PROCEDIMENTOS DE TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA: APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEPROCESSAMENTO COMO SUBSÍDIO À ANÁLISE DE PROCESSOS DENUDACIONAIS

Ailton Luchiari

Tese de Doutoramento apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, sob a orientação do Prof. Dr. Renato Herz.

São Paulo

1993

Para,

Tereza, minha esposa

Inaiá, minha filha

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Renato Herz, a quem devoto particular admiração e estima, agradeço pela orientação e confiança em mim depositada.

Aos professores Dr. José Pereira de Queiróz Neto e Dra. Lylian Doris Zulma Coltrinari pelas sugestões apresentadas.

Às secretárias Rosemeide Aparecida Franchin e Juliene Queiróz Schimpl Lazarini pela digitação do trabalho.

À desenhista Elen Aparecida Andreolli Prochnow pela elaboração final das figuras.

Aos docentes, pesquisadores e funcionários do Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica e do Centro de Análise e Planejamento Ambiental do IGCE UNESP, que de uma forma ou de outra prestaram sua colaboração.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar procedimentos para subsidiar pesquisas sobre processos de denudação que atuam nas vertentes. Selecionou-se como área de estudo a Bacia do Rio Alambarí, localizada entre os Municípios de Anhembi e Botucatu, no Estado de São Paulo. Esta área vem sendo submetida a um intenso processo de "voçorocamento". Através da utilização de um Sistema de Informação Geográfica foram implementados os parâmetros da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), obtendo-se como produto final uma carta de potencial de erosão laminar, onde constam locais com maior probabilidade de risco referente a este processo. O segundo procedimento constituiu em analisar a forma das vertentes e agrupá-las através da classificação estatística, para isto foram elaborados programas para computador, de maneira a permitir a análise da forma das vertentes e selecionar seus atributos significativos. A análise comparativa entre os procedimentos permitiu concluir que, a análise das formas das vertentes mostra-se com um alto potencial para subsidiar os estudos sobre os processos atuantes sobre as vertentes. Também foram feitas algumas sugestões no sentido de aprimorar tal procedimento.

ABSTRACT

The aim of the present work has been to evaluate procedures to sponsor research on the denudation processes on slopes. As a study area, the Alambarí River Basin, located between the Anhembí county and Botucatu county, in State of São Paulo, has been selected. This area has been undergoing an intense gulying process (voçorocamento). By using a Geographical Information System (GIS), the parameters of the Universal Soil Loss Equation (USLE) have been implemented provinding as a final product a potential accelerated erosion chart, where one can find places with a greater risk probability related to this process. The second procedure was the analysis of the slope form and bring them together by means of a statistical method with computers programs being elaborated for this and in order to permit the analysis of these slope forms and select their significant features. The comparative analysis between the procedures has permitted to conclude that the analysis of the slope forms presents itself with an enormous potential to sponsor studies of the denudation processes on slopes. Suggestions have also been made aiming at improving such procedure.

SUMÁRIO

pág

Lista de Figuras viii
Lista de Tabelas vi

Capítulo I - Introdução 01

Capítulo II - Princípios e Fundamentos da Hipótese 04
2.1. As vertentes como sistema processo-resposta . 04
2.2. Equação de perdas de solo (USLE) 26
2.2.1. Erosividade das precipitações (R) 28
2.2.2. Fator erodibilidade do solo (K) 31
2.2.3. Fator topográfico (LS) 36
2.2.4. Fator uso e manejo do solo (C) 38
2.2.5. Fator prática conservacionista (P) ... 41
2.3. Morfometria e classificação das vertentes ... 44
2.3.1. Definições básicas 44
2.3.2. As classificações da forma das vertentes 49

Capítulo III - Materiais e Método 62
3.1. Área de estudo 62
3.2. Procedimentos para avaliação dos fatores da USLE 69
3.2.1. Coleta, implementação e tratamento dos dados no sistema GEO-INF+MAP 73
3.3. Procedimentos para avaliação da forma das vertentes 80
3.3.1. Os programas de computador 83
3.3.2. Classificação dos atributos das vertentes 92

Capítulo IV - Resultados 95
4.1. Fatores da Equação Universal de Perdas de Solos 95
4.1.1. Erosividade das precipitações 95
4.1.2. Fator Topográfico 102
4.1.3. Erodibilidade 106
4.1.4. Uso da Terra 110
4.1.5. Integração dos Fatores 113
4.2. Classificação e Avaliação da forma das vertentes 120

Capítulo V - Discussão dos Resultados 133
5.1. Resultados obtidos relativos à área de estudo 133
5.2. Procedimentos adotados 134
5.2.1. A Equação Universal de Perdas do Solo 135
5.2.2. Morfometria e Classificação de vertentes 138
5.2.3. Proposição para futuros trabalhos 140

Capítulo VI - Conclusão 143

BIBLIOGRAFIA 145

Apêndice A - Programas de computador

Apêndice B - Dados utilizados na análise de agrupamento

LISTA DE FIGURAS

Fig.		Pág.
2.1.	Idealização de uma vertente como sistema processo-resposta	14
2.2.	Diagrama para obtenção da erodibilidade do solo, proposta por AHN em 1978	33
2.3.	Nomograma para obtenção da erodibilidade do solo, conforme Wischmeier, Johnson e Cros (1971)	35
3.1.	Bacia do Alambarí, localização e aspectos geomorfológicos	64
3.2.	Aspectos de voçorocas na área de estudo	67
3.3.	Aspectos de voçorocas na área de estudo	67
3.4.	Aspecto da deposição de sedimentos no baixo curso dos canais de primeira ordem	68
3.5.	Exemplo da estruturação do Sistema de Informação Geográfica, tipo Raster	79
3.6.	Localização dos perfís	82
3.7.	Saída gráfica em "Plotter"	91
4.1.	Precipitação na área do reservatório de Barra Bonita	97
4.2.	Probabilidade da precipitação anual do Posto D5-044	99
4.3.	Índices de Erosividade mensal para ano normal e úmido	101
4.4.	Declividades	104
4.5.	Erodibilidade	109
4.6.	Uso da Terra	111
4.7.	Potencial natural à erosão	114
4.8.	Potencial natural à erosão	116
4.9.	Potencial à erosão	118
4.10.	Sinais de erosão sob bom manejo de pastagens, denotado pelos terraços artificiais	119
4.11.	Dendograma de classificação de vertentes	122
4.12.	Grupos de perfís	123

4.13. Perfil aalmb 162 grupo I 126
4.14. Perfil anhum 011 grupo II 127
4.15. Perfil aalmb 173 grupo III 128
4.16. Perfil rbvnd 031 grupo IV 129
4.17. Perfil agprt 093 grupo V 130
4.18. Perfil agpss 031 grupo VI 131

LISTA DE TABELAS

Tab.		Pág.
2.1.	Índices do valor do fator C, para diferentes tipos de utilização da Terra	40
2.2.	Valores para o fator prática conservacionista, conforme a declividade	43
3.1.	Legenda para classes de Uso da Terra	75
3.2.	Valores atribuídos ao fator CP, para classes de uso da terra	76
3.3.	Exemplo de saída executada pelo primeiro programa do Apêndice A	84
3.4.	Melhores segmentos gerados pelo segundo programa do Apêndice A	87
3.5.	Melhores elementos gerados pelo segundo programa do Apêndice A	88
3.6.	Melhores unidades geradas pelo segundo programa do Apêndice A	90
4.1.	Precipitação anual e probabilidade de recorrência para o período 1958-1989 Posto D5-044.	98
4.2.	Declividade: área ocupada pelas clases	104
4.3.	Granulometria, teor de matéria orgânica e erodibilidade das amostras	107
4.4.	Erodibilidade dos solos: área ocupada pelas classes	109
4.5.	Uso da Terra: área ocupada pelas classes	111
4.6.	Valores médios e coeficientes de variação dos atributos, em grupos	124

Conservação de Solos dos Estados Unidos, que tem como um dos parâmetros relevantes a declividade.

Atualmente, a Equação Universal de Perdas de Solo (Universal Soil Loss Equation-USLE), desenvolvida no final da década de cinquenta, baseada em experimentos, vem merecendo a atenção de geógrafos e agrônomos, principalmente. Estes últimos promovem reuniões científicas onde o tema é amplamente destacado.

A equação consiste num método quantitativo que pode ser utilizado para predizer a média da massa de solo perdida numa determinada área, sob ação dos processos de escoamento não concentrado.

Devido a grande quantidade de dados, e de sua variação, a informática torna-se atualmente um instrumento importante aos pesquisadores, principalmente aqueles ligados às Ciências da Terra. Com objetivo de permitir a análise de dados cartográficos em computadores, surgem os sistemas de Informação Geográfica (SIG's). A elaboração desses sistemas computacionais exigem equipes multidisciplinares, pois são constituídas de rotinas de trabalho sofisticadas.

Os sistemas de Informação Geográfica (SIG's) possuem a vantagem de permitir a implementação e análise de grande volume de dados, para tanto necessita-se de ligeira modificação na estrutura desses dados.

Desta forma os parâmetros constituintes da USLE podem ser avaliados mediante a utilização desses sistemas computacionais, possibilitando sua análise para determinada porção da superfície do terreno.

Se por um lado os SIG's mostram-se como ferramentas que atende uma enorme gama de aplicações, por

outro carecem de rotinas para determinados estudos específicos. Neste sentido, alguns ramos da Ciência Geográfica possuem procedimentos específicos para o tratamento de dados, sendo que estes não estão contidos na maioria dos SIG's. Assim nota-se a necessidade do desenvolvimento de rotinas computacionais para atender esta finalidade.

No contexto dos aspectos mencionados, pretende-se avaliar o processo de erosão dos solos, tomando-se como área de estudo a Bacia do Rio Alambari.

Para tanto utilizou-se de dois procedimentos de tratamento de dados, o primeiro consistindo na implementação dos parâmetros da Equação Universal de Perdas do Solos em um SIG, o segundo procedimento baseou-se na análise e classificação de representações bidimensionais de vertentes. Salienta-se que este último procedimento teve como finalidade estabelecer uma relação de avaliação do primeiro. Portanto o objetivo geral do trabalho consiste em subsidiar pesquisas sobre os processos que atuam sobre as vertentes, baseando-se principalmente em representações cartográficas.

CAPÍTULO II - PRINCÍPIOS E FUNDAMENTOS DA HIPÓTESE

2.1. - As vertentes como sistema Processo - Resposta.

Em 1968 Dylik afirmou que, as vertentes são modeladas pelos processos de denudação, que ocorreram no passado e ocorrem no presente, e representa uma conexão dinâmica entre o interflúvio e o fundo do vale (apud, Christofoletti, 1974). Considerando a bacia de drenagem como unidade ambiental, as vertentes funcionam como componentes deste conjunto.

Os processos que atuam nas vertentes são controlados por fatores externos à superfície, são denominados exógenos (Christofoletti, 1974). Os processos que promovem o rebaixamento da superfície terrestre são definidas como processos de degradação, e estes compreendem os processos de intemperismo e remoção de materiais.

A remoção acontece pela perda direta de material da vertente, como a perda de materiais em solução e a perda pelos processos de transporte. Dentre os processos de transporte destacam-se os movimentos de massa lentos, reptação ou rastejamento (creep); os processos morfogenéticos pluviais, incluindo a ação mecânica das gotas de chuva e escoamento superficial; e os movimentos de massa rápidos, solifluxão e deslizamentos.

Conforme Jahn (1968), os processos exógenos de degradação podem ser subdivididas em dois grupos, segundo a direção em que agem. O intemperismo atua na direção perpendicular à inclinação da vertente, enquanto que os

processos de remoção no sentido paralelo à inclinação. Este último grupo de processos foi denominado pelo autor de processos de denudação.

Pode-se perceber que a água desempenha um papel fundamental na esculturação da superfície terrestre, pois está contida na maioria dos processos atuantes nas vertentes. As precipitações, principalmente, fornecem matéria e energia que desencadeiam os processos.

Desta maneira os processos podem ser analisados sob a ótica da Teoria Geral dos Sistemas, pois os sistemas funcionam a partir da entrada de matéria e energia, as quais permitem a execução de processos que objetivam obter respostas.

Chorley e Kennedy (1971) definem sistema como um conjunto de objetos e/ou elementos, estes por sua vez consistindo de componentes e atributos exibindo relações entre si, e operam como um todo. A interdependência entre as partes é uma propriedade diagnosticadora do sistema, de maneira que a função desempenhada é maior que a soma das partes do sistema. Assim, um sistema desempenha uma tarefa no conjunto da natureza.

A vertente pode ser considerada como um sistema aberto, pois recebe continuamente massa e energia da atmosfera . Essa quantidade de massa e energia entra em contato com a superfície, massa rochosa e vegetação, e desencadeia os processos de intemperismo e denudação. A principal saída do sistema é representada pela massa de água e de detritos que se incorporam aos canais de drenagem, embora haja a perda de massa e energia pela evaporação e transpiração das plantas.

Ahnert (1980) salienta que nos estudos da Geomorfologia Funcional (Functional Geomorphology), preocupada com as relações entre as formas, materiais e processos; os sistemas do tipo processo-respostas (process-responses) permitem a representação da totalidade e complexidade da realidade, de maneira bem compreensiva. Esse tipo de sistema combinam dois tipos de sistemas, os sistemas morfológicos (morphological) e os sistemas em seqüência (cascading). O autor prefere referir-se ao primeiro tipo como sistemas estáticos (static), por não apresentarem a dimensão temporal.

Os sistemas morfológicos são caracterizados, por comporem-se apenas pela associação das propriedades físicas do fenômeno, ou seja a geometria, composição, relações entre as variáveis, etc. Conforme Chorley e Kennedy (1971) e Christofoletti (1979) esse tipo de sistema tem como finalidade a análise da forma, assim a delimitação, a determinação das propriedades significativas e a estruturação do sistema, são problemas pertinentes para a identificação dos sistemas morfológicos no mundo real. A estatística constitui-se numa ferramenta essencial para a delimitação e, principalmente, avaliar relações entre os componentes do sistema. Como exemplo pode-se citar que as técnicas de regressão e correlação são utilizadas para identificar as relações entre a sinuosidade e a carga do leito num canal de drenagem, ou declividade média e profundidade do regolito numa vertente.

O dinamismo é uma característica significativa na identificação dos sistemas em seqüência, que são definidos por um conjunto de subsistemas encadeados no qual a saída de um subsistema torna-se a entrada de outro. Nas ligações entre os subsistemas existem reguladores que desviam o fluxo de matéria e energia ora para os armazenadores, ora como

entrada em outro subsistema, ora direcionando-o para o sistema de origem (Chorley e Kennedy, 1971).

Christofoletti (1979) salienta que as tarefas principais para analisar esse sistema consistem em identificar os diversos subsistemas que compõem o sistema maior, os reguladores e os armazenadores. A função dos armazenadores consiste em reter uma certa quantidade de matéria e energia, as quais são liberadas posteriormente, sendo transformada em entrada de outro subsistema ou acrescentada ao produto de saída.

O ciclo de energia térmica e o ciclo hidrológico são exemplos de sistemas em seqüência, pois são bastante conhecidos e são de grande interesse ao geógrafo.

Os sistemas do tipo processo-respostas interligam os sistemas morfológicos e em seqüência. Os processos, sendo dinâmicos, influenciam as variáveis morfológicas, que por sua vez sendo transformadas modificam os processos do sistema em seqüência. Esse dinamismo do sistema processo-resposta significa uma condição de equilíbrio, refletido principalmente pelo reajustamento das variáveis do sistema (Chorley e Kennedy, 1971).

As interligações entre as variáveis dos sistemas morfológicos e em seqüencias podem ser efetuadas de maneira direta (positiva, +), ou de maneira indireta (negativa, -). Um exemplo bastante comum de relação indireta é quando a quantidade de detritos que entra num canal de drenagem é aumentada , isto diminui a capacidade do canal escavar seu leito (processo), conseqüentemente há deposição de detritos e a profundidade do canal diminui (morfologia). A relação direta está na diminuição de intensidade do processo e na diminuição da amplitude da forma do canal.

Quando mais de duas variáveis encontram-se relacionadas entre si, ocorre a retroalimentação em circuito. Essas relações são significativas, pois as variações na intensidade dos inputs ou modificações nos reguladores ocasionam o aparecimento da retroalimentação positiva ou negativa.

A retroalimentação positiva caracteriza-se por apresentar um número par de interconexões indiretas (-). Este tipo de retroalimentação em circuito funciona no sentido de intensificar as variações sofridas pelos inputs, desta maneira ocorre uma instabilidade no sistema, podendo levá-lo à destruição.

Ao contrário a retroalimentação negativa, que apresenta um número ímpar de interconexões negativas (-), tende a atenuar os efeitos das variações sofridas pelos inputs. Assim, o sistema caminha em direção a uma nova relação de equilíbrio, tendendo à estabilização. Para atingir uma nova relação de equilíbrio o sistema necessita de um intervalo de tempo, para que a forma responda as variações ocorridas nos processos. Este intervalo de tempo denomina-se de tempo de recuperação (relaxation time).

Existem nos sistemas processo-respostas variáveis que desempenham diversas funções dentro do fluxo de matéria e energia, principalmente interconectando os sistemas morfológicos aos em seqüência. Os reguladores e os armazenadores desempenham essas funções, portanto a identificação destes é tarefa significativa na análise deste tipo de sistema.

Quanto à dimensão espacial dos sistemas processos-respostas podem ser subdivididas em quatro tipos: os puntuais, os lineares, os de superfície uniforme e os de superfície irregulares.

Os sistemas puntuais referem-se à representação dos sistemas em uma dimensão, o ponto. Este tipo são exemplificados pelas parcelas experimentais, pelos perfis de solo, etc. Jahn (1968) e Ahnert (1980) salientam que a partir de pontos podem ser feitas mensurações sobre os processos tais como a ação das gotas de chuva, velocidade de infiltração da água em diversos tipos de solo. Ahnert (1980) ainda observa que através desses sistemas são obtidos dois tipos de mensurações, as experimentais e as observacionais. A primeira refere-se as simulações que tem por finalidade avaliar um tipo de processo, pela eliminação das interferências ocasionadas por outros processos que ocorrem simultaneamente. Ao contrário dos experimentos, as mensurações observacionais objetivam a coleta de dados sobre os processos através de pontos alocados na natureza.

Os sistemas de duas dimensões, os lineares, como o próprio nome já infere, são as representações através de linhas. Os mais comuns em geografia representam as vertentes e os perfis longitudinais dos rios. A respeito deste tipo de sistema Ahnert (1980) observa que é possível estudá-los como modelos, podendo-se obter mensurações observacionais sobre as propriedades e dos processos, mas sem o controle de variáveis que caracterizam os experimentos.

Os sistemas de superfície uniforme são representações tridimensionais, sendo constituídas por um plano e uma variável distribuída neste plano. Geralmente este sistema representa a distribuição de um fenômeno no espaço, tais como a distribuição da população, e distribuição granulométrica de sedimentos de determinada praia.

Os sistemas de superfície irregular são os que mais se aproximam da realidade, a diferença entre este

sistema e o anterior, é que o componente vertical assume uma maior variabilidade no plano. Dentre estes sistemas estão a rugosidade topográfica e circulação atmosférica.

Considerando as vertentes, pode-se dizer que o sistema processos-respostas interconectam as variações ocorridas na razão dos processos à seqüência de desenvolvimento do perfil de uma vertente (Carson e Kirkby, 1972). Young (1970) afirma, de modo semelhante, que a forma refere-se a resposta, e os processos os agentes atuantes na transformação da forma. Desta maneira os sistemas processos-respostas constituem-se em objetos de pesquisas da Geomorfologia Funcional (Ahnert, 1980).

O sistema morfológico das vertentes refere-se a configuração da superfície do terreno. As técnicas de elaboração de perfis, cálculos morfométricos, mapeamento morfológico, de mensuração, da espessura e composição do regolito preocupam-se com este aspecto.

O sistema seqüencial das vertentes são representados pelos processos de intemperismo, transporte (Young, 1970) e agradação (Jahn, 1968).

Referente aos processos, é digno de nota, definir alguns termos, pois alguns autores divergem quanto a conceituação.

Erosão significa a remoção de materiais da superfície do terreno pela ação da água e do vento, compreendendo a retirada de partículas pelo impacto das gotas de chuva (rain splash) ou pela ação do vento, e o transporte pelos diversos tipos de escoamento. Esta definição difere de Young (1970); e como salienta Tricart (1966) também de autores soviéticos, poloneses e alemães; que limitam o termo ao trabalho destrutivo dos cursos

d'água. Entretanto, segundo Morgan e Kirkby (1980), a erosão é parte integrante dos processos de denudação, sendo um aspecto normal da paisagem.

Ao considerar a erosão como um processo de denudação, a referência principal está na ação de transporte, pois Jahn (1968) salienta que esses processos agem em sentido paralelo à superfície da vertente, denominados também de processos de transporte superficial . Assim, dentre os processos de transporte que ocorrem simultaneamente à erosão, estão a reptação (creep), solifluxão e os movimentos de massa.

Quando o homem atua de modo a intensificar a ação da erosão, ocorre a erosão acelerada. Young (1970) e Morgan e Kirkby (1980) também divergem na conceituação do termo, para o primeiro a erosão acelerada significa um aspecto normal da paisagem, para o segundo erosão acelerada condiz com o termo definido, sob ação antrópica.

Outro termo que merece destaque é a perda de superfície do terreno (ground loss), que consiste no rebaixamento ou recuo da superfície de uma vertente, a partir da nítida remoção do regolito (Young, 1970). Além dos processos denudacionais, os processos de eluviação e eluviação lateral promovem o rebaixamento da superfície. Há diferenças entre esses termos quanto ao sentido de atuação, enquanto a eluviação consiste na perda de materiais em solução no sentido perpendicular à inclinação da vertente; a eluviação lateral caracteriza-se, principalmente, pela ação de transportar os materiais em solução através do regolito.

Salientado por Tricart (1966), os processos de transporte, tanto o escoamento quanto a eluviação lateral, revestem-se de certa descontinuidade, pois os materiais em

vias de transporte podem ser abandonados e estocados na própria vertente.

O processo de abandono de materiais na vertente é denominado agradação . Segundo Jahn (1968) este processo atua de maneira perpendicular à superfície do terreno.

Os processos de denudação podem ocorrer simultaneamente, mas levando-se em consideração as descontinuidades temporais citadas por Tricart (1966), pode-se subdividir os processos em classes variando entre sazonais e catastróficos.

Os processos de transporte de materiais como a reptação, escoamento superficial e eluviação lateral podem ser considerados fenômenos sazonários. Estes fenômenos possuem uma frequência anual de ocorrência, estando a intensidade diretamente conectada com as variações atmosféricas no decorrer do ano.

Os fenômenos periódicos e característicos referem-se aos processos de solifluxão e deslizamentos, respectivamente. A frequência de ocorrência está diretamente ligada às condições excepcionais dos fenômenos meteorológicos.

Neste sentido, pode-se dizer que os fenômenos sazonários possuem uma certa regularidade quando comparado aos outros processos denudacionais. Enquanto a ocorrência dos processos sazonários revelam condições de estabilidade das vertentes, os fenômenos periódicos e catastróficos, por outro lado, criam um desequilíbrio mais ou menos durável sobre as vertentes (Tricart, 1966).

Segundo Chorley, Schumm e Sugden (1984), as formas de vertentes comummente encontradas na natureza são aquelas compostas por três segmentos distintos. A parte superior, geralmente, é composta por um elemento convexo, a porção inferior caracterizada por um elemento côncavo, e entre essas duas partes um segmento retilíneo.

Sob a perspectiva da Teoria Geral dos Sistemas pode-se avaliar os processos que atuam na vertente, do tipo convexo-retilíneo-côncavo, segundo a idealização de um sistema processos-respostas. Considerando a continuidade temporal, a figura 1.1. representa os processos de denudação mais comuns que atuam nas vertentes, sob a ação da água.

O sistema atmosférico tem a função de fornecer ao sistema vertente matéria e energia provinda das precipitações, principalmente. O primeiro processo desencadeado sob ação das precipitações refere-se ao impacto das gotas de chuva sobre as camadas superficial do regolito. As gotas de chuva devido ao tamanho e altura de queda possuem energia cinética, função da massa e velocidade adquirida durante a queda, que é liberada ao atingir a camada superficial. A energia liberada poder atuar de três maneiras, desagregar partículas através do impacto, transportar partículas liberadas pelo processo de saltitação e provocar turbulência quando a água escoa sobre a vertente (Bertoni e Lombardi Neto, 1985).

SISTEMA ATMOSFÉRICO

SUBSISTEMA SUPERIOR DA VERTENTE

SUBSISTEMA INFERIOR DA VERTENTE

SISTEMA CANAL DE DRENAGEM

e

et

p

AÇÃO MECÂNICA DAS GOTAS DE CHUVA

CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO?

S

N

ESCOAMENTO DIFUSO E CONCENTRADO

+

ESCOAMENTO DIFUSO

d+a

fi

ARMAZENAMENTO DE UMIDADE NO SOLO

COMPETÊNCIA DO ESCOAMENTO SE MANTÉM?

REPTAÇÃO

ACUMULAÇÃO DE DETRITOS NA VERTENTE

CARGA TOTAL DO CANAL

CARGA IGUAL A TURBULÊNCIA?

CARGA EM SUSPENÇÃO

CARGA DO LEITO

CARGA MAIOR QUE COMPETÊNCIA?

EROSÃO DO CANAL

ACUMULAÇÃO DE DETRITOS NO CANAL

CONVEXIDADE SUPERIOR

CONCAVIDADE BASAL

PROFUNDIDADE DO CANAL

DECLIVE DO CANAL

SISTEMA MORFOLÓGICO DA VERTENTE

SISTEMA MORFOLÓGICO DO CANAL

SIMBOLOGIA:

Entrada (imput)

Saída (output)

Processo

A

Controlador

Fluxo primário

Efeito direto (positivo)

Efeito indireto (negativo)

p - Precipitação

et - Evapotranspiração

e - Evaporação

d - Detritos

a - Água Superficial

fi - Fuxo Interno

Figura 2.1 - Idealização de uma vertente como sistema-

Dependendo da intensidade das precipitações, que se relaciona diretamente com o tamanho da gota de chuva, esta ao cair na superfície reduz os agregados do solo em partículas menores, atirando-as a uma distância de 1,5 metros, aproximadamente (Christofoletti, 1974), ou podem ser infiltradas no próprio horizonte superficial do solo. Como conseqüência da infiltração de partículas, os poros deste horizonte são preenchidos pelas partículas reduzindo a capacidade de infiltração da água.

A ação mecânica das gotas de chuva atua em toda a extensão da vertente, tanto no subsistema superior quanto no subsistema inferior. Também esta ação pode criar uma maior turbulência no fluxo de água escoada na vertente e no canal de drenagem.

A capacidade de infiltração funciona como um regulador dentro dos subsistemas que compõem o sistema vertente, pois desvia o fluxo de matéria e energia, que constituirá a umidade do solo ou será escoada sobre a superfície do terreno.

A capacidade de infiltração relaciona-se diretamente com a permeabilidade do solo, que por sua vez depende da textura e estrutura dos horizontes do solo. A vegetação também atua no sentido de promover o aumento na capacidade de infiltração.

A água infiltrada permanece nos horizontes do solo por um lapso de tempo, sendo posteriormente liberada pelo fluxo interno que se realiza através do regolito. O fluxo interno, também denominado de eluviação lateral, realiza-se de modo lento quando comparado com o fluxo que se realiza na superfície do terreno. Parte da água infiltrada perde-se por gravidade, compondo o lençol freático, ou por

evapotranspiração, adicionando umidade relativa ao sistema atmosférico.

A água armazenada no regolito, a partir da infiltração, atua no sentido de promover o desencadeamento dos processos de reptação na porção superior da vertente. O processo corresponde ao deslocamento lento de partículas dos vários horizontes do solo, caracterizado principalmente por um fluxo laminar. O deslocamento das partículas diminui com a profundidade, sendo de poucos centímetros por ano nos horizontes superficiais e chegando a ser nulo no contato do regolito com a rocha, incapacitando-o de causar abrasão na rocha (Christofoletti, 1974).

O processo de reptação atua diretamente sobre a forma convexa da porção superior da vertente. Baulig (1950) afirma que a convexidade é modelada principalmente pelo processo de reptação. Assim, a porção ocupada pela convexidade funciona como indicadora da extensão sob atuação deste processo.

À medida que o volume de água infiltrada torna-se menor que o volume de água precipitada, excedendo a capacidade de infiltração, iniciam-se os processos de escoamento superficial. Dois tipos principais destacam-se neste processo, o escoamento difuso e o concentrado.

A porção convexa constitui-se na área de ocorrência do escoamento difuso, caracterizado pelo fluxo de água e detritos em micro canais não estabelecidos, ou seja, não há a fixação de leitos. Este tipo de processo consiste num importante agente de transporte, pois as partículas de calibre menor são liberadas da camada superficial do regolito e colocadas em movimento pelo escoamento difuso, que as transporta vertente abaixo.

A medida que, no escoamento difuso desenvolve o trajeto em direção às porções inferiores da vertente, o volume de água aumenta, e fornece condições para o aparecimento do escoamento concentrado. Este tipo de escoamento ocorre com maior frequência na porção côncava da vertente.

De maneira geral, pode-se afirmar que a convexidade constitui-se na área de ocorrência dos processos de reptação e escoamento difuso. Baulig (1950) observa que, nesta porção da vertente, comummente se encontra solos com boas condições de permeabilidade, dada pela textura grosseira ou estrutura granular.

A matéria e energia contidas nos processos de fluxo interno e escoamento difuso, que ocorrem na parte superior da vertente, são transferidas para a porção inferior da vertente, propiciando o aparecimento de outros processos. A precipitação, que ocorre por toda a vertente, também promoverá o desenvolvimento de processos na porção inferior.

O fluxo interno, denominado por Jahn (1968) de eluviação lateral, transporta materiais em solução na direção paralela à inclinação da vertente. A água flui lentamente pelas camadas subsuperficiais do regolito e fornece maior teor de umidade às camadas situadas na porção inferior da vertente. O maior teor de umidade proporciona uma diminuição na capacidade de infiltração destas camadas.

Em períodos secos, quando o fluxo interno encontra-se com volume de água reduzido, o material transportado em solução tende a ser depositado. Muitas vezes, através de reações químicas, este material incorpora-se ao solo, principalmente promovendo um acúmulo nos horizontes iluviais.

A principal saída de matéria e energia, transportados pelo processo de eluviação lateral, são os canais de drenagem. A água e os materiais em solução transformam-se em carga dissolvida do canal de drenagem. O fluxo interno ocorrendo de maneira lenta propicia condições para a manutenção do fornecimento de matéria e energia ao canal de drenagem, principalmente na época seca. Assim o nível de água nos canais de drenagem apresenta menor variação no decorrer do ano.

Em épocas excepcionais de maior pluviosidade, poderá ocorrer maior quantidade de água infiltrada elevando os teores de umidade no solo. Como conseqüência, surgem as nascentes nos sopés das vertentes. As nascentes, neste caso, funcionarão como saídas secundárias.

O escoamento concentrado ocorre devido ao aumento do volume de água adquirido pelo escoamento difuso, em seu trajeto da parte superior para a parte inferior da vertente. O fluxo interno também colabora para esta ocorrência, pois propicia maiores teores de umidade nas porções inferiores da vertente, reduzindo a capacidade de infiltração. À medida que as águas se concentram, ocasionando maior turbulência no fluxo, capacitam o escoamento concentrado a retirar e transportar materiais mais grosseiros. O fluxo concentrado possuindo maior competência erosiva tende a fixar seu leito, deixando na superfície marcas perceptíveis.

A diminuição do declive e a extensão da parte côncava poderá influenciar a competência do escoamento concentrado. Declives suaves e extensão da concavidade, proporcionalmente, longa diminui a competência do fluxo para transportar materiais grosseiros. Desta forma, primeiro ocorrerá a deposição dos detritos de calibre maior, e posteriormente os de calibre menor.

Parte dos detritos que não se depositam na própria vertente, incorporam-se ao canal de drenagem, que constituirá a saída do sistema.

Segundo Baulig (1950) o escoamento concentrado constitui-se no principal agente modelador da porção côncava. O processo possui maior capacidade de atuação sobre materiais finos e menos permeáveis.

Ocorrendo substancial acumulação de detritos na concavidade basal, haverá uma resposta na forma geral da vertente. A resposta é evidenciada pelo aumento da extensão da concavidade em detrimento da porção convexa.

A água e os sedimentos que abandonam a vertente, tanto pelos processos de escoamento superficial como pelo fluxo interno, serão adicionados à carga total do canal de drenagem.

Os sedimentos incorporados à carga do canal, dependendo do calibre, farão parte da carga em suspensão e carga do leito. As partículas de tamanho reduzido, como silte e argila, comporão a carga em suspensão. Os sedimentos serão transportados na mesma velocidade do fluxo. Caso o fluxo não possua turbulência para mantê-los, os sedimentos tornam-se carga do leito.

A carga do leito constitui-se principalmente de sedimentos grosseiros como areias e cascalhos, que se deslocam de modo mais lento que o fluxo de água (Christofoletti, 1981). Dependendo da competência do fluxo, ocorrerá a deposição dos materiais mais grosseiros, ou mesmo haverá energia suficiente para que o canal escave seu leito.

Quando a competência do fluxo não for suficiente para transportar os sedimentos, ocorrerá a deposição. A deposição causará uma diminuição tanto da profundidade quanto do declive do canal.

No caso contrário, quando a competência do fluxo é maior que a carga do leito, haverá um excedente de energia. O excesso de energia capacita o fluxo a elaborar o trabalho de escavação do canal, assim ocorrerá o aumento tanto da profundidade quanto do declive do canal.

As condições de equilíbrio e desequilíbrio estão presentes na relações entre os subsistemas e seus componentes. As relações atuam no sentido de promover o rebaixamento ou recuo da vertente.

Para Jahn (1968) uma vertente em equilíbrio apresenta uma constante formação do regolito, que não apresenta variações na espessura com o decorrer do tempo, denunciando um equilíbrio entre intemperismo e processos denudacionais. Neste sentido, o autor entende que a espessura da camada do regolito perdida pelos processos de denudação é substituída através do processo de intemperismo.

Ahnert (1966) considera que o equilíbrio se dá à medida que a razão de remoção de detritos na base da vertente se iguala a razão de detritos transportados que chegam a este ponto, e esta última se igualando a razão de detritos produzidos pelo intemperismo.

Baulig (1950) tomando por base uma vertente com perfil convexo-retilíneo-côncavo e apresentando um manto contínuo do regolito, tece considerações a respeito de sua evolução. Supondo que o canal não escava seu leito, a vertente apresenta a tendência em reduzir sua altura, assim o cume será rebaixado com maior rapidez que a base, e o

declive máximo, representado pela porção retilínea, decrescerá. Desta forma, a concavidade se estenderá em direção ao interflúvio, e a extensão da convexidade diminuirá. Esta diminuição da porção convexa conserva uma proporcionalidade com o rebaixamento ou decréscimo da altura.

Os autores concordam que a vertente em equilíbrio tende ao rebaixamento da altura e modificação da forma, com o decorrer do tempo. Chorley e Kennedy (1971) denominaram, esta constante mudança de condições na qual não há repetição de estados através do tempo, de equilíbrio dinâmico.

Segundo Tavares e Christofoletti (1977) as vertentes em equilíbrio dinâmico tendem a atingir o estado de estabilidade, no qual a forma permanecerá imutável, embora haverá desgaste ou diminuição da altura.

As modificações nas entradas e saídas podem criar desequilíbrios. Se o sistema encontra-se em equilíbrio dinâmico, haverá um reajuste interno nas relações entre as variáveis, no sentido de responder às modificações sofridas. O sistema cria mecanismos de retroalimentação, com a finalidade de reestabelecer as condições iniciais ou novas condições de equilíbrio. Os reajustes internos atuarão de modo a modificar a forma.

Quando as modificações nas entradas e saídas do sistema forem intensas, o sistema poderá ultrapassar determinado limiar. Quando isto ocorre haverá uma reorganização das relações entre as variáveis, diferente da original, caracterizando outro estágio de equilíbrio.

Em caso de ocorrer alterações nas condições do sistema de drenagem, como por exemplo redução na competência do fluxo, promovendo a acumulação de detritos,

conseqüentemente haverá a diminuição da profundidade e do declive do canal. Esta atuação se dá de modo indireto sobre a concavidade da vertente, que aumentará de extensão provocada pela deposição de detritos.

O aumento da concavidade basal provoca diminuição na convexidade da porção superior, caracterizando uma relação indireta entre estas duas partes. Os processos de escoamento difuso e reptação serão menos atuantes devido à redução da extensão convexa.

A competência do escoamento concentrado será afetada pela redução do declive na concavidade basal, promovendo a acumulação direta de sedimentos na própria concavidade. Desta maneira, há uma relação direta entre processo e forma, ou seja, acumulação e concavidade basal.

A concavidade aumentará de extensão até que venha a ocorrer o ajuste entre forma e processo. Assim os materiais que abandonam o sistema vertente, será o mesmo transportado pelo canal de drenagem.

As relações entre os processos e forma neste caso, caracterizam a retroalimentação negativa. De modo que, essas relações permitem ao sistema alcançar novamente o estágio de equilíbrio, em função das novas relações provocadas pelas interferências externas.

Por outro lado, se a quantidade de detritos que entra no canal de drenagem for pequena em relação a capacidade de realizar trabalho, haverá um excedente de energia que será gasto na erosão do canal. Então ocorrerá um aumento da profundidade e declive do canal. As camadas superiores do regolito da concavidade basal serão as primeiras a serem eliminadas pelos processos de denudação, causando uma diminuição da extensão côncava.

Conseqüentemente haverá um aumento da extensão da porção convexa.

O aumento da convexidade propiciará maior eficiência dos processos de reptação e escoamento difuso, devido ao aumento da extensão desta porção da vertente.

De modo geral, as camadas superficiais do regolito serão eliminadas rapidamente. Esta diminuição provocará uma intensificação dos processos de intemperismo, pois as camadas subjacentes do regolito e rocha matriz, que possuem maior quantidade de minerais primários, estarão sujeitas a desintegração rápida. Indiretamente o processo de reptação contribui para a intensificação dos processos de intemperismo, pois ocorrendo em solos ricos em materiais primários e tendo sua área de atuação estendida, permitindo que a água infiltrada atinja as camadas mais profundas do regolito.

Ahnert (1966) comenta que o equilíbrio será reestabelecido quando houver uma relação de igualdade proporcional entre os materiais fornecidos pelo processo de intemperismo e os materiais perdidos devido aos processos de denudação. Assim a espessura do regolito se mantém constante, mesmo havendo o rebaixamento da vertente.

O equilíbrio pode não ser reestabelecido, devido a ação intensa e de longa duração do escoamento do canal. Havendo esta tendência a vertente apresentará um perfil convexo, posteriormente a rocha sã poderá aflorar em sua base. Se os processos de aprofundamento do canal continuarem, a vertente atingirá seu ângulo máximo, não ocorrerá o rebaixamento e sim o recuo da vertente (Ahnert, 1966).

O homem também pode interferir no equilíbrio do sistema pela substituição da vegetação original da vertente. A substituição da cobertura vegetal natural por espécies agrícolas e de pastagens ocasionam modificações nas condições hidrológicas da vertente (Astaras, 1984). A interferência mais importante que poderá ocorrer será na capacidade de infiltração dos solos, justamente nos reguladores do sistema.

A gota de chuva ao atingir a cobertura vegetal divide-se em pequenas gotículas, reduzindo a ação do impacto sobre o horizonte superficial do solo. Parte da água precipitada, transformada em gotículas chegam até o solo, parte escoa pelos ramos e caules das espécies vegetais, e ainda outra parte retorna à atmosfera sob a forma de vapor d'água. Portanto, a retirada da cobertura vegetal permite maior eficácia da ação mecânica das gotas de chuva. Em decorrência, haverá maior suprimento de partículas do regolito deslocadas da camada superficial, que serão atiradas a pequenas distâncias pela saltitação ou serão transportadas pelos processos de escoamento.

Quanto a capacidade de infiltração, a vegetação natural atua de duas maneiras, suprindo a camada superficial do regolito com matéria orgânica e reduzindo a velocidade do processo de escoamento. No primeiro caso, quando a cobertura vegetal decompõe-se, ocorre um retorno de matéria orgânica, além de ser utilizada pelas plantas, favorece as condições de infiltração, modificando a estrutura do solo e melhorando a sua aeração.

A vegetação também produz o aparecimento de minúsculas barragens, onde a água estagnada tende a se infiltrar. A água escoada sobre a superfície tende a desviar o fluxo em pequenos canais; quando encontra raízes,

troncos e restos vegetais; reduzindo a velocidade do escoamento difuso e a ocorrência do escoamento concentrado.

Quando retira-se ou substitui-se a cobertura vegetal original, por espécies que não propiciam uma proteção equivalente, há uma redução da capacidade de infiltração. A redução ocasionará uma diminuição no armazenamento de umidade no solo, que conseqüentemente reduzirá a ação dos processos de reptação na porção superior da vertente. Tanto na parte superior quanto na parte inferior haverá maior disponibilidade de água, que será escoada, intensificando os processos de escoamento difuso e superficial.

O aumento de volume, devido a menor capacidade de infiltração, do escoamento difuso propicia maior eficácia ao escoamento concentrado, devido ao fornecimento maior de matéria e energia. Assim os sulcos, que representam a fixação do leito de escoamento, tenderão a ocorrer, mesmo na parte convexa. De modo geral, a vertente tende a se tornar côncava, e possuir maior frequência de sulcos e ravinas, devido ao trabalho desempenhado pelo escoamento concentrado.

Baulig (1950) comenta que, a competência do escoamento será crescente em direção à base da vertente, apesar do declive decrescente assumido pela porção côncava. Então o escoamento está na dependência do seu débito, e não do declive.

