

I

1. Classificação <i>INPE-COM.2/NTI</i>	2. Período <i>1975</i>	4. Critério de Distribuição: interna <input checked="" type="checkbox"/> externa <input type="checkbox"/>
3. Palavras Chave (selecionadas pelo autor) <i>Morfometria</i> <i>Redes de Drenagem</i>		
5. Relatório nº <i>INPE-728-NTI/026</i>	6. Data <i>Agosto/1975</i>	7. Revisado por - <i>Celina Foresti</i> <i>Celina Foresti</i>
8. Título e Sub-Título <i>ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS</i> <i>ATRAVÉS DE IMAGENS DO LANDSAT-1</i>		9. Autorizado por - <i>René Antonio Novaes</i> <i>René Antonio Novaes</i> Coordenador Adjunto CRT
10. Setor <i>CRT/GRUGE</i>	Código <i>4.02</i>	11. Nº de cópias <i>10</i>
12. Autoria <i>Evelyn Marcia Leão de Moraes</i>		14. Nº de páginas <i>32</i>
13. Assinatura Responsável <i>Moraes</i>		15. Preço
16. Sumário/Notas <i>Nesse trabalho procurou-se estudar as possibilidades de aplicação de dados extraídos das imagens do LANDSAT-1, em análises quantitativas de redes de drenagem. Partiu-se da hipótese básica de que não haveria diferenças significativas, entre os índices morfométricos calculados a partir de dados extraídos de cartas topográficas na escala 1:100.000 e os mesmos índices calculados a partir de dados extraídos das imagens do LANDSAT-1. Os dados coletados segundo essas diferentes fontes foram submetidos a tratamento estatístico e então pode-se decidir objetivamente sobre a validade da hipótese básica. Ao final do trabalho, pode-se concluir que não há diferenças significativas entre os índices morfométricos calculados a partir de imagens do LANDSAT e os calculados a partir de cartas topográficas na escala 1:100.000.</i>		
17. Observações		

ÍNDICE

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II - METODOLOGIA	5
2.1 - Materiais	5
2.2 - Métodos	7
CAPÍTULO III - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	15
3.1 - Resultados Parciais	15
3.2 - Conclusões Finais	27
3.3 - Sugestões	27
BIBLIOGRAFIA	29

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O objetivo desse trabalho foi verificar se os dados fornecidos pelas Imagens do LANDSAT-1 permitiriam uma estimativa precisa de índices morfométricos de bacias hidrográficas.

Tais índices permitem uma descrição objetiva das características de forma, tamanho e arranjo dos diferentes sistemas hidrográficos, fornecendo dados quantitativos que possibilitam o estabelecimento de correlações com outros sistemas ambientais (Hagget, 1967). Desta forma, através de análises morfométricas é possível a obtenção de uma série de informações úteis sobre os demais sistemas ambientais (climático, tectônico, litológico, edáfico) que condicionam o comportamento da drenagem. Torna-se portanto evidente, que os índices morfométricos têm grande importância para estudos de interpretação de imagens e fotografias aéreas, pois auxiliam no estabelecimento de chaves de interpretação objetivas de outras informações nelas contidas (França, 1968).

Segundo Strahler (1952) há duas categorias de índices morfométricos:

- 1) os que são medidos em escala linear e que permitem a comparação de unidades topográfica e geometricamente semelhantes em função de suas diferenças de tamanho;

- 2) os que produzem números adimensionais, ângulos e razões de medidas de comprimento através dos quais a forma e arranjo das unidades podem ser comparados independentemente da escala.

Nesse trabalho houve a preocupação de verificar a viabilidade da utilização de imagens do LANDSAT-1 para ambos os tipos de índice: os índices de escala linear serviram para testar a confiabilidade das informações quantitativas fornecidas pela imagem em termos de áreas, comprimento de rios, perímetros e medidas derivadas, e os índices adimensionais serviram para testar qual a confiabilidade das informações qualitativas fornecidas pela imagem em termos do grau de integração apresentado pela rede na imagem, o que influi na reprodução fiel das características topológicas das redes tais como, pontos de junção, ângulos de confluência, etc.

Como a maioria dos autores consultados recomenda o uso de escalas de 1:100 000 e maiores, a escala das imagens do LANDSAT-1 (1:1.000.000) poderia apresentar limitação a esse tipo de estudo.

Entretanto, o que se observa pela análise das imagens do LANDSAT-1, é que a rede de drenagem se apresenta muito bem definida podendo ser mapeada com grande quantidade de detalhes. As características multiespectrais das imagens do LANDSAT-1 permitem que a drenagem seja traçada minuciosamente através da resposta espectral dos cursos de água nos diferentes canais.

Desta forma, neste trabalho procurou-se comparar objetivamente índices morfométricos obtidos das imagens do LANDSAT-1 nas escalas 1:1.000.000 e 1:500.000 com índices morfométricos obtidos de Cartas Topográficas na escala 1:100.000 que é o tipo de documentação normalmente utilizada para estudos morfométricos. Procurou-se verificar também, se a ampliação das imagens do LANDSAT-1 nestas escalas, levaria a uma perda de definição dos elementos da rede de drenagem para determinar se elas poderiam substituir as fontes de dados convencionais nesse tipo de estudo. Se isto fosse viável, tais estudos poderiam ser realizados mais rapidamente fornecendo subsídios à interpretação de outras informações contidas nas imagens.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA

2.1 - MATERIAIS

Para a realização do presente trabalho foram utilizadas cartas topográficas na escala 1:100.000, imagens do LANDSAT-1 nos canais 5 e 7, e nas escalas 1:1.000.000 e 1:500.000. As imagens utilizadas encontram-se relacionadas na Tabela II.1.

