

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

Dissertação de Mestrado

**Evolução de Feições Erosivas na Microbacia do Córrego
Boa Vista – Prata/MG**

Wellington Carlos Vieira

**Uberlândia (MG)
2006**

WELLINGTON CARLOS VIEIRA

**Evolução de Feições Erosivas na Microbacia do Córrego
Boa Vista – Prata/MG**

Dissertação de mestrado apresentado ao programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, com requisito à obtenção do título de mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Nishiyama

Uberlândia /MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
Programa de Pós-graduação em Geografia

Wellington Carlos Vieira

**Evolução de Feições erosivas na Microbacia do Córrego
Boa Vista – Prata/MG.**

Prof. Dr. Luiz Nishiyama (Orientador) - UFU

Profa. Dra. Suely Regina Del Grossi – Univ. Católica

Profa. Dra. Vânia Silvia Rosolen - UFU

Data: ____/____ de ____

Resultado: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Leontina
Alves Vieira e Antônio Carlos Vieira, a minha
esposa Lílían Eny de Oliveira e toda minha
família, especialmente a minha avó Marciana
Alves Neto (in memórian).

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me dar à vida e permitir que grandes conquistas chegassem até mim.

Tenho muito a agradecer ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Luiz Nishiyama que me acolheu nesta jornada contribuindo para a execução desta obra.

Agradeço a minha eterna professora, tutora e amiga, Prof^a Dr^a Claudete Aparecida Dallevedove Baccaro pela fundamental importância no meu crescimento profissional e pessoal.

Ao Malaquias e Rosângela por terem cuidado tão bem de mim, durante todo o tempo que estive no Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos.

A minha amiga Ângela Soares e ao amigo Péricles que tanto me ajudaram durante toda a trajetória da pós-graduação, principalmente com os trabalhos de campo.

Um agradecimento muito especial, ao Técnico Paulino, que me ajudou muito com os ensaios laboratoriais e os trabalhos de campo, se mostrando uma grande pessoa e um grande amigo.

Agradeço muito a colaboração e ao acolhimento do Sr. Carivaldo e a Sr^a Marlene proprietários da fazenda Boa Vista.

A minha esposa Lílían Eny de Oliveira, pois sei que para ela era muito difícil ter uma pessoa tão perto e ao mesmo tempo tão distante, diante do objetivo que havia traçado em minha vida.

A todos os colegas da Geografia que me acompanharam no decorrer da vida acadêmica, principalmente ao Cristiano Santos, Josenilson, Carlos Alberto, José Carlos, Gilberto, Carlos Medeiros, Edeílson e Moacir.

Aos meus amigos da ACS Call Center que indiretamente muito contribuíram para que esta dissertação fosse realizada, principalmente ao amigo Diego Dias que periodicamente me

substituía em minhas atribuições, ao Wagner França e Cristiano Santos que consentiram, sem criar barreiras que eu me ausentasse da empresa para estudar, além é claro de todos os outros amigos que de uma forma ou de outra acabaram me ajudando na minha ausência.

A todos amigos da Escola Municipal Profº Ladário Teixeira que me acompanharam e me aconselharam muito nos momentos finais desta dissertação.

Mas o agradecimento especial deixo a minha esposa, a meus pais e irmãos pela paciência e tolerância diante de momentos muito difíceis para mim nesta caminhada, pois tenho a consciência de que para me dedicar aos estudos muitas vezes faltei com atenção e com presença a vocês.

Enfim, a todos que, direta ou indiretamente colaboraram no desenvolvimento desta pesquisa, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A região da Serra da Boa Vista, situada no Triângulo Mineiro/MG, é caracterizada por relevos residuais do Grupo Bauru (Formações Marília e Adamantina). Não diferente de outras áreas que desenvolve atividades agropecuárias do Brasil, o uso do solo desencadeou alguns problemas ambientais. A erosão do solo se manifesta como o maior problema para as pessoas que fazem o uso da terra, pois se destaca entre os maiores causadores de prejuízos econômicos e ambientais em razão da impossibilidade de utilização de extensas áreas e desvaloriza a propriedade. O objetivo do trabalho foi caracterizar e avaliar os fatores responsáveis pelo desenvolvimento de feições erosivas (voçorocas), em área localizada na Serra da Boa Vista, delimitada pelas coordenadas geográficas 19°29' 14.0" de latitude sul/ 49°12' 56.2" de longitude oeste. Levantamentos de campo, ensaios de laboratório em mecânica dos solos e de campo (*in situ*) foram realizados na tentativa de compreender os fatores e os processos responsáveis pelo desenvolvimento destas feições erosivas. Resultados de análises granulométricas do solo evidenciaram um intervalo entre 49,2% e 73,3% de areia, 14,9% e 26,3% de Silte e 11,8% e 27,1% de argila. Ensaio de permeabilidade realizados *in situ*, com uso do infiltrômetro de Guelph, se obteve valores de coeficientes de permeabilidade (k) de solo relativamente elevados, da ordem de 10^{-3} cm/s. A realização do ensaio de adensamento possibilitou a obtenção da porosidade do solo (η) e o seu índice de vazios. O uso do azul de metileno para obtenção da capacidade de troca catiônica (CTC) e da superfície específica (SE), evidenciou valores relativamente altos da CTC em amostras do lado direito da erosão em razão do elevado teor de matéria orgânica presente nas camadas superficiais do solo. Amostras de solo do lado esquerdo apresentaram valores inferiores. A erodibilidade do solo foi quantificada por meio do ensaio de absorção de água e perda de massa por imersão, os resultados obtidos apresentam uma alta desagregabilidade do solo quando imerso de água. A partir dos dados de ensaios de laboratório e de campo pode-se afirmar que, a origem e

evolução das feições erosivas (voçorocas) na área de pesquisa sofrem efeitos de fatores naturais e antropogênicos antagônicos: de um lado, os que predispõem à erosão (solos de características arenosas, declividade acentuada, uso do solo com a retirada da cobertura natural original, escoamento superficial de elevada energia proveniente das porções de topo dos residuais); do outro, os que tendem a dar estabilidade ao solo (presença da matéria orgânica que, em conjunto com as raízes das gramíneas, agrega o solo da porção superficial do perfil).

Palavras-chave: Erosão do solo, Voçoroca, Monitoramento, Ensaio de laboratório, Ensaio *in situ*.

RESUME

The region of Serra da Boa Vista, situated in the Triângulo Mineiro/MG, is characterized by residual relieves of formations Marília and Adamantina. Not different of other areas that develop farming activities of Brazil, the use of the ground resulted in some environmental problems. The erosion of the soil manifest as the biggest problem for the people who make the use of the land, and is between the greater causes of economic and environmental damages, in reason of the impossibility of use of extensive areas and devaluates the property. The objective of the work was to characterize and to evaluate the responsible factors for the development of erosive aspects (gullies) in an area delimited for this end, located in the Serra da Boa Vista, delimited for the geographic coordinates 19°29' 14.0" of south latitude/ 49°12' 56.2" of longitude west. Surveys of field, assays of laboratory in mechanics of ground and of field (*in situ*) had been realized in the attempt to understand the responsible factors and processes for the development of these erosive aspects. Results of grain sized analyses of the soil, had evidenced an interval between 49,2% and 73,3% of Sand, 14.9% and 26.3% of Silte and 11.8% and 27.1% of Clay. Permeability tests realized *in situ*, with use of the Guelph Infiltrometer, got values of coefficients of permeability (k) relatively raised, in order of 10^{-3} cm/s. The accomplishment of the consolidation test made possible the gain of the porosity (η) of the soil and its void ratio. The use of the Blue one of Methylene for

attainment of the Cationic Exchange Capacity (EC) and of the Specific Surface (SS), evidenced relatively high values of the EC in samples of the right side of the erosion in reason of the raised rate of present organic substance in the superficial layers of the ground soil samples of the left side had presented inferior values. The erodibility of the soil was quantified by means of the water absorption test and Loss of Mass for Immersion, the gotten results presents a high dispersibility of the soil when immersed of water. From the data of field and laboratory tests, it can be affirmed that the origin and evolution of the erosive aspects (gullies) in the studied area, suffer effect from natural factors and antropogenics antagonistics: of one side, the ones that premake the erosion (soil of arenaceous characteristics, accented declivity, use of the ground with the withdrawal of the original natural covering, superficial draining of raised energy proceeding from the portions of top of the residual ones); of the other, the ones that tend to give stability to the soil (presence of the organic substance that, in set with the grassy roots, adds the soil of the superficial portion of the profile).

Word-key: Erosion of the ground, Gully, Monitoring, Laboratory tests, in situ tests.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Mapa de localização da área de estudo	4
Figura 02: Desmatamento no topo da serra da Boa Vista	25
Figura 03: Esquema do permeâmetro de Guelph	29
Figura 04: Permeâmetro de Guelph - ensaio de infiltração	33
Figura 05: Ensaio de absorção	35
Figura 06: Ensaio de imersão	36
Figura 07: Ensaio de adensamento	38
Figura 08: Ensaio de sedimentação	44
Figura 09: Estação seca na serra do Boa Vista	65
Figura 10: Estação úmida (verão) na serra do Boa Vista	66
Figura 11: Seção 1 – Est. Exp. Boa Vista	73
Figura 12: Processo erosivo ativo - seção 1/Est. Boa Vista.	74
Figura 13: Árvore caída na seção 1 da Est. Boa Vista	76
Figura 14: Seção 2 – Est. Exp. Boa Vista	79
Figura 15: Seção 3 da Est. Exp. Boa Vista	81
Figura 16: Seção 4 da Est. Exp. Boa Vista	82
Figura 17: Seção 5 – Est. Exp. Boa Vista	84
Figura 18: Seção I – Est. Hidromórfica	86
Figura: 19 – Lírio de São José _ Vegetação que auxilia na contenção da erosão na estação Sede.	87
Figura 20: Seção 2 – Est. Exp. Sede	89
Figura 21: Seção 3 – Est. Exp. Sede	91
Figura 22: Seção 3 b – Estação Experimental Sede.	93
Figura 23: Seção IV – Est. Hidromórfica	94
Figura 24: Seção 5 – Est. Exp. Sede: Lírio de São José	96
Figura 25: Seção 6 – “Entulhamento” da seção	98
Figura 26: Precipitação mensal da região do Boa Vista – Prata/MG	102
Figura 27 – Gráfico dos coef. de permeab. no perfil vertical do solo – Est. Exp. Sede	104
Figura 28 – Gráfico dos coef. de permeab. no perfil vertical do solo – Est. Exp. Boa Vista – “Pto 01”	105
Figura 29 – Gráfico dos coef. de permeab. no perfil vertical do solo – Est. Exp. Boa Vista - “Pto 02”	105
Figura 30 – Gráfico dos coef. de permeab. no perfil vertical do solo – Est. Exp. Boa Vista - “Pto 03”	106
Figura 31 – Gráfico dos coef. de permeab. no perfil vertical do solo – Est. Exp. Boa Vista – “Pto 04”	106
Figura 32 – Gráfico de Absorção de água	111
Figura 33 – Índice de absorção pela porcentagem de perda por imersão	111
Figura 34 – Curva granulométrica (peneiramento e sedimentação)	115
Figura 35 – Valores de superfície específica em amostras de solos	117

LISTA DE TABELAS

Pág.

Tabela 01 - Unidades geomorfológicas dos relevos residuais	61
Tabela 02: Monitoramento da Est. Exp. Boa Vista – Prata/MG – “Seção 1”	78
Tabela 03: Monitoramento da Est. Exp. Boa Vista – Prata/MG – “Seção 2”	80
Tabela 04: Monitoramento da Est. Exp. Boa Vista – Prata/MG – “Seção 3”	83
Tabela 05: Monitoramento da Est. Exp. Boa Vista – Prata/MG – “Seção 4”	83
Tabela 06: Monitoramento da Est. Exp. Boa Vista – Prata/MG – “Seção 5”	85
Tabela 07: Monitoramento da Est. Exp. Hidromórfica – Prata/MG – “Seção 1”	88
Tabela 08: Monitoramento da Est. Exp. Sede – Prata/MG – “Seção 2”	90
Tabela 09: Monitoramento da Est. Exp. Hidromórfica – Prata/MG – “Seção 3”	91
Tabela 10: Monitoramento da Est. Exp. Sede – Prata/MG – “Seção 3b”	92
Tabela 11: Monitoramento da Est. Exp. Hidromórfica – Prata/MG – “Seção 4”	95
Tabela 12: Monitoramento da Est. Exp. Sede – Prata/MG – “Seção 5”	97
Tabela 13: Monitoramento da Est. Exp. Sede – Prata/MG – “Seção 6”	98
Tabela 14: Monitoramento da Est. Exp. Sede – Prata/MG – “Seção 7”	99
Tabela 15: Tabela de precipitação da região do Boa Vista - Prata/MG	101
Tabela 16: Relação do coeficiente de permeabilidade com tipos de solos	103
Tabela 17 – Índice de erodibilidade do Solo a 0,6 Metro - Seção 01	117
Tabela: 18 – Índice de erodibilidade do Solo a 0,6 Metro - Seção 02.	118
Tabela: 19 – Índice de erodibilidade do Solo a 0,60 Metro - Seção 03.	118
Tabela: 20 – Índice de erodibilidade do Solo a 01 Metro - Seção 01.	119
Tabela: 21 – Índice de erodibilidade do Solo a 01 Metro – Seção 02.	110
Tabela: 22 – Índice de erodibilidade do Solo a 01 metro – seção 03	110
Tabela 23 – Ensaio de adensamento de solo – 40 cm – Est. Exp. Boa Vista	112
Tabela 24: Escala granulométrica ABNT	113
Tabela 25: Média de valores da distribuição granulométrica das amostras de solo da área de estudo	114
Tabela 26 – Superfície específica de azul de metileno e capacidade de troca de cátions	116