A alteração na cobertura vegetal, também, influenciará o regime fluviométrico, promovendo variações sensíveis na altura da lâmina d'água, no decorrer do ano. Em períodos de maior precipitação, as cheias serão maiores e mais rápidas. Por outro lado, nas estações secas a profundidade do canal será menor, em função da água armazenada no regolito que alimenta o fluxo interno.

No sentido de avaliar a influência antrópica nos processos de denudação; ação mecânica das gotas de chuva, escoamento difuso e concentrado, é comum utilizar-se de experimento em parcelas com o objetivo de gerar dados sobre os processos. Esses dados podem fornecer subsídios para entender os mecanismos do processo.

2.2. - Equação de perdas de solo (USLE)

Um dos métodos que vem sendo bastante utilizado, e apresenta a vantagem de fornecer dados quantitativos, é chamado de Equação Universal de Perdas de Solo (Universal Soil Loss Equation - USLE), desenvolvida nos Estados Unidos na década de 50. Segundo Mitchel e Bubenezer (1980) vários estudos vem sendo realizados em países onde a equação não foi originalmente desenvolvida.

No Estado de São Paulo os parâmetros desta equação vem sendo estudados desde 1975, pela Seção de Conservação do Solo do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Mesmo no Brasil, em reuniões e congressos científicos sobre conservação do solo, são apresentados vários trabalhos dedicados ao tema.

Segundo Mitchel e Bubenezer (1980) o método pode ser utilizado para predizer a média anual da massa de regolito perdida numa determinada área experimental, sendo esta área cultivada com uma determinada cultura. Assim os dados fornecidos, por esses experimentos, permitem auxiliar a seleção de culturas, manejo e práticas conservacionistas para diferentes tipos de solo com diferentes declives, determinar como as práticas conservacionistas devam ser alteradas ou aplicadas, visando um cultivo intensivo. Além

disto a equação permite estimar a perda de solos em áreas não agrícolas, e suprir bases para o processo de planejamento conservacionista, indicando quais medidas devam ser implantadas para uma melhor conservação do solo.

A equação fornece como resultado dados quantitativos, fato que apresenta uma vantagem em relação aos métodos que resultam em dados qualitativos. Esta vantagem diz respeito a possibilidade de comparações com outras variáveis e produtos, aplicando-se a eles cálculos estatísticos, ou mesmo permite a utilização de computadores para elaborar simulações, para fins de planejamento da utilização da terra e seu monitoramento.

A equação básica procura levar em conta os principais fatores que influem no processo de denudação, sendo dada pela fórmula:

$$A = R\ K\ L\ S\ C\ P$$

onde, A é a perda de solo por unidade de área, R erosividade das chuvas, um índice devido a influência das precipitações, K erodibilidade do solo que depende de suas características, L comprimento do declive, podendo ser o comprimento de uma vertente, S o grau de declividade da rampa ou vertente, C fator uso e manejo, que diz respeito as culturas agrícolas e seus respectivos manejos implementados em determinada área, e P fator prática conservacionista, referindo-se às obras como terraceamento, curvas de nível, e a implantação de culturas em faixas adotadas pelos agricultores.

Nota-se que pelos parâmetros contidos na equação, esses podem ser divididos em dois grupos, um inerente ao meio físico e outro relacionado às ações antrópicas. A erosividade das precipitações, a erodibilidade dos solos, o

comprimento e o grau do declive compreende os fatores inerentes ao meio físico, onde o homem praticamente não atua de forma direta.

O segundo grupo corresponde após fatores de uso e manejo, e adoção de práticas conservacionistas, que compreendem as ações antrópicas. Neste grupo de fatores o homem atua de forma direta, introduzindo modificações que permitem atenuar a intensidade dos processos erosivos. Essas modificações, geralmente, estão ligadas aos projetos e programas de assistência técnica e extensão rural. Desta forma estes programas que tem por objetivo a conservação do solo, dirigem a atenção para estes fatores da equação.

Ressalta-se ainda que, o homem pode atuar no outro grupo de fatores de maneira indireta, ainda que suas ações não sejam especificamente destinadas ao controle da erosão acelerada, tais como irrigação e adubação do solo. Esta última pode influenciar as características do solo, influenciando a sua erodibilidade, por exemplo.

2.2.1. - Erosividade das precipitações (R)

Este fator designa o potencial que as precipitações possuem para provocar a erosão do solo em determinado local, sendo que este local deve possuir algumas características padronizadas, como comprimento e grau de declive, cobertura vegetal e solo uniforme.

A energia das chuvas depende diretamente do tamanho das suas gotas, pois quanto maior este tamanho maior a capacidade da chuva provocar a erosão, e conseqüentemente maior energia cinética desta chuva. Portanto pode-se dizer

que para o Estado de São Paulo as chuvas convectivas, frequentes no verão, possuem um alto poder erosivo devido ao tamanho das gotas de chuva, enquanto que as originadas sob a influência das frentes frias, comuns no inverno, e apresentam gotas de tamanho menor, possuem um baixo poder erosivo.

Outra influência das precipitações é dada pela frequência das chuvas, o que ocasiona variações no teor de umidade no solo. Fournier (1960) demonstra que o teor de umidade no solo influi de maneira significativa no processo de erosão. O autor apresenta os seguintes dados, para parcelas experimentais, onde é possível coletar o material erodido, após um período de seca, o primeiro dia apresentou uma precipitação de 19,3 mm que provocou uma perda de 1,5 toneladas de material erodido, no dia seguinte uma precipitação de 13,7 mm erodiu 4 toneladas de material, no terceiro dia uma precipitação de 23,8 mm provocou a erosão de 8,9 toneladas de material. Após três dias com precipitação nula, uma precipitação de 14 mm, no quarto dia, provocou a perda de 4,2 toneladas de material. Assim pode-se notar que no primeiro dia a maior parte da água precipitada se infiltrou no solo, no segundo dia, apesar da menor quantidade de água precipitada, a maior parte da precipitação perdeu-se sob a forma de escoamento superficial provocando um aumento do material erodido. Isto também ocorreu no terceiro dia consecutivo de precipitação. Decorridos três dias de seca, o solo ainda permanecia úmido, o que provocou uma perda de material semelhante aquela do terceiro dia de chuva consecutiva.

Quando se pode contar com dados de pluviógrafos, a energia cinética das chuvas pode ser calculada diretamente pela equação proposta por Wischmeier e Smith, em 1958 (Mitchel e Bubenezer, 1980), que foi modificada por Bertoni e Lombardi Neto (1981), que se constitui na seguinte equação:

$$Ec = 12,142 + 8,877 \log_{10} I$$

onde, Ec é a energia cinética parcial das chuvas, dada ton/ha. mm, e I intensidade das precipitações em mm/hora.

Segundo Chaves e Diniz (1981) e Silva et alii (1981), a partir dos diagramas dos pluviógrafos determina-se as chuvas erosivas, como sendo aquelas iguais a 10 mm de água precipitada num intervalo de tempo igual ou menor a 10 minutos, ou aquelas iguais ou maiores que 6 mm de água precipitada num intervalo de tempo de 15 minutos. Tavares (1986) ainda comenta que, uma chuva individual é aquela separada de outra por um período de 6 horas livre de precipitação ou com precipitação inferior a 1,0 mm.

Através da segmentação dos dados aplica-se a fórmula a estes. Assim a energia cinética multiplicada pelo total de chuva no intervalo, corresponde a energia cinética do intervalo. A energia cinética da chuva é dada pelo somatório desses produtos.

O índice de erosão EI_{30} é dado pela energia cinética de cada chuva vezes a intensidade máxima em 30 minutos expresso em mm/horas.

Esses cálculos são os que apresentam maior exatidão para avaliar a erosividade das precipitações (R), mas seu uso é restrito às áreas onde existem pluviógrafos.

Neste sentido Bertoni e Lombardi Neto (1985), baseados na metodologia proposta por Fournier (1960), calcularam os índices de erosividade mensal, utilizando dados de 22 anos de registros de precipitações. Os autores empregaram a seguinte equação:

$$E_{im} = 6,866 (p^2/P)^{0,85}$$

onde, EI_m é a média mensal do índice de erosividade, em ton/ha, $\underline{p}$ a precipitação média mensal e $\underline{P}$ a precipitação média anual, estas em mm.

A partir destes cálculos, os autores construíram cartas de isoerodentes para o Estado de São Paulo, as quais podem servir de base para pesquisas sobre conservação de solo.

2.2.2. - Fator erodibilidade do solo (K)

A erodibilidade de um solo diz respeito a sua susceptibilidade à erosão, que é recíproca da resistência à erosão. Assim um solo com alta erodibilidade erode mais que outro que apresenta baixa erodibilidade quando expostos a uma mesma precipitação (Bertoni e Lombardi Neto, 1985).

Mitchel e Bubenezer (1980) comentam que as características dos solos que afetam a erodibilidade são aquelas relacionadas a velocidade de infiltração, permeabilidade e capacidade de armazenamento de água, resistência da camada superficial do regolito as influências da saltitação, abrasão e transporte pelo escoamento.

Para Resende (1985) os atributos do solo que se deve considerar para avaliar a erodibilidade, dizem respeito

a textura, teor de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade.

As partículas do solo não são igualmente deslocadas e transportadas no processo de erosão. Partículas mais finas, como a argila, são difíceis de serem deslocadas, mas vencida a força de coesão que as une, são facilmente transportadas pelas águas do escoamento. Por outro lado partículas maiores, como a areia, são facilmente deslocadas, mas tendem a se depositar ao longo das vertentes, quando há uma pequena diminuição na velocidade do escoamento.

Fournier (1960) exemplifica que a textura do solo é importante no processo de erosão, pois na bacia fluvial de Las Posas Creek, uma precipitação de 208 mm ocorrida em três dias, provocou uma movimentação de materiais erodidos de 3.520.000 metros cúbicos. Desses materiais 716.800 metros cúbicos, 20% do total, tinham tamanho superior a 20 microns, enquanto que 2.803.200 metros cúbicos, 80% do total, eram de materiais inferiores a 20 microns.

Considerando apenas a textura para determinar as condições de erodibilidade de um solo, Ahn em 1978, construiu um diagrama trilinear (Figura 2.2), onde os valores de erodibilidade podem ser estimados através porcentagem de areia, silte e argila (Olson, 1981). Nota-se pelo diagrama que à medida que aumenta os valores do silte os valores de erodibilidade tendem a aumentar. Neste sentido pode-se considerar que os solos mais ricos em fração silte são os propícios à erosão, pois essas partículas são facilmente desagregadas da massa de solo, pelo impacto de gota de chuva, e facilmente transportadas pelo escoamento.

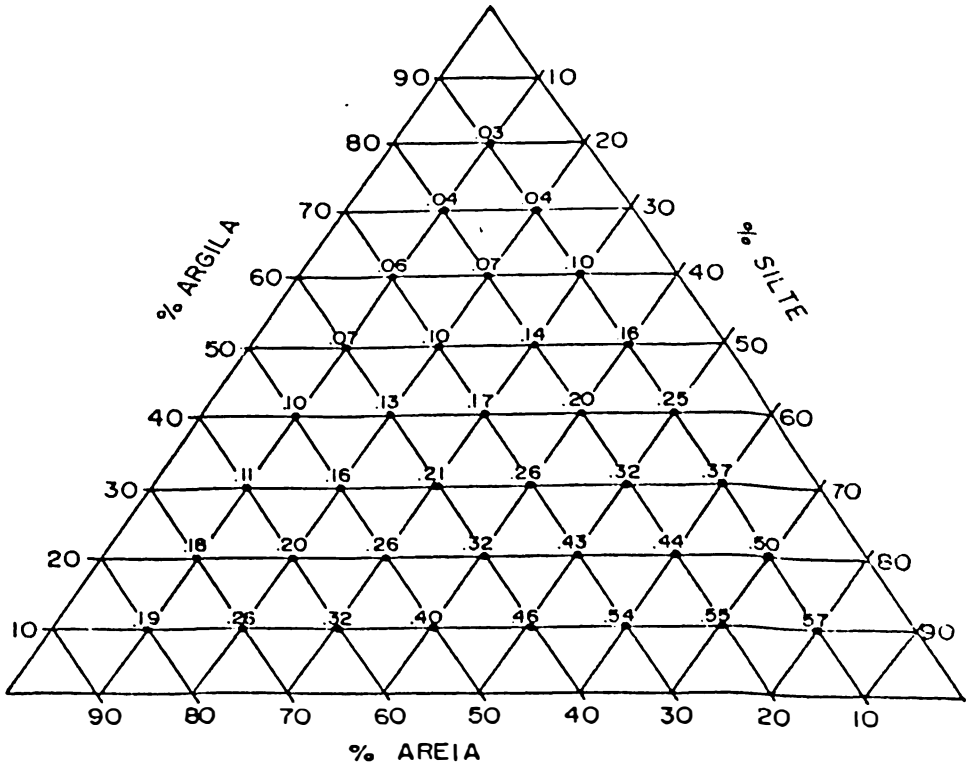


Figura 2.2 - Diagrama para obtenção da erodibilidade do solo, proposto por AHN em 1978 (OLSON, 1981).

A permeabilidade é a capacidade que um solo possui para que a água circule em seu perfil, assim ela é dependente do volume e da quantidade de poros que existem na massa de solos (Bertoni e Lombardi Neto, 1985). Desta forma, a textura, estrutura e matéria orgânica influenciam diretamente a permeabilidade. Geralmente a permeabilidade é medida em termos de infiltração, em milímetros por hora. Esta permeabilidade influi diretamente na quantidade de água disponível para o escoamento.

Em geral, solos arenosos possuem uma permeabilidade rápida, enquanto que os argilosos, possuem uma permeabilidade lenta. Isto é decorrência de grandes espaços encontrados nos solos arenosos. As diferenças no teor de argila entre os horizontes do solo podem modificar a permeabilidade, pois no horizonte B o teor de argila é,

geralmente, maior que no horizonte A. Neste sentido Baruqui e Fernandes (1985) comentam que a espessura dos horizontes podem influenciar a capacidade de armazenamento de água no solo, assim solos com horizonte A profundo favorecem o armazenamento de água, enquanto os que apresentam o horizonte A delgados, dificultam a sua utilização pelo déficit de água.

A estrutura também influi na permeabilidade, pois a areia, silte e argila, tendem a se agruparem em agregados separados por linhas de fraqueza. Estas linhas definem o tipo de estrutura, podendo tomar formas laminar, prismática, em blocos e granular. A estrutura granular fornece ao solo maior resistência contra a erosão e permite uma rápida velocidade de infiltração, enquanto que as estruturas em blocos e laminar atuam de maneira inversa.

Conforme Resende (1985) a matéria orgânica atua diretamente na estruturação dos solos, pois ela auxilia a manutenção dos agregados de areia, silte e argila, além de propiciar a manutenção da umidade no solo. Assim solos que apresentam altos teores de matéria orgânica são aqueles que resistem mais aos processos erosivos.

Tomando-se por base essas considerações Wischmeier, Johnson e Cross (1971) elaboraram um nomograma para avaliar a erodibilidade do solo (figura 2.3). Este nomograma considera cinco parâmetros para a determinação da erodibilidade de um solo, porcentagem de silte e areia fina, teor de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade. Os autores salientam que sua utilização é relativamente simples, pois os parâmetros levados em consideração podem ser obtidos por meio de rotinas simples de laboratório observações de perfis no campo. Tavares (1986) ressalta que o resultado encontrado no nomograma, deve ser multiplicado por 1,291, para ser transformado no sistema métrico decimal.

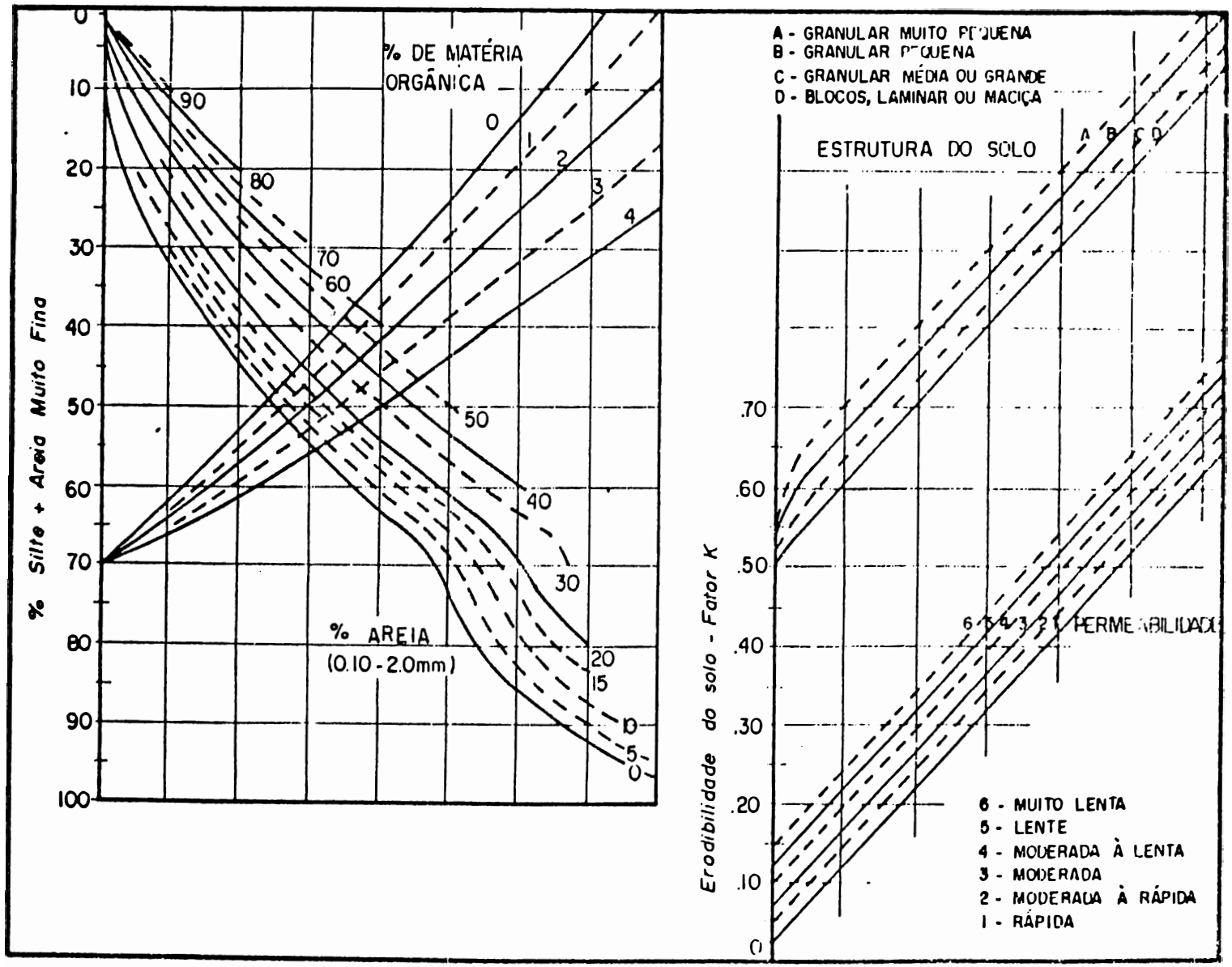


Figura 2.3 - Nomograma para a determinação da erodibilidade do solo, conforme WISCHMEIER, JOHNSON e CROSS (1971).

2.2.3 - Fator topográfico (LS)

As perdas de solo são bastante influenciadas pelo comprimento (L) e o grau de declive (S) de uma vertente, pois esses fatores atuam diretamente na intensidade das forças erosivas do escoamento superficial.

A declividade atua na erosão do solo por influenciar diretamente a energia das águas do escoamento superficial. Um alto grau de declive imprime maior velocidade ao escoamento superficial, dando-lhe maior poder erosivo, enquanto que declive com menor grau de inclinação atua no escoamento superficial imprimindo-lhe menor velocidade.

O volume do fluxo de água escoada está diretamente ligado ao comprimento do declive, ou pode-se dizer o comprimento de uma encosta. Desta forma, vertentes com maior comprimento permitem maior concentração de água escoada, quando comparadas às encostas mais curtas, considerando o mesmo grau de declividade.

Para parcelas uniformes, padronizado o uso, o fator topográfico (LS) pode ser obtido a partir da equação proposta por Wischmeier e Smith em 1978 (Mitchel e Bubenezer, 1980);

$$LS = (X/22,13)^{m} . (0,065 + 0,045\,S + 0,0065\,S^{2})$$

onde LS é o índice do fator topográfico, X o comprimento da parcela em metros, S a declividade da parcela em

porcentagem, e m um expoente. Este expoente varia de acordo com um grau de declividade, sendo 0,5 se o declive é maior ou igual a 5%, 0,4 se o declive é menor que 5% e maior que 3%, 0,3 se o declive é menor ou igual a 3% e maior ou igual a 1%, e 0,2 se o declive é menor que 1%.

Ressalta-se que esta equação só deve ser utilizada para parcelas experimentais, onde todos os termos da equação são préviamente definidos, ou para grandes áreas como aquelas estudadas por Tavares (1986). Portanto o seu uso não é aconselhável para calcular este índice para uma vertente composta de parcelas de tamanhos préviamente definidos, pois a somatória dos valores encontrados não correspondem ao valor real deste índice para toda a vertente, ou seja haverá uma superestimação deste valor.

Os resultados obtidos pela aplicação desta fórmula são praticamente iguais aqueles obtidos pela aplicação da equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1985).

Resende e Almeida (1985) comentam que a forma das vertentes influenciam muito o poder erosivo, principalmente a velocidade do fluxo do escoamento. Assim as vertentes retilíneas esta velocidade permaneceria constante, mesmo com o aumento do volume do fluxo, sua competência não diminuiria e poderia transportar sedimentos até os canais de drenagem. Na vertente convexa a velocidade de escoamento tende aumentar do topo para a base, provocando uma maior competência de transporte e maior poder erosivo das águas escoadas. O contrário ocorre na vertente côncava, a velocidade do escoamento tende a diminuir do topo para a base, conseqüentemente diminuindo a competência do escoamento, então ocorrendo a deposição de sedimentos na encosta.

Observando estes detalhes Wischmeier e Foster (1974) propõem um cálculo para determinar a erosão total de uma vertente, sendo esta representada pela subdivisão da vertente em segmentos uniformes. Este cálculo é dado pela equação:

$$LS = \frac{\sum_{J=1}^{n} \left(S_j X_j^{m+1} - S_j X_{j-1}^{m+1} \right)}{Xe\ (22,13)^m}$$

onde, $\underline{x}_j$ é a distância do topo até a base de cada segmento j em metros, $\underline{x}_{j-1}$ é o comprimento da vertente acima do segmento em metros, $\underline{x}_e$ é o comprimento total da vertente em metros, e $\underline{S}_j$ é a declividade de cada segmento em porcentagem.

O valor do índice $\underline{m}$ segue as considerações expostas anteriormente. Assim como o uso desta fórmula pode-se prever com maior exatidão, a influência do fator topográfico sobre o processo erosivo, quando se avalia uma vertente.

2.2.4. - Fator uso e manejo do solo (C)

As terras que apresentam uma vegetação densa, aquela que proporciona uma boa proporção de cobertura, são as que estão em condições ideais de resistir aos processos erosivos e absorver as águas provindas das precipitações. A cobertura vegetal reduz o impacto direto das gotas de chuva no solo e reduz, também, a velocidade do escoamento superficial. Havendo uma diminuição da velocidade do fluxo

de água escoada, há uma redução da competência do escoamento e um aumento da água infiltrada no solo (Baruqui e Fernandes, 1985).

Nesse sentido, o homem pode atuar diretamente sobre este fator, selecionando culturas que proporcionem melhor proteção do solo, e adotando sistemas de manejo adequados para o desenvolvimento dessas culturas. O manejo compreende uma série de atividades que influenciam o rendimento das culturas, atuando também no controle da erosão. Em geral, essas atividades consistem na queima ou incorporação de restos vegetais de outras culturas, plantio contínuo ou rotação de culturas. O manejo está relacionado a um tipo específico de utilização da terra, podendo ser culturas anuais, temporárias ou perenes, pastagens, silvicultura, ou áreas com cobertura natural, como o cerrado e florestas naturais.

A relação uso e manejo do solo, fator C, corresponde a relação entre a erosão existente em um terreno com determinado tipo de vegetação, cultivado sob condições específicas, e a erosão em um terreno mantido continuamente desprovido de vegetação (Bertoni e Lombardi Neto, 1985, e Tavares, 1986).

O valor deste fator é determinado por experimentos de campo, onde são combinados o produto cultivado e seu manejo com a sua proteção ao solo. Assim vários autores, baseados em dados de campo e bibliografia, determinaram índices anuais para perdas de solo devido a este fator, os quais são apresentados na tabela 2.1.

TABELA 2.1 - Indices do valor do fator C, para diferentes tipos de utilização da terra.

Utilização da Terra	1	2	3	4	5
Cultura anual	0,1-0,38	0,3-0,6	0,01-0,9	0,4-0,55	-
Temporária	0,12-0,42	-	-	-	0,1-0,2
Perene	0,009	0,2	0,1-0,3	-	0,04-0,5
Pastagem	0,0004	0,1	0,01	-	0,01-0,2
Cerrado	-	-	0,01	-	0,0014
Silvicultura	0,0004	-	-	-	0,004
Floresta Nat.	0,00004	0,1	0,0001	-	0,00004

Fontes: 1 - Estudos realizados para o Estado de São Paulo (Lombardi Neto, Bellinazzi Jr. e Bertolini, 1981).

2 Estudo realizado por Tavares (1986) na área do Alto do São José dos Dourados.

3 - Estudos realizados por Roose, em 1977, na África (Mitchel e Bubenezer, 1980).

4 - Valores para os Estados Unidos, meridiano 104 (Mitchel e Bubenezer, 1980).

5 - Indices utilizados por Stein et alii (1987), para estudar a erosão dos solos da bacia do Peixe-Paranapanema.

Nota-se que os valores, deste fator, relacionam-se a cobertura proporcionada por cada classe de utilização da terra. Sendo que as culturas anuais e temporárias são aquelas que apresentam os maiores valores, enquanto que as pastagens e a cobertura vegetal natural, apresentam os menores valores. Este fato está relacionado ao ciclo vegetativo das culturas anuais e temporárias que proporcionam uma boa proteção ao solo só na época próxima à colheita, sendo que nos estágios anteriores, elas proporcionam uma proteção gradual, desde o plantio até a maturação.

No Estado de São Paulo as culturas anuais deixam o solo praticamente descoberto, pelo período de três meses. Este período está relacionado às atividades de preparo do solo, plantio e estabelecimento. O que eleva bastante o valor deste índice, para este tipo de utilização da terra.

Relacionando os trabalhos de Mitchel e Bubenezer (1980) e Bertoni e Lombardi Neto (1985), pode-se ter uma noção da percentagem de cobertura vegetal proporcionada pelas culturas anuais. O período de preparo e plantio apresentam em média 10% de cobertura, o período de estabelecimento 10 a 50% de cobertura, e a fase de crescimento e maturação 50 a 70% de cobertura.

Bertoni e Lombardi Neto (1985) apresentam um método para cálculo do índice C, para cada estágio de desenvolvimento das culturas anuais. Os autores basearam seus cálculos em dados de erosividade e dados obtidos em parcelas experimentais. Este método parece ser útil para estudos de erosão em períodos menores que um ano.

2.2.5 - Fator prática conservacionista (P)

Este fator compreende um conjunto de técnicas, principalmente de caráter mecânico, que visam reduzir as perdas de solo. Essas técnicas também podem elevar o potencial produtivo do solo. Dentro destas técnicas incluem-se: plantio em contorno, plantio em faixas de contorno, terraceamento e alternância de capinas.

O plantio em contorno, consiste em distribuir as plantas cultivadas no sentido transversal ao declive, formando curvas de nível ou linhas de contorno. As linhas formam pequenas barreiras que reduzem a velocidade do

escoamento superficial, conseqüentemente reduzindo seu poder erosivo.

Segundo Baruqui e Fernandes (1985), o uso de práticas de cultivo em contorno, quando utilizadas isoladamente, são restringidas a terrenos com 3 a 4% de declividade.

As faixas de contorno, consiste em cultivar alternadamente culturas que ofereçam maior densidade de cobertura vegetal, com aquelas que oferecem menor proteção ao solo. Combinam-se nesta atividade culturas anuais e temporárias, ou culturas anuais e pastagens em rotação. Um subtipo desta técnica são as faixas de retenção vegetativa, onde gramíneas, erva-doce, capim napier são dispostos em faixas na área cultivada.

As capinas quando feitas em terrenos cultivados é recomendável, para o controle da erosão, deixar faixas transversais ao declive mantendo-se a vegetação. Esta vegetação será retirada quando se executar a próxima capina, enquanto que as áreas agora capinadas serão mantidas com vegetação.

Dependendo do declive, é comum ser executado a construção de terraços, que constituem diques de terras espaçados no sentido transversal ao declive. O espaçamento entre os terraços dependerá da declividade do terreno. Este tipo de prática conservacionista tem como função reduzir o comprimento da encosta, por meios artificiais. Tavares (1986) comenta que os terraços podem ser identificados em uma área, com o auxílio de fotografias aéreas.

O fator prática conservacionista (P) é determinado pela perda de solo ocorrida em determinada área, na qual

emprega-se essas práticas, comparada com a perda ocorrida em outra área com plantio morro abaixo.

Bertoni e Lombardi Neto (1985), apresentam alguns índices deste fator da equação de perdas do solo. Os autores determinaram que o valor 1,0 deve ser atribuído ao plantio morro abaixo, o valor 0,5 para o plantio em contorno, o valor 0,4 para a alternância de capinas junto com plantio em contorno, e 0,2 para faixas de vegetação permanente.

Mitchel e Bubenezer (1980) apresentam valores que se relacionam conforme a declividade do terreno. Estes valores são apresentados na tabela 2.2.

TABELA 2.2 - Valores para o fator Prática conservacionista (P), conforme a declividade.

	TIPO DE PRÁTICA		
Declividade	Contorno	Faixas de contorno	Terraceamento
1-2 %	0,60	0,30	0,12
3-8 %	0,50	0,25	0,10
9-12 %	0,60	0,30	0,12
13-16 %	0,70	0,35	0,14
17-20 %	0,80	0,40	0,16
20-15 %	0,90	0,45	0,18

Fonte: Mitchel e Bubenezer (1980)

Bertoni e Lombardi Neto (1985) comentam que, para áreas terraceadas deve-se considerar o comprimento do declive como a distância entre os terraços. Este fato também foi observado por Resende e Almeida (1985).

2.3. - Morfometria e Classificação das Vertentes.

2.3.1. - Definições básicas.

A forma assumida pelas vertentes constituiu-se na resposta aos processos que atuaram e atuam no sistema, assim pode-se dizer que a análise linear da forma da vertente consiste numa técnica descritiva de ampla aceitação (Christofoletti e Tavares, 1977).

Os perfis de vertente, de determinada área, apresentam combinações características, entre as unidades, possuindo ângulos, curvaturas e extensão similares. Estas semelhanças resultam, parcialmente, das condições ambientais e da história morfológica do local, e parcialmente do desenvolvimento da vertente. Desta maneira, a técnica de análise de perfis de vertentes consiste nos dados observacionais básicos para estudos indutivos da evolução de vertentes, também fornece dados que podem ser aplicados em outros problemas da geomorfologia regional, auxiliando nos problemas relacionados ao planejamento da utilização da terra (Young, 1964).

Desta maneira, a técnica de análise de representações de vertentes, tanto bidimensional quanto tridimensional, preocupa-se em identificar partes da vertente e relacioná-las mutuamente, bem como associá-las aos processos que atuam na vertente.

Savigear (1956) tem por objetivo mensurar e identificar, bem como denominar as porções que compõem a vertente. Essas porções são denominadas unidades de vertentes.

A análise de vertentes, a partir da representação bidimensional, compõe-se praticamente, de três etapas sucessivas. O levantamento de dados no campo através de equipamentos de precisão, como teodolitos, níveis e pantômetros. O tratamento quantitativo que consiste em identificar as principais unidades. A última etapa procura a descrição classificatória da vertente, em função do relacionamento entre as unidades do perfil.

Preocupado com a etapa do levantamento de campo Young (1972, 1974), fornece elementos para um trabalho sistemático que inicia-se com a análise preliminar de cartas topográficas e fotografias aéreas, e culmina com a coleta de dados no campo.

Apesar de considerar a amostragem estatística em grade importante, Young (1972, 1974) prefere utilizar a bacia de drenagem como base de amostragem. A escolha reduz a probabilidade de ocorrência de desvios ocasionados pela amostragem em grade.

A partir de cartas topográficas ou fotografias aéreas, delimita-se os interflúvios e talvegues. Após esta primeira atividade, identifica-se os locais que não se caracterizam como vertentes, casos de lagos e planícies de inundação.

As áreas de nascentes e os esporões finais dos interflúvios podem ser desprezados, quando a análise preocupa-se com a representação bidimensional da vertente. Mas devem ser incluías nos estudos que consideram a representação tridimensional da vertente, pois as áreas de cabeceiras e as dos esporões representam as formas plano-côncava e plano-convexa, respectivamente.

Após o procedimento de identificação de locais passíveis de serem amostrados, lançam-se linhas mestras, ou base, numa posição eqüidistante entre os interflúvios e os talvegues das bacias de drenagem. Nestas linhas base são determinados os pontos de amostragem, que estão contidos em intervalos regulares, de acordo com a ordem das bacias. Esses pontos podem ser escolhidos através de sorteios ou outro procedimento estatístico, que vise a boa representatividade das amostras. Os perfis a serem levantados serão representados por linhas que vão do interflúvio ao talvegue, passando por esses pontos.

Em seguida à escolha dos perfis nas cartas ou fotografias, procede-se ao levantamento de dados no campo. Este levantamento consiste em mensurar ângulos e distâncias no terreno, ao longo de linhas do perfil, através de pantômetros, níveis e teodolitos. Quando se utiliza o pantômetro, as distâncias no terreno permanecem fixas e os ângulos variam. No caso de se utilizar teodolitos, tanto as distâncias como os ângulos variam. As distâncias entre dois locais de mensuração representando uma parte bastante reduzida da vertente, denomina-se extensão da superfície da vertente , ou pode-se considerá-las como unidades mínimas.

Savigear (1956 e 1966) não se preocupa em controlar a variação angular entre duas unidades mínimas de vertente sucessivas, apenas comenta que é raro ocorrer diferenças maiores que vinte minutos (20') entre duas leituras sucessivas, tomadas com o nível tipo Abney.

Young (1972) apresenta uma preocupação em controlar os desvios entre leituras angulares sucessivas, e para este controle sugere que sejam seguidos dois princípios. O primeiro consiste que as extensões das unidades mínimas devam variar entre dois e vinte metros (2 e

20m). O segundo princípio diz respeito a variação entre duas leituras angulares, assim o autor comenta que essa variação não deve exceder dois graus (2°) em declives menores que vinte graus (20°) e não exceder quatro graus (4°) em declives superiores a vinte graus (20°). Para que isto ocorra, o autor exemplifica seus princípios baseando-se na variação das medidas de extensão e dos ângulos das unidades mínimas.

Os levantamentos de campo são preferíveis quando comparados a outros métodos, mas as fotografias aéreas (Young, 1972) e cartas topográficas (Savigear, 1956) podem servir como fonte de informação. O principal problema desses produtos está no fornecimento de dados genéricos sobre as vertentes, e não em dados detalhados como os obtidos nos levantamentos de campo. Desta forma Trenhaile (1979) utilizou fotografias aéreas nas escalas 1:10.000 e 1:5.000 para obtenção de dados sobre vertentes no Canadá.

Christofoletti e Tavares (1977) obtiveram dados a partir de cartas topográficas na escala 1:10.000, para análise de vertentes em Poços de Caldas-MG.

A etapa seguinte da análise de representações bidimensionais de vertentes consiste no tratamento quantitativo e identificação das unidades da vertente. Para a identificação das unidades existe uma terminologia proposta por Savigear (1956), que posteriormente sofreu algumas modificações introduzidas por Young (1964, 1971, 1972), e vem sendo aceita pela maioria dos pesquisadores desta área do conhecimento.

A unidade de vertente, composta por unidades mínimas da vertente que possuem um padrão de variação angular, consistindo em segmentos e elementos. Nesse sentido, esta etapa da análise preocupa-se, fundamentalmente, em examinar o perfil a partir de gráficos e identificar os elementos e segmentos.

O segmento é a porção retilínea da vertente, tendo como unidade de medida o grau (^{o}). As diferenças angulares entre as unidades mínimas da vertente que compõem o segmento devem ser zero, Young (1971) admite uma pequena variação entre os ângulos, sendo esta diferença relacionada ao coeficiente de variação. Young (1964) destaca ainda o segmento máximo da vertente, que caracteriza-se na umidade retilínea com maior inclinação, tendo em suas extremidades unidades que possuam ângulos inferiores. De maneira geral, pode-se dizer que o segmento máximo corresponde ao ponto de inflexão definido por Baulig (1950).

Os elementos da vertente consistem em porções curvas. Dentro desta definição destacam-se duas subdivisões: os elementos convexos e os elementos côncavos. Os elementos convexos são caracterizadas pelo aumento dos ângulos, das unidades mínimas , na direção da porção superior à porção inferior da vertente.

De modo inverso, os elementos côncavos apresentam uma diminuição das diferenças angulares, na mesma direção. Savigear (1966) destaca que as variações angulares dos elementos podem apresentar três padrões básicos, o primeiro em que as diferenças entre ângulos de unidades mínimas, são constantes e diferentes de zero, o segundo seguindo uma progressão aritmética e o último conforme uma progressão geométrica.

A variação angular que caracteriza a curvatura é medida em graus por cem metros (100m), e apresenta o sinal matemático positivo (+) e negativo (-). O sinal caracteriza o tipo de elemento, sendo atribuído o sinal positivo às curvaturas convexas e o negativo às curvaturas côncavas.

A ruptura aparece quando ocorre uma significativa variação angular entre duas unidades de vertente, ou seja, há uma variação do padrão das duas unidades.

2.3.2. - As classificações da forma das vertentes.

A terceira, e última, etapa da análise de representações tridimensionais de vertentes, consiste na classificação da forma da vertente. A partir do agrupamento entre unidades, segmentos e elementos, levando-se em consideração as interconexões entre as unidades, classifica-se a forma geral da vertente.

A partir da combinação entre segmentos, porções retilíneas, e elementos, convexidades e concavidades, Savigear (1966) e Ahnert (1970) propõem dois importantes métodos descritivos de classificação de formas de vertentes. O primeiro preocupa-se com a análise da vertente a partir da combinação das unidades que a compõem, desse modo, há o estabelecimento de uma terminologia complexa para a descrição do perfil. O segundo procura analisar a vertente de modo genérico, despreocupado com o tamanho das unidades, e estabelece uma terminologia mais simples apoiada na combinação e seqüência das unidades.

Savigear (1966) tem a atenção voltada na conexão entre as unidades, que formam agrupamentos distintos, e a posterior classificação de toda vertente. Três grupos básicos de padrões de perfis estão representados na classificação: os primários, secundários e terciários, terminologia que denota os tipos de unidades e suas ocorrências dentro do perfil. Em adição ao tipo de unidade e sua ocorrência, considerações são feitas a respeito das descontinuidades, que caracterizam as interconexões entre as unidades. A partir dessas identificações classifica-se a forma geral da vertente, em padrões pré-estabelecidas.

Savigear (1966) estabelece uma notação para as unidades, sendo o símbolo Nu para os segmentos, P para os elementos convexos e N para os elementos côncavos, correspondendo as variações angulares nulas, positivas e negativas, respectivamente. Também há uma notação para representar as descontinuidades entre as unidades, interconexões, através de símbolos matemáticos, sendo negativo (-) para ângulos de interconexão menor que zero, zero (0) para a diferença angular nula entre as unidades, e positivo (+) para ângulos de interconexão maior que zero.

Os perfis primários compõem-se de apenas um tipo de unidade, ou seja exclusivamente côncavo, ou convexo, ou retilíneo. O número de ocorrências dessas unidades variam desde os perfis compostos por uma, duas, três ou um número maior de unidades. Os perfis contendo uma unidade não possuem descontinuidades e se apresentam em três padrões; os exclusivamente retilíneos, os exclusivamente convexos ou côncavos. Já naqueles compostos por duas unidades podem apresentar as três ordens de descontinuidade, perfazendo um total de nove padrões diferentes que podem aparecer na natureza. Os perfis primários que possuem três unidades tem a probabilidade de apresentar cinquenta e um (51) padrões

diferentes; este fato se deve aos casos de combinações e sub-combinações de descontinuidade que possam ocorrer.

Os perfis secundários caracterizam-se por possuírem duas unidades de tipos diferentes; pode haver variação no número de unidades mas são repetitivas, ou seja somente de dois tipos. Assim nos perfis com duas unidades ocorrem combinações do tipo convexo-côncavo, convexo-retilíneo, e côncavo-retilíneo, representados pelas notações P-N, P-Nu , N-Nu , respectivamente. Considerando a seqüência, em que as unidade se combinam, haverá a representação de seis (6) ordens, que relacionadas às descontinuidades perfazem um total de dezoito (18) padrões de representação.

Nos perfis secundários com três unidades há a ocorrência de repetição de pelo menos um tipo de unidade, sendo representados pela seqüência convexo-côncava-côncava, por exemplo. Um total de trezentos e seis padrões tem a possibilidade de aparecer na natureza, quando se considera a combinação de descontinuidades.

Os perfis terciários compõem-se de três unidades ou mais, em que há a ocorrência dos três tipos de unidades, ou seja em sua composição aparecem, pelo menos, um segmento, um elemento convexo e um elemento côncavo. Entre as unidades encontram-se numerosos casos de descontinuidades, quando combinadas, pelo menos duas a duas.

Savigear (1966) ainda propõe dois termos para análise de grupos de unidades combinadas, a "consociação" e a "associação". O termo consociação designa um grupo de unidades do mesmo tipo que representam apenas uma forma curva, ou côncava ou convexa. Desta maneira um perfil primário composto e três segmentos com as descontinuidades de 3º entre os dois primeiros segmentos da porção superior,

da vertente, e 6° entre o segundo e terceiro segmento, representará a forma convexa.

