

FOTOINTERPRETAÇÃO DE AMOSTRAS CIRCULARES DA REDE DE DRENAGEM DOS SOLOS DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR - NÚCLEO CUNHA<sup>1</sup>

Ana Maria CONTE<sup>2,4</sup>  
Wolmar A. CARVALHO<sup>2</sup>  
Rui Marconi PFEIFER<sup>3</sup>  
Marco Aurélio NALON<sup>3</sup>

RESUMO

É apresentado o estudo de amostras circulares de 0,636 km<sup>2</sup> de redes de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha (São Paulo, Brasil). Utilizando-se processos fotointerpretativos, com o objetivo de verificar se os parâmetros da composição e do padrão de drenagem são significativos para caracterizar os solos da área de estudo, conclui-se que os parâmetros número e comprimento total de segmentos de rios, quando correlacionados com a ordem de ramificação, são sensíveis na diferenciação pedológica.

Palavras-chave: fotointerpretação, solos, amostras circulares.

ABSTRACT

It's presented the 0,636 km<sup>2</sup> circular samples study of the drainage network from soils of the "Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha" (São Paulo State, Brazil). Photointerpretative process were used in a study with the objective of to verify if the parameters of composition and drainage pattern was significant index for the differentiation of the soil units. It follows that the number and total length of stream segments parameters when correlated with the order of ramification was sensible to differentiation of soils.

Key words: photointerpretation, soils, circular samples.

1 INTRODUÇÃO

Para o planejamento do meio físico de uma área é neces-

sário o conhecimento dos solos ocorrentes, a fim de que se possa

- (1) Aceito para publicação em fevereiro de 1990.
- (2) Faculdade de Ciências Agrônomicas/UNESP. Caixa Postal, 237 - 18.600 - Botucatu, SP.
- (3) Instituto Florestal, SP. Caixa Postal, 1.322 - 01.051 - São Paulo, SP.
- (4) Bolsista da Fundação do Desenvolvimento Administrativo - FUNDAP.

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

adotar medidas conservacionistas compatíveis com as características das classes de solo e da avaliação de suas potencialidades. O emprego de fotografias aéreas do tipo vertical é um recurso valioso para levantamentos de solos, por aumentar o rendimento e precisão do mapeamento, através da combinação dos trabalhos de campo e de laboratório, com estudos de interpretação fotográfica.

Dentre os vários aspectos do terreno que são registrados nas fotografias aéreas, o padrão de drenagem é o que possui alta correlação com os solos, sendo o estudo da rede de drenagem que permite inferir sobre a relação Infiltração/Deflúvio (I/D) e as condições hidrológicas dos solos, em dado tipo climático, em função do relevo e das características internas e externas dos solos presentes.

Neste trabalho pretende-se selecionar áreas homogêneas quanto ao padrão de drenagem e verificar, através de amostras circulares de 0,636 km<sup>2</sup>, se os parâmetros da composição da rede (número, comprimento total, comprimento médio de segmento de rios e as razões de ramificação, de comprimento total e de comprimento médio) e do padrão de drenagem (densidade

de drenagem, frequência de rios, razão de textura média e classe de textura topográfica), são significativos para caracterizar as áreas selecionadas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O termo padrão de drenagem sugere um modelo que de acordo com a sua configuração recebe diferentes designações, por exemplo, padrão treliça (comparados aos ramos de uma videira) e padrão dendrítico (os rios que se distribuem à semelhança de um tronco, galhos e/ou ramos de uma árvore), sendo a maneira pela qual os cursos de água se arranjam ou se distribuem dentro de uma área de drenagem.

HORTON (1945) observa que modificações de estruturas ou distúrbios geológicos podem modificar o desenvolvimento de rios e vales em uma dada área, explicando assim os casos em que se notam um certo distanciamento no que diz respeito às leis dos números e dos comprimentos de rios, em condições normais de clima, geologia e solo.