LISTA DE MAPAS

	Pág.
Mapa 01: Mapa geomorfológico da microbacia do córrego Boa Vista – Prata/MG	62
Mapa 02: Mapa de declividade da microbacia do córrego Boa Vista – Prata/MG	63
Mapa 03: Uso do solo na microbacia do córrego Boa Vista – Prata/MG	71

SUMÁRIO

	Pág.
1 – Introdução	1
1.1 – Localização da área de estudo	3
2 - Objetivo Geral	5
2.1 - Objetivos Específicos	5
3 - Pressupostos teóricos metodológicos	6
3.1 - Teorias geomorfológicas sobre erosão	6
3.2 - Erosão _ “causas – conseqüências – contenção”	12
3.3 - Gênese e morfogênese das formas de erosão acelerada na área de estudo	17
3.4 – Ação antrópica	27
4 – Material, procedimentos e técnicas.	28
4.1 – Materiais	28
4.2 – Procedimentos e técnicas	31
4.2.1 – Ensaio “in situ”	33
4.2.1.1 - Ensaio de infiltração (permeâmetro de Gueph)	33
4.2.2 – Ensaio de laboratório	35
4.2.2.1– Absorção de água e perda de peso por imersão	35
4.2.2.2 – Adensamento do solo	38
4.2.2.3 - Teor de umidade e massa específica natural	41
4.2.2.3.1 - Determinação do teor de umidade (W)	41
4.2.2.3.2 - Massa específica natural	43
4.2.2.4 - Ensaio de granulometria	44
4.2.2.5 – Adsorção do azul de metileno	50
5 – Caracterização física da área	53
5.1 – Geologia	53
5.2 – Geomorfologia	56
5.3 – Clima	64
5.4 – Solos	67
5.5 – Vegetação	68
6 - Resultados	72
6.1 - Monitoramento das estações experimentais	72
6.1.1 – Estação experimental Boa Vista	72
6.1.2 - Estação experimental Sede	86
6.2 – Informações sobre precipitação na região do Boa Vista	100
6.3 – Infiltração	103
6.3.1 – Estação experimental Sede	104
6.3.2 – Estação experimental Boa Vista	105
6.4 – Absorção de água e perda de peso por imersão	107
6.5 – Adensamento do solo	112
6.6 – Granulometria	113
4.6 – Adsorção do azul de metileno	116
7 – Conclusão	118
8 – Considerações finais	122
9 – Referências bibliográficas	123

1 – INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, mas assim como outras paisagens naturais do globo terrestre vem sendo intensamente degradado sem que haja qualquer preocupação com o seu potencial em termos de recursos naturais (flora, fauna, água dentre outros).

A degradação do bioma Cerrado passou a ser mais intensificada, graças a incentivos do governo para a sua ocupação. Para isto o governo federal criou o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados – POLOCENTRO, por meio do decreto n.º 75.320, de 21/01/1975, com área de atuação nos estados de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, onde se concentram 80% dos cerrados brasileiros. A ação do POLOCENTRO pautou-se na integração entre a pesquisa, a assistência técnica, o crédito rural orientado e o apoio à infraestrutura-armazenagem, estrada e eletrificação (CAMPOS & BACCARO, 2000).

Com ao desenvolvimento veio também à agressão à natureza e dentre os vários desastres ambientais que o cerrado vem sofrendo, a erosão se destaca entre os de maiores prejuízos econômicos e financeiros, pois, causa além de infertilidade do solo, as terras que apresentam estas feições geomorfológicas são muito desvalorizadas.

Quando compreendida as causas reais de formação dos processos erosivos, poderemos propor, principalmente para os agricultores, uma forma melhor para planejar e manejar o solo, sem que haja uma degradação tão intensa do solo e novos processos erosivos se formem.

A forma como a vertente é ocupada tem um papel de suma importância para os aspectos morfológicos daquela vertente, pois dependendo do uso, sua degradação pode ser intensificada ou não.

Dentre as várias atividades antrópicas, a atividade agropecuária teve papel significativo no processo de descaracterização das estruturas físicas das áreas de cerrado.

Na região do Triângulo Mineiro o uso do solo tradicionalmente é destinado à pecuária, o que acaba elevando a ocorrência dos processos erosivos acelerados, devido principalmente à retirada da vegetação natural para o plantio da pastagem.

Por mais que o desenvolvimento seja algo que não possa ser contido, cabe a comunidade científica, a responsabilidade de tentar diagnosticar estes impactos, sendo necessário o conhecimento da paisagem como um todo, afim de que possamos entender os processos que levaram o relevo, a fauna, a flora e toda paisagem natural a atingir o estágio atual em que se encontra e qual o grau de participação do homem neste processo.

Através deste trabalho poderemos conhecer mais sobre a fragilidade das vertentes e como as práticas econômicas e sociais estão degradando as mesmas. Os impactos ambientais podem ser reduzidos drasticamente, se houver um planejamento antes do uso do solo, assim como orientação sobre medidas de contenção e medidas de prevenção.

Para entendermos as causas que levam as feições erosivas, temos que levar em consideração as ações antrópicas do passado e do presente, acreditando que as alterações são bruscas e rápidas, se comparadas às do tempo geológico e todo processo é intensificado pela retirada da vegetação que protege o solo, alterando a capacidade de infiltração e o deixando mais vulnerável a erosão.

Mas as feições erosivas não surgem apenas por um motivo, mas sim por um conjunto de motivos que acabam por desestabilizar a encosta. Para entendermos as causas da evolução das voçorocas na área de pesquisa, realizamos uma série de ensaios de laboratório para compreensão do comportamento do solo.

1.1 - Localização da área de estudo

O município do Prata/MG faz parte da microrregião do Pontal do Triângulo Mineiro. É o maior município da região possuindo uma área de 4.760 km², sendo um importante centro de pecuária da região.

Prata tem uma posição central mediana entre os municípios das vertentes do rio Paranaíba e do rio Grande, sendo cortado de sudeste para noroeste pelos alto e médio curso do Rio da Prata, afluente do rio Paranaíba.

Apresenta limites com os municípios de Campina Verde, Ituiutaba, Monte Alegre de Minas, Uberlândia, Veríssimo, Campo Florido e Comendador Gomes.

O município dista cerca de 80 km do principal centro econômico do Triângulo Mineiro, a cidade de Uberlândia.

A pesquisa foi desenvolvida numa região do município do Prata onde predominam feições residuais de relevo desenvolvidas por dissecação dos arenitos e calcários das Formações Marília e Adamantina do grupo Bauru.

A área é conhecida como Serra da Boa Vista, onde outras feições residuais se acham presentes, tais como: Serra das Laranjeiras, Serra do São Lourenço, Serra da Caçada Feia e Serra do Salto.

A Serra da Boa Vista, assim como todo o conjunto de feições residuais da região, funciona como divisor de águas entre as bacias dos rios Paranaíba e rio Grande.

A microbacia do Córrego Boa Vista encontra-se entre os residuais da Serra da Boa Vista, no município do Prata/MG.

A área delimitada para o estudo encontra-se entre as coordenadas: 19°29' 14.0" de latitude sul/ 49°12' 56.2" de longitude oeste, na fazenda Boa Vista, conforme figura 01 abaixo.

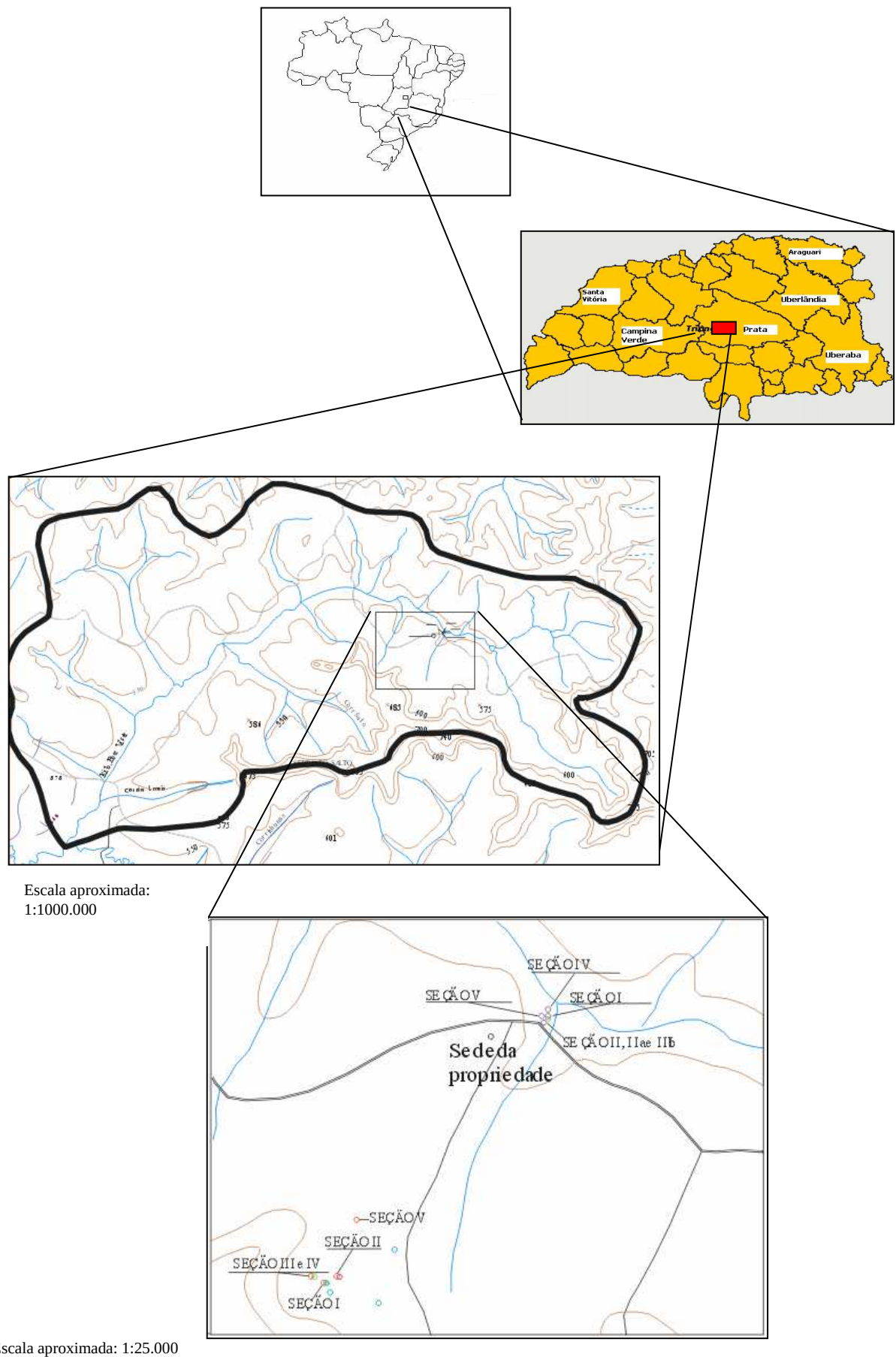


Figura 01: Mapa de Localização da área de estudo
 Autor: OLIVEIRA.L.F.M, adaptado VIEIRA.W.C. – 2006

2 - OBJETIVO GERAL

Caracterizar e avaliar os fatores responsáveis pelo desenvolvimento de feições erosivas nos solos de uma área sob domínio de relevos residuais das formações Marília e Adamantina.

2.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender a dinâmica da erosão do solo e as feições erosivas resultantes mediante consultas a literaturas que tratam ao assunto.
- Identificar e caracterizar diretamente no campo as aferentes feições erosivas presentes na área de estudo e os processos responsáveis pelo seu desenvolvimento.
- Quantificar a velocidade de desenvolvimento de feições erosivas.
- Relacionar os índices pluviométricos com o desenvolvimento das feições erosivas.
- Avaliar as características físicas dos solos e a sua relação com a evolução das feições erosivas.
- Avaliar a influência antrópica no desenvolvimento das feições erosivas.

3 - PRESSUPOSTOS TEÓRICOS METODOLÓGICOS

3.1 - Teorias Geomorfológicas sobre erosão

Do ponto de vista morfodinâmico BACCARO (1994b), enfatiza que o relevo do Triângulo Mineiro vem sendo elaborado desde o Terciário, propiciando extensas pediplanações, pedimentação, laterização e dissecação, levando o relevo a possuir as formas conhecidas na atualidade.

Os estudos que envolvem o aprofundamento do conhecimento sobre os mecanismos formadores das feições erosivas e os indicadores geomorfológicos nos fornecem à compreensão mais real sobre a evolução e dinâmica atual das vertentes nas paisagens do cerrado brasileiro.

Quanto à morfogênese das feições erosivas, CHRISTOFOLETTI (1980), enfatiza que em solos desprovidos de vegetação, o primeiro impacto erosivo sobre os solos é propiciado pela ação mecânica das gotas de chuva, que promove o arrancamento e deslocamento de suas partículas. Essa ação mecânica é exercida por causa da energia cinética das gotas, variável de acordo com o tamanho e conseqüentemente da velocidade das mesmas.

O impacto das gotas de chuva provoca movimentação das partículas de forma inconstante; uma mesma partícula ora pode ser atirada a jusante ora a montante, conforme a posição frente ao impacto da gota que a atinge. Não há adição imediata dos efeitos de montante para jusante, embora o saldo, em conjunto, seja positivo nesse sentido.

Como ponto de partida para o processo erosivo, CARSON e KIRKBY (1975) apontam o ciclo hidrológico, pois durante um evento chuvoso, parte da água cai diretamente no solo, ou porque não existe vegetação, ou porque a água passa pelos espaços existentes na cobertura vegetal, parte da água da chuva é interceptada volta à atmosfera, por evaporação, e outra parte chega ao solo, ou por gotejamento das folhas, ou escoando pelo tronco. A ação das gotas da

chuva diretamente, ou por meio do gotejamento das folhas, causa à erosão por salpicamento (*Splash*). A água que chega ao solo pode ser armazenada em pequenas depressões ou se infiltra, aumentando a umidade do solo, ou abastece o lençol freático. Quando o solo não consegue mais absorver água, o excesso começa a ser mover em superfície, podendo provocar erosão, através do escoamento das águas.