A associação, por sua vez, concebe grupos de unidades que representam, genericamente, as formas convexas e as côncavas simultaneamente. Assim um perfil primário contendo quatro segmentos, com as descontinuidades de -6°, 0°, +6 da porção superior em direção à porção inferior da vertente, representa a associação convexo-côncava.

Tanto as consociações como as associações podem apresentar interrupções por unidades retilíneas, convexo ou côncava. Ou seja, duas consociações convexas podem estar interligadas através de um elemento côncavo.

As dissociações e não associações dizem respeito aos grupos de formas curvas que interligam-se com formas retilíneas. Desta maneira um perfil secundário, composto de quatro unidades, dois elementos côncavos e dois segmentos, seguindo esta seqüência, representa uma não consociação.

Considerando as descontinuidades entre grupos ou unidades, que interligam-se, existe os termos agudo, verdadeiro e obtuso, que referem-se a padrões de interconexão. Nas consociações o termo obtuso é empregado para designar descontinuidades com sinal contrário que separa grupos ou unidades. Assim, duas porções côncavas separadas por uma descontinuidade positiva significa um caso obtuso, enquanto que se fossem separadas por uma descontinuidade negativa teria-se um caso agudo. O termo verdadeiro é empregado para a representação de descontinuidades nulas nas consociações.

Os termos agudos, obtusos e verdadeiros comportam-se de maneira diferente em se tratando de associações, aplicadas às descontinuidades angulares, negativas,

positivas e nulas, respectivamente. Desta maneira, duas formas diferentes, convexo-côncava, interrompidas por uma descontinuidade angular negativa refere-se ao caso agudo.

Para designar as conexões entre as formas ou grupos de formas, considerando os tipos de descontinuidades, existe uma terminologia que engloba as consociações e associações. Por exemplo, se duas formas côncavas estão interrompidas por uma forma convexa, tendo descontinuidades negativas, toda seqüência será denominada de "interrupção positiva de consociação negativa aguda" (Positively interrupted acuti negative consociation).

Ahnert (1970) idealizou uma classificação com o objetivo de analisar as representações bidimensionais, referindo-se também às análises tridimensionais de vertentes. A vantagem desta classificação em relação à primeira, consiste numa terminologia simples para análise a nível genérico das vertentes. A terminologia e a notação correspondem às denominações comummente encontradas em análises de vertentes, assim não se recorre a termos de maior complexidade para se analisar a forma geral das vertentes.

Os perfis podem apresentar-se em três classes distintas, os simples, os compostos de duas ou três unidades e os complexos. As letras maiúsculas R, X, V denotam as unidades retilíneas, convexas e côncavas, respectivamente.

Os perfis simples são aqueles em que se verifica a ocorrência de um tipo de unidade, em pelo menos noventa por cento (90%) de sua extensão. Em linhas gerais, definem-se três padrões de perfis simples: os retilíneos, os côncavos e os convexos, que são denotados pelas letras R, V, X. Em analogia a primeira classificação, estes perfis correspondem aos primários, compostos de uma unidade.

Os perfis compostos subdividem-se naqueles em que há a ocorrência de duas ou três unidades. Os que consistem de duas unidades apresentam seis padrões compostos de unidades diferentes. Esses padrões correspondem aos perfis secundários com duas unidades da proposição de Savigear (1966). Os compostos de três unidades subdividem-se em doze padrões, nesta subdivisão prevê-se a repetição de unidades, intercaladas com outra, e não a composição de três unidades diferenciadas. Assim nesta classe pode ocorrer um padrão do tipo convexo-côncavo-convexo, representado pela notação X V X.

A composição de quatro unidades, cinco ou maior número em um padrão, define os perfis complexos. Estes podem ser representados por notações do X V R V, X V R V R ou outras.

Nesta classificação há uma preocupação com as descontinuidades entre as unidades. Ahnert (1970) estabelece um limiar de três graus (3°), acima do qual define-se uma descontinuidade entre unidades contíguas. Se duas unidades apresentam valores absolutos iguais ou abaixo do limiar, o autor considera que não há descontinuidade entre elas. As letras minúsculas, x e v, são utilizadas na notação de descontinuidades positivas e negativas, respectivamente. Essas letras intercalam-se às letras maiúsculas na representação de formas. Assim, um perfil composto de um segmento e um elemento côncavo, com uma descontinuidade negativa entre elas, é representado pela simbologia RvV.

Nota-se uma simplicidade para a notação de formas complexas, em que há a repetição de combinações entre as unidades. A notação assemelha-se às fórmulas utilizadas em química. Um padrão que apresente a seqüência XRxVRxVxR, pode ser escrito da seguinte maneira:X $(RxV)_2$ XR. Desta forma,

desaparece a necessidade de uma terminologia com maior complexidade, para a denominação do padrão geral, facilitando o entendimento por parte dos pesquisadores não relacionados a esta área do conhecimento.

A classificação permite representar por meio de símbolos, extensões e ângulos das unidades. As extensões dos segmentos e elementos podem ser representadas em unidades de medidas padronizadas, metro, ou unidades proporcionais, porcentagem. No caso de uma vertente ser composta por um elemento convexo com 80m, um segmento com 40m e um elemento côncavo com 80m, esta pode possuir a notação X80m R40m V80m. Caso o interesse seja as proporcionalidades, ou seja quanto cada unidade ocupa em relação à extensão total da vertente, duas notações podem ser utilizadas para definí-la: X4 R2 X4 ou X40 R20 V40. Por outro lado, os ângulos também são passíveis de notação. Assim, se nesta vertente o segmento possuir 28° de inclinação, este pode ser incluído após os símbolos representativos da extensão ou proporção. Desta maneira, a fórmula X40 R20 (28°) V40, representa este padrão de vertente.

Os dois métodos de classificação possui um certo grau de subjetividade para definição das unidades e seus relacionamentos ou interconexões. Esta subjetividade baseia-se, principalmente, na experiência adquirida pelos pesquisadores. Uma das questões básicas, principalmente atribuídas a Savigear (1966), é quando dois segmentos estão conectados com descontinuidade nula. Assim, esses segmentos podem ser classificados da maneira anterior, ou poderá ser considerado como um único segmento.

Considerando a subjetividade, Young (1971, 1972) comenta que numa sucessão de unidades mínimas de vertente com 10m, e possuindo as inclinações de 7°, 6°, 7°, 6°, 8°, 7° e 8°, possibilita duas interpretações diferentes. A

primeira considera que esta seqüência pode ser interpretada como um segmento de 80m, com 7° de inclinação, a segunda possibilidade consiste em dividir a sucessão em dois segmentos de 40m, tendo o primeiro $6^{o}30'$ de inclinação, e o segundo $7^{o}30'$. Esta observação permite considerar que se há subjetividade na análise dos dados, estes não são quantitativamente comparáveis.

Na busca da eliminação da subjetividade, Young (1971) idealizou um sistema para análise de dados sobre as vertentes, baseado na variabilidade de parâmetros estatísticos e na aplicação de métodos computacionais. Esta proposição segue quatro requisitos fundamentais. O primeiro requisito considera que a análise das unidades das vertentes devem seguir os princípios dos métodos existentes, ou seja, analisar vertentes identificando segmentos, convexidades e concavidades. O segundo requerimento consiste em coletar dados com certa variação em sua extensão, assim não há a necessidade de fixar a extensão das unidades mínimas da vertente. O terceiro diz que a variabilidade angular num segmento, ou curvatura num elemento deve ser especificada. O último requisito possibilita a aplicação de métodos computacionais, que implica na eliminação da subjetividade de interpretação.

Young (1971, 1972) define um segmento como uma porção da vertente especificada quantitativamente dentro da qual a variação angular não exceda determinado valor especificado. Da mesma maneira são identificados os elementos, identificação que se baseia na variação de curvaturas. A especificação dos valores dos limiares de variação são utilizados para conseguir maior objetividade no processo.

Para os segmentos, o ângulo médio é dado pela relação que considera a somatória da multiplicação entre as extensões e os ângulos das unidades mínimas da vertente dividido pela somatória das extensões. Assim, o ângulo médio pode ser dado pela fórmula:

$$\bar{\theta} = \frac{\Sigma Li\,\theta i}{\Sigma Li} \text{ em graus}$$

onde: Li é a extensão da unidade mínima , e θi o seu ângulo. A unidade de medida para o ângulo médio é o grau (^{o}).

Devido a significativa variação em vertentes suaves, é proposto a utilização do coeficiente de variação como medida de variabilidade angular. O coeficiente de variação de ângulo é dado pela fórmula:

$$Va = 100 . \frac{\sqrt{\frac{\Sigma Li\,\theta^2 i}{\Sigma Li} - \bar{\theta}^2 i}}{\bar{\theta}} \text{ em porcentagem}$$

onde: Va é o coeficiente de variação em porcentagem, Li a extensão da unidade mínima da vertente, ___ o ângulo da unidade mínima, e ___ o ângulo médio definido pela fórmula anterior.

Quando um ângulo médio aproxima-se de zero, o coeficiente de variação tende ao infinito, isto ocorre em vertentes suaves principalmente. Em vista disso, Young (1971) adota um procedimento de substituição que consiste em permutar os ângulos médios menores que 2° por 2 no denominador da fórmula.

Para a definição de elementos substitui-se os ângulos pelas curvaturas nas fórmulas, obtendo-se a curvatura média, $\underline{C}$, e o coeficiente de variação de curvaturas, $\underline{Vc}$, dos elementos.

Desta forma um segmento, ou elemento, pode ser definido como uma porção do perfil de vertente especificado quantitativamente, em função do valor de uma variação pré-estabelecida. Esses valores pré estabelecidos são determinados pelos coeficientes de variação máximos de ângulos ou curvaturas, V_{amax} ou V_{cmax}. Assim, se o coeficiente de variação angular de uma porção da vertente ultrapassa este valor, esta porção do perfil não será considerada como um segmento. Isto também é válido para a definição de elementos.

O procedimento de combinar elementos e segmento em um perfil de vertente de maneira ótima, seguindo os cálculos descritos; denomina-se análise das melhores unidades (best units analysis). Isto baseia-se, principalmente, no pré-estabelecido dos valores máximos dos coeficientes de variação, tanto para ângulos quanto para curvaturas, ou seja definir limiares acima do qual rejeita-se a identificação da unidade.

Quando limiares de variação de segmentos e curvaturas são definidos, o problema da sobreposição entre unidades pode surgir. Esta sobreposição consiste em unidades mínimas da vertente que pertençam tanto a um segmento quanto

a um elemento. Na atenuação do problema, pode-se adotar três procedimentos, o primeiro consiste em alocar a unidade mínima na unidade de maior extensão. Quando as duas unidades possuem a mesma extensão, o procedimento é alocá-la naquela que possui o menor coeficiente de variação. Sendo iguais os coeficientes de variação, prefere-se alocá-la como segmento em vez de elemento.

Para análise geral dos perfis de vertente, Young (1972) sugere a combinação de valores limiares, tanto para elementos quanto para segmentos. Os valores máximos de 10% para o coeficiente de variação angular (V_{amax}) e 25% para o coeficiente de variação de curvatura (V_{cmax}) permitem uma análise geral do perfil, fragmentando o perfil num número não excessivo de pequenas unidades. Para indicação de porções selecionadas do perfil sugere-se os valores V_{amax} = 5% e V_{cmax} = 10%, o que é apropriado para análise de pequenas partes. Quando o objetivo consiste na divisão do perfil em poucas unidades, obtendo-se uma representação esquemática da paisagem, sugere-se os valores de V_{amax} = 25%, e V_{cmax} = 50%.

O método, além de eliminar a subjetividade inerente do pesquisador, permite a utilização de computadores nos cálculos, o que o torna mais rápido para comparações. Adicionalmente, pode-se obter através da melhora do programa, valores genéricos sobre os perfis, a partir dos dados originais, como dados de altura, extensão horizontal, curvatura média, ângulo de inclinação média de toda a vertente, entre outros.

A partir da análise de perfis individuais de vertente existe a possibilidade de obtenção de parâmetros significativos e mensuráveis sobre as vertentes. Através do agrupamento desses parâmetros, de perfis individuais, podem ser obtidas informações sobre determinada área.

Blong (1975) e Parsons (1978, 1982) baseiam-se seus trabalhos na obtenção de atributos mensuráveis sobre perfis individuais de vertentes. Posteriormente, aplicam a análise multivariada a esses dados, com objetivos que permitam informações sobre a área estudada. Esta área pode ser, por exemplo, uma bacia de drenagem. A última etapa os autores denominam de classificação de atributos.

Quatro grupos de atributos podem ser extraídos de um perfil individual de vertente. Geralmente, estes atributos estão ligados a dimensão, forma, declive ou relações sobre ângulos, e irregularidades, ou rugosidade, observadas no perfil. A quantidade de atributos podem variar, mas classificam-se nos quatro grupos básicos.

Os atributos relacionados à dimensão são aqueles relacionados com a extensão da vertente. As extensões horizontal e vertical são os atributos básicos deste grupo. Neste grupo, também, pode ser considerada a extensão do segmento máximo de uma vertente.

Os atributos relativos a forma expressam as convexidades, concavidades e os padrões retilíneos. Blong (1975) sugere os termos concavidade de crista, concavidade basal na análise deste grupo.

Os termos relativos ao ângulo médio da vertente, ao ângulo do segmento máximo, e estimativas relativas a regressões lineares de perfis de vertentes, relacionam-se ao grupo dos declives das vertentes.

Os termos irregularidade ou rugosidade estão relacionados às descontinuidades apresentadas, ou estimativas a partir dos perfis de vertente. O número de

mudanças de curvatura, o coeficiente de variação de unidades proposto por Young (1971), estão contidos neste grupo.

Através da avaliação da correlação entre os atributos, Blong (1975) realiza, posteriormente, a classificação a partir da análise multivariada. Esta pré-análise dos atributos permite maior consistência no agrupamento de perfis isolados.

Os tipos de tratamentos de dados apresentados consistem em informações adicionais aos estudos dos processos que ocorrem em determinada área. Com este objetivo Arnett (1971) relacionou as formas das vertentes aos processos geomorfológicos na bacia Rocksberg, Austrália.

CAPÍTULO III - MATERIAIS E MÉTODO

3.1. Área de estudo

A área de estudo localiza-se, quase que totalmente, na Depressão Periférica Paulista, Zona do Médio Tietê, entre os meridianos 48°10' e 48°20'W e os paralelos 22°10' e 23°00'S aproximadamente. O Rio Alambarí constitui-se no limite entre os Municípios de Anhembi e Botucatu, e tem sua foz no reservatório de Barra Bonita.

Conforme a classificação de Koeppen o clima predominante na área constitui-se no mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura do mês mais frio não ultrapassa os 18°C, enquanto o mês mais quente supera os 22°C. As precipitações anuais variam em torno de 1.100 a 1.400 mm, sendo que o mais seco apresenta precipitações inferiores a 30 mm.

Segundo Monteiro (1973) esta área localiza-se na faixa de transição entre a "Percée do Tietê" e a "Serra de Botucatu", sistemas controlados pelas massas equatoriais e tropicais. A alternância dessas massas com as atuações da massa polar, principalmente no inverno, dão ao clima caráter que define as estações secas e as úmidas.

Através da figura 3.1., elaborada com base na interpretação de fotografias aéreas do ano de 1962, nota-se, de modo grosseiro, três unidades ambientais. Estas unidades correspondem ao alto curso; que corresponde às cabeceiras do rio principal e o conjunto da sub-bacia do córrego Anhumas, apresentando-se bem definido na figura. O médio e baixo curso não apresentam um limite nítido entre suas unidades,

assim pode-se dizer que o médio curso compreende as imediações da confluência do rio principal com o córrego da Estiva até a foz do córrego do Pitiço. A partir desta confluência até o reservatório, onde os rios de baixa ordem desaguam diretamente nas águas represadas, está caracterizado a unidade do baixo curso.

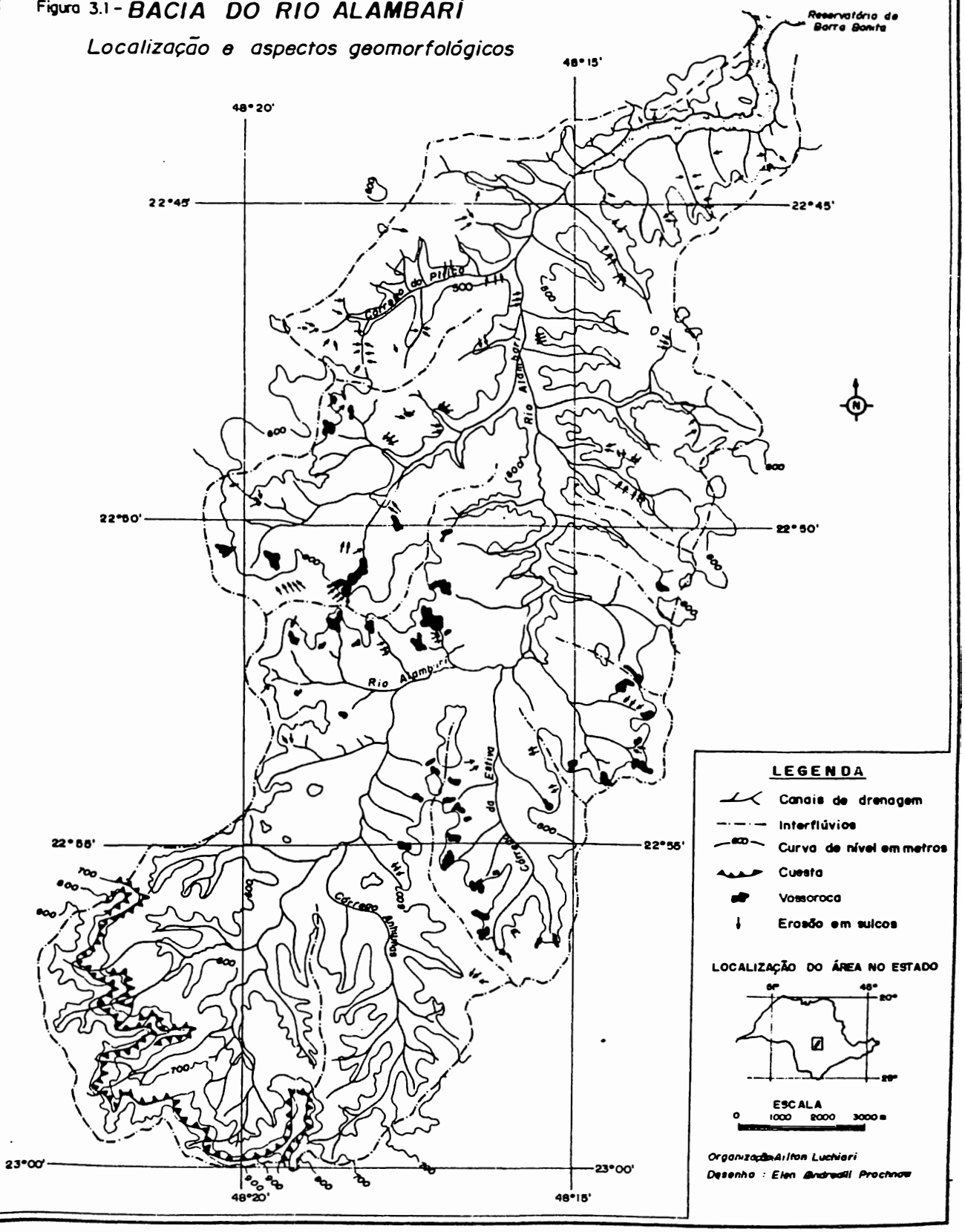
A primeira unidade consiste na frente da "Cuesta", onde ocorrem os derrames basálticos da Formação Serra Geral, intercalados com arenitos da Formação Botucatu. Almeida (1964) salienta que as intercalações, entre camadas areníticas e os derrames, provocam o aparecimento de degraus nas vertentes desta unidade. De modo geral, as altitudes variam entre a curva de nível de 600m até pouco mais dos 900m.

As cabeceiras do rio Alambarí quanto os componentes da bacia do córrego Anhumas, apresentam vales encaixados, com vertentes íngremes possuindo declives ao redor dos 30°. Devido ao declive, os canais têm competência para escavar e transportar detritos, fato que não permite o aparecimento de planícies de inundação extensas.

Carvalho, (1981) comenta que comummente aparece afloramentos, tanto do arenito quanto do basalto, associados a solos rasos. Em geral, esses solos pouco desenvolvidos apresentam seqüências de horizontes A, D ou A, C, D. Verifica-se nesses horizontes, de coloração vermelho escuro, altos teores de argila e saturação de bases, e estrutura granular. Lemos et alii (1960) denominaram esse tipo de solo, originado de eruptivas básicas, de Litossolo-fase substrato basáltito. Devido às intercalações de arenito e os derrames, podem ser encontrados litossolos com textura mais arenosa.

Figura 3.1 - **BACIA DO RIO ALAMBARÍ**

Localização e aspectos geomorfológicos



Na área ocorrem manchas significativas da floresta latifoliada tropical. Entre as manchas ocorrem pequenas áreas destinadas a culturas anuais, e no topo da "Cuesta" destaca-se as áreas destinadas ao cultivo do café.

O médio e baixo curso assentam-se sobre os terrenos da Formação Pirambóia, que consiste de arenitos exibindo estratificações plano paralela ou cruzada. Na parte inferior da formação, os arenitos possuem média a fina, destacando-se lâminas ricas em argila,, na porção superior a granulação torna-se grosseira (Almeida, 1981). A Formação Pirambóia originou-se a partir de rochas sedimentares, depositadas num ambiente com características fluviais (Brasil, 1983). Na área de estudo as camadas arenosas atingem sua maior espessura em superfície, ao redor de 270m de espessura.

As altitudes, dessas duas unidades, variam entre 450m e 600m, apresentando colinas e morrotes de topo arredondado, exibindo uma densidade de drenagem menor que em áreas vizinhas.

Segundo Lemos et alii (1960) predominam nas unidades o Regossolo "Intergrade" para Latossolo Vermelho Amarelo e "Integrade" para Podzólico Vermelho Amarelo. Estes solos são considerados profundos de textura arenosa, bem drenados, exibindo uma coloração vermelha e seqüência de horizontes A, B e C. Também são bastante ácidos e muito suceptíveis à erosão.

Uma das principais características dos solos desta área consiste no baixo teor de argila, variando entre 7,8 e 15% dos horizontes A e B (Carvalho, 1981).

Espíndola (1977) constatou teores mais baixos, sendo 7% no horizonte A e 10,5% no horizonte B. Este último em profundidades variando entre 180 a 300cm. O autor ainda comenta que estes solos são considerados "velhos", devido a estabilidade apresentada pela fração argila.

A vegetação original constitui-se no campo cerrado, apresentando como herbáceas o capim barba-de-bode (Aristida pallens) e o gordura (Melimis minutiflora). Em locais onde ocorreram desmatamentos, comummente ocorre a palmeira indaiá (Attalea exigua). Atualmente a cobertura vegetal original foi substituída, principalmente, por pastagens destinadas à pecuária de corte, compostas pela Brachiaria. Destinada ao setor secundário ocorre a implantação da silvicultura, principalmente com espécies de eucalipto. Porções de terra isoladas entre as pastagens são destinadas às culturas anuais, muitas vezes exploradas sob o sistema arrendamento ou parceria.

No médio curso, devido a suceptibilidade a erosão dos solos, observa-se a grande quantidade de extensas voçorocas (Figuras 3.2 e 3.3). As voçorocas fornecem aos canais fluviais uma quantidade excessiva de sedimentos, aumentando a carga do leito. Em função da maior carga, os canais principais tendem a atingir um equilíbrio sob a forma de meandros divagantes, com planícies fluviais da ordem de centenas de metros. A partir da altitude de 500m, em direção a jusante, observa-se as formas meândricas do Rio Alambarí.

Os canais de baixa ordem, em função do perfil longitudinal, assumem características de torrente por ocasião das tempestades de verão.

Figuras 3.2 e 3.3 - Aspectos de voçorocas na área de estudo.

Desta maneira, os materiais retirados, pela ação das águas na bacia de recepção, são depositados sob a forma de cones de dejeção, no baixo curso (Figura 3.4).

Figura 3.4 - Aspecto da deposição de sedimentos no baixo curso dos canais de primeira ordem.

O baixo curso não apresenta intensidade frequente e voçorocas, mas nota-se vários sulcos causados pelos denudacionais. Devido a mudança de nível do não se percebe a deposição de sedimentos; estes diretamente nas águas do reservatório.

3.2 - Procedimentos para avaliação dos fatores da USLE

De maneira geral, todos os ramos do conhecimento vem sendo subdivididos por recursos oferecidos pela informática. Devido ao grande volume de dados, que apresentam uma ampla diversidade, pesquisadores vem recorrendo cada vez mais aos sistemas computacionais, com o objetivo de armazenar e efetuar a análise integrada dos dados. Assim o computador vem se transformando em ferramenta imprescindível à ciência. Atualmente o mercado possui uma enorme gama de aplicativos à disposição de diversos usuários, sendo as mais comuns os editores de texto, planilhas, pacotes estatísticos, bancos de dados, aplicativos gráficos, entre outras.

As ciências ambientais, principalmente a Geografia, contam com uma ferramenta específica que permite o tratamento e análise de dados relativos à superfície do terreno. Esta ferramenta, baseada no tratamento de dados através de computadores, denomina-se Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Segundo Pinto (1991) sistemas deste tipo foram utilizados pelo governo canadense em 1964. A sua utilização tinha por objetivo o auxílio a um programa de desenvolvimento e recuperação agrícola. Este fato marca o início do desenvolvimento de sistemas computacionais desse tipo.

Teixeira, Gerardi e Ferreira (1991) avaliaram 64 tipos de Sistemas de Informação Geográfica(SIG's), isto atesta que o mercado conta com uma quantidade razoável de sistemas desenvolvidos para análise do terreno.

Christofoletti, Teixeira e Moretti (1992) destacam que um Sistema de Informação Geográfica compõe-se de basicamente três partes; um banco de dados; um conjunto de software destinado a execução de operações; e o hardware, constituído pelos equipamentos.

Os dados implementados num sistema, provém de várias fontes classificadas em primárias e secundárias. As fontes primárias dizem respeito àquelas que fornecem dados brutos, tais como produtos do sensoriamento remoto, imagens orbitais e fotográficos; coletas de campo; ou estações meteorológicas. As secundárias referem-se aos dados brutos que sofreram modificações, interpretações ou tratamento quantitativos; nessas incluem-se os dados temáticos, na forma de mapas; dados estatísticos; na forma de classificações.

Os dados geográficos caracterizam-se por possuírem três dimensões; duas relacionadas à sua localização no espaço, latitude e longitude, e uma que lhe dá o sentido qualificado, representativa do fenômeno. Uma estação meteorológica fornece dados de precipitação, assim a localidade de sua instalação refere-se a latitude e longitude, e por outro lado o valor 1.200 mm qualifica o dado.

O usuário de um SIG deve estar ciente do procedimento de implementar dados no sistema, pois muitas vezes existe a necessidade de efetuar transformações aos dados originais. Geralmente, observa-se a existência de dois tipos de estruturas de implementação de dados em um SIG, a raster e a vetorial. A maioria dos sistemas oferecem uma única opção, e poucos são os que permitem o trabalho com as duas estruturas.

A estrutura "raster" permite que os dados temáticos, contidos em um produto cartográfico, sejam representados por meio de matriz. Esta matriz constitui-se de linhas e colunas formando pequenos quadrados, estes denominados "celas". A intersecção de dois pares de linhas verticais e horizontais correspondem a localização da cela no terreno, a qual corresponde a uma classe do tema. A resolução diz respeito a área abrangida por cada quadrícula ou cela. Muitas dessas estruturas, devido à resolução, não permitem a representação de feições puntuais e lineares contidas em um mapa, assim não existe a possibilidade de introduzir no sistema rios, lineamentos geológicos, sulcos ocasionados por processos de denudação, entre outros.

As estruturas vetoriais foram idealizadas de modo a permitir a representação fidedigna dos elementos contidos em um mapa ou carta. Informações relativas a pontos cotados, rios, estradas, curvas de nível, manchas de solos, podem ser implementados em sistemas que possuam estas estruturas. Portanto, a resolução dessa estrutura é melhor que a estrutura raster.

Altitude, manchas de solo, classes de uso do solo, representadas pelos seus respectivos produtos cartográficos, constituem-se temas. A cada tema associa-se um arquivo, então uma determinada localidade pode ser representada por vários arquivos no interior de um SIG. Esses arquivos são chamados de planos de informação.

Um dos destaques de um SIG está na variabilidade das operações, relacionadas aos dados, que podem ser efetuadas. Quando esta variabilidade é pequena pode-se dizer que o sistema presta-se a gerar informações específicas sobre determinado assunto. Por outro lado, maior variabilidade significa maior aplicabilidade.

Teixeira, Gerardi e Ferreira (1991) comentam que as operações mais comuns, realizadas num SIG, são aquelas relacionadas às operações aritméticas, booleanas, cálculos de distâncias e zonas de influência. Os autores salientam que menos de 50% dos sistemas pesquisados prestam-se a análise de dados topográficos.

O último componente de um SIG diz respeito ao conjunto de equipamentos requerido pelo sistema, ou seja, o ambiente computacional. Neste componente inclui-se o conjunto de periféricos, de entrada e saída; e capacidade de armazenamento e tratamento dos dados, ou seja, a memória. No mercado existem sistemas sofisticados, idealizados para atender empresas, que permitem maior capacidade de dados, e oferecem melhor refinamento dos produtos finais. Por outro lado, também, existem aqueles destinados a usuários individuais, que possuam microcomputadores com configuração convencional.

Neste trabalho utilizou-se o sistema GEO-INF+MAP desenvolvido por Tonlim em 1987, e refinado por Teixeira (1990) que acrescentou rotinas de processamento estatístico de dados, principalmente. O sistema contém uma estrutura "raster" com capacidade de representação em uma malha de 140 linhas por 140 colunas, destacando-se a possibilidade de aplicações temáticas e cruzamento de informações. Desenvolvido para aplicações a nível acadêmico, sendo de domínio público nos Estados Unidos, exige configuração convencional podendo-se trabalhar em micros da linha IBM-PC. Portanto, não se destina a empresas que trabalham com grande volume de dados e necessitam de produtos finais refinados

3.2.1. - Coleta, implementação e tratamento dos dados no sistema GEO-INF+MAP

As coletas de dados altimétricos foi efetuada a partir das cartas topográficas publicadas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo sobre estas cartas, na projeção UTM, lançou-se uma malha quadriculada representando celas com 250 metros de lado, então procedeu-se a coleta dos dados altimétricos de seus vértices.

Segundo Teixeira (1990), esta resolução é apropriada para permitir a análise de dados em áreas rurais. Por outro lado, um aumento da resolução não permite a representação total da bacia em 10.824 quadrículas (celas), 132 linhas por 82 colunas na matriz. Isto quer dizer que necessita-se de maior número de celas, número não compatível com a memória do sistema GEO-INF+MAP.

Após a implementação dos dados no sistema procedeu-se aos cálculos de declividade para cada cela. A rotina de cálculo baseia-se na declividade apresentada pelo plano médio. Primeiro calcula-se a declividade dos vetores norte e sul, o vetor resultante apresenta a declividade. Além de fornecer a declividade da cela, o vetor resultante pode ser classificado em orientações do plano da cela em relação ao norte (Moretti, Koffler e Teixeira, 1989).

Considerando que cada cela possui uma dimensão fixa, 250 metros de lado, para o fator topográfico da equação foi considerada apenas as declividades. Esta representação de declividades da área de estudo corresponde a um plano de informação, dentro do sistema.

Para a obtenção da simplicidade aos dados brutos de declividade, aplicou-se um algoritmo classificatório. Como o algoritmo permite a interação sistema usuário, os limites das classes foram estabelecidas a classificação da UGI (Simielli, 1981). Salienta-se que os dados classificados não foram utilizados na integração final dos parâmetros da equação, serviram apenas para observar locais que apresentam certa classe de declividade, ou seja a distribuição espacial.

Através da interpretação de fotografias aéreas correspondentes ao aerolevantamento de 1962, na escala 1:25.000, elaborou-se a carta de utilização da terra. As fotografias aéreas foram cedidas pela Seção de Fotointerpretação do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Os dados classificados nos "over lays" foram transpostos para uma base cartográfica na escala 1:50.000, publicadas pelo IBGE. A representação das classes de utilização da terra obedeceu a legenda, composta de cores e dígitos, proposta por Luchiari, Moretti e Gama (1988), representada na tabela 3.1. Nesta legenda as cores correspondem a classes gerais de utilização da terra, enquanto os dígitos correspondem a subdivisões das classes, complementando-a.

A implementação de dados de utilização da terra no sistema deu-se a partir das transformações dos dados. Inicialmente foi elaborada uma matriz quadriculada, de 132 linhas por 82 colunas, de 0,5 centímetros cada cela, em papel transparente. Esta matriz foi superposta sobre a carta de utilização da terra, havendo a correspondência de coordenadas entre esta e a apresentação das declividades. As classes foram transformadas em códigos numéricos, nesta transformação a preocupação esteve voltada em representar por um número a classe que ocupou maior área dentro de cada cela.

Tabela 3.1 - Legenda para classes de Uso da Terra.

NÍVEL I	NÍVEL II	NÍVEL III
1. TERRA URBANA	1.1. SEDE MUNICIPAL	
	1.2. NÚCLEO URBANO	
2. TERRA AGRÍCOLA	2.1. CULTURAS PERENES	2.1.1. CAFÉ
		2.1.2. CITROS
	2.2. CULTURAS TEMPORÁRIAS	2.2.1. CANA-DE-AÇUCAR
		2.2.2. MANDIOCA
	2.3. CULTURAS ANUAIS	2.3.1. ARROZ
		2.3.2. MILHO
		2.3.3. FEIJÃO
	2.4. OUTROS TIPOS DE TERRA AGRÍCOLA	
3. PASTAGENS	3.1. PASTAGEM HERBÁCEA	
	3.2. PASTAGEM COM ARBUSTOS	
4. TERRA FLORESTAL	4.1. FLORESTAS NATURAIS	
	4.2. REFLORESTAMENTO	
5. ÁGUA	5.1. LAGOS	
	5.2. RESERVATÓRIOS	
6. TERRA ÚMIDA	6.1. TERRA UMIDA FLORESTADA	
	6.2. TERRA ÚMIDA NÃO FLORESTADA	
7. TERRA DESNUDA	7.1. NATURAIS	
	7.2. ARTIFICIAIS	

A interação sistema/usuário permitiu os dados serem transformados, ainda mais uma vez. Procedeu-se então a substituição do código das classes para os valores dos fatores de cultura e práticas conservacionistas constante da equação. Esta reclassificação obedeceu a proposição de Stein et alii (1989), conforme a tabela 3.2. As classes de culturas e práticas conservacionistas receberam valores inteiros, pois este procedimento permite minimizara utilização de memória dos microcomputadores. No processo de transformação diferentes classes de utilização da terra foram agrupadas numa mesma classe de cultura e prática conservacionista, esta classificação correspondeu ao segundo plano de informação.

TABELA 3.2 - Valores atribuídos ao fator CP para classes de uso da terra.

Classe	Fator
Culturas Perenes	2
Culturas Temporárias	21
Cultura Anual	18
Pasto Sujo	1
Pasto Limpo	7
Florestas	0
Terra úmida (várzeas)	0

Para análise do fator erodibilidade procedeu-se a um levantamento de 38 amostras de solo coletadas no campo. As amostras foram coletadas em dois níveis de profundidade, o primeiro entre a superfície e a 20 cm, e o segundo 60 e 80 cm, correspondendo aos horizontes A e B. Este procedimento teve como subsídio o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo (Lemos et alii, 1960), que forneceram informações sobre o Regosolo, e as cartas publicadas pelo FIBGE escala 1:50.000, que serviram para localização dos locais de coletas das amostras.

A composição granulométrica, porcentagens de areia, silte e argila, e o teor de matéria orgânica das amostras foram obtidas no Laboratório de Análises de Formações Superficiais do IGCE-UNESP, Campus de Rio Claro. As informações obtidas são requisitos básicos no cálculo da erodibilidade dos solos.

As informações sobre cada uma das amostras foram plotadas no nomograma, este proposto por Whischmeier, Johnson e Cross (1971), com a finalidade de se estabelecer o índice de erodibilidade das amostras. Além disso, procurou-se estabelecer uma relação entre os índices de erodibilidade

e as informações obtidas com o material cartográfico, como altitude, localização relativa em função da rede de drenagem e utilização da terra, e mesmo variação dos índices a partir da profundidade. Este último correspondendo a relação textural entre os horizontes.

Não houve a possibilidade do estabelecimento de relações entre os índices e os parâmetros, pois as amostras não apresentaram diferenças significativas. Assim, para a representação do Regosol, a média aritmética dos índices de erodibilidade foi atribuída a este tipo de solo.

Para a obtenção do índice de erodibilidade do Litosol-fase subsolo basaltito, foi utilizado as informações obtidas por Lemos et alii (1960). Da mesma forma realizou-se a plotagem dos dados no nomograma. O critério para seleção das informações baseou-se utilizar os dados de perfis de solos localizados mais próximos ou na área de estudo.

Após a determinação dos índices de erodibilidade dos tipos de solos que ocorrem na área, foi efetuada a confecção de um esboço cartográfico dos solos. As cartas topográficas, na escala 1:50.000, a carta de solos, escala 1:500.000, e as fotografias aéreas foram utilizadas na elaboração deste esboço. Da mesma forma, os dados utilizando uma malha quadriculada, de resolução no terreno de 250 de lado da cela, as informações contidas no esboço foram implementadas no sistema. Este arquivo corresponde ao terceiro plano de informação.

A partir dos dados de precipitação mensal, cedidas pelo CTH-DAEE do posto D5-044, que se constitui naquele situado mais próximo da área de estudo, procedeu-se a análise estatística dos dados para o período 1958 a 1989.

Aplicou-se aos dados ordenados de forma crescente, cálculo para a obtenção do intervalo de recorrência, conforme Dunne e Leopold (1978). Este cálculo é obtido pela aplicação da fórmula:

$$Fi = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$$

onde, Fi é o intervalo de recorrência, m o número de ordem do valor da precipitação anual do rol de dados, e n o número total de anos.

Este procedimento permite identificar os anos que apresentam maior probabilidade de ocorrência, e aqueles extremamente chuvoso ou seco, no período estudado. Para tanto é necessário que os valores obtidos nos cálculos sejam plotados em papel probabilístico.

Após a identificação dos anos com maior probabilidade de ocorrência considerado normal, e com menor probabilidade, que se constitui em uma alta precipitação anual, procedeu-se os cálculos dos índices de erosividade mensal. Bertoni e Lombardi Neto (1981), sugerem que este índice seja obtido com a aplicação da fórmula:

$$E_{im} = 6,866 (p^2/P)^{0,85}$$

onde, Eim consiste no índice de erosividade mensal, p a precipitação mensal e P a precipitação média anual. Desta maneira pode se observar o comportamento das chuvas no decorrer do ano, tendo em vista o poder denudacional causado por estas.

A integração final dos dados, ou seja dos planos de informação, obedeceu a uma rotina que permite a multiplicação dos dados cela a cela. Conforme representado na figura 3.5 foram utilizados os três planos que corresponde ao fator topográfico, erodibilidade e cobertura vegetal, que significa cultura e práticas conservacionista. Os índices de erosividade não foram implementadas por consistirem numa constante.

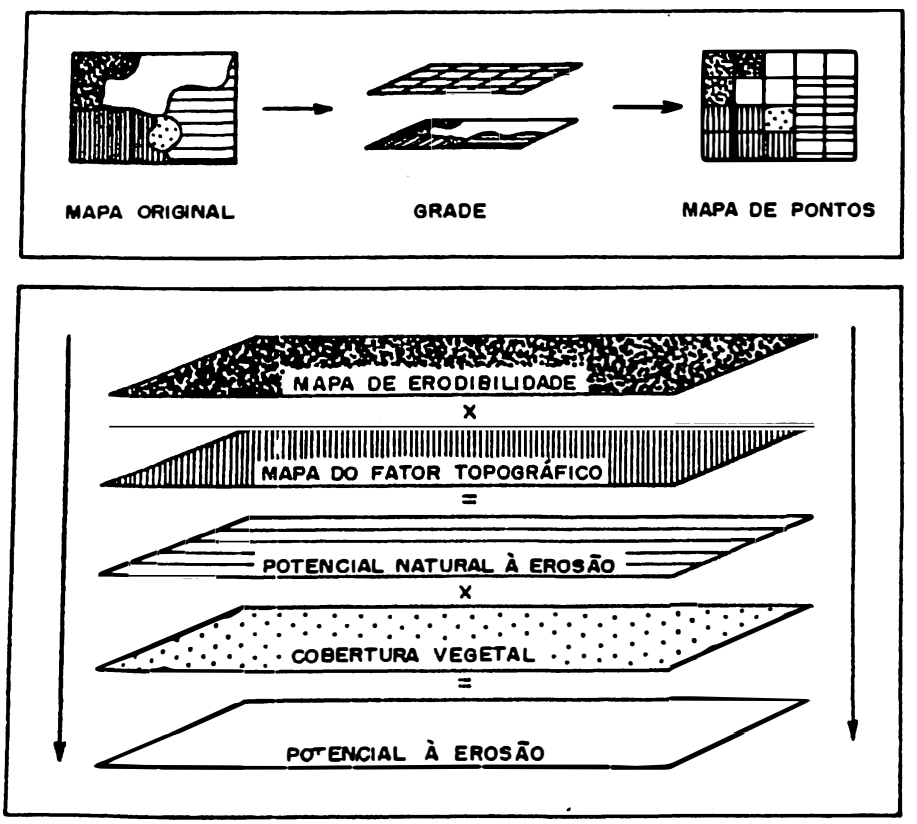


Figura 3.5 – Exemplo da Estruturação do Sistema de Informação Geográfica tipo "Raster". (Modificado de Pinto, 1991).

