

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO ESTADUAL EM PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO
E METEOROLOGIA - CEP SRM -
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO
CPGSR

**ANÁLISE AMBIENTAL E CARTOGRAFIA DO USO EFETIVO E PREFERENCIAL
DA TERRA EM FEVEREIRO DE 1992, ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO**

Autor: Bernardo Sayão Penna e Souza
Orientadora: Prof^a Dr^a Dirce Maria Antunes Suertegaray

Mesa Examinadora:
Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanchez Ross - USP
Prof. Dr. Carlos Leite Maciel Filho - UFSM
Prof. Dr. Pedro Roberto de Azambuja Madruga - UFRGS

Homologada em
13 de junho de 1996

Prof. Dr. Franz Rainer Semmelmam
Coordenador do CPGSR

Prof. Dr. Vitor Haertel
Diretor do CEP SRM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CENTRO ESTADUAL DE PESQUISAS EM SENSORIAMENTO REMOTO
E METEOROLOGIA - CEPSRM
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO

ANÁLISE AMBIENTAL E CARTOGRAFIA DO USO EFETIVO E PREFERENCIAL
DA TERRA EM FEVEREIRO DE 1992, ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO REMOTO

Bernardo Sayão Penna e Souza
Licenciado em Geografia

Orientadora: Profª Drª Dirce Maria Antunes Suertegaray

Dissertação apresentada como requisito parcial para a
obtenção do grau de Mestre em Sensoriamento Remoto,
Área de Concentração em Geografia Física.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a Dr^a Dirce Maria Antunes Suertegaray, pela orientação desta dissertação, que com sua capacidade, dedicação e amizade, muito contribuiu para a minha formação acadêmica.

Aos membros da banca examinadora, pela análise do trabalho e pelas críticas e sugestões, responsáveis pelo aprimoramento deste.

Ao Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, pela oportunidade de obtenção do título de Mestre em Sensoriamento Remoto.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto pela sua importante contribuição, em especial ao Professor Nelson Amoreti Lisboa, pela amizade, simplicidade e competência e também ao Professor Jorge Ducatti, pela sensibilidade que lhe permite tratar de maneira desigual os desiguais.

A todos os funcionários do Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto, pelo apoio em suas respectivas esferas de atuação.

Aos colegas do curso, pelo apoio constante em todos os níveis.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

Aos colegas professores do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, pelo apoio e incentivo.

Ao Departamento de Engenharia Rural da UFSM, em especial ao professor-amigo Rudiney Soares Pereira, pelo apoio incondicional.

À amiga Ana Luiza (Ziza), pela correção do Português.

Aos amigos Amadeu Jandyra e Denise Favarin, Zeno e, Ana e Evaldo Brandeburske, pela amizade e apoio logístico.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho, muito especialmente à minha mulher Carmen e aos meus filhos Marcus e Fernando, que participaram, passo-a-passo, da longa caminhada na construção do pensamento, aos quais dedico esta dissertação.

**ANÁLISE AMBIENTAL E CARTOGRAFIA DO USO EFETIVO E PREFERENCIAL
DA TERRA EM FEVEREIRO DE 1992, ATRAVÉS DO SENSORIAMENTO
REMOTO^{/1}**

Autor: Bernardo Sayão Penna e Souza

Orientadora: Dirce Maria Antunes Suertegaray

SINOPSE

Foi realizado um estudo sobre a situação ambiental numa micro bacia hidrográfica, utilizando o Sensoriamento Remoto e outras fontes como técnica de obtenção e tratamento dos dados. Com o recurso das classificações de imagens digitais, através de um procedimento não-supervisionado e de outro supervisionado, utilizando, respectivamente os métodos da Distância Euclidiana e da Máxima Verossimilhança, foi identificado o uso efetivo aplicado à terra na data de tomada da imagem, de cujo resultado obteve-se um documento cartográfico que representa o uso antrópico da área. Através da identificação das características físicas locais, com base na interpretação visual dos produtos do Sensoriamento Remoto, imagens TM e fotografias aéreas, e de outras fontes, foi feita a identificação do emprego mais adequado a ser aplicado à terra, a qual gerou um outro documento cartográfico representativo. Do cruzamento das informações contidas nas etapas anteriormente descritas, foi realizada uma análise ambiental da área em estudo, a qual também gerou um mapa temático que a representa.

^{/1} Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, (174 p.), Março, 1996.

ENVIRONMENTAL ANALYSIS AND CARTHOGRAPHY OF ACTUAL
AND PROPOSED LAND USE OBTAINED FROM SATELITE IMAGES
OF FEBRUARY 1992^{/1}

Author: Bernardo Sayão Penna e Souza

Advisor: Dirce Maria Antunes Suertegaray

ABSTRACT

This paper is a study concerning the environmental conditions of a hydrographic microbasin, utilising Remote Sensing and other sources as techniques for obtaining and treating of data.

By means of digital image classifications, by an unsupervised procedure and by another, supervised, using the Euclidian Distance and the Maximum Likelihood methods, respectively, the actual land use on the date of image attainment was identified. This analysis results in a cartographic document that shows the anthropic use of the area. Through the identification of the local physical characteristics based on visual interpretation of remote sensing products, (Landsat 5-TM, aerial photographs and other sources) the identification of more suitable land use types proposed for implementation, was elaborated, yielding another representative cartographic document.

The interpretation of information obtained during the previous stages permitted to realize an enviromental analysis of the area under study, leading to a representative thematic map.

^{/1} Master of Science Thesis, Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Graduate Course in Remote Sensing, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, (174 p.) - March, 1996.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE SÍMBOLOS USADOS	xiii
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	01
1.1- INTRODUÇÃO	01
1.2- JUSTIFICATIVA	03
1.3- OBJETIVOS	04
1.4- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	05
CAPÍTULO 2 - PRESSUPOSTOS TEÓRICO-OPERACIONAIS	08
2.1- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	08
2.1.1- Trabalhos que empregam o SR na análise ambiental	09
2.1.2- Trabalhos que empregam análises numéricas do terreno	13
2.1.3- Trabalhos que realizam o cruzamento do uso atual com as potencialidades locais	15
2.1.4- Outros trabalhos	21
2.2- CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O SR	23
2.2.1- Definição de Sensoriamento Remoto	23
2.2.2- Os tipos de sensores	23
2.2.3- Os sistemas de aquisição de dados	24
2.2.4- A análise dos dados	24
2.2.5- Considerações sobre análise de fotografias aéreas	25
2.2.6- Considerações sobre interpretação de imagens de satélite	28
2.2.6.1- Interpretação visual das imagens de satélite	28
2.2.6.2- Interpretação de imagens digitais	29
2.2.7- Características do sensor TM-Landsat	32
2.2.8- Comportamento espectral de alvos	33
2.2.8.1- As características das bandas TM utilizadas e o comportamento dos alvos nas respectivas regiões do espectro eletromagnético	34
2.2.8.1.1- Banda TM-1	38
2.2.8.1.2- Banda TM-2	40
2.2.8.1.3- Banda TM-3	40
2.2.8.1.4- Banda TM-4	42
2.2.8.1.5- Banda TM-5	43
2.2.8.1.6- Banda TM-7	44
2.2.8.2- As composições coloridas de bandas	45
2.2.8.3- Manipulação de contrastes e filtragens	46
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS	47
3.1- AS ETAPAS DO TRABALHO	47
3.2- AQUISIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	49
3.2.1- Dados de Sensoriamento Remoto	49
3.2.2- Dados Geográficos	50
3.2.2.1- Aquisição e análise dos dados morfométricos	51
3.2.2.1.1- A aquisição dos dados morfométricos	51
3.2.2.1.2- A análise morfométrica da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro	52
a) A divisão da BHSI em sub bacias secundárias e a caracterização da bacia	53

b) A análise linear	57
c) A análise areal	61
d) A análise hipsométrica	65
e) A análise topológica	69
f) A análise topográfica	70
3.2.2.2- A escolha das composições coloridas	75
3.2.2.3- As bandas TM utilizadas nas interpretações visual e digital	80
CAPÍTULO 4- OS RESULTADOS	81
4.1- A INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS IMAGENS TM	81
4.1.1- A interpretação visual das bandas isoladas	81
4.1.2- A interpretação visual das composições coloridas	82
4.2- AS CLASSIFICAÇÕES DIGITAIS	83
4.3- OS RESULTADOS DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA	86
4.4- A INTERPRETAÇÃO DOS DADOS MORFOMÉTRICOS	94
4.5- A INTERPRETAÇÃO DOS DEMAIS DADOS GEOGRÁFICOS	97
4.5.1- A geologia	97
4.5.2- Os solos	99
4.5.3- Relações entre os solos e a litologia	100
4.5.4- A rede de drenagem	102
4.5.5- A topografia	104
4.5.6- Relações entre a geologia, as altitudes e a hidrografia da BHSI	107
4.5.7- O clima	109
4.5.8- A vegetação original	118
4.5.9- Relações entre a vegetação original, os solos e as rochas da BHSI	120
4.6- O USO EFETIVO DA TERRA	121
4.7- O USO PREFERENCIAL DA TERRA	122
4.8- A ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	124
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
APÊNDICE I - Mapa de distribuição das declividades da BHSI	139
APÊNDICE II - Mapa do uso efetivo da terra da BHSI	140
APÊNDICE III - Mapa do uso preferencial da terra da BHSI	141
APÊNDICE IV - Mapa dos impactos ambientais da BHSI	142
APÊNDICE V - Análise morfométrica da BHSI	143
APÊNDICE VI - Análise morfométrica da sub bacia "A"	145
APÊNDICE VII - Análise morfométrica da sub bacia "B"	148
APÊNDICE VIII - Análise morfométrica da sub bacia "C"	151
APÊNDICE XIX - Análise morfométrica da sub bacia "D"	154
APÊNDICE X - Análise morfométrica da sub bacia "E"	157
APÊNDICE XI - Análise morfométrica da sub bacia "F"	160
APÊNDICE XII - Análise morfométrica da sub bacia "G"	163
APÊNDICE XIII - Análise morfométrica da sub bacia "H"	166
APÊNDICE XIV - Análise morfométrica da sub bacia "I"	169
APÊNDICE XV - Análise morfométrica da sub bacia "J"	172

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 01 - Análise linear da BHSI	89
Tabela 02 - Análise areal da BHSI	90
Tabela 03 - Análise hipsométrica da BHSI	90
Tabela 04 - Análise topográfica da BHSI	91
Tabela 05 - Análise topológica da BHSI	93

LISTA DE QUADROS

Página

Quadro 01- Dados geográficos coletados através dos produtos do SR empregados, por metodologia e abordagem	50
Quadro 02- Dados geográficos coletados através de outros recursos que não o SR, suas fontes e a metodologia/abordagem adotada na análise	51
Quadro 03- Padrões de drenagem das sub bacias secundárias	87
Quadro 04- Principais coincidências constatadas entre os solos e as rochas da BHSI	101
Quadro 05- Relação entre rochas, solos e declividades médias das vertentes da BHSI	107
Quadro 06- Quadro comparativo entre as temperaturas médias anuais da região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul	110
Quadro 07- Quadro comparativo entre as temperaturas médias do mês mais quente (janeiro), da região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul	111
Quadro 08- Quadro comparativo entre as médias das temperaturas máximas nos meses de verão da região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul	111
Quadro 09- Quadro comparativo entre as temperaturas máximas absolutas da região da BHSI e das regiões de maior e menor temperaturas máximas absolutas do estado do Rio Grande do Sul	112
Quadro 10- Quadro comparativo entre as médias térmicas do mês mais frio (julho) da região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul	112
Quadro 11- Quadro comparativo entre as médias das temperaturas mínimas diárias nos meses de inverno da região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul	113
Quadro 12- Quadro comparativo entre as ocorrências médias de noites frias ($\leq 0^{\circ}\text{C}$) durante o ano na região da BHSI e nas regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul	113
Quadro 13- Quadro comparativo entre as temperaturas mínimas absolutas da região da BHSI e das regiões de maior e menor temperaturas mínimas absolutas do estado do Rio Grande do Sul	114

Quadro 14- Quadro comparativo entre as ocorrências médias de geadas na região da BHSI e nas regiões de maior e menor médias de ocorrência do estado do Rio Grande do Sul	114
Quadro 15- Coincidências constatadas entre solos, rochas e vegetação da BHSI	120

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01- Situação da área de estudo no RS	05
Figura 02- A bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro	06
Figura 03- O espectro eletromagnético	27
Figura 04- Curvas de resposta espectral dos diferentes tipos básicos de alvos	34
Figura 05- Esquema simplificado do efeito de múltiplas camadas de folhas, na reflectância da vegetação	37
Figura 06- Reflectância das diversas camadas de folhas de algodão	37
Figura 07- Produto fotográfico da imagem na banda TM-1	39
Figura 08- Produto fotográfico da imagem na banda TM-2	40
Figura 09- Produto fotográfico da imagem na banda TM-3	41
Figura 10- Produto fotográfico da imagem na banda TM-4	42
Figura 11- Produto fotográfico da imagem na banda TM-5	43
Figura 12- Produto fotográfico da imagem na banda TM-7	44
Figura 13- As sub bacias secundárias (SB)	53
Figura 14- Produto fotográfico da combinação 3Rx4Gx7B	76
Figura 15- Produto fotográfico da combinação 1Gx2Bx7R	77
Figura 16- Produto fotográfico da combinação 3Rx4Gx5B	78
Figura 17- Produto fotográfico da combinação 3Bx4Gx5R	78
Figura 18- Produto fotográfico da combinação 3Gx5Rx7B	79
Figura 19- Produto fotográfico da combinação 4Bx5Gx7R	80
Figura 20- Produto Fotográfico da classificação supervisionada	85
Figura 21- Produto fotográfico da classificação não-supervisionada	86
Figura 22- A hierarquia fluvial da rede de drenagem	88
Figura 23- Curva hipsométrica da BHSI	93
Figura 24- Curvas hipsométricas das sub bacias secundárias e da BHSI	93

Figura 25- Sub bacias topologicamente analisadas	94
Figura 26- A litologia da BHSI	98
Figura 27- Os solos da BHSI	99
Figura 28- Representação generalizada da relação entre rochas e solos da BHSI .	101
Figura 29- A rede de drenagem da BHSI	102
Figura 30- As sub redes de drenagem da BHSI	103
Figura 31- Perfis longitudinais dos principais canais fluviais da BHSI	105
Figura 32- Perfis topográficos transversais dos canais principais das principais sub bacias que compõem a BHSI	106
Figura 33- Localização dos perfis topográficos	107
Figura 34- Representação generalizada da relação entre geologia, altitudes e hidrografia a BHSI	108
Figura 35- Dados de temperatura da BHSI e dos limites máximos e mínimos do RS	115
Figura 36- Dados pluviométricos da BHSI	117
Figura 37- A vegetação original da BHSI	119

LISTA DE SÍMBOLOS USADOS

SR- Sensoriamento Remoto

ANÁLISE MORFOMÉTRICA

BHSI- Bacia Hidrográfica do Arroio Santo Izidro
SB - Sub bacias secundárias
NS - número de segmentos
MG- magnitude da (sub)bacía
O- ordem dos canais fluviais

Análise linear:

Rb- relação de bifurcação
Rpb- relação ponderada de bifurcação
L- comprimento do canal principal da BHSI e das sub bacias
Lu- soma dos comprimentos dos segmentos fluviais de uma determinada ordem
Lm- comprimento médio dos segmentos fluviais
Lt- comprimento total dos cursos de água
RLm- relação entre os comprimentos médios dos segmentos fluviais
RpLm- relação ponderada entre os comprimentos médios dos segmentos fluviais
RIm- índice do comprimento médio dos segmentos de duas ordens subseqüentes
RpIm- relação ponderada entre os comprimentos médios dos segmentos fluviais
Rlb- relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação
RpIb- relação ponderada entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação
ev- equivalentes vetoriais
Ev- grandeza média dos equivalentes vetoriais
Rev- relação entre os equivalentes vetoriais
RpEv- relação ponderada entre os equivalentes vetoriais
RLE- relação entre o comprimento e o equivalente vetorial dos canais fluviais
Lb- comprimento da bacía
Pb- perímetro da bacía

Análise areal:

- A- área
- Ra- relação entre as áreas das bacias
- Rpa- relação ponderada de área
- Ic- índice de circularidade
- If- índice de forma
- ICo- índice/relação entre o comprimento e a forma da bacia
- Dr- densidade de rios
- Fs- densidade de segmentos
- Dd- densidade de drenagem
- Cm - coeficiente de manutenção

Análise hipsométrica

- Sh- integral hipsométrica
- CM- coeficiente de massividade
- Co- coeficiente orográfico
- Rm- relevo máximo
- Rr- relação de relevo
- Ir- índice de rugosidade
- gc- gradiente dos canais fluviais
- Gc- declividade média dos canais fluviais

Análise topográfica:

- Tt- textura topográfica
- Eps- extensão do percurso superficial
- Gv- declividade média das vertentes
- Dv- desnível médio das vertentes
- Hv- altura da vertente
- Lv- comprimento horizontal da vertente
- LRv- comprimento retilíneo da vertente
- LSv- comprimento da superfície da vertente
- ϕ - ângulo médio da vertente
- ϕ_p - ângulo médio ponderado da vertente
- ϕ_λ - ângulo máximo da vertente
- ID- índice de ruptura do declive
- IRv- índice de retinidade da vertente

CAPÍTULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1- INTRODUÇÃO

Trata esta pesquisa, de uma análise geográfica sobre o impacto ambiental, em curso e/ou em potencial, numa determinada porção do espaço rural do estado do Rio Grande do Sul.

Mais precisamente, constitui-se de uma análise ambiental em uma bacia hidrográfica, em função do uso que o homem faz da terra nesse espaço, com base em dados extraídos de produtos do Sensoriamento Remoto (SR), e de outras fontes.

Na execução do presente estudo, os trabalhos desenvolvidos agruparam-se, basicamente, em três etapas ou fases.

Dessas, a primeira constituiu-se na identificação do uso que o homem, efetivamente faz da terra, naquele local e a segunda constou da identificação da forma mais adequada de uso que a natureza local deveria ser submetida quando da utilização pelo homem, visando expressar a potencialidade de uso da área da bacia com base nas suas características físicas primárias. Já, na terceira etapa, tratou-se de fazer uma análise do impacto ambiental, em curso e/ou em potencial, decorrente do uso da terra face às suas características locais, com base no cruzamento das informações levantadas e em conclusões tiradas nas duas primeiras etapas.

Cada uma dessas etapas gerou um produto cartográfico que a representa. Ou seja, um cartograma foi gerado, correspondendo aos trabalhos da primeira fase, que é o MAPA DO USO EFETIVO (MUE) da terra em fevereiro de 1992; a segunda etapa deu origem a um cartograma que representa o uso ao qual a área poderia ou deveria

ser submetida, denominado de MAPA DO USO PREFERENCIAL (MUP) da terra. E a terceira fase deu origem ao MAPA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS (MIA) da área analisada.

No capítulo 2 desta dissertação (Pressupostos teórico-operacionais) é apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre o tema central da pesquisa e sobre outras áreas do saber a ela ligadas; aparecem também algumas considerações fundamentais para a compreensão do texto, uma vez que tratam-se de conceitos, princípios e características referentes, não só à técnica (SR) empregada, como também aos demais temas envolvidos.

São apresentados inicialmente algumas definições de SR, os tipos de sensores existentes e os sistemas de aquisição de dados, além das formas como, em SR, se analisam esses dados coletados. Aparecem também, importantes considerações sobre análises de fotografias aéreas e de imagens de satélite.

Também são apresentadas as características do sensor utilizado, além de princípios de radiometria e de comportamento espectral de alvos, em geral e em cada uma das bandas empregadas, assim como nas combinações coloridas de bandas.

Considerações sobre avaliação de impactos ambientais são igualmente tratadas nessa parte do trabalho.

No terceiro capítulo (Materiais e Métodos) da pesquisa trata-se de expor os métodos e as técnicas de obtenção e tratamento dos dados, passando por uma descrição mais detalhada dos três principais cartogramas, descrevendo a aquisição, propriamente dita, dos dados necessários à pesquisa.

Expõe-se aí, as formas de aquisição e análise dos dados de SR e dos outros dados, denominados "Geográficos", os quais se dividem em dados morfométricos, de uso da terra, de cobertura vegetal, litológicos, pedológicos e climáticos. Os dados morfométricos são ainda divididos em dados lineares, de área, hipsométricos, topológicos e topográficos.

Ainda nesse capítulo são definidas as bandas TM utilizadas e as respectivas combinações coloridas empregadas, bem como o processo de seleção de bandas. Os materiais e equipamentos utilizados na pesquisa são apresentados também nesse capítulo.

O quarto capítulo (Os Resultados) expõe os resultados das interpretações visual e digital dos produtos do Sensoriamento Remoto, além dos resultados da análise morfométrica e da interpretação destes e dos demais dados geográficos. Aparecem aí as descrições analítico interpretativas dos Mapas do Uso Efetivo, do Uso Preferencial e dos Impactos Ambientais.

Na Conclusão procura-se dar um final à dissertação, fazendo uma síntese dos resultados obtidos e uma avaliação dos métodos e das técnicas empregados.

Por fim, na sexta parte procurou-se elencar todas as obras e títulos consultados para a elaboração desta dissertação.

1.2- JUSTIFICATIVA

Uma pesquisa que se proponha a realizar uma análise do impacto ambiental numa determinada porção da superfície terrestre deve levar, obrigatoriamente, em consideração os vários elementos/fatores que determinam um estado de equilíbrio do ambiente analisado.

Considerando que a degradação do meio ambiente se dá pela forma como o homem interfere na natureza, é necessário fazer-se um estudo que se preocupe com o tipo de uso que o homem local faz da superfície que ocupa, além de considerar os mais diversos fatores naturais que facilitam ou dificultam a ação desse homem no seu processo de extração dos recursos necessários à sua manutenção enquanto ser biológico e social.

Portanto, um trabalho de tal envergadura deve fazer um levantamento das características físicas do local para, uma vez identificadas as suas potencialidades, poder confrontá-lo com o uso humano da área.

Como características físicas do local foram consideradas: a litologia e os solos do lugar, bem como o clima e a morfologia, no que se refere às formas do relevo, além da sua hidrografia e da sua cobertura vegetal original.

Foi escolhida uma bacia hidrográfica como unidade de análise e não outra, como quadrículas, municípios, propriedades rurais, etc, porque a bacia hidrográfica constitui-se numa área delimitada pela própria natureza e não imposta pelo homem, a menos que este, direta ou indiretamente, modifique o relevo da bacia. Além disso, a bacia hidrográfica presta-se a uma análise sistêmica, uma vez que nela podem ser identificados com facilidade, os elementos e as propriedades de um sistema, que são as suas unidades (a rede de canais, as vertentes, a água, etc), a relação entre seus elementos ou unidades, os atributos de cada um deles, a entrada e a saída de matéria (água e detritos) e energia (gravidade, deslocamentos de água e detritos). (CHRISTOFOLETTI, 1979)

Outra característica da bacia hidrográfica é o fato de que a água que sobre ela precipita, corre, invariavelmente, para um mesmo ponto, que é a foz do seu rio principal, exceto para o caso de bacias criptorreicas (ou subterrâneas).

Esse limite natural da bacia hidrográfica é uma linha que a separa das outras bacias vizinhas, é a linha limite a partir da qual a água oriunda das precipitações passa a correr, em função da força gravitacional, em direção aos canais que compõem a sua rede de drenagem. Essa linha, segundo GUERRA (1980), chama-se "divisor de águas" e é por ele definida como a "linha separadora das águas pluviais".

A bacia hidrográfica é, portanto, uma unidade de análise sugerida pela própria natureza, razão pela qual foi adotada neste trabalho de análise ambiental.

1.3- OBJETIVOS

Tem como objetivos: (1) elaborar uma caracterização detalhada da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro, passando pela determinação de índices morfométricos e pela descrição/análise das suas principais características físicas; (2) registrar e analisar o uso efetivo que vem sendo dado à terra, nos seus aspectos

relevo, solo, hidrografia e vegetação, a fim de traçar o perfil da área em estudo, em função do seu uso efetivo; (3) identificar os problemas ambientais decorrentes do uso aplicado à terra na área analisada e verificar a degradação do meio ambiente local, causada pela utilização inadequada da terra; (4) prever os rumos, em termos de degradação, do meio ambiente analisado, mais particularmente a aceleração do processo erosivo, a qual se fará refletir nas formas do relevo, no empobrecimento do solo através da perda de camadas férteis e, no comprometimento do escoamento superficial e sub superficial da água; (5) gerar subsídios que permitam propor normas e procedimentos capazes de corrigir, inibir e/ou evitar a degradação futura do meio ambiente em questão.

Pretende-se ainda, que o trabalho constitua-se num estudo capaz de ser extrapolado para outras bacias e que possa servir de subsídio para atividades de planejamento regional, podendo também ser mais um documento básico/introdutório sobre o SR, voltado a estudantes do 3º grau.

1.4- CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área-alvo da presente pesquisa localiza-se na porção centro-norte do estado do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma bacia hidrográfica da margem direita do rio Jacuí, situada no seu alto curso (ver figura 01).



Figura 01- Situação da área de estudo no RS.
Organizada por: Bernardo Sayão Penna e Souza

Denominada de Bacia Hidrográfica do Arroio Santo Izidro (BHSI), está localizada à margem direita do reservatório de Passo Real, no município de Cruz Alta, a aproximadamente 40 Km a sudeste da sede do mesmo. Mais precisamente, num trecho da divisa entre os municípios de Cruz Alta e de Fortaleza dos Valos e, compreendida entre as linhas identificadas pelas coordenadas geográficas dos pontos de $28^{\circ}49'$ e $28^{\circ}56'$ de latitude sul e os de $53^{\circ}17'$ e $53^{\circ}28'$ de longitude oeste. Possui uma extensão superficial total de 14.945,3105 Ha (ver figura 02).

O arroio Santo Izidro é afluente do rio Ingaí, que deságua no rio Jacuí, através do reservatório de Passo Real, a aproximadamente 10.000 metros deste.

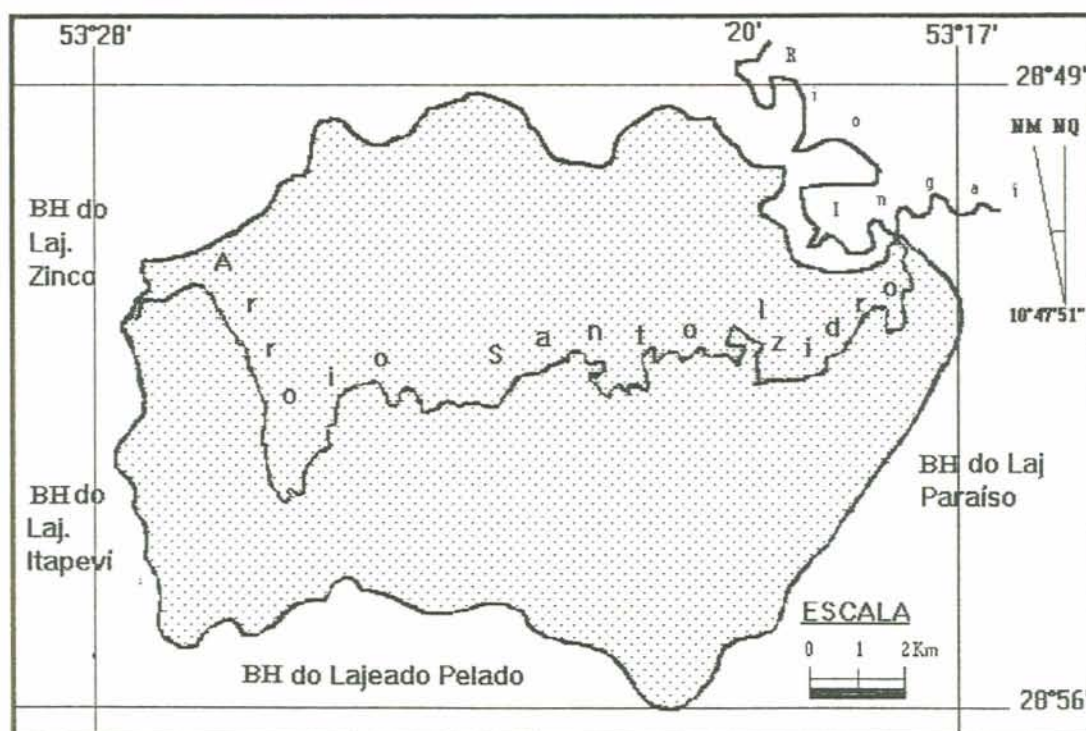


Figura 02- A bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
Organizada por: Bernardo Sayão Penna e Souza

Delimita-se ao norte com a bacia (sem nome conhecido) de um afluente do rio Ingaí; no lado ocidental, com a bacia do Lajeado do ZINCO (no noroeste) e com a bacia do Lajeado ITAPEVÍ (no sudoeste); ao sul, com a bacia do Lajeado PELADO; e em sua face oriental, com a bacia do Lajeado PARAISO (a sudeste) e com mais duas bacias de afluentes menores do rio Ingaí (mais para nordeste).

O arroio Santo Izidro, em alguns documentos, como é o caso da carta topográfica de escala 1:50.000 (SH.22-V- da Diretoria de Serviço Geográfico do Ministério do Exército - DSG, é denominado também de LAJEADO DOS PORCOS.

CAPÍTULO 2

PRESSUPOSTOS TEÓRICO-OPARACIONAIS

Este capítulo acha-se dividido em duas partes bastante distintas. A primeira trata-se de uma revisão bibliográfica que justifica a presente pesquisa, relacionando títulos que têm grande afinidade com o tema desta dissertação, que é a identificação e a avaliação de recursos naturais com fins de monitoramento e planejamento, através do Sensoriamento Remoto.

A segunda parte, chamada de considerações sobre o Sensoriamento Remoto, objetiva instrumentalizar o leitor sobre o Sensoriamento Remoto, que é a técnica empregada para a análise ambiental proposta.

2.1- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O emprego do Sensoriamento Remoto como técnica para o trato de questões ambientais vem-se intensificando a cada dia, não apenas com relação à quantidade de trabalhos que se verificam mas, principalmente, com relação à quantidade crescente de profissionais das mais variadas áreas do conhecimento, ligadas às questões ambientais, que incorporam-se ao contingente de usuários do Sensoriamento Remoto.

A avaliação e o monitoramento dos recursos naturais é uma preocupação que deve estar presente em todas as áreas, principalmente naquelas que têm suas atividades ligadas ao meio físico, como é o caso da Engenharia Civil, da Arquitetura, da Agronomia, da Geologia, da Geografia e outras, assim como das administrações públicas e privadas.

Uma prova disso são os inúmeros trabalhos apresentados em congressos e simpósios, não apenas de Sensoriamento Remoto, mas de Geografia Física, de Solos, de Geologia, e tantos outros, de áreas ligadas à terra.

Alguns desses trabalhos são a seguir destacados por possuírem uma identidade maior com o tema adotado nesta pesquisa, que é a avaliação das condições ambientais numa perspectiva sistêmica, envolvendo a descrição e a análise integrada das características físicas e aptidões da área analisada, confrontadas com o emprego efetivo verificado. Essa descrição/análise constitui-se da identificação das características geológicas, pedológicas, climáticas, de cobertura vegetal original e morfométricas, seguida da identificação da aptidão da terra, particularmente no que se refere ao uso com fins agropastoris.

2.1.1- Trabalhos que empregam o SR na análise ambiental

SHIVA PRASAD, et al (1990) realizaram um estudo que procura identificar os solos e os recursos terrestres através do emprego de imagens do satélite Landsat-4, na Índia, na escala de 1:250.000.

Geraram mapas de solos, de recursos naturais e de capacidade (aptidão) da terra, onde identificaram áreas adequadas à agricultura, horticultura, florestas, pastagem e outros usos.

MANIÈRE; CHAMIGNON & COURBOULES (1990) realizaram um estudo sobre a performance do sensor TM do Landsat aplicado à cartografia de ocupação do solo, aparecendo as bandas TM 3, 4 e 5 como aquelas que melhor se prestaram após uma classificação não-supervisionada. Entretanto, revelaram que as bandas TM 3, 5 e 7 são aquelas que apresentam as mais fortes combinações absolutas.

Foram distinguidas sete entidades cartográficas, que correspondem aos domínios temáticos seguintes:

"Código 01- domínio natural (fraca reflectância. Zonas clorofiladas);

Código 02- domínio marinho (águas túrbidas) e poucas informações terrestres;

Código 03- domínio terrestre (forte reflectância: urbano, solos nús);

Código 04- domínio terrestre (zonas agrárias);

Código 05- domínio terrestre (zonas artificiais: solos nús e bacias agrícolas);

Código 06- domínio terrestre (zonas artificiais: solos nús e bacias agrícolas puras;

Código 07- domínio marinho.

Realizaram uma classificação não-supervisionada para otimizar a classificação supervisionada ulterior e concluíram que "a análise das reflectâncias médias dos diferentes temas individualizados dentro dos canais TM permite seleccionar entre as bandas espectrais, as mais apropriadas à cartografia de ocupação do solo". Sendo que as bandas 1 e 2 não ofereceram boa separação espectral entre os diferentes temas; as bandas 2 e 3 apareceram espectralmente muito próximas uma da outra e as bandas 4, 5 e 7 apresentaram uma boa separação entre os diferentes temas. As classificações realizadas foram feitas, usando a combinação 3 , 4 e 5.

CASTRO (1993) fez, através do Sensoriamento Remoto, uma identificação de áreas de risco, em termos de escorregamentos decorrentes da ocupação humana em áreas impróprias e conseqüente elaboração do mapa representativo.

Uma caracterização ambiental do Distrito Federal foi elaborada por FISCHER; ROSA; NATAL & NASCIMENTO (1993), onde, dado à complexidade de se analisar detalhadamente uma área relativamente grande, foi adotada uma bacia hidrográfica como área-piloto. A metodologia resume-se ao cruzamento de dados físicos e de ocupação da terra; a identificação de tais dados se deu através da interpretação de produtos do Sensoriamento Remoto.

JACOBS; MAXIMIANO & IHLENFELD (1993) elaboraram uma pesquisa que trata da identificação do uso atual do solo através do uso do Sensoriamento Remoto, havendo a preocupação de cruzar as informações de uso da terra com dados de declividade que, relacionadas à suscetibilidade à erosão geraram conclusões sobre a adequação do emprego aplicado à terra.

A identificação da ocupação humana em áreas de risco no espaço urbano foi realizada por LOPES; SILVEIRA & LOCH (1993), utilizando imagens de satélite, na forma do produto fotográfico, originado da combinação das bandas TM 3, 4 e 5, datada de 1990.

MAZZOCATO; TURRUSIO & MAKOWIECKI (1993) realizaram um trabalho de integração das metodologias visual e digital, que se assemelha ao nosso por essa característica, onde a análise digital complementa (ou confirma) a identificação visual e vice-versa.

ARIMA, et al (1993), tendo como consultor ROSS, J. L. S., realizaram um estudo sobre o uso do solo que gerou um "mapa de vegetação natural/uso do solo", a partir de imagens TM, num produto fotográfico originado pela combinação colorida das bandas TM 3, 4 e 5, na escala de 1:100.000 e de dados contidos nos mapas do projeto RADAMBRASIL.

Outro trabalho bastante semelhante a esta dissertação, é o realizado por AZEVEDO, et al (1993), onde, além da utilização das imagens TM, foi empregada uma metodologia semelhante pois são identificadas algumas características físicas da área, tais como solos e clima e, cruzados com as informações coletadas a partir de interpretação visual de imagens de satélite, na escala de 1:100.000.

LIMA & LIMA (1993) realizaram um trabalho que se preocupa com a identificação e o mapeamento da cobertura vegetal. Utilizam, como metodologia, basicamente a análise visual da combinação colorida das bandas TM 2, 4 e 5.

MENDONÇA SANTOS & BROWN (1993) empregaram as interpretações visual e digital na identificação das formas de uso da terra, utilizando imagens TM em produto fotográfico e em fita magnética, respectivamente.

SOHN & MENDONÇA (1993), através de imagens TM na escala de 1:250.000, fizeram a identificação do uso atual da terra através da sobreposição de mapas temáticos extraídos das imagens, para o estado do Paraná.

MAXIMIANO (1993) utilizou a interpretação visual de imagens TM, numa combinação colorida das bandas 3, 4 e 7 e outras fontes, tais como mapas

geológicos, de solos e cartas topográficas para delimitar unidades ambientais no estado do Paraná, cruzando dados de Sensoriamento Remoto com dados geomorfológicos.

MENDONÇA SANTOS, et al (1993) utilizaram imagens TM para identificar o uso da terra no Paraná, cruzando com informações de outras fontes, tais como a carta topográfica.

Num estudo de caso, SHIMABOKURO, et al (1993), ao aplicarem técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG para o estudo de micro bacias, trabalharam além dessas técnicas, com dados de declividades, mobilidades e tipos de solo, ficando delineadas áreas com maior ou menor suscetibilidade à erosão com referência para o zoneamento e identificação de áreas problemáticas, quanto ao uso da terra.

GAMA & JUSTUS (1993) desenvolveram um trabalho de identificação do uso da terra através de imagens TM, utilizando a combinação colorida de três bandas, gerando produtos cartográficos, os "Mapas de Suscetibilidade e Qualidade Ambiental da Região Sul".

SUERTEGARAY, et al (1993) realizaram uma análise do Parque Estadual do Delta do Jacuí, relativa à sua dinâmica ambiental, ocupação e propostas de gerenciamento, empregando a análise de imagens digitais-TM.

CARVALHO (1993) realizou um mapeamento da cobertura vegetal através de uma análise visual de um produto fotográfico da combinação colorida das bandas TM 3, 4 e 5.

Uma outra tentativa de identificar os impactos ambientais decorrentes da ação antrópica em uma bacia hidrográfica foi realizada por SOUZA, et al (1993), num trabalho que procura mostrar os impactos causados pelo homem no alto curso do Ribeirão das Perdizes, em Campos do Jordão, SP.

FRANZONI, et al (1993) mostram resultados obtidos com a utilização do classificador "Distância Euclidiana", para o mapeamento do uso do solo em uma bacia hidrográfica, na realização de uma classificação supervisionada.

FIGUEIRA, et al (1993) utilizaram imagens TM para mapeamento temático da identificação e qualificação do uso e da ocupação do meio físico. A identificação da cobertura vegetal foi feita através da interpretação visual de imagens compostas por três bandas TM.

2.1.2- Trabalhos que empregam análises numéricas do terreno

Outro aspecto importante que cabe ressaltar aqui, é o fato de que muitos trabalhos que tratam da ocupação da terra, além da identificação do uso propriamente dito, estabelecem uma análise cujo objetivo é caracterizar numericamente ou morfometricamente o relevo sob o qual ocorre a ocupação humana em análise.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980) "os estudos relacionados com as drenagens fluviais sempre possuíram função relevante na Geomorfologia e a análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre".

Nessa obra, faz uma descrição detalhada de uma análise morfométrica que tenta dar conta de aspectos lineares, de área, hipsométricos e topológicos de bacias hidrográficas.

Em outra obra sua (CHRISTOFOLETTI, 1970), são vistos com mais detalhes a maioria dos índices propostos na obra anteriormente citada.

Outros autores também adotam análises numéricas para representar e caracterizar quantitativamente aspectos físicos de bacias hidrográficas, como é o caso de VILLELA & MATTOS (1975), a que denominam de "características físicas de uma bacia hidrográfica" e DOORNKANP & KING (1970).

ROSS (1990) também estabelece uma análise numérica da paisagem, onde determina alguns índices significativos ao tratar da "análise do relevo aplicada ao planejamento ambiental".

TAVARES & QUEIROZ (1981), ao realizarem uma análise geomorfológica de uma bacia hidrográfica também se preocuparam com a determinação de índices que representem certos aspectos físicos do espaço.

Outro trabalho de pesquisa que analisa dados morfométricos em bacias hidrográficas foi elaborado por SAADI & SOUZA (1993). Com o objetivo de "mostrar que a compartimentação geomorfológica e a organização da rede de drenagem expressam o resultado de uma evolução morfodinâmica controlada pela atividade tectônica cenozóica".

"A análise morfológica foi apoiada por perfis topográficos cruzados", levando em consideração critérios de altitude e grau de dissecação e "a análise da hidrografia foi baseada em critérios de hierarquia dos cursos de água, geometria das bacias, padrão e densidade de drenagem e anomalias maiores".

Concluem dizendo que "a nível regional é possível uma compartimentação baseada na associação de características morfoestruturais e hidráulicas".

SANCHEZ, et al (1993) realizaram um trabalho em que consideram a construção de cartas morfométricas como uma técnica muito importante, utilizada por geomorfólogos, no planejamento ambiental, pois consideram-nas como "documentos que permitem uma análise quantitativa dos atributos do relevo", sendo estas, "utilizadas na identificação de áreas de suscetibilidade ao uso antrópico".

Concluem que a interação de dados fornecidos por "cartas de dissecação vertical, cartas de dissecação horizontal e cartas de declividade de uma área permite a elaboração de cartas de energia do relevo".

A determinação de unidades geotécnicas e de capacidade de uso da terra, considerando como principal limitação ao uso da terra, a suscetibilidade à erosão é uma pesquisa apresentada por SALOMÃO & QUEIROZ NETO (1993). Trata do uso da noção de "unidades morfopedológicas", "que constitui a porção do território onde coexistem unidades geomorfológicas e de solos correspondentes". Essas unidades morfopedológicas são caracterizadas "a partir de processos complexos de

morfogênese e de pedogênese associados uns em relação aos outros", gerando unidades de capacidade de uso.

CHRISTOFOLETTI & TAVARES (1976) realizaram um trabalho de análise de vertentes, com base na determinação de perfis longitudinais, com o objetivo de verificar a relação existente entre a declividade das vertentes e a litologia.

Sobre cartas de declividade, (SANCHEZ, 1993) diz que são de grande importância para pesquisas que envolvem questões ambientais. Deixa claro que as cartas de declividades devem ser elaboradas a partir de cartas topográficas e faz considerações importantes sobre a sua construção, principalmente na delimitação das diferentes classes de declividades nas diversas partes do terreno.

2.1.3- Trabalhos que realizam o cruzamento do uso atual com as potencialidades locais

Trabalhos que têm por característica o cruzamento do uso atual com as potencialidades ou características físicas locais também são numerosos.

Segundo CHRISTOFOLETTI, et al (1993), "Os processos de desenvolvimento e ocupação do espaço pela atividade humana têm desencadeado uma necessidade crescente de estudos de elementos da paisagem que subsidiem a elaboração de planos ordenadores da relação homem/natureza, a fim de ser minimizada a degradação ambiental".

Objetivando "a caracterização da Energia do Relevo da Micro Bacia do Rio Corumbataí, através da análise de seus atributos morfométricos", realizaram um trabalho de determinação da morfometria do relevo da média bacia do rio Corumbataí.

Concluem dizendo que "a caracterização morfométrica do relevo fornece subsídios ao planejamento do uso do solo ordenando as intervenções antrópicas, de modo a minimizar os impactos". Consideram importante, "a análise conjunta dos elementos da paisagem tais como a geologia, o solo, a vegetação e o clima para se

obter um zoneamento adequado das bacias hidrográficas". Adotaram a classificação climática de Köppen.

Baseado na metodologia de AB SABER e apoiado em trabalho de campo e análise morfométrica, WERLE (1993) realizou um estudo geomorfológico da bacia do rio Comandáí.

A percepção da paisagem como um todo, com base na metodologia adotada levou o autor à "definição de uma compartimentação geomorfológica e à detecção dos setores da paisagem com problemas de degradação ambiental perpetrada com um intenso uso agropastoril".

Segundo AB SABER, de acordo com WERLE, três níveis de tratamento são adotados para a análise dos problemas geomorfológicos da área, que são 1) reconhecimento da compartimentação topográfica, 2) análise da estrutura superficial e 3) análise da fisiologia da paisagem, pela observação dos processos morfoclimáticos atuantes, aliados à ação do homem.

Além do emprego da metodologia acima descrita, WERLE realizou um controle de campo e uma análise morfométrica da área. A definição da compartimentação foi feita com base nas conclusões do trabalho de campo, análise das cotas, análise dos perfis topográficos e análise morfométrica, e teve como resultado, a divisão da área nas seguintes classes: 1) Planície de inundação e vertentes de baixa declividade, 2) Vertentes de alta e média declividade, 3) Colinas e topos quase planos e vertentes de suave declividade.

GOULART & ROSS (1993) desenvolveram uma análise do meio físico, avaliando a apropriação do meio pela sociedade. Integrando os dados obtidos, os autores sistematizaram as informações levantadas "de forma a obter um produto sintético sobre possíveis problemas ambientais".

Segundo os autores, "a distribuição e a tipologia do relevo, assuntos pertinentes aos geomorfólogos, constituem-se em parâmetros indicativos eficientes para a avaliação das relações entre o substrato geológico e a dinâmica superficial do solo. Os processos morfodinâmicos aparentes em cada perfil da vertente, associado

às diversas intervenções promovidas pelo homem, refletem com clareza quais são as áreas mais e as menos suscetíveis às várias formas de ocupação".

Tal observação justifica parcialmente a nossa proposta de trabalho, apesar deste ser um trabalho no meio rural e não urbano.

ROSS, VASCONCELOS & BEZERRA (1993) elaboraram um diagnóstico de município através de estudos integrados dos meios físico-biótico e sócio-econômico, representando uma definição ecodinâmica através de uma carta geomorfológica e de uma carta ecodinâmica, passando pela elaboração de produtos cartográficos intermediários tais com uma carta hipsométrica e uma carta de declividades. A partir do cruzamento de dados de fragilidade natural do relevo, a área foi dividida em unidades ecodinâmicas.

CANIL & ROSS (1993) elaboraram uma "análise das relações do meio físico e os aspectos sócio econômicos", cujo produto final é uma carta síntese, denominada CARTA DAS DERIVAÇÕES AMBIENTAIS e que constitui-se num documento que aponta os riscos ambientais potenciais e emergentes. Para a conclusão do referido trabalho, foram elaborados três produtos fundamentais, uma carta clinográfica (que mostra as declividades do local), abrangendo três classes de declividade (menores do que 5%, entre 5% e 20% e entre 20% e 30%), uma carta de uso e ocupação do solo, com base em fotointerpretação e uma carta das derivações ambientais, que é o cruzamento das informações contidas nos dois documentos cartográficos anteriores.

Um estudo que "propõe uma análise integrada do meio físico-biótico e do meio sócio-econômico e utiliza a Cartografia como instrumento de apoio para se implementar a análise e representar a síntese" é apresentado por ROSS & MOROZ (1993), baseada na metodologia de LIBAULT (1971), que trata dos quatro níveis da pesquisa geográfica. Refere-se à problemática da expansão urbana e ocupação de locais impróprios, no município de São Paulo. Trata-se de um diagnóstico ambiental que gerou uma Carta de Derivações Ambientais, referente ao mau uso e ocupação do solo em confronto com a legislação vigente.

ROSS et al (1993) tratam da questão da abordagem geográfica no planejamento ambiental, onde defendem a necessidade de conhecer as potencialidades naturais e confrontá-las com o uso da área.