TABELA II.1

Imagens LANDSAT-1 utilizadas na Coleta de Dados

REGIÃO	Nº DA IMAGEM	ÓRBITA	DATA	CANAL	FOLHA
JANUÁRIA	E-1048-12312	164-4-23	09/09/72	5 e 7	BRASÍLIA
PIRAPORA	E-1048-12314	164-4-24	18/08/73	5 e 7	BELO HORIZONTE
TRÊS MARIAS	E-1048-12321	164-4-25	09/09/72	5 e 7	BELO HORIZONTE
PARACATU	E-1391-12371	178-5-24	09/09/72	5 e 7	BELO HORIZONTE

Foram também utilizados mapas geológicos, geomorfológicos e climáticos da região recoberta pelas imagens (Figura II.1).

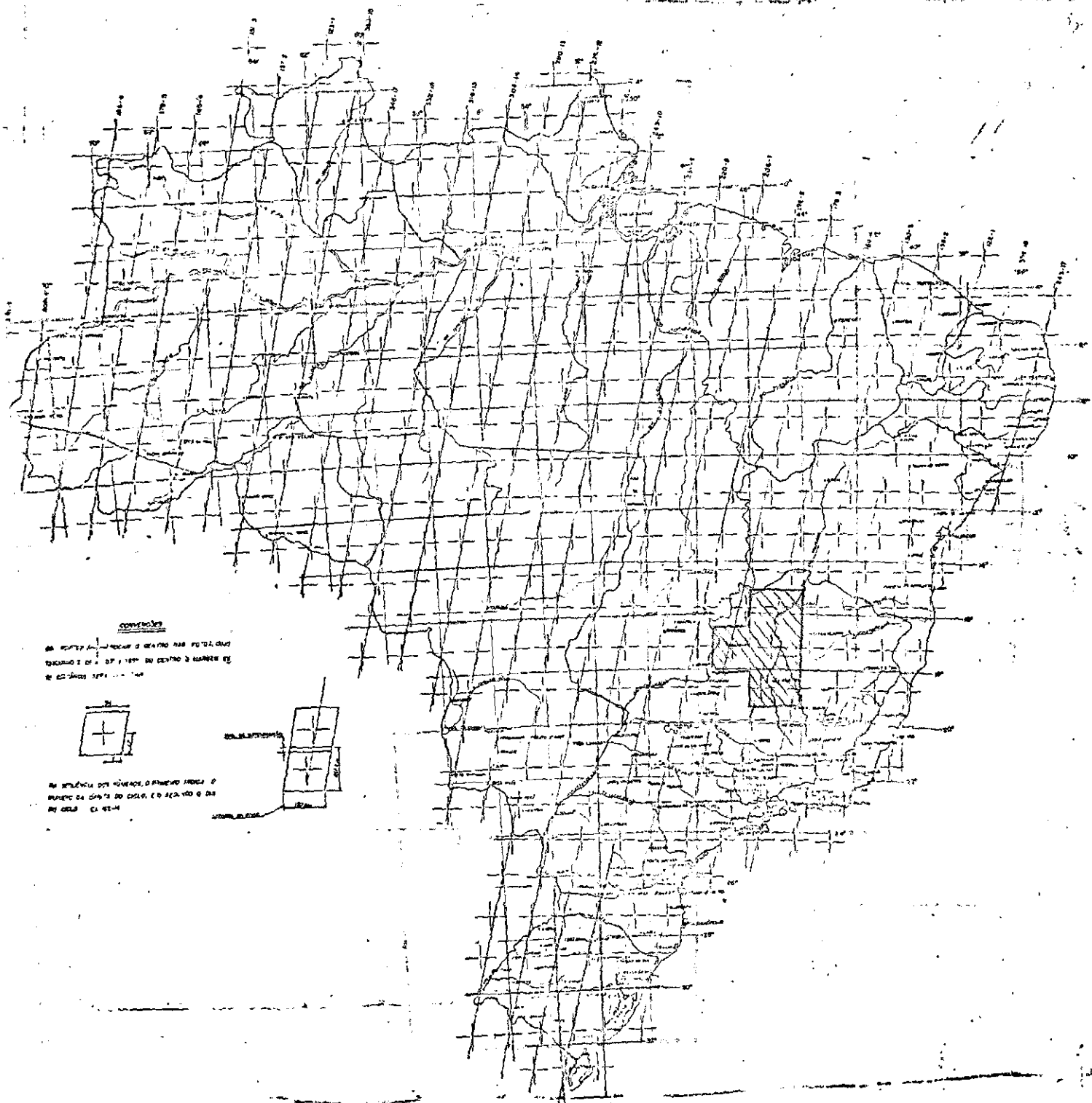
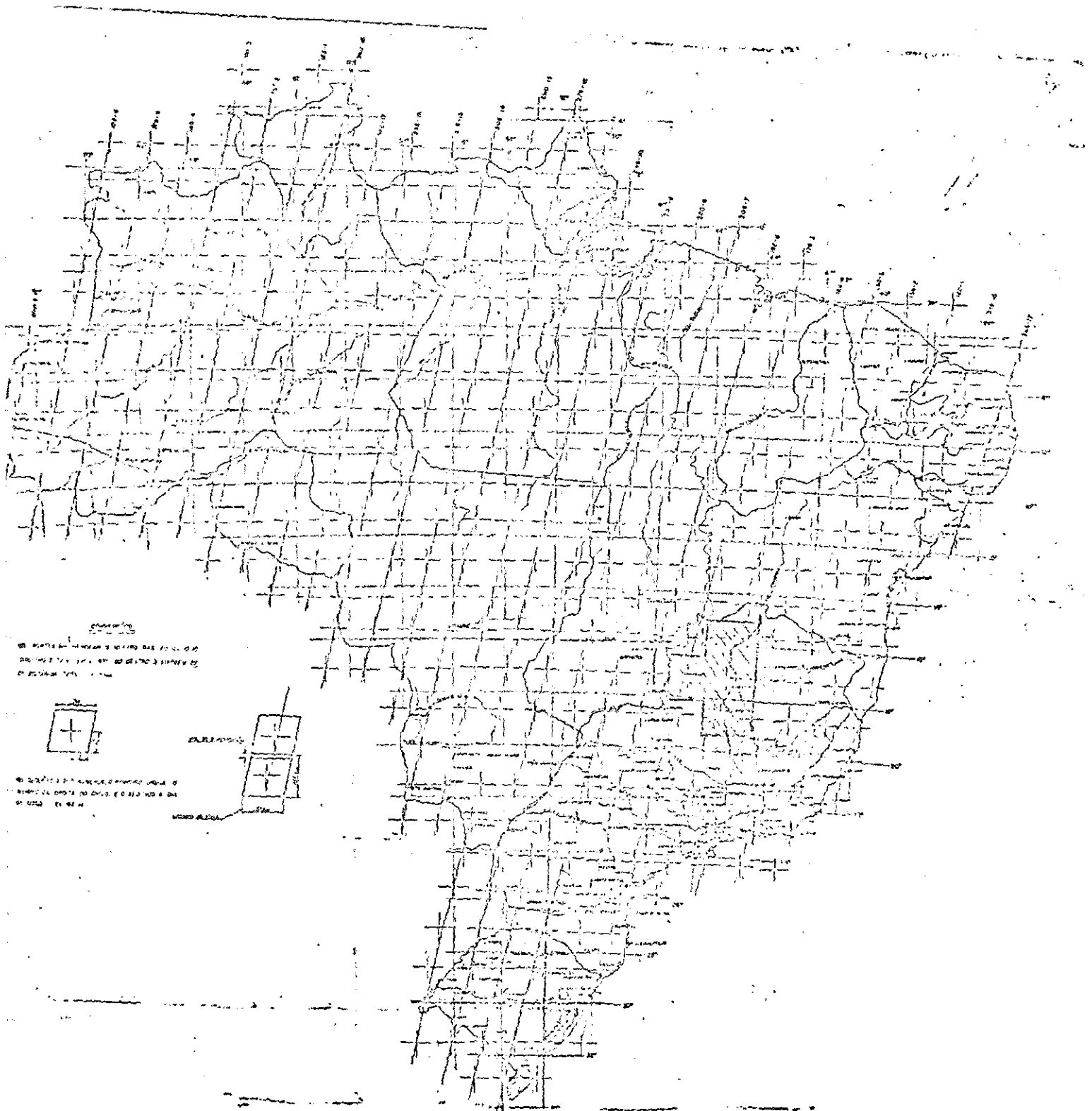