De acordo com a figura 3.5, a multiplicação dos dois primeiros planos possibilitou a geração do plano que corresponde aos fatores naturais que afetam a erosão acelerada dos solos. Este plano integrado ao de cobertura vegetal permite, em hipótese, avaliar a interferência das classes de utilização da terra no processo erosivo. Assim permite identificar os locais que apresentam maior probabilidade de risco, no que se refere à erosão do solo.

3.3. Procedimentos para avaliação da forma das vertentes

Com o objetivo de avaliar os resultados obtidos, através da aplicação da Equação Universal de Perdas do Solo, procedeu-se então uma análise baseada na classificação da forma das vertentes. Esta análise foi substituída no levantamento e análise de perfís de vertente.

Baseando-se em Young (1972, 1974), a bacia de drenagem consistiu na unidade básica para o levantamento e amostragem de perfís. O autor ainda salienta que outras formas de amostragem podem ser utilizadas, como em grade, sorteio, dentre outras. O método constitui-se em lançar uma linha intermediária entre os interflúvios e talvegues, em cartas ou fotografias aéreas que representam a bacia de drenagem. Nesta linha são alocados pontos a intervalos regulares, posteriormente através de um processo estatístico de sorteio seleciona-se os perfis a serem levantados.

Mediante o auxílio de cartas topográficas na escala 1:50.000, e o esboço da área de estudo (figura 3.1), subdividiu-se a Bacia do Alambarí em 12 sub-bacias de

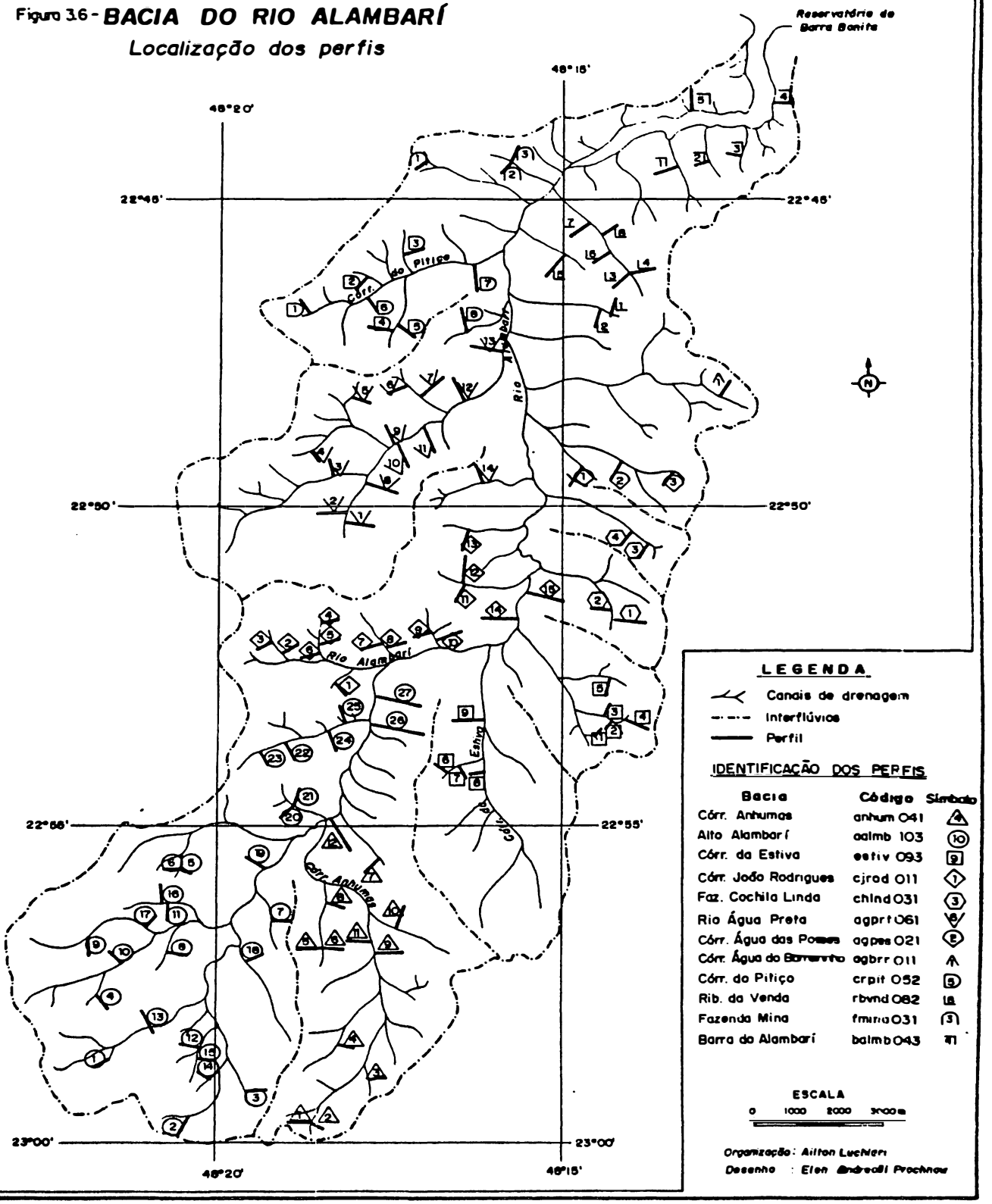
drenagem. Conforme a classificação de Strahler (apud, Christofoletti, 1974) a maioria das bacias são de terceira ordem. Assim procedeu-se a quantificação do número de canais de cada ordem, ao número de canais de cada sub-bacia foi estabelecida uma relação de amostragem de 10% no mínimo. Isto quer dizer que se uma sub-bacia possui um total de 20 canais de segunda ordem, pelo menos dois perfis serão alocados nesses canais, representando sub-bacias de segunda ordem. Para as bacias de primeira ordem a relação foi maior, pretendendo-se amostrar todas as bacias de primeira ordem. Desta maneira foram selecionados 110 perfis, representativos de diversas ordens de bacias de drenagem.

Após a etapa de seleção realizou-se a coleta de dados, seguindo os critérios pré-estabelecidos. A coleta foi efetuada tomando-se como fonte de dados, as cartas topográficas na escala 1:10.000, publicadas pelo IGC. Salienta-se que, no procedimento de alocação de perfis, foi incluída uma tendência, pois foram selecionados aqueles em que as curvas de nível apresentaram um padrão paralelo entre o interflúvio e o talvegue. A distribuição dos perfís pela bacia esta representada na figura 3.6.

Os dados coletados de cada perfil, dizem respeito a distância horizontal e a eqüidistância entre as curvas de nível, ou desnível entre ponto cotado e curva de nível, quando o ponto constitui-se o interflúvio. Conforme sugerido por Young (1971) aos desníveis descendentes, eqüidistâncias na direção do interflúvio para o talvegue, atribuiu-se o sinal negativo (-), e aos desníveis ascendentes o sinal positivo (+). A maioria destes dados foram negativos, pois selecionou-se perfis na direção interflúvio para o talvegue.

Figura 36 - **BACIA DO RIO ALAMBARÍ**

Localização dos perfis



Devido a grande quantidade de dados levantados, foi elaborado três programas de computador (Apêndice A), que, se destinam ao tratamento deste tipo específico de dados. Os programas foram elaborados em linguagem Turbo Basic (Hergert, 1989; e Mosher e Schneider, 1988), para um microcomputador do tipo IBM-PC. Os programas permitem o tratamento de dados de perfis individuais, conforme a metodologia das "melhores unidades" proposta por Young (1971).

3.3.1. Os programas de computador.

Os programas para microcomputadores foram divididos em três, em função da memória dos IBM-PC's, pois os programas utilizam matrizes que usam uma grande capacidade de memória.

O primeiro programa foi elaborado de modo a gerar uma série de dados, para serem utilizados nos programas posteriores. Este programa permite a entrada e processamento de dados provindos de duas fontes diferentes, pantômetros e cartas topográficas. Os pantômetros permitem a obtenção do ângulo de inclinação e extensão superficial do unidade mínima (measured length), as cartas topográficas fornecem dados sobre a extensão horizontal e desnível, esta na maioria das vezes corresponde a eqüidistância entre curvas de nível.

A tabela 3.3 constitui-se numa das saídas do programa, sendo composta de seis colunas. A primeira coluna refere-se ao número de ordem de entrada dos dados. As duas últimas colunas representam os dados coletados em cartas topográficas, a extensão horizontal (distância) e desnível

(altura) cada unidade mínima. Estas duas medidas consistem nos dois catetos de um triângulo retângulo. Assim, baseado no teorema de Pitágoras calcula-se a hipotenusa, representada pelo comprimento da segunda coluna. Do triângulo retângulo formado por estas medidas calcula-se então o ângulo de inclinação (terceira coluna). Este é gerado pela relação dada pelo desnível (cateto oposto) e pela distância (cateto adjacente), ou seja, a tangente transformada em ângulo, posteriormente.

Tabela 3.3 - Exemplo de saída executada pelo primeiro programa do Apêndice A

anhum011

numero	comprimento	angulo	curvatura	distancia	altura
1	13.93	-21.04	-17.50	13.00	-5.00
2	15.81	-18.43	-4.58	15.00	-5.00
3	14.87	-19.65	-16.54	14.00	-5.00
4	22.56	-12.80	35.58	22.00	-5.00
5	9.43	-32.00	52.32	8.00	-5.00
6	11.18	-26.56	-47.98	10.00	-5.00
7	13.93	-21.04	0.00	13.00	-5.00
8	11.18	-26.56	23.29	10.00	-5.00
9	11.18	-26.56	25.32	10.00	-5.00
10	9.43	-32.00	-18.33	8.00	-5.00
11	13.00	-22.62	131.01	12.00	-5.00
12	5.83	-59.03	105.85	3.00	-5.00
13	7.81	-39.80	-98.43	6.00	-5.00
14	7.07	-45.00	-79.92	5.00	-5.00
15	11.18	-26.56	-80.27	10.00	-5.00
16	10.30	-29.05	94.92	9.00	-5.00
17	7.07	-45.00	66.68	5.00	-5.00
18	7.81	-39.80	-143.00	6.00	-5.00
19	20.62	-14.04	-36.24	20.00	-5.00
20	10.30	-29.05	70.97	9.00	-5.00
21	9.43	-32.00	-30.52	8.00	-5.00
22	13.00	-22.62	-38.75	12.00	-5.00
23	13.00	-22.62	-21.97	12.00	-5.00
24	17.72	-16.39	14.60	17.00	-5.00
25	5.59	-26.56	87.31	5.00	-2.50

Os pantômetros fornecem dados a respeito da extensão superficial (comprimento) e ângulo diretamente. Com dados deste tipo, podem ser geradas as duas últimas colunas, distância horizontal e altura, com base na multiplicação da extensão superficial pelo cosseno e seno do ângulo, respectivamente (Young, 1972).

A rotina geradora dos valores de curvatura está apoiada na proposição de Young (1971), que prevê o cálculo de curvaturas entre unidades mínimas sucessivos e intercaladas. No primeiro caso, representado pelas ordens 1 e 25 da tabela, aplicou-se a fórmula:

$$Ci = 100. \frac{\Theta i - \Theta i+1}{0,5 (L_i + L_{i+1}} \quad \text{graus/100 m}$$

onde $\underline{C}_i$ é a curvatura de ordem $\underline{i}$, $\underline{\quad}_i$ e $\underline{L}_i$ são o ângulo e a extensão das unidades mínimas de ordens sucessivas.

Para as unidades mínimas que tenham ordens intercaladas, números 2 a 24, aplicou-se a equação:

$$Ci = 100. \frac{\Theta i-1 \quad \underline{\quad} \quad \Theta i+1}{0,5\, L_{i-1} + L_i + 0,5\, L_{i+1}} \quad \text{graus/100 m}$$

onde $\underline{C}_i$ consiste na curvatura de ordem $\underline{i}$, $\underline{L}$ e $\underline{\quad}$ extensão superficial e ângulo, e $\underline{i-1}$ e $\underline{i+1}$ ordem dos valores

antecedentes e posteriores a ordem i. A partir das equações obtêm-se a quarta coluna da tabela, que corresponde às curvaturas.

Além da saída impressa na forma de tabela, o programa permite o armazenamento desses dados em disco, em um arquivo sequencial. Este arquivo é acessado, à medida que seus dados são necessários aos outros programas.

O segundo programa consiste na porção principal da análise de perfis de vertentes em melhores unidades, conforme a metodologia de Young (1971). A função do programa está na geração de três tabelas, cujos valores estarão em estreita relação com os limiares de coeficiente de variação, fornecidos pelo usuário. Quatro tabelas opcionais correspondendo às matrizes de coeficiente de variação e matrizes de ângulos e curvaturas, também podem ser obtidas. Portanto, esta é a parte principal dos três programas do apêndice A, quando utilizados em conjunto.

A primeira parte do programa, ou rotina, consiste em combinar ângulos e curvaturas, e gerar as suas matrizes de coeficiente de variação. Utilizando-se esses valores são efetuadas combinações entre dois, três, quatro, unidades mínimas, chegando até o índice n-1. A letra n representa o último índice. Os valores gerados nesta função ficam armazenados na memória do computador, e podem também ser impressos.

Após os cálculos gerados pela rotina, o usuário deve interagir, fornecendo os limiares de coeficiente de variação. Em função dos limiares escolhidos, o programa passa para uma rotina de combinação em segmentos, elementos e as melhores unidades, esta última composta de segmentos e elementos. A combinação segue uma regra, que consiste em arranjar segmentos e elementos, que apresentem um valor de

coeficiente de variação sempre abaixo dos limiares. A principal saída do programa consiste em três tabelas, cada uma apresentando os arranjos de unidades.

A combinação em melhores segmentos estão contidos na tabela 3.4, na qual a primeira coluna refere-se a ordem da unidade mínima. A segunda e terceira coluna informam a ordem inferior e superior das combinações, considerada como segmento. As duas últimas colunas fornecem os ângulos médios e a extensão superficial, respectivamente. Assim a unidade mínima de ordem 10, pertence ao segmento composto pelas de ordem 8 a 10; este último possuindo um ângulo médio de 28,18 graus, e uma extensão de 31,79 metros. O sinal do ângulo médio refere-se a visada descendente (negativa) ou ascendente (positiva), salienta-se também que o complemento do ângulo não está em minutos, e sim em décimos.

Tabela 3.4 - Melhores segmentos gerados pelo segundo programa do Apêndice A.

melhores segmentos

1	1	3	-19.65	44.61
2	1	3	-19.65	44.61
3	1	3	-19.65	44.61
4	4	4	-12.80	22.56
5	5	6	-29.05	20.61
6	5	6	-29.05	20.61
7	7	7	-21.04	13.93
8	8	10	-28.18	31.79
9	8	10	-28.18	31.79
10	8	10	-28.18	31.79
11	11	11	-22.62	13.00
12	12	12	-59.03	5.83
13	13	14	-42.27	14.88
14	13	14	-42.27	14.88
15	15	16	-27.76	21.48
16	15	16	-27.76	21.48
17	17	18	-42.27	14.88
18	17	18	-42.27	14.88
19	19	19	-14.04	20.62
20	20	21	-30.46	19.73
21	20	21	-30.46	19.73
22	22	23	-22.62	26.00
23	22	23	-22.62	26.00
24	24	24	-16.39	17.72

As unidades mínimas que não fazem parte de um segmento, apresentam valores repetidos na segunda e terceira coluna. As demais informações condizem com a estrutura da tabela. Este é o caso da unidade mínima de ordem 4.

De modo semelhante a combinação de unidades mínimas em elementos, também são apresentadas em forma de listagens impressas (tabela 3.5). A estrutura da listagem segue os mesmos critérios da tabela anterior, com exceção feita à terceira coluna, que apresenta as curvaturas. Os sinais positivo e negativo dos valores desta coluna, dizem respeito a convexidade e concavidade, respectivamente. Os zeros contidos nas colunas da listagem consistem em unidades mínimas não contidos em elementos. Assim o elemento convexo, composto pelas ordens 4 e 5, possui uma curvatura de 40,52 ^{o}/100m, e uma extensão de 31,99 metros.

Tabela 3.5 - Melhores elementos gerados pelo segundo programa do Apêndice A

melhores elementos				
1	0	0	0.00	0.00
2	0	0	0.00	0.00
3	0	0	0.00	0.00
4	4	5	40.52	31.99
5	4	5	40.52	31.99
6	0	0	0.00	0.00
7	0	0	0.00	0.00
8	8	9	24.30	22.36
9	8	9	24.30	22.36
10	0	0	0.00	0.00
11	11	12	123.22	18.83
12	11	12	123.22	18.83
13	13	15	-85.62	26.06
14	13	15	-85.62	26.06
15	13	15	-85.62	26.06
16	16	17	83.42	17.37
17	16	17	83.42	17.37
18	0	0	0.00	0.00
19	0	0	0.00	0.00
20	0	0	0.00	0.00
21	21	23	-30.40	35.43
22	21	23	-30.40	35.43
23	21	23	-30.40.	35.43
24	0	0	0.00	0.00

Após as rotinas de definição de elementos e segmentos, esses são combinados de modo a gerar as melhores unidades do perfil. Esta combinação segue os limiares do coeficiente de variação estabelecidos previamente para os segmentos e os elementos. Para casos de unidades mínimas que pertençam tanto a um segmento e a um elemento, sua classificação segue os critérios estabelecidos por Young (1971). Estes critérios permitem incluir a unidade mínima na unidade de maior extensão, ou, no caso, se as unidades possuem a mesma extensão, incluir naquela que apresenta menor variabilidade. Persistindo as igualdades, caso raro, a unidade mínima será considerada como segmento. A partir disto, o programa recalcula os parâmetros para a unidade que perdeu este segmento mínimo.

A lista de parâmetros apresentados na tabela 3.6, consiste num exemplo das melhores unidades do perfil. A lista de parâmetros compõe-se de cinco colunas, sendo a primeira e segunda coluna representativa da ordem do segmento mínimo e extensão das unidades, respectivamente. A terceira coluna estão representados os ângulos médios, em graus dos segmentos. Os zeros desta coluna referem-se aos elementos. Caso semelhante constitui-se à quarta coluna, que fornecem as curvaturas de cada elemento em graus por cem metros. A última coluna indica o percentual de variação de cada unidade, ou seja o coeficiente de variação.

Conforme a listagem (tabela 3.6), as unidades mínimas são indicados por não apresentarem repetições, entre ordens vizinhas, e valor zero nas duas últimas colunas. Assim a unidade mínima de ordem 6 não pertence a nenhuma unidade do perfil. Tanto os segmentos e elementos são indicados pelos valores repetitivos nas colunas, com exceção da primeira coluna. Desta forma destaca-se o segmento constituído pelas ordens 8 a 10, que possui uma extensão de

31,79 metros, um ângulo de 28,18 graus, e variabilidade de 8,82 por cento. De modo parecido, os elementos apresentam repetição de valores nas colunas, e também valores positivos e negativos, que corresponde a convexidade e concavidade, na coluna da curvatura. Assim, as ordens 4 e 5 constituem um elemento positivo com 31,99 metros de extensão, curvatura de 40,52 graus por cem metros, e variabilidade de 18,83 por cento.

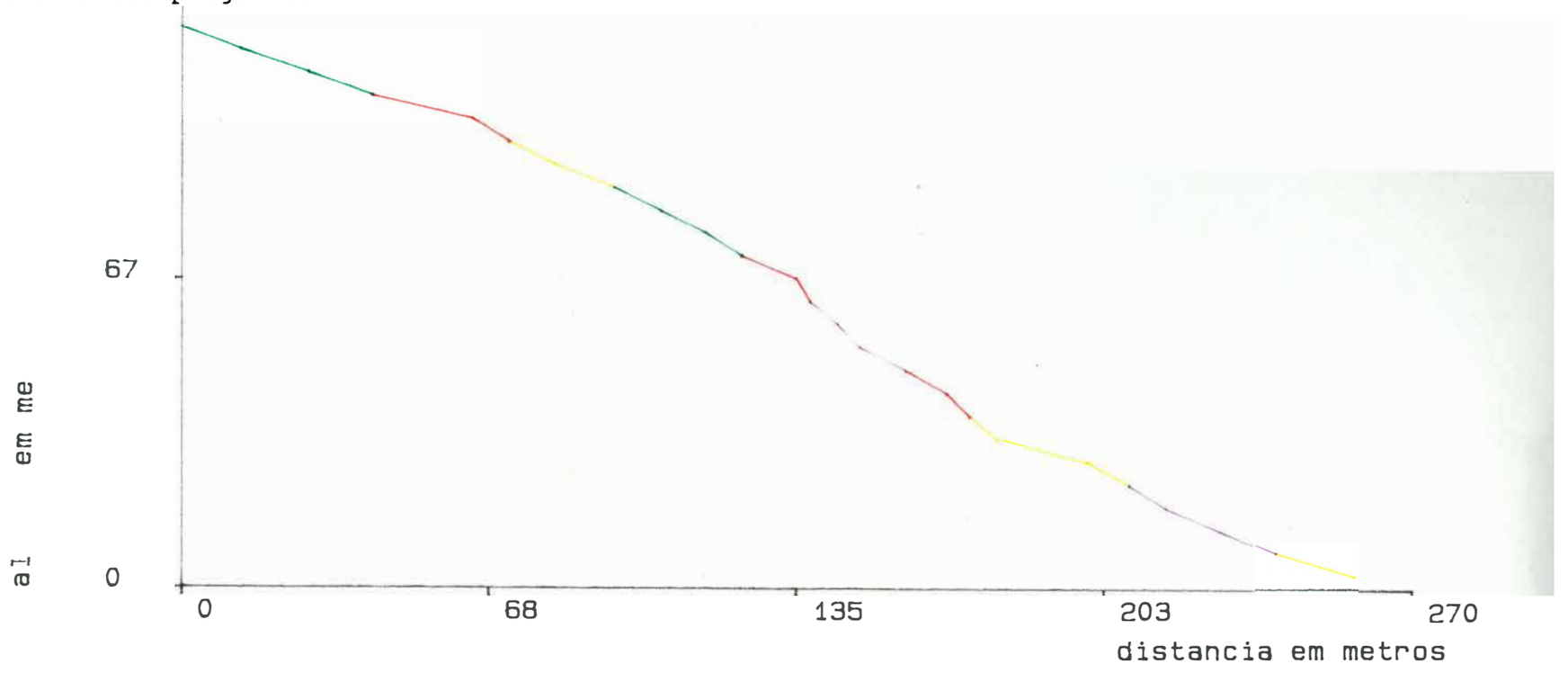
Tabela 3.6 - Melhores unidades geradas pelo segundo programa do Apêndice A

melhores unidades do perfil anhum011.dat

num	comprm metros	angulo graus	curvat. g/100m	variacao %
1	44.61	-19.65	0.00	5.39
2	44.61	-19.65	0.00	5.39
3	44.61	-19.65	0.00	5.39
4	31.99	0.00	40.52	18.83
5	31.99	0.00	40.52	18.83
6	11.18	-26.56	0.00	0.00
7	13.93	-21.04	0.00	0.00
8	31.79	-28.18	0.00	8.82
9	31.79	-28.18	0.00	8.82
10	31.79	-28.18	0.00	8.82
11	18.83	0.00	123.22	9.44
12	18.83	0.00	123.22	9.44
13	26.06	0.00	-85.62	9.79
14	26.06	0.00	-85.62	9.79
15	26.06	0.00	-85.62	9.79
16	17.37	0.00	83.42	16.63
17	17.37	0.00	83.42	16.63
18	7.81	-39.80	0.00	0.00
19	20.62	-14.04	0.00	0.00
20	10.30	-29.05	0.00	0.00
21	35.43	0.00	-30.40	23.64
22	35.43	0.00	-30.40	23.64
23	35.43	0.00	-30.40	23.64
24	17.72	-16.39	0.00	0.00

Além das listagens, o programa gera um arquivo em disco, composto pelos valores contidos na última tabela. Estes dados permitirão a geração de gráficos representativos dos perfis.

O terceiro programa tem por objetivo fornecer ao usuário uma visualização gráfica dos resultados. Assim há a necessidade de implementação dos arquivos gerados nos programas anteriores. Basicamente os resultados são apresentados em monitores coloridos (padrão VGA) ou em traçadores gráficos (Plotters). A figura 3.7 , consiste na representação gráfica em cores dos resultados obtidos no processamento dos programas.



anhum011

segmento maximo = 28.2 graus com 31.8 m

maior curvatura = 40.5 graus/100 com 32 m

menor curvatura = -30.4 graus/100 com 35.4 m

segmento

elemento positivo

elemento negativo

unidade minima

Figura 3.7 - Saída gráfica em "Plotter".

3.3.2. Classificação dos Atributos das Vertentes

Segundo Blong (1975), as pesquisas sobre a forma das vertentes concentram seus objetivos na análise de pequenas porções do perfil, e pouco se tem feito quanto à comparação de perfis em classes.

Parsons (1977) preocupou-se em selecionar atributos de perfis de vertente, e também procurou encontrar similaridades entre os perfis. Para a classificação o autor recorreu à análise multivariada.

Neste sentido a classificação de atributos, gerados a partir de estudos de perfis individuais, atesta a possibilidade de identificação de grupos de vertentes, possuindo formas similares entre si. Esses grupos, por sua vez, estão estritamente relacionados às características ambientais de determinada localidade. Assim é o processo de classificação de atributos de vertentes, constitui-se num meio de identificação de unidades ambientais, pois cada unidade ambiental possui formas similares de vertentes.

Comummente pesquisadores utilizam das propriedades das vertentes para definir unidades ambientais. Este é o caso de referência aos declives, desníveis entre interflúvios e vales, amplitude de forma, que são designativos de uma unidade geomorfológica.

Quatro propriedades são derivadas, de um ou mais atributos encontrados a partir do exame do perfil de vertente (Blong, 1975). Parsons (1977) comenta que estas propriedades referem-se a dimensão, forma, gradiente e irregularidades das vertentes. A extensão superficial de uma

vertente constitui-se num atributo que se relaciona com a propriedade dimensional.

A análise de perfis em melhores unidades fornece atributos sobre as propriedades das vertentes. Em vista disto, foi realizada uma seleção de atributos, relacionados às propriedades, para uma análise estatística multivariada. Os principais atributos foram definidos em função das unidades; segmento máximo, convexidade e concavidade; constantes dos perfis, que foram analisadas em melhores unidades.

Considerando os valores para os coeficientes de variação, de 10 % para definição dos segmentos, e 50 % para definição dos elementos, foram selecionados os atributos que se referem as propriedades das vertentes.

Correspondendo à propriedade dimensional da vertente, foram selecionados os valores de extensão horizontal e vertical de toda a vertente, mais as extensões do segmento máximo, convexidade e concavidade. Esses valores estavam em metros.

Para representação das propriedades de gradiente e formas, escolheu-se os valores correspondentes ao angulo médio e a curvatura média de toda vertente, e aos angulos e curvaturas, dos segmentos e elementos.

Os coeficientes de variação do angulo médio e da curvatura média da vertente,e os coeficientes de variação dos segmentos e elementos, indicam a irregularidade do perfil de vertente. Pois representam a variabilidade de cada unidade.

As listagens e o gráfico gerados a partir dos programas das melhores unidades, foram a fonte desses dados.

Com pequenas modificações nos programas foi possível a geração de dados para toda a vertente. Salienta-se que os valores escolhidos para as unidades são aqueles que correspondem ao segmento máximo, ao elemento positivo de maior extensão e ao elemento negativo, também, de maior extensão.

Posteriormente estes dados foram processados no programa SYSTAT, para a análise de grupamento por pares recíprocos (Cluster) tomando-se como parâmetro de similaridade a distância euclidiana. Este programa constitui-se num pacote estatístico, que permite a padronização de dados e análise multivariada.

CAPÍTULO IV - RESULTADOS

Os resultados foram obtidos através da aplicação de dois métodos, tendo como objetivo avaliar e identificar localidades dentro da bacia do Alambarí, que apresentam problemas quanto à conservação do solo. A Equação Universal de Perdas de Solo foi aplicada visando identificar locais que apresentam maior risco quanto a erosão acelerada. A técnica de agrupamento de perfís de vertente visou avaliar a aplicabilidade da equação, para áreas tropicais.

4.1. Fatores da Equação Universal de Perdas de Solos

As rotinas de implementação e cálculos contidas no Sistema de Informação Geográfica GEO-INF+MAP, permitiram a integração dos parâmetros da equação. Salienta-se a necessidade de adaptações no estabelecimento das relações entre os parâmetros, pois o sistema apresenta algumas limitações, tanto para cálculos quanto de memória disponível para trabalhar grandes quantidades de dados.

4.1.1. Erosividade das Precipitações

A quantidade e a intensidade das precipitações constituem-se nos principais fatores aos processos de

denudação, no contexto a erosão acelerada. Pois as águas das chuvas, constituídas de massa e energia, desencadeiam os processos de denudação. As gotas de chuva ao tocar a superfície do regolito libera partículas e transporta-as através dos processos de escoamento, principalmente.

Os dados obtidos por meio de pluviômetros e pluviógrafos permitem estimar índices de erosividade, principalmente em localidades tropicais onde as precipitações desempenham papel fundamental, pois as precipitações funcionam como entrada (inputs) dos sistemas, fornecendo matéria e energia.

A partir dos dados do período 1958-1989 dos pluviômetros instalados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE localizados próximos à área de estudo, houve a possibilidade de traçar as isoietas que se referem a média anual de precipitação (Figura 4.1). Com base na figura percebe-se uma área onde as precipitações são menores, localizada no Vale do Tietê. Esta área corresponde àquela que Monteiro (1973) denomina de Percée do Tietê, caracterizada por ser mais seca em relação a sua vizinhança. Assim, tanto na direção norte quando na noroeste desta área os valores anuais tendem a um aumento. O valor de 1.280 mm de precipitação anual refere-se àquele representativo da área de estudo.

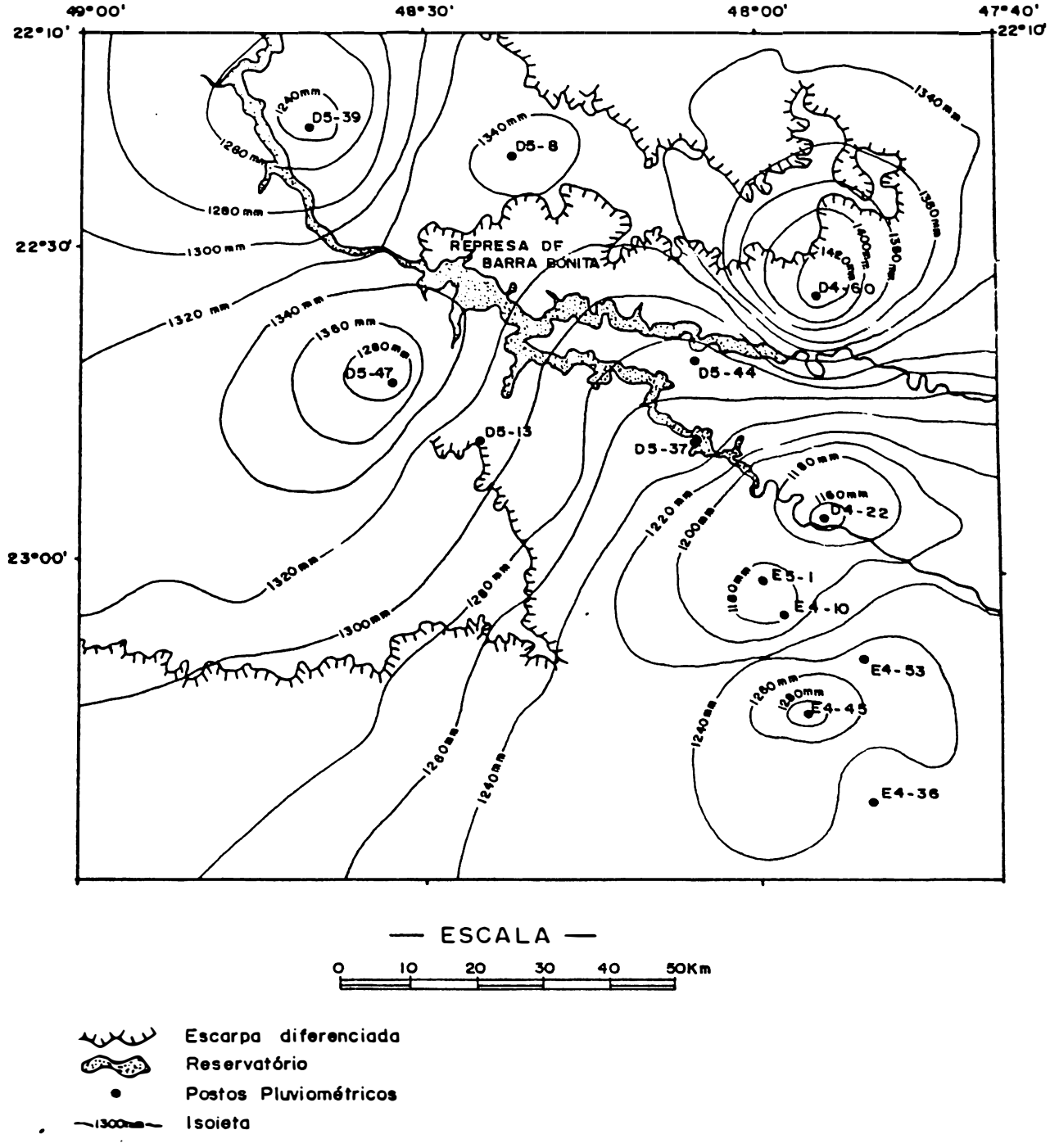


Figura 4.1 - Precipitação na área do Reservatório de Barra Bonita.
Elaborado a partir de dados do DAEE, 1958-1989.

A análise estatística, em probabilidade de recorrência para o período 1958-1989, do posto D5-044, confirmam a precipitação média anual ao redor de 1.296 mm. Esses resultados do cálculo do intervalo de recorrência segundo Dunne e Leopold (1978), estão apresentados na tabela 4.1 e figura 4.2. Conforme o gráfico, as precipitações variando entre 1.100 e 1.500 mm anuais são aquelas que possuem maior probabilidade de ocorrer todo ano. Os eventos raros, que possuem uma ocorrência excepcional, são os que apresentam valores abaixo de 1.100 mm/ano, considerados secos, e aqueles em que os valores excedem as 1.500 mm/ano, considerados úmidos. Isto confirma-se pela concentração e dispersão dos pontos que representam os anos e acompanham a reta contida na figura 4.2.

TABELA 4.1 - Precipitação anual e probabilidade de recorrência para o período 1958-1989. Posto D5-044.

Probabilidade		
Ano	Milímetros	Probabilidade
1963	827	3.22
1968	891.3	6.45
1979	945.2	9.67
1971	1033.1	12.90
1969	1090	16.12
1961	1153.4	19.35
1981	1165.9	22.58
1985	1169.9	25.80
1967	1198.6	29.03
1964	1201.7	32.25
1959	1208.7	35.48
1986	1254.6	38.70
1966	1261.6	41.93
1970	1285.4	45.16
1973	1285.7	48.38
1978	1295.9	51.61
1975	1322.9	54.83
1977	1329.9	58.06
1988	1402.1	61.29
1987	1417.3	64.51
1974	1434.9	67.74
1962	1443	70.96
1989	1464.1	74.19
1960	1473.6	77.41
1972	1545.4	80.64
1958	1615	83.87
1976	1717.8	87.09
1965	1767.2	90.32
1982	1868.1	93.54
1983	1875.1	96.77

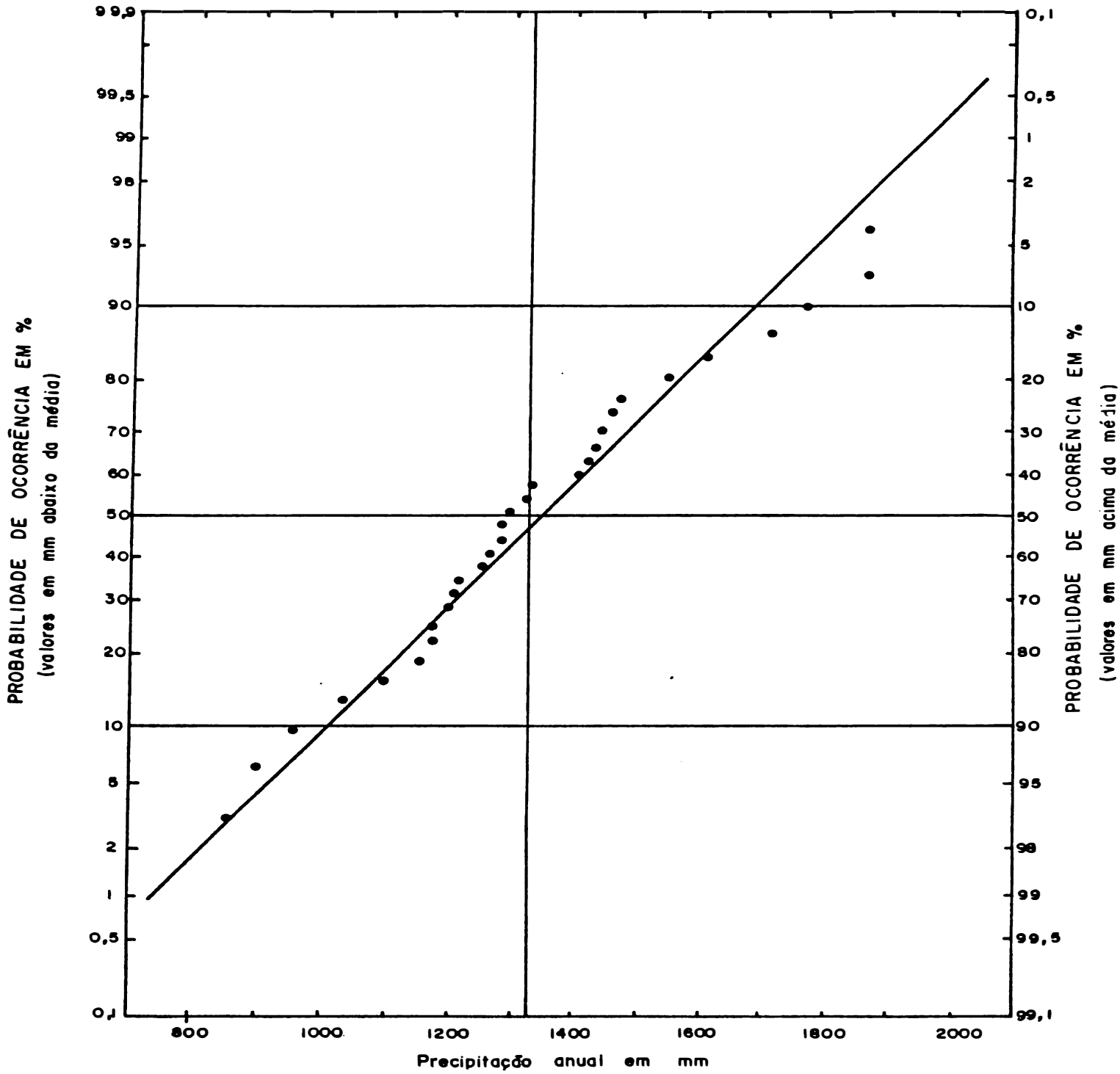


Figura 4.2 - Probabilidade da precipitação anual no Posto D5-044.

Desta forma, o ano de 1978 apresenta-se como um ano normal, possuindo maior probabilidade de ocorrência, e o ano de 1983 pode ser considerado como um evento raro, extremamente úmido. Assim, os valores de precipitação total desses anos orientaram os cálculos dos índices de erosividade.

Os dados do Posto D5-059-HM, instalado em 1966, que se encontra na área de estudo, foram submetidos aos cálculos propostos por Bertoni e Lombardi Neto (1985). Os cálculos permitem a obtenção de índices de erosividade mensal de cada ano, e a somatória destes resultam nos índices anuais.

Os índices obtidos permitem constatar a perda de 613,4 ton/ha. de solo no ano de 1978, e 986,6 ton/ha. no ano de 1983, devido somente as precipitações. A distribuição desses valores em índices mensais de erosividade está representado na figura 4.3.

O gráfico permite constatar que as precipitações iniciadas logo após o período seco (agosto-setembro), são importantes no processo de erosão acelerada. Nesta época do ano os terrenos destinados a agricultura encontram-se desprovidos da cobertura vegetal, devido ao preparo do terreno para o plantio. Além disso, as pastagens também não promovem boa proteção, pois é grande a quantidade de biomassa seca, que expõem boa porcentagem da superfície do solo. Devido a isto estes valores podem ser bastante significativos, pois não são atenuados por outros fatores.