Com o objetivo de descrever a organização espacial de unidades morfológicas no terreno, FERNANDES, SANTOS & SANTO (1993) elaboraram uma carta síntese onde distinguem-se as principais unidades de relevo, considerando, principalmente, os níveis altimétricos e a ação antrópica em cada unidade.

NASCIMENTO & PODESTÀ FILHO (1993) realizaram um trabalho que trata da elaboração de uma carta de risco, que "é um documento que tenta sintetizar alguns dos principais atributos do meio físico", com o objetivo de "analisar as situações de risco nas diferentes unidades homogêneas definidas na carta". Trata-se de uma divisão da área em unidades de risco, com base nos principais problemas verificados na área.

Um outro exemplo de síntese os impactos ambientais é o trabalho de ARGENTO & BRAGANA (1993) onde são detectados e listados os impactos, negativos e positivos, e apresentadas sugestões para o controle ambiental.

BARROS, et al (1994) realizaram uma análise morfométrica abordando os aspectos linear, de área e hipsométrico, que serviu para demonstrar restrições existentes quanto ao uso e utilização do solo.

Diagnóstico ambiental e macrozoneamento, realizado através de uma análise de bacia hidrográfica, tendo como fonte dos dados, a fotointerpretação, a interpretação de imagens de satélite e trabalhos de campo é uma pesquisa realizada por GARCIA & GIOMETTI (1993).

Nesse trabalho, os autores partem para estudos setorizados do sistema maior, sendo cartografados os compartimentos e registrados os elementos/atributos numa escala de 1:100.000. Sua abordagem sistêmica e o emprego de técnicas diferenciadas ratificam e justificam nossa pesquisa em relação à escala adotada e em relação à unidade de análise adotada (micro bacia hidrográfica).

Um trabalho sobre a degradação do solo, analisando "as transformações do sistema pedológico ligadas à compactação, comparando a organização do solo em superfície em relação ao solo em profundidade" é apresentado por KERTZMAN & QUEIROZ NETO (1993).

Analisa uma área com declividades inferiores a 2%, cujo substrato é formado por basaltos da formação Serra Geral da bacia do Paraná. Trata-se de um latossolo roxo que, submetido a um uso agrícola intensivo com utilização não planejada de irrigação apresenta riscos importantes de perda de produtividade e de destruição do solo e do meio ambiente.

QUEIROZ NETO (1993) considera que existe uma relação entre pedologia e geomorfologia, entretanto esclarece que "nem sempre se pode estabelecer, mesmo de forma simplificada, uma relação direta entre tipo de solo e superfície de erosão".

Segundo BOREST (1993), o Código florestal (lei 477/65, alterada para 7083/89) no seu artigo 2º, alíneas a, c, d, e, g prevê que "são áreas de preservação permanente a faixa de 30 m ao longo dos rios ou dos cursos de água com menos de 10 m de largura; as nascentes, ainda que intermitentes, e os "olhos de água", qualquer que seja a sua situação topográfica em um raio de 50 m de largura; o topo dos morros e montes; suas encostas ou parte destas com declividade superior a 45° nas bordas da chapada "

Pode-se notar que as unidades de preservação ambiental foram estabelecidas com base na suscetibilidade à erosão, principalmente; com preocupações também no que diz respeito à contaminação dos cursos de água e áreas de afloramento do lençol freático.

Com o objetivo de "determinar a compartimentação morfológica, para subsidiar os estudos sobre a vulnerabilidade morfodinâmica das vertentes da bacia do rio Tijuco", BACCARO, et al (1993) realizaram um trabalho onde "foram identificadas cinco unidades morfológicas: 1) colinas de vertentes levemente convexizadas, sobre latossolos vermelhos e com declividades de 5°(11%) a 15°(33,33%), sendo essa classe a de maior vulnerabilidade; 2) rampas côncavas

coluviais, situadas a jusante das colinas com vertentes levemente convexas, com inclinação de 3°(6,66%) a 7°(15,55%); 3) relevos residuais (morros testemunhos); 4) esporões (níveis mais rebaixados em prolongamento aos relevos residuais) e 5) planícies aluvionares.

FRANCISCO & SANTOS (1993) realizaram um estudo cujo objetivo é "mostrar as conseqüências pedológicas provocadas pelo desmatamento".

Um outro trabalho que visa avaliar a suscetibilidade de erosão das terras de uma bacia hidrográfica, foi elaborado por MACIEL E LUIS (1993) onde foi empregada a equação universal de perdas de solo de WISCHMEIER e SMITH, com algumas adaptações, e utilizados como fonte de informações, mapas de escala pequena como é o caso dos mapas temáticos (mapa exploratório de solos) do projeto RADAMBRASIL (1986), em escala original de 1:1.000.000, ampliados para 1:100.000.

MACIEL FILHO & CABRAL (1993) realizaram uma pesquisa com o "objetivo de realizar um levantamento quantitativo dos locais suscetíveis à erosão na micro bacia do Areal Grande, bem com as suas características morfológicas e de ocupação", partindo do princípio de que as áreas destinadas ao uso primário de produção exige um conhecimento prévio das condições físicas e ambientais na tentativa de avaliar possíveis expectativas quanto à resposta dos diferentes ambientes naturais".

Tratou-se de um trabalho que empregou a fotointerpretação como uma das técnicas de coleta de dados.

As classes de declividade adotadas foram as estabelecidas pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (SERVIÇO DE CONSERVACION DE SUELOS, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS DE LA AMÉRICA, Manual de conservacion de suelos, México: Linusa-Wiley, 1973, 69p.), que são: Classe I, declividades menores do que 5%; Classe II, entre 5% e 12%; Classe III, entre 12% e 25%; Classe IV, entre 25% e 35%; e Classe V, com declividades superiores a 35%.

Os pesquisadores do IPT, CANIL & IWASA (1993) também realizaram pesquisa que trata da ocupação do solo pelo homem e suas conseqüências ambientais, nele afirmam que "os processos de erosão são mais importantes no que diz respeito ao comprometimento do uso e ocupação do solo nas suas variadas formas e aos seus impactos, diretos ou indiretos, estes representados pelo assoreamento das drenagens". Nele "é apresentado um diagnóstico dos processos erosivos e de sedimentação, que indica as sub bacias críticas, de modo a dar prioridade ao tratamento e controle de tais áreas através de medidas corretivas e preventivas".

É um projeto que abrange 200.000 Ha, com treze municípios. "A metodologia adotada para a elaboração do diagnóstico dos processos de dinâmica (erosões e depósitos) está baseada no número de ocorrência dessas feições e seu impacto (qualitativo e relativo)". Os tipos de feições erosivas e os depósitos foram identificados por fotointerpretação.

2.1.4- Outros trabalhos

Outros trabalhos trazem outras contribuições para a realização desta pesquisa, como é o caso dos abaixo relacionados.

MARTINELLI (1993) aborda a questão do caráter ambientalista que assume a Geografia Física, quando introduz a ação antrópica como um componente do meio natural, uma vez que a introdução da ação do homem no meio natural impõe a necessidade de compreender a organização social e suas relações com a natureza, o que dá à Geografia Física esse caráter.

Outro aspecto significativo dessa pesquisa é a evidência da importância da representação cartográfica a representar a interação dos aspectos sociais e naturais. Faz referência ainda à questão da escala com relação à cartografia geomorfológica e considerações importantes sobre esta e sobre as cartografias hidrográfica e biogeográfica.

FRANCISCO (1993) ao fazer proposições metodológicas aplicadas à pesquisa em Geografia Física nos remete à possibilidade de adotar-se uma abordagem sistêmica para a análise de uma unidade espacial, podendo ser delimitada em qualquer escala, com base no conceito de Geossistema, proposto por CHRISTOFOLETTI, que diz que "os geossistemas são caracterizados pela combinação de fatores geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e pedológicos, cuja exploração biológica é representada pela cobertura vegetal, fauna e atividade antrópica".

Faz referência às "abordagens ambientalistas, Ecodesenvolvimento e Desenvolvimento Sustentado que tratam dos problemas ambientais decorrentes das relações desenvolvimento econômico e meio ambiente", entendendo Ecodesenvolvimento como "a necessidade de se utilizar os recursos naturais de cada ecossistema de forma racional pelas populações locais" e Desenvolvimento Sustentado como "formas de harmonização entre o desenvolvimento econômico e a conservação dos recursos naturais".

LAPOLLI; ALVES & BARCIA (1993), realizaram uma comparação entre vários métodos de classificações de imagens digitais, onde analisaram os métodos de classificação supervisionados disponíveis no SITIM-150: Distância Euclidiana, Máxima Verossimilhança e Método do Paralelepípedo, usando uma imagem SPOT.

NASCIMENTO & GARCIA (1993) desenvolveram um estudo sobre a suscetibilidade natural do solo à erosão, face às suas características estruturais e não devido à ação do homem, onde constatam que a evolução do solo na topossequência analisada "leva ao empobrecimento dos horizontes superficiais em argila e à criação de uma porosidade muito desenvolvida e larga". Sem a argila que favorece a agradação dos materiais e a grande porosidade, sobre um conjunto menos poroso e mais argiloso, criam-se as condições de maior erodibilidade".

SARTORI (1993) realiza um estudo detalhado sobre o clima do Rio Grande do Sul no que se refere à distribuição das chuvas pelo estado, onde é possível identificar o comportamento hidrológico e de temperaturas da área alvo desta pesquisa.

NIMER (1989) e NIMER (1990) também dá uma contribuição importante para o conhecimento do clima da área da bacia.

Dados e informações sobre a vegetação original da bacia são encontrados em LEITE & KLEIN (1990).

2.2- CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O SR

2.2.1- Definição de Sensoriamento Remoto

"O Sensoriamento Remoto é definido como a aquisição de informações sobre as condições e/ou o estado de um alvo por um sensor, sem entrar em contato físico com ele" (ASRAR, 1989).

"Abrange todas as técnicas que podem ser usadas para obter informação a respeito da superfície da Terra" (ou de outros astros) "e de sua atmosfera, por sensores que registram a radiação do espectro eletro-magnético e que estão localizados sobre plataformas específicas." (GREGORY, 1992)

O sensoriamento remoto pode ser definido também como sendo o conjunto de atividades relacionadas com a aquisição e a análise de dados coletados por sistemas ótico-eletrônicos (sensores) capazes de detectar e registrar o fluxo de energia radiante refletido ou emitido pelos alvos. Geralmente esses alvos são objetos localizados sobre a superfície terrestre (SWAIN & DAVIS, 1978), mas podem também estar sobre outros astros.

2.2.2- Os tipos de sensores

Existem sensores passivos e ativos. Os sensores ativos são aqueles que captam a radiação emitida por eles mesmos e refletida pelo alvo observado, são os RADARES, que podem ser instalados em satélites, aeronaves ou sobre plataformas, na superfície da Terra.

Os sensores passivos, que são os utilizados na presente pesquisa, são aqueles que captam a radiação eletro-magnética oriunda de outra fonte e não deles

próprios, isto é, captam a radiação emitida pelo alvo e/ou a reflexão, sobre o alvo, da radiação solar. Tais sensores são: câmeras fotográficas, cujos produtos são as fotografias, especialmente os pares estereoscópicos de fotografias aéreas verticais pancromáticas e o sensor Thematic Mapping (TM) do satélite LANDSAT-5.

2.2.3- Os sistemas de aquisição de dados

Com relação à aquisição de dados, distinguem-se basicamente, dois sistemas. Os Spectral data systems (sistemas de dados espectrais), que não produzem imagens, mas que detectam e registram informações espectrais detalhadas sobre os alvos e, os Image-forming systems (sistemas formadores de imagens) que, além de coletar e registrar dados espectrais, têm a propriedade de produzir imagens dos alvos, as quais podem ser analisadas visual e/ou eletronicamente (SWAIN & DAVIS, 1978).

Os sistemas formadores ou geradores de imagens (IFS) podem ser os FRAMING SYSTEMS, empregados neste trabalho de pesquisa, ou os SCANNING SYSTEMS.

Nos Framing systems, os pixels das imagens são adquiridos simultaneamente na formação da imagem, são os sistemas fotográficos e os imageadores eletrônicos. Nos Scanning systems, os pixels são adquiridos seqüencialmente e a imagem somente é formada após à aquisição dos dados, são os multispectral scanners (rastreadores multiespectrais).

2.2.4- A análise dos dados

Com relação à análise dos dados, pode-se dividir as atividades do sensoriamento remoto em análises visual e digital, ou seja, em metodologia baseada na análise visual e metodologia baseada na análise digital. Pode-se ainda ter dois tipos de abordagens, uma quantitativa e outra qualitativa.

Normalmente, a metodologia baseada na análise visual presta-se mais à abordagem qualitativa e a metodologia baseada na análise digital tem seu

emprego mais eficaz na abordagem quantitativa. Como será visto mais adiante, no capítulo que aborda os materiais e os métodos adotados, a presente pesquisa trata da análise de imagens e não da aquisição de dados de sensoriamento remoto, sendo que foram adotadas as duas metodologias e as duas abordagens, tal como está exposto neste parágrafo.

2.2.5- Considerações sobre a análise de fotografias aéreas

Dentre os produtos do Sensoriamento Remoto, a fotografia aérea, que entra nesta pesquisa como um dos produtos do SR analisado visulamente, assume um papel muito importante sob determinadas circunstâncias, uma vez que possui características peculiares que a colocam, muitas vezes, em vantagem sobre os demais.

Apesar de possuir a propriedade de ser uma projeção cônica da superfície imageada, portanto não ortogonal, o que faz com que os objetos sofram um deslocamento radial (distorção na projeção de objetos verticais para fora do centro da foto), a fotografia aérea é a imagem que possui a melhor resolução espacial, se comparada com as imagens do sensor TM do LANDSAT ou mesmo com as imagens de radar comumente usadas.

Essa propriedade (resolução espacial) dá à fotografia aérea a vantagem de ser um produto que permite medições no terreno com um elevado grau de confiabilidade, tanto horizontais quanto verticais, além de permitir a identificação de elementos não visíveis nas outras imagens, propiciando observações qualitativas acuradas.

As medidas verticais têm a ver, não apenas com essa característica, mas também e principalmente com outra que é a ESTEREOSCOPIA.

Estereoscopia é a propriedade que as fotografias aéreas têm de, em utilizando um par estereoscópico de fotografias aéreas verticais, o observador poder obter a percepção da imagem em três dimensões (distâncias horizontais e verticais),

o que facilita e/ou possibilita a determinação da altura de acidentes naturais e artificiais do terreno.

Cabe ressaltar que o par estereoscópico de fotografias, a exemplo do par de olhos humanos é o resultado de duas tomadas ligeiramente diferentes de um mesmo objeto, onde cada olho ou fotografia percebe a imagem do alvo separada e distintamente. Com esses quesitos e, munidos de um ESTEREOSCÓPIO (aparelho constituído por lentes e/ou espelhos que permite a obtenção de uma imagem virtual em profundidade a partir de um par estereoscópico de fotografias) é possível observar o terreno com a sensação de vê-lo em três dimensões, bastante próximo do real, permitindo o traçado e a delimitação de acidentes e alvos, tais como elevações, depressões, redes de drenagem, etc, com maiores facilidade, confiabilidade e precisão (além das medições anteriormente citadas).

As fotografias podem ainda ser produzidas numa larga faixa do espectro eletromagnético que vai desde o ultra violeta (de mais ou menos 0,0001 a 0,3 μ m), passando pelo visível (de 0,4 a 0,7 μ m), ao infra vermelho próximo (de 0,7 a aproximadamente 0,9 μ m), também chamado de infra vermelho fotográfico; num produto final em preto e branco para toda essa faixa espectral, ou colorido para o visível e para o infra vermelho fotográfico, neste caso denominado de falsa cor.(ver figura 03, que representa o espectro eletromagnético)

Sua utilização se presta bastante para a interpretação visual, porém pode-se utilizar técnicas computadorizadas para classificação em fotografias digitalizadas.

A fotointerpretação vai desde a FOTOIDENTIFICAÇÃO (ou fotoleitura), que nada mais é do que uma primeira observação sobre as fotos, sem nenhuma grande preocupação com a parte técnica, visando apenas uma identificação prévia dos principais acidentes presentes na imagem, até à FOTOANÁLISE, que implica em uma fragmentação da imagem, fazendo uma análise mais detalhada de cada um dos acidentes ou temas a analisar.

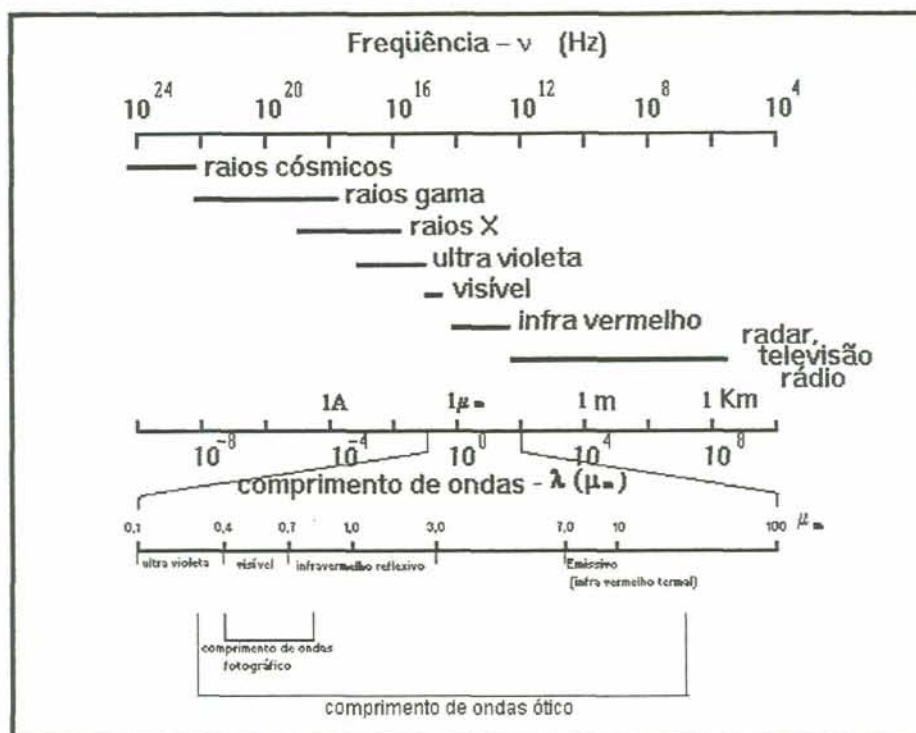


Figura 03- O espectro eletromagnético
 Fonte: SWAIN & DAVIS, 1978, p.5, fig. 1-6

Na fotoleitura vê-se, em síntese e numa observação dos objetos isoladamente, a forma da imagem, o tamanho dos objetos (escala) e as características das sombras que eles projetam na foto, divulgando aspectos positivos e negativos (que mascaram outros objetos) dos acidentes; e num conjunto dos objetos procura-se observar as diferentes tonalidades (níveis de cinza) que aparecem nas fotografias, texturas diversas (combinações de tons), o padrão que o conjunto desses acidentes representam, aspectos contextuais dos objetos (sítio), convergências e diferentes assinaturas espectrais (ou seja, a forma como cada alvo reflete ou absorve luz na imagem).

Na fotoanálise é que se dá, decisivamente, a interpretação das fotografias, iniciando por uma descrição e interpretação do meio físico observável, dividindo-o em temas como drenagem, relevo, solos, vegetação, etc; e do meio antrópico.

A propósito da interpretação de fotografias aéreas, sita-se também MARCHETTI & GARCIA (1989).

2.2.6- Considerações sobre a interpretação das imagens de satélite

A outra categoria de produtos do sensoriamento remoto empregada são as imagens de satélite, especificamente aquelas geradas pelo sensor TM (Thematic mapper) do Landsat-5.

Como já foi visto, as imagens de satélite se prestam, basicamente, a dois tipos de uso: interpretação visual e interpretação computadorizada ou digital. Para a interpretação visual das imagens de satélite, são comumente empregados os produtos fotográficos das imagens e, para a interpretação computadorizada, podem ser empregadas as imagens na forma de fita magnética ou em CD.

2.2.6.1- Interpretação visual das imagens TM

Para uma correta interpretação, com base na observação do produto fotográfico de uma imagem de satélite, como também de fotografias aéreas, é primordial compreender como se dá a interação da radiação eletromagnética com os alvos situados sobre a superfície imageada, bem como com a atmosfera.

Os alvos sobre a superfície da Terra podem ser agrupados em três tipos básicos, que são a água, o solo e a vegetação. Na verdade, a variedade de alvos distintos sobre a superfície terrestre é algo imensurável, uma vez que existem vários tipos de água, de solo e de vegetação e os alvos captados pelo sensor são, na realidade, uma combinação desses tipos básicos. Ou seja, a água pode se apresentar com uma quantidade maior ou menor de sedimentos (solo), o solo pode se apresentar com uma quantidade maior ou menor de umidade (água), a vegetação apresenta também variações de umidade e também aparece combinada com o solo sobre o qual está instalada. Muitas outras variantes dos alvos básicos e combinações destes podem ser constatadas, como é o caso da presença de matéria orgânica no solo, texturas diferentes de solo, rochas expostas, zonas tipicamente urbanas, com edificações, estradas e ruas pavimentadas, etc.

Ou seja, para se poder interpretar o mais corretamente possível uma imagem, **é necessário conhecer como é que cada tipo de alvo costuma responder à incidência**

da radiação solar sobre si. Este assunto será abordado no item que trata do comportamento espectral de alvos (2.2.8).

2..2.6.2- Interpretação de imagens digitais

Segundo RICHARDS, (1986), dados de Sensoriamento Remoto de imagens da superfície da terra, obtidos em aeronaves ou em plataformas espaciais podem ser empregados no formato digital, além da forma analógica, sendo que, no formato digital os dados são compostos espacialmente por elementos pictóricos discretos e radiometricamente eles são quantizados em níveis discretos de cinza (contadores digitais).

"Em imagens terrestres tomadas por satélite, cada ponto da imagem é caracterizado por um vetor de características onde cada uma delas representa a radiância recebida pelo satélite em uma determinada banda do espectro" (Manual do SITIM-150).

Ou seja, uma imagem pode ser analógica ou digital, sendo que a imagem analógica é aquela que utiliza algum princípio físico-químico para registrar os alvos, como é o caso de uma fotografia ou dos produtos fotográficos das imagens de satélite, e a imagem digital é o produto armazenado dos dados pelo sensor, representado por uma função $f(x,y)=Z$ onde Z é o contador digital ou nível de cinza, ou seja, a quantidade de energia refletida no terreno (GONZALES & WINTS, 1977).

A forma de interpretar imagens digitais é através de classificações computadorizadas, as quais podem ser de dois tipos, supervisionadas e não-supervisionadas.

As citações a seguir elucidam melhor essa questão do duplo caráter das classificações computadorizadas, bem como dão melhores explicações sobre os objetivos e peculiaridades das mesmas.

Segundo LAPOLLI; ALVES & BARCIA (1993), "o objetivo da classificação é particionar um espaço característico em regiões que representem as diversas

classes", sendo que "para a classificação de imagens existem dois tipos de técnicas: técnicas supervisionadas e não-supervisionadas.

Nas técnicas supervisionadas, as classes são definidas 'a priori' e cada pixel é atribuído a uma determinada classe, através do uso de uma função discriminante e, nas técnicas não-supervisionadas, o próprio classificador define as classes componentes e atribui cada um dos pixels a uma das classes".

De acordo com o Manual do SITIM-150, "o problema de classificação consiste em, dadas várias classes e um objeto suposto pertencer a uma delas, determinar a qual destas classes o objeto pertence".

Segundo FRANZONI, et al (1993) "classificação é o processo de atribuir um determinado indivíduo a uma das possíveis classes ou categorias. Essas classes podem ser previamente determinadas, no caso da classificação supervisionada, ou podem ser determinadas a partir do próprio conjunto de dados (classificação não-supervisionada)".

Ou seja, para uma classificação supervisionada o analista determina as classes a serem geradas, extraído do conjunto de dados um determinado número de amostras em função do brilho dos pixels. O número de classes será resultado da média de níveis de cinza contidos nas amostras, sendo que, quanto menores forem as amostras, maior tende a ser o número de classes.

Para uma classificação não supervisionada, o analista apenas determina o número de classes e o classificador atribui os pixels às classes correspondentes.

Uma característica importante das classificações é que uma classificação não-supervisionada classifica os pixels contidos no conjunto de dados delimitado, ao passo que uma classificação supervisionada classifica apenas os pixels cujo nível de cinza esteja dentro da média dos pixels incluídos nas amostras coletadas, razão pela qual o analista, para realizar uma classificação supervisionada necessita ter uma noção prévia da realidade de campo, ao passo que, para realizar uma classificação não-supervisionada, o conhecimento prévio da realidade de campo não é necessário.

Segundo FRANZONI, et al (1993) "quando se trabalha com imagens digitais, o objetivo é associar cada pixel a uma determinada classe, usando uma função discriminante."

Muitos são os classificadores utilizados em Sensoriamento Remoto. O classificador MAXIMA VEROSSIMILHANÇA e o classificador DISTÂNCIA EUCLIDIANA são dois exemplos de classificadores disponíveis no SITIM-150 e que foram adotados nesta pesquisa, onde são empregados o método da máxima verossimilhança gaussiana numa classificação supervisionada e o método da distância euclidiana numa classificação não-supervisionada, sendo que o método da máxima verossimilhança caracteriza-se por ser uma classificação probabilística (verossimilhança = probabilidade) e o método da distância euclidiana caracteriza a classificação como sendo determinística.

A classificação não supervisionada pelo método da distância euclidiana é um "treinamento" existente no SITIM-150, chamado Treinamento Automático.

De acordo com o Manual do SITIM-150, um procedimento não-supervisionado consiste em "realizar o treinamento do classificador utilizando amostras sobre as quais não se possui conhecimento a priori de sua classificação correta" e "o método da distância euclidiana visa a classificação de imagens multiespectrais, utilizando o critério centro da classe mais próxima e a distância euclidiana."

No SITIM-150 a classificação euclidiana não supervisionada é feita utilizando-se o seguinte critério:

x pertence a C_i se $\|x - M_i\| < \|x - M_j\|$, qualquer que seja j diferente de i

onde: C_i = classe i ,

M_i = vetor média da classe i ,

M_j = vetor média da classe j ,

x = vetor de atributos do pixel e

$\|x - M_i\|$ e $\|x - M_j\|$ representa a distância euclidiana entre o ponto x e o ponto central (M_i ou M_j) do agrupamento a que ele pertence.

Na classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança o analista adquire amostras na tela do visualizador de imagens, através da função "Aquisição de Amostras", que é responsável pela aquisição dos parâmetros de cada uma das classes escolhidas pelo usuário". "O programa adquire a média e a matriz de autocorrelação da amostra" e atualiza esses parâmetros. (Manual do SITIM-150).

Segundo SWAIN & DAVIS (1978), o método de classificação pela máxima verossimilhança usado como critério de classificação num universo de m amostras, visando minimizar o erro, é:

$$Lx(i) = \sum_{j=1}^m I(i/j) \cdot p(W_j/X)$$

Sendo:

$Lx(i)$ o critério de classificação visando minimizar o erro total,

$p(W_j/X)$ a probabilidade condicional de um padrão X pertencer à classe j , uma vez que se trata de uma classificação baseada em probabilidade a posteriori ($P[W_j/x]$), ou seja, dado um padrão, qual é a probabilidade dele pertencer à classe j e,

$I(i/j)$ a função perda, traduzida como a probabilidade de classificar x na classe j , quando este pertence à classe i .

2.2.7- Características do sensor TM-Landsat

Lançado em 1982, ocupando uma órbita a 695 Km de altitude, o sensor TM do Landsat opera em sete bandas espectrais, que são:

Banda 1- de 0,45 a 0,52 μm , no azul;

Banda 2- de 0,52 a 0,60 μm , no verde;

Banda 3- de 0,63 a 0,69 μm , no vermelho;

Banda 4- de 0,76 a 0,90 μm , no infra vermelho próximo;

Banda 5- de 1,55 a 1,75 μm , no infra vermelho médio;

Banda 7- de 2,08 a 2,35 μm , também no infra vermelho médio e

Banda 6- de 10,4 a 12,5 μm , correspondendo à faixa de operação situada dentro da zona espectral conhecida como infra vermelho termal ou emissivo.

Ou seja, o sensor TM opera dentro da região denominada de "Região ótica do espectro eletromagnético", que vai desde os 0,3 μm até os 15 μm de comprimento de onda. Isto é, na região onde a energia eletromagnética pode ser refratada ou refletida, usando-se respectivamente lentes ou espelhos.

Possui um ângulo de visada (FOV) de 185Km x 185Km sobre a superfície terrestre, sendo que o seu ângulo de visada instantânea (IFOV) é de 30m x 30m para as bandas que operam nas regiões do visível até o infravermelho médio (Bandas espectrais 1, 2, 3, 4, 5 e 7) e de 120m x 120m para a banda 6 (no termal). (RICHARDS, 1986)

2.2.8- Comportamento espectral de alvos

Chama-se irradiância (E), a quantidade de energia que atinge a superfície de um alvo e radiância (L), a quantidade de energia que sai de um alvo, por unidade de ângulo sólido. (SLATER, 1980)

Entretanto, a radiância é apenas uma forma como um alvo situado sobre a superfície da terra pode responder. A reflectância (ρ) e o contador digital (CD) ou nível de cinza (NC) são outras duas maneiras de se medir a resposta espectral de um determinado alvo, submetido à irradiância solar. Um objeto que apresente radiância alta, terá também uma alta reflectância e um claro nível de cinza.

Em Sensoriamento Remoto, a forma como um alvo responde à irradiância em uma determinada faixa do espectro eletromagnético é chamada de "Assinatura Espectral" (SLATER, 1980), e é o que o individualiza e que permite ao usuário do Sensoriamento Remoto identificar os diversos alvos presentes numa imagem. No caso do sensor TM do Landsat/5, cada uma das sete bandas espectrais ocupa uma região diferente do espectro e cada alvo imageado apresenta-se diferentemente em cada uma das bandas, como pode ser visto a seguir.

2.2.8.1- As características das bandas TM utilizadas e o comportamento dos alvos nas respectivas regiões do espectro eletro-magnético.

Analisando as curvas de reflectância dos três tipos básicos de alvos -água, solo e vegetação- (Figura 04), no intervalo de comprimentos de ondas entre 0,4 e 2,6 μm do espectro eletro-magnético, mais particularmente nos intervalos correspondentes às faixas de operação das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do sensor TM do LANDSAT-5, pode-se, em princípio, escolher as bandas ou canais que melhor se adaptem à identificação/separação dos mais diferentes tipos de alvos.

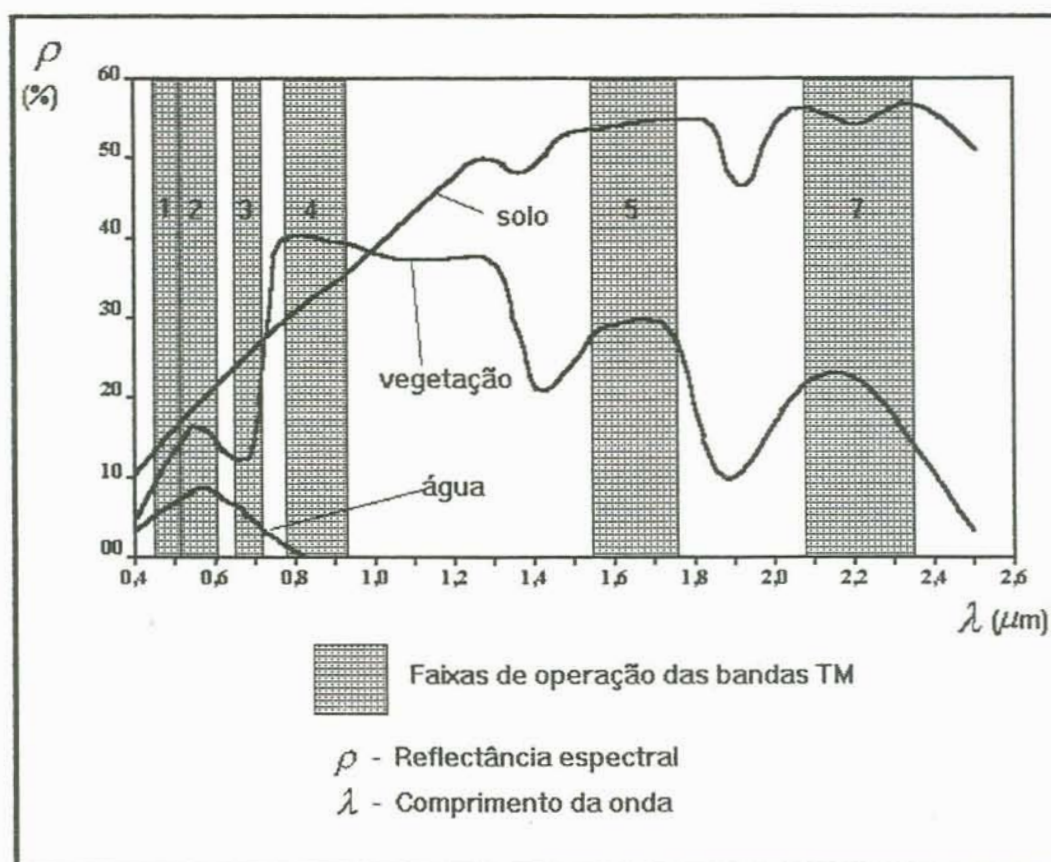


Figura 04- Curvas de resposta espectral dos diferentes tipos básicos de alvos (Adaptado de RICHARDS, 1986, p.3, Figura 1)

Para a separação e conseqüente identificação dos diferentes tipos básicos de alvos, as três bandas TM, teoricamente mais eficazes são aquelas localizadas na região do infravermelho, que são: a 4, a 5 e a 7, pois é nelas em que há um maior distanciamento entre as curvas de resposta espectral, neste caso, de reflectância. A

banda 3, que utiliza a faixa de comprimento de onda correspondente ao vermelho é, no visível, aquela de maior separabilidade entre os alvos básicos.

Portanto, para a identificação/separação de solo, água e vegetação sugere-se utilizar uma das seguintes combinações de bandas:

- 1- Bandas 3, 4 e 5;
- 2- Bandas 3, 5 e 7;
- 3- Bandas 3, 4 e 7;
- 4- Bandas 4, 5 e 7;

ou analisar isoladamente, a paisagem a ser estudada, em cada uma dessas quatro faixas espectrais (bandas TM 3, 4, 5 e 7).

Dessas quatro combinações possíveis, as duas melhores são a segunda e a quarta. A quarta combinação (4-5-7) é aquela que apresenta a vantagem de ser nela que se encontram as bandas de maior distanciamento entre as reflectâncias dos três tipos básicos de alvos; entretanto é na segunda combinação (3-5-7) que se agrupam as bandas que apresentam a mesma ordem de reflectâncias, ou seja, onde a reflectância do solo é maior do que a da vegetação, que é maior do que a da água, nas três bandas.

Contudo, a figura que indica a reflectância espectral dos diferentes tipos de alvos não deve servir de referência exclusiva para a identificação dos alvos.

Ocorre que, na natureza os alvos não se apresentam de maneira isolada. Quando uma determinada área da superfície terrestre é imageada pelo sensor orbital do satélite, que neste caso, se encontra a 695 Km de altitude ou de distância do alvo, uma área relativamente grande é abrangida, o que torna impossível que seja imageado apenas um tipo de alvo, exceto sobre os oceanos e, ainda assim, podem aparecer no sensor os vários tipos de águas marinhas, em função da sua temperatura, salinidade, densidade, profundidade, sedimentos em suspensão, etc.

Mesmo que fosse analisado, digital ou visualmente, apenas um pixel da imagem, que tem 30m X 30m de dimensão (900 m²), dificilmente estar-se-ia olhando para a imagem de apenas um tipo básico de alvo. Por exemplo, se o pixel analisado

fosse de uma porção de solo nú, correspondendo a uma terra lavrada, a resposta espectral desse pixel-alvo seria resultante da mistura das respostas espectrais das partículas minerais sólidas desse solo e da umidade maior ou menor que ele possua, além da matéria orgânica nele existente. Além do mais, a textura do solo também responde espectralmente diferente, ou seja, o solo arenoso tende a ter uma reflectância maior do que o solo argiloso.

Se o pixel a ser analisado corresponder ao de uma zona de vegetação, a resposta espectral desse pixel, por mais densa que essa cobertura vegetal seja, sempre será representativa da média entre as respostas espectrais de todos os alvos presentes na imagem do pixel, até mesmo do solo abaixo da vegetação que cobre a área, pois este também reflete parte da radiação "transmitida" através da cobertura vegetal, já que a resposta espectral dos alvos é, na realidade, o somatório da reflectância (ρ), da transmitância (τ) e da absortância (α) da radiação ($\rho + \tau + \alpha = 1$).

Um outro dado importante que torna mais complexa ainda a identificação da vegetação é o fato de que, quanto mais camadas de folhas tiver o seu docel e, conforme for a geometria das suas copas, além da estrutura dessas camadas, maior tenderá a ser a reflectância desse alvo, em função do fenômeno conhecido como reflectância múltipla, ou "efeito das múltiplas camadas" (SWAIN & DAVIS, 1978) nas regiões do espectro eletromagnético em que operam as bandas TM 4, TM5 e TM7, nos infra vermelhos próximo e médio.

A figura 05 representa de forma simplificada o esquema do efeito das múltiplas camadas de folhas na reflectância da vegetação no infravermelho, e a figura 06 mostra, no exemplo de uma lavoura de algodão, como se distribui no espectro eletromagnético, esse fenômeno.

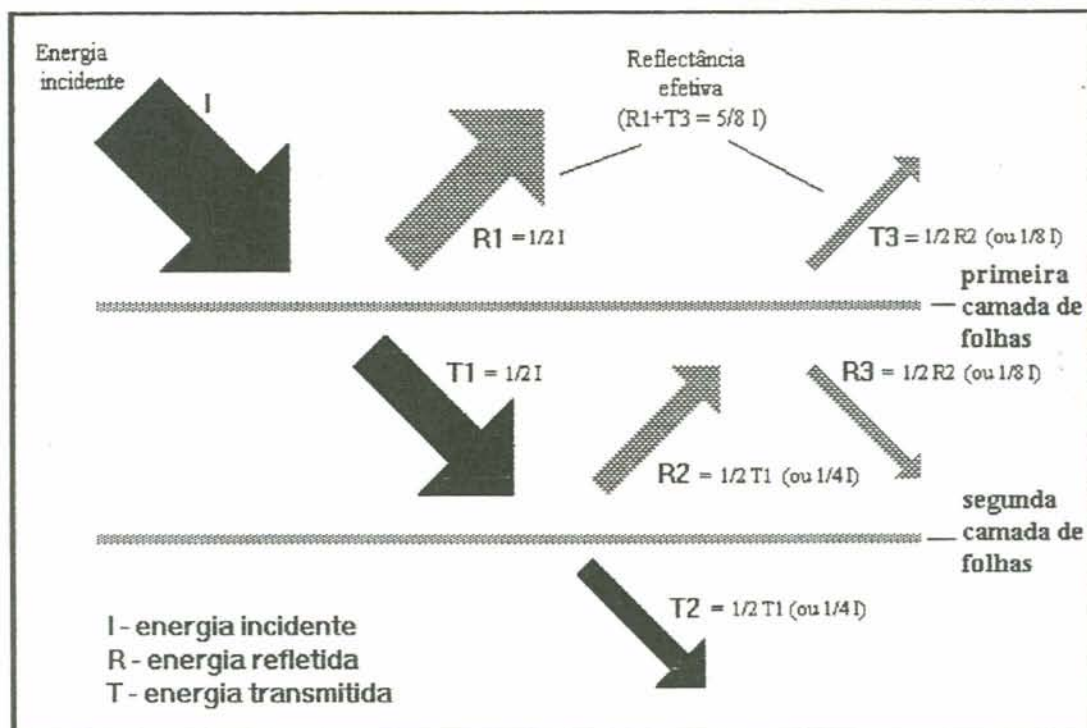


Figura 05- Esquema simplificado do efeito de múltiplas camadas de folhas, na reflectância da vegetação

Fonte: SWAIN & DAVIS, 1978, p. 236, Figura 5-7

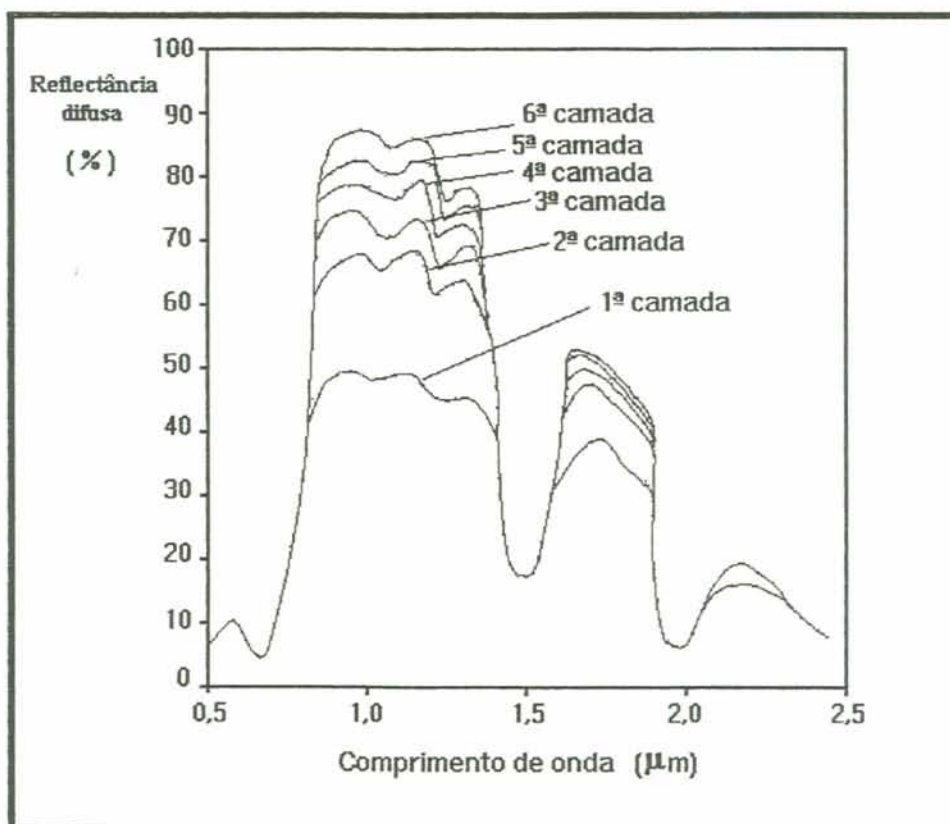


Figura 06- Reflectância das diversas camadas de folhas de algodão.

Fonte: SWAIN & DAVIS, 1978, p. 237, Fig 5-8

Como a interpretação da imagem de uma parcela da superfície terrestre com fins de interpretação ambiental, normalmente abrange muitos pixels, a complexidade das respostas espectrais dos vários tipos de alvos é maior ainda, já que não existem apenas os três tipos básicos de alvos, mas uma infinidade de variantes de cada um deles. Ou seja, vários tipos de águas, vários tipos de vegetação, vários tipos de solos e vários tipos de combinações entre eles.

Disso decorre que, às vezes, por exemplo, na banda 3, onde a água deveria aparecer mais escura, um rio apareça num tom semelhante ao de uma estrada sem pavimentação, bem clara; a explicação para esse fato poderá ser que, devido à média dos pixels da água com a areia das margens, etc, predomine o brilho do solo ou das margens.

Observando isoladamente cada uma das bandas, com a intenção de separar os três tipos básicos de alvos, presentes na área analisada, pode-se fazer algumas inferências, com base nas suas respostas espectrais características.

2.2.8.1.1- BANDA TM-1 (figura 07)

A banda 1 do TM opera na faixa do espectro eletromagnético correspondente à radiação azul, que é a faixa de menor comprimento de onda da região conhecida como da luz visível, mais precisamente entre os 0,45 e os 0,52 μm , e é justamente essa faixa que sofre a maior influência do fenômeno conhecido como extinção de luz, constituído pela absorção e pelo espalhamento atmosféricos.

O espalhamento atmosférico é um dos processos de extinção de luz que consiste na mudança de direção da onda eletromagnética e conseqüente perda da luz constituída pelos menores comprimentos de onda. Um feixe de luz na atmosfera terrestre, ao chocar-se com as partículas sólidas em suspensão e principalmente com moléculas e átomos, tende a perder a luz dos menores comprimentos de onda, fazendo com que, ao olho do observador, chegue menos luz e cores de pequenos comprimentos de onda, principalmente do azul, que é a cor de menor comprimento

de onda da luz visível. Um outro processo de extinção da luz de pequenos comprimentos de onda é a absorção da luz pelas partículas e moléculas da atmosfera.

Além desse inconveniente, nessa banda, as curvas espectrais dos três tipos básicos de alvos apresentam um espaçamento muito pequeno entre si, com relação às suas reflectâncias. Isto é, as suas reflectâncias são bastante semelhantes, havendo um pequeno contraste entre o brilho dos pixels que os representam na imagem.

O produto fotográfico da imagem nessa banda apresenta-se com pouca nitidez e a diferença de reflectâncias de um tipo de alvo para outro é muito tênue, dificultando principalmente, a análise visual.

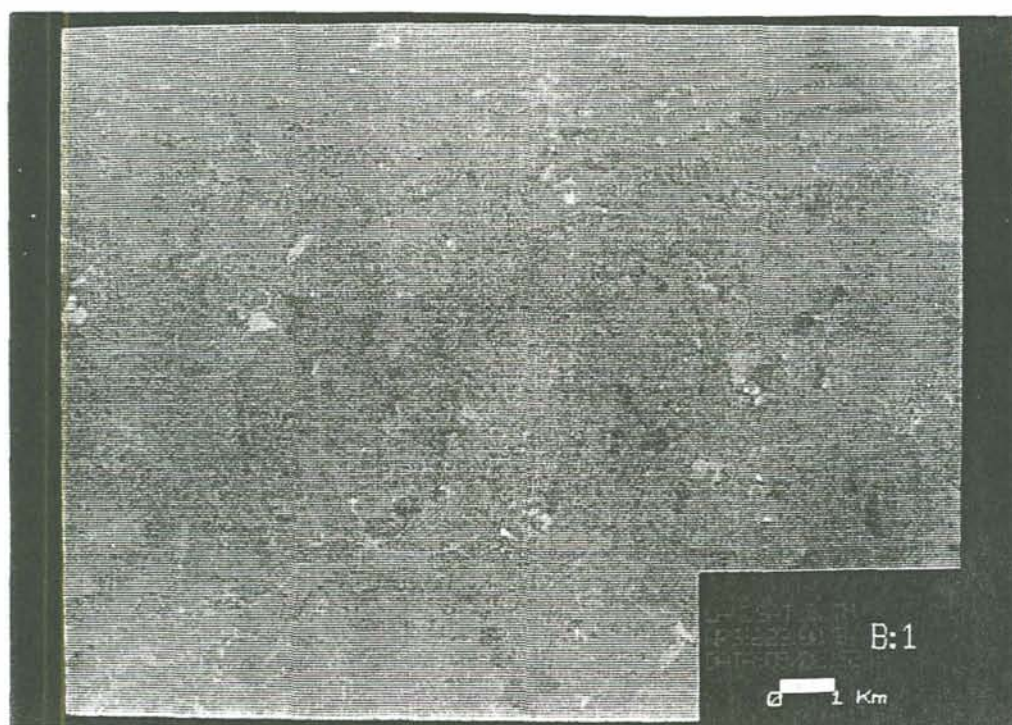


Figura 07- Produto fotográfico da imagem na banda TM-1

2.2.8.1.2- BANDA TM-2 (figura 08)

Localizada entre os 0,52 e os 0,6 μm , na faixa da luz verde, a banda 2 apresenta características muito semelhantes à banda 1, no que se refere às reflectâncias espectrais dos três tipos básicos de alvos, porém, com uma influência menor do processo de extinção de luz, pois opera numa faixa de comprimentos de onda um pouco mais longos. A percepção visual nessa banda é preferível à interpretação na banda 1, pois a imagem é um pouco mais nítida, contudo, seu produto fotográfico também é pouco nítido para o olho humano.