De acordo com GUERRA (1995), encontramos 03 tipos de erosão causada pela ação da água.

EROSÃO EM LAMINAR: O escoamento superficial se distribui pelas encostas de forma dispersa, não se concentrando em canais. O lençol de água que cobre a superfície do solo durante uma tempestade raramente se apresenta com profundidade uniforme e, em geral, ocorre de maneira anastomosada, sem canais definidos. Esta forma de erosão geralmente ocorre sob condições de chuva prolongada, quando a capacidade de infiltração de água no solo foi excedida e as suas depressões e irregularidades são totalmente preenchidas.

Quanto maior a turbulência do fluxo de água, maior a capacidade erosiva gerada por esse fluxo. O escoamento em lençol torna-se um processo erosivo efetivo, especialmente quando o lençol de água cobre grandes porções das encostas, em contraste com as pequenas áreas atingidas pelas ravinas.

EROSÃO EM RAVINAS: De acordo com Guerra (1995), as ravinas são formadas quando a velocidade do fluxo de água aumenta na encosta, provavelmente para velocidades superiores a 30 cm/s, tornando o fluxo turbulento.

As ravinas são, muitas vezes, características efêmeras nas encostas, sendo formadas após um evento chuvoso. A maior parte dos sistemas de ravinas é descontínua, isto é, não tem nenhuma conexão com a rede de drenagem fluvial. As ravinas são, quase sempre, iniciadas a uma distância crítica do topo da encosta, onde o escoamento superficial se torna canalizado.

Elas podem ser formadas próximas à base das encostas, onde uma pequena incisão recua em direção ao topo da encosta.

As gotas de chuva aumentam ainda mais a capacidade de transporte de um fluxo de água dentro das ravinas, através da remoção (*detachment*) de sedimentos, nas porções situadas entre as próprias ravinas. O desmatamento e o uso agrícola da terra podem acelerar os processos de formação de ravinas, em especial onde chuvas concentradas ocorrem em períodos em que os solos estão desprotegidos de cobertura vegetal, pois neste caso um grande volume de material pode ser erodido das encostas.

EROSÃO EM VOÇOROCAS: Guerra argumenta quanto à formação de voçorocas que as mesmas são características erosivas relativamente permanentes nas encostas, possuindo paredes laterais íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água em seu interior durante os eventos chuvosos. Algumas vezes as voçorocas se aprofundam de tal forma que chegam a atingir o lençol freático.

Comparando com os canais fluviais, as voçorocas possuem, geralmente, maior profundidade e menor largura. Elas estão associadas com processos de erosão acelerada e, dessa forma, com a instabilidade da paisagem.

Para o autor, o desmatamento, o uso agrícola da terra, o superpastoreio e as queimadas, quase sempre, são responsáveis diretos pelo surgimento de voçorocas, associados com o tipo de chuva e as propriedades do solo e podem ter origens variadas. Uma delas se refere ao alargamento e aprofundamento de ravinas, que se formam em uma determinada encosta. Estas voçorocas podem evoluir pela ação erosiva das águas, na base e nas laterais das ravinas, fazendo aprofundar e ao mesmo tempo alargar essas formas erosivas, começando a ocorrer um verdadeiro colapso de material, tanto nas laterais, como nas partes superiores, em direção ao topo das voçorocas. Parte desse material é transportado e depositado em áreas mais baixas ou em algum canal fluvial próximo. Existem várias classificações espalhadas pelo

mundo, sobre os limites, quanto à profundidade e largura, entre as ravinas e as voçorocas, segundo Goudie (1985), as ravinas podem ser obliteradas pelas máquinas agrícolas, enquanto que as voçorocas não podem.

Além destas 03 formas de erosão, existe ainda a EROSÃO POR SALPICAMENTO: também conhecida por erosão por *splash*, que segundo Guerra, ocorre como resultado das forças causadas pelo impacto das gotas de chuva. Uma gota de chuva, quando bate em um solo molhado, remove partículas que estão envolvidas por uma película de água. A gota se move lateralmente, mais ou menos quatro vezes à altura do deslocamento. Além das partículas serem transportadas pelo impacto causado pelas gotas de chuva, algumas são deslocadas pelo choque proporcionado por sedimentos que se batem uns contra os outros.

Guerra (*op.cit*) defende ainda que a erosão por *splash* pode diminuir em um determinado tipo de solo, especialmente se o próprio *splash* formar crostas na superfície, selando o solo e reduzindo a ação erosiva das gotas da chuva.

Segundo o IPT (1986), a erosão é o processo de “desagregação e remoção do solo de fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo e/ou organismos (plantas e animais)”.

As erosões de superfície gerada pelas águas de chuva passam por um processo evolutivo cujas fases poderiam ser classificadas como erosão laminar, sulcos, ravinas e voçorocas.

Existem, controvérsias quanto à fixação dos limites de cada fase, principalmente entre ravina e voçoroca. Alguns autores buscam ligá-las a aspectos geométricos e outros à presença ou não do lençol freático.

Para GUERRA (1995), as voçorocas são características erosivas relativamente permanentes nas encostas, possuindo paredes laterais íngremes e em geral, fundo chato,

ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os eventos chuvosos. As voçorocas podem se aprofundar até atingir o lençol freático.

A erosão pode ter um efeito catastrófico ao meio natural, apresentando uma facilidade de recuperação dependendo do estágio, capacidade técnica e financeira, porém se atinge um estágio mais avançado, torna-se de difícil solução, cabendo ao homem apenas a implementação de ações para amenizar os efeitos desastrosos desta agressão aos solos.

PONÇANO *et al* (1989), após algumas pesquisas em terrenos das formações geológica Marília, Adamantina entre outras no estado de São Paulo, concluíram que 38,6% das voçorocas ocorrem na Formação Marília e 9,2% na Formação Adamantina. Segundo os autores, ocorre a maior concentração de voçorocas sobre rochas areníticas com cimentação carbonática (local ou generalizada), como é o caso da Formação Marília. Outras formações areníticas não apresentaram muitas voçorocas.

A região da Serra da Boa Vista, se caracteriza pela ocorrência de litologia das formações Marília e Adamantina, muito similar à região descrita por Ponçano *et al* (1989), e ainda possui agravantes devido à área apresentar-se com elevadas declividades e com processos antropogênicos atuando com intensidade, o que acelera os processos erosivos.

De acordo com ROSS (1990), a atuação das forças endógenas e exógenas juntas e em oposição, determinam toda a existência e toda a dinâmica do meio biótico e abiótico da superfície terrestre. Assim, as formas que o relevo apresenta são ao mesmo tempo consequência da atuação dessas forças, bem como suas causas, pois através de variações topográficas e morfológicas abre-se espaço para a interferência da ação da gravidade, que possibilita, por exemplo, o deslocamento de matéria quer seja, líquida quer seja sólida das partes mais altas para as mais baixas, em um processo contínuo de desgastes dos terrenos elevados e de acumulação nos segmentos mais baixos.

A relação solo, relevo, geologia, clima e vegetação precisa ser entendida, para que os processos transformadores do relevo possam ser compreendidos, visto que qualquer modificação em um dos fatores descritos podem interferir na morfodinâmica da vertente.

Avaliando a infiltração da água no solo, GUERRA (1995), afirma que a água que infiltra por força de gravidade e capilaridade envolve cada partícula do solo formando uma fina película de água. Durante um evento chuvoso, os espaços entre as partículas são preenchidos por água e, desse modo, as forças capilares decrescem. As taxas de infiltração são mais rápidas no começo da chuva e diminuem até atingir o máximo que o solo pode absorver.

O ensaio de infiltração da água permite realizar esta análise, ao se determinar o tempo que o solo leva para saturar e com quanto de água inserido no meio e, paralelamente a isto, realizar algumas analogias com o perfil de solo apresentado.

Dependendo da textura do material analisado, pode-se ter diferentes taxas de infiltração. Solos arenosos possuem uma capacidade de infiltração muito maior do que os solos argilosos.

Segundo Guerra (1995), solos argilosos, com grandes agregados e presença de micro e macroporos podem absorver grande quantidade de água, aumentando as taxas de infiltração.

A variação das taxas de infiltração também são decorrentes das características momentâneas que o solo apresenta como o teor de umidade presente no solo, por exemplo. Uma vez ultrapassada a capacidade de infiltração do solo, estará o mesmo propício a formação do *runoff*.

Para CARVALHO (2001), a coesão dos agregados é fruto das interações eletromagnéticas entre as partículas de argila, nos solos caulíníticos. No entanto, nos solos tropicais e horizontes superficiais dois outros fatores contribuem para aumentar as forças de ligação entre as partículas, os cimentos e a matéria orgânica, o que propiciam a formação de agregações mais estáveis e o aumento da coesão.

3.2 - Erosão _ “Causas – Conseqüências – Contenção”

Várias das alterações que o homem causa ao ambiente, por mais que a primeira vista não se apresentem como negativas, após algum tempo poderá nos trazer algumas surpresas desagradáveis.

Alguns estudos nos mostram alternativas no controle e recuperação de áreas degradadas por processos erosivos.

CANIL *et al* (1996), apontam algumas orientações gerais para prevenção e recuperação de áreas críticas. Segundo o autor, na área rural, o controle dos processos erosivos devem ser feitos por meio de disciplina das águas superficiais nas áreas de cultura anual e adoção de práticas conservacionistas sem grande movimentação de terra através de plantio direto; culturas em faixas enleiramento de resíduos vegetais; capinas alternadas; cobertura morta; ceifa no mato; adubação adequada e cuidados fitossanitários; práticas conservacionistas que envolvem movimentação de terra, canais de coleta em terra ou gramados, desvios e estruturas de dissipação; obedecer às medidas citadas às normas estabelecidas por estudo prévio de capacidade de uso das terra, conservação e manutenção apropriadas.

No controle e estabilização de voçorocas propõe-se a minimização do aporte das águas pluviais das áreas de montante, através da implantação de estruturas de retenção e infiltração, disciplinamento das águas de subsuperfície através de drenos profundos; re-taludamento das paredes laterais da voçoroca; proteção superficial dos taludes, do fundo da cava e regiões circunvizinhas através de re-vegetação adequada; e instalação de estruturas de dissipação de energia das águas no ponto de descarga (CANIL, 1996).

O autor aponta ainda medidas institucionais sugerindo a agregação de entidades representativas da sociedade civil e do poder público, visando ações conjuntas para

recuperação de áreas degradadas; incorporação de orientações de ordem geotécnica ao plano diretor municipal, (...); criação de áreas de preservação permanente nas áreas críticas à erosão e nas áreas de recomposição de vegetação natural, através de legislação pertinente; estabelecer restrições ao uso do solo, em conformidade com o estabelecido em levantamentos de mapas de capacidade de uso das terras; (...).

BACCARO (1994b), propõem algumas sugestões e orientações de medidas preventivas para o combate à erosão, dividindo estas ações em práticas conservacionistas e técnicas alternativas para conter as ravinas e voçorocas. Segue abaixo algumas das medidas propostas pela autora:

a) Práticas conservacionistas

O homem deve ter um conhecimento prévio da susceptibilidade do solo à erosão. A partir desse conhecimento, adotar técnicas de cultivo e manejo dos recursos naturais mais adequados ao geoambiente a ser trabalhado. A unidade da bacia hidrográfica, a morfologia das vertentes, o caminho natural das águas pluviais, os tipos de solos são alguns dos elementos que devem ser previamente analisados.

Segundo a Baccaro, na região do cerrado há um elemento que é, sem dúvida, o grande acelerador dos processos erosivos, as “chuvadas”. São chuvas fortes, com alta intensidade, que formam em poucos minutos enxurradas com alto poder de erosão. Portanto ao se pensar em técnicas conservacionistas, há necessidade de se levar em conta às especificidades regionais e locais.

- Deve-se realizar o plantio em nível – camalhão (também conhecido como curva de nível), leiras e terraceamento, pois evita ou diminui o carreamento dos solos pelas águas das chuvas, inibindo a formação de sulcos. Os terraços e camalhões em nível devem ser adequadamente dimensionados para que não ocorra o rompimento pelas águas pluviais.

Ao acontecer tal fato, a velocidade da água é acelerada nesse ponto, formando rapidamente sulcos e ravinas.