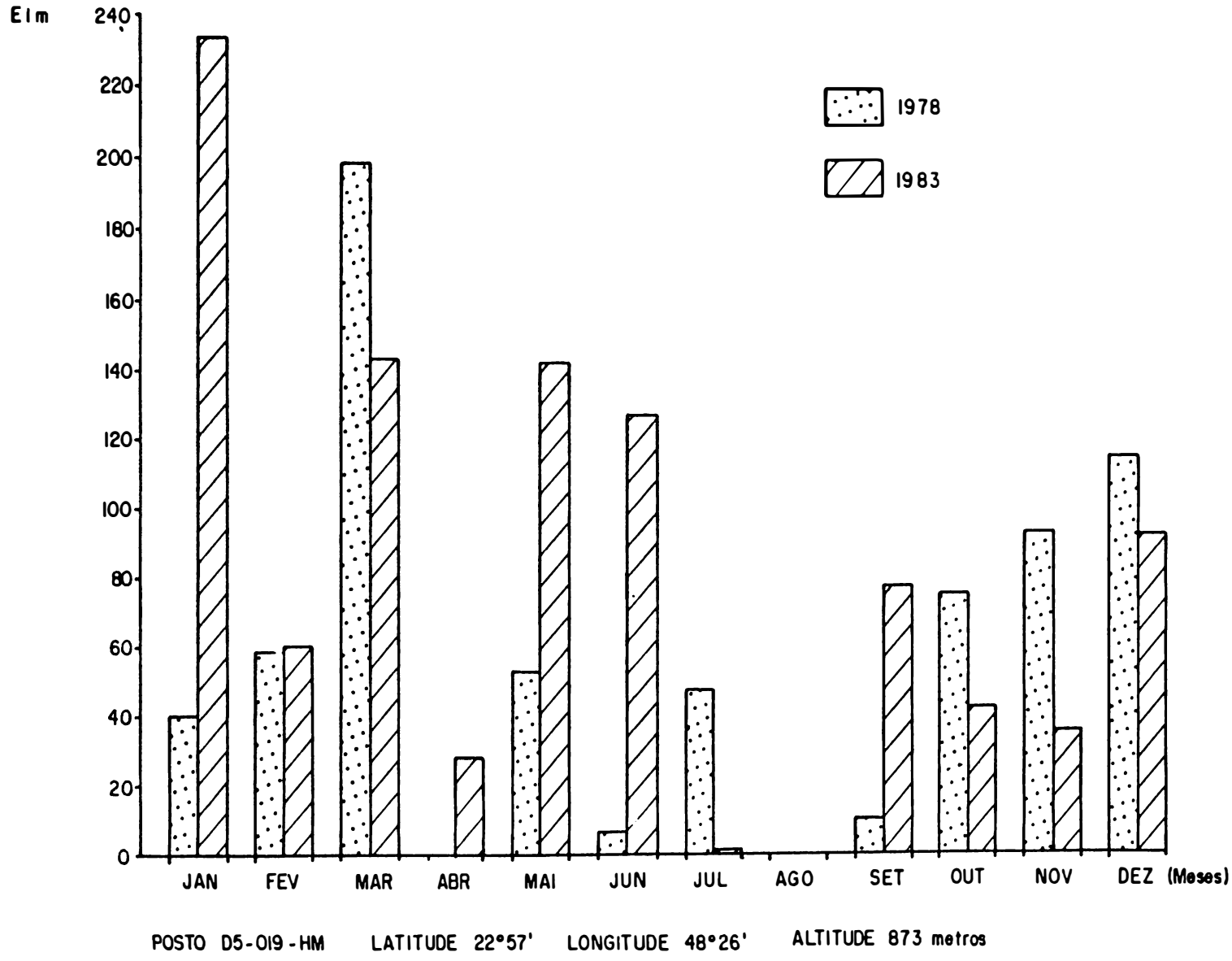


Figura 4.3 - Índices de Erosividade mensal para ano normal e úmido.

Considerando o poder erosivo das chuvas, as precipitações mais importantes, e possuem altos valores, são aquelas que ocorrem no período úmido, entre os meses de janeiro a março. Essas precipitações possuem maior intensidade, pois a quantidade de água precipitada é grande, quando relacionada ao tempo decorrido. Nesta época na maioria das vezes, as chuvas decorrem de tempestades sob ação da convecção da circulação local.

Os índices mensais indicam que 60% do total de sedimentos retirados da superfície do regolito anualmente ocorrem nesta época do ano. Apesar da cobertura vegetal oferecer as melhores condições de proteção do terreno, encontrando-se em plena atividade biológica, as chuvas deste período provocam perdas intensas.

Os índices anuais e mensais do fator erosividade da equação não puderam entrar no cálculo simultaneamente com os outros fatores. Isto decorreu das limitações operacionais do Sistema de Informação Geográfica GEO-INF+MAP. Apesar disto foi possível estabelecer relações do índice médio anual com os fatores obtidos pelos algoritmos do sistema.

4.1.2. Fator Topográfico

Para a obtenção do fator topográfico deve-se considerar a extensão e a declividade da vertente. No caso da utilização do sistema GEO-INF+MAP houve apenas a possibilidade de considerar as declividades como representativa deste fator. Isto decorre das limitações apresentadas pela estrutura do tipo "raster", pois no caso a cela compõe-se de um quadrado, ao qual atribui-se o valor de

250 m de lado. Portanto, este valor permaneceu constante para todas as celas.

Baseados nos dados altimétricos foram calculadas as declividades de cada cela, mediante a utilização de um algoritmo contido no GEO-INF+MAP. Este algoritmo considera que cada cela representa um plano e sua declividade pode ser considerada como um vetor (Teixeira, Koffler e Moretti, 1991).

Para melhor representação espacial das declividades, os limites das classes obedeceu a proposta da União Geográfica Internacional (apud Simielli, 1981). Desta forma obteve-se seis classes, a primeira com limites variando entre 0% a 2%, a segunda 2% a 5%, a terceira 5% a 15%, a quarta 15% a 35%, a quinta 35% a 55%, e a última corresponde aos declives superiores a 55%. A figura 4.4 possibilita a visualização destas classes distribuídas no interior da bacia.

Young (1972) considerando as declividades limites, definidas como aquelas associadas a determinadas formas e a operação de certos processos, tece alguns comentários sobre as declividades sob a influência de clima úmido. Assim, para o autor, a presença de uma fina cobertura do regolito dá-se em declives abaixo de 84 a 100%. Nos declives abaixo de 58 a 73% existe a possibilidade de contínuo manto de cobertura vegetal e a presença de solos. Os terracetes, causados principalmente pela reptação, aparece em declives acima de 40%. O autor comenta ainda, que as vertentes estáveis, do ponto de vista de movimentos de massa rápidos, possuem declives inferiores a 35%.

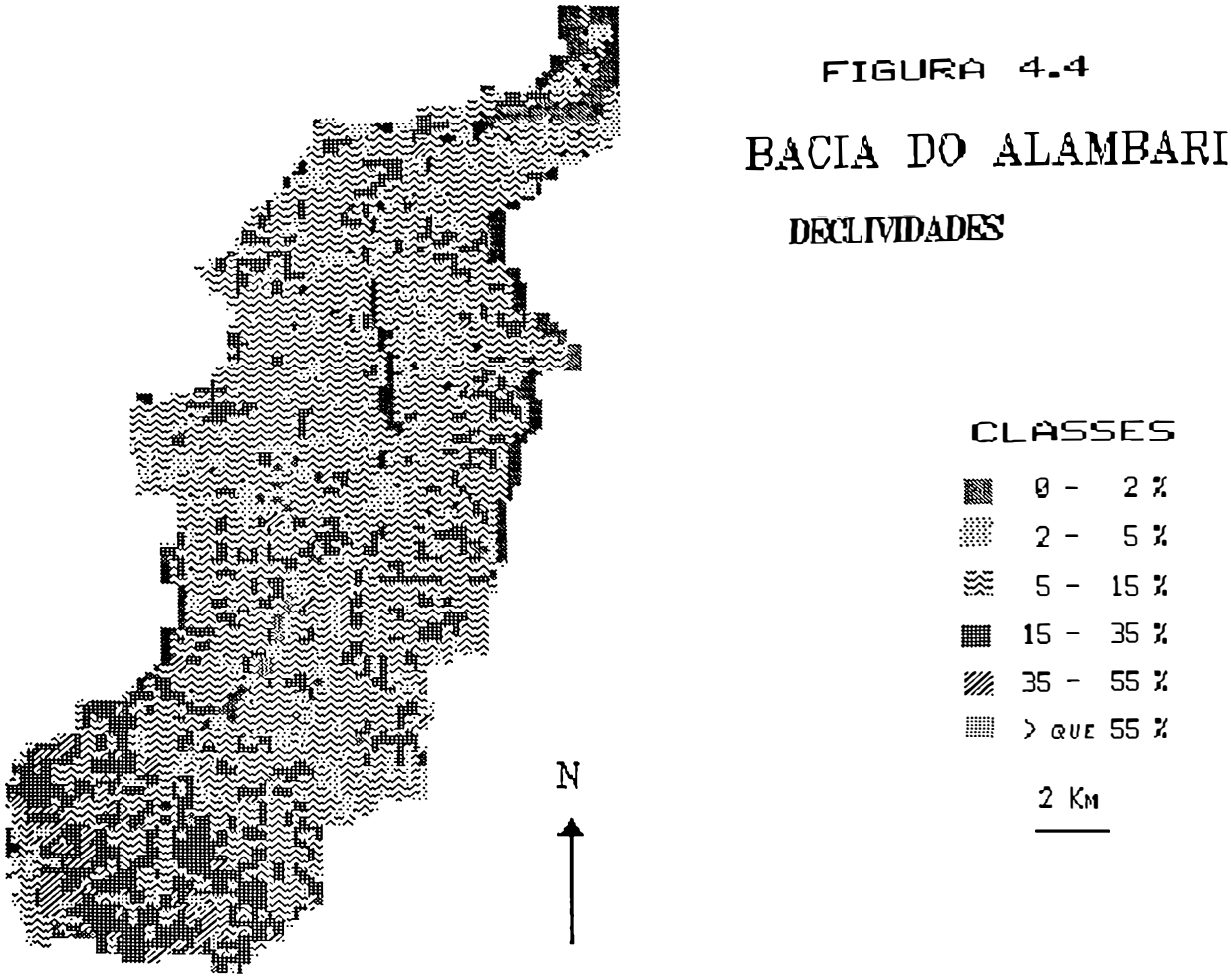


TABELA 4.2 - Declividade: área ocupada pelas classes.

CLASSES	AREA (HA.)	PERCENTUAL (%)
0 - 2%	22.625,0	7,4
2 - 5%	32.062,5	10,4
5 - 15%	182.125,0	59,3
15 - 35%	60.875,0	19,8
35 - 55%	8.625,0	2,8
> que 55%	812,5	0,3
T O T A L	307.125,0	100,0

Relacionando as classes definidas conforme classificação da UGI e os processos de erosão acelerada, pode-se dizer que as duas primeiras classes, com declives entre 0 a 5%, não apresentam problemas de conservação do solo. Em locais onde ocorrem as declividades da terceira classe, 5 a 10%, são recomendadas algumas práticas simples de conservação. A quarta classe compreende áreas inclinadas e apresentam limitações quanto ao uso agrícola, isto é evidenciado principalmente em solos arenosos. As duas últimas referem-se aos locais onde se torna impraticável o uso agrícola, servindo apenas para locais de preservação ou silvicultura (Lepch, 1983). Em relação a estas duas classes Young (1972) também faz referência a elas como situações de declividades instáveis.

Baseando-se no cartograma (fig. 4.4), nota-se que no baixo e médio curso há a ocorrência de declividades entre 5 e 15%, abrangendo uma proporção 59,3% em relação a área total (tabela 4.2). Devido ao solo desta área constituir-se de uma significativa proporção da fração arenosa, os declives desta classe tornam-se limitantes, ou seja a associação solo/declividade ocasiona maior probabilidade de risco de erosão acelerada.

As várzeas e interflúvios aplainados estão representados pelas duas primeiras classes, quais abrangem as declividades entre 0 a 5%. As duas classes perfazem uma proporção de 17,8% da área total da bacia. Considerando que metade deste valor corresponde a lâmina d'água do reservatório, pode-se dizer que são restritas as áreas onde não existe risco de erosão acelerada.

Ao sul da bacia, na área de escarpa da "Cuesta", predominam as classes com declividades maiores de 15%. Essas classes são importantes, pois nelas estão contidas as

declividades limites. Ainda destaca-se a ocorrência de duas faixas descontínuas, que margeiam os principais interflúvios do médio e baixo curso. Essas duas faixas correspondem a áreas de nascentes dos afluentes do Alambari, justamente nesta área nota-se a ocorrência frequente de voçorocas. Considerando a representatividade espacial, esta classe perfaz uma proporção de 22,9% da área total da bacia.

4.1.3. Erodibilidade

As amostras coletadas em campo não permitiram a análise de sua erodibilidade, pois não apresentaram nenhuma relação em função de sua localização e profundidade com o índice de erodibilidade. Para as amostras do Regossolo "integrade" para Latossolo Vermelho amarelo a erodibilidade foi obtida a partir da aplicação do nomograma proposto por Wischmeier, Johnson e Cross (1971). A tabela 4.3 demonstra a granulometria, o teor de matéria orgânica e o índice erodibilidade de cada amostra. Nota-se que esses valores não apresentam significado algum ao tomar em consideração as profundidades dos horizontes A e B, principalmente em que se refere à granulometria.

Os baixos valores da fração argila, e os altos valores da fração areia, para o regossolo, são confirmados tanto por Espíndola (1977) como por Carvalho (1981). Esses autores encontraram valores pouco maiores que 10% da fração argila, em profundidades variando entre 1,5 a 2,0 metros. O caráter arenoso do regossolo permite inferir o seu alto grau de erodibilidade.

TABELA 4.3 - Granulometria, teor de matéria orgânica e erodibilidade das amostras.

Amostra	Areia total %	Areia fina %	Silte 0,05-0,002	Argila < 0,002%	Matéria orgânica %	Erodibilidade k
1A	90,813	29,625	2,246	6,941	1,138	0,23
1B	87,899	27,911	2,708	9,393	0,828	0,22
2A	90,768	27,693	1,587	7,645	1,052	0,22
2B	86,225	34,449	3,001	10,774	0,603	0,29
3A	87,918	23,854	2,919	9,163	1,552	0,20
3B	90,174	27,857	1,770	8,056	0,724	0,25
4A	85,350	28,632	5,587	9,063	1,483	0,24
4B	85,817	34,743	1,975	12,208	0,569	0,28
5A	93,473	33,760	1,312	5,215	0,672	0,26
5B	91,221	26,906	4,261	4,518	0,379	0,26
6A	93,021	66,334	4,366	2,613	0,759	0,56
6B	94,301	69,399	2,991	2,708	0,241	0,61
7A	97,455	66,071	1,341	1,204	0,707	0,60
7B	95,914	51,187	1,980	2,106	0,241	0,47
8A	81,429	31,101	9,679	8,892	2,035	0,27
8B	89,697	48,393	6,019	4,284	0,241	0,47
9A	96,607	36,721	2,690	0,703	1,345	0,30
9B	95,312	57,355	1,980	2,708	0,241	0,54
10A	97,322	60,458	0,666	2,012	1,483	0,48
10B	94,479	50,932	2,510	2,911	0,517	0,43
11A	93,657	32,796	2,231	4,112	0,879	0,30
11B	89,155	48,042	2,504	8,341	0,379	0,44
12A	93,271	31,638	1,614	5,115	0,379	0,29
12B	89,329	33,457	1,114	9,557	0,517	0,30
13A	96,446	42,501	1,649	1,905	0,810	0,40
13B	94,292	45,614	3,399	2,309	0,483	0,44
14A	92,590	45,058	5,499	1,911	0,879	0,45
14B	86,725	46,853	4,269	9,006	0,120	0,44
15A	90,312	36,162	6,754	2,934	2,604	0,27
15B	92,696	67,628	4,699	2,605	0,603	0,55
16A	96,254	35,163	1,736	2,010	1,035	0,41
16B	93,782	28,227	1,591	4,627	0,862	0,24
17A	94,120	30,499	2,774	3,106	1,000	0,26
17B	88,671	52,524	5,370	5,959	1,121	0,34
19A	73,161	21,404	22,936	3,903	3,450	0,25
18B	73,718	18,466	20,123	6,159	1,259	0,30
19A	92,464	54,814	10,039	7,497	2,001	0,35
19B	80,814	46,326	4,429	14,757	1,414	0,35
20A	96,171	33,518	2,220	1,609	0,879	0,33
20B	84,495	29,284	3,548	11,957	0,845	0,25
21A	94,338	32,355	3,438	2,224	1,121	0,31
21B	80,985	38,681	7,630	11,385	0,414	0,37
22A	95,682	31,911	1,836	3,012	0,621	0,30
22B	89,085	34,726	0,040	10,875	0,414	0,28
23A	93,020	48,128	1,855	5,125	0,948	0,35
23B	88,376	31,049	3,065	8,559	0,345	0,28
24A	94,982	18,250	1,812	3,206	0,621	0,18
24B	90,511	18,314	2,957	6,532	0,655	0,18
25A	94,275	27,465	2,107	3,618	1,190	0,23
25B	89,885	33,219	2,859	7,336	0,517	0,30
26A	90,859	30,651	4,021	5,120	0,776	0,30
26B	95,593	41,954	2,903	1,504	0,276	0,41
27A	93,761	64,949	4,627	1,612	1,328	0,48
28A	86,034	68,374	3,766	10,200	0,776	0,54
28B	88,504	67,892	5,146	6,350	0,621	0,57
29A	88,970	62,034	7,888	3,222	1,052	0,51
29B	84,389	58,412	11,596	4,024	0,345	0,55
30A	70,624	47,683	26,644	2,732	1,880	0,50
30B	63,662	48,301	32,298	4,040	0,483	0,60
31A	56,710	37,779	29,555	13,735	2,104	0,38
31B	49,448	36,100	44,426	6,126	0,914	0,55
32A	85,561	44,036	12,927	1,412	1,466	0,47
32B	87,421	48,234	11,076	1,503	0,207	0,53
33A	91,478	46,881	6,289	2,233	2,311	0,43
33B	83,810	53,259	7,685	6,305	0,983	0,50
34A	84,817	43,325	6,751	8,432	0,983	0,39
34B	79,958	43,688	6,756	13,286	0,621	0,39
35A	84,788	51,038	12,179	3,033	1,431	0,50
35B	82,836	49,088	6,057	11,107	0,759	0,46
36A	92,958	47,007	5,016	2,026	1,052	0,44
36B	81,950	54,295	5,418	12,632	0,517	0,49
37A	96,774	46,213	1,116	2,110	0,948	0,41
37B	90,193	41,891	4,777	5,030	0,414	0,40
38A	95,582	42,267	2,414	2,004	0,517	0,42
38B	90,220	41,645	2,946	6,834	0,379	0,39

Em vista da dificuldade encontrada, optou-se pelo índice médio, obtido a partir da última coluna da tabela 4.3, para representar o regossolo. O índice de erodibilidade do Litosol fase substrato-basaltito foi obtido através dos dados apresentados por Lemos et alii (1960).

Desta forma os índices 0,16 ton/ha e 0,38 ton/ha foram atribuídos ao litossolo e ao regossolo, respectivamente. A distribuição espacial desses índices está representada na figura 4.5. Salienta-se que os índices foram transformados em números inteiros, devido a baixa capacidade de memória do GEO-INF+MAP.

Conforme a figura e a tabela 4.4, pode-se notar que o regossolo ocupa a maior parte da bacia, 94,5% do total, e ficando apenas a porção sul da bacia representativa do litossolo.

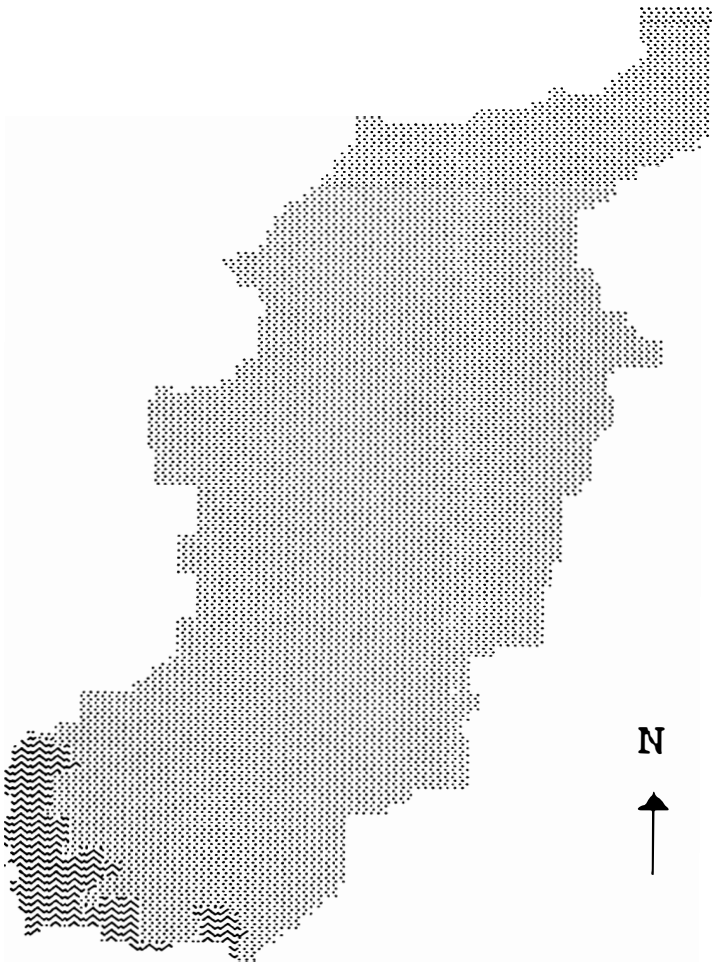


FIGURA 4.5

BACIA DO ALAMBARI

ERODIBILIDADE

INDICES

16 TON/HA

38 TON/HA

2 KM

TABELA 4.4 - Erodibilidade dos Solos: área ocupada pelas classes.

ÍNDICES	ÁREA (HA)	PERCENTUAL(%)
LITOSSOLO 16 ton/ha.	16.750,0	5,5
REGOSSOLO 38 ton/ha.	290.375,0	94,5
T O T A L	307.125,0	100,0

4.1.4. Uso da Terra

A partir da interpretação de fotografias aéreas correspondentes a 1962, elaborou-se a carta de classes de uso da terra. Posteriormente as classes receberam um código numérico e foram implementadas no GEO-INF+MAP, a partir da estrutura raster. Assim foi gerada a figura 4.6 no sistema, que contém as classes de uso da terra.

De maneira geral, pode-se dizer que as atividades de uso da terra, na área de estudo, visam a conservação do terreno, pois 75% da área é ocupada por pastagens (tabela 4.5). As pastagens são recomendadas ao combate à erosão acelerada.

Da área total da bacia 51,1% correspondem aos pastos tratados, em que são empregadas melhorias no sentido do manejo. Esses pastos situam-se em terras com menor declividade, compreendendo os interflúvios principais e secundários da bacia. À medida que as declividades tornam-se maiores, em direção às nascentes dos canais de baixa ordem, afluentes do rio principal, ocorrem as pastagens com arbustos, classificadas como pasto sujo. Devido ao declive, essas áreas de pasto sujo estão impossibilitadas de um manejo adequado. Salienta-se que na época seca a renovação das pastagens é feita mediante a utilização do fogo. Isto contribui para a erosão acelerada, pois além de eliminar uma porcentagem de matéria orgânica, deixa alta porcentagem da superfície do terreno exposto à ação das primeiras chuvas.

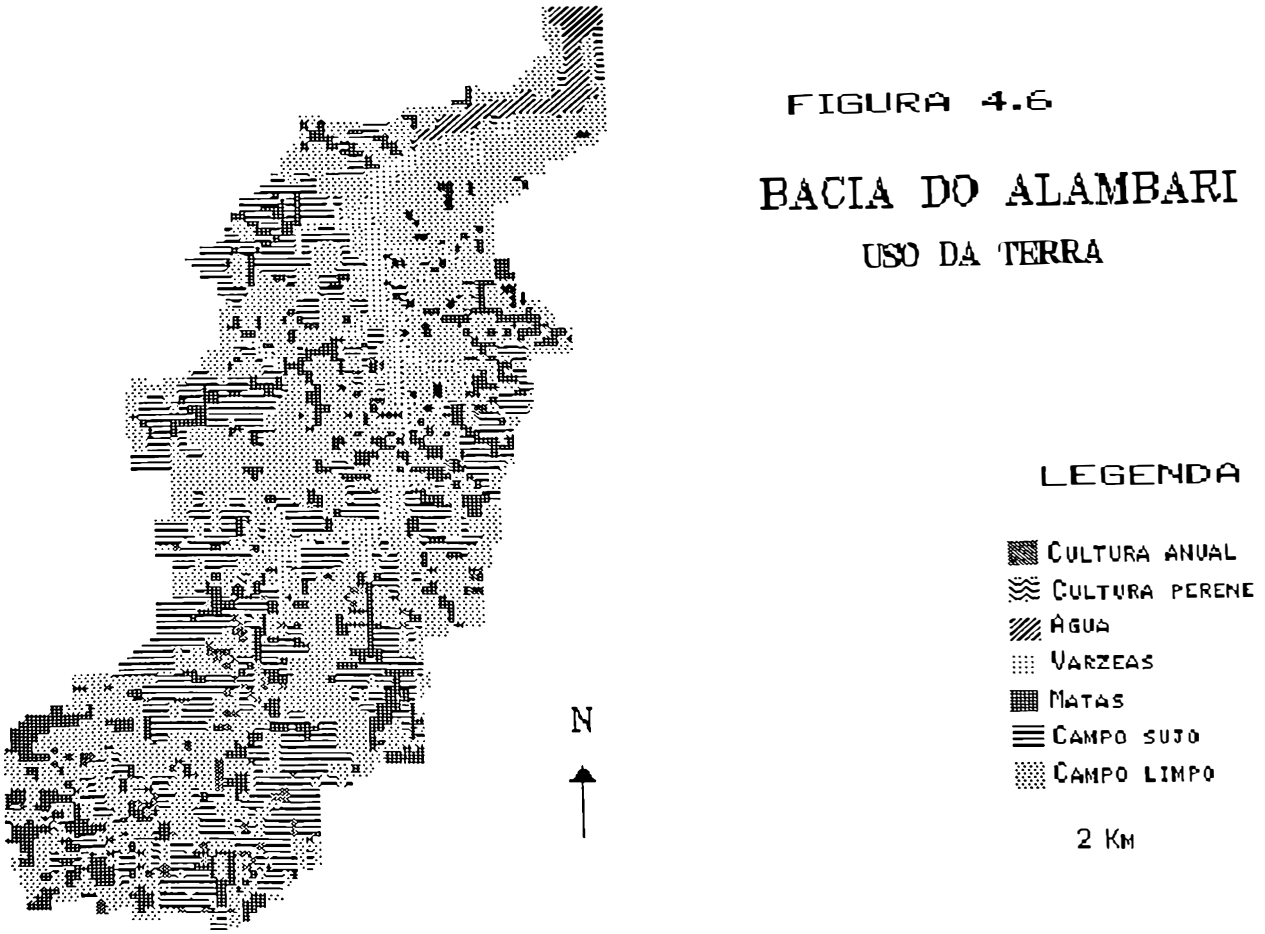


TABELA 4.5 - Uso da Terra: área ocupada pelas classes

CLASSES	ÁREA (HA)	PERCENTAGEM (%)
Cultura Anual	8.937,5	2,9
Cultura Perene	625,0	0,2
Água	6.625,0	2,2
Várzeas	13.937,5	4,5
Matas	46.687,5	15,2
Pasto Sujo	73.312,5	23,9
Pasto Limpo	157.000,0	51,1
T O T A L	307.125,0	100,0

Nas áreas de nascentes, propriamente dita, ocorrem as matas, constituídas de algumas espécies que se encontram no cerrado. Devido a umidade do solo desses locais, as espécies caracterizam-se por apresentar um porte pouco mais alto, em relação as espécies que ocorrem em terrenos com menor teor de umidade. Nas escarpas da "Cuesta", sul da bacia, aparecem algumas áreas de mata, mas com espécies diferentes daquelas que ocorrem no baixo e médio curso, pois correspondem às espécies da floresta latifoliada. Neste local, raramente são encontradas as espécies ditas nobres, que foram retiradas da vegetação original.

Disseminadas em pequenas áreas, em meio às pastagens do médio e baixo curso, estão as culturas anuais. Conforme Luchiari, Moretti e Gama (1988), esta atividade realizada pelos pequenos produtores, que exploram a terra de acordo com os sistemas de arrendamento e parceria. Essas áreas são exploradas por dois anos em média, com culturas anuais. Após este período são implantadas as pastagens nesses locais, o que provoca o constante deslocamento de locais destinados às culturas anuais. Assim pode-se dizer que esta atividade permite a ampliação das pastagens, pois o pequeno produtor executa o trabalho de preparo do terreno.

No alto curso, escarpas da "Cuesta", em locais de menor declive, ocorrem os terrenos destinados ao cultivo permanente. A lavoura do café consiste na atividade principal, dos pequenos sitiantes que habitam nesta área. Além do café, os pequenos proprietários dedicam-se à criação de pequenos animais, como aves e suínos.

Atualmente grandes extensões de terra, antes destinadas às pastagens, são ocupadas pela atividade da silvicultura. O eucalipto consiste na espécie mais comum deste tipo de atividade. Considerando a erosão acelerada,

pode-se dizer que essas florestas artificiais propiciam melhor conservação do terreno que as pastagens.

4.1.5. Integração dos fatores

Os dados que influenciam a erosão acelerada, representados pelos planos de integração no GEO-INF+MAP, permitiram dois cruzamentos. O primeiro cruzamento, considerando as declividades e os índices de erodibilidade, resultou no plano de informação denominado potencial natural à erosão acelerada. O segundo cruzamento combinou este plano de informação com o plano que contém informações sobre o uso da terra, resultando no potencial à erosão acelerada. Este último plano representa todos os fatores que compõem a Equação Universal de Perdas dos Solos.

A integração dos dados em fatores naturais, foi obtida através da multiplicação dos planos de declividades e erodibilidade dos solos. A posterior subdivisão do plano resultante em classes, obedeceu os limites sugeridos por Stein et alii (1988) e Pinto (1991). Para uma melhor aproximação com os dados desses autores, os valores de erosividade para um ano normal foram relacionados aos valores de erodibilidade e declividades, obtendo-se assim maior confiabilidade nos limites de classe, que consideram o potencial natural à erosão acelerada (figura 4.7).

Considerando apenas os fatores naturais que influenciam a erosão acelerada, a distribuição espacial das classes é apresentada na figura 4.7. Relacionando essas classes aos valores de Stein et alii (1988) e Pinto (1991), pode-se dizer que a primeira classe refere-se a perdas de solo possuindo valores entre 0 a 100 ton/ha/ano, considerando um baixo índice de perda de sedimentos. A

segunda classe, em que as perdas são consideradas moderadas, referem-se aos valores entre 100 a 300 ton/ha/ano. A última classe, que possui potencialmente um alto risco, compreendem os valores acima de 300 ton/ha/ano de perda da camada superficial do solo.

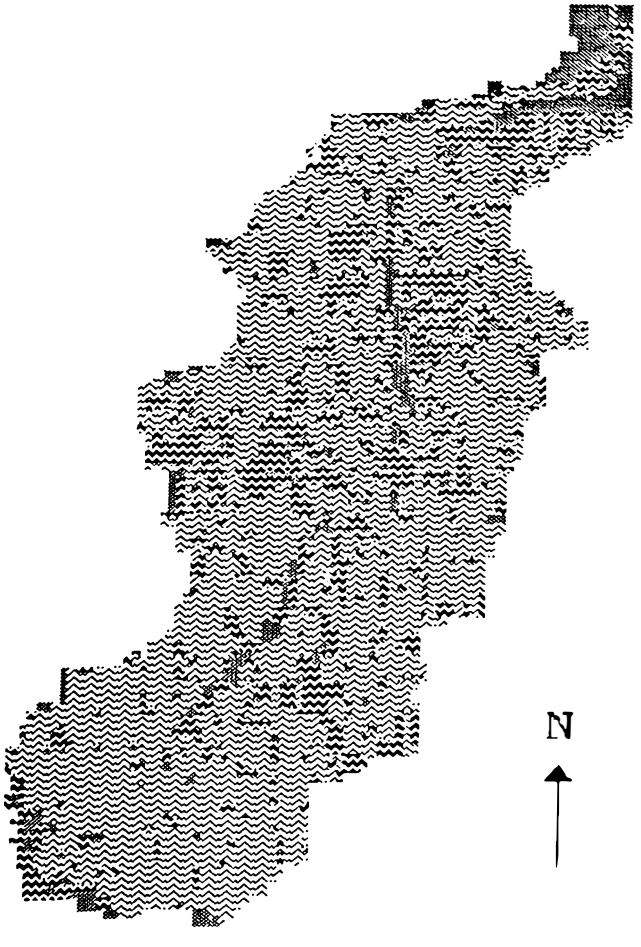


FIGURA 4.7

BACIA DO ALAMBARI

POTENCIAL NATURAL A EROSAO

CLASSES

Baixa

Media

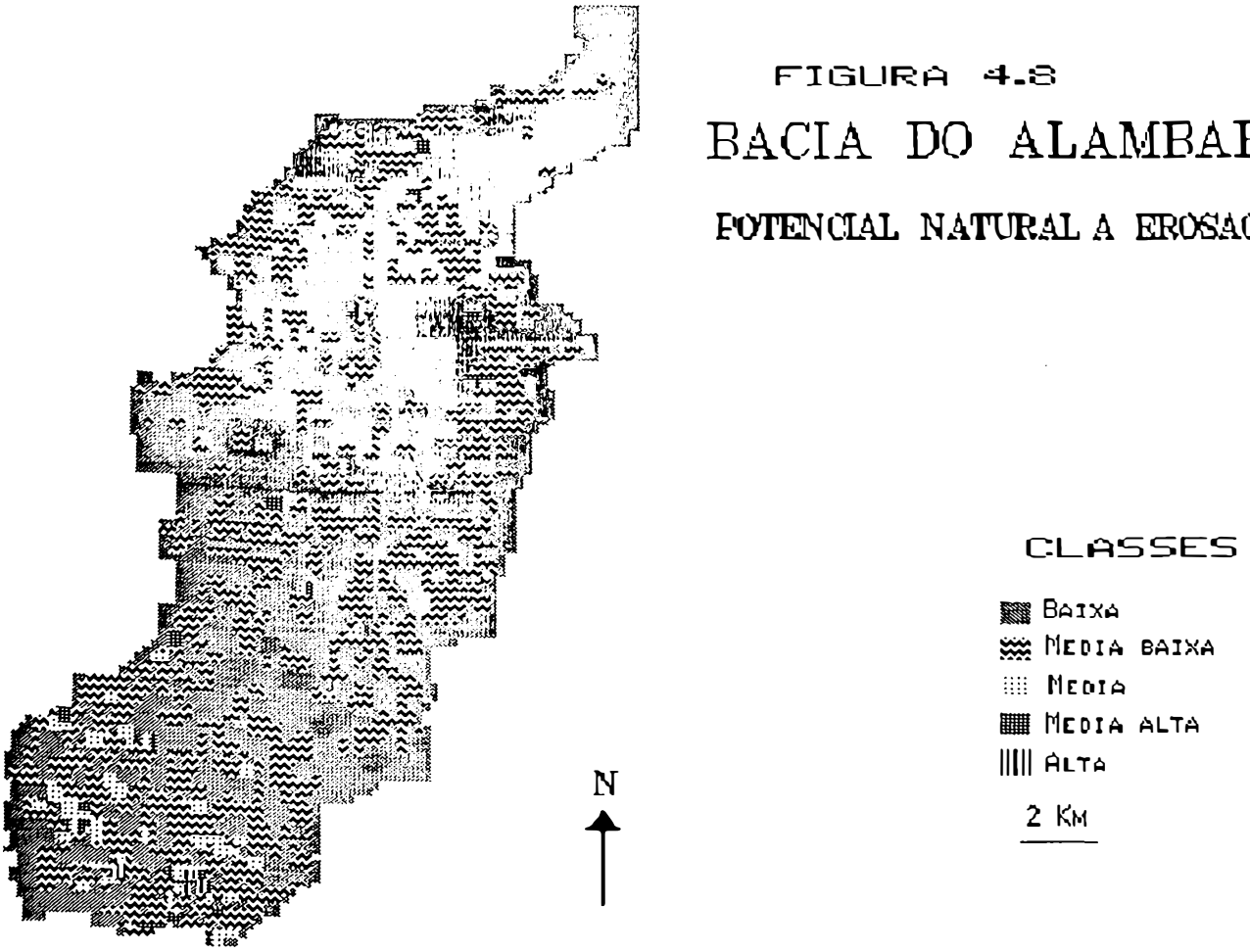
Alta

2 Km

Baseando-se nos fatores naturais da equação, pode-se inferir que as áreas de várzeas e dos interflúvios principais da bacia são as que possuem baixo risco de perdas devido à erosão acelerada. Os locais representados pelos interflúvios secundários estão contidos na segunda classe, esta possuindo um moderado risco de perdas.

De modo geral a bacia do Alambarí pode ser considerada problemática, pois é considerada como uma área de alto risco de perdas devido à ausência de locais de destaque dentro da área da bacia, evidenciado pela distribuição da terceira classe do cartograma (figura 4.7). Um fato de destaque da distribuição espacial desta classe é denotado pela atenuação dos altos valores de declividade pelo menor índice de erodibilidade dos litossolos, ocorrendo o contrário com o regossolo, ou seja, os valores mais baixos de declividade são evidenciados pelo alto valor do índice de erodibilidade deste tipo de solo.

O procedimento adotado não permitiu uma avaliação de locais dentro da bacia, que possuam alto risco em relação à erosão acelerada, portanto optou-se por uma nova classificação com vistas a permitir a identificação desses locais. Assim, baseando-se em Tavares (1986), que classificou os valores de erosão acelerada em classes com limites constantes, obedecendo intervalos regulares, foi efetuada a transformação de dados em cinco classes. Este procedimento resultou na figura 4.8, que apresenta uma melhor distribuição de classes, permitindo uma melhor avaliação interna do potencial à erosão acelerada da bacia do Rio Alambarí, principalmente da terceira classe da primeira classificação.



A figura 4.8 demosntra uma melhor distribuição dos valores de potencial à erosão, principalmente relativas a partir da segunda classe, que se comparada a figura 4.7 representa áreas com alto risco de erosão. Assim, as quatro últimas classes da figura 4.8, consistem em áreas de alto risco. Essas classes ocorrem principalmente ao sul da bacia, em áreas de declividades altas e de litossolos que compõem a escarpa da "Cuesta", e locais que constituem as nascentes dos afluentes do rio principal, nas proximidades dos interflúvios limitadores da bacia. Os valores desta classificação possibilitam, mais uma vez, detectar que os declives da área da "cuesta" são atenuadas pelo índice de

erodibilidade do litossolo, enquanto que os baixos valores de declividade, do médio e baixo curso, evidenciam-se em função da erodibilidade. Considerando a primeira classe desta classificação, nota-se que esta apresenta-se com menor definição de áreas com baixo e médio risco, constantes da primeira classificação.

A integração final dos dados consistiu em relacionar o plano que contém o potencial natural à erosão (figura 4.7) com os fatores de uso da terra. O plano que considera o uso da terra sofreu transformação de valores, conforme os adotados por Stein et alii (1988) que considera os fatores cultura e prática conservacionista da equação, como um só conjunto. A tabela 4.5 apresenta os valores atribuídos a cada classe de uso. Salienta-se que os valores na forma de inteiros permitiram a melhor utilização do sistema GEO-INF+MAP, em função da sua memória disponível.

O plano representativo da aplicação da equação corresponde a figura 4.9. Os limites das classes contidas no cartograma obedecem os índices de tolerância obtidos por Bertoni e Lombardi Neto (1985). Assim, a primeira classe corresponde às perdas inferiores a 16,5 ton/ha/ano, a segunda classe a perdas entre 16,5 ton/ha/ano e aproximadamente 35 ton/ha/ano, e a terceira classe corresponde aos valores superiores a este último limite.

Considerando este último plano (figura 4.9), no qual estão relacionados os fatores naturais e os antrópicos que ocasionam maior probabilidade de risco de erosão acelerada, constata-se que as áreas de várzeas, interflúvios com menor declividade e as áreas de nascentes não apresentam problemas. Isto explica-se por considerar os locais em que ocorrem a classe representativa de matas, áreas de nascentes principalmente, serem consideradas com valor zero para o fator uso da terra. Este procedimento provoca a redução de

seu valor na integração final dos dados. Desta maneira nota-se que a aplicação da equação limita-se somente aos processos de escoamento difusivo, pois justamente em áreas cobertas por uma vegetação do tipo florestal, dentro da bacia, verifica-se a ocorrência de voçorocas.

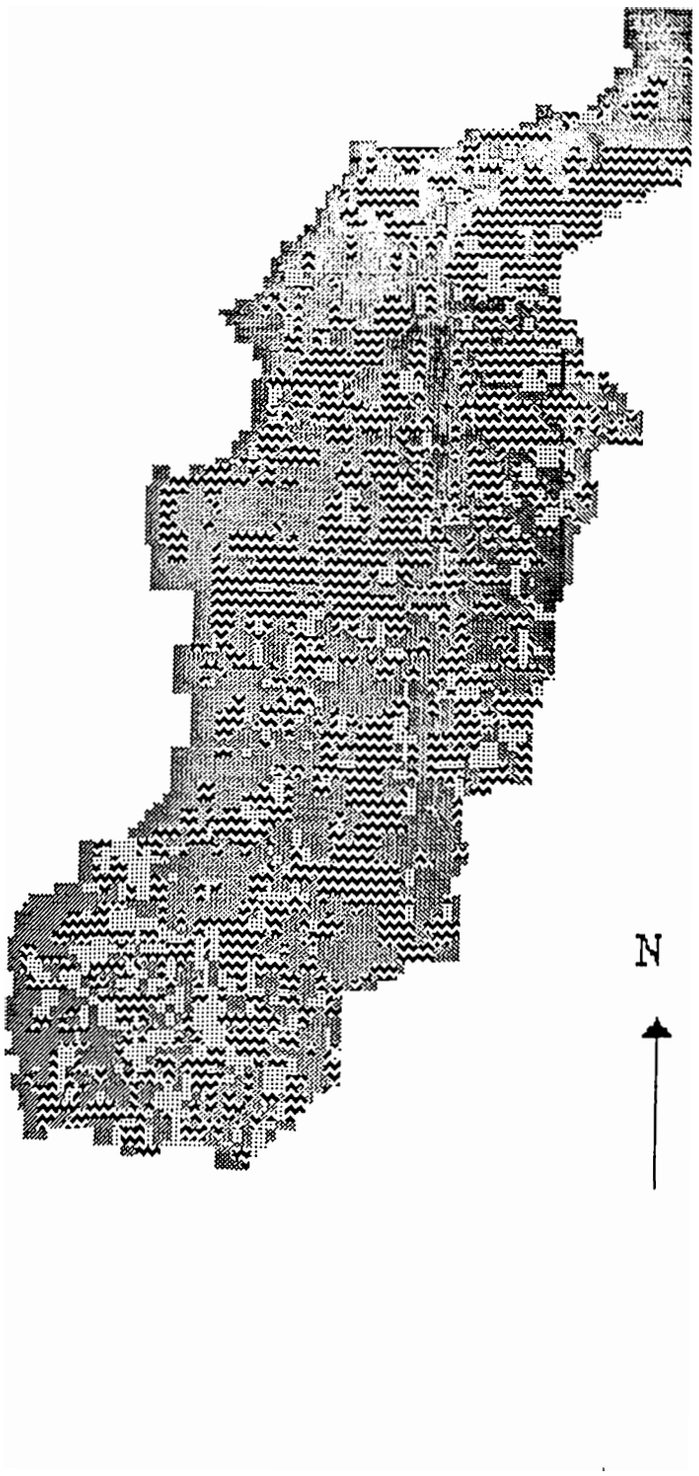


FIGURA 4.9

BACIA DO ALAMBARI

POTENCIAL A EROSAO

CLASSES

BAIXA

MEDIA

ALTA

2 KM

Os locais correspondentes aos interflúvios secundários, principalmente ocupados com pastagens; apresentam problemas medianos quanto ao risco de erosão acelerada. Apesar das declividades baixas e do baixo índice atribuído às pastagens implantadas, no que se refere ao uso da terra, o médio e baixo curso do Alambarí são passíveis de apresentarem problemas mesmo sob um bom manejo dos pastos. A figura 4.10 demonstra este fato, onde existe sinais de escoamento concentrado em meio aos terraços artificiais e sob uma cobertura vegetal composta por gramíneas.