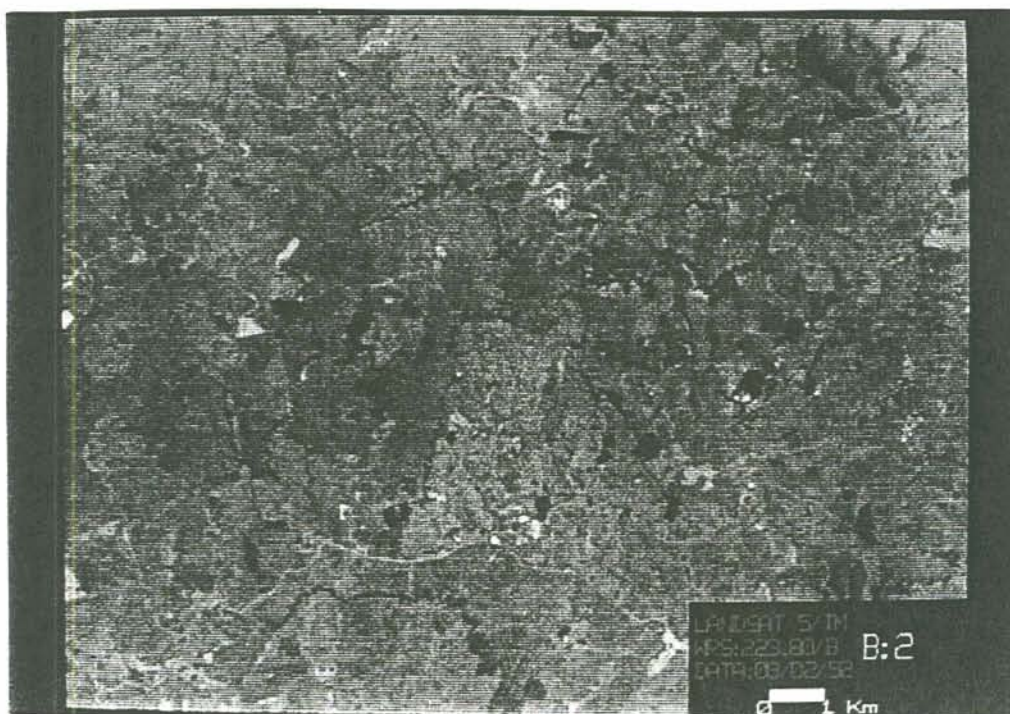


Figura 08- Produto fotográfico da imagem na banda TM-2

2.2.8.1.3- BANDA TM-3 (figura 09)

A maior reflectância registrada, nessa banda, é a do solo e a menor é a da água. Portanto, nessa banda o solo n \acute{u} apresentar-se-á com uma tonalidade mais

clara e a água mais escura, uma vez que o brilho dos pixels correspondentes ao solo nu é bem mais intenso do que o brilho dos pixels dos outros tipos de alvos.

A vegetação neste caso, tende a apresentar-se com uma tonalidade ou nível de cinza, intermediária entre o solo e a água.



Figura 09- Produto fotográfico da imagem na Banda TM-3

Trata-se de uma banda que se presta para diferenciar solo nu de vegetação e também para identificar tipos de solo e tipos de vegetações diferentes entre si. A vegetação mais densa, de maior porte, mais senil e/ou mais úmida tende a aparecer com um tom mais escuro do que a vegetação rala, seca, pubescente ou de pequeno porte.

É portanto, uma banda útil na identificação de culturas vegetais.

Opera na faixa correspondente ao vermelho, da luz visível, entre os 0,63 e os 0,69 μm de comprimento de onda.

2.2.8.1.4- BANDA TM-4 (Figura 10)

A banda 4 é aquela que opera no infra vermelho próximo, é, portanto, a primeira banda do infra vermelho, e utiliza a faixa entre os 0,76 e os 0,9 μm de comprimento de onda.

Nela, de acordo com a figura 04, a vegetação tem uma reflectância maior do que nos demais alvos, sendo que a menor reflectância é a correspondente à água.

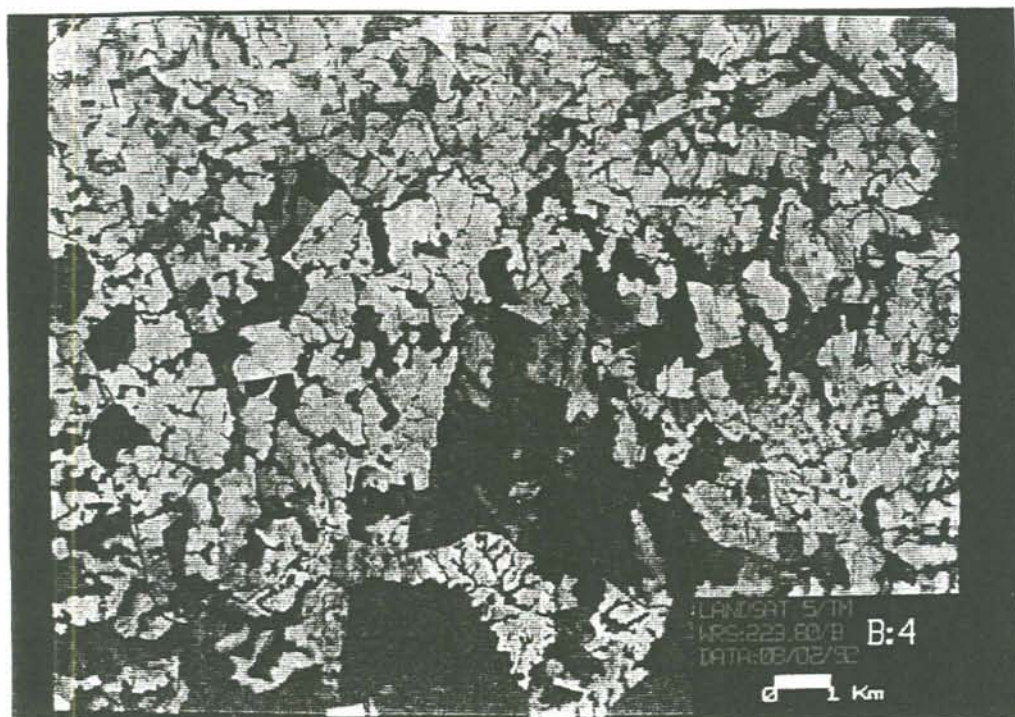


Figura 10- Produto fotográfico da imagem na banda TM-4

É a banda que mais se presta à identificação dos tipos de cobertura vegetal numa interpretação individual de bandas, tendo em vista a sua alta reflectância nesse tipo de alvo. Entretanto, a sua combinação com outras duas bandas quaisquer do TM poderá dificultar a identificação de vegetação, tendo em vista que é a única banda em que a vegetação apresenta uma reflectância maior do que o solo.

2.2.8.1.5- BANDA TM-5 (figura 11)

Na banda 5, o solo volta a ter uma reflectância maior do que a vegetação, e a água apresenta uma reflectância nula, isto é, não tem reflectância alguma. Trata-se de outra banda da região do infravermelho médio, desta vez entre os 1,55 e 1,75 μm de comprimento de onda, onde a imagem parece ser bem mais coerente, radiometricamente, com as informações espectrais da figura 04, que apresenta as curvas de resposta espectral dos diferentes tipos básicos de alvo.



Figura 11- Produto fotográfico da imagem na banda TM-5

Nessa banda, a separação/distância entre as curvas de resposta espectral do solo e da vegetação não apresentam-se grandes ou expressivas, o que faz com que a alta reflectância do solo não contraste tanto com a vegetação, dificultando a interpretação da imagem.

Essa banda privilegia a identificação de áreas de solos mais ou menos úmidos e os corpos de água mais significativos, como barragens e os segmentos mais largos de rios, são facilmente delimitados, aparendo em preto na imagem.

2.2.8.1.6- BANDA TM-7 (figura 12)

Na banda 7, localizada entre os 2,08 e os 2,35 μm de comprimentos de onda, no infra vermelho médio portanto, a diferença de resposta espectral entre solo e vegetação é a maior de todas as bandas do TM/LANDSAT. É, portanto, a de maior contraste entre esses dois tipos de alvos.



Figura 12- Produto fotográfico da imagem na banda TM-7

Ao analisar separada e visualmente a imagem na banda 7 tem-se uma noção melhor entre eles e, a separabilidade visual é facilitada. A vegetação mais densa

tende a aparecer num tom mais escuro e o solo nu (estradas, lavouras recém lavradas, etc), num tom mais claro.

Nessa banda, como na anterior, a água não apresenta resposta espectral, aparecendo também em preto. Entretanto, os corpos de água visíveis naquela imagem, nesta não aparecem com tanta nitidez, perdendo-se um pouco o contraste entre a água e os outros dois tipos básicos de alvo.

2.2.8.2- As composições coloridas de bandas TM

A combinação dos dados radiométricos de três bandas diferentes de uma mesma imagem dá origem a um subproduto que reúne as características espectrais das bandas componentes e amplia as possibilidades de interpretação, tanto digital quanto visual, da imagem.

Esse subproduto, ou seja, a combinação de três bandas pode ser obtido através do Sistema Integrado de Tratamento de Imagens/SITIM-150, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial/INPE e pela empresa ENGESPACO, de São José dos Campos, SP. Cada banda ocupa um canal do referido sistema e, a cada canal é atribuída uma cor, o que, em última instância significa atribuir uma cor para cada banda.

A escolha das bandas deve ser feita em função do tema que se deseja realçar e em função também das características espectrais de cada banda, ou melhor, em função das respostas espectrais dos alvos em cada uma das bandas empregadas. Portanto, os alvos poderão aparecer, nesse subproduto, na cor que melhor contraste oferecer com a cor dos alvos vizinhos àquele que se quer destacar, permitindo que o analisador da imagem disponha do recurso das cores para a identificação dos alvos e não apenas dos diferentes níveis de cinza.

Um produto fotográfico de uma combinação colorida de três bandas é um recurso que auxilia grandemente a interpretação visual das imagens de satélite, porém, o cruzamento de bandas também permite que sejam feitas classificações digitais que utilizem os recursos radiométricos e as características espectrais dos

diferentes alvos nas bandas localizadas nas diferentes faixas do espectro eletromagnético que o sensor opera.

O resultado visual da combinação colorida é resultante da mistura das cores na mesma proporção em que se misturam as respostas espectrais dos diferentes alvos.

O referido subproduto pode ser obtido através do INPE, mediante solicitação/aquisição. Todavia, pode-se também produzi-lo, segundo os mesmos princípios, a partir do SITIM-150, fotografando o resultado exibido no visualizador de imagens, com a combinação de bandas e de cores e tons de cores que se desejar.

2.2.8.3- Manipulação de contrastes e filtragens

Uma maneira de melhorar a qualidade da imagem, visual ou digitalmente, é através da utilização de filtros e manipulação de contrastes, que tanto podem realçar como mascarar os alvos, conforme o fim a que se destina o produto do Sensoriamento Remoto utilizado. (RICHARDS, 1986)

CAPÍTULO 3
MATERIAIS E MÉTODOS

3.1- AS ETAPAS DO TRABALHO

A elaboração do mapa de uso efetivo da terra (MUE), correspondendo à primeira etapa do trabalho, foi feita através do que se pode denominar de classificação computadorizada ou digital das imagens de satélite. Com base em amostras coletadas na tela do visualizador de imagens do SITIM-150 do Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e, confirmadas em observação in locu por ocasião do trabalho de campo, ou seja, de observação visual direta na bacia, foi feita uma classificação supervisionada. E, visando complementar a análise digital foi realizada também uma classificação não supervisionada.

A segunda etapa, constituída pela confecção do cartograma que representa uso que deveria ser feito, preferencialmente, no local (mapa de uso preferencial da terra - MUP) se deu basicamente através da interpretação visual de imagens, principalmente de fotografias aéreas, mas também de produtos fotográficos das imagens do sensor TM do satélite LANDSAT/5, que cobrem a área analisada; bem como complementada por dados contidos em outros documentos tais como a carta topográfica (E=1:50.000) da área e mapas de solos, de vegetação e geológico, além das fontes sobre o clima local.

A carta topográfica empregada foi a Folha SH-22-V-A-V-3, MI-2932/3 - FAZENDA DO COLORADO, NA ESCALA DE 1:50.000, da Diretoria de Serviço

Geográfico (DSG), do Ministério do Exército, de levantamento aerofotogramétrico de 1975.

As fotografias aéreas, utilizadas para a extração da rede de drenagem, têm a seguinte identificação: VM AST-101370 PMW R-17, de 04/12/1964, N^{os} 16656, 16657, 16658, 16659, 16746, 16747, 16748 e 16749, na escala aproximada de 1:58.000.

E a imagem de satélite que cobre a área-alvo é a órbita/cena 223/80-C, de 08/02/1992, do sensor Thematic Mapper do LANDSAT-5, cuja hora aproximada de passagem sobre o local é 09:45h, em fita magnética, nas bandas TM-1, 2, 3, 4, 5 e 7.

Através da utilização das fotografias aéreas verticais que cobrem a BHSI foi feita, inicialmente, a extração da rede de drenagem para tornar possível uma análise morfométrica da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro, baseada principalmente na análise de bacias hidrográficas proposta por CHRISTOFOLETTI (1980), acrescentando-se alguns outros índices julgados importantes e eliminando-se outros julgados desnecessários para o trabalho em questão. Os produtos fotográficos da imagem de satélite serviram de subsídio complementar da análise das fotografias aéreas, uma vez que constituem-se em documentos mais atualizados sobre o local, os quais permitiram ratificar e/ou retificar muitas informações colhidas através da fotointerpretação.

A carta topográfica também serviu de fonte de informações para a análise morfométrica, particularmente quanto aos dados de hipsometria nela contidos.

As categorias analisadas na análise morfométrica foram os aspectos lineares, de área, hipsométricos e topológicos da rede de drenagem e/ou da bacia hidrográfica, além de outros referentes às vertentes do referido sistema. Mais detalhes sobre os índices empregados serão tratados mais adiante, no item que trata da Análise Morfométrica da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro.

O mapa dos impactos ambientais (MIA) foi elaborado com base nas informações contidas nos documentos cartográficos resultantes das duas etapas anteriores, após à interpretação dos mesmos.

A técnica utilizada para a identificação das áreas de risco ou problemáticas foi a superposição dos dois cartogramas anteriores, elaborados em papel transparente e, na mesma escala.

3.2- AQUISIÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Um trabalho de Sensoriamento Remoto (SR) aplicado tem uma peculiaridade, no que se refere à aquisição dos dados.

Nesse tipo de trabalho existem dois tipos de dados que são: os dados de SR, os quais são adquiridos por intermédio dos sensores, e outro tipo de dados que são atinentes à ciência ou à técnica a qual o SR está sendo aplicado, ou seja, dados que são adquiridos através dos produtos do SR e outras fontes.

No caso desta pesquisa, que é um trabalho de SR aplicado à Geografia, os dados adquiridos através dos produtos do SR e das outras fontes foram denominados dados geográficos.

3.2.1- Dados de Sensoriamento Remoto

A presente pesquisa não tem por objeto de trabalho a coleta ou aquisição de dados de SR, mas a interpretação e a análise destes. Entretanto, na intenção de tornar mais clara ainda a proposta de trabalho, é mister esclarecer que nesta, foram empregados, do SR, dados adquiridos através de sistemas formadores de imagens (os IMAGE-FORMING SYSTEMS). Imagens estas geradas por sensores do tipo em que todos os pixels são adquiridos simultaneamente, que neste caso, são as fotografias aéreas e as imagens de satélite do sensor TM do LANDSAT-5.

Quanto à análise dos dados de SR, foram empregadas as duas metodologias possíveis que são a análise visual (para as fotografias aéreas e para os produtos fotográficos das imagens de satélite) e a análise digital (para as imagens de satélite na forma de fita magnética), através da qual foram classificadas as imagens selecionadas. As abordagens adotadas foram a qualitativa, para a análise visual, e a quantitativa, para a análise digital.

A análise visual das imagens de satélite foi feita sobre o produto fotográfico ampliado, na escala aproximada de 1:50.000, através de reprodução xerográfica colorida e a análise digital constituiu-se de uma classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança e uma classificação não-supervisionada pelo método da distância euclidiana.

3.2.2- Dados Geográficos

Os dados geográficos analisados na presente pesquisa podem ser agrupados em duas categorias, uma composta por aqueles adquiridos através dos produtos do Sensoriamento Remoto e outra, pelos dados adquiridos por outras fontes, que não o Sensoriamento Remoto. Tais dados são: dados morfométricos (lineares, de área hipsométricos, topológicos e topográficos), de uso da terra, de cobertura vegetal, litológicos, pedológicos, e climáticos.

O quadro nº 01 mostra os dados geográficos coletados através dos respectivos produtos do SR, bem como as metodologias e abordagens adotadas.

QUADRO 01- Dados geográficos coletados através dos produtos do SR empregados, por metodologia e abordagem.

Dados Geográficos	Produto do SR	Metodologia	Abordagem
rede de drenagem	fotografias aéreas	análise visual	qualitativa
uso da terra	imagens de sat. em fita magnét.	análise digital	quantitativa
cobertura vegetal	produt. fotográf. das imagens sat.	análise visual	quantitativa/ qualitativa

Os dados adquiridos através de outros produtos ou fontes, que não o sensoriamento remoto, suas fontes, bem como a metodologia e abordagem neles empregadas podem ser vistos no Quadro nº 02. Nesse quadro, os dados

hipsométricos e topográficos fazem parte dos dados morfométricos, entretanto, não foram coletados pelo mesmo processo (fotointerpretação), mas pela leitura e interpretação da carta topográfica.

QUADRO 02- Dados geográficos coletados através de outros recursos que não o SR, suas fontes e a metodologia/abordagem adotada na análise.

Dados	Fonte	Metodologia	Abordagem
litológicos	mapa litológico	análise visual	qualitativa
pedológicos	mapa de solos	análise visual	qualitativa
topográficos	carta topográf.	análise visual	quantitativa
hipsométricos	carta topográf.	análise visual	quantitativa
uso da terra	observação de campo e mapa de uso da terra	análise visual	qualitativa
climáticos	bibliografia específica	-	qualitativa
Morfométricos (lineares, areais e topológicos)	rede de drenagem extraída em fotointerpretação	-	quantitativa (análise morfométrica)

3.2.2.1- Aquisição e análise dos dados morfométricos

3.2.2.1.1- A aquisição dos dados morfométricos

Dados morfométricos constituem uma categoria de dados geográficos. São medições e índices/relações que visam caracterizar quantitativamente os aspectos lineares, de área e hipsométricos da bacia analisada, além de aspectos topológicos da rede de drenagem respectiva e de formas e dimensões das vertentes (aspectos topográficos) que compõem a bacia. Estabelecem também algumas relações entre os diferentes aspectos.

Os dados morfométricos foram separados e identificados, nesta pesquisa como dados: lineares, de área, hipsométricos, topológicos e topográficos, de acordo

com o aspecto físico que representam e, o estabelecimento dos respectivos índices recebeu a denominação de análises: linear*, areal*, hipsométrica*, topológica* e topográfica. O conjunto dessas análises foi denominado de "Análise morfométrica da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro".

A observação do terreno, para a obtenção das medidas e estabelecimento dos índices lineares, de área e topológicos, foram feitas a partir da interpretação das fotografias aéreas, particularmente no traçado da sua rede de drenagem. Os aspectos hipsométrico e topográfico, tiveram origem a partir do documento topográfico empregado, que foi a carta topográfica da DSG, na escala de 1:50.000.

Houve aqui, uma preocupação em enriquecer os dados sobre a quantidade de canais da bacia, tendo em vista a deficiente distribuição destes na carta topográfica, através de fotointerpretação. Tal preocupação é corroborada por SANCHEZ, et al (1993) e por ROSS (1990).

3.2.2.1.2- A análise morfométrica da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro

Utilizando a fotointerpretação como técnica de observação e coleta de dados e a "análise de bacias hidrográficas" (CHRISTOFOLETTI, 1980) como metodologia central de referência, foi feita uma análise morfométrica da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro (BHSI), com o propósito de estabelecer um estudo sobre a morfologia do relevo e da rede hidrográfica. Esta serviu de subsídio para a elaboração do mapa de uso ideal da terra.

Antes, porém, foi feita a caracterização da bacia através da caracterização da rede de drenagem segundo o escoamento global, da classificação descritiva dos rios e da classificação dos padrões de drenagem, além da determinação da hierarquia fluvial.

* - Terminologia adotada por CHRISTOFOLETTI (1980).

a) A divisão da BHSI em sub bacia secundárias (SB) e a caracterização da bacia

Inicialmente, a bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro (BHSI) foi dividida em sub bacias secundárias (SB), num total de dez (10), sendo identificadas pelas letras de "A" a "J" (ver figura 13). Tal procedimento tornou-se necessário devido às características específicas de certos índices/relações que assim exigiram.

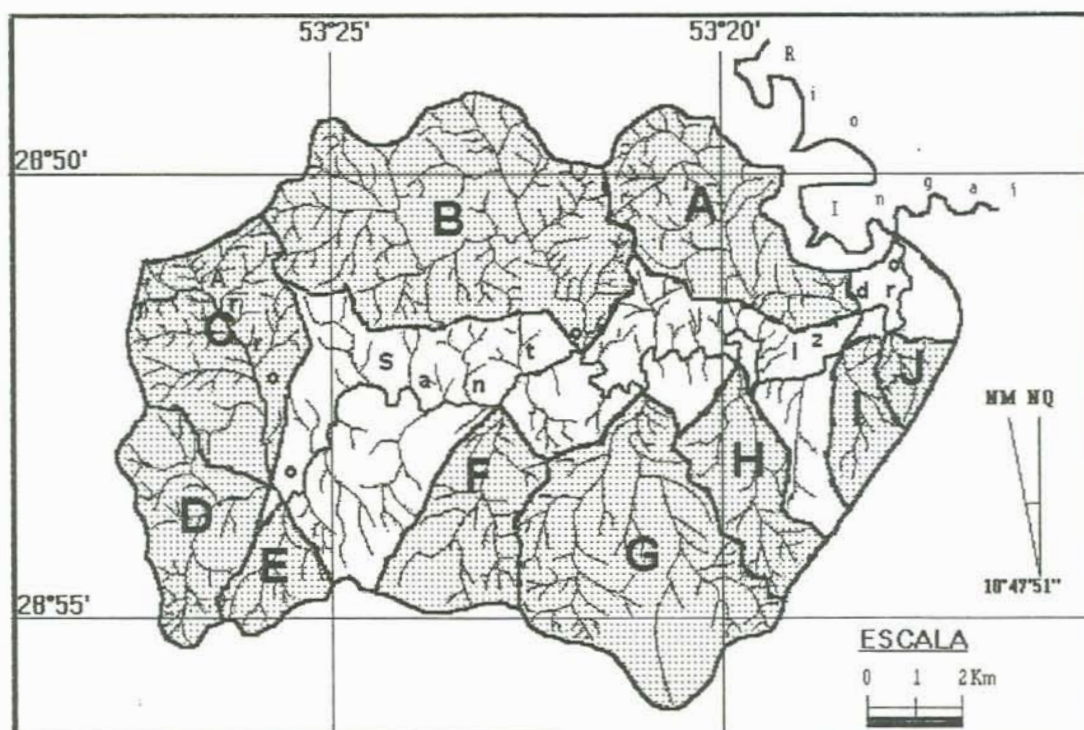


Figura 13- As sub bacias secundárias (SB)
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

Essa divisão se justifica porque cada canal de uma rede é responsável pela drenagem de uma determinada área de terras e cada afluente direto do canal principal de uma rede é, por sua vez, canal principal de uma subrede que drena uma área correspondente a um subsistema do sistema maior, ou seja, drena, o que nesta pesquisa é chamado, uma sub bacia hidrográfica.

Pode-se dizer então, que o sistema de uma bacia hidrográfica é o resultado do somatório das áreas drenadas por cada um dos canais que compõem a rede.

Uma bacia hidrográfica pode, portanto ser dividida em subsistemas que correspondem às áreas drenadas pelas sub redes cujos canais principais são afluentes do canal principal do sistema maior.

Entretanto, para a determinação das principais sub bacias de uma bacia hidrográfica, é necessário estabelecerem-se alguns critérios para a escolha dos afluentes que serão canais principais dessas subredes de drenagem. Alguns afluentes do rio principal são demasiado pequenos para constituírem uma subrede que seja significativa para certas análises e, portanto, devem ser rejeitados, pois drenam uma área igualmente reduzida e pouco significativa.

Um outro condicionante no estabelecimento de subredes ou sub bacias diz respeito ao canal principal do sistema maior, particularmente na sua porção mais próxima das nascentes.

O canal principal de uma rede de drenagem é identificado desde a sua nascente até a sua foz, em função de certas características que lhes são próprias. Uma dessas características é o maior volume de água que nele corre, por constituir-se no receptáculo das águas provenientes de todos os demais canais (afluentes e subafluentes) da rede. Entretanto, quanto mais próximo da nascente, menos esta característica é marcante, ou seja, até um determinado ponto a jusante, o canal principal se comporta semelhantemente a um afluente seu, no que se refere ao seu volume de água.

Ou seja, o canal principal da rede de drenagem, na porção mais próxima da nascente apresenta uma vazão semelhante à de alguns dos principais afluentes da rede principal, embora essa parte do canal seja constituída apenas pelo alto curso do rio. Com relação a este fato, a subrede de drenagem que corresponde àquela cujo canal principal é o alto curso do canal principal, no caso específico da BHSl, não apresenta diferenças significativas de declividade do canal em relação às outras subredes. Ou seja, o seu canal principal se comporta, em termos de gradiente de canais, como se fosse um afluente qualquer do arroio Santo Izidro. Tal afirmação pode ser constatada na análise dos perfis longitudinais dos canais principais das sub

bacia secundárias, trabalhada no item 4.5.5, que trata da topografia da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro.

Essas sub bacias foram determinadas, seguindo-se alguns critérios pré-estabelecidos, que são: 1º- o canal principal da SB deveria ser um afluente direto do arroio Santo Izidro, que é o canal principal da bacia em estudo (exceto para a sub bacia C, cujo canal principal é o próprio arroio Santo Izidro, na sua porção mais próxima da nascente, mais precisamente, na confluência do canal deste com o canal principal da sub bacia D, onde o arroio Santo Izidro adquire a 5ª ordem) ; 2º- a ordem do seu canal principal, na confluência com o arroio Santo Izidro deveria ser igual ou superior a três (3); 3º- a área da SB drenada pela respectiva subrede de drenagem deveria ser igual ou superior a, aproximadamente, quatrocentos hectares (400 Ha). Esse critério de área foi válido para a escolha de todas as SB, exceto para as SB "I" e "J" (SBI e SBJ), cujas áreas estão aquém do limite, mas que são importantes por serem de ordem 3 e porque ambas preenchem, uma área contígua significativa da margem direita do arroio Santo Izidro (588,8080 Ha), junto à foz do mesmo. Sua inclusão foi considerada necessária porque, sem ela restaria uma parcela importante da área do sistema maior sem ser levada em conta.

As sub bacias secundárias (SB) cobrem cerca de 63,5% da área total da BHSI e as sub bacias que não se enquadram nos critérios acima especificados cobrem cerca de 17,9% da área total da BHSI, restando aproximadamente 18,6% de terras que ficam nos interflúvios que constituem as vertentes da BHSI cujas águas correm diretamente para o rio principal. Por essa razão, considerou-se que essas dez SB são significativas para efeito do cálculo dos índices e relações em que foram empregadas.

As sub bacias que não fazem parte das sub bacias secundárias (SB) foram separadas em três grupos: SB3 = demais sub bacias cujos canais principais são de ordem igual a 3; SB2 = sub bacias cujos canais principais são de ordem igual a 2; SB1 = sub bacias cujos canais principais são de ordem igual a 1, observando que os

canais principais das sub bacias secundárias devem ser afluentes diretos do arroio Santo Izidro.

A caracterização da rede de drenagem foi feita após extrair das fotos, a rede de canais, em lâminas transparentes, com o uso dos pares estereoscópicos de fotografias aéreas e de um estereoscópio de espelhos. O estereoscópio empregado foi um "Estereoscópio de Espejos con estereómetro de dibujo" CARL/ZEISS JENA.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980), as bacias hidrográficas podem ser classificadas de acordo com o escoamento superficial em exorreicas, endorreicas, arreicas e criptorreicas se o seu escoamento se fizer respectivamente, de modo contínuo até o mar, ou quando não houver escoamento até o mar, ou quando não há estruturação em bacias hidrográficas, ou ainda, quando as bacias forem subterrâneas.

Quanto à classificação dos padrões de drenagem, ou seja, ao arranjo espacial dos cursos de água, a referida bacia foi classificada segundo os critérios de definição de padrões de drenagem descritos em Christofolletti (1980), segundo os quais uma rede hidrográfica pode ser: dendrítica, em treliça, retangular, paralela, radial, ou irregular; ou ainda uma combinação de duas delas ou mais.

A determinação da hierarquia fluvial deu-se, em primeiro lugar, identificando-se o canal principal da BHSI e após, fazendo a ordenação dos canais.

Foi determinada a extensão do rio principal, e sua identificação foi estabelecida conforme o método proposto por HORTON (1945) e citado por CHRISTOFOLETTI (1980), segundo o qual, "para determinar qual é o afluente e qual o canal principal a partir da última bifurcação, podem ser usadas as seguintes regras: a) partindo da jusante da confluência estender a linha do curso de água para montante, para além da bifurcação, seguindo a mesma direção. O canal confluyente que apresentar o maior ângulo é o de ordem menor; b) se ambos os cursos possuem o mesmo ângulo, o rio de menor extensão é geralmente designado como de ordem mais baixa".

Utilizando o método de STRAHLER (1952), citado por CHRISTOFOLETTI (1980) foi determinada a hierarquia dos canais fluviais da bacia hidrográfica em estudo.

Esse método de ordenação sugere que canais de ordem 1 são aqueles que não recebem afluentes, ou seja, vão desde a nascente até a primeira confluência. Estabelece ainda que a ordem dos canais aumenta de um (1) quando o canal entra em confluência com outro de mesma ordem.

Foi feita então a ordenação dos canais, tendo em vista estabelecer a hierarquia fluvial e dar início à análise morfométrica da BHSI, ou seja, para a partir desse ponto, proceder à análise dos aspectos lineares, de área, hipsométricos, topológicos e topográficos.

Segundo CHRISTOFOLETTI: "a análise morfométrica de bacias hidrográficas inicia-se pela ordenação dos canais fluviais, com a finalidade de estabelecer a hierarquia fluvial. A partir de então, processa-se a análise dos aspectos lineares, areais e hipsométricos" (1980).

b) A análise linear

A análise linear da BHSI constou da determinação dos índices que se seguem.

1- Relação de bifurcação (Rb) (CHRISTOFOLETTI, 1970, 1980), que é a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem (Nu) e o número total dos de ordem imediatamente superior (Nu+1). **Rplb** é a média ponderada dessa relação.

Sendo : $Rb = Nu / Nu + 1;$

2- Comprimento médio dos segmentos fluviais (Lm)

Para se encontrar o comprimento médio (Lm), usou-se a equação:

$Lmu = Lu / Nu,$ para:

Lu= soma dos comprimentos dos segmentos fluviais de uma determinada ordem, e Nu= número de segmentos da mesma ordem.

3- Comprimento total dos cursos de água da bacia e das sub bacias (Lt)

O comprimento total de todos os cursos de água (Lt) da BHSI foi determinado pelo somatório das somas dos comprimentos dos segmentos fluviais de todas as ordens, onde: $L_t = \sum L_u$ e o comprimento médio de todos os canais da bacia foi encontrado pela equação:

$$L_m = L_t / N, \text{ para:}$$

N= número total de segmentos fluviais da bacia.

4- Relação entre os comprimentos médios dos segmentos fluviais de cada ordem (RLm) (CHRISTOFOLETTI, 1980), onde:

$$RL_m = L_{mu} / L_{mu-1}, \text{ para:}$$

L_{mu} = comprimento médio dos segmentos fluviais de uma determinada ordem,
e

L_{mu-1} = Comprimento médio dos segmentos de ordem imediatamente inferior à ordem considerada.

E, $R_p L_m$ é a média ponderada entre os comprimentos médios dos segmentos.

5- Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (Rlb)

Essa relação, segundo Christofolletti constitui-se de um "importante fator na relação entre a composição da drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas" (HORTON, 1945, in: CHRISTOFOLETTI, 1980).

Ou seja, "se a relação entre o comprimento médio e o índice de bifurcação forem iguais, o tamanho médio dos canais crescerá ou diminuirá na mesma proporção; caso não sejam iguais, o que é mais comum, o tamanho médio dos canais poderá diminuir ou aumentar progressivamente com a elevação da ordem dos canais" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Para encontrar essa relação, usou-se a seguinte fórmula:

$$Rlb = Rlm / Rb, \text{ para:}$$

R_{lm} = índice do comprimento médio dos segmentos de duas ordens subseqüentes

R_b = relação de bifurcação entre as mesmas duas ordens subseqüentes.

Sendo : $R_{lm} = L_{mu} / L_{mu+1}$, L_{mu} o comprimento médio dos segmentos de uma determinada ordem, L_{mu+1} comprimento médio dos segmentos de ordem imediatamente superior à ordem considerada e R_{plm} , a média ponderada desse índice.

A média ponderada dessa relação é identificada por R_{plb} .

6- O comprimento do canal principal (L) foi medido com o auxílio de um curvímeter com a seguinte especificação: "curvimeter model 78, FREIBERGER PRÄZISIONS MECHANIC".

Neste caso, o comprimento do canal principal é dado pelo somatório dos segmentos fluviais que o compõem.

7- Os equivalentes vetoriais (ev)

O equivalente vetorial (ev) representa o comprimento de cada segmento fluvial de determinada ordem, em linha reta, que se estende da nascente ao término do referido canal. (CHRISTOFOLETTI, 1980)

A determinação dos ev foi feita da seguinte maneira: leitura direta numa régua (em cm) sobre um mapa de escala aproximada de 1:58.000, produzido por fotointerpretação. Para os canais de ordem 1, a medida foi tomada da nascente à confluência mais próxima, para os canais de ordens 2, 3 e 4, a medida foi feita desde a confluência com o canal de ordem igual ou superior, até o ponto onde sua ordem iniciou.

8- A grandeza média dos equivalentes vetoriais (Ev)

A Ev pode ser encontrada pela média aritmética dos ev, ou seja:

$$Ev = \sum ev / n.$$

9- Relação entre os equivalentes vetoriais (Rev). Para se obter a Rev empregou-se a seguinte equação:

$$Rev = Ev_u / Ev_{u-1}, \text{ para:}$$

Evu = grandeza média dos ev dos segmentos fluviais de uma determinada ordem;

Evu-1 = grandeza média dos ev dos segmentos fluviais de ordem imediatamente inferior à ordem considerada.

Segundo Christofolletti (1970 e 1980,) "a importância interpretativa da Rev advém de seu confronto com os índices de comprimento médio e da declividade média", muito significativo para a interpretação sobre a estrutura geológica da bacia.

Rpev é a relação ponderada dos equivalentes vetoriais.

10- Relação entre o comprimento dos canais e o equivalente vetorial (RLE)

Este índice foi estabelecido visando obter-se subsídios sobre a retinidade média dos canais fluviais. Indica a proporção entre o equivalente vetorial e o comprimento do segmento de determinada ordem, bem como do canal principal das sub bacias.

Foi estabelecido pela equação:

$$RLE = Lm/Ev, \text{ para:}$$

Lm = comprimento médios dos segmentos fluviais ou dos canais,

Ev = grandeza média dos ev

Quanto mais próximo esse índice estiver de 1,0 maior será a retinidade dos canais, sendo esse o valor mínimo a ser obtido.

11- Comprimento da bacia (Lb). Para medir esse comprimento, adotou-se um dos critérios apresentados por CHRISTOFOLETTI (1980) "que é a maior distância, medida em linha reta, entre a foz e determinado ponto situado ao longo do perímetro".

Nesta pesquisa, esse item equivale ao diâmetro da bacia (Db), uma vez que o próprio Christofolletti o utiliza no cálculo do índice/relação entre o comprimento e a área da bacia (ICo), na análise areal (1980). Considera o diâmetro da bacia como "o comprimento da projeção horizontal em linha reta, estendendo-se da desembocadura da bacia até as divisas de suas cabeceiras". (CHRISTOFOLETTI, 1970)

12- Perímetro da bacia (Pb)

O perímetro da bacia estabelecido corresponde ao comprimento do divisor de águas. Foram também estabelecidos os perímetros das sub bacias secundárias.

c) A análise areal

Após a determinação dos índices relativos à análise dos aspectos lineares, passou-se para o cálculo dos índices referentes à análise areal da BHSI, os quais são a seguir descritos.

1- **Área (A)** da bacia hidrográfica e das sub bacias secundárias e respectivos sub sistemas, constituída por toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada em um plano horizontal, através do software CAREAV, usando como equipamento um micro-computador PC 286 e uma mesa digitalizadora. Foram feitas três medições para o sistema (BHSI) e para os subsistemas (SB), para todos os segmentos, de todas as ordens, e a média aritmética dessas três medições gerou o resultado final.

2- Relação entre as áreas das bacias (Ra)

A relação existente entre as áreas das bacias (Ra) é a relação existente entre as áreas das bacias dos subsistemas de drenagem que compõem a drenagem principal, pois cada sistema de determinada ordem é responsável pela drenagem de uma área. Relacionou-se assim as áreas de bacias de ordens subsequentes. Por exemplo: as de ordens 1 e 2, 2 e 3, etc.

Não se trata aqui das sub bacias secundárias (as SB), mas de todos os sub sistemas que compõem a micro bacia, uma vez que são levados em conta todos os canais fluviais e não apenas os afluentes diretos do Lajeado dos Porcos.

No caso desta pesquisa, foram relacionadas as áreas das sub-bacia de ordens 1 e 2, 2 e 3, 3 e 4, e 4 e 5, da BHSI e das SB.

A Ra foi determinada através da fórmula (sendo R_{pa} a sua média ponderada):

$$Ra = Au/Au-1, \text{ para:}$$

Au = área média das bacias de determinada ordem, e

A_{u-1} = área média das bacias de ordem imediatamente inferior à ordem considerada.

Após, foi determinada a forma da BHSI e das SB que compõem o sistema analisado, através do estabelecimento dos índices de circularidade (I_c) e de forma (I_f) e do índice/relação entre o comprimento e a área da bacia (I_{Co}) (CHRISTOFOLETTI, 1980).

3- Índice de circularidade (I_c)

Para o cálculo do I_c da BHSI e das SB que compõem todo o sistema, foi empregada a seguinte equação:

$$I_c = A/A_c, \text{ para:}$$

A = área da bacia considerada e,

A_c = a área de um círculo de perímetro (P) igual ao perímetro da mesma (sub)bacia.

Conforme o autor, "o valor máximo a ser obtido é igual a 1,0 e quanto maior o valor, mais próxima da forma circular estará a bacia" (1980) ou "... o resultado obtido no cálculo do índice de circularidade apresenta valor máximo de 1,0, quando o perímetro da bacia corresponderia ao perímetro do círculo" (1970).

4- Índice de forma (I_f)

O I_f da BHSI foi estabelecido através da seguinte equação, proposta por Christofolletti (1970):

$$I_f = P/2(\pi A)^{1/2}, \text{ para:}$$

P = perímetro da bacia e

A = área da mesma.

Segundo esse método o I_f nunca poderá assumir um valor inferior a 1,0, valor esse que corresponde a uma bacia circular.

5- Índice/relação entre o comprimento e a área da bacia (I_{Co})

O índice/relação entre o comprimento e a área da bacia foi encontrado por:

$$I_{Co} = D_b/A^{1/2}, \text{ para:}$$

D_b = diâmetro da bacia e

A = área da bacia,

o qual, serve de subsídio importante para descrever e interpretar tanto a forma como o processo.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980), quando o ICo estiver próximo de 1,0, a bacia apresenta forma semelhante ao quadrado, quando inferior, sua forma será alargada e, quando superior a 1,0, terá sua forma alongada.

Para melhor interpretação, forma alargada foi considerada quando é maior a distância entre os limites da bacia no sentido margem-margem, do canal principal e, forma alongada é quando a distância é maior no sentido nascente-foz.

6- Densidade de rios (Dr)

A relação existente entre o número de rios (ou cursos de água) e a área da bacia é a densidade de rios (Dr) ou densidade hidrográfica (Dh) e serve para se comparar a freqüência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão, por exemplo, o Km² ou o Ha.

É expressa pela fórmula:

$$Dr = N/A, \text{ para:}$$

N = número de rios (número de nascentes) e

A = é a área da bacia.

Conforme Christofolletti (1970), de acordo com a ordenação de HORTON (1945), o número de rios é entendido como a soma total de todas as parcelas concernentes aos números de segmentos de cada ordem, número que corresponde à quantidade de canais de ordem 1, se a ordenação for feita segundo STRAHLER (1952).

No caso da ordenação de STRAHLER, adotada neste trabalho, o número de rios corresponde ao número de canais de ordem 1.

Este índice é importante, segundo CHRISTOFOLETTI "porque representa o comportamento hidrológico de determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos de água" (1980).

7- Densidade de segmentos (Fs)

A quantidade de segmentos existentes em uma determinada bacia hidrográfica por unidade de área é a densidade de segmentos da bacia (Fs) (CHRISTOFOLETTI, 1980), encontrada pela razão entre o somatório dos segmentos de todas as ordens ($\sum ni$) e a área (A) da bacia, sendo:

$$F_s = \sum ni/A$$

8- Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem (Dd), diferente da densidade de rios, correlaciona o comprimento total (Lt) dos canais de escoamento com a área (A) da bacia hidrográfica.

Pode ser calculada pela equação:

$$D_d = L_t/A$$

Este cálculo é importante porque auxilia na identificação da estrutura rochosa da bacia pois "o comportamento hidrológico das rochas repercute na densidade de drenagem", apresentando relação inversa com o comportamento dos rios pois "à medida que aumenta o valor numérico da Dd há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais da bacia de drenagem" (CHRISTOFOLETTI, 1980). Ou seja, "nas rochas onde a infiltração encontra maior dificuldade há condições melhores para o escoamento superficial, gerando possibilidades para esculturação de canais, como entre as rochas clásticas de granulação fina e, como consequência, densidade de drenagem mais elevada", ocorrendo o contrário em rochas de granulometria grossa (1980).

Para CHRISTOFOLETTI (1970), a Dd é considerada baixa se for menor do que 7,5 Km/Km², média se for maior ou igual a 7,5 Km/Km² e menor ou igual a 10,0 Km/Km² e, alta se for maior do que 10,0 Km/Km².

9- Coeficiente de manutenção (Cm) (proposto por S. A. Schumm, 1956, in: CHRISTOFOLETTI, 1980).

Finalizando a análise areal da BHSI, fez-se a determinação do coeficiente de manutenção (Cm), índice que tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento, sendo:

$$Cm = 1/Dd \times 1000, \text{ para:}$$

Dd = valor de densidade de drenagem.

d) Análise hipsométrica

Partiu-se então para a coleta de dados referentes à análise hipsométrica da BHSI, elaborando a curva hipsométrica (CHRISTOFOLETTI, 1980) e determinando: os coeficientes de massividade e orográfico, a amplitude altimétrica máxima da micro bacia (p.119), a relação de relevo e o índice de rugosidade.

"A hipsometria preocupa-se em estudar as interrelações existentes em determinada unidade horizontal de espaço, no tocante à sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base". (CHRISTOFOLETTI, 1980)

A curva hipsométrica:

Primeiramente, foi elaborada a curva hipsométrica, conforme o método descrito a seguir, com a finalidade de "expressar a maneira pela qual o volume rochoso situado abaixo da superfície topográfica, delimitada pelos limites da micro bacia, está distribuído desde a base até o topo" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A elaboração da curva hipsométrica foi feita segundo o método proposto por HAAN & JOHNSON (1966), in: CHRISTOFOLETTI, (1980), denominado RANDOM SAMPLING TECHNIQUE, ou Técnica da exemplificação aleatória, cujos passos são os seguintes:

a) selecionar, de maneira aleatória, um número de pontos dentro e sobre os limites da bacia;

- b) tabular o número de pontos, dentro de intervalos de classes altitudinais pré-estabelecidos;
- c) calcular a percentagem de pontos de cada intervalo de classe;
- d) calcular a percentagem acumulada de pontos, começando com 0% no intervalo de classe superior e continuando até 100% no intervalo de classe inferior;
- e) plotar a percentagem acumulada, nas absissas e as relações altitudinais, nas ordenadas;
- f) converter a absissa em relação à área, dividindo a percentagem por 100.

Para a confecção da curva hipsométrica da BHSI, foram selecionados aleatoriamente, 100 pontos sobre a área da bacia delimitada, distribuídos mais ou menos uniformemente, isto é, de forma a cobrir toda a bacia, equidistantes uns dos outros. Para as sub bacias secundárias (SB) o número de pontos foi menor, proporcionalmente às suas áreas.

A escolha dos pontos deu-se, espalhando sobre a carta topográfica correspondente à área analisada (SH-22-V-A-V-3 - FAZENDA COLORADO), de escala 1:50.000 e dentro dos limites da BHSI e das SB, grãos de arroz, cujos centros passaram a representar os pontos da bacia a serem identificados. Suas altitudes foram estimadas em função da distância da curva de nível mais próxima do ponto, com base na distância existente entre as duas curvas de nível, entre as quais o grão de arroz se posicionou.

Posteriormente, os dados altitudinais da referida carta topográfica foram xecados e confirmados, in locu com o auxílio do GPS (Global Positions System) "TRANSPACK TRIMBLE NAVIGATION" do Departamento de Geociências do Centro de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Federal de Santa Maria.

1- A integral hipsométrica (Sh)

Para encontrar a integral da curva, a integral hipsométrica (Sh), fez-se o somatório das integrais das retas que ligam os pontos plotados no gráfico que representa a curva hipsométrica.

