

A INFLUÊNCIA DA LITOLOGIA E DA ESTRUTURA EM ÍNDICES AREAIS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Abadía, Sandra Lúcia Ferreira

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas sempre constituíram objeto de estudo para o Geomorfologia, pode-se mesmo afirmar que foi um dos setores de maior desenvolvimento dentre os campos geomorfológicos.

A partir de HORTON, desenvolveram-se muitos trabalhos sobre morfométrica, sobre a organização e a tipologia das redes fluviais. No Brasil, as pesquisas morfométricas iniciaram-se em 1952. (FREITAS), surgindo posteriormente os trabalhos de TOLENTINO, GANDOLFI e PARAGUASSU. Em 1970, CHRISTOFOLETTI apresentou seu trabalho de Livre Docência que versou sobre análises morfométricas das bacias de Poços de Caldas.

Nos últimos anos a grande preocupação dos pesquisadores tem sido com a influência da litologia e das formas de relevo na estruturação das redes de drenagem, além do objetivo de tentar comparar e classificar bacias hidrográficas.

I- CONSIDERAÇÕES SOBRE TRABALHOS ANTERIORES

O tratamento estatístico aplicado a índices morfométricos permitiu que a comparação e classificação de bacias hidrográficas pudesse ser feita por alguns pesquisadores brasileiros como CHRISTOFOLETTI (1970 b, 1971); CESAR (1977); GUIMARÃES (1986).

Para CHRISTOFOLETTI (1970 b, 1971) bacias de drenagem desenvolvida em litologia semelhantes apresentariam valores semelhantes. Esta situação não se confirmaria nas situações em que houvesse fortes influências tectônico-estruturais.

CESAR (1977), utilizando índices hipsométricos, aplicou a análise de agrupamento por pares recíprocos com o qual tentou estabelecer o grau de similaridade entre bacias desenvolvidas em unidades litológicas distintas, não obstante sob condições climáticas e hídricas relativamente semelhantes. O autor supôs que as bacias escolhidas formariam 3 grupos distintos, de acordo com litologia.

No final de suas análises, CESAR concluiu que as bacias apresentavam-se de modo geral, heterogêneas e que a litologia não constitui causa determinante para o agrupamento que ocorre apenas em nível relativamente alto de perda de detalhes.

MACHADO ao contrário de CESAR, analisando bacias do Serra do Mar, aplicou a técnica de agrupamento por pares recíprocos utilizando-se por tanto de índices morfométricos de análises hortonianas. Em suas conclusões a autora percebeu claramente três grupos distintos formados por bacias fluviais desenvolvidas em três áreas distintas planalto, escarpa e baixada.

A tentativa de classificação dos pesquisadores partiu do mesmo ponto de origem: a utilização estatística de índices morfométricos de bacias desenvolvidas em ambientes morfo-estruturais diferentes. Entretanto, as conclusões por eles atingidas divergiram, levando-nos a supor que foi a escolha dos índices morfométricos analisados que condicionaram os resultados atingidos.

II- OBJETIVOS

Considerando as observações de CESAR e Machado E, sabendo que as condições litológicas e construais influenciam os valores areais das bacias fluviais propusemos:

- calcular os valores de Densidade de Drenagem, Densidade desenvolvimos em áreas morfo- estruturais diferentes:
- utilizando a classificação hierárquica por pares recíprocos agrupar bacias fluviais semelhantes, procurando identificar as unidades litológicas responsáveis por este grupamento e o nível em que este grupamento é significativo.

III- MATERIAIS E MÉTODOS

A fonte de dados de nossa pesquisa baseou-se em documentação cartográfica. Optamos por este tipo de documentação por que segundo vários pesquisadores ela tem se apresentado satisfatória e mais fácil de ser manuseada, principalmente, nas medições verticais.

Obtivemos os dados para nossa análise morfométrica a partir de cartas topográficas elaboradas pelo Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo, nas escalas de 1: 25 000 para a área do Planalto Cristalino (ano 1967) e 1: 50 000 para a área sedimentar (ano 1965).

Como nosso trabalho de coleta de dados constituir-se de mensurações e cálculo a partir da documentação cartográfica, utilizamos instrumentos simples de medição e cálculo, como curvimétros, régua, esquadros, etc....