Figura 4.10 - Sinais de erosão sob bom manejo de pastagens, denotado pelos terraços artificiais

O alto curso, escarpa da "cuesta", apresenta os maiores problemas, pois está contido na classe que

representa um alto índice de risco à erosão acelerada. Apesar desses terrenos estarem ocupados por uma cobertura florestal e culturas perenes, as altas declividades lhe conferem o caráter de instabilidade.

4.2. Classificação e Avaliação da Forma das Vertentes.

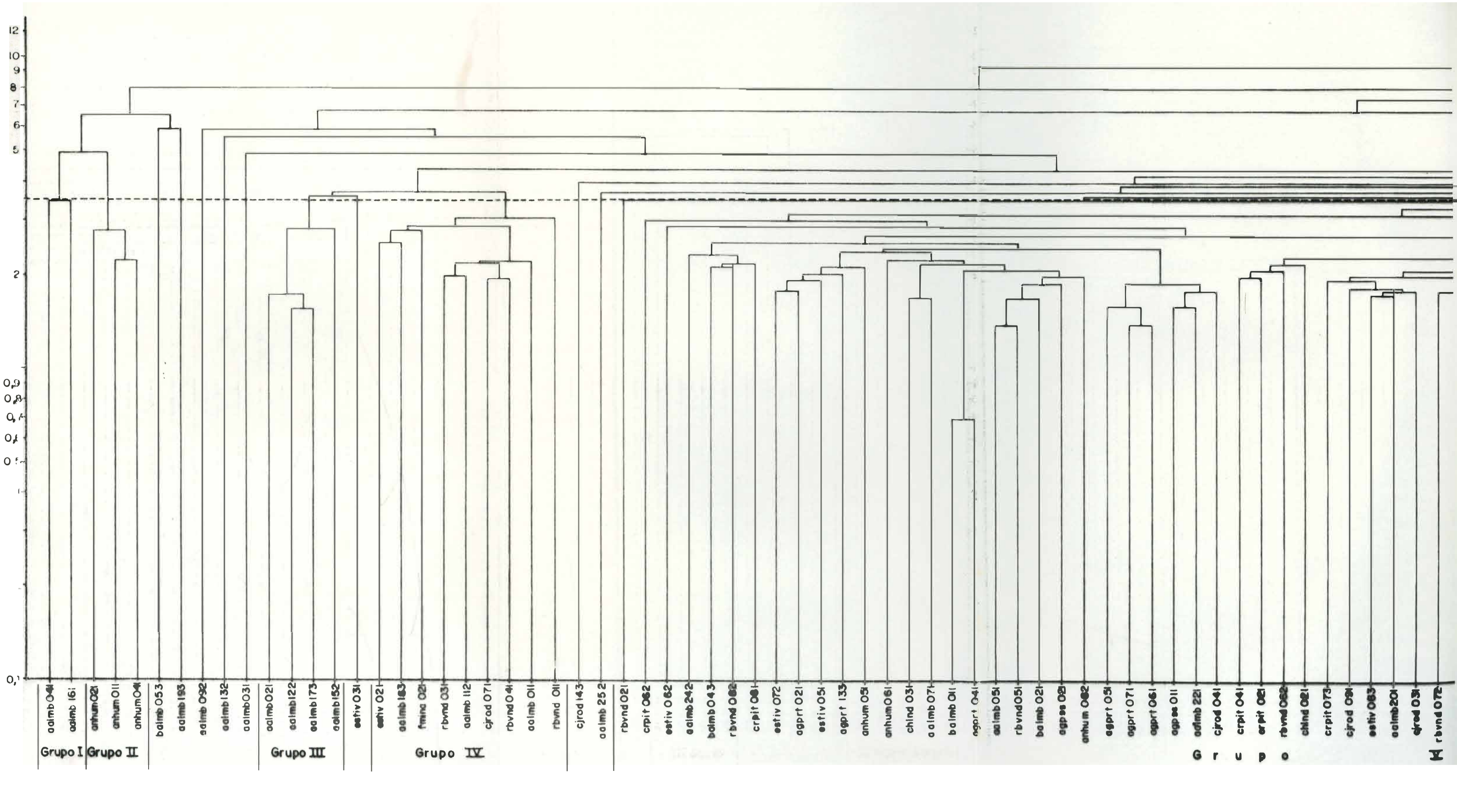
Considerando os atributos caracterizadores das vertentes, referentes a dimensão; que dizem respeito às extensões horizontal, vertical e extensões dos segmentos e elementos, a inclinação; constituídos pelos ângulos da vertente, como um todo, e do segmento; a forma; representada pela curvatura média de toda vertente e as curvaturas de seus elementos; e o atributo irregularidade; composto pelos coeficientes de variação dos ângulos e curvaturas da vertente e de suas unidades; houve a possibilidade de classificar os perfis individuais em seis grupos, através da técnica de análise de agrupamento. Alem disto estabeleceu-se uma relação de contiguidade entre os perfis, a partir da distribuição dos grupos no interior da área de estudo.

A técnica estatística de agrupamento por pares recíprocos, tomando-se como índice de similaridade a distância euclidiana, permitiu o estabelecimento de uma tipologia, subdividida em seis grupos principais. Conforme Ferreira e Lima (1978) o estabelecimento de tipologias consiste em um dos objetivos desta técnica estatística. Portanto ao nível de similaridade de 30%, obteve-se os grupos representativos das vertentes, de acordo com o denigram representado pela figura 4.11.Para execução desta análise os dados referentes aos atributos de cada perfil encontram-se no Apêndice B. Posteriormente cada perfil classificado foi identificado no interior da área de estudo

através da representação cartográfica, gerando a figura 4.12. Esta representação possibilitou uma avaliação da classificação estatística, através da contiguidade dos grupos. Como salienta Ferreira e Lima (1978) a contiguidade pode ser considerada como um critério de restrição ou avaliação da classificação do agrupamento.

A partir da análise visual do cartograma percebe-se que os grupos distribuem-se em duas áreas distintas, estando estas estreitamente relacionadas com unidades geomorfológicas bem definidas. No alto curso ocorre um número maior de grupos de perfis, confirmando a alta variabilidade do relevo, representado pelas "Cuestas" basálticas. No médio e baixo curso, localizados na Depressão Periférica, onde há uma homogeneidade do relevo quando comparado ao alto curso, nota-se o predomínio de um dos grupos.

Figura 4 11 Den rama de C ass ic de Ver es



cjrod 031
rbvnd 072
cjrod 121
agprt 031
crpit 011
agprt 093
aalmb 211
fmina 042
anhum 113
estiv 041
agbrr 011
agprt 123
cjrod 101
crpit 031
cjrod 062
cjrod 092
aalmb 231
cjrod 021
cjrod 081
cjrod 131
anhum102
cjrod 011
aalmb 081
anhum 092
chind 041
chind 021
fmina 031
estiv 011
fmina 011
anhum 031
aalmb 102
agpss 031
aalmb 142
agprt 141
aalmb 061
cjrod 111
crpit 051
agprt 103
anhum 071
balmb 031
estiv 093
cjrod 153
aalmb 263
aalmb 273
anhum 123
agprt 011
agprt 113
agprt 082

Grupo XI

10%

00

PERDA DE DETALHE (PORCENTAGEM)

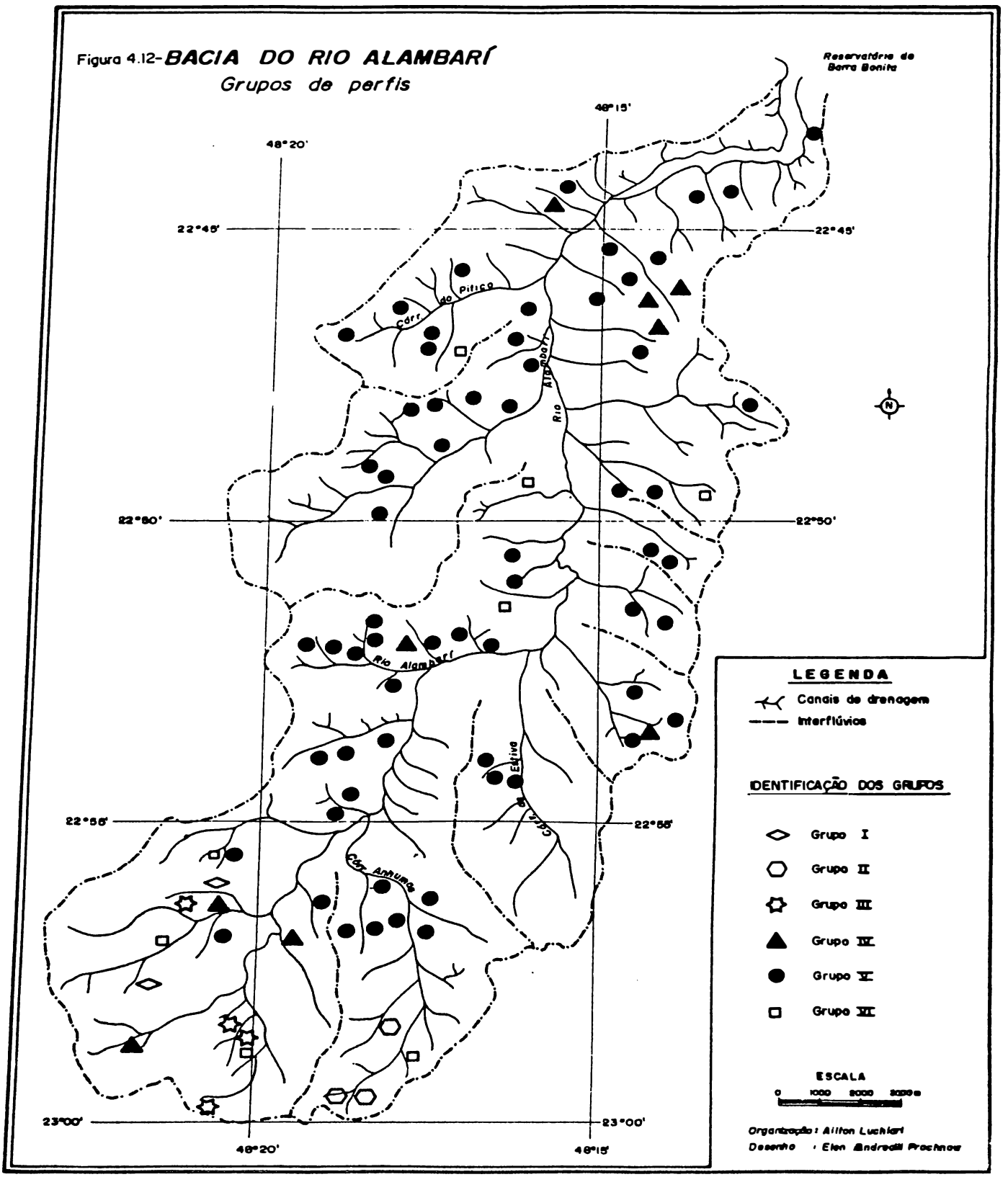


Figura 4.12- BACIA DO RIO ALAMBARÍ
Grupos de perfis
Reservatório de Barra Bonita
48°20'
48°15'
22°45'
22°50'
22°55'
23°00'
Córr. do Pitico
Rio Alambari
Córr. Anhumas
Córr. da Estiva
LEGENDA
Canais de drenagem
Interflúvios
IDENTIFICAÇÃO DOS GRUPOS
Grupo I
Grupo II
Grupo III
Grupo IV
Grupo V
Grupo VI
ESCALA
0 1000 2000 3000m
Organização: Alfon Luchiari
Desenho : Elen Andreotti Prochnow

A tabela 4.6, contendo os valores médios dos atributos e seus coeficientes de variação, para cada grupo, complementa as informações contidas no cartograma modo geral os seis primeiros atributos apresentam menor variação em relação aos valores médios, e são aqueles indicadores de características gerais das vertentes, por outro lado os atributos caracterizadores de segmentos e elementos, porções da vertente, possuem maior variação em relação a média. As variações estão relacionadas aos valores nulos atribuídos a esses dados que caracterizam as unidades, pois os limiares do coeficiente de variação de 10% para o segmento e 50% para os elementos, muitas vezes não permitiram a identificação das três unidades em um único perfil. Além disto as distorções decorrem do tipo de material empregado como fonte de dados, cartas topográficas na escala 1:10 000, o qual permite a obtenção de informações genéricas sobre as vertentes.

TABELA 4.6 - Valores médios e coeficientes de variação dos atributos, em grupos.

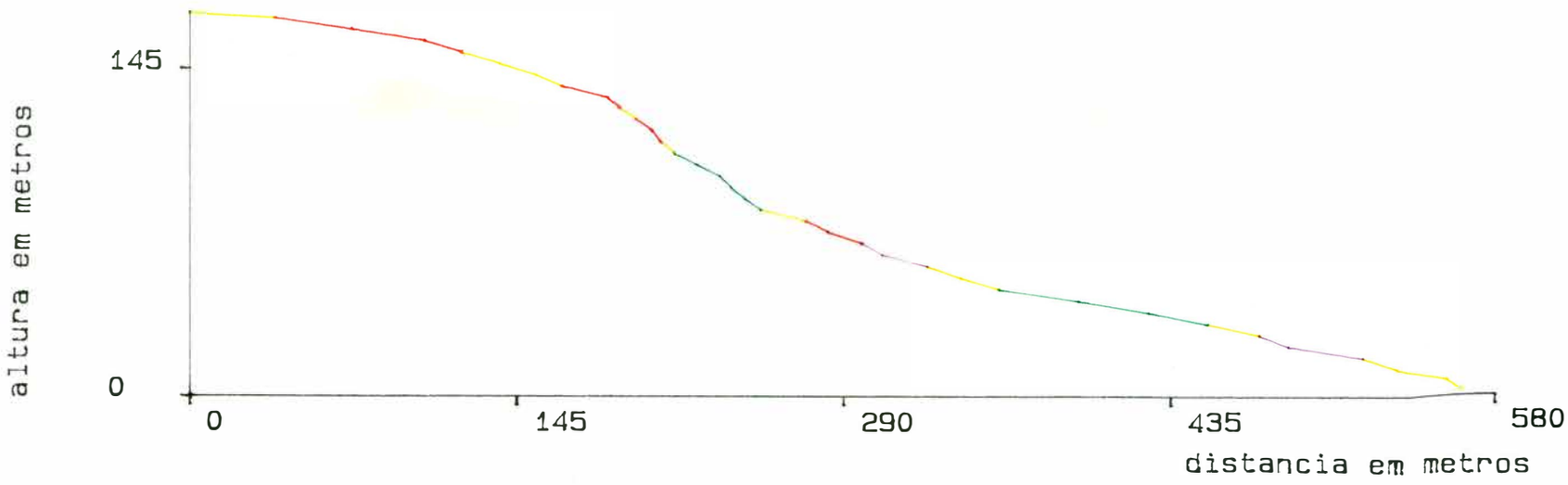
GRUPO		Extensão horizontal	Extensão vertical	Angulo medio	Variação angulo	Curvatura	Variação Curvatura	Extensão S	Extensão X	Extensão U	Angulo S	Curvatura X	Curvatura U	Variação S	Variação X	Variação U
Grupo I	X	590,00	193,00	18,14	63,05	-0,22	2.576,14	30,33	57,49	52,86	31,8	37,21	32,89	6,66	30,01	32,01
	CV	2,20	12,18	9,34	0,99	-	3,06	22,57	45,28	10,52	25,16	64,82	80,72	45,15	1,67	27,76
Grupo II	X	275,67	118,17	22,68	53,37	-0,72	2.658,97	23,14	34,87	57,01	23,31	54,69	48,11	6,09	16,34	34,21
	CV	18,54	32,23	15,88	32,37	-	1,83	71,76	9,15	54,41	74,60	48,83	26,87	70,84	39,97	22,37
Grupo III	X	301,25	95,00	17,07	45,17	-0,73	1.471,30	33,19	39,67	35,86	26,18	15,43	59,09	6,01	23,00	29,01
	CV	12,71	36,09	25,15	27,40	-	3,36	38,60	67,00	34,09	24,75	68,61	15,00	42,53	73,38	62,60
Grupo IV	X	379,89	69,39	10,32	65,65	-0,43	1.209,68	48,18	81,59	50,45	9,91	10,17	29,26	4,24	23,84	15,61
	CV	17,70	22,21	7,57	28,37	-	7,23	77,28	60,22	93,81	66,53	74,52	154,38	92,50	59,85	94,25
Grupo V	X	496,88	65,97	7,76	52,52	1,32	412,53	67,91	100,77	59,50	9,62	4,27	11,06	5,48	25,96	22,02
	CV	22,65	19,72	21,52	29,01	-	43,63	59,33	75,37	85,30	54,31	126,21	160,12	63,31	67,81	78,47
Grupo VI	X	374,00	63,43	10,94	49,38	2,80	641,23	23,26	192,20	36,56	15,45	11,00	11,95	5,06	23,03	18,06
	CV	42,22	16,51	36,12	24,61	-	42,24	61,35	126,07	96,19	69,95	228,80	94,75	3,43	92,87	122,50

Tal fato confirma as declarações de Savigear (1956) e Young (1972), os quais comentam que produtos cartográficos nas escalas entre 1:10 000 e 1:25 000 prestam-se ao fornecimento de características gerais das vertentes.

De modo geral os três primeiros grupos contém as vertentes com maior inclinação e maior variação de forma, confirmado pela terceira e sexta coluna da tabela 4.6 . Estas colunas referem-se aos ângulos médios e aos coeficientes de variação de curvatura.

As figuras 4.13, 4.14 e 4.15, representativas dos perfis aalmb162, anhum011 e aalmb173, correspondem respectivamente aos grupos I, II, e III, confirmam as altas inclinações e as variações na forma. Os perfis aalmb 162 e anhum 011 apresentam seqüências variadas de unidades, e conforme Young (1972) alguns elementos são marcadamente convexos e marcadamente côncavos, com curvaturas variando entre 100 graus/100m e - 100 graus/100m aproximadamente, o que lhes confere um alto valor de variação de curvatura.

O perfil aalmb 162 apresenta uma forma geral bastante variada. A porção superior apresenta ângulos ao redor de 15°, a porção intermediária compõe-se de ângulos com maior inclinação onde se insere o segmento máximo com 39,8 graus. Após esta porção os ângulos decrescem para aproximadamente 10°, na parte inferior.



aalmb162

segmento maximo = 39.8 graus com 23.5 m

maior curvatura = 13.1 graus/100 com 83.5 m

menor curvatura = -6.3 graus/100 com 47.3 m

segmento

elemento positivo

elemento negativo

unidade minima

Figura 4.13 - Perfil aalmb162 grupo I.

O perfil correspondente ao grupo II, anhum 011, por possuir uma extensão horizontal menor que o primeiro, comporta-se como uma reta, aproximadamente. Isto lhe confere um ângulo médio com maior valor, ou seja mais inclinado. Apresenta também várias seqüências de unidades entre a parte superior e inferior, com valores extremos o que lhe confere maior variação na forma. De modo geral também os ângulos possuem altos valores, possuindo menor variação, ou seja a seqüência de ângulos das unidades mínimas mantém-se constantes.

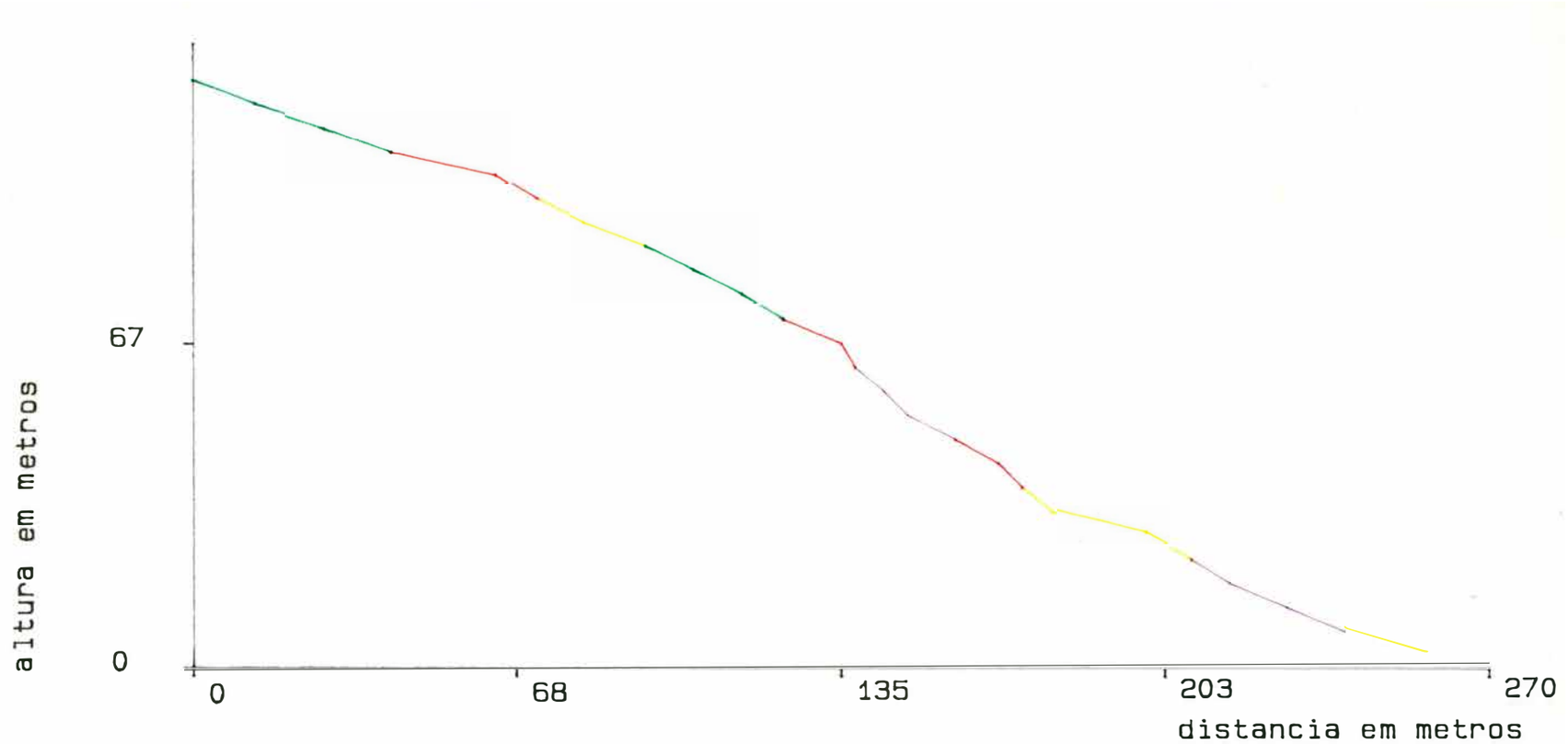
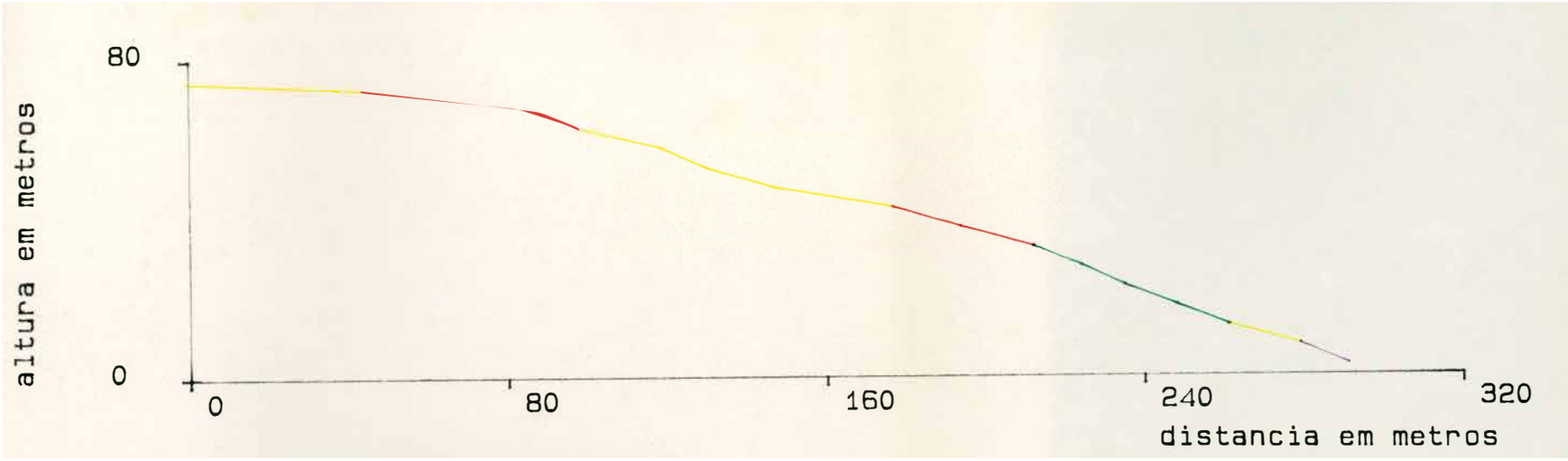


Figura 4.14 - Pelfil anhum011 grupo II.

Dos dos três primeiros grupos o terceiro consiste naquele que possui um ângulo médio mais suave, a demonstração disto está no perfil aalmb 173 (fig. 4.15). O perfil não apresenta seqüências variadas de unidades, tendo a parte superior constituída de ângulos com pouca inclinação aumentando em direção a base sendo que o segmento máximo ocorre na porção inferior da vertente. O decréscimo da

variabilidade da forma constata-se pela diminuição do valor do coeficiente de variação.



aalmb173

segmento maximo = 22.2 graus com 52.9 m

maior curvatura = 25.1 graus/100 com 55.3 m

menor curvatura = -68 graus/100 com 38.1 m

segmento

elemento positivo

elemento negativo

unid minima

Figura 4.15 - Perfil aalmb173 grupo III.

Quanto a localização desses grupos no interior da bacia, pode-se dizer que esses são restritos ao alto curso. Estes tipos de vertentes, provavelmente, sofrem influências da litologia, caracterizadas por intercalações de rochas com resistências diferentes, de onde provém a variação da forma.

O grupo IV devido a diminuição da altura, em relação aos grupos I, II e III, caracteriza-se por possuir um ângulo médio com menor inclinação e por apresentar um valor de variação de curvatura intermediário dentre os grupos. O perfil rbvnd 031(fig. 4.16) apresenta uma

seqüência típica com convexidade na porção superior, uma concavidade basal, e um segmento na porção intermediária. Conforme Young (1972) os elementos apresentam-se ligeiramente convexos ou ligeiramente côncavos. A localização deste grupo relaciona-se aos canais de primeira ordem, muito próximos aos interflúvios que dividem as sub-bacias.

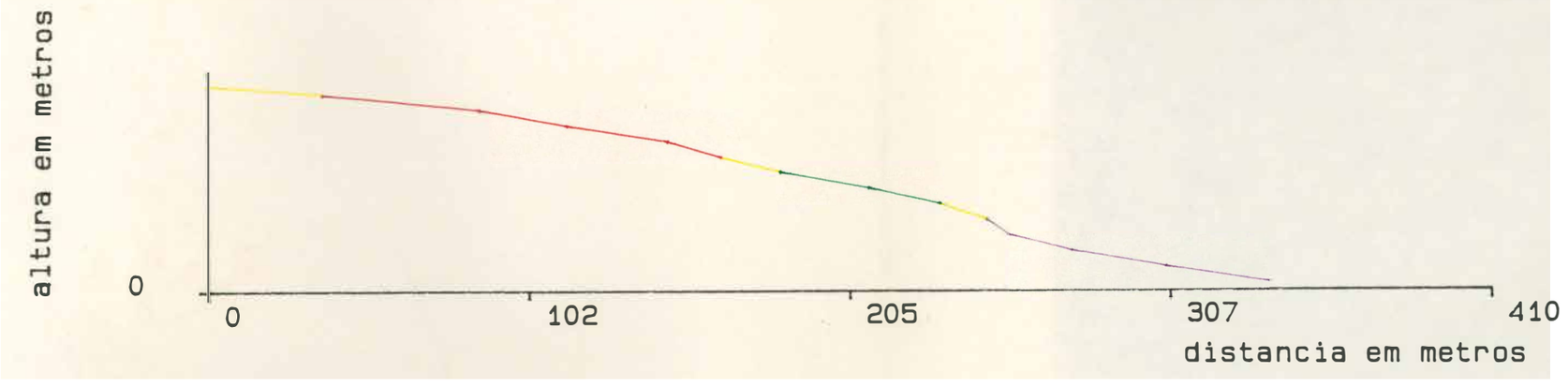


Figura 4.16 - Perfil rbvnd 031 grupo IV.

Dos grupos, aquele que possui um menor ângulo médio e baixa variação de curvatura consiste no grupo V. Este grupo contém o maior número de elementos e se distribui pelo médio e baixo curso. Pela figura 4.17, que representa o perfil agprt 093, pode-se notar a pouca variabilidade da forma e o predomínio em extensão de uma unidade em relação

às demais. Nota-se também o caráter retilíneo da vertente, pois a curvatura aproxima-se de zero (1,9 graus/100m).

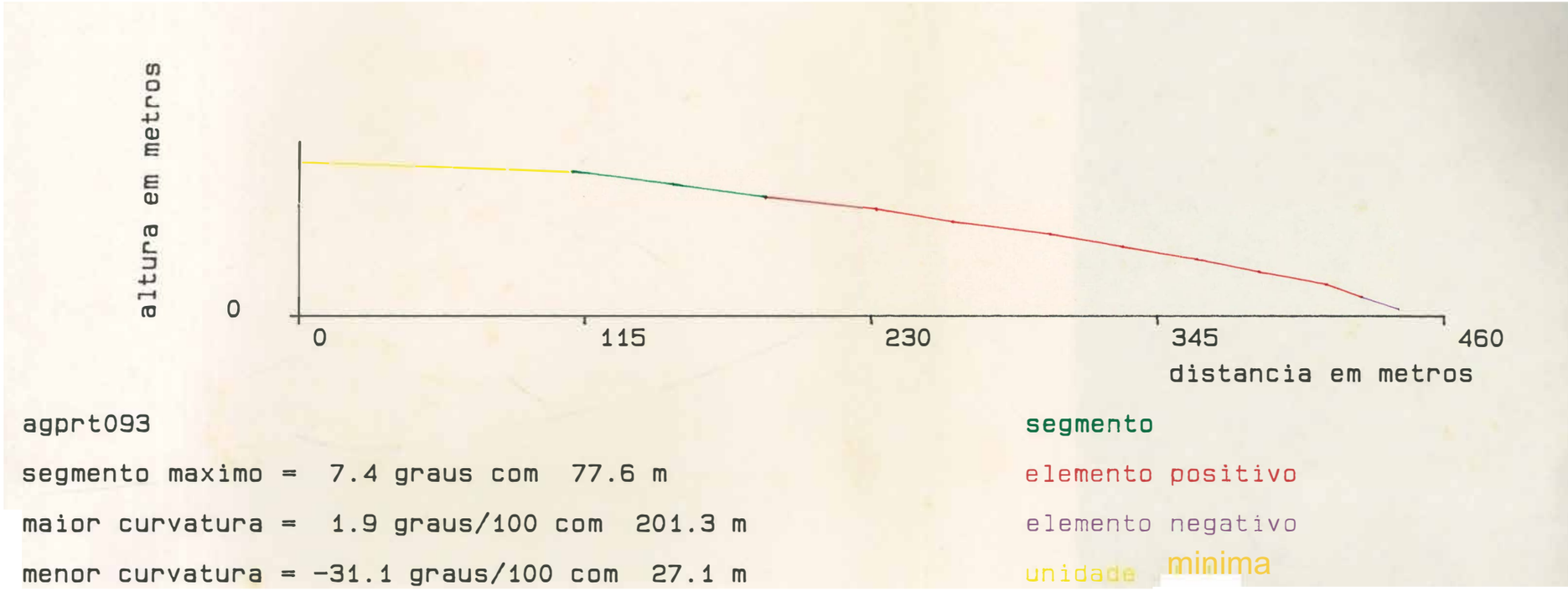
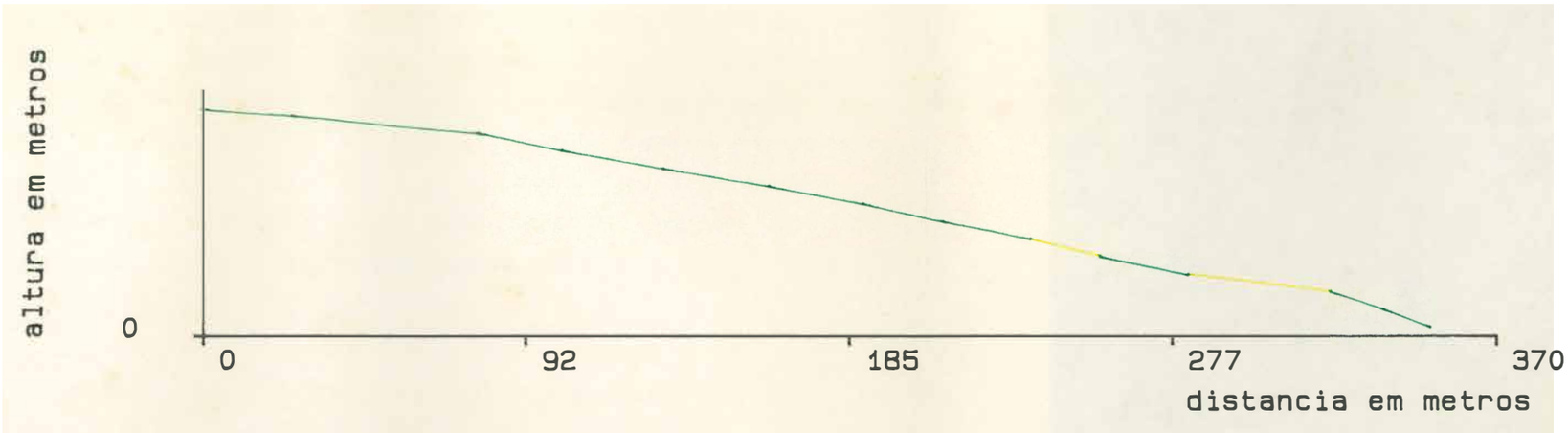


Figura 4.17 - Perfil agprt093 grupo V.

De modo semelhante, ao anterior, o grupo VI caracteriza-se pelo predomínio de uma unidade, e também por valores baixos do ângulo médio e variação de curvatura. Isto é demonstrado na figura 4.18 (agpss 031) onde se nota o predomínio de um segmento com 10 graus, sendo que a maior inclinação localiza-se na base da vertente. Esta inclinação é da ordem de 19,7 graus, o que revela uma fase do trabalho erosivo do canal fluvial.



agpss031

segmento maximo = 19.7 graus com 29.7 m

maior curvatura = 0 graus/100 com 0 m

menor curvatura = 0 graus/100 com 0 m

segmento

elemento positivo

elemento negativo

un minima

Figura 4.18 - Perfil apss031 grupo VI.

De modo geral estes dois últimos grupos localizam-se na Depressão Periférica, em terrenos da Formação Pirambóia. Em função da homogeneidade da área as vertentes aqui localizadas possuem certas semelhanças.

Considerando que a forma das vertentes relacionam-se aos processos nelas atuantes, isto é a forma se ajusta ou constitui-se na resposta aos processos, pode-se subdividir a área de estudo em duas porções. O alto curso onde ocorre a atuação de vários processos, não havendo o predomínio de atuação de um só processo, pois a forma das vertentes são variadas.

Por outro lado o médio e baixo curso, por apresentar formas com baixa variabilidade, caracterizando perfis lineares,com predomínio de uma unidade, infere-se que estas estão sob ação de um processo predominantemente. Devido ao baixo ângulo de inclinação e a forma retilínea das vertentes, infere-se que nesta área os processos predominantes são aqueles ligados ao escoamento superficial.Pois vertentes com ângulos ao redor de 10° mostram-se sujeitos a ação destes processos.

CAPÍTULO V - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. - Resultados obtidos relativos a área de estudo.

Considerando a área de estudo e os resultados obtidos com os procedimentos adotados, houve a possibilidade de definir duas unidades principais. Uma consistindo no alto curso, e a outra compreendendo o conjunto do médio e baixo curso do Rio Alambarí.

O alto curso compõe-se de vertentes possuindo elevados valores de inclinação e formas muito variáveis, estas reveladas pelas concavidades e convexidades bem definidas e com altos índices de curvatura. No local os solos apresentam-se rasos, compondo-se de altos teores de minerais primários, bastante intemperizáveis, demonstrando estreita relação com os derrames basálticos.

A erosão fluvial atua de maneira significativa, pois os canais tendem a aprofundar seus leitos, o que influi diretamente no alto grau de declividade média e dos segmentos das vertentes. A variabilidade da forma e as altas declividades das vertentes, levam a suposição da atuação de processos variados, não havendo o predomínio de um sobre os demais. Também os afloramentos rochosos que ocorrem nesta unidade contribuem para tal suposição.

A segunda unidade composta pelo médio e baixo curso constitui-se de vertentes com baixos valores de inclinação e formas modernamente convexas ou côncavas, apresentando baixos índices de variação da forma. Os solos são profundos, apresentando altas porcentagens de areia e

silte até a profundidade de dois metros, aproximadamente, o que os torna bastante susceptíveis aos processos desencadeados pelo escoamento de origem pluvial. Apesar do bom manejo dos pastos implantados, classe de uso da terra predominante (figura 4.6), pode-se notar tanto em campo quanto a partir de fotografias aéreas sinais da ação do escoamento concentrado. Fazendeiros e pequenos proprietários preocupam-se com o processo de voçorocamento, que ocorre frequentemente nesta unidade, pois boa parte da área útil das propriedades são inutilizadas.

A baixa inclinação e o predomínio de uma unidade, segmento ou elemento, nos perfis de vertente do médio e baixo curso, conduz a suposição do predomínio de um processo de denudação em relação aos demais. Este fato evidencia-se pela homogeneidade das formas das vertentes. Desta maneira as vertentes, deste local, tendem ao declínio, ou seja, ao rebaixamento e manutenção da forma, onde atuam os processos de denudação contínuos no tempo.

5.2 - Procedimentos adotados.

Quanto aos procedimentos adotados, não houve a preocupação em esgotar o assunto, mas sim avaliar os procedimentos quanto a sua aplicação rápida e eficiência no estudo de processos de denudação. Para tanto levou-se em consideração áreas de dimensões restritas, caso de bacias de drenagem de terceira ou quarta ordem. Assim houve a possibilidade de apresentar sugestões para aperfeiçoamento dos procedimentos, tendo em vista futuros trabalhos que tratem do assunto.

5.2.1 - A Equação Universal de Perdas de Solo.

A aplicabilidade do modelo experimental, Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), apresenta restrições quanto ao fornecimento de informações sobre os processos que atuam em pequenas bacias de drenagem ou localidades com tais dimensões. Por outro lado, para áreas de dimensões maiores o modelo poderá ser aplicado, com a finalidade de obtenção de características gerais sobre os processos.

O tratamento dos dados de precipitação permite a avaliação da erosividade em anos úmidos e normais, constituindo informação significativa na indicação deste fator. O tratamento de dados meteorológicos em probabilidade de recorrência em anos chuvosos, normais e secos, resumidos na tabela 4.1 e figura 4.2, consiste em um procedimento bastante utilizados pelos geógrafos, o que permite a avaliação de situações excepcionais. Ao contrário, para a avaliação da distribuição da erosividade mensal, geralmente utiliza-se a precipitação média representativa de uma série de anos, isto pode mascarar casos excepcionais, anos extremamente úmidos.

Em pequenas áreas torna-se difícil estabelecer a distribuição espacial em isoerodentes, devido à localização de coletores de dados de precipitação, pluviômetros e pluviógrafos. Em casos de estudos regionais torna-se possível avaliar a influência das precipitações no processo de erosão acelerada, através do traçado das isoerodentes.