Figura II.1 - UNIDADE EXPERIMENTAL
 Área recoberta pelas imagens
 utilizadas na coleta de dados.



2.2 - MÉTODOS

As atividades-chaves desenvolvidas nesse trabalho encontram-se resumidas no Diagrama de Fluxo de Trabalho mostrado na Figura II.2.

Na primeira fase da pesquisa foi realizado um levantamento dos parâmetros a serem extraídos das imagens do LANDSAT-1. Pela consulta da bibliografia chegou-se à conclusão de que os dados a serem retirados da imagem seriam: ordem da bacia, número de canais para cada ordem, comprimento total dos rios, perímetro da bacia, área total da bacia e ângulos de confluência dos rios, (Cristofolletti, 1969).

De posse desses parâmetros, seria possível calcular todos os Índices morfométricos necessários ao desenvolvimento do trabalho.

A escolha das bacias utilizadas na coleta de dados foi feita previamente nas cartas topográficas na escala 1:100.000. Embora não tenha sido utilizado nenhum plano básico de amostragem, na seleção das bacias tomou-se uma série de precauções que diminuíssem a variabilidade interna dos dados coletados. Assim sendo, as bacias selecionadas encontram-se em áreas de condições climáticas, e litológicas semelhantes. Além disso, foram escolhidas bacias com aproximadamente o mesmo tamanho. No tocante às imagens utilizadas para o mapeamento das bacias, (Tabela II.1) teve-se também a precaução de se utilizar sempre imagens da mesma data, e quando isso não fosse possível, imagens da mesma época do ano, para que não fossem introduzidas variações sazonais nos dados coletados.

Enfim, o que se tentou foi homogeneizar ao máximo os dados coletados para que pudessem ser maximizadas as diferenças entre escalas e desta forma, testar eficientemente a eventual diferenciação causada pela variação na escala.

Levando em conta as exigências acima, foram selecionadas seis bacias hidrográficas, para as quais existiam imagens disponíveis do LANDSAT-1, com boa qualidade técnica, nas escalas 1:1.000.000 e 1:500.000. As bacias utilizadas na coleta de dados encontram-se relacionadas na Tabla II.2.

Como pode ser observado, a maior parte das bacias encontram-se sobre rochas com uma característica comum que é a resistência à erosão, e todas as bacias se encontram dentro de um mesmo tipo climático. Embora o número de amostras seja pequeno, pode ser considerado representativo tendo-se em vista os cuidados tomados na seleção. Após a fase de seleção, a rede de drenagem de cada bacia foi mapeada minuciosamente utilizando-se os canais 5 e 7 das imagens do LANDSAT-1, nas escalas 1:500.000 e 1:1.000.000. Procurou-se traçar também, o mais exatamente possível, os divisores de água a fim de se limitar as áreas das bacias.