Escolhemos bacias hidrográficas de 4^a ordem desenvolvidas em diferentes unidades litológicas e ordenamento os segmentos segundo o critério estabelecido por STRAHLER (1952). A delimitação das bacias foi feita a partir da embocadura da bacia até o interflúvio que separa uma bacia da outra. O comprimento do canal foi medido com

o auxílio do curvímeter e as áreas das bacias foram obtidas a través da contagem de pontos (milímetro quadrado) no papel milimetrado.

Os índices morfométricos que propusemos analisar foram:

- densidades de Drenagem
- densidade Hidrográfica
- Índice de Circularidade

A Densidade de Drenagem é o índice que correlaciona o comprimento total de canais ou rios com as áreas da bacia hidrográfica. Foi definida inicialmente por a HORTON (1945) e no Brasil foi apresentada por FREITAS (1952). A finalidade de Dd é de “comparar o comprimento dos canais de drenagem existentes em uma área de tamanho padrão” (CHRISTOFOLETTI, 1970 a).

A fórmula para seu cálculo é a seguinte:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Onde Dd: densidade de drenagem
L: comprimento dos rios ou canais
A: área da bacia

A Densidades Hidrográfica foi inicialmente definida por HORTON (1945) com a denominação de frequência de rios (stream frequency). No Brasil, a Densidade Hidrográfica foi empregada por FREITAS (1952) e foi definida como sendo a relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica. Sua utilidade é mostrar a quantidade de cursos de cursos existentes em uma área de tamanho padrão (Km²). Seu cálculo é feito segundo a fórmula:

$$Dh = \frac{N}{A}$$

Onde Dh: densidade hidrográfica
N: número total de rios ou número de canais de 1ª ordem
A: área da bacia

A Densidade de Drenagem e a Densidade Hidrográfica possuem alta significação geomorfológico, visto que o comportamento hidrológico das rochas e do rigolito em um mesmo ambiente climático vai repercutir nos valores destes índices. Nas rochas e rigolitos mais impermeáveis há maior escoamento superficial, havendo por tanto, maiores possibilidades dos valores de Dd e Dh serem maiores.

STRAHLER (1952) observou que há uma relação inversa entre os valores de Dd e o comprimento dos rios, pois, à medida que aumenta o valor de há diminuição do tamanho dos canais.

Quando Dd é menor que 5.7 ela é considerada baixa, entre 7.15 e 10.0 é considerada média, e acima de 10.0 a densidade de drenagem é considerada alta.

CHRISTOFOLETTI (1970) argumentou que a interpretação dos dados atinentes a Dd e Dh deve levar em conta dois fatores: litologia e relevo além do rigolito que, segundo ele, também pode dificultar ou facilitar a infiltração das águas.

O índice de Circularidade foi proposto por MILLER (1953) e refere-se a um valor numérico que tem a finalidade de revelar a forma das bacias comparando-as que têm a finalidade de revelar a forma de bacias coparando-as com a forma do círculo.

Segundo MORISAWA, a forma circular de uma bacia é a melhor forma que se relaciona como o escoamento fluvial. Quanto mais próximo da forma circular (índice de 1.0), melhor estruturada a bacia se encontra favorecendo o fluxo de energia, isto é, o escoamento das águas recebidas pela precipitação. O índice de secularidade pode também ser relacionado com as condições morfo-estruturais, como por exemplo, bacias afetadas por movimentos tectônicos ou situadas em regiões de movimentação topográfica que, logicamente, apresentarão baixos valores de índices de circularidade. Seu cálculo é feito segundo a fórmula:

$$Ic = \frac{A}{Ac}$$

Onde: Ic: índice de circularidade

A: área da bacia considerada

Ac: área do círculo de perímetro igual ao da bacia analisada

A técnica estatísticas proposta para que chegássemos à comparação e classificação das bacias hidrográficas, foi a análise hierárquico por pares recíprocos (Geraradi. Nentwing Silva, 1981: 131/136) posto que estão mais próximos entre si para a realização dos agrupamentos, e que possuíamos variáveis de vários lugares, e desejávamos agrupá-los por similaridade. Outra razão de termos escolhido esta técnica é porque poderíamos identificar não apenas as unidades litológicas responsáveis por este grupamento, assim como nível de significância deste grupamento.

IV- AREAS DE ESTUDIO

As bacias fluviais analisadas no Planalto Cristalino Foram selecionadas na área compreendida entre os paralelos de 22°30' sul e Trópico de Capricórnio e entre os meridianos de 46°30' e 47° de longitude oeste (Figura 1).