Uma das restrições da aplicabilidade da USLE, consiste na obtenção de informações sobre a erodibilidade dos solos. As amostragens de solo considerando as altitudes dos locais, tinham como objetivo a geração de uma

distribuição espacial de fator erodibilidade, ou seja, um maior detalhamento. Tal expectativa não foi alcançada. Em vista disto, em áreas onde cartas de solo na escala de detalhe e semi-detalhe são inexistentes ou ocorra um único tipo de solo, provavelmente haverá a dificuldade em diferenciar este fator, de maneira rápida, como uma simples amostragem. Na área de estudo, a dificuldade em precisar os índices de erodibilidade decorre das próprias características do solo, que são bastante homogêneos quanto a textura, em profundidades até dois metros. Outra suposição, que justifica esta dificuldade reside na adaptação de procedimentos idealizados para serem aplicados em áreas de clima temperado.

Os índices que representam os fatores cultura e práticas conservacionistas (CP), merecem maior preocupação por parte dos pesquisadores. Originalmente estes índices são obtidos em experimentos com culturas agrícolas, e não com cobertura vegetal natural, o que torna difícil estimar índices para uma cobertura do tipo florestal. Em vista disto Rougerie (1963) coloca em dúvida se uma cobertura do tipo florestal protege melhor o terreno, quando comparada com uma cobertura vegetal composta por herbáceas.

Referente ao parágrafo anterior, na área de estudo as voçorocas ocorrem justamente, sob a cobertura florestal, e o índice deste fator aproxima-se de zero. Em outras palavras, o resultado da integração final dos planos de informação, revelam que esses locais não apresentam problemas, ou os processos de denudação, ligados a ação do escoamento, atuam com menor intensidade.

Outra observação importante consiste no papel preponderante da declividade em relação a outros fatores da equação. Neste sentido a distribuição das declividades fornece muita informação a respeito dos processos atuantes

em determinada área. Essas observações também são confirmadas por Pinto (1991). Torna-se importante destacar que o procedimento considera as vertentes como sendo exclusivamente retilíneas, fato que não se relaciona com a realidade. Existem vertentes com 250 metros de extensão horizontal possuindo forma bastante diferente da retilínea, apresentando alta variabilidade de forma, constituída por convexidades, concavidades e segmentos retilíneos. Dependendo da porção ocupada por essas unidades, poderá haver o predomínio da atuação de um processo de denudação sobre aqueles desempenhados pela ação das gotas de chuva e do escoamento difuso.

Se por um lado a distribuição das declividades (figura 4.4), representa, grosseiramente, os processos de denudação, por outro, encontra-se em estreita relação com o segundo procedimento, pois constitui um atributo das vertentes. Assim as cartas de declividade podem orientar os trabalhos de alocação de perfís, amostras. Essas cartas podem ser confeccionadas em Sistemas de Informação Geográfica de maneira rápida, e para uma melhora do produto final, sugere-se utilizar sistemas com estrutura vetorial de entrada de dados. Isto permite uma riqueza de detalhes do produto final, em relação aos sistemas que utilizam estruturas raster.

As limitações da USLE são decorrentes do próprio modelo experimental, idealizado para obtenção de informações sobre a ação das gotas de chuva e o escoamento difuso. Desta forma existe a dificuldade de inferir sobre outros processos de denudação, restrição que relaciona-se à flexibilidade de aplicação.

Em áreas com extensões regionais, o procedimento de aplicação da equação, aliada a utilização de SIG's, podem fornecer informações importantes sobre a ação das gotas de

chuva e do escoamento difuso. Nessas escalas, os parâmetros constituintes da equação, como a erosividade das precipitações e a erodibilidade dos solos, poderão adquirir características significativas em relação em relação a áreas com dimensões restritas. Justifica-se esta hipótese relacionando-a ao material disponível, que constitui a fonte de dados para esses trabalhos, ou seja cartas de solos e rede de pluviômetros e pluviógrafos que fornecem informações a nível regional intra-estadual.

Por outro lado, dados obtidos a partir de parcelas experimentais com culturas agrícolas, fornecem informações sobre a proteção oferecida por essas culturas. Assim esses trabalhos podem subsidiar serviços técnicos voltados a organização de propriedades agrícolas.

5.2.2 - Morfometria e classificação de vertentes.

Considerando áreas do terreno com dimensões restritas, o segundo procedimento, a análise de representações bidimensionais de vertentes, mostra um maior potencial de aplicação. Este potencial refere-se a sua amplitude, a maior abrangência quanto aos tipos de processos que podem ser estudados sob esta ótica. No caso deste trabalho, mesmo utilizando fontes de dados que forneçam informações genéricas, os resultados permitiram uma melhor avaliação dos processos e das formas das vertentes.

Além dos processos ligados ao escoamento difuso, o procedimento fornece contribuições para análise de outros processos como reptação, escoamento concentrado, mesmo aqueles descontínuos no tempo, caso de deslizamentos. Desta maneira o procedimento apresenta um potencial para subsidiar outros trabalhos, mostrando alto grau de flexibilidade.

A afirmativa anterior pode ser exemplificada na observação da figura 4.14, que representa uma vertente composta de sequências de segmentos, elementos concavos e convexos bem definidos. O ângulo do segmento máximo, 28,2 graus conduz a suposição que esta porção da vertente apresenta certa instabilidade, sujeita a fenômenos de movimentos de massa rápidos. Baseado em Young (1972), as vertentes estáveis, do ponto de vista de movimentos de massa rápidos, são aquelas que possuem valores de inclinação inferiores a 20 graus, aproximadamente.

De maneira semelhante, os elementos convexos possuem curvaturas bem marcadas. Esses valores de curvatura atestam a possibilidade da existência do predomínio de processos de reptação em relação a ação das gotas de chuva e o escoamento difuso, nessas porções da vertente.

Os processos ligados a ação das gotas de chuva e ao escoamento difuso possuem maior atuação nas vertentes que apresentam baixos valores de inclinação e também baixos valores do índice de curvatura dos elementos. Assim a figura 4.17 exemplifica essas condições para uma vertente.

Pode-se dizer que o potencial de aplicação do procedimento aumenta à medida que existe a possibilidade da representação espacial. Além de permitir a análise de formas individuais, os mapeamentos podem ser incrementados com os dados fornecidos pela aplicação do procedimento. A representação espacial é efetuada por intermédio das classificações estatísticas, como por exemplo a análise de agrupamento.

A vantagem deste procedimento em relação ao primeiro, a USLE, que baseia suas concepções na dimensão pontual, a morfometria e classificação de vertentes os trata

numa dimensão mais ampla. As descontinuidades nos processos que ocorrem nas vertentes estão previstas, bem como os processos que interferem indiretamente na forma da vertente, como o trabalho dos rios. É importante salientar que a forma das vertentes podem apresentar fases erosivas, que interferem na ocorrência das voçorocas. Este caso pode ser exemplificado pela figura 4.18, que representa uma vertente com um segmento bastante inclinado em sua porção basal.Pode-se supor que este segmento corresponde a fase atual de aprofundamento do canal de drenagem, devido ao ativo trabalho dos rios.

Diante dessas afirmações e potencialidades pode-se dizer que as concepções deste procedimento de análise são mais amplas. Essas concepções teóricas subsidiam a análise da forma e dos processos atuantes nas vertentes sob a ótica de um sistemado tipo processo-resposta. A figura 1.1 consiste num esquema representativo do fluxo de matéria e energia atuando de modo a produzir uma resposta, que constitui a forma da vertente.

5.2.3 - Proposição para futuros trabalhos.

A melhora do potencial de aplicação do procedimento, que consiste em analisar e classificar as formas das vertentes, pode ser alcançada através de um maior detalhamento de dados básicos. Para tanto, sugere-se a execução de algumas etapas, para subsidiar futuros trabalhos.

A primeira etapa consiste no reconhecimento, que tem por objetivo a delimitação de unidades ambientais menores, que estão contidos em determinada área. Nessas unidades serão executados os levantamenstos de campo,

amostras de perfís. As fotografias aéreas, e outros produtos do Sensoriamento Remoto, material cartográfico, em escala de detalhe e semi-detalhe, constituem fontes de dados para execução desta etapa. Os SIG's podem contribuir na geração de cartas de declividade do terreno, produto fundamental para o reconhecimento de unidades menores. Salienta-se, mais uma vez, a possibilidade da utilização de sistemas com estruturas vetoriais, que melhora a resolução do produto final.

Após o reconhecimento da área, delimitadas as unidades menores, seleciona-se os locais onde serão executadas as coletas de dados. Esta seleção pode ser efetuada através da amostragem estatística, ou como aquela executada neste trabalho. A coleta de dados consiste em levantamentos de campo, utilizando-se de aparelhos como pantômetros, teodolitos e níveis de precisão, a exemplo do trabalho realizado por Coltrinari (1980). Se o interesse do trabalho, também estiver voltado ao resultado da forma plana, deve-se executar levantamentos plani-altimétricos, no qual as curvas de nível não exceda o metro.

A etapa seguinte consiste na análise da forma dos perfís individuais. Os programas em linguagem Turbo Basic, contidos no apêndice A, podem auxiliar esta atividade. Como os programas possibilitam a modificação dos limiares de variação de ângulos e curvatura, aconselha-se alguns testes desses limiares. A seleção dos atributos caracterizadores das vertentes, como os de dimensão, forma, inclinação e irregularidade, está prevista nesta etapa. Salienta-se ainda que existe a possibilidade de elaboração de programas que visam fornecer informações sobre a forma plana, como os modelos tridimensionais do terreno gerados em computador.

Uma etapa opcional pode ser adicionada, consistindo na coleta de informações sobre o regolito. A

análise da forma dos perfis contribuem de maneira a orientar esta coleta, sendo necessário as informações obtidas na etapa anterior. As informações sobre a textura, umidade, composição química e outras, complementam as informações sobre os perfis, e constituem atributos das vertentes.

A representação espacial pode ser obtida a partir da classificação dos perfis individuais em grupos semelhantes. As técnicas estatísticas de agrupamento são imprescindíveis, como análise fatorial e superfície de tendência, podem ser utilizadas de maneira a contribuir com esta etapa.

CAPÍTULO VI - CONCLUSÃO

Considerando a área de estudo e os dados obtidos com os procedimentos adotados, define-se na área de estudo duas unidades. O alto curso e o conjunto do médio e baixo curso. O alto curso apresenta declividades com alta inclinação e formas variadas, ou seja com convexidades e concavidades bem definidas e com altos índices de curvaturas. No local a erosão fluvial tem uma atuação significativa, pois os canais tendem a aprofundar o seu leito, as vertentes apresentam segmentos com ângulos máximo. Conforme Ahnert (1966) as vertentes deste locam tendem ao recuo.

O médio e baixo consiste de vertentes com pequena inclinação e com elementos com baixo índice de curvatura.

Salienta-se o predomínio de uma unidade nas vertentes, o que leva a suposição do predomínio de um processo em relação aos demais. Desta maneira as vertentes deste local tendem ao declínio, ou seja o rebaixamento e manutenção da forma.

Quanto aos procedimentos adotados pode-se afirmar que a aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) possui algumas restrições no fornecimento de informações de pequenas áreas, ou pequenas bacias de drenagem. A primeira está nos valores dos fatores culturas e práticas conservacionistas (CP), o que merece estudos mais precisos, pois no conjunto geral as áreas em que ocorre a cobertura florestal são aquelas que apresentam processos de " voçorocamentos". Outra consideração está no agrupamento dos fatores naturais, fator topográfico x erodibilidade,

onde o que mais influencia estas informações é a declividade, portanto este fator pode ser considerado representativo da área. Se a declividade do terreno pode representar os processos de erosão laminar, essa está em estreita relação com o segundo procedimento, pois constitui-se num atributo da vertente.

O segundo procedimento, a análise de representações bidimensionais de vertentes, mostra-se potencialmente com maior aplicação, aos estudos de processos atuantes sobre as vertentes, considerando pequenas áreas do terreno. Mesmo utilizando-se de fontes de dados que fornecem informações genéricas, os resultados permitiram uma melhor avaliação das formas e processos. Além dos processos de escoamento difuso, o procedimento permite analisar os processos de reptação, escoamento concentrado, solifluxão e outros que atuam sobre as vertentes. Os conceitos teóricos que subsidiam o procedimento, prevê a atuação de processos exteriores a vertente, e não puntual como o modêlo experimental, como é o caso do trabalho dos rios.

Das considerações efetuadas, sugere-se aos trabalhos posteriores a coleta de dados em escala grande. Os dados coletados através de pantômetros, teodolitos e níveis, permitirão a melhor definição das formas, ou seja das unidades. Para subsidiar a amostragem dos perfis, a alocação em campo, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) auxiliam a fase preliminar, pois fornecem informações relevantes como cartas de declividade. Por outro lado, a análise dos perfis podem ser complementadas com informações sobre o regolito, como textura, umidade e composição química.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA,F.F.M. de et alii. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo, IPT, 1981, 126p.

ALMEIDA, F.F.M. Fundamentos Geológicos do Relêvo Paulista.**Inst. Geogr. Geol. Boletim,**_(41): 167-263, 1964.

AHNERT,F. The role of the equilibrium concept in the interpretation of Landforms of fluvial and deposition. **L'évolution des Versants.** Liege, UGI, 1966. pp.23-41

AHNERT,F. An approach towards a descriptive classification of slopes. **Z.Geomorph Suppl. Bd.** (9): 71-84, 1970.

AHNERT,F. A note on measurements and experiments in Geomorphology. **Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd.**, 35: 1-10, 1980.

ARNETT,R.R. Slope form and geomorphological process: an Australian example in: **Slopes: Form and processes.** Inst.British Geographers, London, 1971, p. 81-92.

ASTARAS,T. Drainage basins as process response systems: an example from central Macedonia , North Greece. **Earth, Surf Processes and Landf, 9** (4): 333-341, 1984.

BARUQUI,A.M. ; FERNANDES,M.R. Práticas de conservação de solo. **Inf. Agropec. 11** (128): 55-68, 1985.

BAULIG,H. Le profil d'equilibre des versants. **Publications de la Faculté des Letters de L'université de Strasbourg**, nº 114, 1950.

BERTONI,J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** Piracicaba-SP,Livroceres, 1985. 392p.

BLONG, R.J. Hillslope: morphometry and classification: a New Zealand example. **Z. Geomorph., 19** (4):405.429,1975.

BRASIL-DNPM-Projeto RADAMBRASIL. **Fôlha SF-23/24. Rio de Janeiro /Vitória.** Rio de Janeiro, MME, 1983.

CARSON, M.A.; KIRKBY, M.J. **Hillslope form and process.** London, Cambridge Press, 1972. 475p.

CARVALHO, W.A. **Relações entre relêvo e solos da Bacia do Rio Capivara - Município de Botucatu-SP.** Tese de livre docência-Botucatu, FCA-Unesp, 1981. 180p.

CHAVES, I.de B; DINIZ, E.J. Erosividade de Chuvas no estado da Paraíba. IM: Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação de solo, Recife, 1981. **Anais**.p./136-147

CHORLEY, R.J.; KENNEDY, R.A. **Physical Geography: a systems .approach.** London, Prentice-Hall, 1971. 370p.

CHORLEY, R.J.; SCHUMM,S.A.; SUGDEN,D.E. **Geomorphology**. London,Methuen, 1984.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher/EDUSP, 1974.149p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São paulo, Hucitec/EDUSP, 1979, 106p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial: o canal fluvial**.São Paulo, Edgard Bucher, 1981, 313p, vol.1.

CHRISTOFOLETTI, A.; TEIXEIRA, A. L. de A.;MORETTI, E. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Rio Claro, Ed.autor, 1992. 80p.

COLTRINARI, L. Levantamento de vertentes em Barueri-SP. **Geomorfologia IGEOG - USP**, _(58): 1-13, 1980.

DOORNKAMP, J.C.;KING, C.A.M. **Numerical analysis in Geomorphology**. London, E. Arnold, 1971. 372p.

DUNNE, T.; LEOPOLD,L.B. **Water in environmental planning**. San Francisco, W.H. Freeman and Co., 1978. 818p.

ESPINDOLA, C.R. **.Relações entre solos e elementos da paisagem na zona do Baixo Rio do Peixe (Região Conchas-Anhembí, S.P.)**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ-USP, 1977. 113p.

FERREIRA, M.L.; LIMA, O.M.B. de Processo de classificação In: FAISSOL, S. **Tendências atuais na Geografia Urbana/Regional** .Rio de Janeiro, FIBGE, 1978, 113-132p.

FOURNIER, F. **Climat et érosion.** Paris, Presses Universitaires de France, 1960.

HERGERT, D. **Introdução ao Turbo Basic.** Rio de Janeiro, Campus, 1989, 423p.

JAHN, A. Denudational balance of slopes. **Geographia Polonica,_** (13): 9-29, 1968.

KIRKBY, M.J.; MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion.** Chichester, John Wiley, 1980. 312p.

LEMOS et Alii (coord) **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo.** Rio de Janeiro, MA/CNPA, 1960.

LEPCH. I.F., coord. **Manual para Levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** Campinas, SBCS, 1983. 4ª aproximação.

LUCHIARI, A.; MORETTTI, E.; GAMA, W.Z. **Análise das Transformações da Utilização da Terra, na Microrregião de Botucatu. - Municípios de Anhembí, Bofete e Porangaba.** Rio Claro, IGCE-UNESP/CNPq. 1988.82p.

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas do Estado de São Paulo.** São paulo, IGEOG - USP, 1973. 129p.

MITCHEL, J.K.;BUBENEZER, G.D. Soil Loss estimation, In: KIRKBY,M.J.; MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion.** Chichester, John Wiley, 1980, cap.2. p.17-56.

MORETTI,E.; KOFFLER,N.F.; TEIXEIRA, A.L.de A. Técnicas digitais para mapeamento da declividade e orientação de vertentes baseadas no uso de sistemas de Informaçào Geográfica. **Boletim de Geografia Teorética, 19** (37-38): 29-52, 1989.

MOSHER, F.E.; SCHNEIDER, D.I. **Using Turbo Basic.** Berkley, OSBORN/MC GRAW-HILL, 1988. 457p.

OLSON, G.W. **Soils and environment: A guide to soil surveys and their applications.** New York, CHAPMAN and HALL Ltda. 1981. 178p.

PARSONS, A.J. A tecnique for the classification of hillslope forms. **Trans. Inst. British Geographers, 3** (4): 432-443, 1978.

PARSONS, A.J. Slope profile variability in first-order drainage basins. **Earth Surf. Process and Landf., 7** (1): 71-78, 1982.

PINTO, S.A.F. **Sensoriamento Remoto e Integração de dados Aplicados no no estudo da Erosão dos Solos: contribuição metodológica.** Tese de doutoramento, São Paulo, FFLCH-USP, 1991, 130p.

RESENDE, M. Aplicaçòes de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Inf. Agropec, 11** (128) 3-18, 1985.

RESENDE,M.: Almeida, J.R. Considerações sobre o manejo de solos rasos desenvolvidos de rochas pelíticas no Estado de Minas Gerais. **Inf. Agropec, 11** (128): 19-26, 1985.

ROUGERIE, G. Observations qualitatives et précisions quantitatives sur les pertes de substance des versants couverts. **3er Rapport der Comission on Slope Evolution.** Gottingen, UGI, 1963. pp. 5 - 16.

SAVIGEAR, R.A.G. Techinique and terminology in the investigation of slop forms. **1er Rapport de la Comission pour L'Étude des Versants**, Rio de Janeiro, Amsterdam. UGI, 1956. pp. 66-75.

SAVIGEAR, R.A.G. The analysis and classification of slope profile forms. **L'évolution des Versants**, Liége, UGI, 1966. pp. 271-290. Simposium International of Geomorphologic. 8-16 juin. 1966.

SILVA, J.R.C. et alii Erosividade das chuvas em Tinguá-CE, primeiro ano de determinação do índice EI30 In. Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação de Solo. Recife, 1981. **Anais.** p 148-157.

SIMIELLI,M.E.R. **Variação espacial da capacidade de uso da terra.** São Paulo, IGEOG-USP, 1981. 88p.

STEIN, D.P. et alii Potencial de erosão laminar natural e antrópico, na bacia do Peixe-Paranapanema. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4, Marília 1989. pp. **Anais.** 105-135.

TAVARES,A.C.; CHRISTOFOLETTI, A. Análise de Vertentes: caracterização e correlação de atributos do sistema. **Notícia Geomorfológica, 17** (34): 65-83, 1977.

TAVARES, A.C. **A erosão dos solos no contexto da análise ambiental: o exemplo do alto curso do Rio São José dos Dourados.** Tese de Doutoramento São Paulo, FFLCH-USP, 1986. 254P.

TEIXEIRA, A.L.A. **GEO-INF+MAP Um sistema de Informação Geográfica.** Tese de Livre docencia, Rio Claro,IGCE-UNESP, 1990. 102p.

TEIXEIRA, A.L. de A.; GERARDI, L.H de O.; FERREIRA, M.C. Sistemas de Informação Geográfica: Revisão e Comentários. **Boletim de Geografia Teorética, 21** (41):135-147, 1991.

TRENHAILLE, A.S. The morphometry of walley steps in the Canadian Cordillera. **Z. Geomorph, 23** (1): 27-44, 1979.

TRICART, J. As descontinuidades nos fenômenos da erosão. **Notícia Geomorfológica, 6** (12): 3-14, 1966. (Trad A. Christofoletti).

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. **Journal of soil and Water Conservation, 28** (5):189-193, 1971.

WISCHMEIER, W.H.; FOSTER, G.R. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. **Trans. Am. Soc. Agr. Eng.,_** (17): 305-309, 1974.

YOUNG,A. Slope profile analysis. **Z. Geormorph. Supp. Bd.**_ (5): 17-27, 1964.

YOUNG, A. Concepts of equilibrium, grade and uniformity as applied to slopes. **Geograph. Journal, 136** (4): 585-592, 1970.

YOUNG, A. slope profile analysis: the system of best units In : **Slope form and processes** London, Inst. British Geographers, 1971. p.1-14.

YOUNG,A. **Slopes.** Endimburg Oliver & Boyd, 1972. 228p.

YOUNG, A. Slope profile Survey. **British Geomorph. Research. Group Technical Bulletin,** __ (11):52. 1974.

APÊNDICE A
Programas de Computador

PRIMEIRO PROGRAMA

Gera arquivo de dados

```
 este orograma cria um arquivo de dados organizados a partir de valores

  de pantometros, e cartas topograficas

  elaborado por AILTON LUCHIARI em 05/92


cls
  linha$=string$(24,"_")
    locate 12,20:print"Prograna para gerar arquivos com dados topograficos"
    locate 14,20:print linha$
    locate 16,20:print"opcao 1 = Pantometros"
    locate 17,20:print"opcao 2 = cartas topograficas"
    locate 19,20:print linha$
    locate 21,20:input"Qual a opcao?": op%



select case op%
  case 1
  call pantometro

  case 2
  call cartas

  case else

  call errado

end select

end

sub pantometro

cls
  locate 9,20: input"O numero de linhas de dados?":nl%
  locate 10,20:input"O complemento do angulo esta em minutos?s/n":min$

  option base 1
  $dynamic
  dim compr#(nl%),ang#(nl%),curv#(nl%),dist#(nl%),alt#(nl%)
cls
for i% = 1 to nl%
  print"linha = ";i%
    input"comprimento e angulo?":compr#(i%),ang#(i%)
      input"deseja alterar?s/n";altera$
    if altera$="S"or altera$="s" then
      input"novo comprimento e angulo?":compr#(i%),ang#(i%)
    elseif min$="S" or min$ = "s" then
```

```
      a1# = fix(ang#(i%))
      a2# = ang#(i%) - a1#
      a3# = a2#/60
      ang#(i%) = a1# + a3#
    end if

next i%

for i% = 1 to nl%
c# = 0:d# = 0: a# = 0
     if i% = 1 then

c# = 200 * ((ang#(i%)-ang#(i%+1))/(compr#(i%)+compr#(i%+1)))

     elseif  i% = nl% then
c# = 200 * ((ang#(i%-1)-ang#(i%))/(compr#(i%-1)+compr#(i%)))

     else

c# = 100 * ((ang#(i%-1)-ang#(i%+1))/(.5*compr#(i%-1)+compr#(i%)+.5*compr#(i%+1)))

     end if

curv#(i%) = fix(c#*1000)/1000
a# = ang#(i%)*.01745329
d# = compr#(i%)*cos(a#)
h# = compr#(i%)*sin(a#)
dist#(i%) = fix(d#*1000)/1000
alt#(i%) = fix(h#*1000)/1000

next i%
  cls

  locate 10,20: input "O nome do arquivo de dados?": nome$
  nome$ = nome$ +".dat"




  open nome$ for output as #1
  write#1,nl%
  for i% = 1 to nl%
  write#1, compr#(i%),ang#(i%),curv#(i%),dist#(i%),alt#(i%)
  next i%
  close#1
padr$ ="  ###       ####.##   ####.##   ####.##   ####.##   ###.##"
lprint
lprint"numero   comprimento   angulo   curvatura   distancia  altura"
lprint:lprint
  for i% = 1 to nl%
```

```
  lprint using padr$:i%,compr#(i%),ang#(i%),curv#(i%),dist#(i%),alt#(i%)
 next i%

end sub



sub cartas
cls
locate 10,20:print"voce fornecera dados de desnivel com sinal negativo quando"
locate 11,20:print"a diferença de nivel for descendante"
  locate 13,20:input"O nuaero de linhas de dados?";nl%
  option base 1
  $dynamic
  dim compr#(nl%),ang#(nl%),curv#(nl%),dist#(nl%),alt#(nl%)
cls

for i% = 1 to nl%
  print"linha";i%
  input"entre com a distancia horizontal ";dist#(i%)

 'input"entre com o desnivel";alt#(i%)
  input"deseja alterar";altera$
  if altera$="S"or altera$="s" then
  input"nova distância horizontal e novo desnivel";dist#(i%),alt#(i%)
  end if
  h# =0: t# = 0: r# = 0

t#=alt#(i%)/dist#(i%)
r# =atn(t#)
  ang#(i%) = (fix(1000 * (r#/.01745329))/1000)
 h#=sqr ((dist#(i%)^2 + alt#(i%)^2))
 compr#(i%) = fix(1000 * h#)/1000
next i%

for i% = 1 to nl%
  c# = 0
  if i% = 1 then
  c# = 200 * ((ang#(i%) - ang#(i%+1))/(compr#(i%) + compr#(i%+1)))
  elseif i% = nl% then
  c# = 200 *((ang#(i%-1) - ang#(i%))/(compr#(i%-1) + compr#(i%)))
  else
  c# = 100 * ((ang#(i%-1)-ang#(i%+1))/(.5*compr#(i%-1)+compr#(i%)+.5*compr#(i%+1)))
  end if
  curv#(i%) = fix(c#*1000)/1000
  xt i%


  cls
```

```
  locate 10,20:input"nome do arquivo de dados?":nome$

  lprint"                ":nome$:lprint:lprint


   nome$ = nome$ +".dat"

  open nome$ for output as #1
   write #1, n1%
  for i% = 1 to n1%
   write #1, comor#(i%),ang#(i%),curv#(i%),dist#(i%),alt#(i%)
  next i%
  close #1


padr$="          ###       ####.##   ####.##    ####.##   ####.##   ####.##"



lprint"         numero   comorimento  angulo  curvatura  distancia   altura"
lprint:lprint

  for i% = 1 to n1%
  lprint using padr$;i%,comor#(i%),ang#(i%),curv#(i%),dist#(i%),alt#(i%)
  next i%
end sub

sub errado
print"rode outra vez"

print"nao encontrado"
end
end sub
```

SEGUNDO PROGRAMA

..Calcula as melhores unidades

```
 este oroorama calcula as matrizes de coeficientes de variacao de angulos e curvaturas

'elaborado oor AILTON LUCHIARI em 06/92

cls
files"*.dat"
orint
orint
input"o nome do arquivo":nome$

oben nome$ for input as #1
  input#1,n1%
  option base 1
  $dynamic
  dim coepr#(n1%),ang#(n1%),curv#(n1%),dist#(n1%),alt#(n1%)

     for i% = 1 to n1%

      input#1,coepr#(i%),ang#(i%),curv#(i%),dist#(i%),alt#(i%)

     next i%

  close#1



'dimensionamento de matrizes


Option base 1
$dynamic
dim vara#(n1%-1,n1%-1),varc#(n1%-1,n1%-1),medan#(n1%-1,n1%-1),medcur#(n1%-1,n1%_
-1),scoep#(n1%-1,n1%-1)
dim vang#(n1%),vcur#(n1%),var3#(n1%),anoa#(n1%),curva#(n1%),coap1#(n1%),coap2#(_
n1%),coap3#(n1%),ang3#(n1%),curv3#(n1%),dist1#(n1%),dist2#(n1%),dist3#(n1%),_
alt1#(n1%),alt2#(n1%),alt3#(n1%)
dim inf1%(n1%),inf2%(n1%),sup1%(n1%),sup2%(n1%),ind1%(n1%),ind2%(n1%)


'calculos das somatorias e variacoes

r% = 1
k% = n1% - 1
  for l% = 1 to k%
  f% = r% + 1
  o% = 1
    for j% = 1 to k%
    sa# = 0:sang# = 0:sa2# = 0:scur# = 0:sc2# = 0
      for i% = o% to f%
        sa# = sa# + coepr#(i%)
```

```
        sano# = sano# + conor#(i%) * ano#(i%)
        sa2# = sa2# + conor#(i%) * ano#(i%) ^ 2
        scur# = scur# + conor#(i%) * curv#(i%)
        sc2# = sc2# + conor#(i%) * curv#(i%) ^ 2
      next i%
      sconc#(j%,l%)=sa#
      medan#(j%,l%) = sano# /sa#
      medcur#(j%,l%) = scur# / sa#
      aba# = abs(medan#(j%,l%))
      abc# = abs(medcur#(j%,l%))

    if aba# < 2 then

      vara#(j%,l%) = 100 * sqr(abs(sa2# / sa# - medan#(j%,l%) ^ 2))/ 2

    else
      vara#(j%,l%) =  100 * sqr(abs(sa2# / sa# - medan#(j%,l%) ^ 2))/ aba#

    end if
    if abc# < 2 then

      varc#(j%,l%) = 100 * sqr(abs(sc2# / sa# - medcur#(j%,l%) ^ 2)) / 2

    else
      varc#(j%,l%) =  100 * sqr(sc2#/ sa# - medcur#(j%,l%) ^ 2)/ abc#

    end if

    o% = o% +1 : f% = f% + 1
    next j%
  k% = k% -1 : r% = r% + 1
  next l%


cls
locate 10,20 : input"quer imprimir as matrizes"; a$
   if a$ = "S" or a$ = "s" then



 'impressao das matrizes

padr1$ = " ####.##"
k% = n1% - 1
locate 1,10 : lprint "coeficientes de variacao de angulos"
  for l% = 1 to k%
    for j% = 1 to k%
    lprint using padr1$; vara#(l%,j%);
    next j%
  lprint
```

```
  k% = k% - 1
  next i%
 lprint
 locate 1,10 : lprint "angulo medio"
  k% = n1% - 1
  for i% = 1 to k%
    for j% = 1 to k%
    lprint using padr1$; medan#(i%,j%);
    next j%
  lprint
  k% = k% -
  next i%
 lprint
 k% = n1% - 1
 locate 1,10 : lprint " coeficiente de variacao de curvatura "
   for i% = 1 to k%
     for j% = 1 to k%
     lprint using padr1$; varc#(i%,j%);

     next j%
   lprint
   k% = k% - 1
  next i%
 lprint
 k% = n1% - 1
 locate 1,10 : lprint " curvatura media "
  for i% = 1 to k%
    for j% = 1 to k%
    lprint using padr1$; medcur#(i%,j%);

    next j%
  lprint
  k% = k% - 1
  next i%
 lprint


   end if


 calculo dos melhores segmentos
  angulos

 cls

 locate 10,20 : input "variacao do angulo ": va#
 locate 12,20 : input " variacao de curvatura ": vc#

 k% = n1% - 1
  for i% = 1 to k%
```

```
    for i% = 1 to k%
    if vara#(i%,j%) < = val then
    infl%(i%) = i%
    supl%(i%) = i% + j%
    c1# = 0: al# = 0: dl# = 0: hl# = 0
      for l%,= infl%(i%) to supl%(i%)
      c1# = c1#;+ compr#(l%)
       dl# = dl# + dist#(l%)
       hl# = hl# + alt#(l%)
      next l%
      for l% = infl%(i%) to supl%(i%)
      compl#(l%) = c1#
      distl#(l%) = dl#
      altl#(l%) = hl#
      ano#(l%) = sedan#(i%,j%)
      vang#(l%) = vara#(i%,j%)
      infl%(l%) = infl%(i%)
      supl%(l%) = supl%(i%)

      next l%
    end if
    next i%
    k% = k% - 1
 next j%
 for i% = 1 to nl% - 1
   if compl#(i%) = 0 then
     compl#(i%) = compr#(i%)
     distl#(i%) = dist#(i%)
     altl#(i%) = alt#(i%)
     ano#(i%) = ano#(i%)
     vang#(i%) = 0
     infl%(i%) = i%
     supl%(i%) = i%
   end if
 next i%

for i% = 1 to nl% - 1
  j% = supl%(i%) + 1

  if supl%(i%) > = infl%(j%) then
      if compl#(i%) > compl#(j%) then
        for n% = infl%(i%) to supl%(i%)
         compl#(n%) = compl#(i%)
         ano#(n%) = ano#(i%)
         vang#(n%) = vang#(i%)
         infl%(n%) = infl%(i%)
         supl%(n%) = supl%(i%)
        next n%

       l% = j%
```

```
    10 if i% = sup1%(i%) then
      comp1#(i%) = compr#(i%)
      ang1#(i%) = ang#(i%)
      var1#(i%) = 0
      inf1%(i%) = i%
      sup1%(i%) = i%
      elseif i% < sup1%(i%) then
       s# = 0 : s1a# = 0 : s2a# = 0
        for k% = i% to sup1%(i%)
        s# = s# + compr#(k%)
        s1a# = s1a# + compr#(k%) * ang#(k%)
        s2a# = s2a# + compr#(k%) * ang#(k%) ^ 2
        next k%

        an#= s1a#/s#
        aan# = abs(an#)
          if aan# < 2 then
          va# = 100 * sqr(abs( s2a#/s# - aan# ^ 2 ))/2
          else
          va# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aan# ^ 2 ))/ aan#
          end if

          if va# < = va# then
          for k% = i% to sup1%(j%)
          comp1#(k%) = s#
          ang1#(k%) = an#
          var1#(k%) = va#
          inf1%(k%) = i%
          sup1%(k%) = sup1%(j%)
          next k%
         else
          comp1#(i%) = compr#(i%)
          ang1#(i%) = ang#(i%)
          var1#(i%) = 0
          inf1%(i%) = i%
          sup1%(i%) = i%
          i% = i% +1
          goto 10
        end if
       i% = sup1%(j%)
    end if


elseif comp1#(i%) < comp1#(j%) then
   i%=inf1%(i%)
   a% = inf1%(j%) -1
 20 if i% = a% then
      comp1#(i%) = compr#(i%)
      ang1#(i%) = ang#(i%)
      var1#(i%) = 0
```

```
      inf1%(1%) = l%
      sup1%(1%) = l%
    elseif l% < a% then
      s# = 0 : sla# = 0 : s2a# = 0
      for k% = l% to a%
      s# = s# + conor#(k%)
      sla# = sla# + conor#(k%) * ano#(k%)
      s2a# = s2a# + conor#(k%) * ano#(k%) ^ 2
      next k%
        aa# = sla#/s#
        aaa# = abs(aa#)
        if aaa# < 2 then
        va0# = 100 * sqr(abs( s2a#/s# - aaa# ^ 2))/2
        else
        va0# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aaa# ^ 2))/aaa#
        end if
          if va0# < = va# then
          for k% = l% to a%
            conp1#(k%) = s#
            ana#(k%) = aa#
            vana#(k%) = va0#
            inf1%(k%) = l%
            sup1%(k%) = a%
          next k%
          else
            conp1#(l%) = conor#(l%)
            ang#(l%) = ang#(l%)
            vana#(l%) = 0
            inf1%(l%) = l%
            sup1%(l%) = l%
            l% = l% + 1
            ooto 20
          end if
        i% = a%
      end if
      end if
      end if
    next i%



cls
locate 10,20 : print" verifique a impressora?"
locate 12,20 : input" a folha esta na posicao correta? tecle <enter>": continua$



   impressao dos angulos
```

```
padr2$ = "  ###   ###   ###     ####.##    ####.##"
locate 1,10 : lprint " melhores segmentos"
lprint
  for i% = 1 to n1% - 1
  lprint using padr2$: i%,inf1%(i%),sup1%(i%), ang#(i%),comp1#(i%)
  next i%


k% = n1%- 1
  for j% = 1 to k%
    for i% = 2 to k%
    if varc#(i%,j%) < = vc# then
      inf2%(i%) = i%
      sup2%(i%) = i% + j%

        c2# = 0: d2# = 0: h2# = 0
          for l% = inf2%(i%) to sup2%(i%)
          c2# = c2# + comr#(l%)
          d2# = d2# + dist#(l%)
          h2# = h2# + alt#(l%)
          next l%
        for l% = inf2%(i%) to sup2%(i%)
          comp2#(l%) = c2#
          dist2#(l%) = d2#
          alt2#(l%) = h2#
          curva#(l%) = medcur#(i%,j%)

          vcur#(l%) = varc#(i%,j%)
          inf2%(l%) = inf2%(i%)
          sup2%(l%) = sup2%(i%)

        next l%
        end if
      next i%
       k% = k% - 1
    next j%


for i% = 1 to n1% - 1
     j% = sup2%(i%) + 1
      if inf2%(i%)< > 0 and inf2%(j%) < > 0 then
        if sup2%(i%) > = inf2%(j%) then
      if comp2#(i%) > comp2#(j%) then
        for n% = inf2%(i%) to sup2%(i%)
          comp2#(n%) = comp2#(i%)
          curva#(n%) = curva#(i%)
          vcur#(n%) = vcur#(i%)
          inf2%(n%) =inf2%(i%)
          sup2%(n%) = sup2%(i%)
```

```
      next n%

      l% = j%
30    if l% = sup2%(j%) then
        comp2#(l%) = 0
        curv#(l%) = 0
        vcur#(l%) = 0
        inf2%(l%) = 0
        sup2%(l%) = 0
      elseif l% < sup2%(j%) then
      s# = 0 : slc# = 0 : s2c# = 0
        for k% = l% to sup2%(j%)
        s# = s# + compr#(k%)
        slc# = slc# + compr#(k%) * curv#(k%)
        s2c# = s2c# + compr#(k%) * curv#(k%) ^ 2
        next k%

        ca# = slc#/s#
        aca# = abs(ca#)
          if aca# < 2 then
          vcr# = 100 * sqr(abs( s2a#/s# - aca# ^ 2))/2
          else
          vcr# = 100 * sqr(abs( s2a#/s# - aca# ^ 2))/aca#
          end if

          if vcr# < = vc# then
            for k% = l% to sup2%(j%)
            comp2#(k%) = s#
            curv#(k%) = ca#
            vcur#(k%) = vcr#
            inf2%(k%) = l%
            sup2%(k%) = sup2%(j%)
            next k%
          else
            comp2#(l%) = 0
            curv#(l%) = 0
            vcur#(l%) = 0
            inf2%(l%) = 0
            sup2%(l%) = 0
            l% = l% + 1
            goto 30
          end if
        i% = sup2%(j%)
      end if

 elseif comp2#(i%) < comp2#(j%) then
   l% = inf2%(i%)
   a% = inf2%(j%) - 1
40 if l% = a% then
   comp2%(l%) = 0
```

```
    curva#(i%) = 0
    vcur#(i%) = 0
    inf2%(i%) = 0
    sup2%(i%) = 0
    elseif i% < a% then
      s# = 0 : s1c# = 0 : s2c# = 0
       for k% = i% to a%
         s# = s# + conor#(k%)
         s1c# = s1c# + conor#(k%) * curv#(k%)
         s2c# = s2c# + conor#(k%) * curv#(k%) ^ 2
       next k%
         ca# = s1c#/s#
         aca# = abs(ca#)
         if aca# < 2 then
         vcr# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aca# ^ 2)) / 2
         else
         vcr# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aca# ^ 2 )) / aca#
         end if

       if vcr# < = vc# then
         for k% = i% to a%
           conp2#(k%) = s#
           curva#(k%) = ca#
           vcur#(k%) = vcr#
           inf2%(k%) = i%
           sup2%(k%) = a%
         next k%
       else
         conp2#(i%) = 0
         curva#(i%) = 0
         vcr#(i%) = 0
         inf2%(i%) = 0
         sup2%(i%) = 0
         i% = i% + 1
         goto 40
       end if
     i% = a%
   end if
  end if
 end if
end if

 next i%
```

```
cls
locate 10,20 : print " verifique a impressora?"
locate 12,20 : input " a folha esta na posicao correta? tecle <enter> ";continua$




locate 1, 10 : lprint" melhores elementos"
  lprint

  for i% = 1 to n1% - 1
  lprint using padr2$; i%,inf2%(i%),sup2%(i%),curva#(i%),comp2#(i%)

  next i%

'calculo das melhores unidades do perfil

for i% = 1 to n1% - 1

if inf1%(i%) < sup1%(i%) then
 for l% = inf1%(i%) to sup1%(i%)
   if comp2#(l%) > comp1#(l%) then


     for k% = l% to sup1%(i%)
       comp1#(k%) = compr#(k%)
       ang1#(k%) = ang#(k%)
       varg1#(k%) = 0
       inf1%(k%) = k%
       sup1%(k%) = k%
       next k%

   g% = 1

100 if l% - g% = inf1%(i%) then
  comp3#(l% - g%) = compr#(l%-g%)
  ang3#(l% - g%) = ang#(l%-g%)
  curv3#(l%-g%) = 0
  var3#(l%-g%) = 0

elseif l%-g% > inf1%(i%) then

  s# = 0: s1a# = 0: s2a# = 0:s1c# = 0: s2c# = 0
    for j% = inf1%(i%) to l%-g%
    s# = s# + compr#(j%)
    s1a# = s1a# + compr#(j%) * ang#(j%)
    s2a# = s2a# + compr#(j%) * ang#(i%) ^ 2
    s1c# = s1c# + compr#(j%) * curv#(j%)
```

```
s2c# = s2c# + compr#(j%) * curv#(j%)
next j%

aa# = s1a#/s#
ca# = s1c#/s#
aaa# = abs(aa#)
aca# = abs(ca#)

if aaa# < 2 then
   vao# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aa# ^ 2))/2
else
   vao# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aa# ^ 2))/aaa#
end if

if aca# < 2 then
   vcr# = 100 * sqr(abs(s2c#/s# - ca# ^ 2))/2
else
   vcr# = 100 * sqr(abs(s2c#/s# - ca# ^ 2))/aca#
end if

        if vao# < = va# then

        for j% = inf1%(i%) to l% - o%
          comp3#(j%) = s#
          ang3#(j%) = aa#
          curv3#(j%) = 0
          var3#(j%) = vao#
        next j%

        elseif vcr# < = vc# and vao# > va# then
        for j% = inf1%(i%) to l%-o%
          comp3#(j%) = s#
          ang3#(j%)  = 0
          curv3#(j%) = ca#
          var3#(j%)  = vcr#
        next j%

        else
          comp3#(l%-o%) = compr#(l%-o%)
          ang3#(l%-o%) = ang#(l%-o%)
          curv3#(l%-o%) = 0
          var3#(l%-o%) = 0

        o% = o% + 1
        goto 100

        end if

    h% = sup1%(i%)
    i% = l% - 1
```

```
        l% = h%

      end if

    elseif coap1#(l%) > coap2#(l%) then

      coap3#(l%) = coap1#(l%)
      ang3#(l%) = ang#(l%)
      curv3#(l%) = 0
      var3#(l%) = vang#(l%)

      if l% = sup1%(i%) and sup2%(l%) > l% then
        for q% = l% to sup2%(l%)
          coap2#(q%) = 0
          ang2#(q%) = 0
          curv#(q%) = 0
          vcur#(q%) = 0
          inf2%(q%) = 0
          sup2%(q%) = 0
        next q%

      end if

    i% = l%

    elseif coap1#(l%) = coap2#(l%) and vang#(l%) > vcur#(l%) then

      for k% = l% to sup1%(i%)
        coap1#(k%) = coapr#(k%)
        ang#(k%) = ang#(k%)
        vang#(k%) = 0
        inf1%(k%) = k%
        sup1%(k%) = k%
      next k%

      q% = 1

200   if l%-q% = inf1%(i%) then

        coap3#(l%-q%) = coapr#(l%-q%)
        ang3#(l%-q%) = ang#(l%-q%)
        curv3#(l%-q%) = 0
        var3#(l%-q%) = 0
      elseif l% - q% > inf1%(i%) then
        s# =0: s1a# = 0: s2a# =0 :s1c# = 0: s2c# = 0
          for j% = inf1%(i%) to l%-q%
            s# = s# + coapr#(j%)
            s1a# = s1a# + coapr#(j%) * ang#(j%)
            s2a# = s2a# + coapr#(j%) * ang#(j%) ^ 2
```

```
    s1c# = s1c# + compr#(i%) * curv#(i%)
    s2c# = s2c# + compr#(j%) * curv#(j%) ^ 2
  next j%

  aa# = s1a#/s#
  ca# = s1c#/s#
  aaa# = abs(aa#)
  aca# = abs(ca#)

  if aaa# < 2 then
     vao# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aa# ^ 2))/2
  else
     vaq# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aaa# ^ 2))/aaa#
  end if

  if aca# < 2 then
     vcr# = 100 * sqr(abs(s2c#/s# - aca# ^ 2))/2
  else
     vcr# = 100 * sqr(abs(s2c#/s# - aca# ^ 2))/aca#
  end if

if vao# < = va# then

   for j% = inf1%(i%) to l%-o%
     comp3#(j%) = s#
     ang3#(j%) = aa#
     curv3#(j%) = 0
     var3#(j%) = vaq#
   next j%

elseif vcr# < = vc# and vao# > va#.then

   for j% = inf1%(i%) to l% - o%
     comp3#(j%) = s#
     ang3#(j%) = 0
     curv3#(j%) = ca#
     var3#(j%) = vcr#
   next j%
else
   comp3#(l%-o%) = compr#(l%-o%)
   ang3#(l%-o%) = ano#(l%-o%)
   curv3#(l%-o%) = 0
   var3#(l%-o%) = 0

  o% = o% + 1
  goto 260
end if

h% = suo1%(i%)
i% = l% - 1
```

```
      l% = h%

    end if

    elseif comp1#(l%) = comp2#(l%) and vang#(l%) < vcur#(l%) then

      comp3#(l%) = comp1#(l%)
      ang3#(l%) = ang#(l%)
      curv3#(l%) = 0
      var3#(l%) = vang#(l%)


      if l% = sup1%(i%) and sup2%(l%) > l% then
        for m% = l% to sup2%(l%)
          comp2#(m%) = 0
          ang2#(m%) = 0
          curv#(m%) = 0
          vcur#(m%) = 0
          inf2%(m%) = 0
          sup2%(m%) = 0
        next m%

      end if

     i% = l%


   end if

   next l%

elseif inf1%(i%) = sup1%(i%) and inf2%(i%) = 0  then


    comp3#(i%) = comp1#(i%)
    ang3#(i%) = ang#(i%)
    curv3#(i%) = 0
    var3#(i%) = 0


elseif inf2%(i%) < sup2%(i%) and sup1%(i%) < sup2%(i%) then

  for l% = inf2%(i%) to sup2%(i%)

    if comp2#(l%) < comp1#(l%) then

       for k% = l% to sup2%(l%)
         comp2#(k%) = 0
         ang2#(k%) = 0
         curv#(k%) = 0
```

```
        vcur#(k%) = 0
        inf2%(k%) = 0
        sup2%(k%) = 0
      next k%

    o% = 1

300   if i%-o% = inf2%(i%) then

      comp3#(i%-o%) = compr#(i%-o%)
      ang3#(i%-o%) = ang#(i%-o%)
      curv3#(i%-o%) = 0
      var3#(i%-o%) = 0

    elseif i%-o% > inf2%(i%) then

      s# = 0: s1a# = 0 : s2a# = 0:s1c# = 0: s2c# = 0

        for j% = inf2%(i%) to i%-o%
          s# = s# + compr#(j%)
          s1a# = s1a# + compr#(j%) * ang#(j%)
          s2a# = s2a# + compr#(j%) * ang#(j%) ^ 2
          s1c# = s1c# + compr#(j%) * curv#(j%)
          s2c# = s2c# + compr#(j%) * curv#(j%) ^ 2
        next j%

          an# = s1a#/s#
          cn# = s1c#/s#
          aan# = abs(an#)
          acn# = abs(cn#)

      if acn# < 2 then
         vcr# = 100 * sqr(abs(s2c#/s# - acn# ^ 2))/2
      else
         vcr# = 100 * sqr(abs(s2c#/s# - acn# ^ 2))/ acn#
      end if

      if aan# <.2 then
         vaq# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aan# ^ 2))/2
      else
         vaq# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aan# ^ 2))/ aan#
      end if

        if vcr# < = vc# then
          for j% = inf2%(i%) to i%-o%
            comp3#(j%) = s#
            ang3#(j%) = 0
            curv3#(j%) = cn#
            var3#(j%) = vcr#
          next j%
```

```
          elseif vac# < = va# and vcr# > vc# then
            for j% = inf2%(i%) to l%-a%
              comp3#(j%) = s#
              ang3#(j%) = aa#
              curv3#(j%) = 0
              var3#(j%) = vac#
            next j%

          else
              comp3#(l%-a%) = compr#(l%-a%)
              ang3#(l%-a%) = ang#(l%-a%)
              curv3#(l%-a%) = 0
              var3#(l%-a%) = 0

          a% = a% + 1
          goto 300

        end if
      h% = sup2%(i%)
      i% = l% - 1
      l% = h%

    end if



  elseif comp2#(l%) > comp1#(l%) then

    comp3#(l%) = comp2#(l%)
    ang3#(l%) = 0
    curv3#(l%) = curva#(l%)
    var3#(l%) = vcur#(l%)

     if l% = sup2%(i%) and sup1%(l%) > l% then
       for a% = l% to sup1%(l%)
         comp1#(a%) = compr#(a%)
         anga#(a%) = ang#(a%)
         vang#(a%) = 0
         inf1%(a%) = a%
         sup1%(a%) = a%
       next a%
    end if

   i% = l%


elseif comp2#(l%) = comp1#(l%) and vang#(l%) < vcur#(l%) then
```

```
    for k% = l% to suo2%(i%)
      comp2#(k%) = 0
      ang2#(k%) = 0
      curv#(k%) = 0
      vcur#(k%) = 0
      inf2%(k%) = 0
      suo2%(k%) = 0
    next k%

    q% = 1

400   if l%-q% = inf2%(i%) then

      comp3#(l%-q%) = compr#(l%-q%)
      ang3#(l%-q%) = ang#(l%-q%)
      curv3#(l%-q%)= 0
      var3#(l%-q%) = 0

    elseif l%-q% > inf2%(i%) then

      s# =0: sla# = 0:s2a# = 0:slc# = 0:s2c# = 0

        for j% = inf2%(i%) to l%-q%
          s# = s# + compr#(j%)
          sla# = sla# + compr#(j%) * ang#(j%)
          s2a# = s2a# + compr#(j%) * ang#(j%) ^ 2
          slc# = slc# + compr#(j%) * curv#(j%)
          s2c# = s2c# + compr#(j%) * curv#(j%) ^ 2
        next j%

        aa# = sla#/s#
        cu# = slc#/s#
        aau# = abs(aa#)
        acu# = abs(cu#)

        if acu# < 2 then
          vcr# = 100 * sqr(abs(s2c#/s# - acu#   2))/2
        else
          vcr# = 100 * sqr(abs(s2c#/s# - acu# ^ 2))/acu#
        end if

        if aau# < 2 then
          vaq# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aau# ^ 2))/2
        else
          vag# = 100 * sqr(abs(s2a#/s# - aau# ^ 2))/aau#
        end if

           if vcr# < = vc# then

            for j% = inf2%(i%) to l%-q%
```

```
            conp3#(i%) = s#
            ano3#(j%) = 0
            curv3#(j%) = ca#
            var3#(j%) = vcr#
          next j%

         elseif vad# < = va#  and vcr# > vc# then
          for j% = inf2%(i%) to l%-o%
            cono3#(j%) = s#
            ano3#(j%) = aa#
            curv3#(j%) = 0
            var3#(j%) = vad#
          next j%
         else
          cono3#(l%-o%) = conor#(l%-o%)
          ang3#(l%-o%) = ang#(l%-o%)
          curv3#(l%-o%) = 0
          var3#(l%-o%) = 0

          o% = o% + 1

          goto 400
         end if

        h% = sup2%(i%)
        i% = l%-1
        l% = h%
      end if

elseif cono2#(i%) = conp1#(i%) and vcur#(i%) < vang#(i%) then

   cono3#(i%) = conp2#(i%)
   ano3#(i%) = 0
   curv3#(i%) = curve#(i%)
   var3#(i%) = vcur#(i%)

      if i% = sup2%(i%) and sup1%(i%) > i% then
        for a% = i% to sup1%(i%)
         conp1#(a%) = conor#(a%)
         anoa#(a%) = ang#(a%)
         curva#(a%) = 0
         vang#(a%) = 0
         inf1%(a%) = a%
         sup1%(a%) = a%
       next a%
      end if

   i% = l%
```

```
      end if


    next i%

 end if

 next i%

cls
locate 10,20 : print " verifique a impressora?"
locate 12,20 : input " a folha esta na posicao correta? tecle <enter>";continua$




  reordena os valores na matriz final

for i% = 2 to n1% - 1
 if ver3#(i%) <> 0 and (comp3#(i%) <> comp3#(i%-1) and comp3#(i%+1)) then

    comp3#(i%) = compr#(i%)
    ang3#(i%) = ang#(i%)
    curv3#(i%) = 0
    var3#(i%) = 0

 end if
next i%



lprint:lprint:lprint:lprint

  impressao dos valores

locate 1, 20 : lprint" melhores unidades do perfil ": nome$
lprint:lprint
lprint"num              compro    angulo    curvat.   variacao  "
lprint"                 metros    graus     o/100m       %      "
lprint
padr3$ ="####             ####.##   ####.##   ####.##   ####.##  "
for j% = 1 to n1% - 1
  lprint using padr3$;j%,comp3#(j%),ang3#(j%),curv3#(j%),var3#(j%)
next j%


  gera arquivo de dados

nome$ =left$(nome$,8)
nome$ = nome$ + ".des"
```

```
open name$ for output as #2
for j% = 1 to n1%
  write #2,comp3#(j%),anq3#(j%),curv3#(j%),var3#(j%)
next j%
close #2
end
```

