lagoinha – Uberlândia/MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9., 2001, Recife. **Anais Construindo a Geografia para o Século XXI**. Recife: UFPE, 2001. p. 121-122.

ANGELO, C.; MELLO, M.; VOMERO, M. F. A era da falta d'água. **Super Interessante**. São Paulo, ano 14, nº 7, p. 48-54, jul. 2000.

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

BACCARO, Claudete A. Dallevedove. *As Unidades Geomorfológicas e a erosão nos chapadões do Município de Uberlândia*. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 6 (11 e 12): 19-33, Janeiro/Dezembro 1994.

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

BACCARO, Claudete A. Dallevedove. *Unidades Geomorfológicas do Triângulo Mineiro Estudos Preliminar*. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 3 (5-6): 37-42, dezembro 1991.

BACCARO, Claudete A. Dallevedove. *Estudos Geomorfológicos do Município de Uberlândia*. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 1 (1): 17-21, junho 1989.

BARCELOS, José Humberto. *Geologia Regional e Estratigráfica Cretácea do Triângulo Mineiro*. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, 5 (9 e 10): 9-24, janeiro/dezembro 1993.

BORGES, R. E. **As indústrias de produtos alimentares de Uberlândia: redes e fluxos**. 2000. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2000. Dissertação de Mestrado.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia Fluvial**. 2ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1988. 313p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20, 18 de junho de 1986. Regulamenta a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial a defesa dos seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 30 set. 1986.

COUTINHO, M. Leopoldo. Aspectos do Cerrado. São Paulo. Disponível em: <http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos_vegetacao.htm>. Acessado em: 12 set 2003.

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

CUNHA, S. Baptista da. Geomorfologia Fluvial. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B da (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 221-246p.

EMBRAPA – **Manual de Métodos e Análises de Solo**. SNLS – Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, 1979.

FAO (Food and Agriculture Organization). Técnicas de gerência do runoff para o controle da erosão e o conservação da umidade do solo. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/T1696E/t1696e02.htm>. Acessado em: 20 ago 2004.

FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente). Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.feam.br/Qualidade_Ambiental/Qualidade_da_Agua_e_do_Solo/embh.htm>. Acessado em: 07 ago 2004.

FERNANDES, Nelson F; AMARAL, Cláudio P. do. Movimentos de Massa: uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B da (Org). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. 123-185p.

FONSECA, Jairo Simon da; MARTINS, Gilberto de A.; TOLEDO, Geraldo Luciano. Correlação na amostra. In: **Estatística Aplicada**. 2ed. São Paulo: Atlas, 1995. 11-66p.

GUERRA, Antônio J. Teixeira. O início do processo erosivo. In: GUERRA, Antônio J. Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosangela G. Machado (Org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 17-55p.

GUERRA, Antônio J. Teixeira. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, Antônio J. Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 149-197p.

FILIZOLA, Heloisa F. Compactação e erosão do solo. In: HAMMES, V. S. (Org.). **Julgar, percepção do impacto ambiental**. 1ª. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 38-39p.

HUDSON, N. W. Reconnaissance methods. In: **Field measurement of soil erosion and runoff**. Bedford United Kingdom: Silsoe Associates Ampthill, 1993. (Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1993). Disponível em: <http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/T0848E/T0848E00.htm>. Acesso em: 23 jun. 2003.

IONITA, Ion. Hydraulic efficiency of the discontinuous gullies. **Catena**. Amsterdam-Netherlands, v. 50, p.369-379, jan. 2003. Número Especial.

LEOPOLD, Luna B.; WOLMAN, M. Gordon; MILLER, John P. Water and Sediment in Channels. In: **Fluvial Processes in Geomorphology**. 2ed. Nova York : Dover Publications, 1995. p.151-195.

LEOPOLD, Luna B.; WOLMAN, M. Gordon; MILLER, John P. Channel Form and Process. In: **Fluvial Processes in Geomorphology**. 2ed. Nova York : Dover Publications, 1995. p.198-328.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2000. 178p.

MAFRA, Neusa M. Costa. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, Antônio J. Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela G. Machado (Org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 57-99p.

MARQUES, João Fernando. Agricultura e meio ambiente. In: HAMMES, V. S. (Org.). **Julgar, percepção do impacto ambiental**. 1ª. Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 69-74p.

MENDES, P. C. F. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na Cidade de Uberlândia**. Uberlândia: UFU, 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia).

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell color soil charts**. Baltimore, Maryland USA, 1975. 16fls.

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

OYGARDEN, L. Rill and gully development during an extreme winter runoff event in Norway. **Catena**. Amsterdam-Netherlands, v. 50, p.217-242, jan. 2003. Número Especial.

OLIVEIRA, Marcelo A. Teixeira de. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, Antônio J. Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosangela G. Machado (Org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 57-99p.

PESSÔA, V.L.S. **Ação do estado e as transformações agrárias no cerrado das zonas de Paracatu e Alto Paranaíba**. Rio Claro: IGCE/ UNESP, 1988, 239p. (Tese de Doutorado).

PLOEY, J. de. Threshold Conditions for thalweg gullying with special reference to Loess areas. **Catena Supplement**. In: BRYAN, Rorke B. (editor). **Soil Erosion: experiments and models**. Cremlinger-Destedt, W. Germany, v. 17, p.147-151, 1990.

POESEN, J., HOOKE, J.M. Erosion, flooding and channel management in Mediterranean Environments of southern Europe. In: **Progress in Physical Geography** 21 (2), 157–199. 1997.