- O plantio direto e cobertura viva evita que o solo fique exposto aos agentes erosivos. Deve haver uma orientação das águas da chuva, para que não haja a concentração e conseqüentemente a formação de sulcos. Essa técnica também reduz a capacidade de erosão do vento, que é bastante significativa na região dos cerrados brasileiros;
- Cobertura morta – Deve-se manter os restos vegetais (mato, capim, culturas) entre as plantas. Além de conservar a umidade e controlar a temperatura do solo. Também é importante para preservar a microfauna e a microflora do solo. Inclui-se nesta o coroamento, em torno de árvores perenes;
- Adubação com esterco, ou seja, incorporar os excrementos de animais ao solo, o que levará à melhoria de sua fertilidade e estrutura;
- Utilizar os restos de culturas beneficiando as condições físicas, químicas e biológicas. Isto leva à incorporação de parte dos nutrientes, os quais retornam ao solo. Esse ciclo deve ser mantido;
- Adubação verde – consiste no plantio de leguminosas em solos de baixa fertilidade e posterior incorporação ao solo, por meio de arações;
- Intercalar faixas de diferentes culturas, ao mesmo tempo e no mesmo ano agrícola;
- Embaciamento – é mais recomendado para culturas perenes. Consiste na construção de “bacias” ou depressões em cada rua de cultura. Favorece o acúmulo e a infiltração da água. Essa técnica também pode ser adotada nas margens das estradas e rodovias. Deve ser associado com o plantio de árvores, arbusto e gramíneas;
- A drenagem da água das chuvas nas proximidades das estradas e rodovias deverá adotar as seguintes técnicas: canal com dissipadores de energia, cobertura do solo com

gramíneas, implantação de um sistema superficial de drenagem até o talvegue do canal fluvial mais próximo.

b) Técnicas para o controle de ravinas e voçorocas

De acordo com BACCARO (1994b), o primeiro passo para controlar a erosão acelerada é dispersar a água do escoamento pluvial, não propiciando a sua concentração. Os sulcos e ravinas são passíveis de serem controlados por meio de mecanização, aração, revestimento vegetal do solo, construção de pequenas barreiras feitas com galhos, rochas, etc. As voçorocas exigem medidas muito caras e que nem sempre alcançam o objetivo almejado, que é a sua contenção. Segue abaixo algumas medidas que poderão ser adotadas de acordo com a feição erosiva:

- Interceptar as águas que escoam para as cabeceiras da voçoroca por meio de terraços, bacias, canais vegetados. As águas provenientes de escoamento pluvial devem ser conduzidas desde a cabeceira da voçoroca até o fundo de tal forma que haja uma diminuição da energia da água. Deve haver um cuidado especial no dimensionamento e na escolha das técnicas a serem adotadas. Estas podem ser: canais, tubulações, bacia de impacto, vertedor de queda, vertedor do tipo cachimbo ou tulipa (DAEE, 1990 apud BACCARO (1994 b)), elaborados em alvenaria, concreto, gabiões ou no próprio solo, revestidos por vegetação;
- Fazer uma cerca isolando a área, de tal forma que evite a passagem de animais, pessoas, veículos, etc. Essa cerca deve ficar no mínimo a 20 cm das bordas da voçoroca;
- Plantar ao redor das margens e de toda a encosta, inclusive nos terraços e nos canais;

Deve haver também um controle de águas subsuperficiais e das subterrâneas. As águas subsuperficiais são as responsáveis pela formação de tubulações internas (pipeflow), levando à erosão tubular no interior das vertentes. O afloramento da água subterrânea no fundo da voçoroca tem a capacidade de deslocar partículas do solo, bem como promover a liquefação

do material no sopé das paredes da voçoroca e provocar solapamentos basais. Esses afloramentos d'água geralmente estão associados com uma soleira rochosa mais resistente, passando a comandar nesses setores da voçoroca uma evolução lateral das suas paredes, levando à abertura de alguns alvéolos no seu interior. As técnicas a serem adotadas são: drenos com material filtrante, drenos de bambu e outros.

SILVA et al (2005), propõe alguns meios para a estabilização dos avanços das erosões que incluem a prática de técnicas para sua contenção, que apesar de serem pontuadas para uso dentro de áreas urbanas, cabem também a áreas rurais. Dentre estas podemos citar:

- Isolamento da área, pelo qual evita-se a realização de atividades que agravem ainda mais a presente situação.
- Implantação de um sistema de drenagem que condicione o escoamento superficial para a porção a jusante da área afetada diretamente pela voçoroca;
- Construção de camalhões em nível para contenção de enxurradas que atinjam as cabeceiras das voçorocas;
- Implantação de obras de terraceamento interno à voçoroca, propiciando uma nova dinâmica hídrica interna e possibilitando a revegetação da mesma;
- Implantação de drenos no fundo da voçoroca, com o desígnio de canalizar o fluxo de água;
- Revegetação da área com espécies de cerrado e em sucessão ecológica.

3.3 - Gênese e Morfogênese das formas de erosão acelerada

VIEIRA & LIMA (1996), apontam que a erosão por voçorocas pode se originar de três maneiras distintas:

1ª - Escoamento superficial concentrado – inicia-se com pequenos sulcos existentes no terreno, passando depois para o estágio de ravinas até atingir maiores proporções como voçorocas. Nesse sentido a formação de escoamento superficial concentrado não está somente relacionado à água da chuva, mas também ao rompimento e/ou despejo de água canalizada e/ou servida em encostas;

2ª - Escoamento subsuperficial – com formação de dutos que removem e propiciam o colapso de material acima;

3ª - Deslizamento de camadas do solo – após o aparecimento de cicatrizes na parede de uma encosta, as águas da chuva podem escoar dentro da cicatriz formando as voçorocas.

O comportamento do escoamento superficial e da perda de solo (sedimentos) normalmente acompanham a ação dos eventos pluviais, sendo a condição em que o solo se encontra durante estes eventos, diferenciará o nível de erosão “in situ”.

O transporte efetuado pelo escoamento pluvial afeta as partículas deslocadas pelo impacto direto das gotas de chuva e as erodidas diretamente pelo escoamento, através do solapamento das margens. A velocidade das águas e a rugosidade da superfície ocasionam o turbilhonamento, colocando em suspensão as partículas mais finas. Essa categoria de sedimentos é transportada até os riachos, ou até cessar o escoamento do filete de água. As partículas mais grosseiras são arrastadas pela corrente quando o movimento ascensional do turbilhonamento atinge valor elevado. Esse movimento é intermitente e o deslocamento dos grãos é feito por saltação, pois através de saltos constantes são carregados sempre em direção de jusante.

O escoamento concentrado parece ser mais característico das vertentes desnudas. Sob cobertura vegetal, sobretudo sob a cobertura florestal, o escoamento difuso é o dominante, e as possibilidades de formação de ravinas são diminutas.

GUERRA *et al* (1995), afirma que a perda de solo está associada também ao escoamento, e depende das características dos eventos chuvosos. Para se fazer uma análise de suas conseqüências deve-se levar em conta a sua distribuição, intensidade, duração e o momento em que ela ocorre.

A textura de um solo indica se ele será facilmente erodido ou não, pois, segundo GUERRA *et al* (*op.cit*), algumas partículas do solo são mais fáceis de serem erodidas do que outras. E para reforçar essa afirmação, POESEN (1981) *apud* GUERRA *et al* (1995), observou que os solos arenosos possuem os maiores índices de erodibilidade. Dessa forma, o entendimento sobre a presença de ravinas e voçorocas é facilitado, entre outros motivos, pela sua constituição litológica e pedológica.

Para NISHIYAMA *et al*, *apud* BERNARDINO (1996), os fatores que influenciam nos processos de erosão são: a textura dos materiais inconsolidados, o tipo de argilomineral presente, o grau de cimentação, a capacidade de infiltração, a forma e o comprimento da encosta, a declividade, a cobertura vegetal, o uso do solo e a erosividade, todos atuando de forma mais ou menos interdependentes.

A capacidade de infiltração que o solo apresenta poderá reduzir ou aumentar a intensidade de matéria que será carregada pelo escoamento ocorrido na superfície ou subsuperfície do solo.

De acordo com COELHO NETO (1995), diversas variáveis-controle regulam a capacidade de infiltração, incluindo:

- a) Características físicas das chuvas – A intensidade da chuva, junto com as demais variáveis do solo, define o que entra e o que excede a capacidade de infiltração;

- b) Condições de cobertura dos solos – A cobertura vegetal tende a aumentar a capacidade de infiltração; os solos recobertos por florestas geralmente apresentam os maiores valores de capacidade de infiltração, especialmente pela influência da serrapilheira.
- c) Condições especiais do solo – Se por um lado, a compactação pelo impacto das chuvas e a selagem por partículas finas deslocadas pelo salpico das gotas de chuvas promovem uma diminuição da água infiltrada, por outro lado, o aumento da carga hidráulica na superfície, nas rachaduras de ressecamento do solo ou nas depressões da superfície aumenta a infiltração;
- d) Condições de textura, profundidade e umidade antecedente do solo – Estas variáveis importam na definição da quantidade de água que poderá ser estocada antes de o solo atingir a saturação: solos profundos e bem drenados, com textura grosseira e grandes quantidades de matéria orgânica apresentarão alta capacidade de infiltração; já os solos rasos e mais argilosos mostrarão baixas taxas e volumes de infiltração; a umidade antecedente, se por um lado reduz a ação capilar que inibe a infiltração, por outro limita o volume de água que pode ser estocado no solo, especialmente nos mais finos;

Atividade biogênica no topo dos solos – A formação de bioporos pela atividade da fauna escavadora e do enraizamento dos vegetais aumenta a capacidade de infiltração e a percolação, conforme foi apontado anteriormente.

GUERRA (1995), enfatiza em seu trabalho que os fatores controladores são aqueles que determinam as variações nas taxas de erosão (erosividade da chuva, propriedades do solo, cobertura vegetal e características das encostas). De acordo com a interação desses fatores é que certas áreas erodem mais do que outras. Por outro lado à intervenção do homem pode alterar a maneira de atuação a esses fatores e conseqüentemente, apressar ou retardar os processos erosivos. Estes fatores podem ser subdivididos em:

Erosividade da chuva

É definida como a “habilidade da chuva em causar erosão”, onde o parâmetro utilizado para investigar a erosividade é o total de chuva, a intensidade, momento e a energia cinética da chuva. O total da chuva por si só não é suficiente para prever a erosão dos solos, sendo baixa a correlação existente entre a perda do solo e o total de chuva.

Segundo Guerra, a intensidade da chuva é parâmetro determinado em várias estações meteorológicas e é muito importante em estudos que se relacionem com a energia da chuva, sendo um bom parâmetro para prever a perda de solo e desempenha um papel importante nas taxas de infiltração da água no solo, pois segundo Stocking (1977) *apud* Guerra (op.cit), após o encharcamento do solo, a infiltração diminui rapidamente.

Para o autor, a energia cinética é definida como “a energia devida ao movimento translacional de um corpo”. A energia cinética de uma chuva está relacionada com sua intensidade, pois é a energia do número total de gotas de um evento chuvoso. Gotas com mais de 4 mm são mais comuns em chuvas com intensidade entre 50 e 100 mm/h e as maiores energias são encontradas nessas intensidades.

Propriedades do solo

Para Guerra (1995), são de grande importância nos estudos de erosão, pois juntamente com outros fatores determina a maior ou menor susceptibilidade à erosão.

Morgan (1986) define erodibilidade como sendo “a resistência do solo em ser removido e transportado”. O uso agrícola do solo pode produzir modificações na erodibilidade, e isso depende da magnitude nas mudanças do teor de matéria orgânica, da estabilidade dos agregados, da própria taxa de remoção de sedimentos, e das propriedades físico-químicas e biológicas do subsolo exposto.

Dentre as propriedades que afetam o solo, podemos destacar, a textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e o pH do solo. A textura afeta a erosão, devido a algumas frações granulométricas serem removidas

mais facilmente, a areia média é removida mais facilmente, diminuindo nas partículas maiores ou menores a esta (Farmer 1973).

Poesen (1981) também observou que as areias apresentam os maiores índices de erodibilidade. O teor de silte também afeta a erodibilidade dos solos; quanto maior o teor de silte maior a probabilidade de o mesmo ser erodido. A argila por um lado dificulta e por outro facilita a remoção especialmente quando se apresentam em agregados.

O teor de matéria orgânica também é muito importante devido ao seu alto poder de agregação das partículas. Guerra afirma que o processo de formação de matéria orgânica no solo depende da flora e da fauna que vive sobre ou dentro do solo.

As atividades humanas, especialmente a agricultura, tendem a provocar mudanças no teor de matéria orgânica do solo. Essas atividades, sem o suprimento de fertilizantes, geralmente levam à redução do teor de matéria orgânica, que, em consequência, provoca mudanças em outras propriedades do solo. Vários autores concordam com o fato de que a matéria orgânica proporciona mais estabilidade aos agregados do que a argila.

Guerra afirma que a densidade aparente do solo é outro fator controlador, referindo-se a maior ou menor compactação dos solos, a densidade aparente pode aumentar sob várias circunstâncias, mas a agricultura parece ser a que mais afeta esta propriedade do solo, tanto devido à redução de matéria orgânica como pelo uso de máquinas agrícolas.

A porosidade está relacionada de maneira inversa com a densidade aparente, onde à medida que a densidade aparente de um solo aumenta, a porosidade diminui e, em consequência ocorre à redução de infiltração de água no solo. Mesmo em solos com alto teor de areia, alta permeabilidade e alta porosidade e supostamente elevada capacidade de infiltração, a presença de sedimentos finos, associada com baixo teor de matéria orgânica, pode produzir crostas na superfície do solo, de baixa porosidade, que provocam aumento das taxas de *runoff*.

O autor afirma ainda que os solos ricos em argila, que muitas vezes são apontados como de baixa porosidade, podem, ao contrário, facilitar a infiltração de água no solo (formação de fendas). O pH do solo demonstra sua acidez ou alcalinidade. Solos ácidos são deficientes em cálcio, um elemento conhecido em contribuir na retenção do carbono, através da formação de agregados, que combinam húmus e cálcio.

Cobertura Vegetal

Segundo Guerra (1995), fatores relacionados à Cobertura Vegetal podem influenciar os processos erosivos de várias maneiras: através dos efeitos espaciais da cobertura vegetal, dos efeitos na energia cinética da chuva, e do papel da vegetação na formação de húmus, que afeta a estabilidade e teor de agregados.

A cobertura vegetal pode reduzir a quantidade de energia que chega ao solo durante uma chuva e, dessa forma, minimiza os impactos das gotas, diminuindo a formação de crostas no solo, reduzindo a erosão (Morgan, 1984), no entanto algumas coberturas podem aumentar a energia cinética da chuva.

Em áreas com alta densidade de cobertura, o *runoff* e a erosão ocorrem em taxas baixas, especialmente se houver uma cobertura de serrapilheira (*litter*) no solo, que intercepta as gotas de chuva que caem dos galhos e folhas. Onde a cobertura do solo é parcial, o *runoff* e a perda de solo aumentam rapidamente. A cobertura vegetal também tem participação importante na infiltração de água no solo.

Percebe-se, no entanto, que a própria vegetação pode causar erosão (ravinas) devido ao escoamento da água da chuva pelos troncos (*stemflow*) e o acúmulo nas folhas também podem causar aumento da erosão por efeito *splash* ao redor das copas das árvores.

A cobertura vegetal está ligada diretamente na produção de matéria orgânica para o solo que é um grande agregador de partículas.