Após o mapeamento, as bacias de drenagem foram ordenadas segundo o método de Strahler (1952) nas três escalas de interesse: 1:100.000; 1:500.000; 1:1.000.000. A ordenação é um passo muito importante pois facilita a obtenção das medidas sobre as redes e fornece também informações

valiosas sobre o comportamento hidrológico das rochas. Sabe-se que rochas impermeáveis desenvolvem bacias de ordem superior as encontradas sobre rochas permeáveis, quando as outras variáveis do sistema são mantidas constantes. Os resultados da ordenação encontram-se resumidos na Tabela II.3.

Como pode ser observado na Tabela II.3, 50% das redes mapeadas mantêm a mesma ordem nas três escalas de interesse: Ribeirão Mundo Novo, Riacho Macaúbas, Ribeirão Escuro; 30% das redes mapeadas, têm sua ordem aumentada 1 grau quando a ordenação é feita a partir de dados das imagens: Córrego Buriti (3ª ordem para 4ª ordem) e Ribeirão da Areia (4ª ordem para 5ª ordem); e 20% das redes tem sua ordem aumentada apenas na escala 1:500.000 das imagens.

O aumento de ordem nas escalas pode sugerir que as imagens forneçam mais detalhes que a Carta Topográfica, mas esta afirmação deve ser feita com cuidado porque uma série de outros fatores podem interferir na quantidade e arranjo de rios mapeados. Esses fatores se relacionam tanto com a área em que se está fazendo o mapeamento (áreas de cerrado são mais fáceis de serem mapeadas) como com a qualidade da imagem que se está usando.

No caso de haver aumento de ordem apenas na escala de 1:500.000 podemos considerar que isto se tenha dado por problemas técnicos na ampliação, que determinaram uma perda de definição das junções dos cursos de água e conseqüentemente uma alteração no processo de hierarquização das bacias.

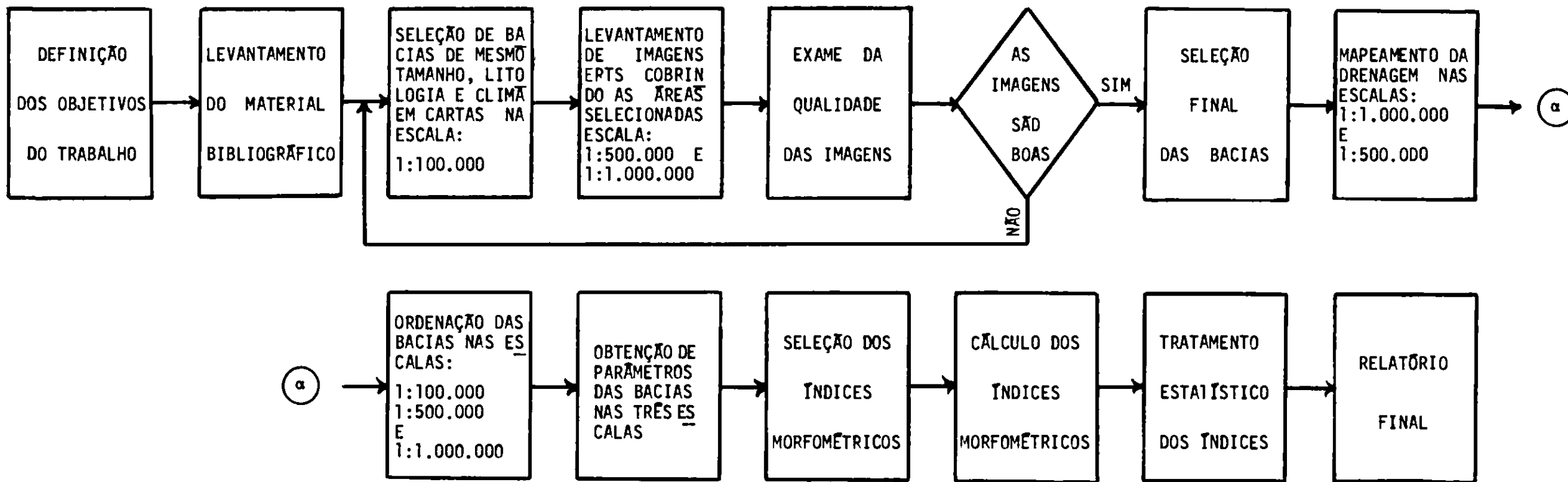


Figura II.2 - DIAGRAMA DE FLUXO DE TRABALHO. Sequência de eventos executados no trabalho de pesquisa.