VON ENGELN (1942) afirma que, praticamente, todos os padrões de drenagem conhecidos são respostas ou adaptações à estru-

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

tura geológica, mas poucos são os padrões de drenagem que indicam um desenvolvimento independente da estrutura geológica.

PARVIS (1950) classifica seis padrões de drenagem considerados básicos: dendrítico, treliça, radial, paralelo, anular e retangular. Classifica e descreve ainda, trinta tipos ou modelos, usando de algumas modificações desses seis padrões. O autor também se refere à facilidade com que esses padrões de drenagem podem ser observados e analisados em fotografias aéreas e a sua eficiência significativa para a fotointerpretação de solos e substratos rochosos.

TATOR (1954) afirma que os padrões de drenagem refletem o controle exercido pela estrutura e tipo de rocha subjacente e, segundo RAY (1963), as características da rede de drenagem são influenciadas pela espessura e a natureza do material exposto, onde o controle estrutural é mínimo. Nestas condições, o padrão de drenagem reflete as propriedades do manto de intemperismo e, por conseguinte, do solo. Segundo RICCI & PETRI (1965), em uma área onde se encontra um determinado tipo de rocha, oscilações no grau de controle da rede de drenagem pode significar variações na espessura do manto de intemperismo.

Para TATOR (1954), desvios ou anomalias de uma norma do padrão de drenagem regional, podem ser tão ou mais importantes para a interpretação, do que o próprio padrão de drenagem.

Segundo observações de PARVIS (1950), muitos cursos de água têm suas nascentes em substratos rochosos, cobertos com mantos espessos ou solos, nos quais os padrões de rios de ordem inferiores fornecem indícios de que esses solos ou substratos, podem ser reconhecidos através de fotointerpretação, sendo os rios de ordem mais elevadas, os que mostram a influência de controles estruturais.

Segundo LUEDER (1959), apenas a classificação do padrão de drenagem quanto ao tipo, como sugeriu PARVIS (1950), tem valor limitado, devendo ser adicionado ao seu estudo, a descrição de certas características variáveis dentro de cada padrão, e que podem indicar aspectos significantes do mesmo. Essas características são: grau de integração, densidade, grau de uniformidade, orientação, grau de controle, angularidade e ângulos de confluência.

Pesquisadores que têm estudado os sistemas fluviais, verificam que as redes de drenagem refletem certas características

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

dos materiais superficiais sobre os quais se desenvolvem. Assim, trabalham praticamente em bases descritivas, pois se preocupam em descrever as formas do relevo recente ou em identificar a natureza dos solos ou das rochas subjacentes, obtendo como resultado dessas descobertas, a descrição e classificação de muitos padrões de drenagem, sempre com a preocupação de relacioná-los com a natureza dos solos e dos substratos rochosos e/ou à presença de estruturas geológicas.

HORTON (1945) explica o desenvolvimento dos sistemas hidrográficos, bem como de suas bacias de drenagem, através de processos de erosão hídrica que, para um dado ambiente, dependem essencialmente das relações de infiltração e deflúvio. Assim, para um certo terreno há um escoamento sobre a superfície onde há a formação de um sulco, através de um volume de deflúvio de comprimento mínimo. Esse "comprimento crítico" é função de: velocidade do deflúvio, declive do terreno, capacidade de infiltração e resistência do solo à erosão. Para o autor, este último fator é o mais importante, no que diz respeito à erosão e que, em períodos longos, exerce influência primordial no desenvolvimento das bacias de drenagem e nos sistemas hidrográficos.

PARR & BERTRAND (1960), através de uma revisão sobre infiltração da água em solos, concluem que a velocidade de infiltração da água é governada, principalmente, pelas condições de cobertura do solo e de sua superfície e, posteriormente, pelas características internas do solo. SMITH & WISCHMEIER (1962) explicam que os mesmos fatores que aumentam a infiltração, reduzem o deflúvio e que a erosão é um processo do trabalho da energia fornecida pela queda da chuva e pelas diferenças de elevação do terreno sobre o qual se escoam o deflúvio.