Com relação à cobertura vegetal por culturas, CUBA (1937), afirma que nas culturas anuais a terra é lavada mais freqüentemente e as chuvas encontram grandes áreas de terra muito solta, que em qualquer declive são arrastadas facilmente. Nas culturas permanentes as águas são detidas com mais facilidade, e a terra não é revolvida todo o ano.

Segundo o autor, entre nós, as águas não tem sido retidas nas culturas permanentes, como pomares ou cafezais, mas sim dirigidas para fora da cultura ou através das mesmas. Há muitos vinhedos e algumas culturas anuais cujas plantas se encontram alinhadas na mesma direção do declive, favorecendo a erosão. Os métodos culturais dependem em parte da planta cultivada; na plantação de milho, por exemplo, todas as capinas favorecerão a erosão se as fileiras das plantas forem paralelas à linha de maior declive.

De acordo com Cuba (*op.cit*), alguns resultados de experiências também mostram que com o constante cultivo de milho durante sete anos, sem proteger a terra contra a erosão, gastam-se os recursos que a natureza levou 330 anos para formar.

Características das encostas

Guerra aponta que os fatores relativos das encostas podem afetar a erodibilidade dos solos de diferentes maneiras, por meio da declividade, do comprimento e da forma da encosta. Dependendo da declividade da encosta os processos podem ser mais desastrosos, pois podem acelerar a velocidade do *runoff*. No entanto Morgan (1986), salienta que, em encostas muito íngremes, a erosão pode diminuir devido ao decréscimo de material disponível. Embora seja aceito que o comprimento da encosta afeta a erosão dos solos, esse é um parâmetro difícil de ser avaliado, pois outras características, como declividade e forma da encosta, e propriedades do solo também afetam o *runoff*.

A maior parte dos autores aponta a constatação de que o *runoff* aumenta, em velocidade e quantidade, à medida que o comprimento das encostas aumenta. A forma da encosta é outro fator que tem papel importante na erodibilidade dos solos.

Hadley *et al.* (1985) *apud* Guerra (1995), chamam a atenção para a forma das encostas pode ser até mais importante do que a declividade, na erosão dos solos. Morgan (1977) destaca a importância das cristas longas, mas com encostas curtas convexo-concavas, como sendo características morfológicas que propiciam a erosão dos solos. Encostas convexas, em especial, onde o topo das elevações é plano e a água pode ser armazenada, podem gerar formação de ravinas e voçorocas quando a água é liberada.

RODRIGUES (2000), afirma que a atuação humana sobre o meio físico é um componente externo ao processo de evolução natural das formas de relevo e que hoje é altamente condicionadora dos processos geomorfológicos que atuam na evolução do relevo. A ação humana para ele ocorre de forma direta no modelamento das formas de relevo, seja do ponto de vista de uma modificação direta do relevo, seja pela exposição do solo aos agentes climáticos nas áreas rurais.

Segundo CARRIJO e BACCARO (1999), esta afirmação está ligada diretamente ao desmatamento (Figura 02) que acontece nos topos das serra da Boa Vista, que intensificaram muito a erosão na área, causando o chamado “efeito cachoeira”, para a água que desce da serra em direção ao vale.



Figura 02: Desmatamento no topo da Serra da Boa Vista vem intensificando o escoamento superficial da água com destino ao interior da Serra, acelerando os processos erosivos devido à força da água.

Autor: VIEIRA, W.C. - 2004

Precisamos muito mais prevenir do que corrigir, tornando-se imperativa a elaboração dos diagnósticos ambientais, para que se possa elaborar prognósticos, e com isso estabelecer diretrizes de uso dos recursos naturais do modo mais racional possível, minimizando a deterioração da qualidade ambiental.

De acordo com ROSS (1990), o entendimento do relevo passa, portanto pela compreensão de uma “coisa” maior que é a paisagem como um todo, sendo impossível entender a gênese e a dinâmica das formas do relevo sem que se entenda o mecanismo motor de sua geração, sem que se perceba as diferentes interferências dos demais componentes em uma determinada unidade da paisagem.

Existe relação estreita entre tipos de formas do relevo com os solos e estes com a litologia e o tipo climático atuante. No entanto, isto é apenas parte do complexo quebra-cabeça que constitui os ambientes naturais existentes na superfície do globo.

Segundo o autor, também não podemos entender a dinâmica e a gênese das formas do relevo, sem que se conheça muito bem o fator bioclimáticos, pedológicos, geológicos e mesmo antrópicos que interferem no dinamismo e, portanto em sua evolução. É preciso

entender, com certo grau de clareza, que os processos são comandados por climas atuantes no presente, mas também saber encontrar e identificar testemunhos paleoclimáticos que possam explicar formas ou comportamentos de formas que não podem ser explicadas pela dinâmica ambiental atual.

LIMA (*op.cit*), comenta acerca da importância da estabilidade estrutural do solo e a resistência dos agregados do solo à destruição pela ação da água. Num solo que possui baixa estabilidade estrutural os agregado se desfazem facilmente em presença de água. Quando isto acontece, as partículas do solo se acomodam e o solo se adensa, se compacta, diminuindo a sua porosidade. Os solos compactados se constituem em obstáculo à penetração das raízes das plantas, à circulação vertical da água e, por facilitar a circulação lateral, são condicionantes de processos erosivos.

Para Lima, os argilominerais, juntamente com a matéria orgânica, são agentes cimentantes eficazes na agregação das partículas do solo, favorecendo uma estruturação estável. Organismos como formigas, besouros, larvas, centopéias, e principalmente as minhocas desempenham papel fundamental na agregação dos solos. Alguns desses organismos ingerem vegetais e certas porções de terra para ajudar na digestão e seus dejetos fecais são em forma de pelotas granulares, ricos em nutrientes e extremamente estáveis. Outros agentes cimentantes são substâncias químicas como óxidos de ferro e alumínio, carbonatos e sílica. As estruturas podem ser arredondadas, angulares, folhadas e contínuas. O óxido de ferro e o alumínio muitas vezes agregam mais do que a própria matéria orgânica.

Segue então a necessidade de evitar as queimadas, que destroem a matéria orgânica, além de matar a fauna endopedônica.

3.4 – Ação Antrópica

Segundo LIMA (1998), a idéia de desenvolvimento sustentável como “desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” deve conduzir a uma mudança profunda no modelo de produção dos cerrados, visando a sustentabilidade ambiental, econômica e social das populações locais.

O autor afirma que a tentativa de se compreender a sustentabilidade ambiental no domínio do cerrado implica em sérias questões metodológicas teóricas e operacionais. A sustentabilidade ambiental está imbricada de conceitos sobre o limiar, equilíbrio dinâmico, estabilidade, ajuste e outros. A associação do limiar com os indicadores geomorfológicos na sustentabilidade ambiental dos cerrados é, sem dúvida, um dos principais objetivos a serem alcançados pelos estudos dos processos erosivos na avaliação dos impactos ambientais de um sistema geomórfico.

De acordo com ROSS (1990), a atuação do homem como ser racional e como agente econômico gerador de riquezas, normalmente, ao intervir no ambiente natural, afeta de imediato a cobertura vegetal, retirando-a toda ou parcialmente e inclusive na maior parte das vezes eliminando-a por meio de queimadas.

Para Ross, toda ação humana no ambiente natural ou alterado causa algum impacto em diferentes níveis, gerando alterações com graus diversos de agressão, levando às vezes as condições ambientais a processos irreversíveis. Localmente podemos citar as voçorocas originárias do mau uso do solo, e o assoreamento dos mananciais.

Já afirmava TER-STEPANIAN (1988) apud RODRIGUES (2000), que em uma única geração, as alterações antrópicas são mais significativas do que as promovidas pelas diversas variações climáticas ocorridas durante o Quaternário.

4 – Material, Procedimentos e Técnicas.

4.1 – Materiais

Os mapeamentos geomorfológico, de uso do solo e declividade foram confeccionados por CARRIJO (1999), não sendo necessário um novo mapeamento da área de pesquisa. As únicas modificações ocorreram no mapa de uso do solo, que foi atualizado por meio de verificação em campo e posteriormente digitalizado com as devidas alterações. Depois de digitalizados, os mapas foram convertidos para a escala 1: 25.000, pois devido a carência de material, o mesmo foi realizado na escala 1:100.000.

Na instalação das estações, utilizou-se uma fita métrica de 20 metros, tinta, estacas de aproximadamente 50 centímetros com ponta em uma de suas extremidade e marreta.

Para quantificação da evolução da voçoroca com a precipitação ocorrida, foi instalado um pluviômetro modelo Ville de Paris na propriedade do Sr. Carivaldo, Fazenda Boa Vista, a partir do qual é realizada a leitura da precipitação.

Na busca pela compreensão da dinâmica dos ramos da erosão, alguns ensaios de campo e de laboratório foram realizados.

Para mensurar a infiltração de água no solo utilizou-se os seguintes materiais: Permeâmetro de Guelph (Figura 03), Trado pequeno, Fita métrica, Cronômetro, Galão de 30 litros e água.

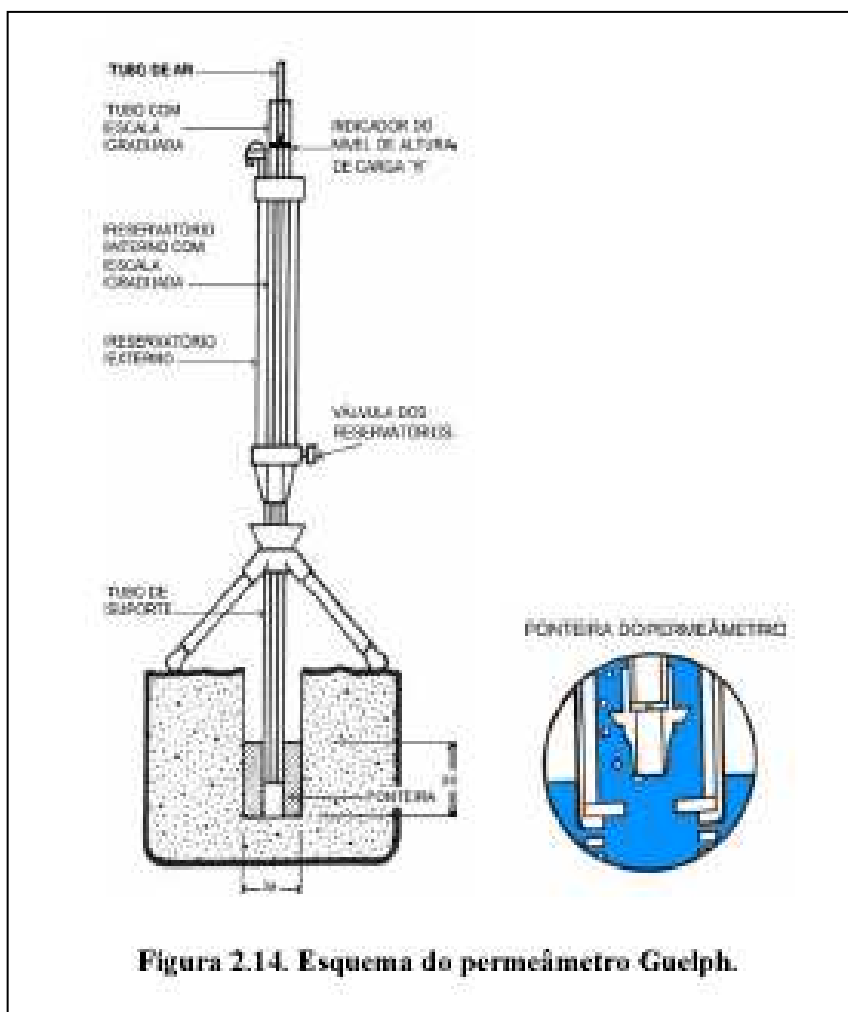


Figura 03: Esquema do Permeâmetro de Guelph
 Fonte: SOTO (1999)

Segundo o PEJON (1992), de uma maneira geral, quanto mais água infiltrar e com maior rapidez, menor a possibilidade de escoamento superficial e de ocorrer erosão. O teor de umidade também interfere, uma vez que, quanto mais elevada à umidade quando do início da precipitação, mais rapidamente a capacidade de infiltração é atingida.

O ensaio de absorção do solo e perdas por imersão é utilizado para quantificar a estabilidade do solo na presença de água e a capacidade de absorção de água pelo solo. O material utilizado neste ensaio consiste em pequenos cilindros de aço ou PVC rígido com a ponta biselada e dimensões de 40 mm de diâmetro por 20 mm de altura para coleta de solo.

O ensaio de adensamento foi realizado para determinar características como porosidade, grau de saturação, variação de volume e índice de vazios.

De acordo com a normativa (ABNT – 1990 – NBR 12007), o anel de adensamento deve satisfazer algumas exigências, sendo o diâmetro interno no mínimo de 50 mm.

A pedra porosa deve ser confeccionada com material quimicamente inerte em relação ao solo e à água dos poros. Devem ser constituídas de poros de dimensões suficientemente pequenas. Se necessário papel-filtro resistente pode ser utilizado entre o corpo-de-prova e a pedra porosa para impedir a infiltração de solo e facilitar a limpeza posterior da pedra. Recomenda-se a utilização de pedras biseladas, com face de maior diâmetro em contato com o solo.

Existem ainda outros equipamentos utilizados no processo para a obtenção do adensamento de solo, dentre eles, o talhador, balança de precisão, extensômetro capaz de medir deslocamentos de até 1,5 cm, cronômetro, relógio, paquímetro, bureta graduada, espátulas, facas, serras de fio metálico e régua metálica biselada.

O ensaio de granulométrico do solo e o ensaio de sedimentação possui o objetivo de determinar a curva de distribuição granulométrica através de um peneiramento, para solos grossos (areias e pedregulhos) e de uma sedimentação para os solos finos (siltes e argilas).