POESEN, J. et al. Importance of slope gradient and contributing area for optimal prediction of the initiation and trajectory of ephemeral gullies. **Catena**. Amsterdam-Netherlands, v. 37, p.377-392, out. 1999.

POESEN, J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, G. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**. Amsterdam-Netherlands, v. 50, p.91-133, jan. 2003. Número Especial.

REIS, Ricardo Alves; ALVES, Roberto Reis; RODRIGUES, Silvio Carlos. Dinâmica de Sedimentos em Canal de Voçoroca Durante a Estação Seca: Estudo de Caso na Cidade de Uberlândia-MG. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA e ENCONTRO SUL-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA, V e I., 2004, Santa Maria - RS. **Anais: Geomorfologia e Riscos Ambientais**. Santa Maria – RS : UFSM, 2004. CD-ROM.

REIS, Ricardo Alves; ALVES, Roberto Reis; RODRIGUES, Silvio Carlos. Mapa geomorfológico dinâmico da Bacia Hidrográfica do Córrego Lagoinha. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 4., 2002, São Luís. **Anais**. São Luís: UFMA, 2002.

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

RODRIGUES, S. C. **Análise empírica experimental da fragilidade relevo-solo no cristalino do Planalto Paulistano**: sub-bacia do reservatório Billings. São Paulo: USP, 1998. Dissertação (Doutorado em Geografia).

ROSS, J. L. S. Geomorfologia diagnósticos ambientais. In: **Geomorfologia ambiente e planejamento**. 5ed. São Paulo: Contexto, 2000. p. 14-15.

SALOMÃO, Fernando X. de Tavares. Controle e prevenção de processos erosivos. In: GUERRA, Antônio J. Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, Rosângela G. Machado (Org). **Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 229-267p.

SANTOS, Elza Cristina. **Jardim Karaíba: uma inovação dos anos 1980 no conceito de morar em Uberlândia**. Uberlândia: UFU, 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia).

SCHANABEL, S. **Soil Erosion and Runoff Production in a Small Watershed Under Silvo-pastoral Landuse (Dehesas) in Extremadura, Spain**. 1. ed. Logroño-Espanha: Geoforma Ediciones, 1997. 159p. (PhD)

SCHNEIDER, M. de Oliveira; BATISTA, I. T. Análise Ambiental do córrego Buritizinho, Uberlândia – MG. **Revista sociedade e Natureza**, Uberlândia, 7 (13 e 14), p. 113-122, jan/dez 1995.

SCHNEIDER, M. de Oliveira. **Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente**. 1996. 132pg. Dissertação de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1996.

SECRETÁRIA DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA. **Cartas de Declividade no Planejamento**: Concepção e Problemas de sua Redação. Governo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1979.

SILVA, A . Maria. **Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos**: projetos de pesquisa, monografias, dissertações e teses / Ângela Maria Silva, Maria Salete de Freitas Pinheiro, Nara Eugênia de Freitas. – Uberlândia: UFU, 2000. 163p.

SILVA, Alexandre Marco da; SHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa de. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 1. ed. São Carlos – SP: RIMA, 2003. 140p.

Soil Science Society of America, 2001. **Glossary of Soil Science Terms**. Madison, (WI): Soil Science Society of America. Disponível: <<http://www.soils.org/sssagloss/>>. Acessado em: 20 ago 2004.

TORRI, Dino; BORSELLI, Lorenzo. Equation for high-rate gully erosion. **Catena**. Firenze, Itália, v. 50, n. 2-4, p. 449-467, jan. 2003.

ZHENG, Fenli; HUANG, Chi-hua. **Gully erosion**. Indiana (U.S.A.): Encyclopedia of Soil Science, 2002. Disponível em: <<http://www.dekker.com/servlet>>. Acessado em: 11 out. 2004.

ANEXOS

Anexo I – Ficha de anotação de Campo

Data		/		/											
Ponto P3C-4D (r,g,w)				Ponto P5E-6F (r,g,w)				Ponto P7G-8H (r,g,w)							
1	w			37	w			1	w			1	w		
2	r			38	r			2	r			2	r		
3	g			39	g			3	g			3	g		
4	w			40	w			4	w			4	w		
5	r			41	r			5	r			5	r		
6	g			42	g			6	g			6	g		
7	w			43	w			7	w			7	w		
8	r			44	r			8	r			8	r		
9	g			45	g			9	g			9	g		
10	w			46	w			10	w			10	w		
11	r			47	r			11	r			11	r		
12	g			48	g			12	g			12	g		
13	w			49	w			13	w			13	w		
14	r			50	r			14	r			14	r		
15	g			51	g			15	g			15	g		
16	w			52	w			16	w			16	w		
17	r			53	r			17	r			17	r		
18	g			54	g			18	g			18	g		
19	w			55	w			19	w			19	w		
20	r			56	r			20	r			20	r		
21	g							21	g			21	g		
22	w							22	w			22	w		
23	r							23	r			23	r		
24	g							24	g			24	g		
25	w							25	w			25	w		
26	r							26	r			26	r		
27	g							27	g			27	g		
28	w							28	w			28	w		
29	r							29	r			29	r		
30	g							30	g			30	g		
31	w							31	w			31	w		
32	r							32	r						
33	g							33	g						
34	w							34	w						
35	r							35	r						
36	g							36	g						
CROQUI E OU OBSERVAÇÕES															

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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