São bacias pertencentes à bacia do Paraná sendo bacias de 4ª ordem do rio Tietê. Os afluentes de Tietê apresentam orientação geral SE-NO obedecendo a direção centrípeta dos afluentes do Parana mas, os sub-afluentes possuem orientações locais diversificadas influenciadas pelas condições morfo- estruturais de cada bacia.

As bacias analisadas no Planalto Cristalino, segundo a sua litologia e principal canal coletor estão assim distribuídas:

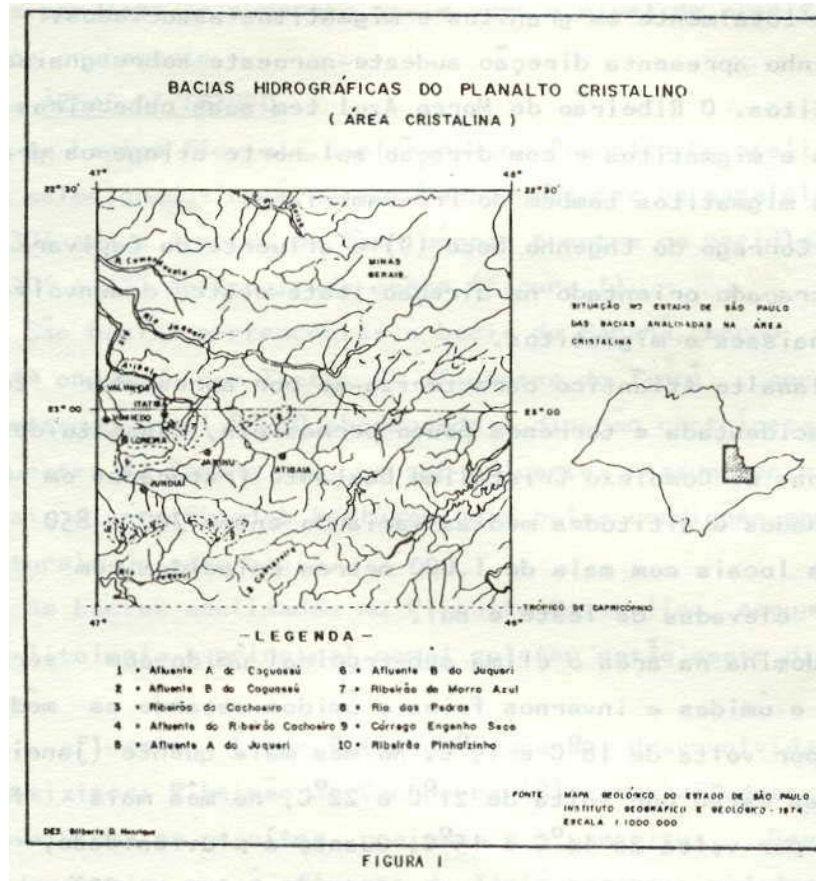
- afluente A (1) e B (2) de Caguassu, desenvolvidas em quartizitos; Ribeirão do Choerio (3) e seu afluente (4) desenvolvem-se em granito, gnaisses e migmatitos. Desembocam no Jundiuvira que é afluente do Tietê nas proximidades de Cajamar, abaixo da Serra do Japi, destaque topográfico da região e divisor entre os rios Jundiuvira e Tietê. Estas bacias de 4ª ordem acompanham a morfologia local com direção nortesul.
- Os afluentes A (5) e B(6) do rio Juqueri desenvolvem-se em filitos, metarenitos e metaconglomerados e possuem como os anteriores traçado orientado norte-sul.
- O Ribeirão do Morro Azul (7), o Rio Pedras (8) e o Ribeirão Pinhalzinho (10) são tributários de 4ª ordem do Rio Atibaia. O Rio das Pedras tem orientação leste-oeste e desenvolve-se totalmente em granitos e migmatitos associados. O Pinhalzinho apresenta direção sudeste-nordeste sobre gnaisses e migmatitos. O Ribeirão do Morro Azul tem suas cabeceiras em gnaisses e migmatitos e com direção sul-norte atinge os granitos e os migmatitos também do Pré-Cambriano.
- O Córrego do Engenho Seco (9) é afluente do Capivari e possui traçado orientado na direção leste-oeste, desenvolvido sobre gnaisses e migmatitos.

O Planalto Atlântico caracteriza-se por apresentar topografia acidentada e terrenos pouco permeáveis, constituídos por rochas do Complexo Cristalino bastante fraturada em blocos falhados e altitudes médias variando entre 700 e 850 metros. Os locais com mais de 1 000 metros coincidem com as “serras” elevadas de leste e sul.