Para LUEDER (1959), a melhor resposta para a análise da drenagem superficial é a que está ligada à relação infiltração/deflúvio. Esta é função da capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais presentes em uma área. Assim, em geral um padrão de drenagem bem desenvolvido indica a presença de materiais pouco permeáveis, enquanto que uma escassa rede de drenagem superficial é indício de boa permeabilidade e alta infiltração.

Playfair apud VON ENGELN (1942) desenvolve a lei das junções concordantes, isto é, afirma que os rios são responsáveis por seus vales, ao mesmo tempo que

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

estão em concordância com eles.

HORTON (1945), analisando a lei das junções concordantes, afirma que uma interpretação dos sistemas fluviais implica na consideração das relações I/D (Infiltração/Deflúvio) e nos processos de erosão pelas águas correntes. Embora tenha sido Playfair o pioneiro dessa observação, é Horton que dá uma interpretação quantitativa e ainda estabelece duas leis fundamentais que relacionam o número e comprimento de rios, às diversas ordens de ramificação da rede hidrográfica.

Gravelius apud HORTON (1945) estabelece o sistema europeu de classificação de rios em ordens. Assim, o rio principal ou tronco é chamado de 1ª ordem, seus tributários (afluentes) imediatos como de 2ª ordem e assim por diante, sendo que os tributários menores, não ramificados, são de ordem mais elevadas. HORTON (1945) inverte esta sequência de numeração, considerando os tributários não ramificados como sendo de 1ª ordem, atribuindo a ordem mais elevada ao rio principal, o que facilita a análise e comparação das redes de drenagem, já que somente são comparáveis entre si, os elementos da mesma ordem de ramificação. Este sistema é adotado, dentre outros autores, por STRAHLER (1952), MAXWELL

(1955), SCHUMM (1956), Coates apud STRAHLER (1957), CURTIS et alii (1965), FRANÇA (1968), MARCHETTI (1969), FADEL (1972), VASQUES FILHO (1972), LEÃO (1973), GEVAERD (1974), SOUZA (1975), KOPFLER (1976), DEMÉTRIO (1977), FREIRE (1977), CARVALHO (1981) e PFEIFER (1984).

HORTON (1945) conclui que a composição da rede de drenagem tem alto grau de significância hidrológica, enquanto o padrão isolado tem pouca significância hidrológica; reconhece ainda, que o padrão de drenagem é altamente significativo como indicação de controle geológico. O mesmo autor estabelece a lei dos números de rios que expressa a relação entre o número de rios de uma dada ordem e a ordem de ramificação, em termos de uma série geométrica inversa, onde a razão de ramificação é a base desta série. Também estabelece a lei dos comprimentos médios de rios que expressa a relação entre os comprimentos médios de rios, e as ordens de ramificação em termos de uma série geométrica direta, na qual o primeiro termo é o comprimento médio de 1ª ordem e cuja razão é a razão de comprimento médio.

MAXWELL (1955) retira de uma regressão linear do logaritmo dos números de rios (ordenadas) sobre as ordens de rios (abcis-

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

sa), uma linha reta com pouca dispersão. A equação linear é  $\log Nw = \log a - (\log b) w$ , onde  $w$  é a ordem dos segmentos de rios e  $Nw$  o número de segmento da ordem  $w$ , obtendo ainda a  $Rb$  ( $Rb = \text{anti-log } b$ ) como sendo a melhor expressão empírica da razão de ramificação ( $Rb$ ).

STRAHLER (1957) adapta a lei dos números de rios de Horton para comprimentos totais de rios, expressando a relação entre o comprimento total de rios de uma dada ordem de ramificação, em termos de uma série geométrica inversa, onde a razão de comprimento total é a base desta série. O mesmo autor, relacionando os logaritmos dos comprimentos totais dos rios às ordens de rios, obtém a regressão logarítmica, expressa pelas equações:

$$Lw = a \cdot w^{-b}$$

$$\log Lw = \log a - b \cdot \log w$$

onde:  $w$  é a ordem de segmentos de rios;  $Lw$  é a soma dos comprimentos de rios de determinada ordem;  $b$  é a inclinação da linha de regressão, fornecendo uma medida útil da variação dos comprimentos dos segmentos de rios ao se passar de uma ordem para outra. Para os dados combinados de seis bacias de 4ª ordem, o autor encontra o valor de  $b = 1,67$ .