TABELA II.2

Informações gerais sobre as amostras coletadas

NOME DO RIO	LITOLOGIA	LOCALIZAÇÃO	MORFOLOGIA	VEGETAÇÃO	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	COMENTÁRIOS
RIBEIRÃO MUNDO NOVO	Rochas do Grupo Bambuí (folhos, calcáreos, ardósias).	Afluente da Margem direita do Rio São Marcos (Folha de Belo Horizonte).	Chapadões Lateríticos.	Cerrado	Clima tropical úmido com estação seca de Inverno.	A Laterização dá maior resistência à erosão. Drenagem pouco ramificada.
CÓRREGO BURITI	Rochas da Formação Vazantes (sedimentos arenos-argilosos). Rochas recentes.	Afluente da Margem esquerda do Rio Urucua (Folha de Belo Horizonte).	Terraços fluviais e tabuleiros.	Cerrado	Clima tropical úmido com estação seca de Inverno.	Porosidade das rochas dá maior resistência à erosão. Drenagem pouco ramificada.
RIACHO MACAÛBAS	Rochas da Formação Vazantes (sedimentos arenos-argilosos). Rochas recentes.	Afluente da Margem esquerda do Ribeirão dos Panzeiros. (Folha de Belo Horizonte).	Terraços fluviais e tabuleiros.	Cerrado	Clima tropical úmido com estação seca de Inverno.	Porosidade das rochas dá maior resistência à erosão. Drenagem pouco ramificada.
RIO SANTO ANTONIO (ALTO CURSO)	Rochas Cretácicas (arenitos).	Afluente da Margem direita do Rio Paracatu. (Folha de Belo Horizonte).	Chapadões Areníticos.	Cerrado	Clima tropical úmido com estação seca de Inverno.	Porosidade das rochas dá maior resistência à erosão. Drenagem pouco ramificada.
RIBEIRÃO DA AREIA	Rochas do Grupo Bambuí (folhos, calcáreos) e Rochas da Formação Vazantes.	Afluente da Margem direita do Rio Urucua (Folha de Belo Horizonte).	Chapadas, Terraços fluviais e tabuleiros.	Cerrado	Clima tropical úmido com estação seca de Inverno.	Rochas do Grupo Bambuí são menos resistentes à erosão. Nesse trecho a drenagem é mais ramificada.
RIBEIRÃO ESCURO	Rochas da Formação Vazantes (sedimentos arenos-argilosos).	Afluente da Margem direita do Rio Urucua. (Folha de Brasília).	Terraços fluviais e tabuleiros.	Cerrado	Clima tropical úmido com estação seca de Inverno.	Porosidade da rocha dá maior resistência à erosão. Drenagem pouco ramificada.

TABELA II.3

Ordem das bacias

RIOS	ESCALAS		
	1:100.000	1:500.000	1:1.000.000
RIBEIRÃO MUNDO NOVO	4ª	4ª	4ª
CÓRREGO BURITI	3ª	4ª	4ª
RIACHO MACAÛBAS	4ª	4ª	4ª
RIO SANTO ANTONIO	4ª	5ª	4ª
RIBEIRÃO DA AREIA	4ª	5ª	5ª
RIBEIRÃO ESCURO	3ª	3ª	3ª

Após a hierarquização das redes pode-se obter os parâmetros necessários ao cálculo dos índices morfométricos. Nessa fase foram contados todos os segmentos de rios de cada ordem, e tomadas medidas de comprimento para todas as bacias nas escalas de interesse.

Os canais foram medidos utilizando-se curvímeter. Para isso foi necessária a ampliação, de três vezes, dos mapas obtidos nas escalas 1:1.000.000 e 1:500.000 pois o curvímeter utilizado oferecia pouca precisão para escalas pequenas. A ampliação foi feita com o uso de pantógrafo. A área das bacias foi calculada utilizando-se uma malha de 0,04cmx0,04cm, que ofereceu melhor precisão que o planímetro.

De posse desses dados foi feita a seleção dos índices morfométricos a serem calculados. Na escolha, foi levado em conta que os índices deveriam envolver todos os parâmetros medidos nas bacias para que realmente pudessem testar a confiabilidade das medidas. Além disso, esses índices deveriam ter utilidade prática para estudos posteriores.

Os índices selecionados encontram-se resumidos na Tabela II.4. São índices já consagrados na pesquisa geomorfológica e com alto poder diagnóstico das características ambientais (Cristofolletti, 1969).

Os índices morfométricos foram submetidos a esquemas de análise univariada usando tratamentos (escalas) com igual número de observações. Desta forma, pode-se decidir objetivamente "se a variância interna dos dados numa mesma escala era maior que a variância entre as escalas".

Através do cálculo da razão entre as variâncias (interna e entre escalas) obteve-se um valor numérico (F) que pode ser comparado com valores padrões da Distribuição de Fisher.

TABELA II.4

Índices morfométricos

ÍNDICE	FÓRMULA	PARÂMETROS
Densidade de Drenagem	$D_d = \frac{c}{A}$	c = comprimento total dos canais A = área da bacia
Densidade Hidrográfica	$D_h = \frac{n}{A}$	n = número total de canais A = área da bacia
Extensão do Percurso Superficial	$E_{pS} = \frac{1}{2 D_d}$	Dd = densidade de drenagem
Textura Topográfica	$\log T_t = 0,219649 + 1,115 \log D_d$	Dd = densidade de drenagem
Coefficiente de Manutenção	$C_m = \frac{1}{D_d} \quad 1000$	Dd = densidade de drenagem
Índice de Forma	$K = \frac{P}{2 \sqrt{\pi A}}$	P = perímetro da bacia A = área da bacia
Ângulo M de Confluência	-	-
Relação Ponderada de Bifurcação	$\frac{\left(\frac{\sum N_{wi}}{\sum N_{wi+1}} \right) \left(N_{wi} + N_{wi+1} \right)}{\sum N_{wi}}$	N_{wi} = número de rios de ordem i N_{wi+1} = número de rios de ordem <u>i+1</u>

CAPÍTULO III

DISCUSSÃO DDS RESULTADOS

3.1 - RESULTADOS PARCIAIS

A - Índice de Densidade de Drenagem.

O Índice de Densidade de Drenagem correlaciona o comprimento total dos canais com a área da bacia. É um índice importante porque reflete o comportamento hidrológico das rochas num mesmo ambiente climático.

Este índice foi submetido à análise de variância unidirecional e pode-se concluir com 0.01 de probabilidade de erro que a variação da escala utilizada na coleta dos dados não afetou significativamente o valor do Índice de Densidade de Drenagem.(Tabela III.1).

B - Índice de Densidade Hidrográfica.

Este índice compara a frequência de rios por unidade de área padrão.

Em relação ao Índice de Densidade Hidrográfica, como resultado da análise de variância unidirecional, pode-se afirmar com 0.01 de

probabilidade de erro que a variação na escala de coleta de dados não afetou o seu valor significativamente. (Tabela III.2).