Predomina na área o clima sub-tropical úmido com verões brandos e úmidos e invernos frios e úmidos estando as médias anuais por volta de 18° C e 19°C. No mês mais frio (julho) por volta de 14° C e 15°C. Quanto à pluviosidade, cerca de 900 mm a 1 200 mm caem no semestre chuvoso e 300 mm a 350 mm no semestre seco. O mês mais chuvoso é Janeiro quando o total está por volta de 275 mm e o

mês seco em julho recebe cerca de 35 mm. Há excedente de 500 a 800 mm de chuvas sobre a evapotranspiração anual da região.

Esta área já foi recoberta por matas pluviais altas e densas, atualmente, nos topos de topografia suave desenvolvem-se os campos cerrados e o refluoramento e os últimos vestígios de matas e capoeiras alcançam 6% da região.



As bacias fluviais da área sedimentar (Figura 11) localizam-se aproximadamente, entre os paralelos de 23° e 24° de latitude sul e entre os meridianos de 48°30' e 49° de longitude oeste. São bacias de 4ª ordem de Paranapema e do Tiatê.

- O Ribeirão Grande ou Faxinal (1), com direção sul-norte e o ribeirão das Antas (2) e Ribeirão da Pescaria (5), ambos com direção leste-oeste desenvolvem-se em terreno do Grupo Tubarão e são tributários do Itapetininga.
- O Ribeirão do Phinal (3) o Rio Guareí (4), sub-afluentes do Paranapema possuem direção nordeste-sudoeste. O primeiro desenvolve-se em terrenos da Formação Iratí e o segundo em terrenos da Formação Corumbataí, ambos do Grupo Passa-Dois.

- O Rio Santo Inácio (7) e o Rio Capivari (9) desenvolvem-se sobre a formação Botucatu Pirambóia do grupo São Bento, são sub-bacias do Paranapanema e ambos possuem orientação leste-oeste.
- A bacia (6), alto curso do Rio Pardo, desenvolve-se em terrenos do Grupo São Bento, formação Serra Geral, no reverso da Cuesta de Botucatu.
- O Rio Tatui (8) e o Ribeirão Congonhal (10) são sub-bacias de 4ª ordem do Sofocaba, possuem direção oeste-leste desenvolvendo-se em terrenos dos grupos Passa Dois e Tubarão, respectivamente.

A maior parte destas bacias localiza-se na Depressão Periférica Paulista, área constituída por sedimentos paleozóicos, onde são bastante freqüentes a existência de corpos intrusivos magmáticos em forma de sills e diques de diáfase. A topografia é suave com subnívelamento geral entre 600 e 700 metros, as escarpas tem desdobramentos regionais em níveis escalonados entre 850 e 1 000 metros.

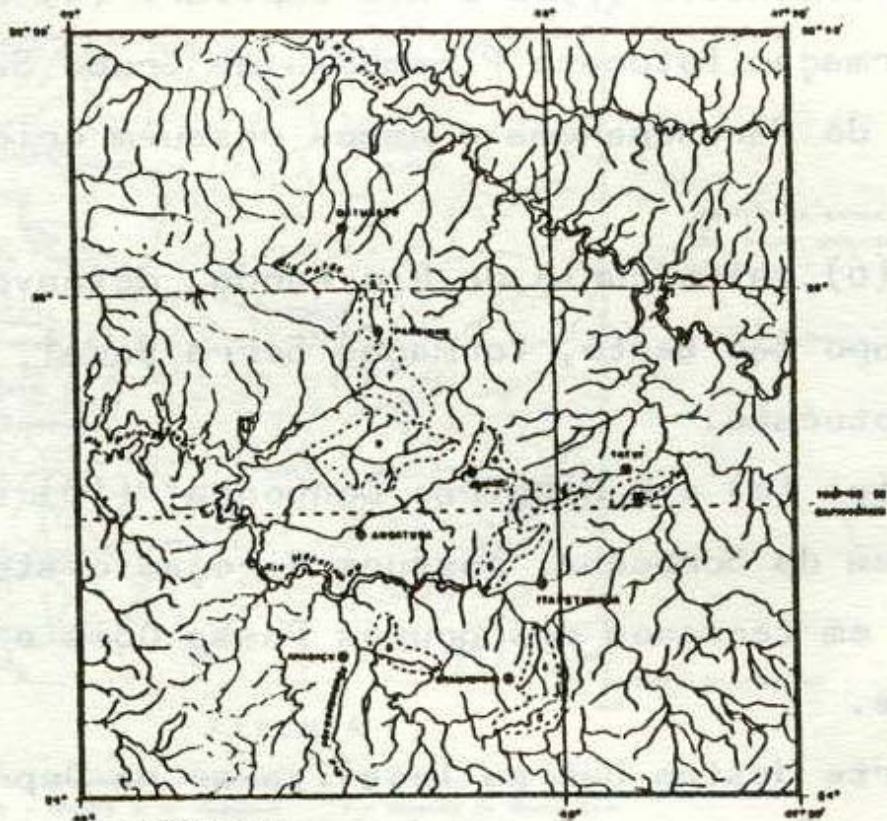
A área possui clima tropical úmido com verões quentes (médias entre 22°C e 23°C) e invernos frios (médios entre 15°C e 16°C) e relativamente longos. O total de pluviosidade está por volta de 1 300 mm dos quais 300 a 350 mm caem no semestre seco (abril a setembro). O mês mais seco (julho) possui pluviosidade de 20 mm e o mais chuvoso (janeiro) 225 mm. A diferença anual entre a chuva e a evapotranspiração potencial varia de 0 a 50 mm.