Após, foram determinados os coeficientes de massividade (CM) e orográfico (Co), sendo que o coeficiente de massividade é dado pelo quociente da divisão da altura média (h) do relevo da área pela sua superfície (A) e o coeficiente orográfico é o produto entre a altura média e o coeficiente de massividade, ou seja:

2- Coeficiente de massividade (CM)

Encontrado pela equação:

$$CM = h/A$$

3- Coeficiente Orográfico (Co)

Determinado pela equação:

$$Co = hCM, \text{ ou } Co = h \tan \alpha$$

Para o cálculo da h, a expressão utilizada foi:

$$\Delta h / h \times 100 / Sh, \text{ sendo:}$$

Δh = amplitude altimétrica

4- Relevo máximo (Rm)

A amplitude altimétrica máxima (Hm) ou o relevo máximo (Rm), "que corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica"(CHRISTOFOLETTI, 1980), foi determinada também.

5- Relação de relevo (Rr)

Foi estabelecida ainda, a relação de relevo, usando:

$$Rr = Hm/A^{1/2}$$

6- Índice de rugosidade (Ir)

Também foi calculado o índice de rugosidade, que é o produto entre a amplitude altimétrica (H) e a densidade de drenagem (Dd), ou seja: $Ir = HDd$

Outros índices e relações considerados como de interesse da análise hipsométrica foram incluídos nesta análise morfométrica de bacia hidrográfica que são o gradiente dos canais (gc) principais das sub bacias secundárias, a declividade média dos canais fluviais (Gc) e a relação entre os gradientes dos canais (Rgc).

7- Gradiente dos canais (gc)

O gradiente dos canais, importante para indicar a declividade dos cursos de água, para qualquer ordem dos segmentos, foi determinado. Trata-se de uma relação entre a diferença máxima de altitude entre o ponto de origem e o término do canal (Δh) e o comprimento (L) do mesmo, ou seja:

$$gc = \Delta h/L$$

Ficaram restritos aos canais principais das SB e da BHSI, isto é, não foram calculados os gc para todos os canais da MBLP, devido à falta de dados altimétricos sobre os demais canais da bacia pois esses não aparecem na carta topográfica, uma vez que somente se tornaram visíveis na fotointerpretação.

8- Declividade média dos canais fluviais (Gc)

A Gc foi calculada para as SB e para a BHSI como um todo, com base nos gradientes dos canais (gc), ficando também restrita as canais principais das SB e MBLP. A Gc dos canais foi então encontrada pela média aritmética dos gc, ou seja, através da expressão:

$$Gcu = \sum gc_u / nu, \text{ para:}$$

Gcu = declividade média dos canais de determinada ordem

$\sum gc_u$ = somatório dos gradientes dos canais de determinada ordem, e

nu = número de canais de mesma ordem.

A Gc foi expressa em porcentagem e em graus e minutos.

9- O traçado dos perfis longitudinais dos principais canais da bacia

Foram traçados também os perfis longitudinais dos canais principais das SB e da BHSI, com a finalidade de enriquecer a análise hipsométrica.

Sua elaboração se deu, medindo, com uma régua, trechos dos canais, de 0,5 a 6,0 mm na carta topográfica (E=1:50.000) e fazendo a leitura dos dados altimétricos constantes na referida carta. Posteriormente foram medidas as mesmas distâncias com o curvímetro.

Os pontos considerados como os de menor altitude foram as respectivas confluências com o canal principal da BHSI, para os canais das SB; para o canal do

arroio Santo Izidro, a sua confluência com o rio Ingaí. O ponto considerado como o de maior altitude foi a nascente de cada um dos rios analisados.

A definição de seus valores altimétricos, tanto para os pontos mais altos, como para os mais baixos, foi estimada em função da proximidade entre as isoípsas e/ou pontos cotados, na carta topográfica.

e) Análise topológica

Após as análises linear, areal e hipsométrica, foi realizada ainda a análise topológica da bacia hidrográfica do Arroio Santo Izidro, a fim de tornar evidente se há algum controle geológico no sistema em estudo. Isto é, se existem duas ou mais sub-bacias topologicamente idênticas, o que pode significar a existência de algum controle.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980) "as propriedades topológicas de qualquer rede de canais podem ser descritas por meio de uma combinação binária composta de n dígitos uns (1) e $n-1$ dígitos zeros (0)". Devendo começar sempre pela desembocadura e atravessar a rede, seguindo sempre para a esquerda em cada junção, revertendo a direção em cada nascente.

Um zero (0) será escrito quando se atravessar um ligamento interior pela primeira vez; um (1) será escrito quando se atravessar um ligamento exterior pela primeira vez; nada deverá ser anotado quando os ligamentos forem atravessados pela segunda vez (quando se 'caminha' em direção jusante, da desembocadura); qualquer combinação binária para as redes fluviais deverá começar sempre com zero e terminar com disposição consecutiva de dois uns (11); qualquer rede pode ser expressa através de uma combinação binária, mas nem toda combinação binária pode ser transformada em uma rede fluvial. Considerou-se ligamento interior a bifurcação de qualquer segmento com um segmento de ordem 1 e ligamento exterior como a bifurcação de segmentos de ordem superior a 1.

Segundo o autor, duas redes de canais serão topologicamente idênticas "se e somente se" forem representadas pela mesma combinação binária. As redes topologicamente distintas terão combinações binárias diferentes e distintas.

Foi feita então, a determinação das combinações binárias das sub bacia de ordem 2, 3 e 4 e de magnitude maior ou igual a 2 cujos canais principais são afluentes diretos do arroio Santo Izidro.

f) A análise topográfica (ou análise das vertentes)

Além da interpretação morfológica da BHSI com base nos resultados numéricos obtidos nas análises linear, areal e hipsométrica, foi realizada também uma interpretação com base na análise das vertentes, no que se refere à sua declividade e às suas formas e dimensões e, conseqüentemente, às formas que o relevo assume nos interflúvios e nas encostas, a qual foi denominada de análise topográfica da BHSI.

Segundo CHRISTOFOLETTI (1970), "os resultados obtidos através dos cálculos sobre a morfometria dos elementos componentes da bacia hidrográfica devem ser correlacionados com a movimentação topográfica da área drenada.

Essa análise teve como referencial principal, a análise de vertentes sugerida por CHRISTOFOLETTI (1980), mais particularmente no item intitulado "As vertentes como sistema morfológico".

Nesta etapa foram suprimidos alguns índices sugeridos pelo autor, como também foram acrescentados outros julgados significativos. Alguns tiveram origem na própria análise morfométrica sugerida por Christofolletti (1980).

Os índices da análise topográfica foram separados em dois grupos de índices. O primeiro é aquele grupo formado por índices médios relativos à micro bacia e às sub bacias secundárias, chamados índices topográficos médios, e outro grupo cujos cálculos foram realizados em função dos dados coletados em perfis topográficos traçados em cada sub bacia. Foram portanto, analisadas as duas vertentes de cada

perfil das sub bacias secundárias. São os índices topográficos referentes às vertentes amostradas.

Os índices calculados para a análise topográfica foram os seguintes:

Primeiro grupo: índices topográficos médios

1- Textura topográfica (Tt)

A Tt foi encontrada em função da densidade de drenagem (Dd), através da equação abaixo, proposta por SDMITH (1950), in: CHRISTOFOLETTI (1970):

$$\text{LogTt} = 0,219649 + 1,115\text{LogDd}$$

Tem sua importância no fato de que o índice da Tt representa "o grau de entalhamento e dissecação da superfície terrestre" (CHRISTOFOLETTI, 1970) ou "o maior ou menor espaçamento entre os cursos de água" (1970), sendo considerada como tendo uma textura grosseira a região que apresenta amplo espaçamento e, de textura fina, a de estreito espaçamento entre os cursos de água.

Segundo FRANÇA (1968), in: CHRISTOFOLETTI (1970), a textura será grosseira se a razão de textura média estiver abaixo de 2,5; será média se estiver entre 2,5 e 6,2; e será fina se estiver acima de 6,2 (para o perímetro expresso em Km).

2- A extensão do percurso superficial (Eps), que é a distância média percorrida pelas enxurradas entre o interflúvio e o canal permanente, dada pela fórmula:

$$\text{Eps} = 1/2\text{Dd}$$

Constitui-se também numa das variáveis independentes mais importantes que afetam o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas, onde Dd é o valor da densidade de drenagem.(CHRISTOFOLETTI, 1980)

Podendo ser chamada de comprimento médio das vertentes, a Eps foi então estabelecida para a BHSI como um todo e também para as SB.

3- Declividade média das vertentes (Gv) (FAPERGS, 1994)

Esse índice foi encontrado através da equação:

$$\text{Gv} = \text{D.C/A}, \text{ para:}$$

D = desnível padrão das curvas de nível,

C = comprimento total somado de todas as curvas de nível internas da micro bacia ou sub bacia,

A = área da bacia ou sub bacia.

4- Desnível médio das vertentes (Dv) (FAPERGS, 1994)

Calculado através da equação:

$$Dv = Gv.Eps$$

5- Distribuição das declividades

Foi elaborado um mapa de distribuição das declividades (APÊNDICE I), visando espacializar as informações sobre essa característica da bacia. Tal mapa foi elaborado com base num ábaco construído com esse fim, representando as declividades (ou gradientes das vertentes) maiores do que 12%, entre 5% e 12% e menores do que 5%.

Foram construídos um ábaco principal, para a determinação das declividades em geral e um ábaco complementar, para a determinação das declividades das vertentes dentro das curvas de nível que circundam os pontos mais elevados das feições topográficas e também dentro das curvas de nível que circundam os canais fluviais (pontos mais baixos das vertentes).

Os ábacos foram confeccionados com base na seguinte equação, sugerida por SANCHEZ (1993), tendo como base cartográfica, a carta de escala 1:50.000:

$$D = d/DH \times 100, \text{ para:}$$

D = declividade da vertente;

d (desnível entre as curvas de nível) = 20m para o ábaco principal e 10m (d/2) para o ábaco complementar;

DH = distância horizontal real;

Segundo grupo: índices topográficos das vertentes amostradas

Esses itens são referentes às duas vertentes dos perfis topográficos traçados em cada sub bacia secundária. São eles:

1- altura da vertente (Hv)

"Corresponde à diferença de altitude entre os pontos superior e inferior do perfil" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

2- Comprimento horizontal da vertente (Lv)

"Corresponde ao comprimento da linha horizontal que une o ponto inferior do perfil a outro situado na mesma altitude, mas com coordenadas de latitude e longitude do ponto superior" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

3- Comprimento retilíneo da vertente (LRv)

"Corresponde ao comprimento da linha reta que une os pontos superior e inferior do perfil" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

4- Comprimento da superfície da vertente (LSv)

"Corresponde à soma dos comprimentos das superfícies dos segmentos que unem os diversos pontos plotados para o levantamento do perfil" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Christofoletti sugere que (...) "por vezes é conveniente utilizar somente um desses atributos, preferindo-se nesses casos, o uso do LRv, pois seu cálculo é efetuado de modo mais rápido". E também porque "a prática revela que o comprimento da superfície não difere muito do comprimento retilíneo da superfície, principalmente se não houver muitas rupturas de declive" (1980).

Entretanto, o cálculo desse índice será necessário para, posteriormente, determinar o índice de retilinidade da vertente.

5- Ângulo médio da vertente (ϕ)

"É o ângulo feito pela reta que une os pontos superior e inferior do perfil com a linha correspondente ao comprimento horizontal" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

É a própria declividade média da vertente e pode ser determinada pela equação:

$$\text{tag}\phi = H_v/L_v, \text{ para:}$$

$$H_v/L_v = \text{gradiente da vertente (gv)}$$

6- Ângulo médio ponderado da vertente (ϕ_p)

Ou declividade média ponderada da vertente. "Corresponde à média aritmética ponderada resultante da somatória da angulosidade média multiplicada pelo comprimento horizontal de cada segmento, dividido pelo comprimento da vertente" (CHRISTOFOLETTI, 1980), ou seja:

$$\phi_p = \sum L_i \cdot \phi_i / L_v$$

7- Ângulo máximo da vertente (ϕ_{λ})

Ou declividade máxima da vertente. "É o ângulo de maior valor associado a um determinado segmento do perfil" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

8- Índice de ruptura do declive (ID)

"Corresponde ao número de pontos de inflexão multiplicado por 100, dividido pelo comprimento retilíneo da vertente (LR_v)". Sendo que "ponto de inflexão (P) é considerado como ponto inicial ou terminal de uma porção côncava ou convexa do perfil, excetuados os pontos superior e inferior. Dessa forma, um perfil não totalmente côncavo ou convexo terá, no mínimo, dois pontos de inflexão" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

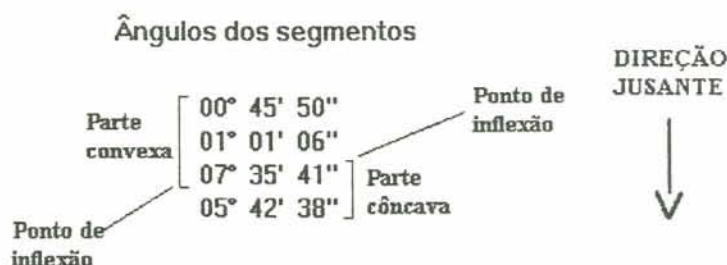
A equação do índice de ruptura de declive é, portanto:

$$ID = P \cdot 100 / LR_v$$

Segundo Christofolletti, "quanto maior o resultado, mais rupturas apresenta o perfil em relação ao comprimento da superfície" (1980).

Considerando que cada segmento da vertente delimitado pelos pontos plotados no perfil tem uma declividade, toda vez que a seqüência de declividades apresentar aumento ou diminuição dos ângulos, ocorrerá aí um ponto de inflexão.

Por exemplo, considerando a vertente abaixo:



Sendo que:

A parte convexa mede 1200 m

A parte côncava mede 1000 m

O segmento mede 150 m

$$ID = 2.100/1450$$

Trata-se portanto, de uma vertente com predomínio discreto de partes convexas.

Segundo Christofolletti (1980):

"- convexidade consiste no conjunto de todas as partes de um perfil de vertente no qual não há diminuição dos ângulos em direção a jusante;

- concavidade consiste no conjunto de todas as partes de um perfil de vertente no qual não há aumento dos ângulos em direção a jusante;

- ruptura de declive, consiste no ponto de passagem de uma unidade a outra;

- elemento, é a porção da vertente na qual a curvatura permanece aproximadamente constante;

- segmento, é a porção do perfil da vertente no qual os ângulos permanecem aproximadamente constantes, o que lhe dá um caráter retilíneo", sendo a porção ou elemento intermediário entre os elementos côncavo e convexo da vertente";

9- Índice de retilinidade da vertente (IRv)

"É definido como a razão entre o comprimento da superfície da vertente (LSv) e o comprimento retilíneo da superfície da vertente (LRv)" (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Portanto:

$$IRv = LSv/LRv$$

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980), "quanto mais o índice ultrapassar o valor 1,0, mais afastada de uma linha reta estará a superfície da vertente".

3.2.2.2- A escolha das composições coloridas

Para efeito desta pesquisa, foram feitos testes com todas as bandas do sistema TM/LANDSAT-5, exceto com a BANDA-6, que opera na faixa do infravermelho emissivo e por ter o ângulo de visada instantâneo (IFOV) e pixel diferente das demais bandas.

Evidentemente não foram feitas todas as combinações possíveis, mas apenas aquelas julgadas úteis em função da análise das respostas espectrais dos alvos nas diferentes bandas (item 2.5.1).

Foram fotografados os resultados dos cruzamentos a partir da tela do visualizador de imagens do SITIM do Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia/CEPSRM da Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS através do Sistema REMBRANDT (Nise color graphics camera, catalog NO.3500F-V20, Serial NO.12480814, N.I.S.E., inc. 20018 State Rd; Cerritos, CA 90701, USA, "Camera system, Model OMO-11, XR 10 M"), utilizando um filme "KODACOLOR-Gold Plus- colorido, GA.135-24, ASA 100, DX 135 mm".

A primeira composição gerou um produto fotográfico resultante do cruzamento das bandas TM-3, 4 e 7, para cujos canais foram atribuídas as cores vermelho, verde e azul, respectivamente. Essa combinação foi identificada pela sigla 3Rx4Gx7B e o seu produto fotográfico pode ser visto na figura 14.

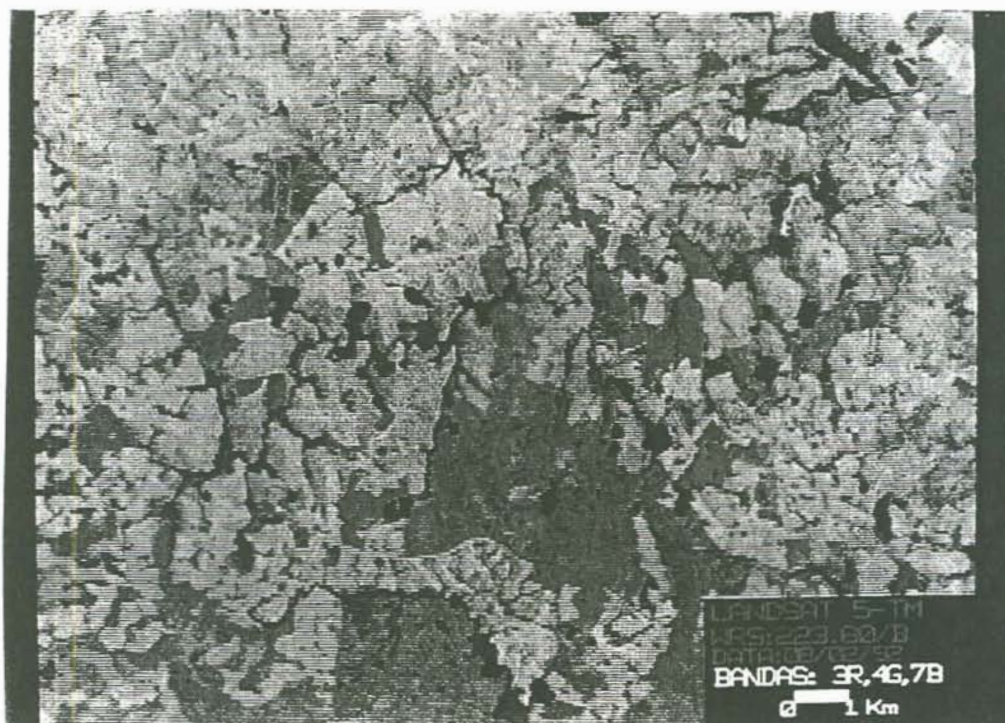


Figura 14- Produto fotográfico da composição 3Rx4Gx7B.

Uma segunda composição colorida, dessa vez utilizando as bandas TM-1, 2 e 7, foi criada, atribuindo-se um tom de verde para a banda TM-1, azul para a banda TM-2 e vermelho para a banda TM-7. O resultado desse cruzamento, denominado 1Gx2Bx7R, pode ser visto na figura 15.

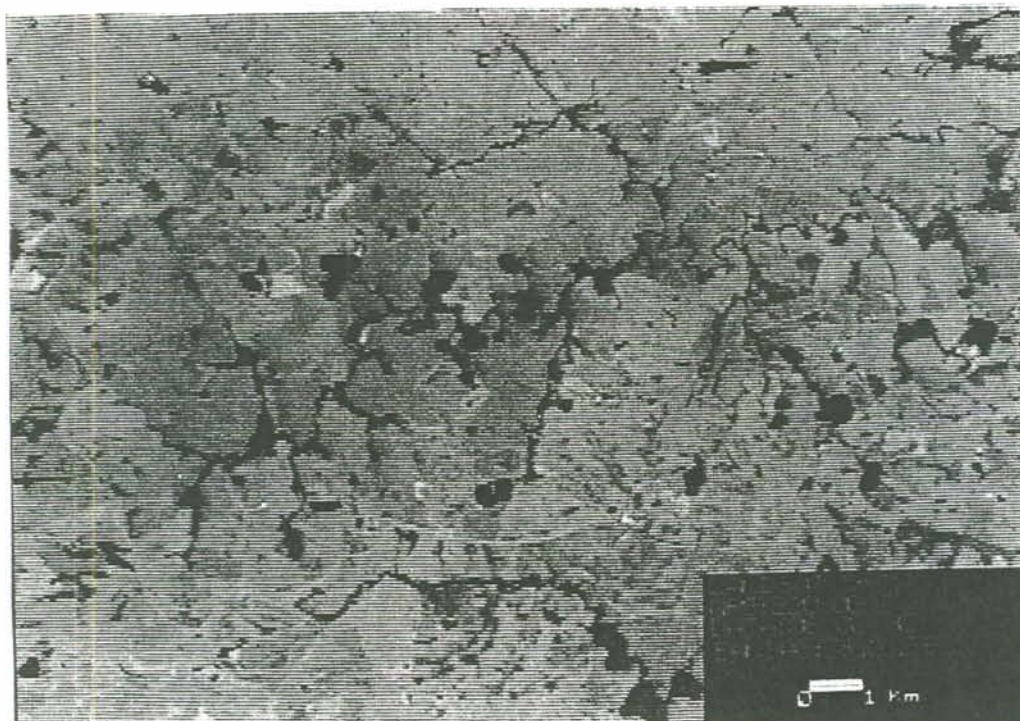


Figura 15- Produto fotográfico da composição 1Gx2Bx7R

Outra composição colorida envolvendo agora as bandas TM 3, 4 e 5 deu origem ao subproduto exibido na figura 16; sendo que, para a banda TM-3 foi atribuída a cor vermelho, para a banda TM-4, a cor verde e, para a banda TM-5, a cor azul. Essa combinação recebeu a identificação: 3Rx4Gx5B.

Uma outra composição colorida obtida através do cruzamento das mesmas bandas utilizadas na combinação anterior pode ser observada na figura 17, sendo atribuída a cor azul para a banda TM-3, a cor verde para a banda TM-4 e a cor vermelho para a banda TM-5. Essa composição é identificada pela sigla: 3Bx4Gx5R.

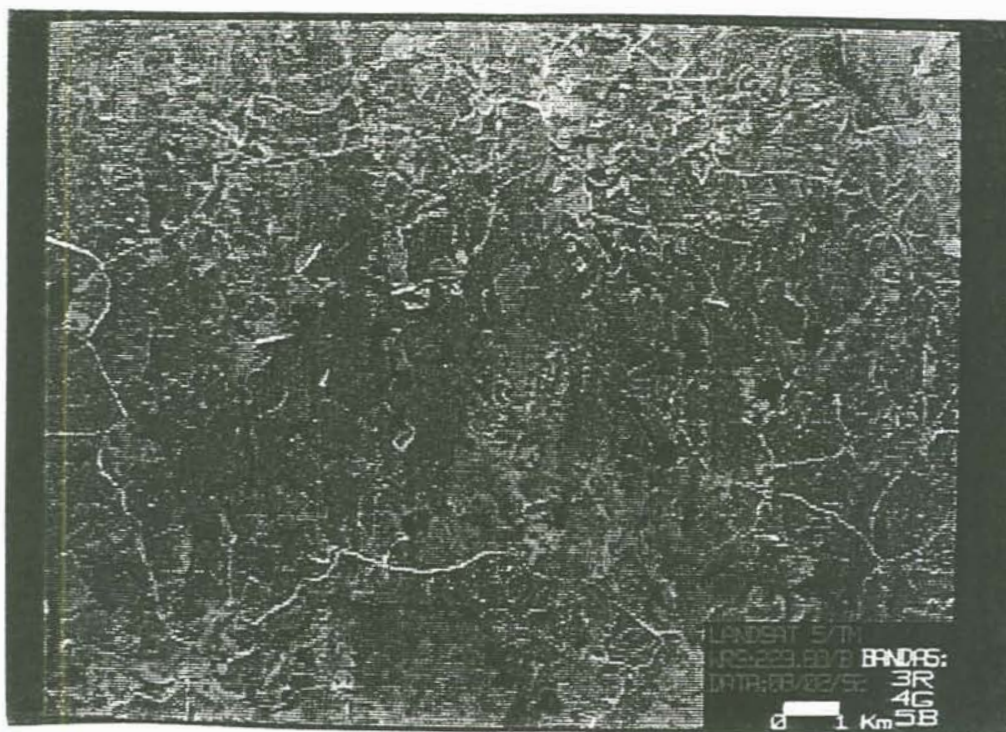


Figura 16- Produto fotográfico da composição 3Rx4Gx5B

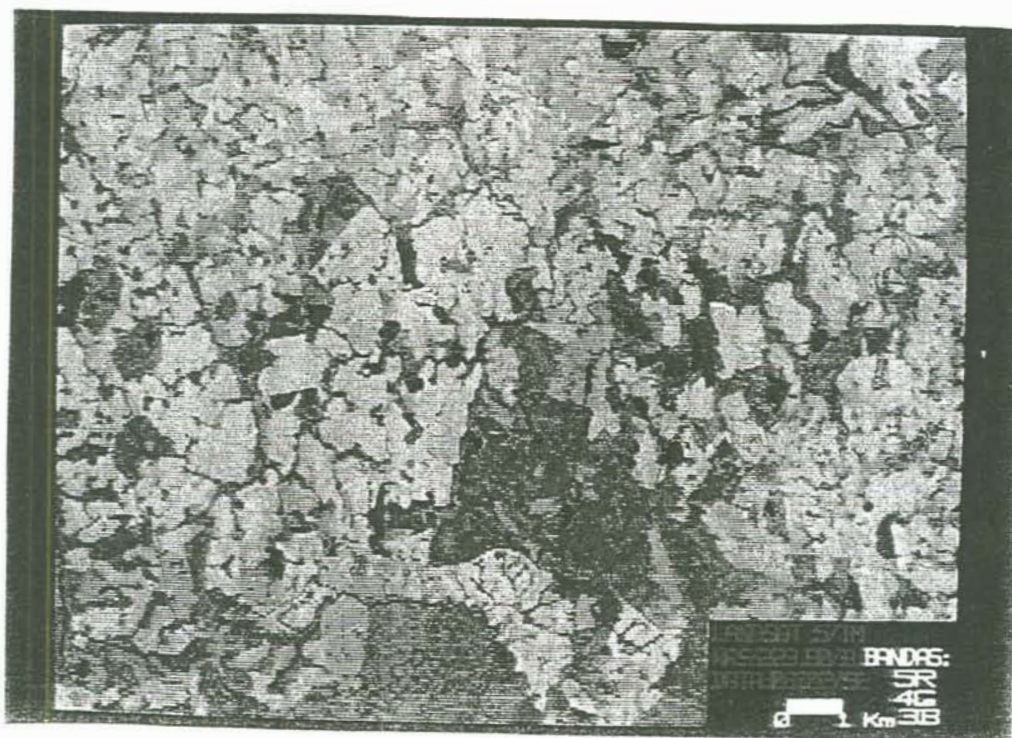


Figura 17- Produto fotográfico da composição 3Bx4Gx5R

A quinta composição colorida de três bandas TM empregou as bandas 3, 5 e 7, com o verde associado à banda 3, o vermelho à banda 5 e o azul à banda TM-7. O produto fotográfico de tal composição, identificado como 3Gx5Rx7B pode ser analisado na figura 18.



Figura 18- Produto fotográfico da composição 3Gx5Rx7B

Finalmente, foi determinado um cruzamento entre as bandas TM-4, TM-5 e TM-7 (ver figura 19), ficando associadas as cores azul, verde e vermelho aos respectivos canais. Essa composição foi identificada como 4Bx5Gx7R.



Figura 19- Produto fotográfico da composição 4Bx5Gx7R

Essas composições coloridas assumem aspectos diferenciados entre si, basicamente por dois fatores principais, os quais se multiplicam quando associados. Tais fatores são as cores associadas aos canais e as bandas diferentes.

3.2.2.3- As bandas TM utilizadas nas interpretações visual e digital

Para a interpretação visual das imagens de satélite foram empregados os produtos fotográficos de cada uma das bandas TM, isoladamente, exceto a banda TM-6; além dos produtos fotográficos das composições coloridas citadas no item anterior. Já, para a interpretação digital das imagens foi empregada a composição entre as bandas TM-3, 5 e 7.

CAPÍTULO 4

4- OS RESULTADOS

4.1- A INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS IMAGENS - TM

4.1.1- A interpretação visual das bandas isoladas:

Banda TM3- Na imagem da banda 3 aparecem nitidamente as estradas, solos nus, aglomerados de edificações/pavimentações (tons mais claros) e vários tipos de vegetação, ficando prejudicada a observação da hidrografia. Alguns rios apresentam um tom escuro, porém outros assemelham-se às estradas e outros nem sequer aparecem.

Banda TM4- Na imagem da banda 4 observa-se que a vegetação das partes mais elevadas do relevo apresenta-se num tom mais claro, o que indica, teoricamente, que nesses locais a vegetação é mais densa, ou de maior porte, o que pode vir a ser um erro de interpretação. Entretanto, isso pode ser explicado porque, nos locais onde a vegetação é mais rala, um tom mais escuro se apresenta, devido às reflectâncias do solo serem menores e, as da água serem inexistentes. Portanto, a água deve aparecer em preto.

Ocorre aí um outro problema de interpretação; nas zonas próximas dos rios, onde a vegetação deve ser mais densa, o tom aparece mais escuro, quando deveria aparecer mais claro ainda. Esse fato pode ser explicado de duas formas: 1º) o desmatamento próximo aos rios é mais intenso do que nas elevações; ou 2º) o tom escuro se deve à mistura dos pixels da água (escuro) com o da vegetação (claro). É prudente, contudo, antes de se tirar qualquer conclusão definitiva, fazer-se uma observação direta sobre o alvo ou sobre algumas amostras.

Desconsiderando os leitos dos rios, é possível fazer-se inferências sobre a vegetação da área, nessa banda, com relativa segurança, pois os tons mais escuros denotam a influência do solo na constituição da estrutura radiométrica da imagem. O que sugere que, nas regiões mais escuras, exceto ao longo dos rios, a vegetação é, ou está mais rala do que nas áreas mais claras. Existem áreas com feições geométricas em tons bastante escuros que podem ser solos nus.

Outra interpretação é que nas regiões mais escuras, a umidade é mais intensa. Sendo a imagem analisada, datada de fevereiro, é provável que as partes mais elevadas do relevo estejam mais secas do que as áreas menos elevadas, as quais tendem a armazenar umidade por mais tempo (apesar de não ser uma estação seca, nessa época do ano a insolação é mais intensa, o que favorece uma maior evaporação e um conseqüente rebaixamento do nível freático).

Resta a dúvida quanto às formas geométricas bastante escurecidas. Podem ser lavouras novas ou campos em repouso.

Banda TM5- Os tons mais escuros representam vegetação mais densa e/ou regiões úmidas. O tom que parece ser das matas galerias é mais próximo da realidade, entretanto perde-se o detalhe da diferença de tom da grande área do centro-sul da BHSI com relação ao restante do conjunto.

Banda TM7- A mistura de brilho de solo e vegetação é visualmente melhor do que na banda 5 (recupera-se o contraste da grande área do centro-sul) pois existe nela um maior contraste entre solo e vegetação.

4.1.2- A interpretação visual das composições coloridas:

Na primeira composição (figura 14) vê-se uma banda do visível (banda TM-3), uma do infra vermelho próximo (banda TM-4 e uma do infra vermelho médio (banda TM-7), sendo a banda TM-3 aquela em que o solo apresenta uma reflectância maior do que a vegetação e a água. Na banda TM-4 a reflectância da vegetação passa a ser maior do que a do solo e na banda TM-7 o solo reflete mais do que a vegetação novamente, porém com uma separabilidade bem maior entre as curvas de resposta

espectral. Na banda TM-7 a água não responde espectralmente e na banda TM-4 a resposta espectral da água é quase nula.

A segunda composição, 1Gx2Bx7R (figura 15) apresenta o desconforto visual causado pela interferência atmosférica nas bandas TM-1 e TM-2 (ambas no visível) devido aos seus pequenos comprimentos de onda. É nas bandas TM-1 e TM-2 em que a água apresenta maior reflectância, embora sempre menor do que as reflectâncias dos outros dois tipos de alvos.

As combinações entre as bandas TM-3, 4 e 5 apresentam uma boa identificação dos alvos, pois existe uma boa separação entre as suas curvas de resposta espectral. Existe, porém a inversão das curvas na banda TM-4.

Na composição 3Rx4Gx5B (figura 16) o solo e a água são privilegiados; já na composição 3Bx4Gx5R (figura 17) a vegetação volta a se salientar em relação ao solo.

A composição 3Gx5Rx7B (figura 18) é aquela em que, dentre as bandas TM, se consegue uma separabilidade entre os alvos e, em todas as bandas a ordem de intensidade da resposta espectral é a mesma para todos os alvos. Ou seja, o solo brilha mais do que a vegetação, que brilha mais do que a água. Seu efeito visual é igualmente satisfatório, melhor porém, na identificação de estradas.

Já o cruzamento 4Bx5Gx7R (figura 19) é o único em que todas as bandas estão nas faixas do infra vermelho, é portanto, dentre as demais composições, aquela que menos influência sofre dos fenômenos de extinção de luz devido à atmosfera.

Seu efeito visual é interessante, porém volta a ocorrer a inversão das curvas espectrais da vegetação e do solo na banda TM-4.

4.2- AS CLASSIFICAÇÕES DIGITAIS

Foram feitos dois tipos de classificações digitais, uma supervisionada (probabilística) e outra não-supervisionada (determinística), ambas tomadas a partir da combinação entre as bandas TM-3, 5 e 7.

A primeira, trata-se de uma classificação supervisionada, com base no método da "máxima verossimilhança gaussiana" (MAXVER), para a qual foram adquiridas amostras de cinco tipos de alvos distintos, visíveis na tela do visualizador de imagens do SITIM-150, que gerou a seguinte matriz de classificação (cuja finalidade é fornecer a percentagem de pontos de cada classe classificados em cada uma das classes adquiridas):

Matriz de classificação						
	N	1	2	3	4	5
Classe 1-	6,5	93,5	0,00	0,00	0,00	0,00
Classe 2-	5,2	0,00	94,8	0,00	0,00	0,00
Classe 3-	5,6	0,00	0,00	94,4	0,00	0,00
Classe 4-	9,9	0,00	0,00	0,00	90,1	0,00
Classe 5-	5,4	0,00	0,00	0,00	0,00	94,6

Com: Desvio médio de 93,59 ;
 Abstenção média de 6,41 ;
 Confusão média de 0,00 e
 Limiar de 11,10

Esses cinco alvos geraram cinco classes, assim denominadas e compostas:

Classe 1- Cultura - Aparecendo na cor alaranjada e correspondendo às áreas cultivadas e ocupadas por lavouras de milho/soja, principalmente, com uma cobertura vegetal bastante uniforme. Ocorrem na maior parte da área imageada.

Classe 2- Mata - Aparecendo na cor amarela, corresponde às áreas de vegetação mais densa e/ou de maior porte, coincidindo com o curso de alguns canais fluviais (matas-galeria) e nascentes de rios (capões de mato).

Classe 3- Campo - Trata-se da segunda maior classe e corresponde a uma vegetação de pequeno porte, menos densa do que a vegetação da classe 1. Foi-lhe atribuída a cor verde.

Classe 4- Campo2 - Corresponde à uma vegetação também de pequeno porte, porém com um tom bem mais claro do que a classe anterior, o que indica ser bem menos densa do que aquela (podendo ser lavouras recém lavradas). Aparece num tom de rosa.

Classe 5- Solo - Esta classe de alvos corresponde àquelas amostras tiradas de estradas (não pavimentadas) e de zonas de pequenos adensamentos urbanos presentes na imagem, aparecendo na imagem, num tom de azul.

Com a seguinte distribuição:

Classe 1 (cultura)	-	59,2 Km ² (22,26%)
Classe 2 (mata)	-	4,6 Km ² (1,73%)
Classe 3 (campo)	-	17,1 Km ² (6,43%)
Classe 4 (campo2)	-	2,4 Km ² (0,90%)
Classe 5 (solo)	-	2,8 Km ² (1,05%)
Área não classificada	-	179,9 Km ² (67,63%)

O produto fotográfico desta classificação pode ser observado na figura 20, onde a água aparece em vermelho e a área não classificada num tom escuro que não corresponde à nenhuma das classes.

A outra classificação é uma classificação não-supervisionada, segundo o método da "distância euclidiana", sendo cinco o número atribuído de classes às quais correspondem os mesmos alvos adotados na classificação anterior, permanecendo também as mesmas bandas TM adotadas anteriormente.

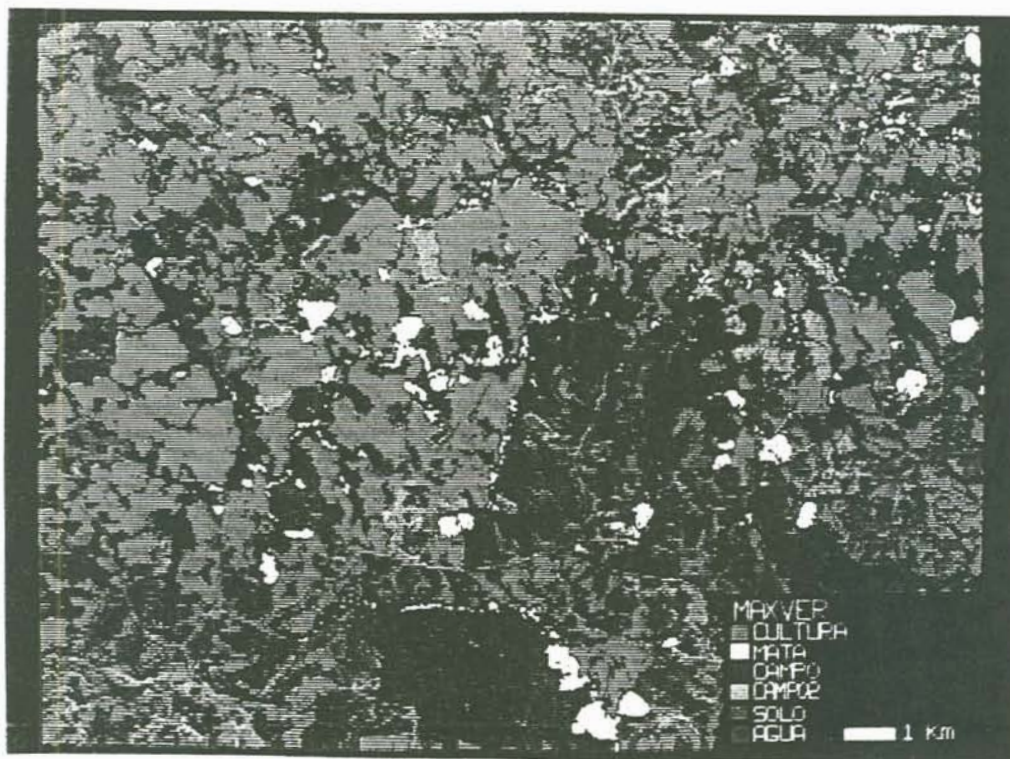


Figura 20- Produto fotográfico da classificação supervisionada

A partir desta classificação originou-se a seguinte distribuição de áreas na imagem:

Classe	Tema	Área
Cultura	1	113,9 Km ² (42,84%)
Mata	2	30,4 Km ² (11,43%)
Campo	3	107,7 Km ² (40,50%)
Campo2	4	10,2 Km ² (3,84%)
Solo	5	3,7 Km ² (1,39%)
Área não classificada		0,0 Km ² (0,00%)

A figura 21 mostra o produto fotográfico da classificação não-supervisionada.

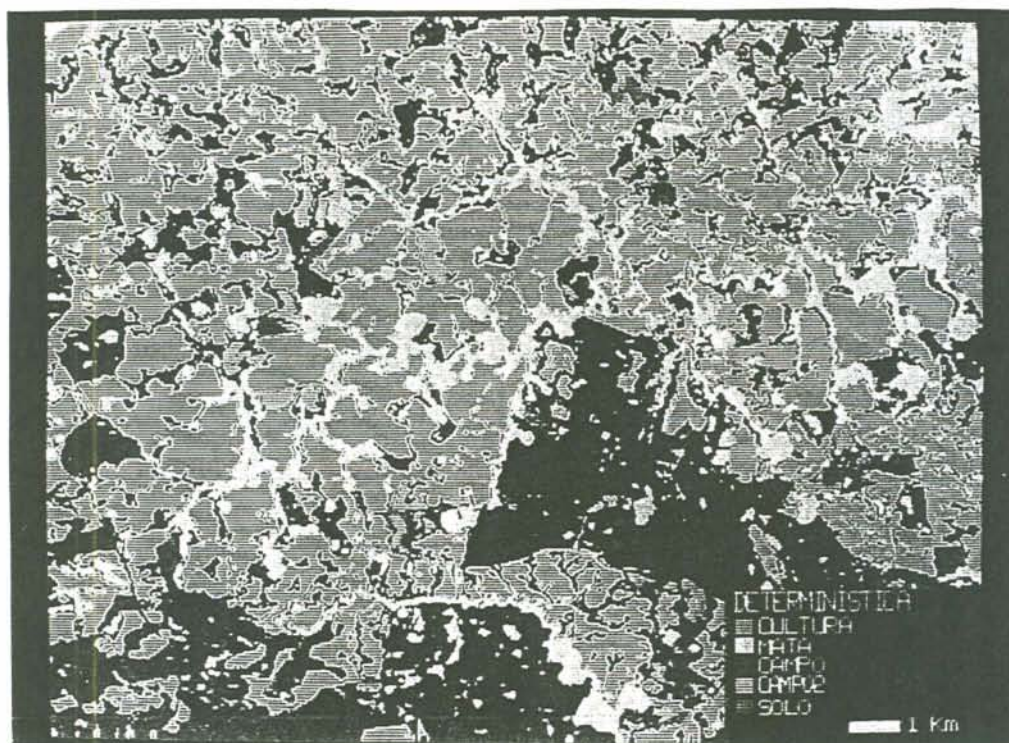


Figura 21- Produto fotográfico da classificação não-supervisionada

4.3- OS RESULTADOS DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A rede de drenagem que compõem o sistema foi classificada, segundo o seu escoamento global, como sendo EXORREICA. Isto é, a comunicação da BHSI com o mar se faz diretamente, sem a necessidade de emissários, apesar do seu canal principal tratar-se de um rio que deságua em outro rio (rio Ingai), o qual desemboca

em um lago artificial que é o reservatório de Passo Real, e que alimenta um outro rio (rio Jacuí), o qual desemboca na Laguna dos Patos, para somente então chegar ao mar.

Foi assim classificada por tratar-se de um subsistema de um sistema maior que é a bacia hidrográfica do rio Jacuí, a qual tem um escoamento contínuo até o mar, apesar da presença da laguna citada.

A bacia em estudo teve também seu arranjo espacial dos cursos de água classificado como DENDRÍTICO, dentre os padrões de drenagem sugeridos por CHRISTOFOLETTI (1980) entretanto, pode-se observar um certo paralelismo entre os seus afluentes diretos principais e ainda uma mudança brusca de direção nos afluentes da margem esquerda, bem como no próprio arroio Santo Izidro, o que induz a considerá-lo como SUBDENDRÍTICO (ZINKE, 1960), com trechos retangulares.

QUADRO 03- Padrões de drenagem das sub bacias secundárias.

Sub-bacia	Padrão da rede	Padrão do canal principal
A	dendrítico	semi-retangular
B	dendrítico	retangular
C	dendrítico	dendrítico (retilíneo)
D	dendrítico	dendrítico (retilíneo)
E	subdendrítico	subdendrítico (retilíneo)
F	dendrítico	dendrítico (retilíneo)
G	dendrítico	dendrítico (retilíneo)
H	dendrítico	dendrítico (retilíneo)
I	paralelo	semi-retangular
J	dendrítico	dendrítico (semi-retil.)

Ou seja, como padrão básico, no geral, a rede de drenagem pode ser considerada como dendrítica, entretanto, com algumas variantes, pois, analisando apenas o canal principal, este apresenta características nitidamente retangulares. Já as sub bacias secundárias (SB) apresentam padrões particulares que podem ser vistos no quadro nº 03.

O canal principal da BHSI, bem como a hierarquia dos canais fluviais foram determinados conforme os critérios já explicitados, e podem ser vistos na figura 22,

sendo 5, a ordem da bacia. A hierarquia dos canais fluviais foi estabelecida visando criar condições para o cálculo de alguns índices, tais como a relação de bifurcação e outros dela decorrentes e também para determinar a ordem máxima da bacia.

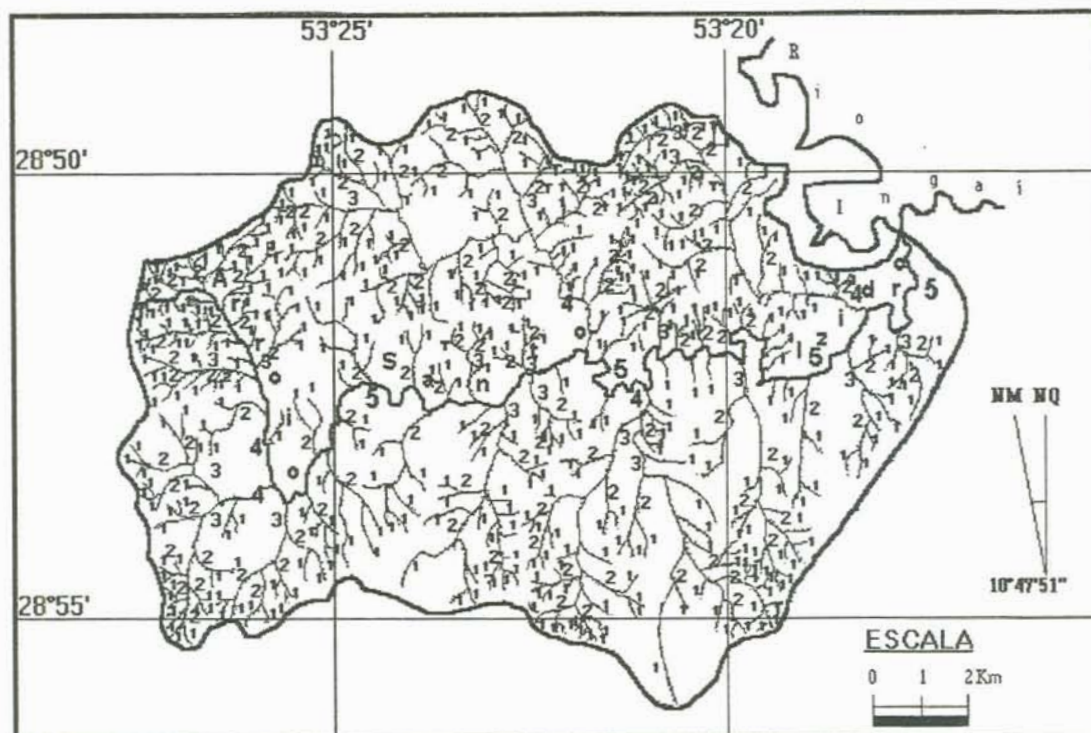


Figura 22- A hierarquia fluvial da rede de drenagem (segundo STRAHLER)
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

Como já foi descrito, a análise morfométrica é composta pelas análises linear, areal, hipsométrica, topológica e topográfica, cada uma composta pelos índices/relações explicitados na metodologia.