Neste ensaio utilizou-se os seguintes materiais: (peneiramento grosso: peneiras de 50; 38; 25; 19; 9,5 e 4,8mm. peneiramento fino: peneiras 1;2;0,6;0,42;0,25;0,15;0,075 mm), agitador mecânico; béquer de 250 cm³, proveta, solução de hexametáfosfato de sódio e copo de dispersão.

O ensaio azul de metileno utiliza peneira de 2,00 mm, balança de precisão, solução de azul de metileno, agitador magnético, uma bureta graduada, um becker, uma haste de vidro e papel de filtro para cristais finos.

4.2 – Procedimentos e Técnicas

Este estudo parte de uma escala Regional para a Pontual, dentro de uma escala temporal de dois anos (2004 a 2006).

A abordagem geomorfológica da paisagem, assim como a geológica, climática e pedológica se fez necessário para o entendimento da morfodinâmica da paisagem.

Ab'Saber (1969) coloca como primeiro nível de abordagem o “entendimento da compartimentação da topografia regional, assim como da caracterização e descrição tão exata quanto possível, das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados”. O segundo nível, leva em consideração a estrutura superficial, onde “se obtém idéias da cronogeomorfologia (...). O terceiro, busca entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais em sua plena atuação (...) através da dinâmica e de observações mais demoradas e sob controle de equipamentos de precisão”.

Baseados nos níveis de abordagem de Ab'Saber, trabalhos foram realizados por BACCARO (1990) no município de Uberlândia/MG, por PEREIRA (1996) e CARRIJO (1999) no município do Prata/MG e por CAMPOS (2004) no município de Iraí de Minas/MG, sendo possível verificar que os resultados foram satisfatórios no que se refere aos estudos e registros da morfologia, portanto este será o método de trabalho adotado.

Na escala regional será adotada a morfologia da paisagem, caracterizada no trabalho de BACCARO (1990), no qual foram estabelecidas as unidades de relevo tendo como elementos de classificação os diferentes níveis de dissecação.

A carência de material cartográfico para desenvolvimento desta pesquisa foi um dos fatores que contribuíram para a definição da escala do trabalho de 1:25.000.

A técnica utilizada para o monitoramento das estações foi baseada em GUERRA (1996). Esta possibilita a quantificação do recuo das bordas da voçoroca em espaço de tempo,

relativamente curto, podendo-se relacionar a evolução das feições erosivas com os eventos chuvosos.

O modelo estabelecido por Guerra consiste em se cravar no solo estacas numeradas ao redor da voçoroca. Após a colocação dessas estacas é preciso que se faça um “lay-out” da distribuição espacial das mesmas e seja mensurada a distância de cada uma até a borda da voçoroca.

A cada dois ou três meses (ou uma periodicidade a ser definida de acordo com a distribuição das chuvas) retorna-se ao local e realiza-se nova mensuração da distância de cada estaca à borda da voçoroca. Com isto, pode-se traçar, com um bom grau de precisão, a evolução da voçoroca no tempo e no espaço. A evolução da voçoroca pode ser associada com a distribuição das chuvas, com as propriedades do solo, uso da terra, etc.

Para escolha da área onde seriam instaladas as estações experimentais, realizamos diversos trabalhos de campo, a fim de conhecer e identificar as melhores áreas para sua instalação, locais que fossem representativos da paisagem.

Foram escolhidas duas feições erosivas em adiantado estado de evolução e representativas da realidade da área: uma delas próxima à escarpa da serra e, a outra, dentro de uma área úmida, próxima ao leito do rio, em cada uma das voçorocas, foram selecionadas 05 seções para instalar as estações experimentais sendo que cada seção é composta por 03 estacas separadas umas das outras por uma distância de 1 metro ou 1,5 metros dependendo da localidade, para medição da evolução de cada ramo.

As etapas do presente estudo têm a necessidade de um controle efetivo por meio de trabalho de campo para monitoração dos ramos das voçorocas, atualização de informações para fins cartográficos e coleta de amostras para análises laboratoriais.

4.2.1 – Ensaios “in situ”

4.2.1.1 - Ensaios de Infiltração (Permeâmetro de Gueph)

Os ensaios de infiltração de água são de grande importância para identificação de processos da dinâmica de vertente.

Para determinação da infiltração da água na área estudada utilizou-se o permeâmetro de Guelph (Figura 04).



FIGURA 04: Permeâmetro de Guelph - Ensaio de infiltração realizado na estação experimental Boa Vista
Autor: VIEIRA, W.C. - 2006

O ensaio consiste em mensurar a infiltração da água utilizando o permeâmetro em diferentes profundidades. Os furos para a realização dos ensaios foram elaborados com o auxílio de um trado pequeno a 10 cm, 20 cm e 40 cm de profundidade. Em cada ponto de coleta dos dados de infiltração, foram coletadas amostras de solo, para verificação da umidade do mesmo.

A fórmula utilizada para os cálculos de permeabilidade do solo conforme a sua característica tátil visual acha-se descrita a seguir, conforme SOTO (op.cit):

$$K_{fs} = C*Q/(2\pi H^2 + \pi a^2 C + 2 \pi / \alpha)$$

Onde:

C = Constante que depende da característica do solo, expressa pela relação de H/a, onde H é a altura da constância de água dividido pelo raio do furo (a). (10/3,1 cm)

Q = Razão de mudança de nível de água vezes a área do tubo (36,19 * 3,1 cm²)

H = Altura da evasão de água (abertura do tubo no furo)

a = Raio do furo (trado)

α = índice do solo característica tátil visual (abaixo)

0,01 = Argilas compactas (aterros, liners, sedimentos lacustres e marinhos)

0,04 = Solos de textura fina, principalmente sem macroporos e fissuras.

0,12 = Argilas até areias finas com alta a moderada quantidade de macroporos e fissuras.

0,36 = Areia grossa inclui solos com macroporos e fissuras.

4.2.2 – Ensaios de Laboratório

4.2.2.1– Absorção de água e Perda de peso por Imersão

O ensaio de absorção de água e perda de peso por imersão é utilizado para a verificação da erodibilidade dos materiais inconsolidados. Através deste procedimento poderemos quantificar dois fatores da erodibilidade: a destacabilidade e a transportabilidade das partículas.

A metodologia utilizada foi baseada no trabalho de NOGAMI & VILLIBOR (1979) apud PEJON (1992). Esta metodologia é baseada em dois ensaios simples, absorção de água (figura 05) e perda de peso por imersão (figura 06), que utilizam amostras indeformadas, obtidas com a cravação de um cilindro de aço ou PVC. A amostra deve ser mantida no cilindro para secagem ao ar e na sombra por um período de, no mínimo, sete dias.



FIGURA 05: Aparelho utilizado para o ensaio de absorção de água.
Autor: VIEIRA, W.C. - 2006

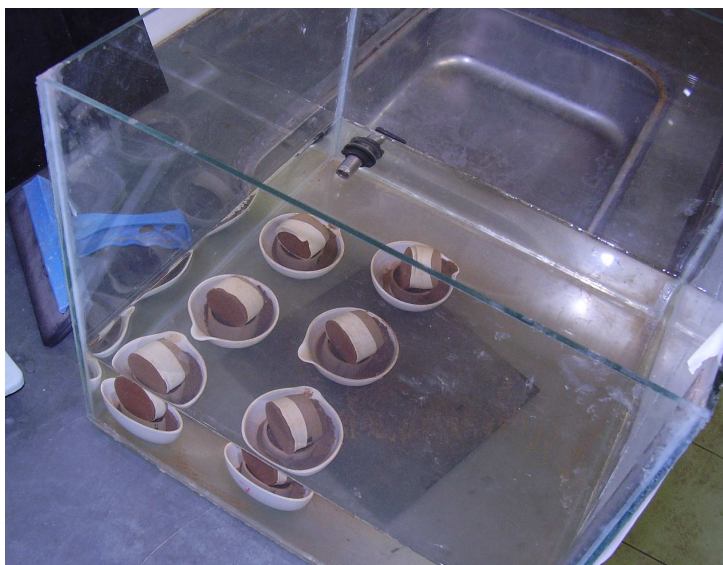


FIGURA 06: Ensaio de imersão, realizado com amostras retiradas da feição erosiva.
Autor: VIEIRA, W.C. - 2006

A seguir apresenta-se os procedimentos do ensaio conforme PEJON (1992):

Foi utilizado um equipamento adaptado no próprio laboratório, consistindo de um recipiente cilíndrico com as mesmas dimensões do cilindro de amostragem, ligado a um tubo de vidro horizontal graduado. O conjunto é preenchido com água e na porção superior do recipiente adapta-se uma pedra porosa, que deve ser mantida saturada. A amostra, ainda no cilindro de amostragem, deve ser pesada e em seguida colocada sobre o conjunto de ensaio, iniciando-se neste momento a contagem de tempo, fazendo-se leituras do volume de água absorvida por intervalo de tempo, até que a água atinja o topo da amostra.

Para obtenção do índice de absorção (S) monta-se um gráfico do volume de água absorvido por unidade de área da base do corpo de prova (q) em função da raiz quadrada do tempo ($\sqrt{t}$). Os pontos normalmente se distribuem ao longo de uma linha reta, sendo o índice S o coeficiente angular desta reta, ou seja:

$$S = q / \sqrt{t}$$

Para o ensaio da perda de peso por imersão, deve-se colocar uma pedra porosa adequadamente presa à base do cilindro que contém a amostra e imerge-se o conjunto em um

recipiente com água até que o topo da amostra fique aproximadamente 2 cm coberto pela água.

A parte inferior da superfície livre da amostra dever ficar a cerca de 30 mm do fundo do recipiente com água e dentro de um recipiente menor que permita a coleta do material desprendido desta superfície livre. Após 24 horas, deve-se suspender o conjunto e determinar a perda de peso em porcentagem do peso inicial seco da amostra (p).

O cálculo do índice de erodibilidade (E), é proposto por Nogami & Villibor (1979), apud PEJON (1992), sendo calculado pela expressão: $E = 52 S / P$, onde **S** e **P** são valores determinados. Se o valor de **E** é menor que 1, considera-se que o material inconsolidado tem alta erodibilidade.

4.2.2.2 – ADENSAMENTO DO SOLO

A norma da ABNT (1990) NBR 12007 – MB 3336, sobre adensamento de solos (figura 07), prescreve o método de determinação das propriedades de adensamento do solo, caracterizada pela velocidade e magnitude das deformações, quando o solo é lateralmente confinado e axialmente carregado e drenado.



FIGURA 7: Ensaio de adensamento do solo realizado em amostra coletada na estação experimental Boa Vista
Autor: VIEIRA, W.C. - 2006

O sistema de aplicação de carga deve permitir a aplicação e manutenção das cargas verticais especificadas, ao longo do período necessário de tempo.

A execução do ensaio deve ser feita a partir de amostras indeformadas (coletadas na forma de blocos ou por meio de tubos amostradores de parede fina) ou de amostras-deformadas compactadas em laboratório.

Os corpos de prova devem ser preparados em ambiente onde a mudança da umidade do solo, durante a preparação, não exceda a 0,2% (sala com umidade relativa elevada é usualmente utilizada para este propósito).

O procedimento de execução do ensaio se faz da seguinte forma:

- Após colocação da célula de adensamento no sistema de aplicação de carga com os devidos ajustes, instalar o extensômetro e aplicar uma pressão de assentamento de 5kPa para solos resistentes ou 2kPa para solos moles. O extensômetro deve ser zerado, cinco minutos após a aplicação dessa pressão.

- Decorrido esse período de tempo, transmitir cargas adicionais à célula de adensamento, em estágios, para obter pressões totais sobre o solo de aproximadamente 10kPa, 20kPa, 40kPa, 80kPa, 160kPa, etc., mantendo-se cada pressão pelo período de tempo discriminado. O carregamento do corpo-de-prova deve continuar até a definição da região de compressão virgem. Em casos especiais, podem ser introduzidos alguns estágios intermediários de pressão, de forma a poder se definir com mais precisão a pressão de pré-adensamento.

- Para cada um dos estágios de pressão, fazer leituras no extensômetro da altura ou variação de altura do corpo-de-prova, com resolução de 0,01 mm, imediatamente antes do carregamento (correspondente ao tempo zero) e, a seguir, nos intervalos de tempo de 1/8 min; 1/4 min, 1/2 min; 1 min; 2 min; 4 min; 8 min; 15 min; 20 min; 1 h; 2 h; 4 h; 8 h e 24 h contados a partir do instante de aplicação do incremento de carga. Para os solos com elevado grau de saturação, as leituras devem continuar, se necessário, por um intervalo de tempo maior, até que fique definida a reta de compressão secundária no gráfico altura do corpo-de-prova em função do logarítimo do tempo.

- Completadas as leituras correspondentes ao máximo carregamento empregado, efetuar o descarregamento do corpo-de-prova em estágios, fazendo leituras no extensômetro e corrigindo-as, se necessário, de forma análoga aos estágios de carregamento. O descarregamento deve ocorrer em, no mínimo, três estágios.

- Após ter-se atingido no descarregamento a pressão de 10kPa e verificada a estabilização da altura do corpo-de-prova e imediatamente retirar da célula de adensamento o anel como

o corpo-de-prova. Proceder ao enxugamento das superfícies expostas do corpo-de-prova com papel absorvente, determinar a sua massa com resolução de 0,1g e, a seguir, tomar porções do material para determinar o teor de umidade final.

4.2.2.3 - TEOR DE UMIDADE E MASSA ESPECÍFICA NATURAL

De acordo com REZENDE & PORTES (1999), a finalidade de se conhecer os índices físicos é caracterizar o solo através de parâmetros representativos do estado em que o mesmo se encontra. Os índices físicos são determinados em laboratório ou mediante fórmula de correlação. Em laboratório são determinados a massa específica natural, o teor de umidade e a massa específica dos sólidos. As normas NBR 10838(MB 2887) e NBR 6457 devem ser consultadas para elaboração destes ensaios.