Grande parte da região é constituída de solos arenosos, permeáveis sobre os quais desenvolve-se uma vegetação de campos cerrados.

V- DADOS OBTIDOS

Obtidos os índices arenais da Densidade de Drenagem (Dd), Densidade Hidrográfica (Dh) e índice de circularidade (Ic), que compõem a tabela 1, procedemos a normalização dos valores reais entre zero e 1.0. Esta normalização fez-se necessária, pois, estávamos trabalhando em unidades de medida diferentes que, teoricamente, impossibilita o cálculo do índice de similaridade multidimensional (Gerardi, Nentwing Silva, 1981: 128).

BACIAS HIDROGRÁFICAS DA DEPRESSÃO PERIFÉRICA PAULISTA
(ÁREA SEDIMENTAR)



LEGENDA

- 1 - Rio Grande do Farnel
- 2 - Ribeirão dos Antos
- 3 - Ribeirão do Pichol
- 4 - Rio Quari
- 5 - Ribeirão do Passante
- 6 - Rio Preto
- 7 - Rio Santa Inês
- 8 - Rio Teal
- 9 - Rio Corvaal
- 10 - Ribeirão Comunal

DELIMITAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO
DESBORDA DO TERRITÓRIO DA ÁREA
SEDIMENTAR



Fonte : obra publicada no Estado de São Paulo
Instituto Geográfico e Estatístico - 1974.
Escala 1:1000 000

FIGURA 11

BACIAS FLUVIAIS DE ÁREA CRISTALINA

Nº	NOME	LITOLOGIA	MAGNITUDE	AREA Km ²	COTAS				
1	Afluente A do Coguassu		51	13.00	12.40	770	2.26	3.9	0.98
2	Afluente B do Coguassu		21	6.40	11.80	770	2.36	3.2	0.80
3	Ribeirão do Cognoeiro		53	6.00	950	750	2.29	4.2	0.88
4	Afluente do Rio do Conoeiro		19	4.50	900	750	3.19	6.7	0.63
5	Afluente A do Rio Juquerí		46	12.00	670	730	2.08	3.9	0.65
6	Afluente B do Rio Juqueri	Piritas	39	13.50	900	740	1.96	2.9	0.86
7	Ribeirão do Mario Azul	Granitos e magnetites	43	22.00	670	720	1.72	1.9	0.52
8	Rio dos Pedras	Granitos e magnetites	33	17.00	1000	740	1.63	1.9	0.52
9	Corrégo Engenno Seco	Granitos e magnetites	62	27.00	850	670	1.83	2.2	0.42
10	Ribeirão Pinaizinho	Granitos e magnetites	34	17.50	860	730	1.64	1.9	0.42

BACIAS FLUVIAIS DO AREA SEDIMENTAR

Nº	NOME	LITOLOGIA	MAGNITUDE	AREA Km ²	COTAS				
11	Riberão		46	83.0	740	610	1.07	0.55	0.33
12	Riberão		41	93.00	760	610	1.10	0.44	0.38
13	Riberão Bronce		44	117.00	760	605	0.90	0.37	0.51
14	Rio Guere		47	70.00	740	610	1.42	0.67	0.04
15	Ribeirao do Pescerio		59	39.00	700	590	2.19	1.51	0.39
16	Rio Pordo	Grupo São Benito	74	153.00	970	810	1.01	0.48	0.21
17	Rio Santo Inácio		46	157.00	880	590	0.91	0.29	0.31
18	Rio Tatuí		80	115.00	740	570	1.11	0.49	0.68
19	Rio Cepivor	Grupo	132	192.00	800	585	1.08	0.68	0.26
20	Riberão Congonho		79	53.00	880	530	1.47	1.44	0.42