Foi estabelecida a análise morfométrica para a BHSI e para cada uma das dez Sub Bacias Secundárias (SB), as quais passam a ser expostas a seguir.

A tabela 01 agrupa os dados da análise linear, a tabela 02 agrupa os dados da análise areal, a tabela 03 agrupa os dados da análise hipsométrica, a tabela 04 agrupa os dados da análise topográfica (1º grupo) e, a tabela 05 mostra os

resultados da análise topológica; onde são encontradas as combinações binárias correspondentes às sub bacias de ordem e magnitude maiores do que 1.

Mais detalhes sobre os resultados da análise morfométrica podem ser encontrados nos apêndices de V a XV, dos quais o apêndice V detalha os resultados da análise morfométrica da BHSI e os apêndices de VI a XV expõem os resultados morfométricos, mais detalhadamente, das sub bacias secundárias (SB), de A a J, respectivamente.

Tabela 01- Análise linear da BHSI.

SB	Rpb	Lm(m)	RpLm	Rplm	Rplb	Ev(m)	Rpev	RLE
A	3,3	515,6	115,3	13,79	4,18	459,57	88,0	1,14
B	4,0	572,8	76,4	14,70	3,68	476,60	52,3	1,20
C	3,6	514,7	28,5	2,40	2,38	398,67	38,2	1,29
D	3,3	510,1	19,7	10,10	3,06	450,82	19,7	1,13
E	3,0	598,1	11,0	4,01	0,36	514,75	12,3	1,16
F	4,4	690,6	14,4	4,60	1,05	619,88	16,0	1,11
G	4,0	616,8	30,0	9,93	2,48	582,24	30,5	1,16
H	3,3	716,3	34,8	6,07	1,84	635,10	36,4	1,13
I	3,1	604,9	9,9	7,21	2,33	513,71	10,1	1,18
J	3,4	580,0	3,5	3,86	1,14	500,91	3,2	1,16
BH	3,8	607,8	233,6	41,59	10,89	508,74	137,1	1,19

Onde, SB é a sub bacia secundária considerada, BH é o sistema maior (bacia hidrográfica), Rpb é a relação ponderada de bifurcação, Lm é o comprimento médio dos segmentos fluviais, RpLm é a relação ponderada entre os comprimentos médios dos segmentos fluviais, Rplm é a relação ponderada entre os índices do comprimento médio dos segmentos fluviais de duas ordens subseqüentes, Rplb é a relação ponderada entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, Ev é a grandeza média dos equivalentes vetoriais, Rpev é a relação ponderada entre os equivalentes vetoriais e RLE é a relação entre o comprimento e o equivalente vetorial dos canais fluviais.

Tabela 02- Análise areal da BHSI.

SB	Ic	If	ICo	Dr	Fs	Dd	Cm	Rpa
A	0,64	1,25	1,62	0,0347	0,0490	2,5312	359,07	2,30
B	0,64	1,25	1,39	0,0361	0,0485	2,7770	360,10	2,90
C	0,74	1,16	1,54	0,0479	0,0661	3,3967	294,41	2,61
D	0,69	1,21	1,29	0,0352	0,0517	2,6352	379,43	2,71
E	0,78	1,13	1,60	0,0298	0,0433	2,5916	385,87	2,39
F	0,69	1,20	1,54	0,0266	0,0341	2,2774	439,10	2,30
G	0,68	1,21	1,50	0,0309	0,0417	2,5737	388,54	2,26
H	0,62	1,28	1,90	0,0211	0,0301	2,0721	482,61	2,41
I	0,43	1,52	2,08	0,0435	0,0610	3,6870	271,22	2,50
J	0,57	1,32	1,66	0,0362	0,0498	2,8859	346,51	2,36
BH	0,62	1,27	1,43	0,0318	0,0433	2,6415	378,58	2,54

Onde, Ic é o índice de circularidade, If é o índice de forme, ICo é o índice/relação entre o comprimento e a área da bacia, Dr é a densidade de rios, Fs é a densidade de segmentos, Dd é a densidade de drenagem, Cm é o coeficiente de manutenção e Rpa é a relação ponderada entre as áreas das sub bacias.

Tabela 03- Análise hipsométrica da BHSI.

SB	Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	Ir	Gc(%)
A	0,5018	0,3513	8,78	86	0,02244	0,21768	1,01
B	0,4938	0,3457	8,30	90	0,01693	0,24993	0,84
C	0,6616	0,4367	12,66	68	0,01874	0,23098	1,51
D	0,7210	0,4326	11,25	66	0,02262	0,17395	1,76
E	0,6085	0,3712	9,65	61	0,03174	0,15809	2,59
F	0,5130	0,3847	11,10	80	0,02610	0,18219	1,57
G	0,4852	0,3251	7,08	83	0,01839	0,21362	1,11
H	0,6100	0,2928	4,10	80	0,03106	0,16577	1,46
I	0,5826	0,3088	4,94	54	0,03563	0,19910	2,27
J	0,4439	0,1776	1,24	42	0,02825	0,12121	2,22
BH	0,5684	0,5059	22,77	105	0,00871	0,27709	0,43

Onde, Sh é a integral hipsométrica, CM é o coeficiente de massividade, Co é o coeficiente orográfico, Rm é o relevo máximo, Rr é a relação de relevo, Ir é o índice de rugosidade e Gc é a declividade média dos canais fluviais.

Tabela 04- Análise topográfica da BHSI.

SB	Tt	Eps(m)	Gv(%)	Dv(m)
A	4,7	197,53	9,09	14,121
B	5,2	180,05	12,98	18,414
C	6,5	147,20	9,96	11,539
D	4,9	189,71	10,14	15,147
E	4,8	192,93	8,81	13,375
F	4,2	219,55	9,49	16,400
G	4,8	194,27	7,97	12,168
H	3,7	241,20	9,96	18,914
I	7,1	135,61	7,20	7,676
J	5,4	173,26	5,41	7,367
MB	4,9	189,29	9,20	13,709

Onde Tt é a textura topográfica, Eps é a extensão do percurso superficial ou o comprimento médio das vertentes, Gv é a declividade média das vertentes e Dv é o desnível médio das vertentes

A figura 23 mostra a curva hipsométrica da BHSI e a figura 24 mostra as curvas hipsométricas de todas as sub bacias secundárias (SB). Já, a figura 25 expõe as sub bacias topologicamente analisadas.

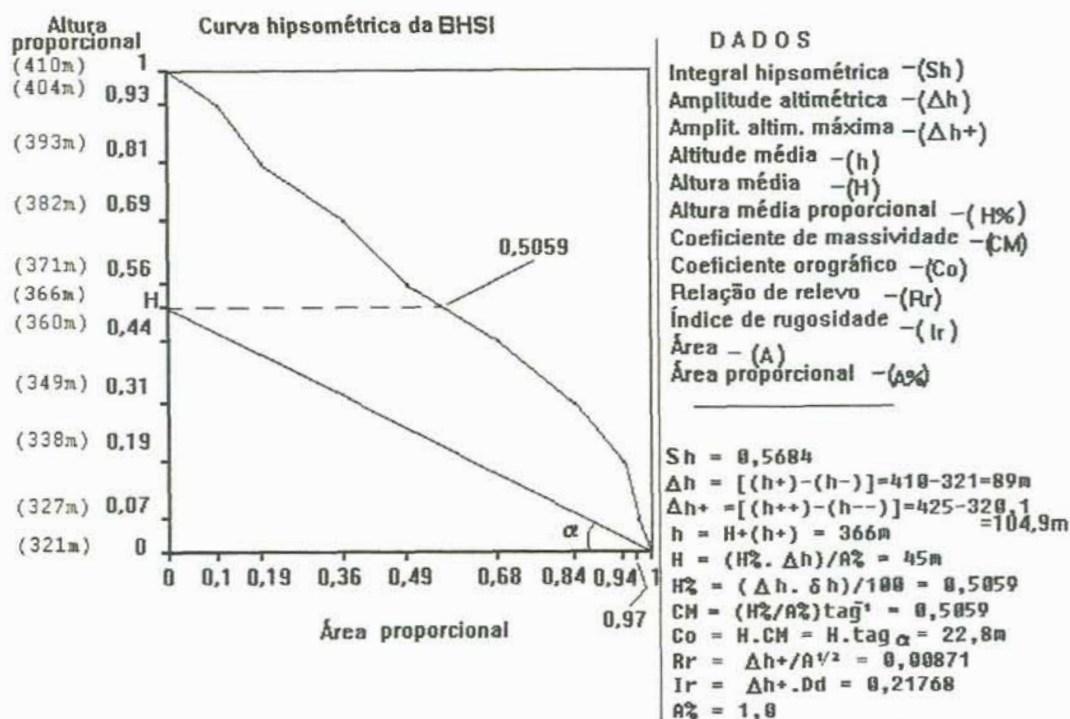


Figura 23- Curva hipsométrica da BHSI (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

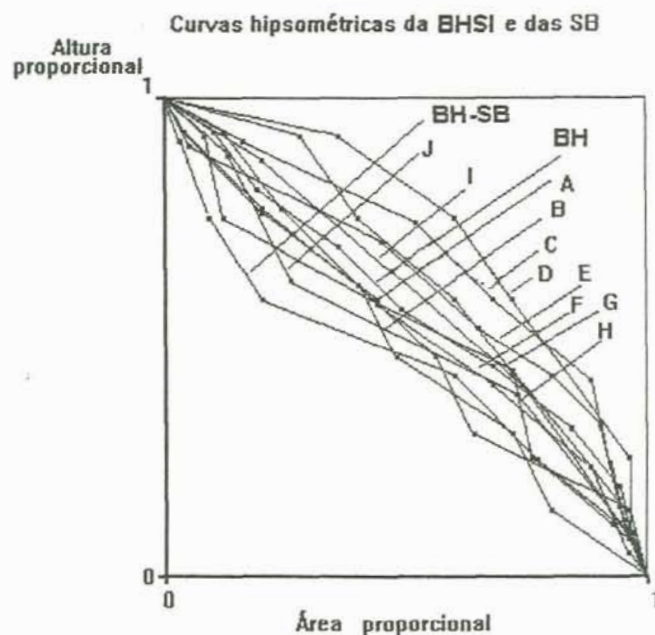


Figura 24- Curvas hipsométricas das SB e da BHSI.
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

As curvas hipsométricas de cada sub bacia podem ser, isoladamente, encontradas nos apêndices de VI a X.

Tabela 05- Análise topológica da BHSI.

SB	O	MG	Combinação binária
1ª(A)	4	51	0010001100101000110001110001101100010001100011001011010110001110 1100000100011111101101101110111101011
2ª	2	2	011
3ª	3	3	00111
4ª	2	2	011
5ª	3	6	00011101011
6ª	2	3	01011
7ª(B)	4	102	0000011000101001000100000110010110011110000011111000100110110011 1000111000010110010100111001000110011110110001011100111100111011 000100111001010011011011000101111010010100000111101111110000001 111101111
8ª	3	6	0011001111
9ª	3	5	000110111
10ª	2	3	00111
11ª	2	2	011
12ª	2	4	0010111
13ª	2	2	011
14ª(C)	4	6	0000110110000100110010011011101001001001001001011110110000100001 01011001101101001110010010111100010111101110001011011010111
15ª(D)	4	30	00110000110000111000110110110101101011010001011000101101111
16ª(E)	3	11	001100011100101101011
17ª	2	4	010111
18ª	2	4	001111
19ª	2	3	01011
20ª	2	7	0010101010111
21ª(F)	3	25	0010010110010100101001111001000110100101111011011
22ª	3	7	0001100101111
23ª	2	2	011
24ª(G)	4	63	0101001010010101000011100010001100110001111011001111011010011100 0110001000101100011010000111100110110010101111100010110111011
25ª(H)	3	14	000110010010011100110111011
26ª	2	4	0010111
27ª(I)	3	10	0011010100110101011
28ª(J)	3	8	000010111010111

Onde O é a ordem máxima da sub bacia e
MG é a magnitude da sub bacia.

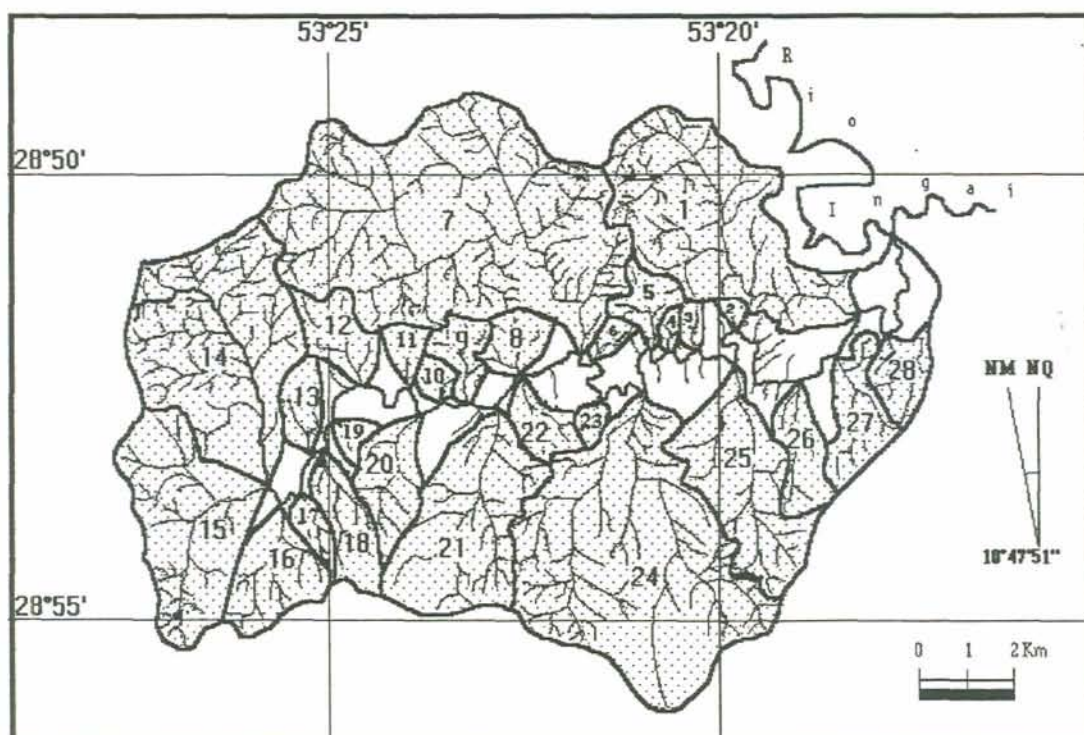


Figura 25- Sub bacias topologicamente analisadas
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

4.4- A INTERPRETAÇÃO DOS DADOS MORFOMÉTRICOS

A análise linear da BHSI revela que os rios da bacia hidrográfica têm uma tendência à retilidade, isto é, são pouco sinuosos, uma vez que o comprimento dos canais e os equivalentes vetoriais são bastante semelhantes. Indica que os rios tendem à retilidade porque a relação entre os comprimentos médios dos canais e os equivalentes vetoriais médios (RLE) está próxima de 1,0 em quase toda a micro bacia, existindo entretanto, uma maior sinuosidade nos segmentos de primeira ordem e ao longo dos canais principais das sub bacias secundárias. Nos segmentos das demais ordens nota-se um aumento da RLE à medida que aumenta a ordem dos segmentos.

Essa característica retilínea dos canais confere à rede de drenagem uma velocidade maior de escoamento, o que pode vir a acentuar a erosão ao longo dos vales desprovidos de vegetação.

Comparando a relação ponderada de bifurcação (R_{pb}) de todos os setores da micro bacia, observa-se que não existem diferenças significativas entre as sub bacias secundárias (SB), nem dessas com relação à BHSI.

A distribuição pela BHSI, dos índices maiores ou menores de R_{pb} , parece não obedecer a qualquer condicionante de permeabilidade ou estrutura, quando comparada com as informações sobre solos e rochas da área.

As diferenças mais significativas de aspectos lineares entre os setores da BHSI se verificam na média ponderada da relação entre os comprimentos médios dos segmentos fluviais (R_{pLm} = relação ponderada entre os comprimentos médios dos segmentos fluviais) e na média ponderada da relação entre o índice de comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (R_{plb} = relação ponderada entre o índice de comprimento médios dos canais e o índice de bifurcação), havendo aí uma certa coincidência recíproca, diretamente proporcional, sem contudo, revelar implicações geológicas ou pedológicas.

Existe também uma certa homogeneidade entre os comprimentos médios dos canais de todas as sub bacias, entretanto observa-se que os comprimentos médios dos canais, assim como os equivalentes vetoriais médios, aumentam consideravelmente com a ordem dos canais.

Quanto à análise areal observa-se que os índices que dão conta da forma das sub bacias e da BHSI (I_c , I_f e C_o) revelam aspectos alongados das sub bacias e do sistema maior, tendendo à circularidade.

Os valores dos índices de circularidade das sub bacias secundárias indicam que as mesmas tendem à circularidade, confirmados pelos valores do índice de forma (I_f). Já o índice relação entre o comprimento e a área das sub bacias (I_{Co}), confere a elas uma forma modestamente alongada (nenhum valor abaixo de 1,0, entretanto, sem afastar-se muito desse valor). Esses índices complementam as conclusões anteriores sobre a velocidade das correntes.

Quanto às densidades das sub bacias, pode-se fazer algumas inferências. A densidade de drenagem (Dd) das sub bacias e da BHSI pode ser considerada baixa, estando todos os valores entre 3,7 e 2,1 (abaixo dos 7,5).

As outras densidades (de rios e de segmentos) são proporcionais à densidade de drenagem em todos os setores analisados. Tais valores indicam, em princípio, boas condições para a prática da agricultura, em termos de extensões contínuas de terras.

A análise hipsométrica revela que a BHSI apresenta um relevo medianamente dissecado, sem grandes variações de um setor para outro, sem igualmente evidências de forte energia do relevo.

Pelo resultado da análise topológica conclui-se que não existe evidência da existência de qualquer controle geológico significativo entre as sub redes de drenagem que compõem a rede principal do sistema analisado.

Quanto à análise dos índices topográficos médios, pode-se concluir que a BHSI apresenta-se dividida em setores com índices médios de textura topográfica (entre 2,5 e 6,2), sendo que apenas os setores I e C apresentam textura fina, apesar das suas densidades serem consideradas baixas, as quais são, entretanto, as maiores do grupo.

As texturas mais grosseiras (embora médias) apresentam os maiores índices de extensão do percurso superficial (Eps), ou comprimento médio das vertentes, o que também favorece a agricultura, aliado às baixas declividades médias das vertentes (Gv).

Coincidentemente, os setores de textura mais fina e Eps mais curtas apresentam declividades médias de vertentes (Gv) maiores, o mesmo valendo para o desnível médio das vertentes (Dv), muito embora, os maiores não ultrapassem os 20 metros. Entretanto, em valores absolutos, alguns setores de vertentes apresentam valores de declividade bastante acentuados, acima dos 30% e desníveis que ultrapassam os 60 metros.

As vertentes apresentam-se em média, suaves, numa forma predominantemente convexa, tornando-se côncavas em algumas partes (principalmente abaixo das cotas mais baixas) e relativamente longas, o que caracteriza a micro bacia como uma área propícia à prática da agricultura temporária, na sua maior parte, no que se refere à topografia.

No conjunto, a análise morfométrica indica que a prática da agricultura na área analisada não requer grandes cuidados conservacionistas, embora não se aconselhe uma exploração irracional.

A análise morfométrica, por si só, não serve de subsídio suficiente para a tomada de decisão quanto ao emprego a ser dado à terra, devendo ainda ser analisada à luz de informações sobre outros aspectos físicos da área.

4.5- A INTERPRETAÇÃO DOS DEMAIS DADOS GEOGRÁFICOS

4.5.1- A Geologia

A geologia da BHSI caracteriza-se pela presença de rochas sedimentares clásticas e de rochas ígneas vulcânicas, com as primeiras fazendo parte de uma grande mancha de arenito da FORMAÇÃO TUPANCIRETÃ (Tt), a qual capeia parcialmente o derrame vulcânico do GRUPO SÃO BENTO da FORMAÇÃO SERRA GERAL (JKsg), que constitui a segunda classe de rochas presentes na área. (Projeto RADAMBRASIL - MAPA GEOLÓGICO, 1986)

A parte formada pelas rochas vulcânicas apresenta-se nitidamente dividida em dois setores, sendo um composto por basaltos -JKsg ω - (na porção oriental-norte) e outro por riólitos -JKsg α - (numa faixa horizontal a sudeste e numa pequena mancha no extremo leste da micro-bacia); já, a parcela onde aparecem as rochas sedimentares (em toda a parte ocidental e ao sul da parte oriental) é composta por apenas uma classe de arenitos, finos, e ocupa a maior parte da BHSI, com 9.123,3484 Ha, ou 62,94 % da área total. Esse arenito é bastante suscetível ao

processo erosivo, no que se refere à erosão linear, sendo a rocha mais frágil dentre as que se verificam na superfície da BHSI.

Dentre as rochas ígneas vulcânicas, os riólitos representam as de maior resistência à erosão linear, uma vez que são as rochas mais ácidas presentes. Entretanto, são as que ocupam a menor extensão superficial (6,53 % da área total da BHSI, com 946,5438 Ha).

A figura 26 mostra a distribuição espacial dos grupos rochosos principais sobre a BHSI.

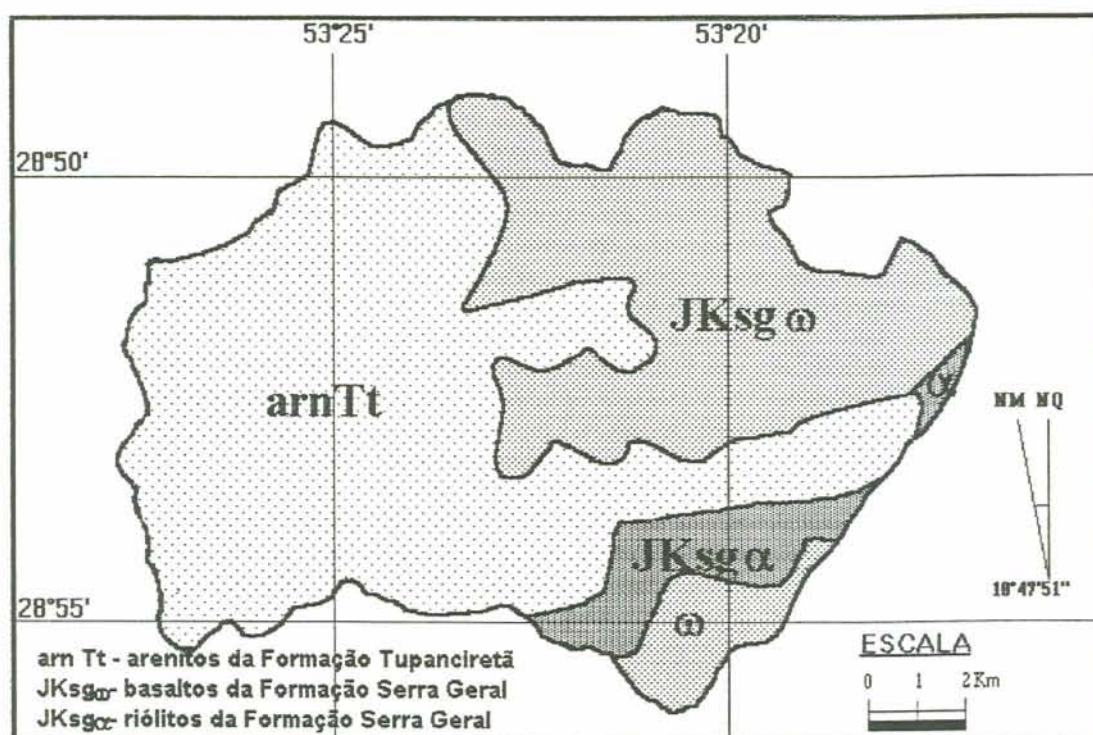


Figura 26- A litologia da BHSI (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

O basalto é a rocha que ocupa a segunda maior parte da BHSI (30,53 % da área da BHSI, com 4.425,4183 Ha), sendo, porém, uma rocha mais suscetível à ação da erosão linear do que o riólito, uma vez que este é uma rocha mais ácida do que o basalto, já que é mais rica em sílica e, conseqüentemente mais resistente. Ou seja, os riólitos são rochas vulcânicas ácidas com quartzo ($\text{SiO}_2 > 65\%$), e os basaltos são rochas vulcânicas básicas ($45\% < \text{SiO}_2 < 52\%$) (LEINZ, 1970). Tal raciocínio se

justifica porque a resistência de uma rocha está diretamente relacionada ao teor de sílica de sua composição, sendo mais resistentes as mais ricas em SiO_2 , pois a sílica é tanto mais solúvel quanto maior for o pH, ou seja, quanto menor for a sua acidez.

Portanto, conclui-se que as rochas que compõem a superfície da BHSI são relativamente pouco resistentes à erosão, na sua maior parte (93,47 %), o que facilita o trabalho de esculturação da paisagem local pelos canais que constituem a rede de drenagem.

4.5.2- Os Solos

Na BHSI, aparecem três tipos distintos de solos que são o Latossolo roxo distrófico (LRd2), o Latossolo vermelho-escuro húmico álico (LEHa) e o Latossolo vermelho-escuro álico (LEa3). (RADAMBRASIL - MAPA DE SOLOS, 1986).

Isto é, todos os solos que compõem a BHSI, segundo o Projeto RADAMBRASIL (1986), são LATOSSOLOS, havendo uma divisão que individualiza três variantes desse tipo de solo, ou seja, três tipos de solos latossólicos distintos.

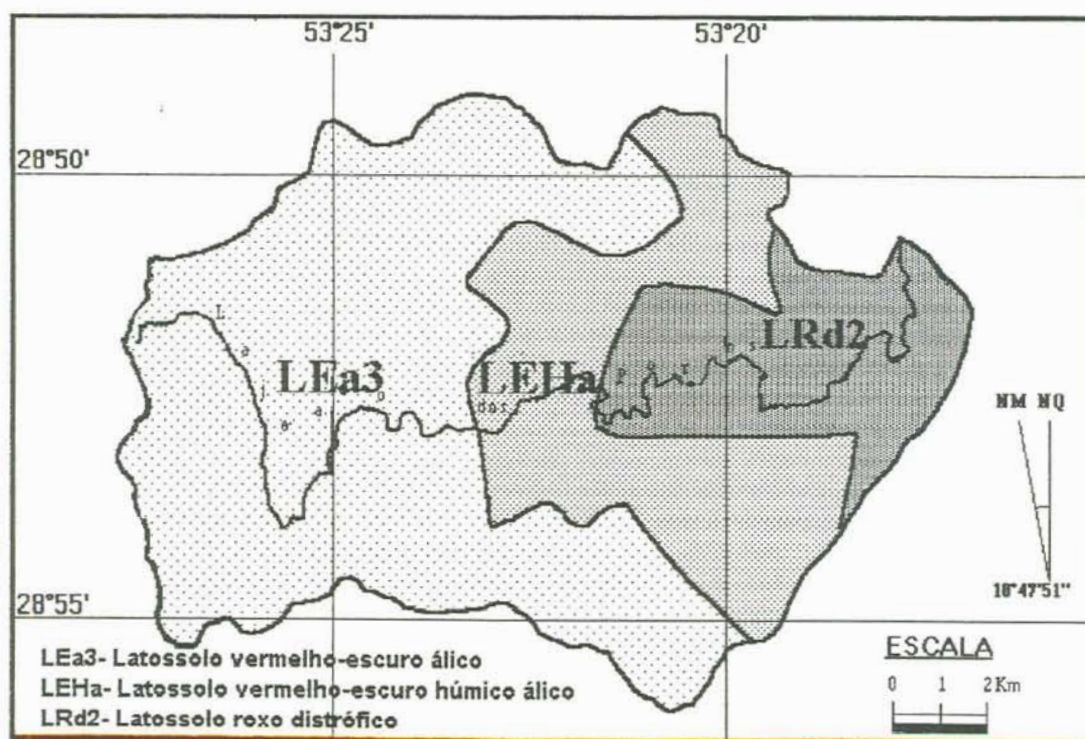


Figura 27- Os solos da BHSI (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

A figura 27 mostra os tipos de solo da BHSI e sua distribuição, com o latossolo vermelho-escuro álico aparecendo na porção oeste da micro bacia, ocupando a maior parte da superfície analisada (58,08 % da área total da BHSI, ou 8.418,8763 Ha), restando para os outros dois tipos de solo, uma área menor do que a do primeiro. Uma faixa de latossolo vermelho-escuro húmico álico (25,93 % da área, ou 3.758,6340 Ha) separa a grande área já citada de uma outra porção de solo, composta por um latossolo roxo distrófico (15,99 % da área total, ou 2.317,8001 Ha), na parte leste da micro bacia.

4.5.3- Relações entre os solos e a litologia

Observando-se as figuras 26 e 27, da litologia e dos solos, nota-se uma certa coincidência de ocorrência dos mesmos, principalmente da parte de latossolo vermelho-escuro álico (LEa3) com a área de ocorrência dos arenitos da formação Tupanciretã (am Tt).

Com relação aos outros tipos de rochas e de solos presentes, a análise das duas figuras não permite fazer-se observações muito seguras sobre coincidências entre eles, possivelmente devido à imperfeição dos limites, tanto dos solos como das rochas, causada pelo elevado grau de generalização dos mapas que deram origem às respectivas figuras, em função da sua escala de elaboração, que é de 1:1.000.000. Entretanto, apesar da escala acima não permitir um levantamento das informações sobre solos e rochas rico em detalhes, pode-se notar uma pequena tendência de coincidência entre as manchas do latossolo vermelho-escuro húmico álico (LEH α) e do basalto (JKsg ω), na porção oriental-norte da bacia. O riólito (JKsg α) tende a coincidir com o latossolo roxo distrófico (LRd2); aparecendo também, manchas desse tipo de solo com as outras duas rochas presentes. Tal raciocínio se ratifica pelo fato deste último ser o único solo que não é álico, portanto, o mais ácido presente e o mais resistente à erosão, coincidindo também com o conjunto rochoso mais ácido dentre os demais, embora haja uma grande coincidência entre esse solo (LRd2) e o basalto (JKsg ω).

Observando-se o mapa de solos na figura 27, nota-se que o solo que aparece na parte leste da bacia, no baixo curso do arroio Santo Izidro é o LRd2 (latossolo roxo distrófico). Uma das características desse tipo de solo é que ele "é predominantemente formado por intemperização 'in situ' da rocha mãe". (VIEIRA, 1988) e, por ser o riólito, a rocha mais resistente presente na BHSI, pode-se inferir que o LRd2 coincide com a ocorrência do riólito.

O quadro nº4 mostra as principais coincidências verificadas entre solos e rochas na BHSI, bem como as suas respectivas extensões superficiais, que é complementado pela figura 28.

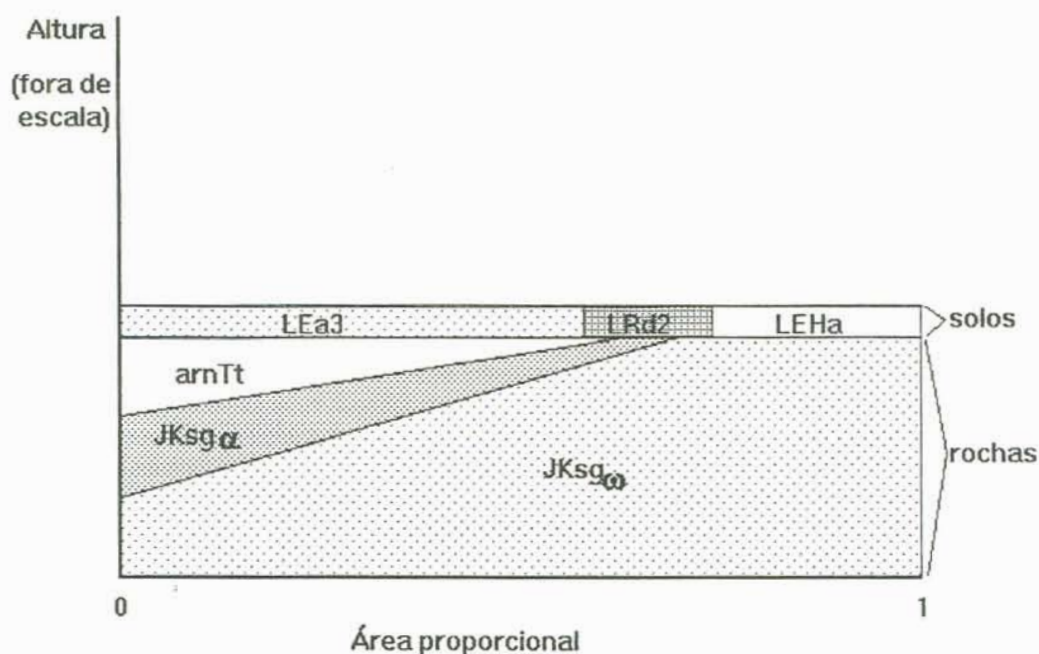


Figura 28- Representação generalizada da relação entre rochas e solos da BHSI (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

QUADRO Nº 04- Principais coincidências constatadas entre os solos e as rochas da BHSI

ROCHA	Área(Ha - %)	SOLO	Área(Ha - %)
arn Tt	9.123 - 62,94%	LEa3	8.419 - 58,08%
JKsg ω	4.425 - 30,53%	LEHa	3.759 - 25,93%
JKsg α	947 - 6,53%	LRd2	2.318 - 15,99%

am Tt = arenitos da Formação Tupanciretã,
 JKsg ω = basaltos da Formação Serra Geral
 JKsg α = riólitos da Formação Serra Geral
 LEa3 = Latossolo Vermelho-Escuro Álico
 LEHa = Latossolo Vermelho-Escuro Húmico Álico
 LRd2 = Latossolo Roxo Distrófico

4.5.4- A Rede de Drenagem

A BHSI é drenada pela rede de canais constituída pelo rio denominado de "Arroio Santo Izidro" (ou Lajeado dos Porcos) e pelos seus afluentes e subafluentes.

Com um padrão de drenagem predominantemente dendrítico (com algumas variações para subdendrítico e paralelo), a rede de drenagem da BHSI tem, no curso do seu canal principal, uma direção geral de oeste para leste. Seus afluentes e subafluentes da margem esquerda escoam as águas de norte para sul, enquanto que os canais que compõem o conjunto de canais tributários da margem direita correm de sul para norte. (ver figura 29)

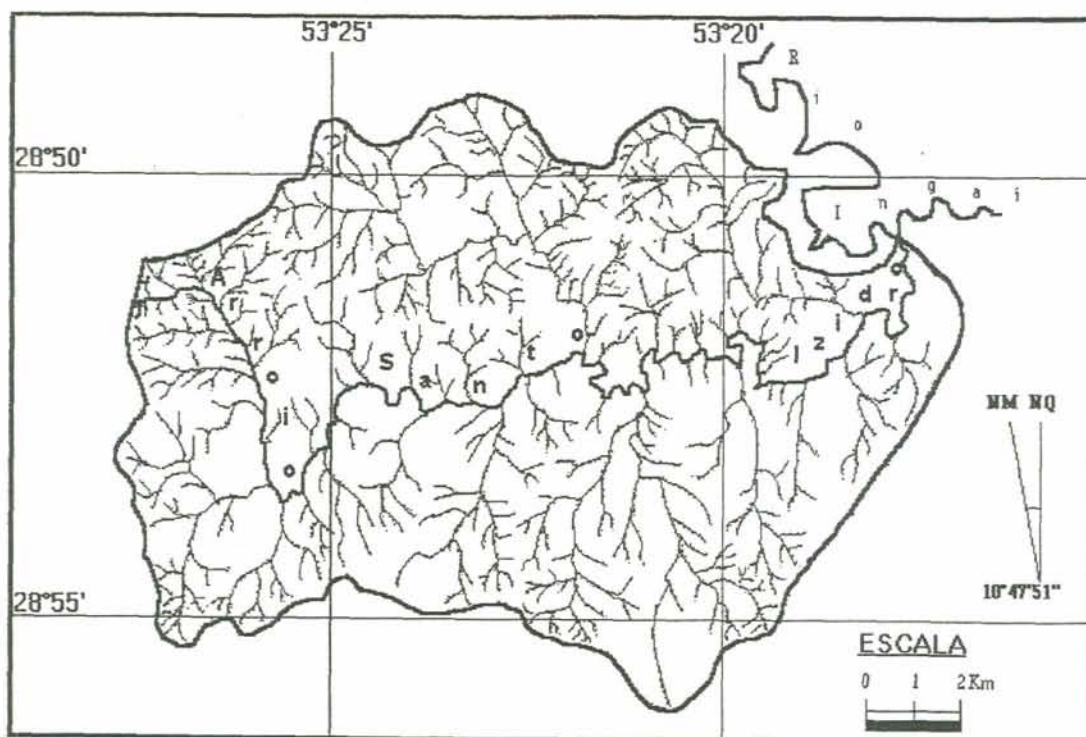


Figura 29- A rede de drenagem da BHSI
 (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

Para efeito de divisão da rede de drenagem em sub redes e, conseqüentemente, para a divisão da bacia hidrográfica em sub bacias, considerou-se como canal principal da BHSI, o canal do arroio Santo Izidro, a partir do ponto em que a sua ordem máxima inicia.

No caso da rede de drenagem da BHSI, que é de ordem 5, todos os canais de ordem inferior a esta, e que têm confluência direta com o segmento de ordem 5 foram considerados como canais principais de subredes de drenagem. No caso do primeiro terço do canal do arroio Santo Izidro a jusante, a confluência com o 9º (nono) afluente da margem direita corresponde ao ponto em que o canal do arroio Santo Izidro assume a quinta ordem pois, é esse o ponto em que dois canais de ordem 4 entram em confluência entre si.

Considerando então, o primeiro terço do canal do arroio Santo Izidro (seu alto curso) como sendo o canal principal de uma das sub redes de drenagem que compõem a rede maior da BHSI, pode-se dizer que a rede de drenagem da BHSI é composta por 22 sub-redes de drenagem na margem esquerda e por 22 sub-redes de drenagem na margem direita do arroio Santo Izidro (Figura 30).

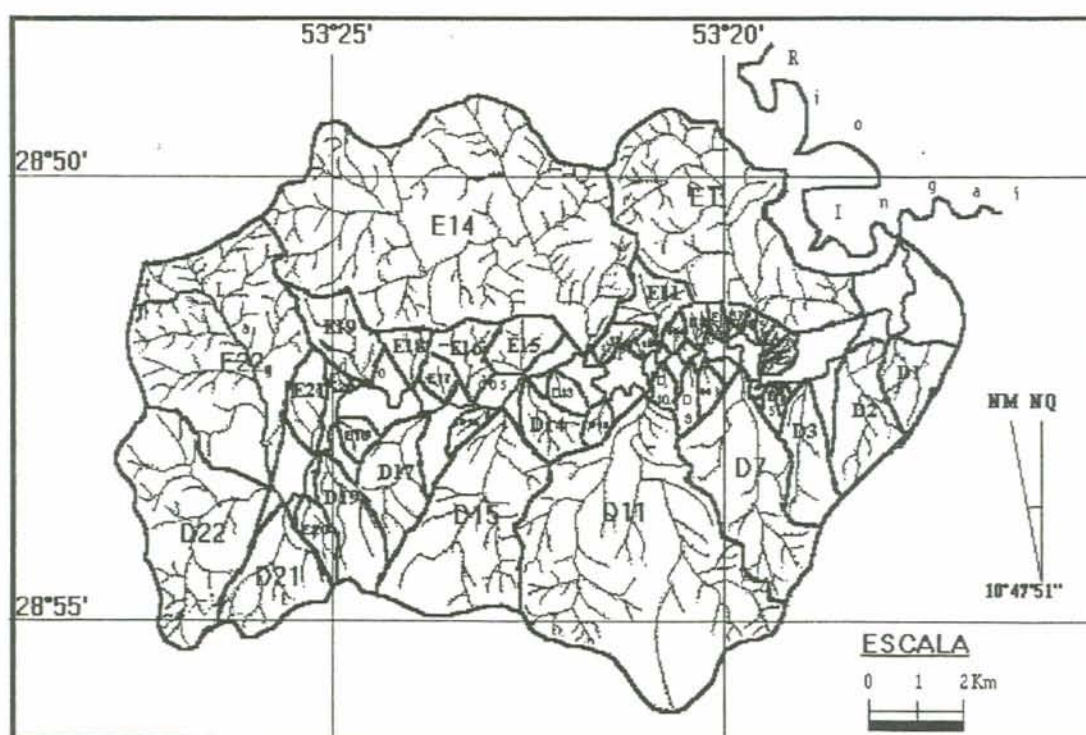


Figura 30- As sub redes de drenagem da BHSI
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

Alguns desses afluentes do arroio Santo Izidro são responsáveis pela drenagem de áreas significativas da BHSI, e outros, pela sua pequena estensão e reduzido e/ou inexistente número de (sub)afluentes, drenam áreas muito pequenas dentro do sistema analisado, tal como já foi comentado no item que trata da determinação das sub bacias secundárias (3.2.2.1.2-a)) entretanto pode-se dizer que a BHSI encontra-se homogeneamente drenada em toda a sua extensão.

A quantidade de canais que compõe a rede de drenagem da BHSI e o espaçamento entre eles dá à BHSI um grau de entalhamento e dissecação (textura topográfica) da superfície considerada normal, ou seja, num limite médio entre o que seria considerado como muito dissecada e pouco dissecada. Em alguns setores porém, o grau de entalhamento apresenta um estágio mais avançado do que em outros.

Quanto aos vales presentes na BHSI, estes apresentam-se, em geral, pouco pronunciados e em forma de "U", sem a presença de gargantas, em função da moderada declividade média das vertentes.

4.5.5- A Topografia

A cota máxima da BHSI ou a sua altitude máxima é de 425 m, aparecendo em três pontos cotados na carta topográfica de 1:50.000, próximos ao início do canal do arroio Santo Izidro, no divisor de águas entre a BHSI e as bacias hidrográficas vizinhas vizinhas a noroeste. A cota mínima, que corresponde à foz do canal principal foi estimada com base nos dados contidos na referida carta, como sendo de 320,1 m. Portanto, a amplitude altimétrica do relevo da BHSI é de 104,9 m ou 105 m.

Pode-se observar que as altitudes superiores aos 400 m se mantêm em quase todo o limite externo da bacia (divisor principal) em análise, diminuindo um pouco, apenas nas proximidades da confluência do arroio Santo Izidro com o rio Ingaí, sendo que aí, a declividade do terreno sobre o divisor de águas é bem mais acentuada, chegando aos 320 m em mais ou menos 7,5 Km, tanto pelo nordeste

como pelo sudeste. Ou seja, em quase todo o perímetro da BHSI predominam cotas entre 400 m e 425 m.

Sendo assim, o divisor de águas, em quase todo o perímetro da BHSI, apresenta uma declividade média de 0,17%. Somente na sua citada parte mais próxima da confluência do arroio Santo Izidro com o rio Ingaí é que a sua declividade média aumenta para 1,33%. A declividade média de todo o divisor de águas é de 0,5%

A análise dos perfis longitudinais dos canais principais das sub bacias secundárias, bem como dos perfis topográficos das mesmas sub bacias dá um efeito mais visual e facilita na compreensão da composição da BHSI, no que se refere às altitudes e sua distribuição. (Ver figuras 31 e 32). Desses perfis, os topográficos (figura 32) mostram as formas convexas das vertentes e a sua declividade, ao passo que os longitudinais (figura 31) evidenciam a declividade dos canais, o que induz a certos raciocínios sobre o trabalho erosivo dos mesmos, que serão tratados mais detalhadamente durante a descrição analítica e interpretativa do mapa de uso ideal da terra e complementado na análise morfométrica da bacia.

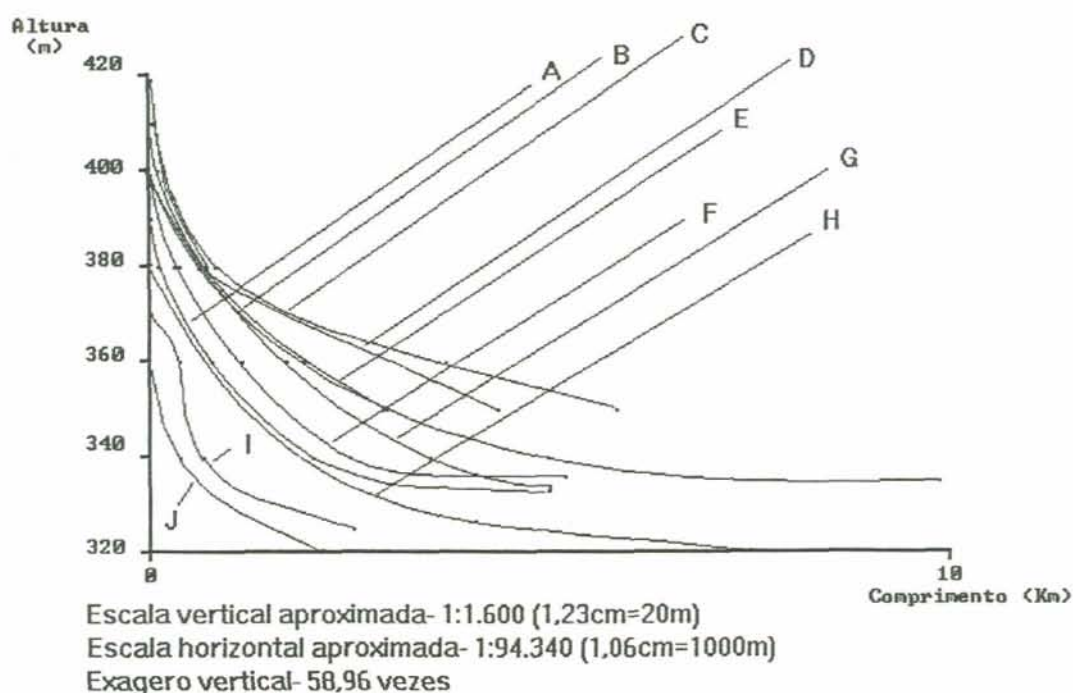


Figura 31- Perfis longitudinais dos principais canais fluviais da BHSI.
 (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

As vertentes da BHSI apresentam uma forma convexa bem definida, embora pouco pronunciadas, igualmente bem distribuídas por toda a área. Apenas nos segmentos menos elevados é que se observam formas levemente côncavas, exceto para a segunda vertente da sub bacia "B" (V2B), que apresenta um segmento convexo próximo ao topo.