4.2.2.3.1 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE (w)

Para REZENDE & PORTES (*op.cit*), o teor de umidade é definido pela relação entre a massa de água e a massa de sólidos (solo seco). Para determinação deste, as amostras de solo podem ser retiradas do mesmo material que está sendo preparado para a determinação da massa específica natural, com massa, em geral, superior a 30 g, devendo obedecer à tabela dada pela NBR 6457 em função do diâmetro dos grãos.

Segue abaixo o procedimento para determinação da umidade do solo:

- Destorroar e colocar a amostra em cápsulas metálicas adequadas, fechando com a tampa;
- Pesar o conjunto (M_1);
- Retirar a tampa e colocar a cápsula em estufa, à temperatura de 105°C à 110°C, até constância de massa (quando entre duas determinações, não mais houver variação da mesma). O número de horas que o solo deverá permanecer na estufa, para que possa ser considerado seco, é função do tipo, da quantidade e da umidade do mesmo. Normalmente, um intervalo de 16 a 24 horas é suficiente para a secagem do material.

- Transferir a cápsula da estufa para o dessecador, onde deve permanecer até temperatura ambiente, tampando-a em seguida, ou simplesmente tampando-a e deixando resfriar até temperatura ambiente, ou seja, sem o uso do dessecador;
- Pesar o conjunto (M_2).

Efetuar, no mínimo, três determinações do teor de umidade por amostra.

Para o cálculo do teor de umidade utiliza-se a seguinte fórmula:

$$W = \frac{(M_1 - M_2)}{(M_2 - M_3)} \times 100\%$$

$$(M_2 - M_3)$$

Onde:

M_1 = massa de água + massa de sólidos + tara

M_2 = massa de sólidos + tara

M_3 = tara (massa da cápsula)

O teor de umidade do solo será a media aritmética das determinações realizadas.

Expresso com aproximação de 0,1%.

4.2.2.3.2 - MASSA ESPECÍFICA NATURAL (δ_n)

REZENDE & PORTES (*op.cit*), apontam que a determinação da massa específica natural é definida como uma relação entre a massa de solo (sólidos e água) e o seu volume (sólidos, água e ar). Analogamente, o peso específico é definido como a relação entre o peso e o volume do solo.

Esta determinação pode ser feita através da modelagem de corpo de prova ou pelo método da balança hidrostática.

A modelagem do corpo de prova pode ser realizada de duas maneiras. Ambas consistem em moldar uma amostra prismática, retirada de um solo indeformado, utilizando-se de um torninho de talhagem, facas e espátulas, a fim de alisar a superfície lateral.

Uma das maneiras mais utilizadas para os ensaios triaxiais ou de permeabilidade consiste em obter um cilindro, a partir da talhagem da amostra, e determinar o diâmetro e a altura do cilindro.

A outra forma de moldagem consiste em talhar o corpo de prova com dimensões iguais a do anel ou da caixa que serão utilizados nos ensaios de adensamento e cisalhamento, respectivamente.

É importante salientar que a moldagem do corpo de prova não é usada apenas para a determinação do peso específico, mas para os ensaios citados acima.

4.2.2.4 - ENSAIO DE GRANULOMETRIA

Quando o solo é formado por uma parcela de solo grosso e solo fino (mais comum), a determinação da curva granulométrica é feita através de um peneiramento e sedimentação realizados simultaneamente (análise granulométrica conjunta – figura 08).



FIGURA 08: Ensaio de sedimentação do solo – Amostra: Estação Experimental Boa Vista/ Seção I.
Autor: VIEIRA, W.C. - 2006

Em ensaios de peneiramento são empregadas as peneiras definidas de acordo com a NBR 5734, com aberturas variando de 50 mm a 0,074 mm (peneira de numero 200).

Este procedimento refere-se à preparação da amostra, e trata-se de um procedimento inicial, comum ao peneiramento grosso, peneiramento fino e sedimentação:

- Tomar a quantidade de amostra mencionada na tabela 4.1, determinar a massa da amostra seca ao ar, com as resoluções da tabela 1 (NBR 7181), e anotar como M_1 ;
- Passar este material na peneira de 2 mm, destorroando-o e tomando a precaução de estarem retidos na peneira somente grãos maiores que a abertura da malha;

- Lavar a parte retida na peneira de 2 mm, a fim de eliminar o material fino aderente e secar à 105 – 110°C, até constância de massa. Este material retido é usado no peneiramento grosso;
- O material que passa na peneira de 2 mm é usado para a sedimentação e peneiramento fino.

O procedimento de peneiramento grosso:

- Utilizando o agitador mecânico, passar este material nas peneiras de 50; 38; 25; 19; 9,5 e 4,8 mm, durante aproximadamente 10 minutos. Anotar as massas retidas acumuladas em cada peneira;
- Anotar como M_g a massa do material retido na peneira de 2 mm.

Procedimento do peneiramento fino:

Se o ensaio for realizado somente por peneiramento, o procedimento é o seguinte:

- a) Do material passado na peneira de 2 mm, tomar cerca de 100 g, pesar e anotar como M_h . Tomar ainda cerca de 100 g para três determinações da umidade higroscópica.
- b) Lavar na peneira de 0,075 mm o material assim obtido (M_h) e logo após, secar o material retido à temperatura de 105 – 110°C, até constância de massa e, utilizando-se o agitador mecânico, passar nas peneiras de 1;2;0,6;0,42;0,25;0,15;0,075 mm.

Anotar as massas retidas acumuladas em cada peneira.

Caso o ensaio de granulometria seja realizado com sedimentação, o peneiramento fino será realizado ao término desta, e as operações são as mesmas descritas no item b.

Procedimento de Sedimentação

- Do material passado na peneira de 2 mm tomar cerca de 100 g, pesar e anotar como M_h . Tomar ainda cerca de 100 g para três determinações da umidade higroscópica;
- Transferir o material (M_h) para um béquer de 250 cm³ e juntar, com o auxílio da proveta, 125 cm³ de solução de hexametáfosfato de sódio (defloculante). Agitar o béquer até que todo o material fique imerso e deixar em repouso por no mínimo 12 horas;
- Colocar a mistura no copo de dispersão, removendo, com água destilada, todo o material aderido ao béquer. Adicionar água destilada até que seu nível fique 5 cm abaixo das bordas do copo e dispersar por 15 minutos;
- Transferir a dispersão para a proveta, removendo o material aderido ao copo. Juntar água destilada até atingir o traço correspondente a 1000 cm³ e colocar a proveta no tanque para banho ou em local com temperatura aproximadamente constante, agitando constantemente. Assim que a dispersão atingir a temperatura de equilíbrio, tomar a proveta e executar movimentos enérgicos de rotação, durante 1 minuto;
- Em seguida, anotar a hora exata do início da sedimentação e mergulhar cuidadosamente o densímetro na dispersão. Fazer as leituras do densímetro a 0,5; 1 e 2 minutos e retirar lenta e cuidadosamente o densímetro. Fazer as leituras subseqüentes a 4, 8, 15 e 30 minutos, 1, 2, 4, 8 e 24 horas a contar do início da sedimentação, mergulhando o densímetro cerca de 15 à 20 segundos antes de cada leitura;
- Após cada leitura, excetuadas as duas primeiras, medir a temperatura da dispersão;
- Realizada a última leitura, colocar o material da proveta na peneira de 0,075 mm, para a realização do peneiramento fino.

Para o cálculo do peneiramento grosso, é necessário calcular a massa total da amostra seca, utilizando a expressão abaixo:

$$M_s = \frac{(M_t - M_g)}{(100 + h)} \times 100 + M_g$$

onde:

M_s = massa total da amostra seca;

M_t = massa da amostra seca ao ar;

M_g = massa do material seco retido na peneira de 2,0 mm;

h = umidade higroscópica do material passado na peneira de 2,0 mm.

Para o cálculo dos percentuais de materiais que passam nas peneiras de 50, 38, 25, 19, 9,5, 4,8 e 2,0 mm, utilizasse a expressão:

$$Q_g = \frac{(M_s - M_i)}{M_s} \times 100$$

Onde:

Q_g = porcentagem de material passado em cada peneira

M_s = massa total da amostra seca;

M_i = massa do material retido acumulado em cada peneira

Para o cálculo de peneiramento fino, devemos calcular as porcentagens de materiais que passam nas peneiras 1,2; 0,6; 0,42; 0,25; 0,15; 0,075 mm, utilizando a expressão:

$$Q_f = \frac{M_h \times 100 - M_i (100 + h)}{M_h \times 100} \times N \quad \text{ou}$$

$$Q_f = \frac{M_s - M_i}{M_s} \times N \times 100\%$$

Onde:

Q_f = porcentagem de material passado em cada peneira;

M_h = massa do material úmido submetido ao peneiramento fino ou à sedimentação, conforme o ensaio tenha sido realizado apenas por peneiramento ou por combinação de sedimentação e peneiramento, respectivamente;

M_s = massa seca correspondente a M_h

h = umidade higroscópica da amostra;

M_i = porcentagem de material que passa na peneira de 2,0 mm, calculado conforme indicado acima.

O resultado final é apresentado graficamente, dispondo o diâmetro das partículas em abcissas (escala logarítmica), e as porcentagens das partículas menores do que os diâmetros considerados em ordenadas (escala aritmética).

4.2.2.5 – ADSORÇÃO DO AZUL DE METILENO

Segundo PEJON (1992), a fração argilosa presente nos materiais inconsolidados é responsável, em grande parte por seu comportamento. Não somente a quantidade, mas também as propriedades físico-químicas são importantes.

Os ensaios foram baseados nos procedimentos de Lan (1977, 1980), Beaulieu (1979) adaptado por PEJON (1992), onde as amostras foram trabalhadas na peneira de 2,00 mm, permitindo a obtenção de um índice de adsorção do azul de metileno global, simplificando o ensaio e realizando um ensaio de granulometria também por este método.

Procedimento:

- Preparação da amostra de solo

- Passar a amostra na peneira 2,00 mm,
- Determinar a umidade
- Pesar 2 a 4 g de solo úmido
- Preparar uma suspensão com o solo e 10 ml de água destilada

* Obs.: não secar em estufa a amostra que será utilizada no ensaio.

- Preparação da solução de azul de metileno

- Determinar a perda de água a 105° C por 18 horas em estufa ventilada,
- Tomar uma massa correspondente a 1,5 g de azul de metileno seco,
- Dissolver em 1 litro de água destilada.

* Obs.: Não utilizar a solução preparada há mais de 3 dias, devido aos problemas de polimerização.

- Execução do ensaio

Para execução do ensaio o material necessário é muito simples, consistindo em um agitador magnético, uma bureta graduada, um becker, uma haste de vidro e papel de filtro para cristais finos.

Durante a realização do ensaio, a suspensão de solo deve ser mantida em constante agitação. Adicionando-se uma quantidade da solução de azul de metileno e após um intervalo de três minutos procede-se à retirada, com haste de vidro, de uma gota de suspensão de solo, que é colocada sobre o papel de filtro. Se ocorrer somente uma mancha azul escura, o teste é considerado negativo e, caso apareça uma auréola azul clara em torno da mancha escura, o teste é considerado positivo. No primeiro caso adiciona-se nova quantidade da solução de azul de metileno até obter-se um resultado positivo. Quando isto acontecer, aguarda-se um intervalo de mais três minutos e se repete o teste. Se o resultado for positivo o ensaio está encerrado, caso contrário acrescenta-se metade da quantidade anteriormente adicionada, espera-se mais três minutos e o procedimento é repetido até obtenção de resultado positivo.

A capacidade de troca de cátions pode ser obtida a partir da expressão:

$$CTC = \frac{V \times C \times 100}{M}$$

Onde:

CTC – CTC em $m_{eq}/100\text{ g}$

V – Volume da solução de azul de metileno gasta (ml)

C – Concentração da solução de azul de metileno (normalidade)

M – Massa do solo seco (g)

Para determinação da superfície específica, faz-se necessário calcular a superfície recoberta por 1 ml de azul de metileno na concentração utilizada:

$$S = \frac{A \times N \times m}{M_{am} \times 1000}$$

Onde:

S – Superfície (m²/ml)

A – Área da face da molécula de azul de metileno (130 Å²)

N – Número de Avogadro

m – massa de azul de metileno seco (g)

M_{am} – Massa molecular do azul de metileno na forma anidra

Assim, a superfície específica do material analisado pode ser calculada da seguinte expressão:

$$SE = \frac{3,67 \times V}{M}$$

Onde:

SE = superfície específica (m²/g)

V = volume da solução de azul de metileno gasto (ml)

M = massa do solo seco (g)

5 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ÁREA

5.1 - Geologia

HASUI (1969), BARBOSA (1970) *apud* BACCARO (1990,1996), afirmam que a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba teria, durante o pré-cambriano médio e superior passado por vários eventos termo-tectônicos que culminaram com a formação das litologias Pré-cambrianas do Grupo Araxá, do Grupo Canastra e Bambuí. Durante a era mesozóica foram palco de eventos sedimentares e magmáticos da Bacia Sedimentar do Paraná, os quais resultaram na deposição de arenitos eólicos da Formação Botucatu, nas manifestações magmáticas com extenso extravasamento de lavas básicas da Formação Serra Geral e na posterior sedimentação do Grupo Bauru (Formações Adamantina, Uberaba e Marília).

Conforme BARCELOS *et al* (1995), o Grupo Bauru, de idade Cretácica Superior, ocupa uma área de 330.000 Km² na seção centro-setentrional da Bacia Sedimentar do Paraná. Acha-se limitada à leste pelo Arco da Serra do Mar, a oeste pela Sutura Crustal de Coxim, a noroeste e norte pela Flexura de Goiânia e Arco Bom Jardim de Goiás e ao sul pelo Alinhamento do Rio Piquiri. Segundo o referido autor, tem como substrato deposicional as rochas da denominada “terceira” Bacia Sedimentar do Paraná, originada pela reestruturação tectônica da plataforma Sul-Americana e a deposição dos sedimentos estritamente de origem continental e vulcânica extrusiva do Grupo São Bento (Cretáceo Inferior).