C - Índice de Extensão do Percurso Superficial.

Este índice representa o comprimento médio do caminho percorrido pelas águas pluviais antes de se concentrarem num canal permanente. Seu valor vai se relacionar com a declividade das vertentes e com o comportamento hidrológico das rochas num mesmo ambiente climático.

Levando-se em conta os resultados da análise de variância unidirecional pode-se afirmar com 0.01 de probabilidade de erros que a variação da escala de coleta de dados não afetou significativamente o cálculo do Índice de Extensão do Percurso Superficial. (Tabela III.3).

D - Índice de Textura Topográfica

Este índice indica o grau de dissecação e o estágio erosivo de uma dada área. Reflete a natureza da rocha, a vegetação e o estágio do perfil longitudinal do Rio.

Pelo tratamento estatístico, "Análise de Variância Unidirecional", pode-se concluir com 0.01 de probabilidade de erro que a variação na escala de coleta de dados não afeta significativamente o valor do Índice de Textura Topográfica. (Tabela III.4).

E - Índice do Coeficiente de Manutenção.

Este índice fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal permanente de uma bacia.

Pelos resultados da análise de variância unidirecional, pode-se afirmar com 0.01 de probabilidade de erro que a variação na escala de coleta de dados não afetou significativamente o valor do Índice de Coeficiente de Manutenção. (Tabela III.5).

F - Índice de Forma.

Representa a relação entre o perímetro e área da bacia e dá uma idéia de sua forma, indicando sua maior ou menor semelhança com um círculo (valores em torno de 1).

Pelos resultados da análise de variância unidirecional, pode-se afirmar com 0.01 de probabilidade de erro que a variação na escala de coleta de dados não afetou significativamente o valor do Índice de Forma. (Tabela III.6).

G - Ângulo Médio de Confluência.

O valor dos ângulos de confluência é significativo pois reflete o grau de controle estrutural sobre a rede de drenagem e a declividade das vertentes.

Levando-se em conta os resultados da análise de variância unidirecional, pode-se afirmar com 0.01 de probabilidade de erro que a variação na escala de coleta de dados não afetou significativamente o cálculo de Ângulo Médio de Confluência. (Tabela III.7).

H - Relação Ponderada de Bifurcação.

Reflete a natureza do solo e se relaciona com o seu comportamento hidrológico.

Pelo resultado da análise de variância unidirecional, pode-se afirmar com 0.01 de probabilidade de erro que a variação na escala de coleta de dados não afetou significativamente o valor da Relação Ponderada de Bifurcação. (Tabela III.8).

TABELA III.1

Densidade de Drenagem

FORTE DE VARIACÃO	SOMA DOS QUADRADOS	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F tabular e F calculado com 2 e 15 Graus de Liberdade e D.01 de probabilidade de erro
Entre Escalas	$\frac{\sum(A_i)^2}{K_i} - \frac{(\sum x)^2}{N} =$ $4,105920 - 4,080272 =$ $0,02565$	$(n-1)$ 2	$\frac{SQ}{(n-1)}$ 0,012825	$F_c = \frac{0,012825}{0,019199}$ $F_c = 0,67$
Erro	$0,31363 - 0,02565 =$ $0,287980$	$(N-1) - (n-1)$ 15	$\frac{SQ}{(N-1) - (n-1)}$ 0,019199	$F_t = 6,36$
Total	$\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$ $4,3939 - 4,080272 =$ $0,31363$	$(N-1)$ 17		

TABELA III.2

Densidade Hidrográfica

FORTE DE VARIACÃO	SOMA DOS QUADRADOS	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F tabular e F calculado com 2 e 15 Graus de Liberdade e 0.01 de probabilidade de erro
Entre Escalas	$\frac{\sum(A_i)^2}{K_i} - \frac{(\sum x)^2}{N} =$ $0,295850 - 0,276272 =$ $0,019578$	$(n-1)$ 2	$\frac{SQ}{(n-1)}$	$F_c = \frac{0,009789}{0,011590}$ $F_c = 0,85$
Erro	$0,193428 - 0,019578 =$ $0,173850$	$(N-1) - (n-1)$ 15	$\frac{SQ}{(N-1) - (n-1)}$ 0,011590	$F_t = 6,36$
Total	$\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$ $0,469700 - 0,276272$ $0,193428$	$(N-1)$ 17		

TABELA III.3

Extensão do Percurso Superficial

FONTE DE VARIAÇÃO	SOMA DOS QUADRADOS	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F tabular e F calculado com 2 e 15 Graus de Li berdade e 0.01 de pro babilidade de erro
Entre Escalas	$\frac{\Sigma(A_i)^2}{K_i} - \frac{(\Sigma x)^2}{N} =$ $23,82 - 23,69 =$ $0,13$	$(n-1)$ 2	$\frac{SQ}{(n-1)}$ 0,07	$F_c = \frac{0,07}{0,12} =$ $F_c = 0,58$
Erro	$1,93 - 0,13 = 1,80$	$(N-1) - (n-1)$ 15	$\frac{SQ}{(N-1) - (n-1)}$ 0,12	$F_t = 6,36$
Total	$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N} =$ $25,62 - 23,69 = 1,93$	$(N-1)$ 17		