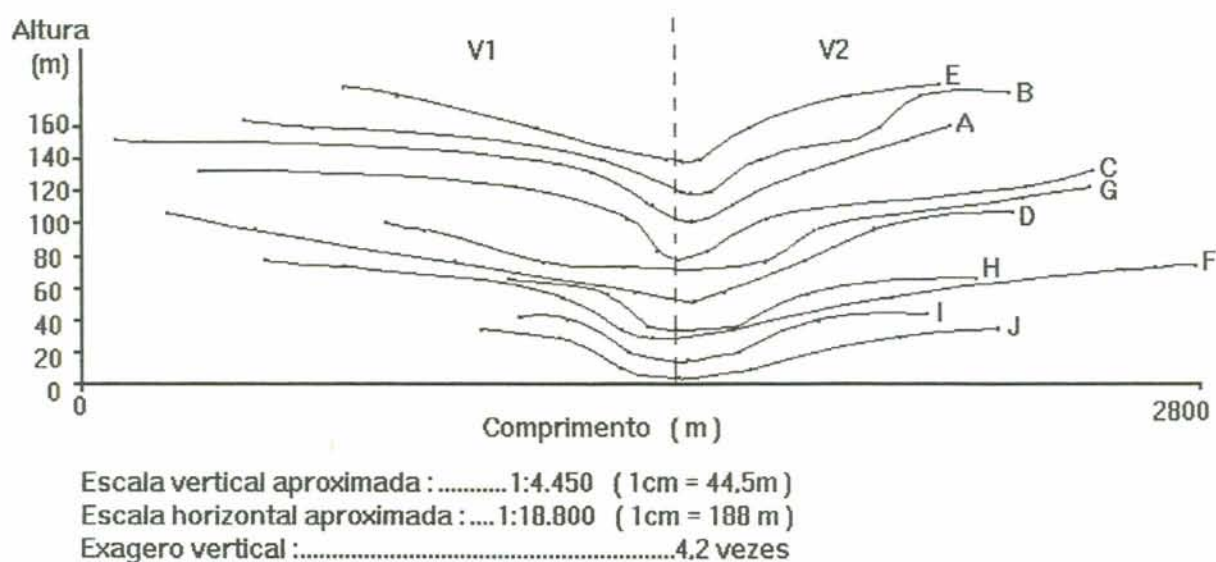


Figura 32- Perfis topográficos transversais dos canais principais das principais sub-bacias que compõem a BHSI. (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

Suas declividades são relativamente suaves. São mais longas nas sub-bacias mais próximas da nascente do canal principal do sistema maior e, sensivelmente mais curtas, naquelas mais próximas da foz do mesmo, especialmente nas sub-bacias da margem direita.

A figura 33 identifica os locais onde foram traçados os perfis topográficos para a análise das vertentes e o quadro nº 05 apresenta as coincidências existentes entre a geologia, os solos e as declividades médias das vertentes sobre a bacia.

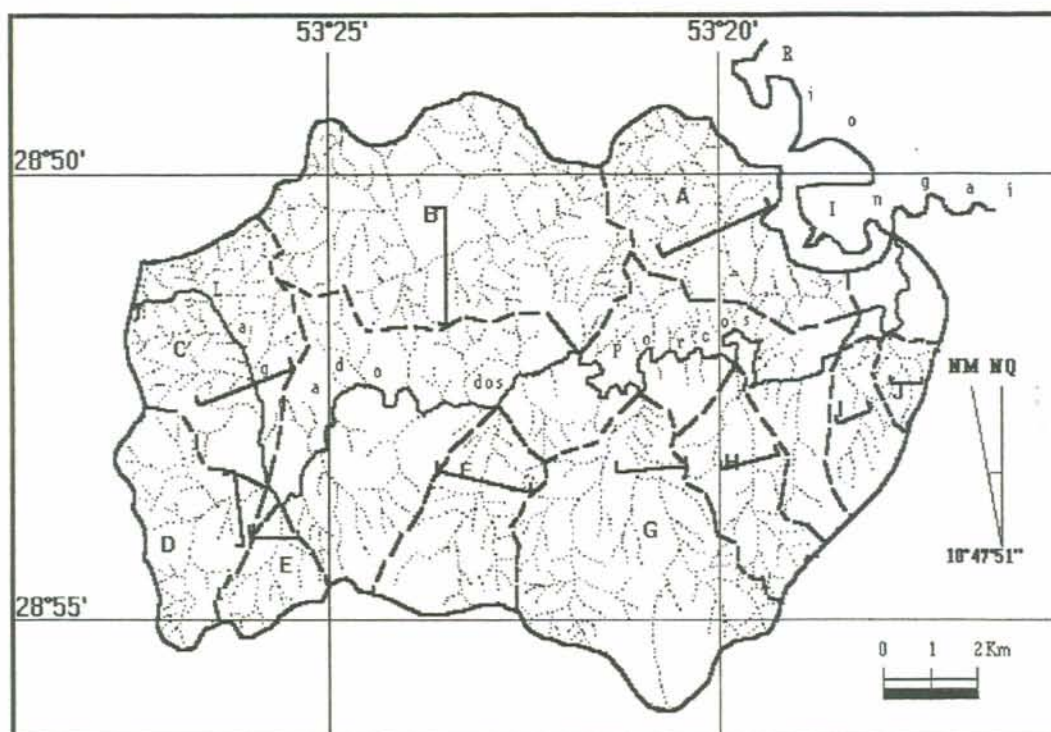


Figura 33- Localização dos perfis topográficos
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

QUADRO 05- Relação entre rochas, solos e declividades médias das vertentes da BHSI.

SB	Gv(%)	Solos predominantes	Rochas predominantes
B	12,98	LEa3 (+LEHa)	arnTt (+JKsgw)
D	10,14	LEa3	arnTt
C	9,96	LEa3	arnTt
H	9,96	LEHa (+LRd2)	JKsgw [+arnTt (+JKsga)]
F	9,49	LEa3 (+LEHa)	arnTt (JKsgw)
A	9,09	LEHa (+LRd2)	JKsgw
E	8,81	LEa3	arnTt
G	7,97	LEa3 [+LEHa (+LRd2)]	arnTt [+JKsgw (+JKsga)]
I	7,20	LRd2 (+LEHa)	arnTt (+JKsgw)
J	5,41	LRd2	JKsga (+JKsgw)

4.5.6- Relações entre a geologia, as altitudes e a hidrografia da BHSI

Com base na observação do mapa geológico e da carta topográfica fez-se algumas inferências a respeito das relações entre a geologia, a hipsometria e a hidrografia locais, onde observou-se que o limite superior em que o riólito aparece é nos 401 m e o limite mínimo é de 320 m; para o basalto esse limite máximo fica nos

410 m, iniciando também nos 320 m; ao passo que o pacote sedimentar é observado na BHSI, desde os 335 m até os 425 m. Tal relação pode ser melhor observada na figura 34, que mostra a distribuição superficial das rochas e as altitudes onde aparecem, sem se preocupar com a representação estratigráfica correta.

A presença do basalto pode ser observada ao longo do canal principal do arroio Santo Izidro, da foz (320 m) até mais ou menos o início do seu curso inferior (340 m). Já o riólito aparece em dois pequenos pontos isolados, sem nenhuma relação aparente com as altitudes, devido ao problema da generalização cartográfica já mencionada.

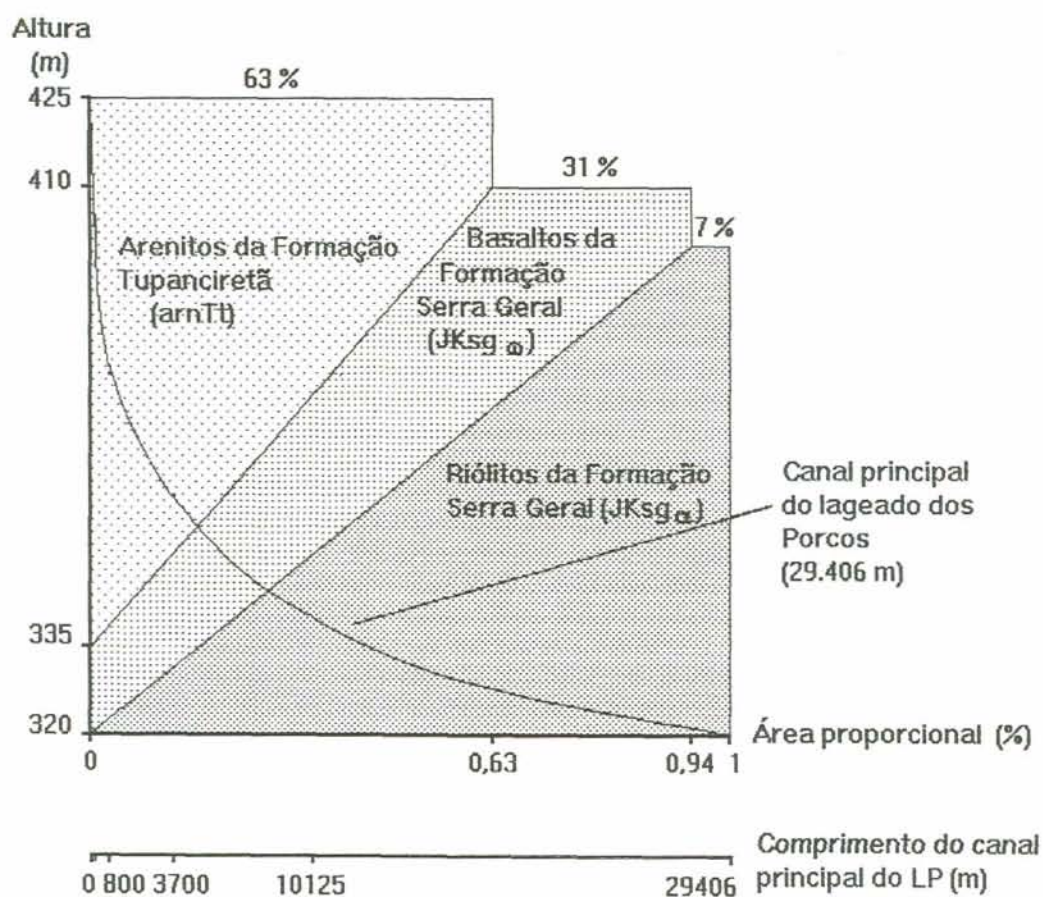


Figura 34- Representação generalizada da relação entre geologia, altitudes e hidrografia da BHSI (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

Nota-se portanto, que existe uma certa tendência de aparecerem primeiro as rochas sedimentares e depois as rochas ígneas (da parte mais alta para as menores altitudes da bacia). Essa constatação denuncia o trabalho de esculturação do rio sobre as rochas, daí inferindo-se que o arroio Santo Izidro vem erodindo o pacote sedimentar e expondo as camadas de rochas vulcânicas.

O canal principal do conjunto formado pela primeira sub rede de drenagem, da margem direita, mais próxima da foz do arroio Santo Izidro, parece ter contribuído para a exposição do riólito. Já, a erosão causada pelos rios das duas primeiras sub redes da margem esquerda, a montante, parece ter removido o arenito, estando exposto aí o basalto, além do próprio arroio Santo Izidro, no seu baixo curso.

4.5.7- O clima

A BHSI encontra-se na "região climática do Planalto" (SARTORI, 1993) a mais ou menos 400 metros de altitude e, assim como a maior parte do estado do Rio Grande do Sul, está submetida ao clima "mesotérmico brando, sem seca", temperado. (NIMER, 1989)

Segundo NIMER (1989), nesse clima, o inverno é bastante sensível e possui pelo menos um mês com temperatura média inferior a 15°C. Tanto no verão quanto no inverno, apresenta importantes variações regionais no que diz respeito à temperatura, em função da latitude e, principalmente, da altitude nos diferentes pontos do estado.

Entretanto, a amplitude térmica anual nesse tipo de clima, em termos de invernos e verões rigorosos é um pouco atenuada pela altitude, o que não permite temperaturas muito elevadas no verão. Ou seja, embora o inverno seja rigoroso, a amplitude térmica anual não é grande porque o verão é atenuado.

No caso específico da BHSI e suas adjacências, não são registradas nem as temperaturas mais altas do verão e nem as temperaturas mais baixas do inverno gaúcho, o que faz com que o seu clima, em termos de temperatura, não se constitua num expoente em relação ao restante do estado. Isto é, suas temperaturas mais altas

e mais baixas, bem como a amplitude térmica anual estão dentro dos limites médios do clima rio-grandense.

A temperatura média anual na área da BHSI está entre os 16°C e os 18°C, sendo que em todo o RS ela oscila entre índices superiores aos 18°C, nas regiões climáticas da Campanha e da Depressão Central, até temperaturas médias inferiores a 14°C, no nordeste do estado, que é a porção mais elevada do relevo gaúcho (de 1000 a 1200m). (NIMER, 1989)

O quadro nº 06 mostra a temperatura média anual da porção do estado onde se localiza a BHSI, além das áreas onde ocorrem a maior e a menor médias anuais do Rio Grande do sul, que são o nordeste do estado e a região da Campanha Gaúcha, no extremo oeste, respectivamente.

Quadro nº 06- Quadro comparativo entre as temperaturas médias anuais da região da BHSI e das regiões de maior média e menor média do estado do Rio Grande do Sul.

Região	Temperatura Média Anual
- Campanha	> 18°C
- BHSI	16°C - 18°C
- NE/RS	<14°

- Campanha - Campanha Gaúcha, no oeste do estado
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE/RS - Porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul
 Fonte: NIMER (1989)

A temperatura média do mês mais quente, que é janeiro, fica entre os 22°C e os 24°C, na BHSI, e no restante do estado vai de valores inferiores a 20°C (no nordeste) a índices superiores a 26°C (no extremo oeste, na região da Campanha). (NIMER, 1989)

O quadro nº 07 mostra as temperaturas médias do mês mais quente, que é janeiro, para as mesmas três áreas do quadro anterior.

Quadro nº 07- Quadro comparativo entre as temperaturas médias do mês mais quente (janeiro), da região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul.

Região	Temperatura média do mês mais quente
- Campanha	> 26°C
- BHSI	22°C - 24°C
- NE/RS	< 20°C

- Campanha - Campanha Gaúcha, no oeste do estado
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE/RS - Porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul

Fonte: NIMER (1989)

A média das máximas diárias do verão, na BHSI é de 30°C em dezembro, 32°C em janeiro e 30°C em fevereiro, ao passo que, para todo o estado, em dezembro, janeiro e fevereiro, ela oscila entre os 24°C e os 34°C, no nordeste e no extremo oeste, respectivamente. (NIMER, 1989, p. 234)

O quadro nº 08 mostra as médias das temperaturas máximas nos meses de verão para as regiões da BHSI, da Campanha e do nordeste do estado.

Quadro nº 08- Quadro comparativo entre as médias das temperaturas máximas nos meses de verão da região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul

Região	dezembro	janeiro	fevereiro
- Campanha	30°C - 32°C	32°C - 34°C	30°C - 32°C
- BHSI	28°C - 30°C	30°C - 32°C	28°C - 30°C
- NE/RS	22°C - 24°C	24°C - 26°C	24°C - 26°C

- Campanha - Campanha Gaúcha, no oeste do estado
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE/RS - Porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul

Fonte: NIMER, 1989.

A temperatura máxima absoluta no estado, vai desde valores inferiores aos 34°C, no nordeste, até ultrapassar os 42°C, no extremo oeste (na região da Campanha), na BHSI e proximidades ela fica entre os 38°C e os 40°C. (NIMER, 1989)

O quadro nº 09 mostra as temperaturas máximas absolutas no nordeste do estado, no extremo oeste e na região da BHSI.

Quadro nº 09- Quadro comparativo entre as temperaturas máximas absolutas da região da BHSI e das regiões de maior e menor temperaturas máximas absolutas do estado do Rio grande do Sul

Região	-	Temperatura máxima absoluta
- Campanha	-	> 42°C
- BHSI	-	38°C - 40°C
- NE/RS	-	< 34°C

- Campanha - Campanha Gaúcha, no oeste do estado
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE/RS - Porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul
 Fonte: NIMER, 1989.

A média térmica do mês de julho (mês mais frio) na região da BHSI é de 13°C e no RS vai desde valores inferiores a 10°C, no nordeste, até valores superiores a 13°C, no centro e na Campanha Gaúcha (NIMER, 1989), tais informações podem ser vistas no quadro nº 10.

Quadro nº 10- Quadro comparativo entre as médias térmicas do mês mais frio (julho) da região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul.

Região		Média térmica do mês mais frio
- Campanha	-	> 13°C
- BHSI	-	13°C
- NE/RS	-	< 10°C

- Campanha - Campanha Gaúcha, no oeste do estado
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE/RS - Porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul
 Fonte: NIMER, 1989.

A média das mínimas diárias no inverno, referentes à BHSI é de 6°C em junho e em julho e de 8°C em agosto, ao passo que no restante do estado ela oscila entre os 6°C e os 12°C em junho e agosto e entre 6°C e 10°C em julho, no nordeste e litoral, respectivamente. (NIMER, 1989). Tais dados podem ser vistos no quadro nº 11.

Quadro nº 11- Quadro comparativo entre as médias das temperaturas mínimas diárias nos meses de inverno das região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul

Região	junho	julho	agosto
- Campanha	8°C - 10°C	8°C - 10°C	8°C - 10°C
- BHSI	6°C - 8°C	6°C - 8°C	8°C - 10°C
- NE-LIT/RS	4°C - 6°C	4°C - 6°C	4°C - 6°C

- Campanha - Campanha Gaúcha, no oeste do estado
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE-LIT/RS - Porções nordeste e litoral do estado.
 Fonte: NIMER, 1989.

A ocorrência média de noites frias ($\leq 0^{\circ}\text{C}$) é de 5 noites na BHSI e, no RS vai desde 1, na Depressão Central e no Litoral, até mais do que 15 noites frias no nordeste (NIMER, 1989). Tais dados podem ser comparados no quadro 12.

Quadro 12- Quadro comparativo entre as ocorrências médias de noites frias ($\leq 0^{\circ}\text{C}$) durante o ano, na região da BHSI e nas regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul.

Região	Ocorrência de noites frias ($\leq 0^{\circ}\text{C}$)
- DC-LIT/RS	< 1
- BHSI	3 - 5
- NE/RS	> 15

- DC-LIT/RS - Depressão central e litoral do estado
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE/RS - Porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul
 Fonte: NIMER, 1989.

A mínima absoluta registrada na região climática a que pertence a BHSI é de valores próximos aos -4°C e, no RS todo, essa mínima varia dos -10°C aos 0°C . (NIMER, 1989) Ver quadro nº 13.

Quadro 13- Quadro comparativo entre as temperaturas mínimas absolutas na região da BHSI e das regiões de maior e menor temperatura mínima absoluta no estado do Rio Grande do Sul

- Região	Temperaturas mínimas absolutas	-
CAMP/DC	> -4	
BHSI	-4 - -8	
NE/RS	> -10	

- CAMP/DC - Regiões da Campanha Gaúcha e Depressão Central
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE/RS - Porção nordeste do estado do Rio Grande do Sul
 Fonte: NIMER, 1989.

A ocorrência média de geadas durante o ano na BHSI é de 15 vezes, enquanto que no restante do estado, a ocorrência média de geadas oscila entre uma, no litoral, a mais de 30, no nordeste e no extremo sudoeste. (NIMER, 1989) Ver quadro nº 14.

Quadro 14- Quadro comparativo entre as ocorrências médias de geadas na região da BHSI e das regiões de maior e menor médias do estado do Rio Grande do Sul.

Região	Ocorrência de geadas
- LIT	< 1
- BHSI	10 - 15
- NE-SW/RS	> 30

- LIT - Litoral do estado
 - BHSI - Bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro
 - NE-SW/RS - Porções nordeste e sudoeste do estado do R S
 Fonte: NIMER, 1989.

A figura 35 representa uma tentativa de tornar mais claras as informações sobre os dados de temperatura analisados.

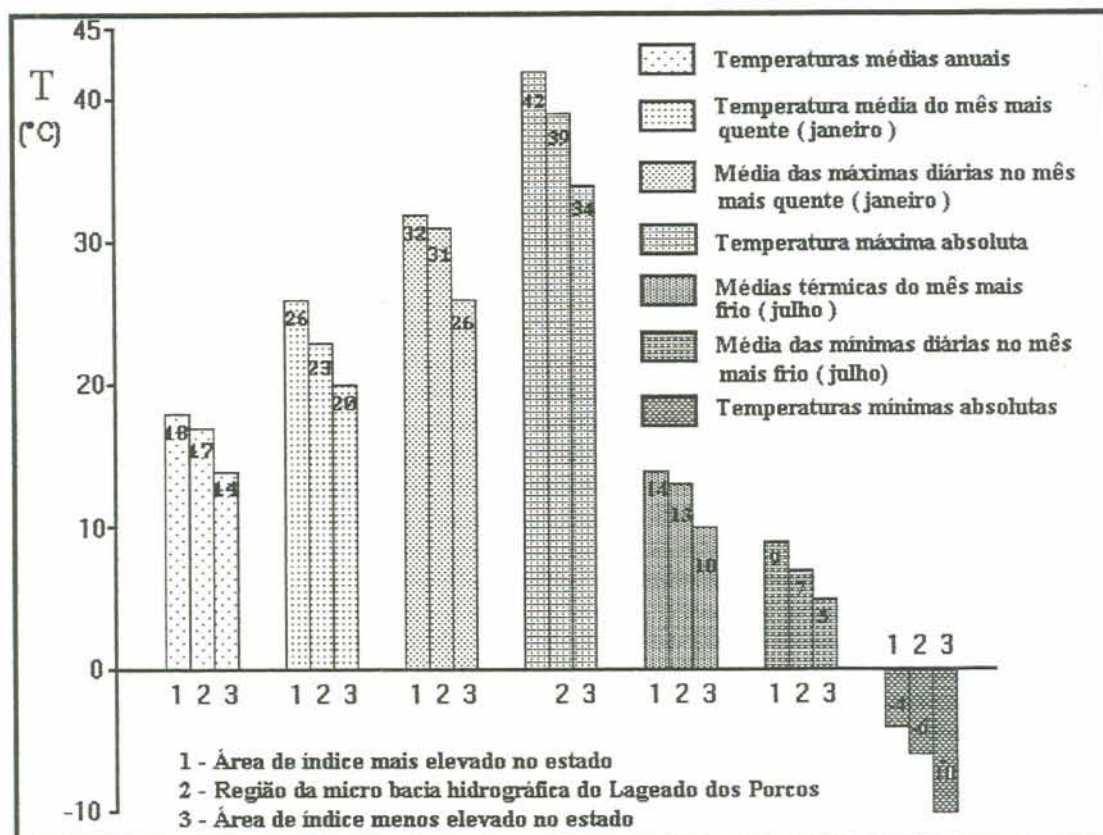


Figura 35- Dados de temperatura da BHSI e dos limites máximos e mínimos do RS (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

Quanto aos dados pluviométricos, segundo NIMER (1989), "... a Região Sul do Brasil, embora não seja das mais uniformes no que diz respeito aos valores e regimes térmicos o é, no entanto, no que se refere à pluviometria e ao ritmo estacional de seu regime".

A altura média da precipitação anual na região da BHSI é de 1750 mm, sendo que no restante do estado ela oscila desde os 1000 mm, no litoral sul, até os 2250 mm, no extremo nordeste do estado. (NIMER, 1989)

A época de concentração máxima da precipitação em três meses consecutivos na área da BHSI é agosto, setembro e outubro, sendo que em outras porções do estado, essa época de concentração da precipitação varia, indo desde março, abril e maio, no extremo sul e região da Campanha; abril, maio e junho, no noroeste e sudoeste; maio, junho e julho, no sul; junho julho e agosto, no nordeste; e julho, agosto e setembro, na porção centro-leste do RS. (NIMER, 1989)

Os meses menos chuvosos da área que abrange a BHSI são novembro (na primavera), sendo o primeiro mês mais seco; março (no outono), sendo o segundo mês mais seco; e julho (no inverno), sendo o terceiro mês mais seco. (NIMER, 1989)

Segundo SARTORI (1993), a região do Planalto, onde se encontra a BHSI apresenta um volume máximo de precipitação superior a 1700 mm, nunca ocorrendo índices inferiores a 1200 mm num intervalo de observação que vai de 1912 a 1984. Nas regiões mais próximas à BHSI chegam a ocorrer máximas entre 1800 e 2000 mm.

SARTORI (1993) diz que os meses mais chuvosos, na região da BHSI são setembro e outubro, o que vale para quase todo o estado; que o mês menos chuvoso é novembro, também para a maior parte do RS; e que a região climática do Planalto (onde se encontra a BHSI), no verão, é uma das regiões climáticas com maior índice de pluviosidade no estado do Rio Grande do Sul, chegando a índices superiores a 400 mm (em dezembro, janeiro e fevereiro). No outono (março, abril e maio), essa mesma região climática também apresenta um dos maiores índices de pluviosidade, acima dos 450 mm, que a pluviosidade no inverno (junho, julho e agosto), aí também apresenta índices superiores aos 400 mm e, na primavera (setembro, outubro e novembro), a pluviosidade também fica acima dos 450 mm.

Pelo que se pode depreender sobre a distribuição anual das chuvas sobre a BHSI deduz-se que trata-se de uma área onde há uma homogeneidade, com poucas diferenças entre as quatro estações do ano (verão e inverno com 400 mm cada e primavera e outono com 450 mm cada), perfazendo os 1700 mm anuais bem distribuídos.

A figura 36 mostra a distribuição das chuvas na BHSI, bem como dá outras informações sobre a pluviosidade.

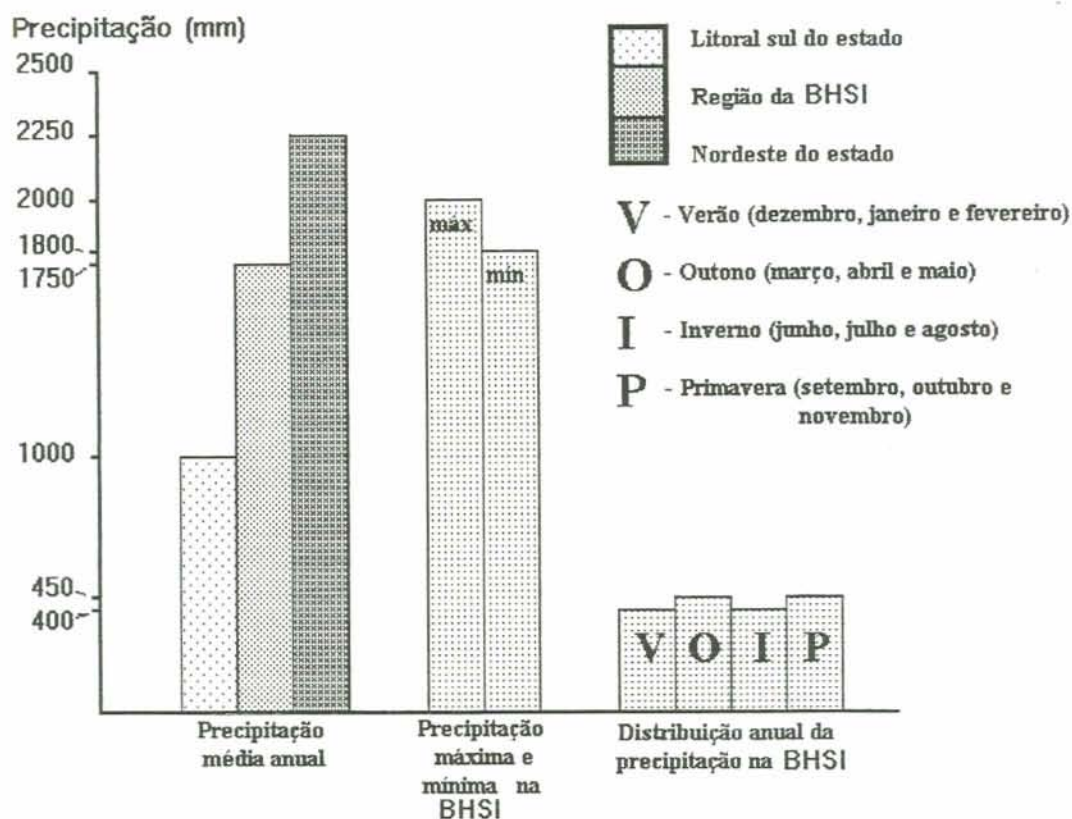


Figura 36- Dados pluviométricos da BHSI
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

As informações sobre o clima do RS são confirmadas também em NIMER (1990).

Sobre as conseqüências intempéricas do clima na BHSI, pode-se dizer que, a variação térmica anual e a constância na distribuição das chuvas durante todo o ano, favorecem um intemperismo relativamente intenso pois proporcionam constantes alterações físicas e reações químicas sobre os solos e as rochas locais. Além disso, a pluviosidade registrada, aliada à inclinação das vertentes determinam um processo erosivo significativo, o qual poderá ser intensificado, caso o solo seja desprovido da camada protetora de vegetação, com vistas ao preparo do solo para cultivos agrícolas em locais onde tal prática seja desaconselhável.

Na BHSI, bem como no restante da porção do estado que a engloba, a precipitação pluviométrica é bem distribuída durante o ano. Portanto, nas áreas onde a terra é submetida a culturas temporárias, durante os estágios de preparação do solo, plantio (semeadura), germinação, início dos processos de desenvolvimento do

sistema radicular das plantas e de desenvolvimento do docel, além do período pós-colheita, o solo permanece praticamente exposto aos agentes erosivos, o que pode proporcionar elevadas perdas de camadas férteis de solo. Essa circunstância é ainda agravada pelo fato de que, na área, são feitas duas plantações e duas colheitas intercaladas durante o ano, que são o trigo, no inverno e a soja ou o milho, no verão.

4.5.8- A Vegetação original

Segundo LEITE & KLEIN (1990), a vegetação predominante na porção do território rio-grandense onde se localiza a BHSI pertence à região fitogeográfica ou fitoecológica da Savana, do tipo Campo ou Cerrado, com predomínio de vegetação gramíneo lenhosa (Sg).

Tal informação é confirmada e enriquecida pelos dados contidos no levantamento do Projeto RADAMBRASIL (IBGE, Mapa de Vegetação, 1986), que detalha um pouco mais as informações sobre a cobertura vegetal do RS e, conseqüentemente, da BHSI. De acordo com o Mapa de Vegetação, citado, a BHSI encontra-se na região fitogeográfica da Savana, do tipo Campo, com predomínio de vegetação gramíneo lenhosa com floresta galeria (Sgf).

Existe, entretanto, uma divisão nessa classe de vegetação, que o IBGE no referido mapa classifica como Cobertura Vegetal Natural, que é a própria Sgf e outra, que constitui algumas manchas, mais ou menos extensas dentro da primeira, que é chamada de Cobertura Vegetal Antrópica e que, no caso específico da BHSI e proximidades, recebe a codificação Acc, significando agricultura, culturas cíclicas.

Portanto, a cobertura vegetal dentro dos limites da BHSI, segundo o IBGE, apresenta-se com uma linha divisória diagonal (de SE para NW) que divide sua área em duas grandes partes. A primeira, que recebe o código Sgf aparece na parte ocidental da bacia abrangendo o oeste, o sudoeste, o sul e a parte central da BHSI, totalizando 53,48 % da área total da micro bacia, com 7.752,0921 Ha. A segunda, que é a Acc, aparece na porção oriental da BHSI, abrangendo o noroeste, o norte, o nordeste, o leste e o sudeste da área total, totalizando 46,52 % da área total da micro

bacia, com 6.743,2184 Ha. A figura 37 mostra a distribuição da vegetação sobre a BHSI, segundo o levantamento RADAMBRASIL, de 1986.

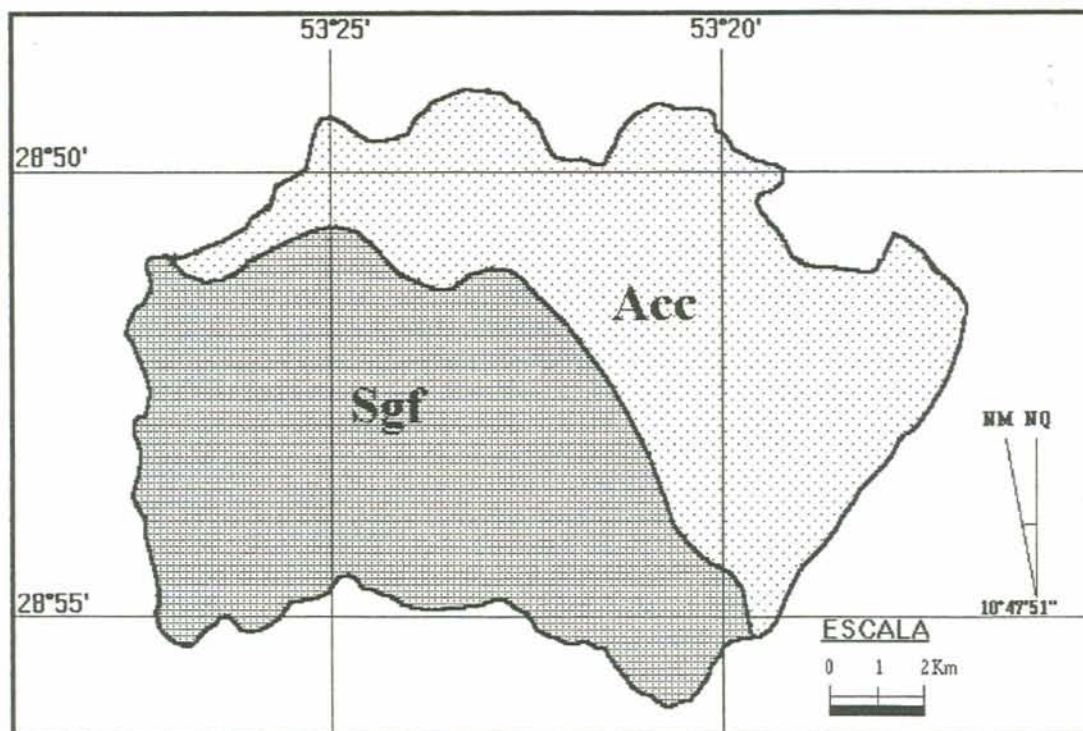


Figura 37- A vegetação original da BHSI.
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

Aparentemente a vegetação da savana-campo, do tipo gramíneo lenhosa não tem sua distribuição condicionada exclusivamente pelo clima, pelo menos em termos de região sul, pois distribui-se desde o norte do estado do Paraná até o centro-sul do RS, estando submetida, portanto, a diferentes condições climáticas. Isto é, localiza-se em diferentes latitudes e altitudes e em diferentes distanciamentos do mar.

Por outro lado, parece existir uma certa correlação deste tipo de vegetação com as condições pedológicas locais. Segundo LEITE & KLEIN, a teoria de BEARD, diz que "as savanas se formam em terrenos de má drenagem e pouco acidentados", pode adequar-se a diversas áreas de savana gramíneo lenhosa da Região Sul do Brasil, apesar de tal teoria não ser aceita para o restante do país onde ocorre a savana, cujos solos em geral apresentam perfeitas condições de drenagem (1990).

Em trabalho realizado por ALVIM (1954) in: LEITE & KLEIN (1990) foi verificado que espécies típicas do cerrado (savana) só apareciam em solos ácidos (pH 4,2 a 4,6) e extremamente pobres em bases trocáveis e que as associações florestais aparecem em terrenos mais férteis (pH acima de 5,0), concluindo que "as espécies típicas do cerrado são, aparentemente, mais tolerantes aos solos pobres em cálcio, de reação acida", "tendo o autor observado uma estreita correlação entre solo e vegetação, estando os cerrados localizados em terrenos ácidos e de pouca fertilidade". (LEITE & KLEIN, 1990)

Isto é, apesar do clima desempenhar um papel muito importante sobre a distribuição da vegetação e sobre a formação do solo, a qualidade do solo em um clima de savana (cerrado) parece ser o fator determinante do tipo de vegetação. (ALVIM, 1954, in: LEITE & KLEIN, 1990)

4.5.9- Relações entre a vegetação original, os solos e as rochas da BHSI

No caso específico da BHSI, parece haver uma maior coincidência na ocorrência da classe de vegetação de Agricultura, culturas cíclicas (Acc) com o latossolo roxo distrófico (LRd2) e com as rochas ácidas da Formação Serra Geral (JKsg α) e também com os basaltos (JKsg ω). A classe de vegetação que recebe a denominação de Savana campo, gramíneo lenhosa com floresta galeria (Sgf) coincide mais significativamente com os outros tipos de solos que são o latossolo vermelho-escuro húmico álico (LEHa) e o latossolo vermelho-escuro álico (LEa3), que coincidem, respectivamente com os conjunto rochoso ígneo formado pelos basaltos, da Formação Serra Geral (JKsg ω) e pelas rochas sedimentares da Formação Tupanciretã (arn Tt). O quadro nº 15 torna mais claras essas relações.

Quadro 15- Coincidências constatadas entre rochas, solos e vegetação na BHSI.

Vegetação	Solos	Rochas
Sgf Acc	LEa3 e LEHa LRd2	arn Tt e JKsg ω JKsgalf α

4.6- O USO EFETIVO DA TERRA

Na bacia em estudo, a vegetação de maior porte aparece na forma de matas-galeria ao longo de alguns trechos dos canais fluviais e em pouco mais de duas dezenas de capões de mato formados em locais onde aflora o lençol freático. Já, no topo das elevações, bem como nas suas encostas ou vertentes, predomina a vegetação rasteira do tipo savana-campo, com grande ocorrência de lavouras, caracterizando uma intensa ação do homem no meio.

O cultivo das vertentes na porção mais próxima dos vales dos canais fluviais faz aflorar as rochas mais ácidas, além de causar o prejuízo da perda de camadas férteis de solo.

Visando identificar o emprego efetivo aplicado à terra, foi elaborado o mapa do uso efetivo da terra, com base nas interpretações visual e digital das imagens de satélite, confirmadas por observação de campo. A distribuição espacial do uso atual da terra na BHSI pode ser vista no apêndice II- **Mapa do Uso Efetivo da terra (MUE)**.

Nele aparecem áreas com florestas (matas-galeria e bosques isolados), áreas com campos, áreas com lavouras (soja e/ou milho) e áreas com solo exposto (terras lavradas e áreas urbanas), sendo que as estradas e as águas foram desconsiderados neste mapa. A área ocupada por florestas é de 1.152,9147 Ha ou 7,95% (um terço da área considerada como a ideal) da área da bacia; o campo ocupa 5.652,9576 Ha ou 39,00% da área total e a lavoura (incluindo-se aí as manchas de solo exposto e terra lavrada com pouca vegetação, esta chamada de CAMPO2 nas classificações computadorizadas) ocupa 7.689,4382 Ha, correspondendo a 53,05% da área total.

Apesar de não ser explorada toda a área potencial agrícola, o uso atual parece não ser correto, em termos de preservação ambiental, uma vez que vários locais destinados à preservação permanente de florestas são ocupados por campo e até por lavouras, evidenciando, não apenas problemas de desmatamento, como também o agravamento do processo erosivo com a retirada da proteção natural do solo em locais onde a declividade das vertentes é mais acentuada, já que nessa

região, principalmente sobre o arenito é comum o aparecimento de grandes vossorocas, mesmo em áreas de topografia suave.

4.7- O USO PREFERENCIAL DA TERRA

O Código Florestal Brasileiro, in: QUEIROZ NETO (1993), considera como área de preservação permanente a faixa de 30 metros ao longo dos rios com menos de 10 metros de largura. Para esta pesquisa, foram estabelecidos critérios semelhantes porém com uma margem de tolerância maior tendo em vista que, considera-se aqui que generalizar a mesma faixa de largura para todos os rios da BHSI parece ser uma decisão inadequada em função de que as condições topográficas, litológicas e pedológicas não são as mesmas em toda a extensão dos rios e também porque a realidade do uso da terra no meio rural está longe de se adequar à legislação vigente, o que restringiria muito a área destinada ao uso agrícola principalmente.

Com relação à análise morfométrica, esta mostrou-se relativamente uniforme em todos os setores da BHSI (sub bacias secundárias), o que não sugere uma compartimentação mais detalhada.

O clima da região onde se localiza a BHSI caracteriza-a como destinada à atividade agropastoril, sem grandes restrições, uma vez que as temperaturas não são exponenciais e a distribuição das chuvas é satisfatória, já que são bem distribuídas durante o ano. E, a distribuição da vegetação original, descrita no mapa de distribuição da vegetação do Projeto RADAMBRASIL parece ser coerente com a atividade aplicada à BHSI, apesar das diferenças constatadas nos limites das classes, em função da escala do referido mapa.

Com base nas informações sobre as características físicas da área analisada, características morfométricas, geológicas, pedológicas, climáticas e de vegetação original, foi elaborado o mapa do uso preferencial da terra (MUP), que tem por objetivo, identificar os setores da BHSI mais propícios à prática da agricultura (lavouras temporárias), da pecuária (campos) e à preservação permanente (floresta).

Esse mapa destina como **Área Preferencial para Floresta (APF)**, os setores com declividades superiores a 12%, em qualquer ponto da bacia hidrográfica e, ao longo dos principais canais fluviais, sendo que as porções com declividades nas vertentes entre 5% e 12% ficam limitadas aos 30 metros de distância das margens, e as vertentes com declividades menores do que 5% ficam delimitadas a 15 metros das margens.

As áreas destinadas para pecuária, denominadas **Área Preferencial para Campo (APC)**, ficam restritas a todas as vertentes ao longo dos canais fluviais (exceto para os canais pluviais, que ficam a montante das nascentes), que estejam fora da APF, limitadas a 15 metros das margens para declividades menores do que 5% e a 30 metros aquelas com declividades superiores a 5% e inferiores a 12%. Ficam também destinadas a campo aquelas áreas, com declividades inferiores a 12% sobre latossolo roxo distrófico (LRd2) e rochas da formação Serra Geral (riólitos-JKsg α e basaltos - JKsg ω) ou sobre latossolo vermelho escuro húmico álico (LEHa) e riólitos (JKsg α), independente do distanciamento das margens dos rios.

A área ideal para lavouras temporárias, denominada de **Área Preferencial para Lavoura (APL)**, fica sendo o restante da área da bacia, com a seguinte subdivisão:

A -porções sem necessidade de controle da erosão, com declividades inferiores a 5%;

B -porções com necessidade de controle da erosão, principalmente ao longo dos pequenos canais intermitentes (a montante das nascentes), não incluídos nos setores anteriores, em áreas com declividades entre 5% e 12%; a distância mínima das margens deve ser de 10 metros (perigo de vossorocamentos).

Finalmente, o MUP destina 3.247,3706 Ha para a preservação de florestas, o que equivale a 22,4% da área total da micro bacia; destina 2.133,5702 Ha como área preferencial para campo, equivalendo a 14,72% da área total e; 9.114,3697 Ha como área preferencial para lavoura, o que corresponde a 62,88%. Conseqüentemente, o

Mapa do Uso Ideal classifica a bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro como uma área essencialmente agrícola.

O Mapa do Uso Preferencial da terra - MUP pode ser visto no apêndice III

4.8- A ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A análise dos impactos ambientais foi feita através do cruzamento das informações contidas nos dois cartogramas anteriores (BRAGA, 1988), construídos em papel transparente (superposição do MUE e do MUP).

O mapa dos impactos ambientais - MIA, que pode ser visto no apêndice IV, ficou dividido em quatro classes de impactos, sendo áreas de alto risco, de médio risco, de baixo risco e áreas sem problemas ambientais.

A classe 1, áreas de alto risco (ou grande impacto), corresponde àquelas áreas em que há a prática de lavouras temporárias e/ou existe solo exposto em locais recomendados a florestas, ou seja, área de preservação permanente.

A classe 2, áreas de médio risco (ou médio impacto) corresponde àquelas áreas destinadas à manutenção de florestas, onde se verificam a existência de campos; sobre latossolo roxo distrófico (LRd2) ou latossolos vermelho-escuros (LE).

A classe 3, áreas de baixo risco (ou baixo impacto), corresponde àquelas áreas em que há a prática de lavouras temporárias e/ou existe solo exposto em áreas propícias a campo.

A classe 4, áreas sem problemas ambientais, corresponde àquelas áreas onde o uso efetivo, identificado no mapa do uso efetivo corresponde ao emprego sugerido no mapa do uso preferencial

A classe considerada como a de maior risco engloba uma área de 1.411,8168 Ha, ou 9,74% da área total da bacia seguida da segunda classe, que ocupa 1.536,6469 Ha (correspondendo a 10,6% da área total), ambas bem distribuídas por toda a área de estudo, o que torna a BHSI uma área com riscos de degradação ambiental forte por toda a sua extensão. A terceira classe, considerada como de

analisada, encontra-se concentrada, principalmente na porção leste da BHSI, ao passo que a área considerada como de risco inexistente encontra-se distribuída uniformemente por quase toda a bacia, envolvendo 10.377,9407 Ha ou 71,6% da área total.

Contudo, o fato da área de risco inexistente ser a maior, não significa que a maior parte da BHSI não necessite de controle ambiental, pois ela se encontra permeada de pontos problemáticos com relação ao risco de irromper vários focos de princípio de fortes processos erosivos

Outro fator agravante da situação da bacia hidrográfica é o fato de que a maior falta de vegetação de grande porte se verifica justamente nos locais de maior necessidade de sua existência que são as nascentes dos rios, locais em que o Código Florestal recomenda a manutenção de florestas num raio mínimo de 50 m, em qualquer situação topográfica (QUEIROZ NETO - 1993), agravado ainda por serem esses locais onde se verificam as maiores declividades de vertentes na bacia em questão.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do Sensoriamento Remoto na identificação das formas de uso da terra pelo homem mostrou-se bastante eficiente, particularmente quanto ao emprego combinado das metodologias visual e digital de imagens TM.

Quanto à análise visual, observou-se que uma maior eficiência é possível quando se tem disponível todas as bandas e mais de uma combinação colorida, em função de que os diferentes alvos respondem espectralmente diferentes nas diferentes bandas, sendo alguns facilmente observados em determinadas bandas ou combinações de bandas e outros mascarados nas mesmas, ao passo que noutras bandas ou combinações de bandas a situação se inverte.

Igualmente, a combinação dos dois procedimentos digitais, supervisionado e não-supervisionado mostrou-se relativamente eficaz. Ou seja, a classificação não supervisionada permitiu uma maior segurança na escolha das amostras adquiridas para a classificação supervisionada e esta permitiu uma maior segurança quanto à identificação propriamente dita dos alvos.

A classificação supervisionada, empregada com base apenas no brilho que os pixels apresentam na tela do visualizador de imagens, sem um conhecimento prévio da realidade de campo ou sem o conhecimento dos índices característicos das espécies vegetais que compõem as amostras, mostrou-se ineficiente, uma vez que classificou apenas 32,37% da imagem visível na tela do SITIM-150, ao passo que a classificação não-supervisionada classificou 100% da imagem da tela, entretanto misturou muito o brilho dos pixels, em função do número reduzido de amostras. Por

exemplo, ampliou a área da classe denominada MATA, em função da umidade do solo nas proximidades das margens dos principais canais fluviais. Contudo, ambas serviram eficientemente na identificação e localização dos diferentes alvos, ficando a interpretação visual como recurso para a determinação mais precisa dos limites das áreas relativas aos alvos identificados nas classificações computadorizadas.

Já a identificação das características físicas do local, através da análise morfométrica permitiu a identificação da aptidão agrícola da área, complementada pelas outras informações, principalmente sobre o clima, os solos e as rochas da bacia hidrográfica.

A análise morfométrica mostrou-se importante na abordagem das formas de relevo, as quais puderam ser descritas de uma maneira mais objetiva e menos qualitativa, para a tomada de decisões quando da identificação dos impactos ambientais.