TERCEIRO PROGRAMA
Gera saída gráfica em tela
ou traçador gráfico

```
 este proorama gera graficos

cls
files"*.dat"
print:print"
input"0 nome do arquivo :nome1$
open nome1$ for input as #1
input #1, n1%
option base 1
$dynamic
dim coor#(n1%),ang#(n1%),curv#(n1%),dist#(n1%),alt#(n1%),abcissa#(n1%+1),ordenada#(n1%+1)
for i% = 1 to n1%
input #1,coor#(i%),ang#(i%),curv#(i%),dist#(i%),alt#(i%)
next i%
close #1
cls
files"*.des"
print:print
input o nome do arquivo":nome2$
option base 1
$dynamic
dim comp3#(n1%),ang3#(n1%),curv3#(n1%),var3#(n1%)
open nome2$ for input as #2
for i% = 1 to n1%
input #2,comp3#(i%),ang3#(i%),curv3#(i%),var3#(i%)
next i%
close #2


option base 1
$dynamic
dim coordx$(n1%),coordy$(n1%)



somy# = 0
altura# = 0
distancia# = 0
    for i% = 1 to n1%
      somy# = somy# + abs(alt#(i%))
      altura# = altura# + alt#(i%)
      distancia# = distancia# + dist#(i%)
    next i%

    altura# = abs(altura#)

    for i% = 1 to n1%
      if ang3#(i%) <> 0 and curv3#(i%) = 0 and var3#(i%) <> 0 then
       if aazano# < abs(ang3#(i%)) then
         aazano# = abs(ang3#(i%))
```

```
        metrosang# = comp3#(i%)
      end if
    elseif ang3#(i%) = 0 and curv3#(i%) <> 0 and curv3#(i%) <> 0 then
      if metroscurv1# < comp3#(i%) and curv3#(i%) > 0 then
        maiorcurv# = curv3#(i%)
        metroscurv1# = comp3#(i%)
      elseif metroscurv2# < comp3#(i%) and curv3#(i%) < 0 then
        menorcurv# = curv3#(i%)
        metroscurv2# = comp3#(i%)
      end if
    end if
  next i%



 if soma# > altura# then
   eixoy# = (soma# + altura#)/2
  elseif soma# = altura# then
   eixoy# = altura#
   end if



eixoy# = int(eixoy#/10)* 10 + 10
eixox# = int(distancia#/10) * 10 + 10
amplitude# = eixoy#/eixox#
ordenada#(1) = altura#
abcissa#(1) = 0



   for i% = 1 to n1%
     abcissa#(i%+1) = abcissa#(i%) + dist#(i%)
     ordenada#(i%+1) = ordenada#(i%) + alt#(i%)
   next i%


cls
locate 10,20 : print "opcoes de tela"
locate 12,20 : print "tela 1 - monitor monocromatico"
locate 14,20 : print "tela 2 - monitor colorido"
locate 16,20 : print "tela 3 - plotter"
locate 18,20 : print " exagero vertical ate 5"
locate 20,20 : input"qual a tela": tela%
locate 22,20 : input"qual o exagero";exagero%

   escHz# = int(60 * eixox#/400)
   escvert# = (exagero% * escHz#)
```

```
    if tela% = 2 then
     x1% = 35
     x2% = 635
     y2% = 245
     y1% = (245 - (cint(amplitude# * 600 * .74 * exagero%)+1))-1

pixelx# = eixox#/600
pixely# = eixoy#/(amplitude#*600*.74*exagero% + 1)
padr2$ = "###"


nome$ = left$(nome1$,8)

   screen 9,
   color 7,0

line (34,246) - (635,246)
colun% =3
n% = 0
for j% = 35 to 635 step 80
line(j%,246) -(j%,249)
q% = n% * 80 * pixelx#
locate 19,colun% : print using padr2$; q%
n% = n% + 1
colun% = colun% + 10
next i%

line (34,246) - (34,y1%)
lin% = 18
n% = 0
for j% = 246 to y1% step - 28
line (34,j%) - (31,j%)
q% = n% * 28 * pixely#
locate lin%,1 : print using padr2$; q%
n% = n% + 1
lin% = lin% - 2
next j%



locate 21,1 : print nome$;
padr1$ ="####.#"
locate 22,1 : print"segmento maximo =";
locate 22,18 : print using padr1$;masang#;
locate 22,25 : print "com =";
locate 22,29 : print using padr1$;metrosang#;
locate 22,36 : print "m";

locate 23,1 : print"maior curvatura =";
locate 23,18 : print using padr1$;maiorcurv#;
```

```
 locate 23.25 : orint"com =":
 locate 23.29 : orint using padr1$;metroscurv1#;
 locate 23.36 : orint "m"

 locate 24.1 : print"menor curvatura =":
 locate 24.18 : print using padr1$;menorcurv#;
 locate 24.25 : orint "com =";
 locate 24.29 : orint using padr1$;metroscurv2#;
 locate 24.36 : orint "m";
 locate 28.74 : orint "metros"

 color 2.0
 locate 21,45 : print"segmento";
 color 4.0
 locate 22.45 : orint"elemento oositivo";
 color 3.0
 locate 23.45 : orint"elemento negativo";
 color 14.0
 locate 24.45 : print"unidade";



 xest2 = int(distancia#)
 yest2 = int(erroy#)

view (x12,y12) - (x22,y22),0

window (0,0) - (xest2,yest2)
  for i2 = 1 to n12 -1
  if var3#(i2) = 0 then
    c = 14
  elseif var3#(i2) < > 0 and curv3#(i2) > 0 then
    c = 4
  elseif var3#(i2) < > 0 and curv3#(i2) < 0 then
    c = 3
  elseif var3#(i2) < > 0 and ang3#(i2) < > 0 then
    c = 2
  end if

  x1 = int(abcissa#(i2))
  x2 = int(abcissa#(i2+1))
  y1 = int(ordenada#(i2))
  y2 = int(ordenada#(i2+1))

line (x1,y1) - (x2,y2),c

next i2

elseif tela2 = 1 then
```

```
x1% = 35
x2% = 635
y2% = 140
y1% =(140 - (cint(amplitude#*600*.452*exagero%) + 1))-1


pixelx# = eixox#/600
pixely# = eixoy#/(amplitude# * 600 * .452 * exagero% + 1)
padr2$ ="###"

nome$ = left$(nome1$,8)

screen 2
line (34,141) - (635,141)
colun% = 3
n% = 0
for j% = 35 to 635 step 80
line (j%,141) - (j%,143)
g% = n% * 80 * pixelx#
locate 19,colun% : print using padr2$; g%
n% = n% + 1
colun% = colun% + 10
next j%
line (34,141) - (34,y1%)
lin% = 18
n% = 0
for j% = 140 to y1% step - 16
line (34,j%) - (31,j%)
g% = n% * 16 * pixely#
locate lin%,1 : print using padr2$; g%
n% = n% + 1
lin% = lin% -2
next j%

locate 21,1 : print nome$
padr1$ ="####.#"
locate 22,1 : print "segmento maximo =";
locate 22,18 : print using padr1$; maxang#;
locate 22,25 : print"com =";
locate 22,29 : print using padr1$; metrosang#;
locate 22,36 : print" m";



locate 23,1 : print "maior curvatura =";
locate 23,18 : print using padr1$; maiorcurv#;
locate 23,25 : print"com =";
locate 23,29 : print using padr1$; metroscurv1#;
locate 23,36 : print" m"
```

```
locate 24.1 : print"menor curvatura =";
locate 24.18: print using padri$: menorcurv#;
locate 24.25 : print "com =";
locate 24.29 : print using padri$: metroscurv2#;
locate 24.36 : print" m";


locate 20.74 : print "metros";

locate 21.45 : print"segmento";
locate 22.45 : print "elemento positivo";
locate 23.45 : print"elemento negativo";
locate 24.45 : print"unidade";


rest2 = int(distancia#)
yest2 = int(eixoy#)



view (x1%,y1%) - (x2%,y2%)
window (0.0) - (rest2,yest2)


for i% = 1 to n1% - 1


x1 = int(abcissa#(i%))
x2 = int(abcissa#(i%+1))
y1 = int(ordenada#(i%))
y2 = int(ordenada#(i%+1))


line (x1,y1) - (x2,y2)

next i%

elseif tela% = 3 then
x1% = 2000
x2% = 10000
y1% = 2200
y2% = 2200 + (cint(amplitude# * 8000 * exagero%))

pixelx# = eixox#/8000
pixely# = eixoy#/(amplitude# * 8000 * exagero% + 1)

n% = 0
for j% = 2000 to 10000 step 2000
contx% = n% * 2000 * pixelx#
```

```
n% = n% + 1
option base 1
$dynamic

contx$(n%) = str$(contx%)
next j%

a% = 0
for y%= 2200 to y2% step 2000
conty% = a% * 2000 * pixely#
a% = a% + 1
option base 1
$dynamic
conty$(a%) = str$(conty%)
next j%


difx% = x2% - x1%
dify% = y2% - y1%

for i% = 1 to n1%
 xplot% = 1900 + (abcissa#(i%) * difx%/eixox#)
  yplot% = 2200 + (ordenada#(i%) * dify%/eixoy#)
 coordx$(i%) = str$(xplot%)
 coordy$(i%) = str$(yplot%)
next i%

n% = 0
  open "com2:9600,s,7,1,rs,cs65535,ds,cd" as #1
  print #1, "in;sp1;pa1900,2200;"
  print #1, "in;pd;pa9900,2200;"
    for i% = 1900 to 9900 step 2000
   x$ = str$(i%)
    print #1, "pa";x$;",2200;"
    print #1, "in;pd;pa";x$;",2150;"


    print #1, "pu;pa";x$;",2000;"
    n% = n%+1
    print #1, "lb";contx$(n%);chr$(3)
    delay 1
    next i%


a% = 0

print #1, "in;sp1;pa1900,2200;"
  final$ = str$(y2%)
  print #1, "in;pd;pa1900,";final$;";"

 for j% = 2200 to y2% step 2000
```

```
    y$ = str$(j%)
    print #1, "pu;pa1900,";y$;";"
    print #1, "in;pd;pa1850,";y$;";"
    print #1, "pu;pa1300,";y$;";"

    a% = a% + 1
    print #1, "lb";conty$(a%);chr$(3)
    delay 1
    next j%

  angmax$ = str$(cint(maxang@*10)/10)
  angmet$ = str$(cint(metrosang@*10)/10)
  curvmaior$ = str$(cint(maiorcurv@*10)/10)
  curvmet1$ = str$(cint(metroscurv1@*10)/10)
  curvmenor$ = str$(cint(menorcurv@*10)/10)
  curvmet2$ = str$(cint(metroscurv2@*10)/10)
  nome$ = left$(nome1$,8)

print #1, "in;sp1;pa1,1400;"
print #1, "lb";nome$;chr$(3)
print #1, "pa1,1050;"
print #1, "lbsegmento maximo = ";angmax$;" graus com ";angmet$;" m";chr$(3)
print #1, "pa1,700;"
print #1, "lbmaior curvatura = ";curvmaior$;" graus/100 com ";curvmet1$;" m";chr$(3)
print #1, "pa1,350;"
print #1, "lbmenor curvatura = ";curvmenor$;" graus/100 com ";curvmet2$;" m";chr$(3)
print #1, "pa8000,1750;"
print #1, "lbdistancia em metros";chr$(3)
print #1, "in;sp2;pa7000,1400;"
print #1, "lbsegmento";chr$(3)
print #1, "in;sp4;pa7000,1050;"
print #1, "lbelemento positivo";chr$(3)
print #1, "in;sp5;pa7000,700;"
print #1, "lbelemento negativo";chr$(3)
print #1, "in;sp6;pa7000,350;"
print #1, "lbunidade minima";chr$(3)
print #1, "in;sp1;pa900,2200;"
print #1, "in;dr1,90;"
print #1, "lbaltura em metros";chr$(3)
print #1, "in;pu;pa0,0;sp0;"
cls
input "trocar as penas";c$



for i% = 1 to n1% - 1


  if var3#(i%) = 0 then
  c$ ="A"
```

```
  elseif var3#(i2) < > 0 and curv3#(i2) > 0 tnen
  c$ ="4"
  elseif var3#(i2) < > 0 and curv3#(i2) < 0 then
  c$ ="5"
  elseif var3#(i2) < > 0 and ang3#(i2) < > 0 then
  c$ ="2"
  end if

print #1, "in;sp";c$;";pa";coordx$(i2);",";coordy$(i2);";"
print #1, "in;pd;pa";coordx$(i2+1);",";coordy$(i2+1);";"
print #1, "in;pu;"
delay 2
next i2
print #1, "pu;pa0,0;sp0;"


end if

end
```

APÊNDICE B

Dados utilizados na análise de agrupamento

Fase	Extensao horizontal	Extensao vertical	Angulo medio	Va total	Curvatura media	Vc total	Extensao S	Extensao X	Extensao V	Angulo S	Curvatura X	Curvatura V	Variacao S	Variacao X	Variacao V
anhum 011	262.00	122.50	25.11	37.93	2.19	2703.55	31.79	31.99	35.43	28.18	40.52	-30.40	8.82	18.83	23.64
anhum 021	344.00	162.50	25.35	44.70	-2.52	2591.11	37.63	33.29	34.72	41.76	92.09	-60.90	9.45	22.79	37.49
anhum 031	277.00	79.50	16.05	63.23	4.81	789.81	20.61		95.66	29.05		-8.95	9.33		41.61
anhum 041	221.00	69.50	17.59	77.59	-2.53	2682.26		39.32	100.87		31.45	-53.03		7.39	41.51
anhum 051	333.00	42.50	7.87	26.30	0.53	216.36		117.98	75.68		1.43	-6.47		42.67	42.80
anhum 061	303.00	44.50	7.50	79.92	6.44	165.83	58.95	53.96		14.74	1.37		6.96	30.43	
anhum 071	5.4.00	61.50	6.01	29.10	1.16	128.98	293.11			6.86			8.49		
anhum 082	417.00	62.50	8.52	28.42	0.55	322.24	132.53		67.86	8.68		-5.62	9.66		39.67
anhum 092	403.00	83.50	11.56	47.53	1.76	797.71	96.81	43.24	68.44	18.06	23.87	-11.62	9.75	32.36	20.46
anhum 102	434.00	82.50	10.77	44.15	-1.15	613.51	53.16	71.77	86.34	16.39	3.07	-9.95	4.55	25.55	47.14
anhum 113	704.00	89.50	7.25	53.50	0.10	406.99	63.79	47.21	143.28	13.6	15.53	-8.17	4.33	38.22	38.22
anhum 123	1117.00	86.50	4.43	64.77	-0.48	446.52		49.23	784.69		16.17	-0.03		43.14	48.26
aalmb 011	263.00	47.50	10.24	35.39	-1.86	1190.77	64.76			13.39			3.75		
aalmb 021	334.00	147.50	23.84	27.53	-3.89	1469.13	18.04	32.73	22.43	33.69	25.70	-44.86	5.24	47.63	1.11
aalmb 031	595.00	180.50	16.92	56.32	-0.30	1396.24	28.33		89.07	32		-23.73	8.24		48.42
aalmb 041	603.00	216.50	19.83	63.67	0.34	2655.00	37.17	31.46	58.42	23.8	61.32	-59.43	3.65	29.51	40.89
aalmb 051	343.00	78.50	12.89	68.24	6.15	376.81	22.38	65.93		26.56	19.98		8.65	23.79	
aalmb 061	230.00	67.50	16.37	50.90	12.56	244.86	29.16	16.80		30.96	77.49		4.55	10.10	
aalmb 071	344.00	70.50	11.59	58.76	7.14	266.08	88.31	71.05		13.09	20.99		9.31	33.39	
aalmb 081	388.00	79.50	11.59	58.93	4.73	746.83	48.39	34.54		18.06	8.48		2.85	16.43	
aalmb 092	715.00	237.50	18.39	37.58	0.34	1704.84	37.18	28.02	36.45	23.81	21.51	-0.65	7.60	32.71	39.17
aalmb 102	316.00	54.50	9.79	44.53	1.46	891.85	38.33		84.58	15.12		-11.49	7.76		49.66
aalmb 112	448.00	84.50	10.69	55.84	0.67	1154.98	14.87	52.48	129.58	19.65	22.34	-0.06		23.30	49.81
aalmb 122	319.00	101.50	17.69	58.56	2.74	2.74	1493.76	29.19	54.66	30.96		-58.69	9.55		24.94
aalmb 132	845.00	275.50	18.06	50.10	1.26	1288.21	53.34	84.19	39.35	34.29	23.91	-32.61	9.86	35.28	46.97
aalmb 142	238.00	62.00	14.61	31.61	0.30	944.75	33.79	34.64	30.69	11.98	4.57	-18.12	3.66	48.64	4.44
aalmb 152	236.00	56.50	13.46	39.77	0.21	1393.80	32.57	70.65	28.21	17.88	11.19	-64.80	3.02	21.41	47.56
aalmb 162	577.00	169.50	16.44	62.42	-0.09	2497.28	23.48	83.52	47.30	39.80	13.09	-6.34	9.66	30.51	23.12
aalmb 173	316.00	74.50	13.27	54.82	-1.96	1528.49	52.94	55.30	38.12	22.20	25.07	-68.04	6.22	22.95	42.21
aalmb 183	429.00	83.50	11.09	89.67	0.53	1330.34	111.45	63.14	52.07	5.15	21.42	-51.76	0.90	21.99	15.85
aalmb 193	497.00	83.50	9.73	125.94	-0.35	2903.63	40.67		59.81	38.60		-49.30	8.66		33.38
aalmb 201	640.00	79.50	7.06	52.15	0.88	328.61	44.15	157.73	71.84	13.09	0.39	-6.72	6.75	16.59	43.73
aalmb 211	595.00	68.50	6.56	90.76	3.14	412.23	78.64	76.52	77.65	7.30	-0.63	-12.50	2.54	48.33	21.84
aalmb 221	539.00	64.50	6.82	50.64	1.46	221.32	68.73		104.97	8.36		-5.31	2.81		36.66
aalmb 231	451.00	75.00	9.45	41.06	2.17	489.58	112.01		36.43	7.70		-20.42	5.88		15.76
aalmb 242	767.00	80.50	7.42	71.13	-1.00	820.95	94.21	74.78	132.72	9.16	7.62	-23.38	9.19	43.03	46.61
aalmb 263	1297.00	81.50	3.60	84.52	-43.00	117.97	67.75	297.72	70.75	8.49	1.12	-1.04	7.38	14.94	49.63
aalmb 273	1413.00	102.50	4.15	41.01	-0.26	78.47		129.50	662.34		1.80	-0.09		33.91	44.99
cjrod 011	439.00	70.50	9.13	59.12	2.42	699.56	50.31	123.93		17.35	0.97		9.65	10.44	
cjrod 021	448.00	63.50	8.07	48.96	0.78	635.33	67.69			12.80			7.21		
cjrod 031	576.00	69.00	6.83	47.65	0.28	310.58	69.72	113.46	100.31	8.25	1.92	-9.81	1.43	47.69	31.82
cjrod 041	579.00	77.50	7.62	29.87	0.66	220.09	146.15		66.77	9.72		-1.45	6.95		20.72
cjrod 052	503.00	78.00	8.82	45.91	1.95	528.64	58.86			9.78			6.78		
cjrod 062	538.00	71.50	7.56	62.66	-0.02	556.88	62.82	67.01	72.67	13.81	9.25	-6.56	5.85	25.58	38.02
cjrod 071	398.00	74.50	10.60	49.76	-2.48	1200.15	62.83	51.97	56.29	13.81	8.59	-17.49	8.69	2.77	16.77
cjrod 081	428.00	62.00	8.25	53.74	-0.69	657.01	46.10		72.83	12.53		-0.20	6.47		15.23
cjrod 091	698.00	79.50	5.77	79.11	2.93	293.53	59.85	210.24	140.60	9.62	0.88	-0.28	8.35	6.16	45.72
cjrod 101	530.00	64.50	6.94	59.36	1.24	510.17		121.48	54.92		4.35	-3.10		3.12	48.95
cjrod 111	592.00	59.50	5.74	58.65	1.50	283.54		358.37			1.57			30.74	
cjrod 121	544.00	58.50	6.14	70.20	1.20	343.79	58.95	119.06		14.74	6.04		7.32	38.00	

Perfil	Extensao horizontal	Extensao vertical	Angulo medio	Va total	Curvatura media	Vc total	Extensao S	Extensao X	Extensao V	Angulo C	Curvatura Y	Curvatura V	Variacao S	Variacao X	Variacao V
cjrod 131	446.00	47.50	6.08	51.23	-0.90	638.22	93.54	55.97	52.74	6.14	12.79	-32.55	1.07	5.69	27.65
cjrod 143	845.00	97.50	6.59	67.01	-1.37	498.08	160.26	110.97	47.11	7.17	7.70	-11.29	9.95	18.01	10.86
cjrod 153	1141.00	82.50	4.14	61.39	-0.24	153.78	132.85		303.58	6.48		-3.19	7.39		19.62
estiv 011	332.00	57.50	9.48	62.40	-5.69	559.00		149.40	47.27		7.94	-79.00		34.09	37.73
estiv 021	378.00	66.50	10.07	84.70	3.26	1368.63	93.22	163.29		9.26	3.72		6.66	31.55	
estiv 031	324.00	67.50	11.88	80.27	-5.39	1229.98	119.66		20.07	12.06		-221.40	8.03		32.84
estiv 041	609.00	72.50	6.79	52.95	-2.42	481.92	167.29	74.85	103.50	6.87	7.56	-0.28	6.26	22.85	33.96
estiv 051	479.00	69.50	8.27	69.35	5.37	210.39	57.01	190.14	64.86	15.25	4.11	-3.39	2.43	45.36	41.71
estiv 062	683.00	85.50	7.14	53.22	2.53	260.64	43.18	246.82		13.39	0.57		9.22	48.61	
estiv 072	508.00	63.50	7.13	65.79	3.47	127.53	111.85	279.21		12.92	2.23		7.95	35.78	
estiv 083	709.00	83.50	6.72	42.15	-0.42	361.93	96.18	186.16	79.55	8.97	3.27	-17.55	8.40	41.48	34.96
estiv 093	1094.00	106.50	5.56	68.63	-0.36	466.07	38.33	185.65	269.44	15.12	2.01	7.76	25.20	47.38	
crpit 011	455.00	73.50	9.20	75.85	5.05	428.15	41.23	174.66		14.04	2.22		0.00	28.60	
crpit 021	522.00	80.50	8.77	56.43	0.10	663.29	30.41	175.27	64.83	9.46	3.76	-16.59	0.00	12.95	46.28
crpit 031	541.00	68.50	7.22	62.63	0.61	514.54	54.92	85.37	113.86	10.49	7.54	-16.22	7.26	37.84	28.44
crpit 041	524.00	71.50	7.78	78.80	2.22	610.18	43.68	246.03	21.42	20.09	2.69	-53.52	8.56	44.66	48.88
crpit 051	680.00	75.50	6.34	68.02	0.57	394.75	34.49	379.38	37.80	16.86	1.30	-28.44	8.60	47.50	8.60
crpit 062	667.00	88.50	7.56	59.35	-0.30	535.67	87.34	205.13	40.30	13.24	3.77	-9.73	9.16	46.88	39.76
crpit 073	648.00	69.50	6.12	47.73	0.47	252.00	47.08	132.89	174.65	12.26	3.43	-6.02	8.46	33.05	47.72
crpit 081	760.00	67.50	5.84	28.51	0.69	126.14	92.54	190.61	85.60	6.29	0.22	-1.19	6.48	48.85	17.47
aghrr 011	366.00	52.50	8.16	29.90	-1.08	483.48		195.68			2.53			49.39	
agpss 011	460.00	51.50	6.39	89.16	-0.17	211.50	94.53		105.77	6.07		-5.10	2.12		19.98
agpss 021	360.00	38.50	5.78	54.08	0.20	363.09	84.60		141.72	6.79		-6.50	9.47		37.43
agpss 031	364.00	64.50	10.65	39.37	0.62	889.66	29.74			19.65			6.61		
agprt 011	57.00	85.50	4.63	50.06	1.99	361.79		892.94			0.60			48.94	
agprt 021	522.00	57.50	6.29	37.67	1.26	194.68	51.98	252.84		11.09	1.66		9.60	38.07	
agprt 031	487.00	70.50	8.24	49.01	1.46	375.56	48.05	137.88		12.01	2.69		2.07	49.77	
agprt 041	369.00	51.50	7.94	34.89	0.53	314.33	47.85			10.84			0.47		
agprt 051	407.00	53.50	7.49	30.66	1.92	281.23	143.41	120.03	68.78	8.02	3.79	-1.98	9.93	24.40	44.97
agprt 061	462.00	58.00	7.15	35.51	0.59	236.92	111.03	100.16	117.00	7.76	1.50	-6.23	9.44	38.71	25.09
agprt 071	474.00	58.50	7.04	38.56	0.33	283.90	152.32	118.43	93.94	7.54	1.79	-9.92	7.56	27.85	6.49
agprt 082	1300.00	99.50	4.39	52.55	0.67	104.89	165.92	870.84		8.67	0.35		8.84	42.12	
agprt 093	453.00	61.50	7.73	56.17	2.72	373.38	77.65	201.33	27.09	7.40	1.92	31.15	3.86	40.16	28.26
agprt 103	534.00	42.50	4.55	29.64	-0.86	86.83	184.61		224.90	4.66		-1.23	8.01		26.66
agprt 113	1104.00	86.50	4.48	45.04	-0.32	100.33		856.36	183.59		0.60	-4.40		41.71	13.99
agprt 123	638.00	68.50	6.13	73.17	-0.99	589.28	45.13	106.11	117.65	12.80	0.58	-22.96	8.82	44.25	15.23
agprt 133	433.00	53.00	7.00	81.68	8.66	197.06		191.72			3.55			28.04	
agprt 141	295.00	44.50	8.58	38.69	0.59	690.49		188.48	43.78		3.10	-28.67		47.23	44.51
chlnd 011	560.00	83.50	8.19	58.46	0.00	652.66	139.45	55.09	44.80	8.25	16.46	-31.56	7.18	34.13	49.53
chlnd 021	522.00	79.50	8.66	46.45	1.83	499.15	87.58	198.35	39.54	6.56	2.01	-25.03	8.00	48.90	28.39
chlnd 031	338.00	59.50	9.98	45.97	3.67	301.20	60.83	143.54	48.20	9.46	8.53	-9.53	9.87	48.73	3.05
chlnd 041	576.00	90.50	8.94	46.66	0.68	668.46	51.00		42.50	11.31		-32.82	7.82		11.76
balmb 011	371.00	36.50	5.62	45.57	0.33	320.22	78.64			7.30			7.63		
balmb 021	374.00	41.50	6.33	55.98	-0.06	414.83	67.74	86.61	98.32	8.49	7.24	-10.71	4.42	34.63	42.22
balmb 031	496.00	45.50	5.24	27.50	1.89	170.13			312.47			-0.11			47.28
balmb 043	579.00	40.50	4.00	47.19	0.46	147.21		115.47	151.75		1.05	-0.93		21.16	29.63
balmb 053	353.00	58.50	9.46	77.32	-0.43	2264.08		132.91	27.37		4.49	-141.10		19.52	101.15
rbvnd 011	479.00	94.50	11.17	52.58	1.41	1068.65	34.49	82.69		16.86	6.85		8.60	38.60	
rbvnd 021	308.00	56.50	10.40	41.69	-0.64	842.33		118.03	32.01		4.82	-45.04		42.37	32.93
rbvnd 031	402.00	65.50	9.29	62.83	-1.42	1139.42	51.98	128.80	125.64	11.09	8.27	-11.13	9.60	36.38	18.01

Perfil	Extensao horizontal	Extensao vertical	Angulo medio	Va total	Curvatura media	Vc total	Extensao S	Extensao X	Extensao V	Angulo S	Curvatura X	Curvatura V	Variacao S	Variacao X	Variacao V
rbvnd 041	307.00	59.50	11.00	67.34	0.98	1198.23		53.05	60.68		16.46	-35.57		17.26	19.31
rbvnd 051	324.00	57.50	10.07	41.22	2.69	377.45	57.87	52.32	45.14	9.95	11.19	-8.38	1.72	22.96	20.90
rbvnd 062	491.00	59.50	6.91	59.37	-0.96	567.34		89.35	203.48		4.90	-3.20		32.75	26.94
rbvnd 072	497.00	63.50	7.28	30.24	1.00	288.01	68.73	75.71		8.37	7.26		2.90	33.60	
rbvnd 082	586.00	64.50	6.28	31.35	0.46	154.05	113.00	92.58	120.55	7.63	4.27	-3.33	4.56	29.53	17.51
fmina 011	416.00	49.50	6.79	41.87	1.21	416.35	184.10	91.30		6.24	6.97		9.63	12.55	
fmina 021	316.00	48.50	8.78	92.78	-4.06	1235.94		138.90	29.59		3.84	-147.30		40.70	20.72
fmina 031	116.00	59.50	8.18	83.81	3.89	656.71	73.69	200.67	15.93	7.80	4.24	-93.09	9.52	46.72	22.94
fmina 042	620.00	69.50	6.40	57.95	-0.82	383.91	110.63		101.44	10.40		-12.13	9.42		23.34