TABELA 1

Posteriormente, aplicamos o índice, segundo a fórmula:

$$D = \sqrt{d^2}$$

Onde:

D: Índice de similaridade multidimensional

D: distância ou diferença entre valores de variáveis

Os valores obtidos foram agrupados numa matriz de similaridade (matriz de 1º estágio) onde o zero (da diagonal) corresponde à similaridade máxima.

Baseados nesta 1ª matriz, elaboramos mais 9 matrizes até atingidos o nível de similaridade mínima iguala 0.63, onde as 20 bacias fluviais analisadas foram agrupadas.

A partir de las 10 matrizes pudemos construir o dendograma, onde ficaram evidentes os grupamentos com os diferentes Graus de similaridade.

VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS

De modo geral, a litologia e a morfologia tiveram papel preponderante sobre os agrupamentos das bacias. Assim, os primeiros agrupamentos possíveis ocorreram em bacias da área sedimentar, terrenos do Grupo São Bento e Tubarão (bacias 16, 17, 11 e 19).

Na área cristalina, os primeiros agrupamentos possíveis ocorreram em bacias desenvolvidas em litologias semelhantes (granitos e migmatitos).

Ainda na área cristalina gerais são reforçadas pelo fato de que, na área cristalina o relevo é mais movimentado, as rochas mais impermeáveis, o excedente de água na superfície é maior, contribuindo assim, para valores de Dd e Dh maiores. Já na área sedimentar, as rochas são permeáveis, o relevo menos movimentado e o rigolito mais espesso o que possibilita maior infiltração. Além disso, a água excedente na superfície é menor pois, a evapotranspiração é maior.

As duas maiores discrepâncias referee-se às bacias 14 e 4, só agrupadas nos últimos estágios. Ao tentarnos verificar as causas deste discrepância, observamos que a bacia 14. Bacio do Rio Gareí, desenvolvida em terrenos sedimentares do Grupo Passa-Dois, Formação Corumbataí, apresentava índices de Dh e Dh mais ou menos semelhantes aos das outras bacias desenvolvidas em terrenos sedimentares e morfologia semelhantes, porém, chamou.nos

a atenção o baixo índice de circularidade 0.04. Provavelmente esta bacia tenha se adaptado ao sistema de diques basálticos locais.

A maior discrepância, foi sem dúvida, a bacia 4-Afluente do Riberão do Cachoerio, na área cristalina, em terrenos graníticos e de gnaisses y migmatitos. Seus valores de Dd e Dh são maiores e sua área á mais reduzida de todas as bacias analisadas no Planalto Cristalino, provavelmente pelo fato desta bacia ter suas cabeceiras na Serra do Japi, considerada grande destaque topográfico da região.

Estas observações levam-se a concluir que embora a litologia e a morfologia influenciem grandemente o agrupamento das bacias fluviais que são analisada sob o aspecto morfométricos é a semelhantes entre os índices de circularidade.

VII- BIBLIOGRAFIA

CESAR, A. L. (1977), Estudo de bacias hidrográficas a través de parâmetros morfométricos de análise areal. Dissertação de mestrado. Edição mimeografada, 149 páginas.

CHRISTOFOLETTI, A. (1970 a) Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas. Tese de Livre Docência. Edição mimeografada, F. F. C. L. de Rio Claro, 215 páginas.

CHRISTOFOLETTI, A. (1970 a) Análise hipsométrica de bacias de drenagem. Notícia Geomorfológico, 10 (19): 68-76.

CHRISTOFOLETTI, A. (1971) A correlação de variáveis para o estudo comparativo de bacias hidrográficas. Boletim Geográfico, 30 (224): 101/107.

GIRARADI, L. H. O. e SILVA, B. C. N. Quantificação em Geografia. DIFEL (1981), 161 páginas.

MACHADO, L. M. C. P.(1979) A estruturação hortoniana de bacias hidrográficas do Planalto e das escarpas da Sera do Mar, S. P. Dissertação de Mestrado. Edição mimeografiada, 215 páginas.