Como perspectivas para futuras pesquisas pode-se dizer que a metodologia adotada pode ser empregada para subsidiar atividades de planejamento regional, sendo utilizada na identificação de áreas problemáticas, utilizando-se microbacias-piloto que sirvam de amostras significativas de partes diferentes de um território maior, talvez a nível de bacia hidrográfica, como é o caso da bacia do rio Jacuí.

Como aspectos positivos resultantes da presente dissertação, pode-se citar o fato de que a resolução espacial das fotografias aéreas permitiu o enriquecimento das informações sobre a rede de drenagem, tendo em vista a deficiência de informações sobre esse tema na carta topográfica; a resolução espacial das imagens de satélite, aliada ao recurso do cruzamento de bandas é um recurso bastante eficiente na identificação do uso da terra; e, a classificação digital serviu como complemento à interpretação visual e vice-versa pois observou-se que existe uma grande coincidência entre os limites das classes e as diferentes tonalidades nas combinações coloridas, sendo difícil uma interpretação correta do uso da terra com base em apenas uma das metodologias.

A elaboração dos mapas de uso atual e ideal da terra, bem como o dos impactos ambientais foi um procedimento que permitiu uma representação sintética da realidade, tido como um modo eficiente de registrar as informações levantadas, através do qual é possível prever os rumos do ambiente, em termos de degradação, bem como propor formas de correção e/ou aperfeiçoamento do uso da terra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGENTO, M. S. F.; BRAGANA, C. L. S. Impactos ambientais no entorno da lagoa de Araruama - RJ. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (465-472). São Paulo, 1993.
- ARIMA, L. I. A.; OLIVEIRA, L.G.; BARROS, L. T. L. P.; SIFUENTES, D. V.; PAIVA, M.C.A. Estudo da vegetação natural/uso do solo como subsídio ao zoneamento sócio-econômico do município de Jaurú-MT. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol IV (6-14). Curitiba, 1993.
- ASRAR, G. Theory and applications of optical Remote Sensing. Jhon Willey & Sons, 1989, 335p.
- AZEVEDO, V. R. C. G.; GUIMARÃES, N. M. S.; TORRES, M. G. A.; OLIVEIRA, P. M. Monitoramento da ação antrópica nos ambientes fitoecológicos no interior e no entorno da Floresta Nacional dos Tapajós. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol II (15-20). Curitiba, 1993.
- BACCARO, C. A. D.; PEREIRA, K. G. O.; MARTINS, L. H. B. As unidades geomorfológicas da bacia do rio Tijuco. Estudos preliminares. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (91-92). São Paulo, 1993.
- BORDEST, S. M. L. Relações entre riscos à erosão e a legislação ambiental na alta

bacia do Coxipó-MT. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (41-42). São Paulo, 1993.

BRAGA, R. A. P. Avaliação de impactos ambientais: uma abordagem sistêmica. In: Terra Livre. Geografia e questão ambiental. 3: 65-74, São Paulo, Marco Zero, março de 1988.

CANIL, K.; IWASA, O. Y. Diagnóstico de processos erosivos e de sedimentação na bacia do rio Santo Anastácio. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (243-245). São Paulo, 1993.

CANIL, K.; ROSS, J. L. S. As derivações ambientais na área de proteção aos mananciais-estudo de uma sub bacia do rio Caulim - Represa Guarapiranga SP. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (325-327). São Paulo, 1993.

CARVALHO, P. G. S. Mapeamento da cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, no município de Lagoa Santa, através da análise de imagens orbitais (TM-Landsat). in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (355-360). São Paulo, 1993.

CASTRO, H. O. Sistema de apoio ao gerenciamento municipal. GEORISO- Sistema de informações das áreas com risco de deslizamento de encostas. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol I (27-31). Curitiba, 1993.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise de sistemas em Geografia. São Paulo, Hucitec, 1979, 106p.

_____. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, 1980, 188p.

- _____. Análise morfométrica das bacias hidrográficas do planalto de Possos de Caldas(MG). Tese de Livre Docência, Rio Claro, 1970, 215p.
- CHRISTOFOLETTI, A.; TAVARES, A. C. Contribuição ao estudo das vertentes na área do Quadrilátero Ferrífero (MG). in: Geografia, 1 (2) :67-87, São Paulo, outubro, 1976.
- CHRISTOFOLETTI, A.; TELES, A. P. S. S.; LUPINACCI, C. M.; BERTAGNA, S. M. A.; MENDES, I. A. Morfometria do relevo na média bacia do rio Corumbataí. in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (137-139). São Paulo, 1993.
- DOORNKANP, J. C.; KING, C. A. M. Numeral alysis in geomorfology. New York, Saint Martin's Press, 1970, 372p.
- ENGESPAÇO - SITIM 150. Sensoriamento Remoto. Manual do usuário. Versão 2.2, São José dos Campos, 1989.
- FERNANDES, R. B.; SANTOS, R. L.; SANTO, S. M. Considerações sobre os impactos ambientais no município de Santo Antônio de Jesus (Ba). in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (337-340). São Paulo, 1993.
- FISCHER, M. V.; ROSA, J. W. C.; NATAL, J. B.; NASCIMENTO, I. Caracterização ambiental do Distrito Federal. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol I (56-61). Curitiba, 1993.
- FIGUEIRA, E. L. C.; ROCHA, W. C.; ROCHA, H. O.; CLEMENTE, D.; SCHMIDLIN, D.; MOTTER, I.; VASCONCELLOS, E. A. Utilização de imagens TM-Landsat/5 no mapeamento temático da faixa de estudo para implantação do gasoduto Bolívia-Brasil. in: XV Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais. (112-115). Rio de

Janeiro, 1993.

FRANCISCO, C. F. Proposições metodológicas aplicadas à Geografia Física. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (485-488). São Paulo, 1993.

FRANCISCO, C. F.; SANTOS, M. J. Z. Conseqüências pedológicas decorrentes do desmatamento no município de Presidente Prudente (SP). In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (175-178). São Paulo, 1993.

FRANZONI, A. N. B.; ALVES, A. R.; LAPOLLI, F. R.; BASTOS, L. C. Utilização do classificador Distância Euclidiana: bacia hidrográfica do Sangão/SC. in: XV Congresso Brasileiro de Cartografia. Anais. (101-106). Rio de Janeiro, 1993.

GAMA, A. M. R. C.; JUSTUS, A. R. M. Cartas-imagens Landsat - uso atual da terra na Região Sul. in: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol IV (359-360). Curitiba, 1993.

GARCIA, G. J.; GIOMETTI, A. B. R. Contribuição ao diagnóstico e macrozoneamento da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Pepira-SP. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (477-480). São Paulo, 1993.

GARCIA, G. J.; MARCHETTI, D. A. B. Princípios de fotogrametria e fotointerpretação. São Paulo, Nobel, 1989, 264p.

GONZALEZ, R. C.; WINTZ, P. Digital image processing. Addison-Wesley Publishing Company, 1977, 431p.

GOULART, A. C. O.; ROSS, J. L. S. Análise integrada do relevo: subsídios ao planejamento ambiental urbano. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada.

Anais. (61-64). São Paulo, 1993.

GREGORY, K. J. A natureza da Geografia Física. Rio de Janeiro, Editora Bertrand Brasil S. A., 1992, 367p.

GUERRA, A. T. Dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro, IBGE, 1980, 446p.

JACOBS, G. A.; MAXIMIANO, G. A.; IHLENFELD, R. G. K. Identificação do uso atual do solo através de imagens de satélite para subsidiar ações de âmbito fundiário no Paraná. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol I (68-74). Curitiba, 1993.

KERTZMAN, F. F.; QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural aplicada a estudos de degradação do solo. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (501-504). São Paulo, 1993.

LAPOLLI, E. M.; ALVES, A. R.; BARCIA, R. M. Classificação de imagens digitais: comparação entre vários métodos. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol II (373-380). Curitiba, 1993.

LEINS, V.; AMARAL, S. E. Geologia Geral. São Paulo, Nacional, 1980, 397 p.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. In: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências. Geografia do Brasil Volume 2- Região Sul. Rio de Janeiro, IBGE, 1990, 420p.

LIMA, J. D.; LIMA, S. C. Mapeamento da cobertura vegetal e do uso antrópico na região do Triângulo Mineiro (MG), através de imagens TM/Landsat. In: VII

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol II (162-170). Curitiba, 1993.

LOPES, L. H.; SILVEIRA, R. G; LOCH, C. Monitoramento da ocupação do espaço urbano em áreas de preservação permanente: um estudo de caso. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol I (99-103). Curitiba, 1993.

MACIEL, M. M. F.; LUIS, G. C. Limites de tolerância e previsão de perdas de solos da microbacia do ribeirão João Leite - Goiânia - GO. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (175-178). São Paulo, 1993.

MACIEL FILHO, C. L.; CABRAL, I. L. L.; Estudo de locais susceptíveis à erosão em uma micro bacia de Cacequí, RS. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (213-216). São Paulo, 1993.

MANIÈRE, R.; CHAMIGNON, C.; COURBOULES, J.; BARBERO, M. Données Thematic Mapper et perception de l'occupation du sol en milieu littoral méditerranéen. International Journal of Remote Sensing, 11(1) : 69-93, 1990.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. Princípios de fotogrametria e fotointerpretação. São Paulo, Nobel, 1986, 257p.

MARTINELLI, M. A cartografia da Geografia Física: algumas reflexões. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (315-319). São Paulo, 1993.

MAXIMIANO, G. A. Mapeamento de unidades ambientais do Paraná com base em levantamentos geomorfológicos através de imagens de satélite. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol III (263-265). Curitiba, 1993.

- MAZZOCATO, M. E.; TURRUSIO, S.; MAKOWIECKI, C. L. Integración de metodología visual y digital de imágenes satelitarias en el sector sudoeste de la provincia de Buenos Aires, (Argentina). In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol I (104-111). Curitiba, 1993.
- MENDONÇA SANTOS, M. L.; BROWN, I. F. Interpretação de imagens de satélite e fotografias aéreas para mapeamento e monitoramento do uso da terra em duas comunidades do rio Capim-Paragominas- Pará - Brasil. in: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol II (188-191). Curitiba, 1993.
- MENDONÇA SANTOS, M. L.; MATTOS, M. M.; PIRES, I.O.; BROWN, I. F.; ASSIS, W. S. Utilização de imagens de satélite no mapeamento preliminar do uso da terra e na capacitação de agricultores do médio rio Capim - Paragominas - PA Brasil. in: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol IV (6- 15). Curitiba, 1993.
- NASCIMENTO, R. G.; GARCIA, J. R. Y. Estudo de um sistema de solo latossolo/"solo podzólico": criação de um meio propício à erosão superficial. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (141-145). São Paulo, 1993.
- NASCIMENTO, M. A. L. S.; PODESTÀ FILHO, A. Carta de risco de Goiânia. in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (341-344). São Paulo, 1993.
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 1989, 422p.
- _____. Clima. In: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências. Geografia do Brasil Volume 2- Região Sul. Rio de Janeiro, IBGE, 1990, 420p.

- QUEIROZ NETO, J. P. Pedogênese e evolução das formas de relevo no Planalto Ocidental Paulista: o exemplo da região de Marília. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (505-510). São Paulo, 1993.
- RADAMBRASIL. Mapa exploratório de solos. Brasília, IBGE, 1986.
- _____. Mapa Geológico. Brasília, IBGE, 1986.
- _____. Mapa da vegetação original. Brasília, IBGE, 1986.
- RICHARDS, J. A. Remote Sensing digital Image Analysis. An introduction. Berlin, Springer-Verlag, 1986, 281 p.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia. Ambiente e planejamento. São Paulo, Contexto, 1990, 85p.
- ROSS, J. L. S.; MORAES, P. B. L.; SIMÕES, W.; MULLER, I. J.; PRETTE, M. E. D. Abordagem geográfica no planejamento ambiental. in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (333-340). São Paulo, 1993.
- ROSS, J. L. S.; VASCONCELOS, T. N. N.; BEZERRA, C. C. S. Caracterização ecodinâmica do município de Jaurú - MT. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (321-324). São Paulo, 1993.
- SAADI, A.; SOUZA, C. J. O. Contribuição à geomorfologia do rio Doce. V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (157-162), São Paulo, 1993.
- SALOMÃO, F. X. T.; QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica aplicada à elaboração de cartas geotécnicas e de capacidade de uso

- das terras. in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (451-459). São Paulo, 1993.
- SANCHEZ, M. C. A propósito das cartas de declividade. in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (311-314). São Paulo, 1993.
- SANCHEZ, M. C.; GARCIA, J. R. Y; SOUZA, A. P.; MENDES, I. A. Sugestões para a elaboração de cartas morfométricas em áreas costeiras e cristalinas. in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (307-310). São Paulo, 1993.
- SARTORI, M. G. B. Distribuição das chuvas no Rio Grande do Sul e a variabilidade têmporo-espacial no período 1912-1984. In: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (275-280). São Paulo, 1993.
- SHIVA PRASAD, C. R.; THAYALAN, S.; REDDY, R. S. ; REDDY, P. S. A. Use of Landsat imagery for mapping soil and land resources for development planning in parts of Northern Karnataka, India. International Journal of Remote Sensing, 11(10) : 1889-1900, 1990.
- SLATER, P. N. Remote Sensing. Optics and optical Systems. Addison-Wesley Publishing Company, 1980, 575p.
- SOHN, S.; MENDONÇA, W. R. Uso atual do solo com ênfase à Carta Florestal do estado do Paraná. in: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais. Vol II (266-274). Curitiba, 1993.
- SUERTEGARAY, D. M. A.; BERTÊ, A. M. A.; GUASSELLI, L.; WEBER, M.; MARTINS, G. Parque Estadual do Delta do Jacuí. Considerações sobre a sua dinâmica ambiental e propostas de gerenciamento. in: V Simpósio de Geografia

Física Aplicada. Anais. (345-348). São Paulo, 1993.

SWAIN, P. H; DAVIS, S. M. Remote Sensing: The Quantitative Approach. McGraw-Hill, 1978, 396p.

TAVARES, A. C.; QUEIROZ, A. N. Análise geomorfológica da bacia do Ribeirão Claro. in: Boletim de Geografia Teorética. 11(21-22) : 47-64, Rio Claro, 1981.

VIEIRA, L. S. Manual da Ciência do Solo. Com ênfase aos solos tropicais. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1988, 464 p.

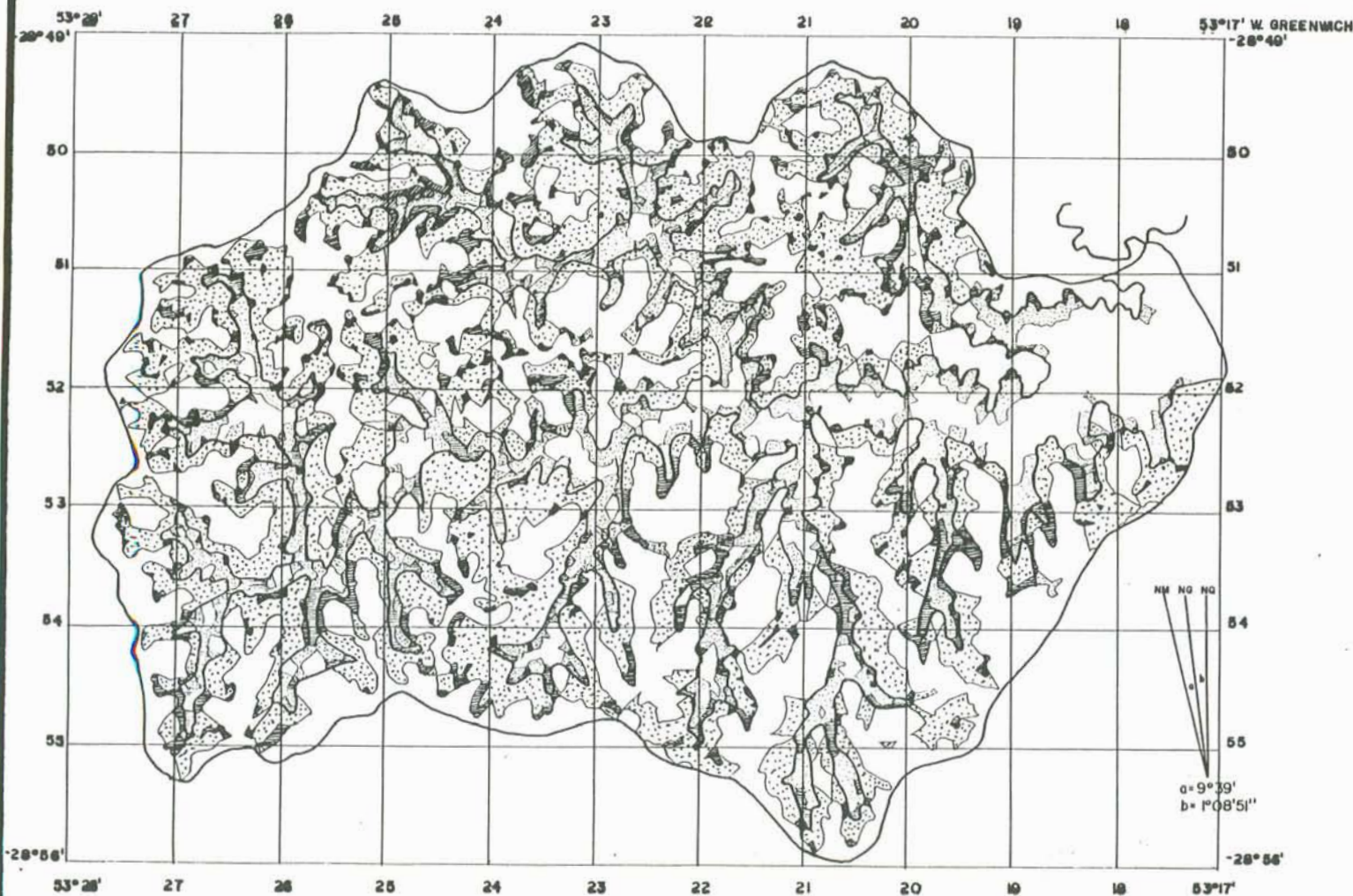
VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245p.

WERLE, H. S. Geomorfologia da bacia do rio Comandá - RS. in: V Simpósio de Geografia Física Aplicada. Anais. (43-47). São Paulo, 1993.

ZINKE, J. P. Photointerpretation in hidrology and watershed managemant. In: Manual of photographic interpretation. American Society Photogrametry, 1960.

APÊNDICE I

**DISTRIBUIÇÃO DAS DECLIVIDADES NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SANTO IZIDRO**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

- U F R G S -

Centro Estadual de Pesquisa em
Sensoriamento Remoto e Meteorologia

- C E P S R M -

Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto

- C P G S R -

APÊNDICE I

MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DAS DECLIVIDADES

Legenda:

Classes de declividades	Limites
	> 12%
	5% - 12%
	< 5%

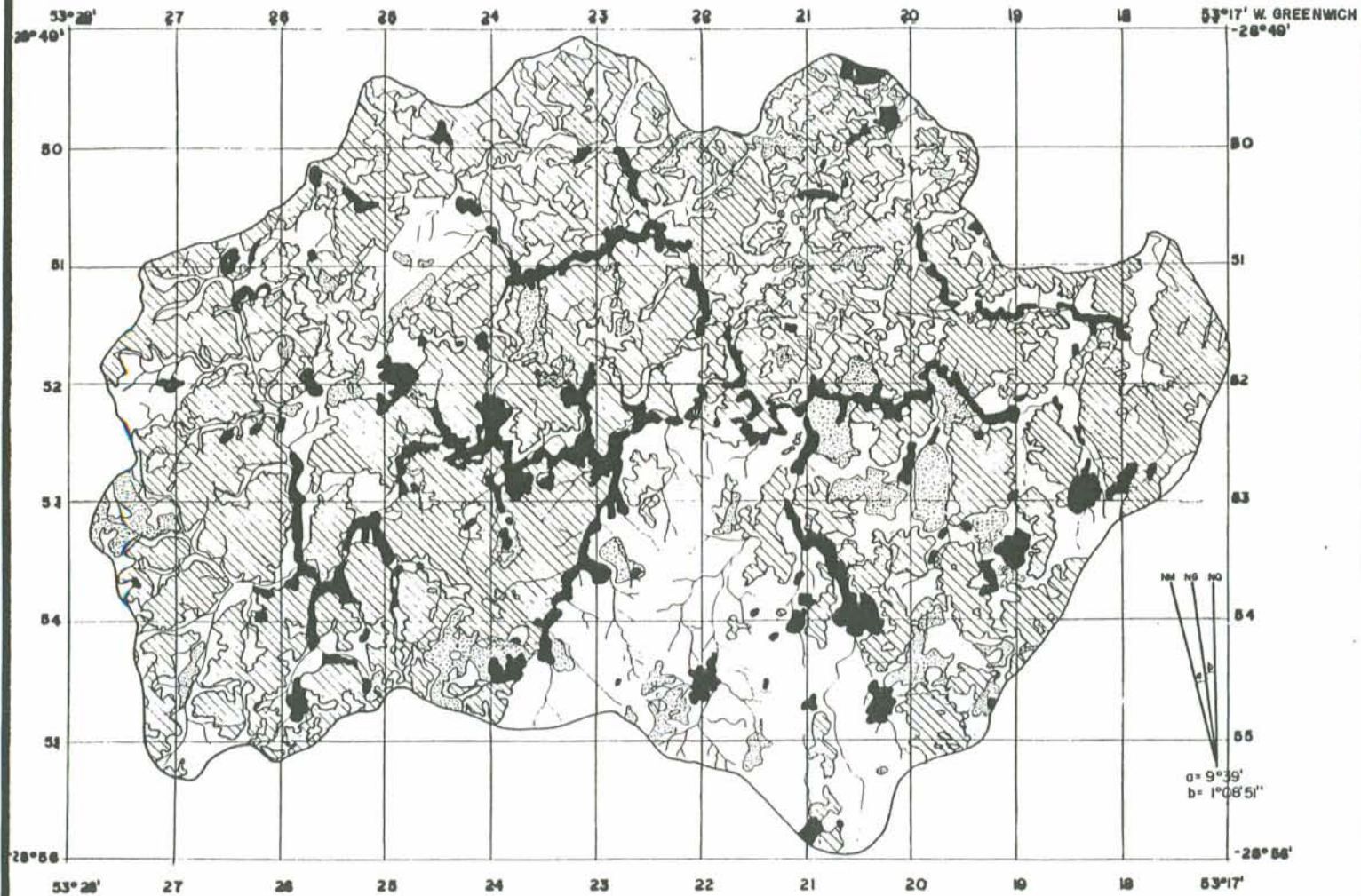


APÊNDICE II

O USO EFETIVO DA TERRA NA

BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SANTO IZIDRO

(em fevereiro de 1992)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

- U F R G S -

Centro Estadual de Pesquisa em
Sensoriamento Remoto e Meteorologia

- C E P S R M -

Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto

- C P G S R -

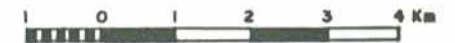
APÊNDICE II

MAPA DO USO EFETIVO DA TERRA

(em fevereiro de 1992)

Legenda:

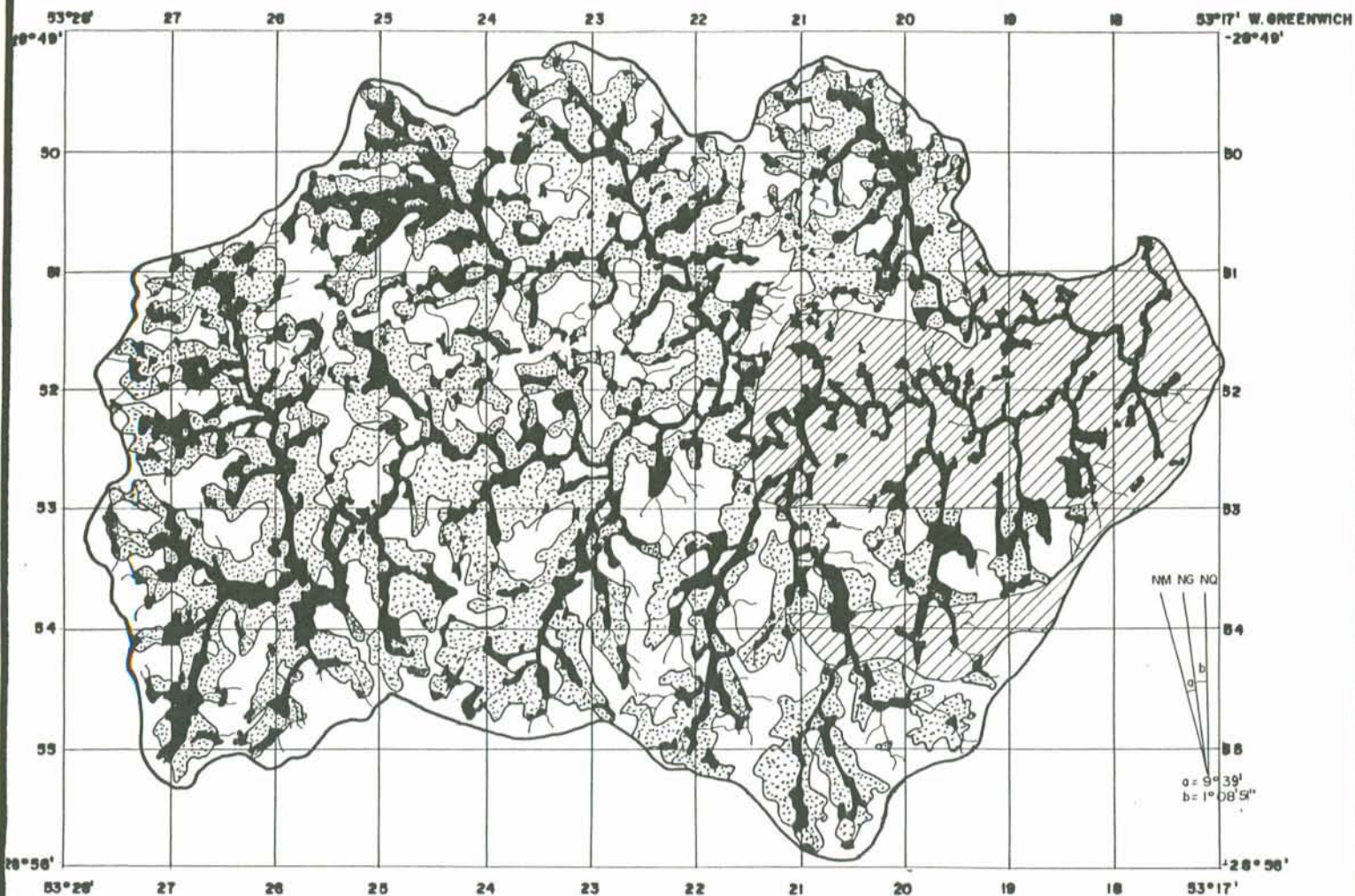
- Floresta (1.152,9 Ha ou 7,95%)
 - Lavoura
 - Solo exposto
 - Campo (5.653,0 Ha ou 39,00%)
- } (7.689,4 Ha ou 53,05%)



APÊNDICE III

O USO PREFERENCIAL DA TERRA

BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SANTO IZIDRO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

- U F R G S -

Centro Estadual de Pesquisa em
Sensoriamento Remoto e Meteorologia

- C E P S R M -





Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto

- C P G S R -

APÊNDICE III

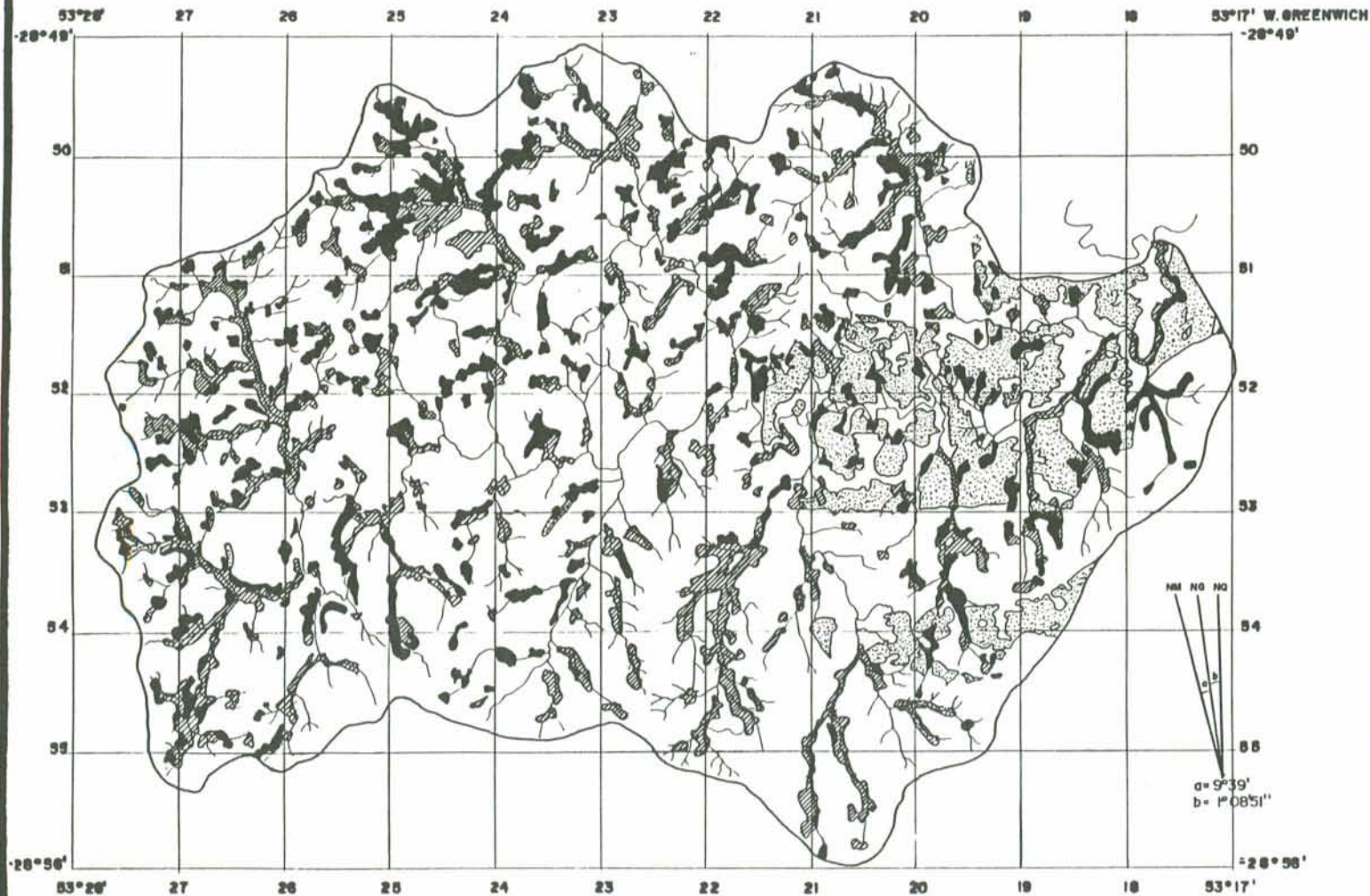
MAPA DO USO PREFERENCIAL DA TERRA

Legenda:

-  - Área preferencial para floresta (3.247,4 Ha ou 22,40%)
 -  - Área preferencial para campo (2.133,6 Ha ou 14,72%)
 -  - Área preferencial para lavoura (limitadas a 30 m dos canais)
 -  - Área preferencial para lavoura (limitadas a 15 m dos canais)
- } (9.114,4 Ha ou 62,88%)

APÊNDICE IV

OS IMPACTOS AMBIENTAIS NA
BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO SANTO IZIDRO



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

- U F R G S -

Centro Estadual de Pesquisa em
Sensoriamento Remoto e Meteorologia

- C E P S R M -

Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto

- C P G S R -

APÊNDICE IV

MAPA DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Legenda:

-  - Alto risco (1.411,8 Ha ou 9,74%)
-  - Médio risco (1.536,6 Ha ou 10,6%)
-  - Baixo risco (1.168,9 Ha ou 8,06%)
-  - Risco inexistente (10.377,9 Ha ou 71,6%)



APÊNDICE V

Análise morfométrica da bacia hidrográfica do arroio Santo Izidro (BHSI)

Sistema analisado: Sistema maior - BHSI
 Ordem máxima da bacia (O máx): 5
 Magnitude (MG): 461
 Comprimento da bacia (Lb): 17.200 m
 Perímetro da bacia (Pb): 59.319,95 m

ANÁLISE LINEAR

Tabela V.1- Dados lineares medidos, referentes à BHSI

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	461	203.116	440,6	164.865	357,62
2	133	91.698	689,5	84.999	639,09
3	30	42.659	1.422,0	39.382	1.312,73
4	5	22.240	4.408,0	17.284	3.456,80
5	1	23.374	23.374,0	13.978	13.978,00
TOTAL	630	382.887	607,8	320.508	508,74
CP	-	29.406	29.406,0	15.283	15.283,00

Tabela V.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à BHSI

O	Rb	RLm	Rlm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,23
	3,50	1,56	0,64	0,45	0,18	1,79	
2	-	-	-	-	-	-	1,08
	4,40	2,06	0,43	0,47	0,11	2,05	
3	-	-	-	-	-	-	1,08
	6,00	3,10	0,32	0,52	0,05	2,63	
4	-	-	-	-	-	-	1,28
	5,00	5,30	0,19	1,06	0,04	4,04	
5	-	-	-	-	-	-	1,67
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,19
CP	-	-	-	-	-	-	1,92
MP	3,82	233,62	41,57	61,61	10,89	137,11	-

ANÁLISE AREAL

Tabela V.3- Índices areais da BHSI

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
14.495,3105	0,62	1,27	1,43	0,0318	0,0433	2,6415	378,58	2,54

Tabela V.4- Relações de área da BHSI

O	NSB	At(Ha)	Ã(Ha)	Ra
1	461	3.439,4749	7,4609	-
-	-	-	-	7,03
2	133	6.972,4150	52,4242	-
-	-	-	-	5,49
3	30	8.631,8580	287,7286	-
-	-	-	-	5,95
4	5	8.553,2213	1.710,6443	-
-	-	-	-	8,47
5	1	14.495,3105	14.495,3105	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela V.5- Índices hipsométricos da BHSI

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc (m/m)	Gc(%)
0,5684	0,5059	22,77	104,9	0,00871	0,27709	0,003363267	0,43

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

Tabela V.6- Índices topográficos médios da BHSI

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
4,9	189,29	0,07242	9,2	13,709

APÊNDICE VI

Análise morfométrica da sub bacia "A" (SBA)

Sistema analisado: Sua bacia "A" (SBA)

Ordem máxima da bacia: 4

Magnitude: 51

Comprimento da bacia (Lb): 6.200m

Perímetro da bacia (Pb): 16.998,58 m

ANÁLISE LINEAR

Tabela VI.1- Dados lineares medidos, referentes à SBA

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	51	20.242	396,9	17.806	349,14
2	17	8.187	481,1	7.946	467,61
3	4	2.842	710,5	2.523	630,75
4	1	6.380	6.380,0	4.814	4.814,00
TOTAL	73	37.642	515,6	33.089	459,57
CP	-	8.120	8.120,0	5.220	5.220,00

Tabela VI.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBA

O	Rb	RLm	RIm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,14
	3,0	1,2	0,82	0,40	0,27	1,34	
2	-	-	-	-	-	-	1,03
	4,2	1,5	0,68	0,36	0,16	1,35	
3	-	-	-	-	-	-	1,13
	4,0	9,0	0,11	2,25	0,03	7,63	
4	-	-	-	-	-	-	1,33
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,14
CP	-	-	-	-	-	-	1,56
MP	3,3	115,3	13,79	34,94	4,18	88,00	

ANÁLISE AREAL

Tabela VI.3- Índices areais da SBA

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
1.468,7872	0,64	1,25	1,62	0,0347	0,0490	2,5312	359,07	2,3

Tabela VI.4- Relações de área da SBA

O	NSB	At(Ha)	Ā(Ha)	Ra
1	51	346,1931	6,7881	-
-	-	-	-	5,61
2	17	646,8539	38,0502	-
-	-	-	-	3,28
3	4	499,8283	124,9571	-
-	-	-	-	11,75
4	1	1.468,7872	1.468,7872	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela VI.5- Índices hipsométricos da SBA

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,5018	0,3513	8,78	86	0,02244	0,21768	0,007933	1,01

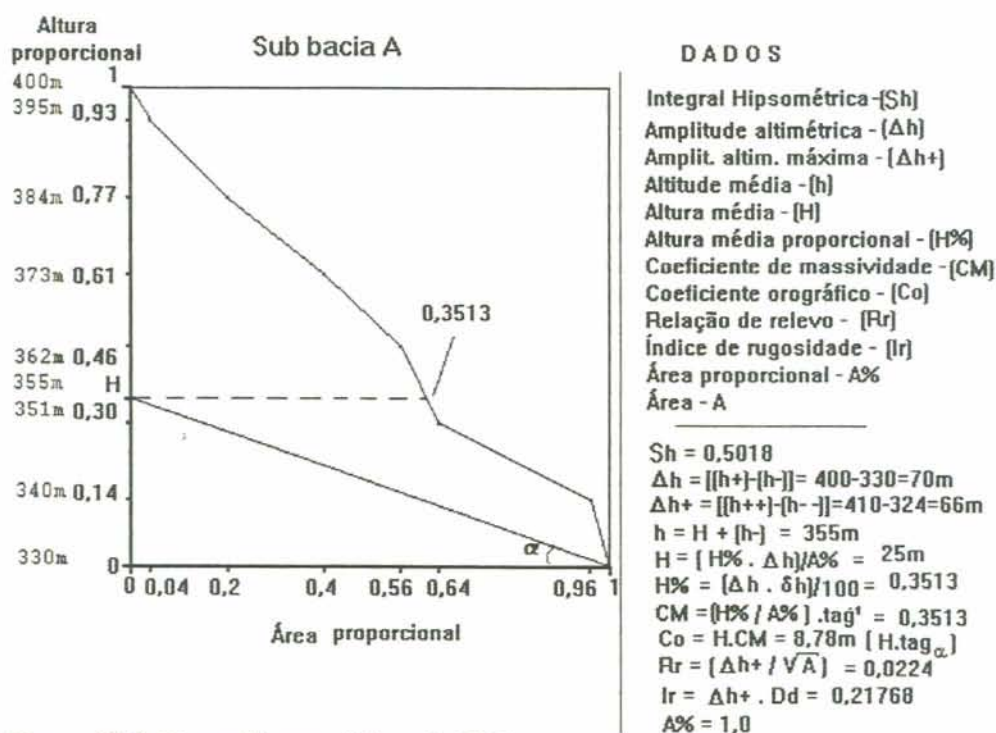


Figura VI.1- Curva hipsométrica da SBA
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

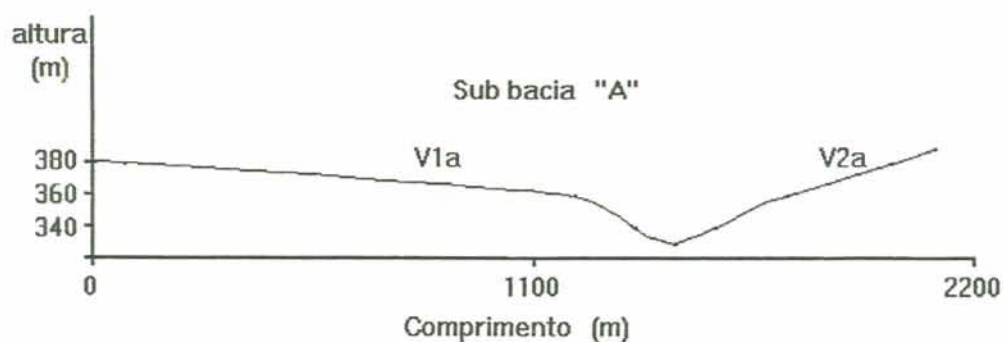
Tabela VI.6- Índices topográficos médios da SBA

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
4,7	197,53	0,07149	9,09	14,121

2º Grupo:(índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela VI.7- Índices topográficos das vertentes da SBA

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕp (%)	$\phi \lambda$ (%)	ID	IR
V1A	451	1450	1450,9	1452,0	4,48	4,47	16,88	0,137845475	1,00075815
V2A	59	650	652,7	652,8	11,53	14,09	14,09	0,612838976	1,00015321



Escala vertical aproximada: 1:4.450 (1cm = 44,5m)
 Escala horizontal aproximada: 1:18.800 (1cm = 188 m)
 Exagero vertical: 4,2 vezes

Figura VI.2- Perfil topográfico transversal SBA
 (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE VII

Análise morfométrica da sub bacia "B" (SBB)

Sistema analisado: Sub bacia "B" (SBB)

Ordem máxima da bacia : 4

Magnitude: 102

Comprimento da bacia (Lb): 7.400m

Perímetro da bacia (Pb): 23.514,7246m

ANÁLISE LINEAR

Tabela VII.1- dados lineares medidos, referentes à SBB

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	102	40.489	396,9	32.234	352,82
2	27	20.358	754,0	18.792	696,00
3	7	10.092	1.441,7	9.106	1.300,86
4	1	7.540	7.540,0	5.162	5.162,00
TOTAL	137	78.474	572,8	65.294	476,60
CP	-	10.324	10.324,0	7.366	7.366,00

Tabela VII.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBB

O	Rb	RLm	Rlm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,22
	3,8	1,9	0,53	0,50	0,14	2,1	
2	-	-	-	-	-	-	1,08
	3,9	1,9	0,52	0,49	0,13	1,9	
3	-	-	-	-	-	-	1,11
	7,0	5,2	0,19	0,74	0,03	4,0	
4	-	-	-	-	-	-	1,46
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,20
CP	-	-	-	-	-	-	1,40
MP	4,0	76,4	14,70	19,1	3,68	52,3	

ANÁLISE AREAL

Tabela VII.3- Índices areais da SBB

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
2.825,8384	0,64	1,25	1,39	0,0361	0,0485	2,7770	360,1	2,9

Tabela VII.4- Relações de área da SBB

O	NSB	At(Ha)	Ā(Ha)	Ra
1	102	555,7614	5,4486	-
-	-	-	-	9,44
2	27	1.389,3800	51,4585	-
-	-	-	-	5,24
3	7	1.885,9046	269,4149	-
-	-	-	-	10,49
4	1	2.825,8384	2.825,8384	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela VII.5- Índices hipsométricos da SBB

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,4938	0,3457	8,3	90	0,01693	0,24993	0,006599	0,84

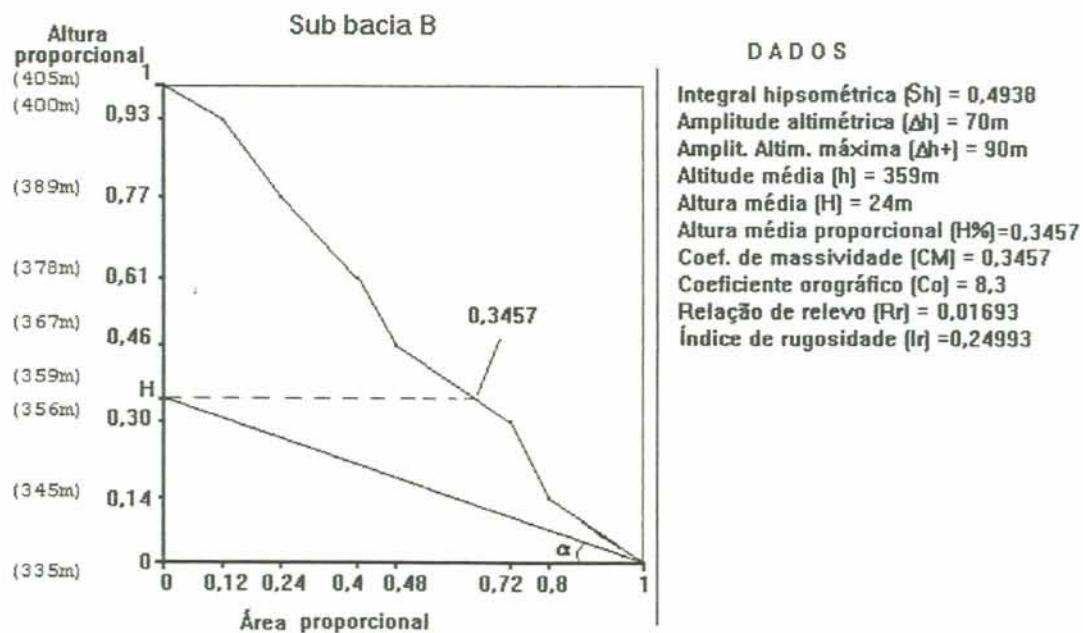


Figura VII.1- Curva hipsométrica da SBB
 (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

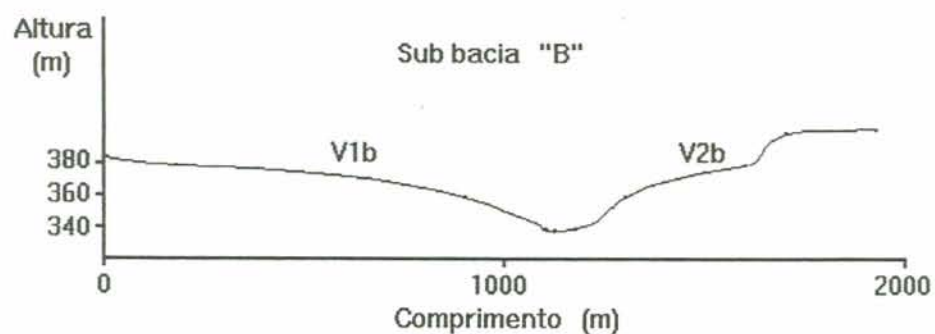
Tabela VII.6- Índices topográficos médios da SBB

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
5,2	180,05	0,10227	12,98	18,414

2º Grupo: (índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela VII.7- Índices topográficos das vertentes da SBB

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕ_p (%)	ϕ_λ (%)	ID	IR
V1B	46	1125	1125,9	1126,4	5,20	5,20	12,69	0,266453503	1,000444089
V2B	63	800	802,5	804,3	10,01	9,95	25,13	0,747384155	1,006726457



Escala vertical aproximada : 1:14.450 (1cm = 44,5m)
 Escala horizontal aproximada: 1:18.800 (1cm = 188 m)
 Exagero vertical : 4,2 vezes

Figura VII.2- Perfil topográfico transversal da SBB

(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE VIII

Análise morfométrica da sub bacia "C" (SBC)

Sistema analisado: Sub bacia "C" (SBC)
 Ordem máxima da bacia: 4
 Magnitude: 63
 Comprimento da bacia (Lb): 5.660m
 Perímetro da bacia (Pb): 14.924,1426m

ANÁLISE LINEAR

Tabela VIII.1- Dados lineares medidos referentes à SBC

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	63	24.708	392,2	16.530	262,38
2	18	11.368	631,6	10.092	560,67
3	5	5.220	1.044,0	4.698	939,60
4	1	3.480	3.480,0	3.364	3.364,00
TOTAL	87	44.776	514,7	34.684	398,67
CP	-	6.264	6.264,0	5.162	5.162,00