TABELA III.4

Textura Topográfica

FONTE DE VARIACÃO	SOMA DOS QUADRADOS	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F tabular e F calculado com 2 e 15 Graus de Liberdade e 0.01 de probabilidade de erro
Entre Escalas	$\frac{\sum(A_i)^2}{K_i} - \frac{(\sum x)^2}{N} =$ $9,57480 - 9,50024 =$ $0,074560$	$(n-1)$ 2	$\frac{SQ}{n-1}$	$F_c = \frac{0,037280}{0,055844}$ $F_c = 0,67$
Erro	$0,912220 - 0,074560 =$ $0,837660$	$(N-1) - (n-1)$ 15	$\frac{SQ}{(N-1) - (n-1)}$ $0,055844$	$F_t = 6,36$
Total	$\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$ $10,41246 - 9,50024 =$ $0,912220$	$(N-1)$ 17		

TABELA III.5

Coeficiente de Manutenção

FONTE DE VARIÇÃO	SOMA DOS QUADRAOS	GRAU DE LIBERDADE	QUADRAO MÉDIO	F tabular e F calculado com 2 e 15 Graus de Li berdade e 0.01 de pro babilidade de erro
Entre Escalas	$\frac{\sum(A_i)^2}{K_i} - \frac{(\sum x)^2}{N} =$ 93.669.706-93.074.820 5.94.886	(n-1) 2	$\frac{SQ}{n-1}$ 297447	$F_c = \frac{297443}{491049}$ $F_c = 0,60$
Erro	7960635-594886 = 7.365.749	(N-1)-(n-1) 15	$\frac{SQ}{(N-1)-(n-1)}$ 491.049	$F_t = 6,36$
Total	$\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$ 101035445-93074820 = 7.960.635	(N-1) 17		

TABELA III.6

Índice de Forma

FONTE DE VARIACÃO	SOMA DOS QUADRADOS	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F tabular e F calculado com 2 e 15 Graus de Liberdade e 0.01 de probabilidade de erro
Entre Escalas	$\frac{\Sigma(A_i)^2}{K_i} - \frac{(\Sigma x)^2}{N} =$ $30,31023 - 30,6242 =$ $0,04603$	$(n-1)$ 2	$\frac{SQ}{(n-1)}$ 0,023015	$F_c = \frac{0,023015}{0,042878}$ $F_c = 0,54$
Erro	$0,68920 - 0,04603$ $0,643170$	$(N-1) - (n-1)$ 15	$\frac{SQ}{(N-1) - (n-1)}$ 0,042878	$F_t = 6,36$
Total	$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N}$ $30,95340 - 30,2642 =$ $0,68920$	$(N-1)$ 17		

TABELA III.7

Ângulo Médio de Confluência

FONTE DE VARIACÃO	SOMA DOS QUADRADOS	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F tabular e F calculado com 2 e 15 Graus de Liberdade e 0.01 de probabilidade de erro
Entre Escalas	$\frac{\sum(A_i)^2}{K_i} - \frac{(\sum x)^2}{N} =$ $58732 - 58710,22 =$ $21,78$	$(n-1)$ 2	$\frac{SQ}{(n-1)}$ $10,89$	$F_c = \frac{10,89}{157,20}$ $F_c = 0,07$
Erro	$2379,78 - 21,78 =$ 2358	$(N-1) - (n-1)$ 15	$\frac{SQ}{(N-1) - (n-1)}$ $157,20$	$F = 6,36$
Total	$\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$ $61090 - 58710,22 =$ $2379,78$	$(N-1)$ 17		

TABELA III,8

Relação Ponderada de Bifurcação

FONTE DE VARIAÇÃO	SOMA DOS QUADRADOS	GRAU DE LIBERDADE	QUADRADO MÉDIO	F tabular e F calculado com 2 e 15 Graus de Li berdade e 0.01 de pro babilidade de erro
Entre Escalas	$\frac{\Sigma(A_i)^2}{K_i} - \frac{(\Sigma x)^2}{N} =$ 407,92-404,23 = 3,69	(n-1) 2	$\frac{SQ}{(n-1)}$ 1,85	$F_c = \frac{1,85}{0,45}$ $F_c = 4,11$
Erro	10,45-3,69 = 6,76	(N-1)-(n-1) 15	$\frac{SQ}{(N-1)-(n-1)}$ 0,45	$F_t = 6,36$
Total	$\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N}$ 414,68-404,23 = 10,45	(N-1) 17		

3.2 - CONCLUSÕES FINAIS

Pelos resultados do tratamento estatístico a que foram submetidos os índices morfométricos, pode-se concluir que as imagens do LANDSAT-1 podem substituir as fontes convencionais de dados para estudos quantitativos de redes hidrográficas.

Isto é muito importante no desenvolvimento das técnicas de Sensoriamento Remoto, pois tais estudos quantitativos fornecem chaves objetivas de interpretação visual de imagens orbitais. De fato, o comportamento hidrológico das rochas, a dissecação do relevo, os grandes grupos de solos, podem ser descritos acuradamente através dos inúmeros índices morfométricos existentes na literatura geomorfológica. É importante dar precisão à descrição das redes hidrográficas a fim de que possam ser feitas comparações entre uma rede e outra e a fim de que as variações entre redes possam ser correlacionadas com outras variáveis geográficas.