NISHIYAMA (1989), faz uma síntese de todas as unidades geológicas encontradas no Triângulo Mineiro. Segundo o autor, quase a totalidade do Triângulo Mineiro está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, que é representada pelas litologias de idade Mesozóicas, como os arenitos da Formação Botucatu, basaltos da Formação Serra Geral e as rochas do Grupo Bauru, estando ausentes às unidades de idade Paleozóica. A evolução tectônica tardia nesse setor da bacia não possibilitou acúmulos de sedimentos que antecederam ao período Triássico.

As rochas sedimentares que caracterizam o início da deposição neste setor da bacia, no final desse período são os arenitos eólicos da Formação Botucatu. Estas unidades geológicas na maior parte do Triângulo Mineiro, apresenta-se apenas corpos lenticulares depositados diretamente sobre as rochas dos Grupos Araxá ou Canastra.

O Grupo Bauru, na região do Triângulo Mineiro é representado pelas Formações Adamantina, Uberaba e Marília, sendo que as litologias da última fecham a fase deposicional na Bacia Sedimentar do Paraná no Cretáceo Superior (Maestrichiano). As rochas desse grupo encontram-se recobertas, em grande parte, pelos sedimentos cenozóicos.

De acordo com NISHIYAMA (1989), a Formação Marília é constituída de arenitos conglomeráticos, com grãos angulosos, teor variável de matriz, seleção pobre, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis. Esses sedimentos ocorrem em bancos com espessura média entre 1 e 2 metros, maciços ou com acamamento incipiente subparalelo e descontínuo, raramente apresenta-se com estratificação cruzada de médio porte, com os seixos concentrados nos estratos cruzados e com raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários.

BARCELOS *et al* (1981), propuseram a designação Fácies Ponte Alta para os níveis carbonáticos constituídos de calcário tipo calcrete e Fácies Serra da Galga para os sedimentos arenosos e conglomeráticos superpostos a Fácies Ponte Alta.

O Grupo Bauru na microbacia do córrego Boa Vista apresenta-se com sedimentos grossos associados à deposição em leques aluviais (fanglomerados) formando uma estrutura denominada “Conglomerado Casco de Burro”. O membro Serra da Galga encontra-se superposto ao membro Ponte Alta. No conglomerado Serra da Galga predominam seixos de quartzito, quartzo, calcedônia, calcário e argilitos de diâmetro de aproximadamente 10 cm, sendo comuns às ocorrências de cimento calcífero, bolas e pelotas de argila e concreções carbonáticas com até 20 cm de diâmetro. (BARCELOS - 1986)

SUGUIO (1980) *apud* PEREIRA (1996), faz uma abordagem sobre o Cretáceo no Triângulo Mineiro, mais especificamente a Formação Marília no município do Prata:

“Mostra traços de clima semi-árido, quando rio efêmero de competência mais alta do que em fase mais úmida, ensejaram a formação de depósitos rudáceos de leques aluvionares em regime torrencial. Além da abundância de cimento calcário e nódulos carbonáticos, a ocorrência de minerais de argila e de restos fossilizados são indicativos de paleoclima seco, com água superficial de pH alcalino. Ossos de fósseis de dinossauros poderiam representar restos de animais que, não resistindo aos rigores do clima nesta fase, morreram e foram rapidamente soterrados pela sedimentação subsequente”.

5.2 - Geomorfologia

De acordo com PEREIRA & BACCARO (1996), a região oeste do Triângulo Mineiro se caracteriza geologicamente com topos aplainados, com coberturas conglomeráticas e cimentação carbonática, constituindo as formas denominadas mesas e tabuleiros. Mais ao centro da região identifica-se os relevos residuais sustentados pelos arenitos carbonatados da Formação Marília.

BACCARO (1990, 1991), utilizando a metodologia do RADAM classifica os níveis de dissecação do relevo do Triângulo Mineiro. Distingue o mesmo em 4 grandes unidades, denominados como:

- 1) Área de relevo intensamente dissecado: Corresponde à borda da extensa “chapada” Araguari-Uberlândia, que se estende até o Rio Paranaíba e Grande. Essa superfície vem sendo entalhada pelos seus afluentes, evidenciando vertentes abruptas, corredeiras, contrastando com o relevo suave e ondulado de alguns setores mais interiorizados das chapadas. A feição morfológica desse compartimento está associada as litologias do Grupo Araxá e pelo basalto da Formação Serra Geral e uma presença menos significativa dos arenitos do Grupo Bauru.
- 2) Área de relevo medianamente dissecado: Nessa unidade, ainda, de acordo com BACCARO (1991), apresenta topos nivelados entre 750 e 900 metros, com formas convexas e vertentes entre 3° e 15° de declividade. A litologia mais representativa é a Formação Adamantina do Grupo Bauru. Ainda nessa unidade, Baccaro afirma que os processos pluviais são muito significativos, dando origem nas vertentes, a intensa rede de canais difusos, ravinas e voçorocas. Nas áreas de pastagem, pequenos deslocamentos e deslizamentos de solo observados estão relacionados aos terracetes deixados pelo pisoteio do gado.

- 3) Áreas elevadas de cimeira, com topos planos e largos: Localizados entre 950 e 1050 metros, com topos planos, amplos e largos: Área com baixa densidade de drenagem e vales com pouca ramificação de drenagem. As vertentes possuem baixa declividade, situando-se entre 3° e 5°, sustentadas pelo arenito da Formação Marília e sendo recobertos pelos sedimentos do Cenozóico. Nessa unidade é comum encontrar a microforma de relevo denominada de “murundu” localizada na zona de contato entre a baixa encosta e a planície aluvial, na faixa menos úmida do que a planície e mais úmida do que a encosta adjacente (PENTEADO ORELANA, 1980 apud BACCARO, 1991).
- 4) Área de relevo residual: Esta é a unidade geomorfológica que mais interessa ao nosso estudo, pois aqui está inserida a área de pesquisa em questão. Segundo Baccaro é caracterizada por bordas escarpadas erosivas, de 150 m, em contornos irregulares, com declividades que podem atingir 45°. Os topos estão por volta de 650 a 750 m. Recebem localmente a denominação de “serras”, como Parafuso, Boa Vista, Divisa, São Lourenço, e outras. Apresenta relevo intensamente dissecado com formas retilíneas e côncavas, nas vertentes e anfiteatros e anfiteatros mais expressivos e convexizados. A litologia está vinculada aos conglomerados arenitos da Formação Marília, mantendo as bordas escarpadas, sustentadas pela cimentação carbonática e/ou silicosa. No sopé dessas escarpas há expressivos taludes de detritos e um complexo de rampas suaves e colúviais que se estendem até o fundo dos vales. Esses compartimentos apresentam feições erosivas como ravinas e voçorocas, sobretudo, onde a vegetação natural foi retirada.

A ação antrópica sobre o solo modifica de forma acentuada o meio natural, causando um desequilíbrio ambiental drástico e intensifica os processos que deveriam acontecer naturalmente, a resposta da natureza com tudo isto, acontece agressivamente e causa prejuízos à sociedade. A erosão é uma destas respostas naturais quanto ao mau uso do solo pelo homem.

Percebemos então, que o homem é um ator importante na morfodinâmica apresentada neste cenário, acelerando os processos morfogenéticos e alterando rapidamente toda a esculturação da vertente.

Agentes geomórficos retocam a paisagem, originando ambientes em alteração, onde a idéia geral é que na evolução da vertente, os fenômenos são cíclicos às forças internas e externas, a ação antrópica está vinculada aos fatores externos de modificação e evolução da paisagem.

Já há muitas décadas os processos erosivos têm chamado a atenção do mundo científico, podemos citar, por exemplo, CUBA (1937). As observações de Cuba deixam claros alguns aspectos que são importantes no entendimento dos processos erosivos. Segundo o autor, a erosão é naturalmente, função de cinco fatores principais, sendo eles: a quantidade e a rapidez das chuvas; inclinação do terreno; qualidade da terra; tipo de lavoura e métodos atuais e passados de cultura.

Segundo Cuba, a enorme quantidade de chuva que cai de uma vez é muito importante e conhecida entre nós. As chuvas torrenciais de dezembro e janeiro são tidas como as mais prejudiciais porque, encontrando a terra já bastante saturada de água, não são absorvidas e caindo com muita intensidade levam quantidades enormes de terra justamente da camada mais fértil, sob a forma de enxurradas, para lugares onde as plantas cultivadas não as possam utilizar por muitos séculos.

A área da bacia do ribeirão Boa Vista é representativo de relevos residuais com forte dissecação.

Nota-se na área dos residuais, anfiteatros bem definidos em forma de manjedoura bem dissecados. As escarpas erosivas apresentam-se praticamente verticais e expõem as camadas sedimentares das Formações Adamantina e Marília. No sopé da escarpa encontram-se os depósitos de talus, compostos por material grosseiro proveniente das escarpas. Mais adiante

do depósito de Talus encontramos rampas coluviais compostas de um material mais selecionado e com granulometria menor do que o encontrado no Talus.

Mais afastados da faixa de acumulação de Talus acham-se presentes os depósitos coluviais caracterizado pela presença de um material mais selecionado, constituído predominantemente pela fração areia.

A densidade da cobertura vegetal é o principal fator de proteção oferecida ao solo, preservando sua integridade contra a erosão. Dependendo do uso do solo à erosão pode ser mantida em níveis naturais ou acelerada.

A retirada da vegetação tanto do topo da serra como da superfície de colúvio, foram as causas da intensificação dos processos erosivos em curso na área em questão. Principalmente nas áreas de topo dos residuais, pois com a retirada da vegetação reduziu-se à infiltração da água e conseqüentemente, o *runoff* se elevou. Com isso formam-se verdadeiras cachoeiras que descem do alto da serra durante as chuvas, causando efeitos desastrosos na sua parte baixa ampliando ainda mais as feições erosivas já instaladas e causando outras.

PEREIRA & BACCARO (1996), apontam que o arenito Adamantina vai aparecer aflorando no sopé da serra. Este afloramento se deve à água que desce do topo da serra, não permitindo a formação de taludes de detrito nestes pontos. O escoamento em forma de cachoeiras efêmeras ao cair do alto da serra carrega material abrasivo (blocos de arenitos, seixos e areia) que ao atingir os arenitos Adamantina formam inicialmente as ravinas que ao longo do tempo, evoluem para voçorocas. A jusante das voçorocas assim desenvolvidas acham-se presentes às veredas, as quais encontram-se assoreadas ou em processo de aprofundamento do canal e desbarrancamento das margens.

PEREIRA & BACCARO (*Op. Cit*), após análises dos diversos elementos que compõem a paisagem dos relevos residuais, fizeram uma síntese por meio de integração dos compartimentos morfológicos do substrato rochoso e das formações superficiais,

estabelecendo as unidades morfológicas da área em estudo: identificaram as seguintes unidades geomorfológicas:

- 1- Topos dos relevos residuais
- 2- Escarpas erosivas e taludes de detritos;
- 3- Rampas Coluviais
- 4- Planície Aluvionar

A caracterização das unidades encontra-se resumidas na tabela 01 que segue, ficando evidente que as unidades 2 e 3 (escarpa erosiva e talude de detrito/rampas coluviais) são as que apresentam os maiores problemas erosivos. Por outro lado, a alteração da vegetação natural (cerrado) nos topos dos residuais parece estar aumentando o fluxo do escoamento superficial pluvial levando à formação de sulcos e aumento do volume de água que desce pelas escarpas erosivas.

PEREIRA & BACCARO (op.cit), afirmam ainda que nos setores dos taludes de detrito e de rampas coluvionadas há intensos processos erosivos como ravinas e voçorocas, originados a partir dos desmatamentos, do grande volume de água do escoamento superficial do topo da serra, que desce impactando o sopé das escarpas erosivas, provocando grandes assoreamentos logo a jusante.

Tabela 01 - UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DOS RELEVOS RESIDUAIS					
Unidades Geomorfológicas	Altitudes	Morfologia	Evolução do Relevo	Uso do solo	Estrutura
1 – Topo dos Residuais	600 – 750 m	Tabuliforme, com escarpas em degraus e superfícies erosivas Declividade entre 3° e 8°. Destaque para declividade >13°	Erosão causada pela fauna endopedônica, ravinas subsidência, solapamento, queda de blocos e erosão em lençol.	Pastagens e manchas de cerrado.	Arenito de cimentação carbonática e ferrosa sustentando os vários degraus sobre o topo plano
2 – Escarpa Erosiva e Talude de Detrito	570 – 650 m	Cornija Estrutural, Leques de deposição nas áreas dos anfiteatros. (estes leques são menos expressivos). Declividade entre 3° e 8°	Terracetes, subsidência, ravinas e voçorocas predominam onde a vegetação foi retirada. Quando não há a presença de expressivos taludes de detrito há anfiteatros abertos, áreas preferenciais de ravinas e voçorocas.	Pastagem e algumas áreas com preservação da vegetação natural – Mata de encosta e ciliar.	Material grosseiro, fino, médio e grosso desestruturados e heterogêneo, afloramento de arenito carbonatado e silicificado (Formação Marília).
3 – Rampas Coluviais	570 – 520 m	Formas Côncavas e retilíneas muito suaves Declividade < 3°	Ravinas, voçorocas e erosão em lençol.	Pastagem natural e cultivada algumas espécies de que indicam terra fértil como o bacuri, gameleira, pau d'óleo e babaçu.	Material areno-argiloso e argilo-arenoso.
4 – Planície Aluvionar	520 – 500 m	No canal principal o córrego está definido em forma de vereda – Declividade < 3°	Desbarrancamento e assoreamento	Mata ciliar, gramíneas, Ciperáceas e buritis. Pastagem natural e cultivada.	Acumulação de matéria orgânica e argila, bancos de areia.

Fonte: Elaborado por PEREIRA & BACCARO (1996)

Adaptado por VIEIRA, W.C. (2006)