Tabela VIII.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBC

O	Rb	RLm	RIm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,49
-	3,5	1,6	0,62	0,46	0,18	2,1	-
2	-	-	-	-	-	-	1,13
-	3,6	1,7	0,60	0,47	0,17	1,8	-
3	-	-	-	-	-	-	1,11
-	5,0	3,3	0,30	0,66	0,06	3,6	-
4	-	-	-	-	-	-	1,03
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,29
CP	-	-	-	-	-	-	1,21
MP	3,6	28,5	8,58	7,92	2,38	38,2	-

ANÁLISE AREAL

Tabela VIII.3- Índices areais da SBC

A (Ha)	Ic	If	IC	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
1.316,5232	0,74	1,16	1,54	0,0479	0,0661	3,3967	294,42	2,61

Tabela VIII.4- Relações de área da SBC

O	NSB	At(Ha)	Ā(Ha)	Ra
1	63	307,0910	4,87	-
-	-	-	-	7,08
2	18	621,4525	34,53	-
-	-	-	-	6,07
3	5	1.047,1842	209,44	-
-	-	-	-	6,29
4	1	1.316,5232	1.316,52	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela VIII.5- Índices hipsométricos da SBC

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,6616	0,4367	12,66	68	0,01874	0,23098	0,011866	1,51

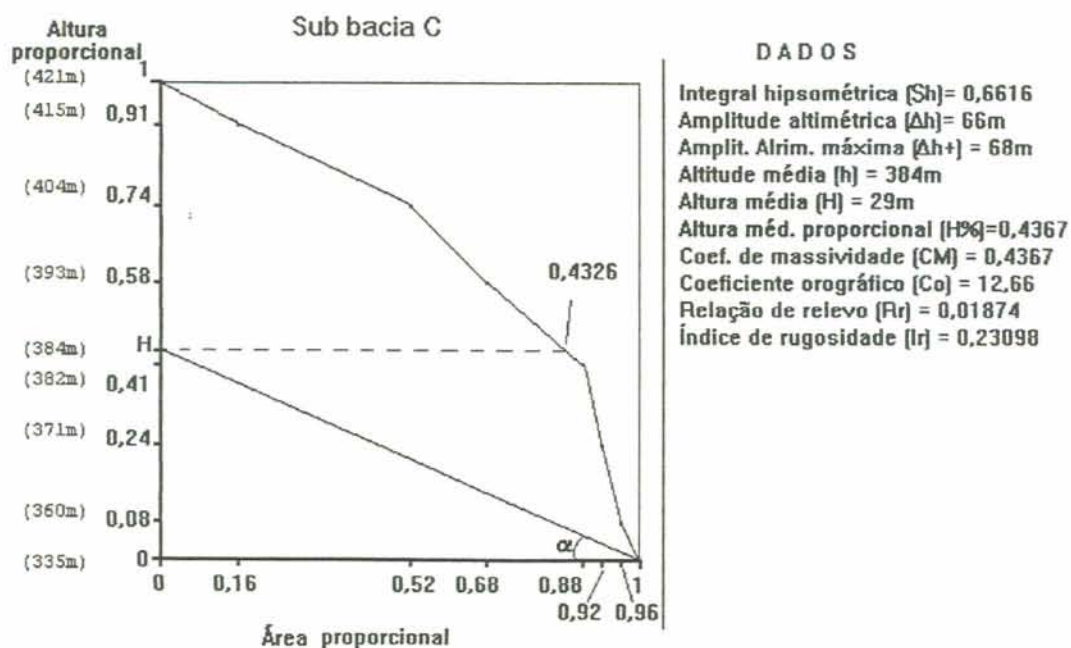


Figura VIII.1- Curva hipsométrica da SBC
 (organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

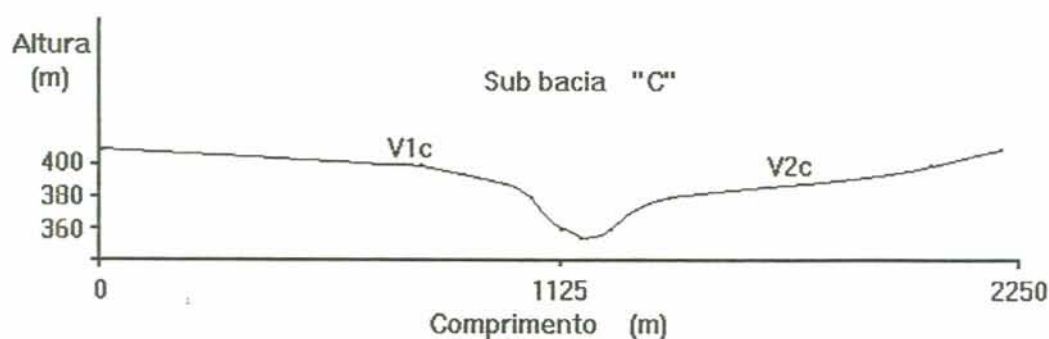
Tabela VIII.6- Índices topográficos médios da SBC

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
6,5	147,20	0,07839	9,96	11,539

2º Grupo: (índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela VIII.7- índices topográficos das vertentes da SBC

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕ_p (%)	ϕ_λ (%)	ID	IR
V1C	55	1.200	1.201,3	1.203,6	5,83	5,80	33,18	0,166486306	1,001914543
V2C	55	1.055	1.051,4	1.052,1	6,66	6,71	16,88	0,475556401	1,000665772



Escala vertical aproximada: 1:4.450 (1cm = 44,5m)

Escala horizontal aproximada: 1:18.500 (1cm = 188 m)

Exagero vertical: 4,2 vezes

Figura VIII.2- Perfil topográfico transversal da SBC
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE IX

Análise morfométrica da sub bacia "D" (SBD)

Sistema analisado: Sub bacia "D" (SBD)
 Ordem máxima da bacia: 4
 Magnitude: 30
 Comprimento da bacia(Lb): 3.775m
 Perímetro da bacia (Pb): 12.467,6387m

ANÁLISE LINEAR

Tabela IX.1- Dados lineares medidos, referentes à SBD

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	30	11.774	392,5	9.744	324,80
2	11	5.452	495,6	5.336	485,09
3	2	4.060	2.030,0	3.770	1.885,00
4	1	1.160	1.160,0	986	986,00
TOTAL	44	22.446	510,1	19.836	450,82
CP	-	4.350	4.350,0	3.712	3.712,00

Tabela IX.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBD

O	Rb	RLm	Rlm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,21
-	2,7	1,3	0,79	0,48	0,29	1,5	-
2	-	-	-	-	-	-	1,02
-	5,5	4,1	0,24	0,75	0,04	3,9	-
3	-	-	-	-	-	-	1,08
-	2,0	0,6	1,75	0,30	0,88	0,5	-
4	-	-	-	-	-	-	1,18
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,13
CP	-	-	-	-	-	-	1,18
MP	3,3	19,7	10,1	5,97	3,06	19,74	-

ANÁLISE AREAL

Tabela IX.3- Índices areais da SBD

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
851,6628	0,69	1,21	1,29	0,0352	0,0517	2,6356	379,43	2,71

Tabela IX.4- Relações de área da SBD

O	NSB	At(Ha)	Ā(Ha)	Ra
1	30	188,5827	6,2861	-
-	-	-	-	6,14
2	11	424,4030	38,5821	-
-	-	-	-	9,64
3	2	743,6276	371,8138	-
-	-	-	-	2,29
4	1	851,6628	851,6628	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela IX.5- Índices hipsométricos da SBD

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,7210	0,4326	11,25	66	0,02262	0,17395	0,013841	1,76

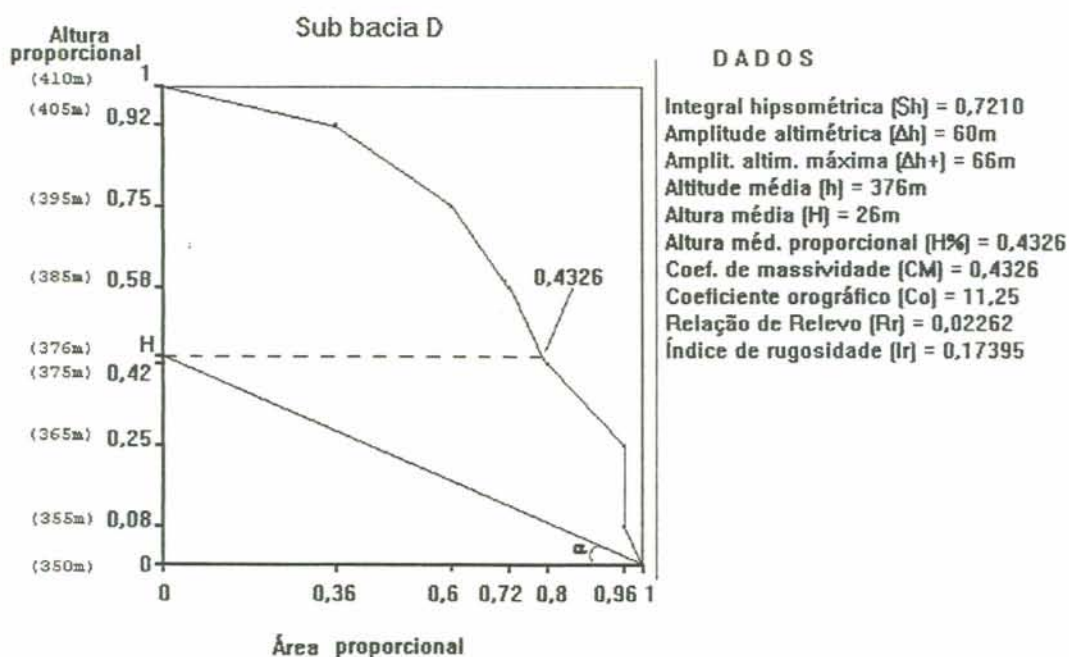


Figura IX.1- Curva hipsométrica da SBD
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices médios)

Tabela IX.6- Índices topográficos médios da SBD

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
4,9	189,71	0,07984	10,14	15,147

2º Grupo (índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela IX.7- Índices topográficos das vertentes da SBD

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕ_p (%)	ϕ_λ (%)	ID	IR
V1D	55	1.325	1.326,14	1.326,15	5,282	5,283	5,66	0,301636377	1,000006384
V2D	55	800	801,90	802,40	8,740	8,730	14,49	0,249407656	1,000623519

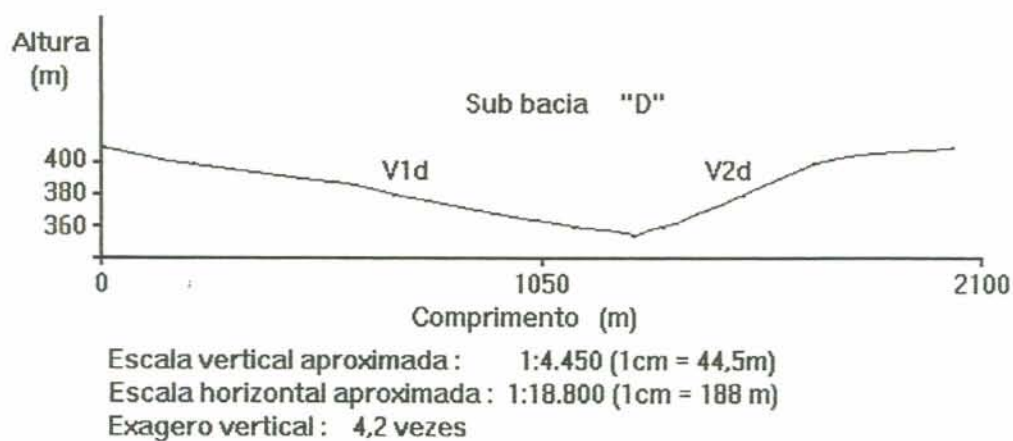


Figura IX.2- Perfil topográfico transversal da SBD
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE X

Análise morfométrica da sub bacia "E" (SBE)

Sistema analisado: Sub bacia "E" (SBE)
 Ordem máxima da bacia: 3
 Magnitude: 11
 Comprimento da bacia (Lb): 3.075m
 Perímetro da bacia (Pb): 7.717,8984m

ANÁLISE LINEAR

Tabela X.1- Dados lineares medidos, referentes à SBE

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	11	5.394	490,4	4.408	400,73
2	4	2.378	594,5	2.146	536,50
3	1	1.798	1.798,0	1.682	1.682,00
TOTAL	16	9.570	598,1	8.236	514,75
CP	-	2.958	2.958,0	2.726	2.726,00

Tabela X.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBE

O	Rb	RLm	Rlm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,22
-	2,8	1,2	0,82	0,43	0,29	1,3	-
2	-	-	-	-	-	-	1,11
-	4,0	3,0	0,33	0,75	0,08	3,1	-
3	-	-	-	-	-	-	1,07
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,16
CP	-	-	-	-	-	-	1,09
MP	3,0	11,03	4,01	3,68	0,36	12,3	-

ANÁLISE AREAL

Tabela X.3- Índices areais da SBE

A (Ha)	Ic	If	IC	Dr(r/Ha)	Fs(s/Ha)	Dd(Km/Mm ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
369,2736	0,78	1,13	1,60	0,0298	0,0433	2,5916	385,87	2,39

Tabela X.4- Relações de área da SBE

O	NSB	At(Ha)	Ā(Ha)	Ra
1	11	120,3530	10,94	-
-	-	-	-	5,18
2	4	226,9188	56,73	-
-	-	-	-	6,51
3	1	369,2736	369,27	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela X.5- Índices hipsométricos da SBE

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,6085	0,3712	9,65	61	0,03174	0,15809	0,020339	2,59

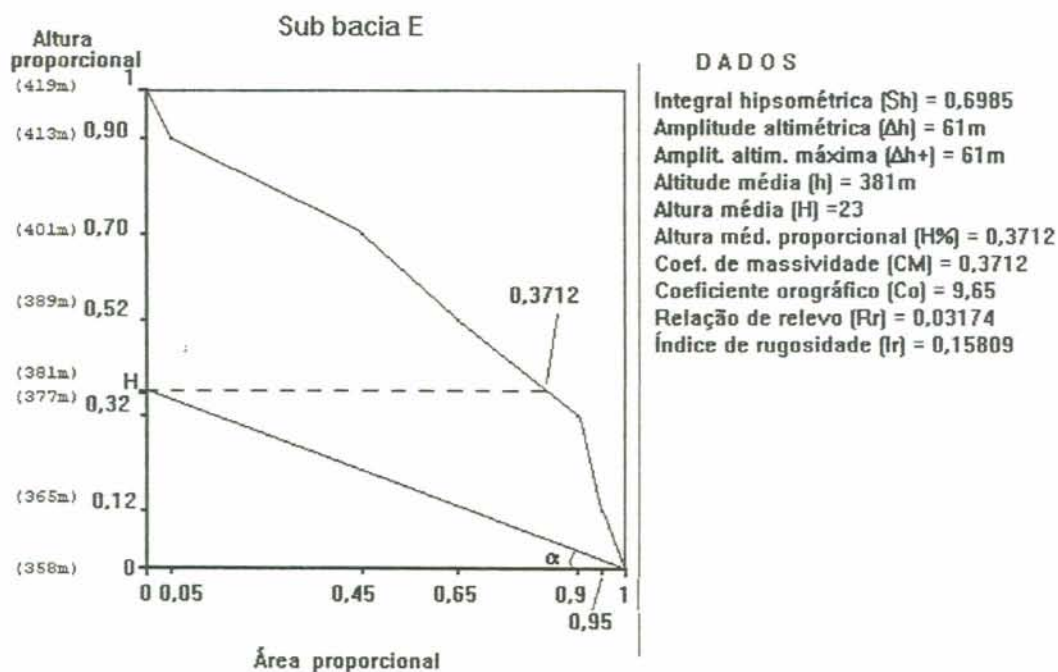


Figura X.1- Curva hipsométrica da SBE
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

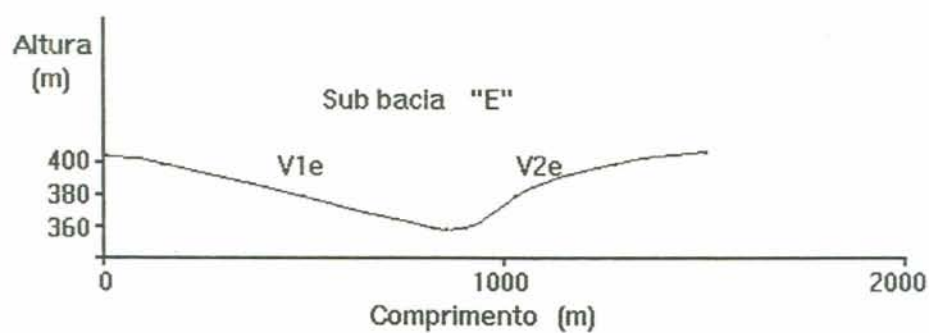
Tabela X.6- Índices topográficos médios da SBE

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
4,8	192,93	0,06933	8,81	13,375

2º Grupo: (índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela X.7- Índices topográficos das vertentes da SBE

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕ_p (%)	ϕ_λ (%)	ID	IR
V1E	46	850	851,2	851,3	6,88	6,88	7,83	0,234962406	1,000117481
V2E	48	650	651,8	652,5	9,39	9,36	20,20	0,306842589	1,001073949



Escala vertical aproximada : 1:4.450 (1cm = 44,5m)

Escala horizontal aproximada : 1:18.800 (1cm = 188 m)

Exagero vertical : 4,2 vezes

Figura X.2- Perfil topográfico transversal da SBE
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE XI

Análise morfométrica da sub bacia "F" (SBF)

Sistema analisado: Sub bacia "F" (SBF)
 Ordem máxima da bacia: 3
 Magnitude: 25
 Comprimento da bacia: 4.725m
 Perímetro da bacia: 13.093,0439m

ANÁLISE LINEAR

Tabela XI.1- Dados lineares medidos, referentes à SBF

O	NS	Lu(M)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	25	13.224	529,0	11.426	457,04
2	6	6.090	1.015,0	5.742	957,00
3	1	2.784	2.784,0	2.668	2.668,00
TOTAL	32	22.098	690,6	19.836	619,88
CP	-	4.930	4.930,0	4.234	4.234,00

Tabela XI.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBF

O	Rb	RLm	Rlm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,16
-	4,2	1,9	0,52	0,45	0,12	2,1	-
2	-	-	-	-	-	-	1,06
-	6,0	2,7	0,32	0,45	0,06	2,8	-
3	-	-	-	-	-	-	1,04
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,11
CP	-	-	-	-	-	-	1,16
MP	4,4	14,44	4,60	3,28	1,05	16,03	-

ANÁLISE AREAL

Tabela XI.3- Índices areais da SBF

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
939,7712	0,69	1,20	1,54	0,0226	0,0341	2,2774	439,10	2,30

Tabela XI.4- Relações de área da SBF

O	NSB	At(Ha)	Ã(Ha)	Ra
---	-----	--------	-------	----

1	25	407,9140	16,3166	-
-	-	-	-	6,68
2	6	654,1382	109,0230	-
-	-	-	-	8,62
3	1	939,7712	939,7712	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela XI.5- Índices hipsométricos da SBF

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,5130	0,38475	11,10	80	0,02610	0,18219	0,012367	1,57

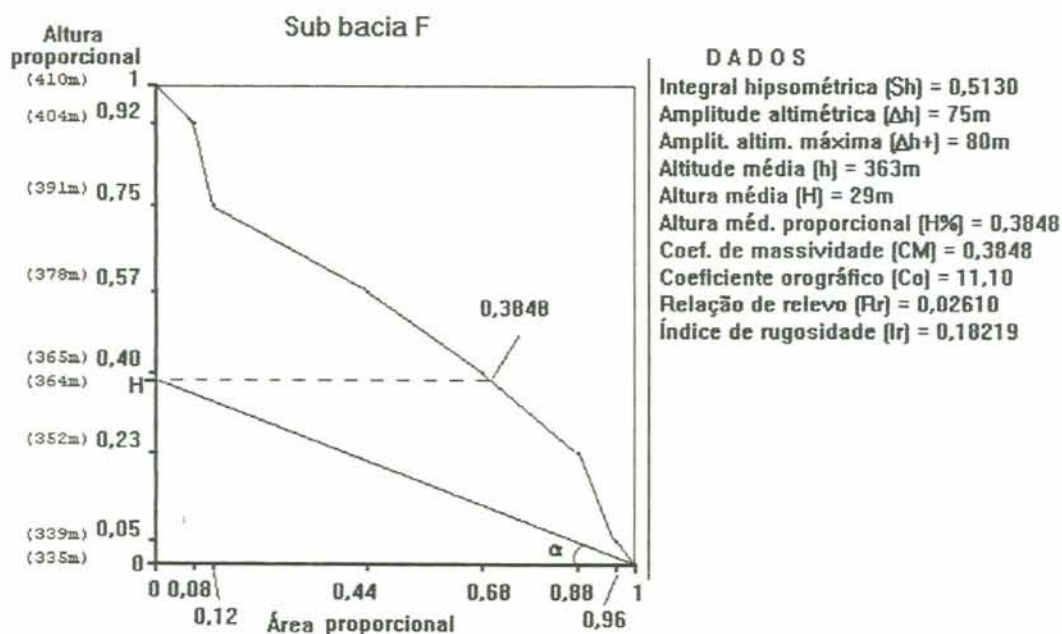


Figura XI.1- Curva hipsométrica da SBF
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices médios)

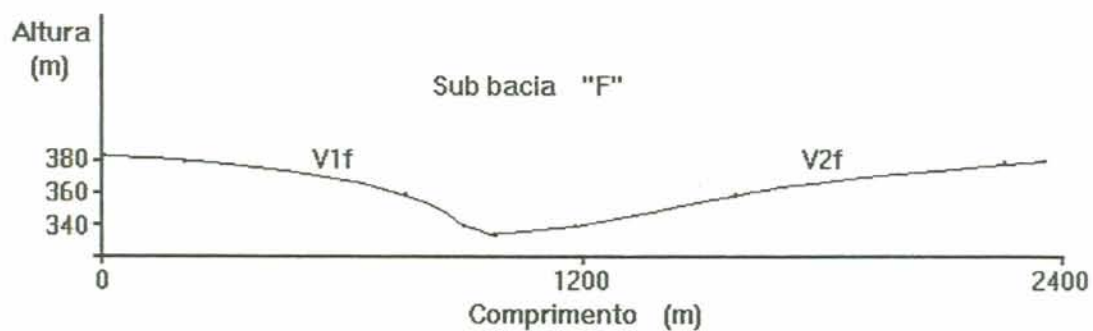
Tabela XI.6- Índices topográficos médios da SBF

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
4,2	219,55	0,07470	9,49	16,400

2º Grupo: (índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela XI.7- Índices topográficos das vertentes da SBF

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕp (%)	$\phi \lambda$ (%)	ID	IR
V1F	49	975	976,2	976,9	6,39	6,38	16,89	0,204876050	1,000717066
V2F	46	1.375	1.375,8	1,375,9	4,26	4,34	6,36	0,145369966	1,000072685



Escala vertical aproximada: 1:4.450 (1cm = 44,5m)
 Escala horizontal aproximada: 1:18.800 (1cm = 188 m)
 Exagero vertical: 4,2 vezes

Figura XI.2- Perfil topográfico transversal da SBF
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE XII

Análise morfométrica da sub bacia "G" (SBG)

Sistema analisado: Sub bacia "G" (SBG)

Ordem máxima: 4

Magnitude: 63

Comprimento da bacia (Lb): 6.750m

Perímetro da bacia (Pb): 19.359,3965m

ANÁLISE LINEAR

Tabela XII.1- Dados lineares medidos, referentes à SBG

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	63	30.334	481,3	25.926	411,52
2	18	10.440	580,0	9.106	505,89
3	3	8.178	2.726,0	7.250	2.416,67
4	1	3.480	3.480,0	2.958	2.958,00
TOTAL	85	52.452	616,8	45.240	530,24
CP	-	6.264	6.264,0	5.684	5.684,00

Tabela XII.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBG

O	Rb	RLm	RIm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,17
-	3,5	1,2	0,38	0,34	0,24	1,3	-
2	-	-	-	-	-	-	1,15
-	6,0	4,7	0,21	0,78	0,04	4,8	-
3	-	-	-	-	-	-	1,13
-	3,0	1,3	0,78	0,43	0,26	1,2	-
4	-	-	-	-	-	-	1,18
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,16
CP	-	-	-	-	-	-	1,10
MP	4,0	30,02	9,93	7,51	2,48	30,5	-

ANÁLISE AREAL

Tabela XII.3- Índices areais da SBG

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
2.037,1992	0,68	1,21	1,50	0,0309	0,0417	2,5737	388,54	2,36

Tabela XII.4- Relações de área da SBG

O	NSB	At(Ha)	Ã(Ha)	Ra
1	63	619,5892	9,8347	-
-	-	-	-	5,17
2	18	916,0298	50,8905	-
-	-	-	-	10,74
3	3	1.639,1201	546,3734	-
-	-	-	-	3,73
4	1	2.073,1992	2.037,1992	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela XII.5- Índices hipsométricos da SBG

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,4852	0,3251	7,08	83	0,01839	0,21362	0,008754	1,11

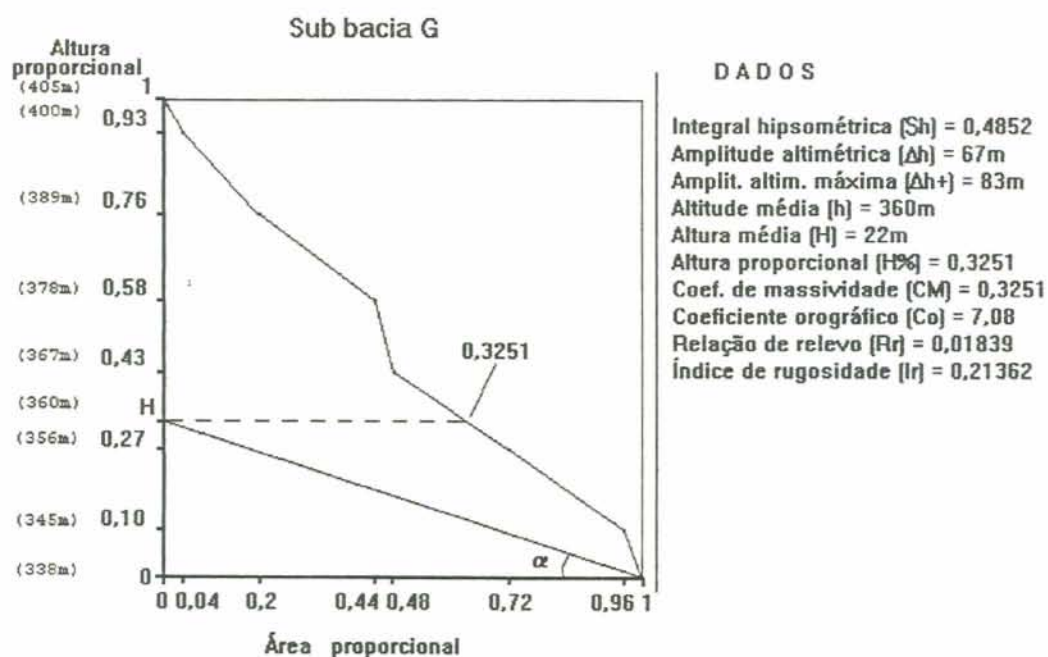


Figura XII.1- Curva hipsométrica da SBG
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

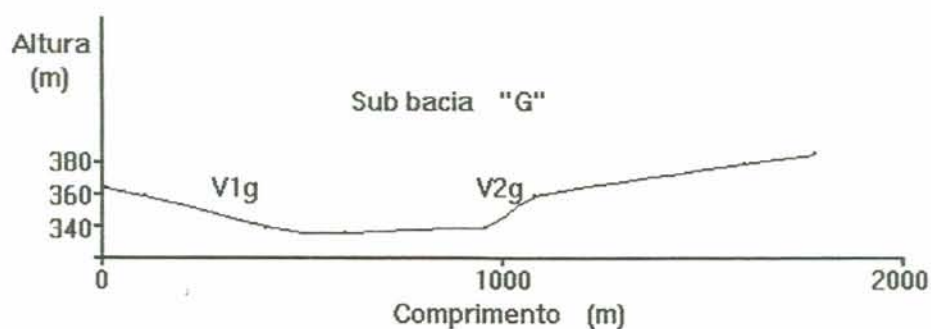
Tabela XII.6- Índices topográficos médios da SBG

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
4,8	194,27	0,06264	7,97	12,168

2º Grupo: (índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela XII.7- Índices topográficos das vertentes da SBG

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕ_p (%)	ϕ_λ (%)	ID	IR
V1G	28	600	600,7	600,8	5,94	5,93	8,48	0,332944897	1,000166472
V2G	50	1.175	1.176,1	1.177,1	5,41	5,40	20,20	0,340107133	1,000850268



Escala vertical aproximada : 1:4.450 (1cm = 44,5m)

Escala horizontal aproximada : 1:18.800 (1cm = 188 m)

Exagero vertical : 4,2 vezes

Figura XII.2- Perfil topográfico transversal da SBG
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE XIII

Análise morfométrica da sub bacia "H" (SBH)

Sistema analisado: Sub bacia "H" (SBH)

Ordem máxima: 3

Magnitude: 14

Comprimento da bacia (Lb): 4.900m

Perímetro da bacia (Pb): 11.641,9375m

ANÁLISE LINEAR

Tabela XIII.1- Dados lineares medidos. referentes à SBH

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	14	7.540	538,6	6.322	451,57
2	5	3.016	603,2	2.842	568,40
3	1	3.770	3.770,0	3.538	3.538,00
TOTAL	20	14.326	716,3	12.702	635,10
CP	-	4.466	4.466,0	4.234	4.234,00

Tabela XIII.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBH

O	Rb	RLm	Rlm	RLb	Rlm	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,19
-	2,8	1,1	0,89	0,39	0,89	1,3	-
2	-	-	-	-	-	-	1,06
-	5,0	6,3	0,16	1,26	0,03	6,2	-
3	-	-	-	-	-	-	1,07
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,13
CP	-	-	-	-	-	-	1,05
MP	3,3	34,84	6,07	10,56	1,84	36,4	-

ANÁLISE AREAL

Tabela XIII.3- Índices areais da SBH

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
663,3952	0,62	1,28	1,90	0,0211	0,0301	2,0721	482,61	2,41

Tabela XIII.4- Relações de área da SBH

O	NSB	At(Ha)	Ā(Ha)	Ra
1	14	193,6164	17,6015	-
-	-	-	-	4,87
2	5	336,7726	67,3545	-
-	-	-	-	9,85
3	1	663,3952	663,3952	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela XIII.5- Índices hipsométricos da SBH

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,6100	0,2928	4,10	80	0,03106	0,16577	0,011457	1,46

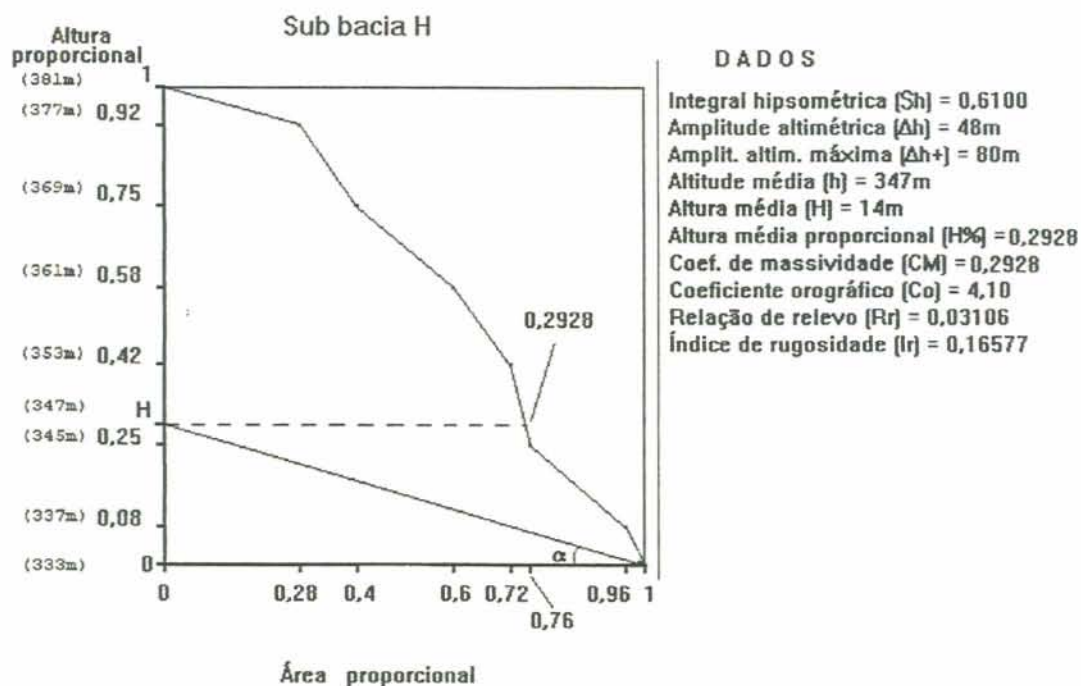


Figura XIII.1- Curva hipsométrica da SBH
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

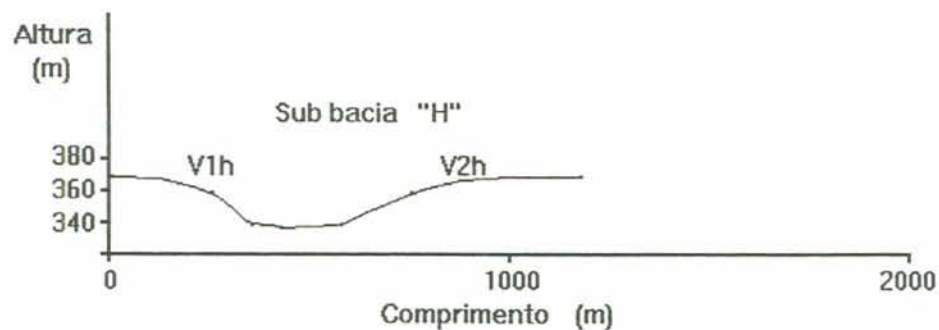
Tabela XIII.6- Índices topográficos médios da SBH

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
3,7	241,30	0,07838	9,96	18,914

2º Grupo: (índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela XIII.7- Índices topográficos das vertentes da SBH

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕp (%)	$\phi \lambda$ (%)	ID	ID
V1H	32	425	426,2	427,2	9,57	9,51	25,13	0,469263256	1,002346316
V2H	32	750	750,7	751,3	5,43	5,42	14,49	0,266418009	1,000799254



Escala vertical aproximada: 1:4.450 (1cm = 44,5m)

Escala horizontal aproximada: 1:18.800 (1cm = 188 m)

Exagero vertical: 4,2 vezes

Figura XIII.2- Perfil topográfico transversal da SBH
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE XIV

Análise morfométrica da sub bacia "I" (SBI)

Sistema analisado: Sub bacia "I" (SBI)
 Ordem máxima da Bacia: 3
 Magnitude: 10
 Comprimento da bacia (Lb): 3.150m
 Perímetro da bacia: 8.182,4948m

ANÁLISE LINEAR

Tabela XIV.1- Dados lineares medidos, referentes à SBI

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	10	4.350	435,0	3.538	353,80
2	3	2.320	773,3	2.088	696,00
3	1	1.798	1.798,0	1.566	1.566,00
TOTAL	14	8.468	604,9	7.192	513,71
CP	-	2.958	2.958,0	2.726	2.726,00

Tabela XIV.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBI

O	Rb	RLm	RLm	RLb	RLb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,23
-	3,3	1,8	0,56	0,55	0,17	2,0	-
2	-	-	-	-	-	-	1,11
-	3,0	2,3	0,43	0,77	0,14	2,2	-
3	-	-	-	-	-	-	1,15
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,18
CP	-	-	-	-	-	-	1,09
MP	3,1	9,86	7,21	3,18	2,33	10,1	-

ANÁLISE AREAL

Tabela XIV.3- Índices areais da SBI

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
229,6720	0,43	1,52	2,08	0,0435	0,0610	3,6870	271,22	2,50

Tabela XIV.4- Relações de área da SBI

O	NSB	At(Ha)	Ā(Ha)	Ra
1	10	59,8476	5,9848	-
-	-	-	-	6,28
2	3	112,8093	37,6031	-
-	-	-	-	6,11
3	1	229,6720	229,6720	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela XIV.5- Índices hipsométricos da SBI

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,5826	0,3088	4,94	54	0,03563	0,19910	0,017822	2,27

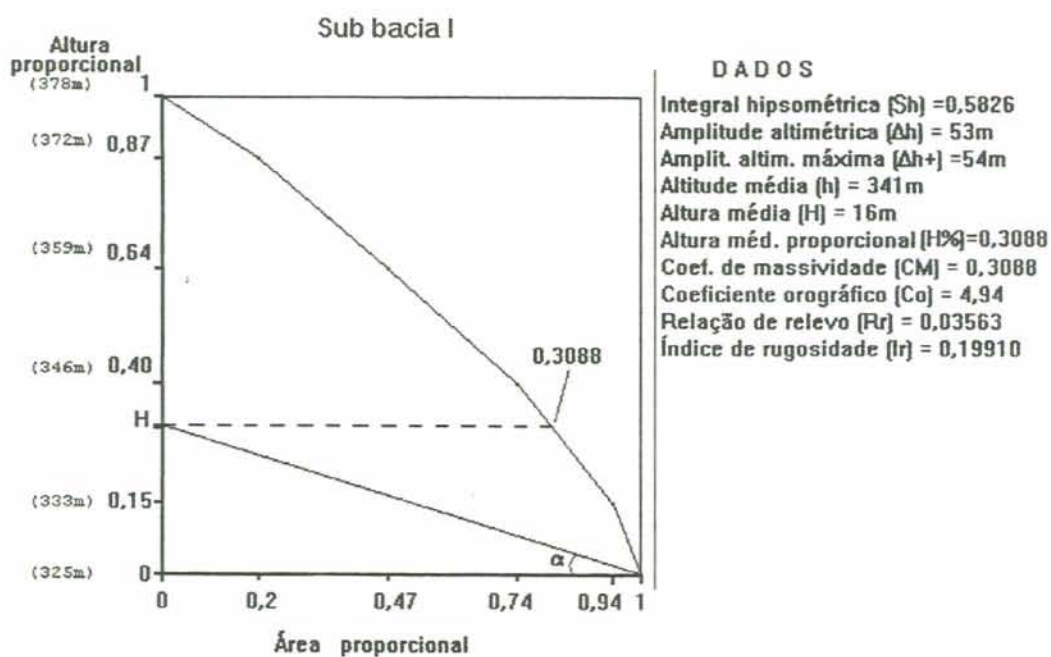


Figura XIV.1- Curva hipsométrica da SBI
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

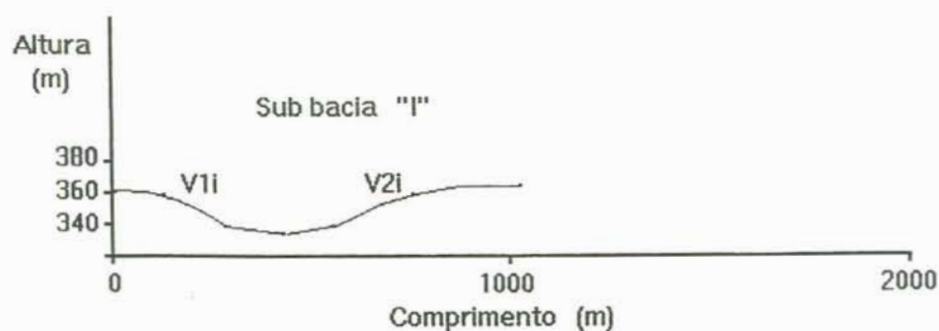
Tabela XIV.6- Índices topográficos médios da SBI

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
7,1	135,61	0,005660	7,20	7,676

2º Grupo: (índices topográficos relativos às vertente amostradas)

Tabela XIV.7- Índices topográficos das vertentes de SBI

V	Hv	Lv	LRv	LSv	ϕ (%)	ϕp (%)	$\phi \lambda$ (%)	ID	IR
V1i	27	425	425,9	426,4	8,08	8,05	16,89	0,469593801	1,001173985
V2i	30	600	600,7	601,1	6,36	6,35	12,69	0,332944897	1,000665890



Escala vertical aproximada: 1:4.450 (1cm = 44,5m)

Escala horizontal aproximada: 1:18.800 (1cm = 188m)

Exagero vertical: 4,2 vezes

Figura XIV.2- Perfil topográfico transversal da SBI
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

APÊNDICE XV

Análise morfométrica da sub bacia "J" (SBJ)

Sistema analisado: Sub bacia "J" (SBJ)

Ordem máxima da Bacia: 4

Magnitude: 8

Comprimento da bacia (Lb): 2.475m

Perímetro da bacia (Pb): 6.975,1772m

ANÁLISE LINEAR

Tabela XV.1- Dados lineares medidos, referentes à SBJ

O	NS	Lu(m)	Lm(m)	evu(m)	Evu(m)
1	8	4.292	536,5	3.828	478,50
2	2	1.624	812,0	1.334	667,00
3	1	464	464,0	348	348,00
TOTAL	11	6.380	580,0	5.510	500,91
CP	-	1.276	1.276,0	1.160	1.160,00

Tabela XV.2- Índices/relações lineares calculados, referentes à SBJ

O	Rb	RLm	Rlm	RLb	Rlb	Rev	RLE
1	-	-	-	-	-	-	1,12
-	4,0	1,5	0,66	0,38	0,17	1,4	-
2	-	-	-	-	-	-	1,22
-	2,0	0,6	1,75	0,30	0,88	0,5	-
3	-	-	-	-	-	-	1,33
TOTAL	-	-	-	-	-	-	1,16
CP	-	-	-	-	-	-	1,10
MP	3,4	3,5	3,86	1,03	1,14	3,2	-

ANÁLISE AREAL

Tabela XV.3- Índices areais da SBJ

A(Ha)	Ic	If	ICo	Dr(r/Ha)	Fs(seg/Ha)	Dd(Km/Km ²)	Cm(Km ² /m)	Rpa
221,0752	0,57	1,32	1,66	0,0362	0,0498	2,8859	346,51	2,36

Tabela XV.4- Relações de área da SBJ

O	NSB	At(Ha)	Ā(Ha)	Ra
1	8	89,7713	11,2214	-
-	-	-	-	7,73
2	2	173,5015	86,7508	-
-	-	-	-	2,55
3	1	221,0752	221,0752	-

ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Tabela XV.5- Índices hipsométricos da SBJ

Sh	CM	Co	Rm(m)	Rr	lr	gc(m/m)	Gc(%)
0,4439	0,17756	1,24	42	0,02825	0,12121	0,017442	2,22

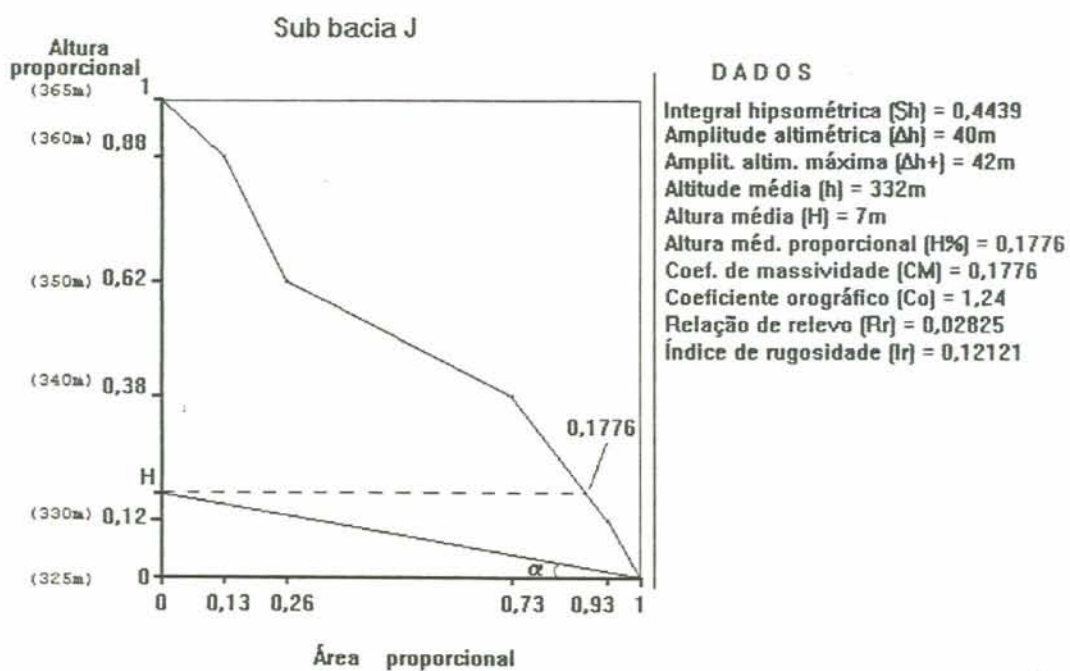


Figura XV.1- Curva hipsométrica da SBJ
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)

ANÁLISE TOPOGRÁFICA

1º Grupo: (índices topográficos médios)

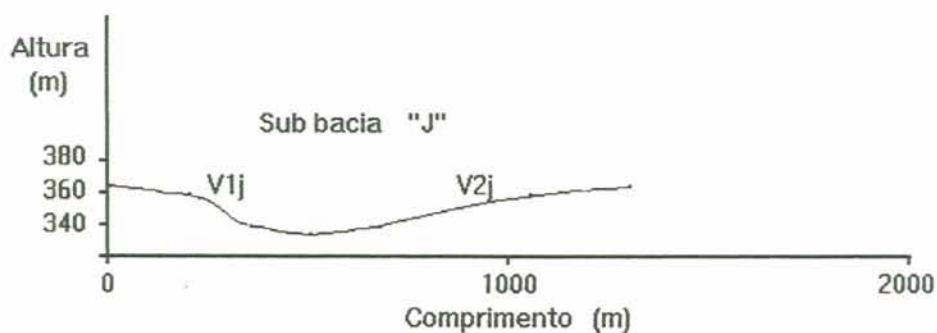
Tabela XV.6- Índices topográficos médios da SBJ

Tt	Eps(m)	gv(m/m)	Gv(%)	Dv(m)
5,4	173,26	0,04251	5,41	7,367

2º Grupo: (índices topográficos relativos às vertentes amostradas)

Tabela XV.7- Índices topográficos das vertentes da SBJ

V	Hv(m)	Lv(m)	LRv(m)	LSv(m)	ϕ (%)	ϕp (%)	$\phi \lambda$ (%)	ID	IR
V1J	30	500	500,9	501,5	7,63	7,61	16,88	0,399281293	1,001197844
V2J	30	800	800,6	800,7	4,77	4,77	6,78	0,249812640	1,000124906



Escala vertical aproximada: 1:4.450 (1cm = 44,5m)

Escala horizontal aproximada: 1:18.800 (1cm = 188 m)

Exagero vertical: 4,2 vezes

Figura XV.2- Perfil topográfico transversal da SBJ
(organizada por Bernardo Sayão Penna e Souza)