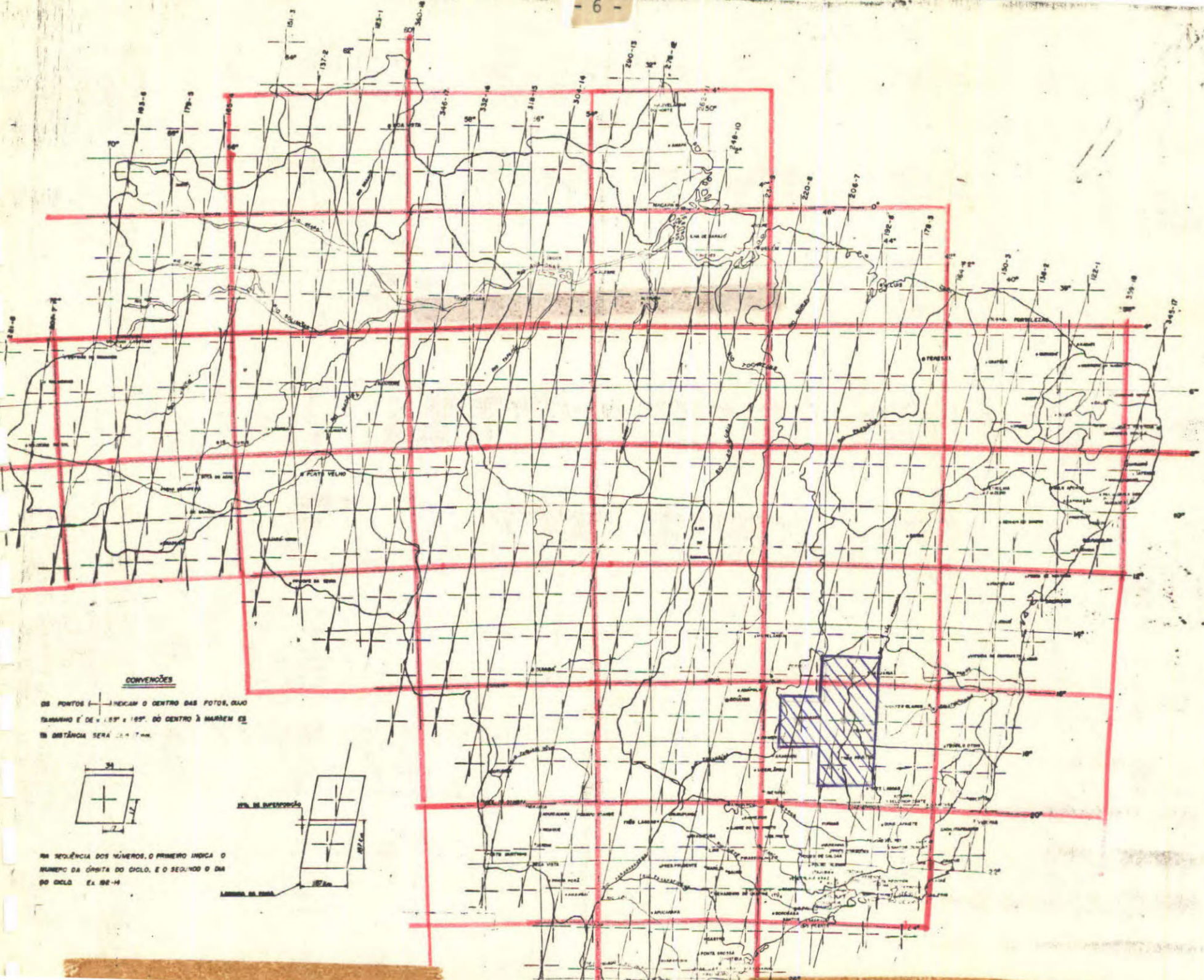
3.3 - SUGESTÕES

Este mesmo tipo de estudo precisaria ser estendido para imagens de outros tipos de condições ambientais para se testar a eficiência das imagens do LANDSAT-1 em áreas de difícil identificação da drenagem como é o caso dos domínios de rochas do pré-Cambriano indiferenciado recobertas por vegetação densa. Se a validade das imagens se estender a essas áreas certamente se estenderá a quaisquer outras, visto que são as de mais difícil interpretação.

Um outro tipo de estudo poderia ser feito no sentido de testar o poder diagnóstico de cada Índice na discriminação de unidades ambientais, uma vez que já se comprovou a viabilidade de utilização de Imagens do LANDSAT-1 em estudos quantitativos de redes de drenagem.

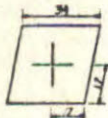
BIBLIOGRAFIA

- CHRISTOFOLETTI, A. - "*Análise Morfométrica de Bacias Hidrográficas*". No
tícia Geomorfológica, 16, Campinas, Dezembro 1969.
- FRANÇA, G.V. de - "*Interpretação Fotográfica de Bacias e Redes de Drenagem Aplicada a Solos da Região de Piracicaba*". Tese apresentada à Escola de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba 1968.
- HAGGET, P. - "*Network Models in Geography*". Models in Geography (organized by Chorley, R.J. & Hagget, P.). Methien & Co., London, 1967.
- STRAHLER, A.N. - "*Hypsometric analysis of erosional topography*". Geol. Soc. American Bulletin, 63, 1952.




CONVENÇÕES

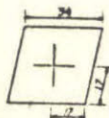
OS PONTOS — INDIAM O CENTRO DAS FOTOS, CUAO
 O MARCANÇO É DE $1.65'' \times 1.65''$ DO CENTRO À MARGEM DE
 A DISTÂNCIA SERÁ 2.2×17 mm.



NA SEQUÊNCIA DOS NÚMEROS, O PRIMEIRO INDICA O
 NÚMERO DA ÓRBITA DO CICLO, E O SEGUNDO O DIA
 DO CICLO. Ex 192-14

CONVENÇÕES

OS PONTOS  INDICAM O CENTRO DAS FOTOS, CUJO
TAMANHO É DE 1,65" x 1,65". DO CENTRO À MARGEM ES
TR DISTÂNCIA SERÁ 2,2" x 2,2".



NA SEQUÊNCIA DOS NÚMEROS, O PRIMEIRO INDICA O
NÚMERO DA ÓRBITA DO CICLO, E O SEGUNDO O DIA
DO CICLO. Ex: 102-14

LARGURA DA FOLHA

Figura II.1 - UNIDADE EXPERIMENTAL
Área recoberta pelas imagens
utilizadas na coleta de dados.