FRANÇA (1968) obtém uma

regressão exponencial como medida de variação apresentada pelos comprimentos totais de rios das várias ordens e expressa pelas equações:

$$Lw = a \cdot b^{-w}$$

$$\log Lw = \log a - w \cdot \log b$$

onde, o  $b$  da regressão fornece um valor médio da variação dos comprimentos totais dos segmentos de rios, ao se passar de uma ordem para outra.

VASQUES FILHO (1972) ajusta para os comprimentos médios de rios, uma equação logarítmica  $\log Lm = \log a + w \cdot \log b$ , e também verifica a validade da equação  $R1 = \log^{-1} b$ , para a razão de comprimento médio ( $R1$ ). Para a razão de comprimentos totais a equação  $R1w = \text{antilog } b$ , que conduz a resultados significativos.

Para bacias em áreas montanhosas, HORTON (1945) encontra, para a razão de ramificação, valores que variam de 3,91 a 2,22 respectivamente.

Coates apud STRAHLER (1957) encontra valores para a razão de ramificação de rios, de 1ª ordem para 2ª ordem, variando de 4,0 a 5,1; razão de ramificação de rios, de 2ª para 3ª or-

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

dem variando, de 3,8 a 4,9; obtendo para os dados acumulados, o valor médio de 3,52 para a razão de ramificação.

FRANÇA (1968), estudando bacias de 4ª ordem, em quatro unidades de solo da região de Piracicaba, encontra valores para a razão de ramificação (Rb) que variam de 3,22 a 3,70. Para essas mesmas bacias, o autor encontra valores para razão de comprimento médio (Rl) variando entre 2,09 e 2,17 e para comprimentos totais (Rlw) valores entre 1,48 e 1,76.

ZINKE (1960) afirma que a densidade de drenagem é uma função da precipitação pluviométrica e da capacidade de infiltração, podendo ser considerada como uma descrição física quantitativa da bacia hidrográfica.

Para expressar em termos quantitativos o grau de desenvolvimento da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, HORTON (1945) propôs duas relações: a frequência de rios e a densidade de drenagem. Segundo o autor, a densidade de drenagem (Dd) é o comprimento total dos rios por unidade de área, sendo expressa pela equação:

$$Dd = Lt/A,$$

onde: Lt é o comprimento total de rios das diversas ordens e A é a área da bacia de drenagem, ambos expressos nas mesmas unidades.

Segundo o autor, a frequência de rios, F, é expressa pela equação:

$$F = N/A$$

onde: N é o número total de rios das diversas ordens e A a área da bacia de drenagem.

Para RAY (1963), há uma relação entre a densidade de drenagem em um dado ambiente climático e a resistência à erosão dos materiais presentes, ou seja, a resistência à erosão. Através de fotografias aéreas constata que folhelhos e outras rochas similares de granulação fina tendem a apresentar drenagem de textura fina, e que os arenitos, de granulação grosseira, apresentam textura mais grosseira, mas podem ocorrer exceções.

FRANÇA (1968) afirma que muitas dessas exceções são devidas à natureza dos solos que se desenvolvem sobre esses tipos de rochas.

HORTON (1945) e STRAHLER (1957) afirmam que a densidade de drenagem e a frequência de rios variam com o tamanho da área da

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

bacia, não podendo ser diretamente comparáveis, através dessas duas relações, as pequenas com as grandes bacias. Para STRAHLER (1957) é indispensável comparar bacias que tenham a mesma ordem de ramificação para que se obtenha dados significativos.

STRAHLER (1957), através do princípio da análise dimensional e semelhança geométrica, tenta elaborar um sistema de geomorfologia quantitativa e sugere que, se houver uma semelhança geométrica aproximada entre duas bacias, todas as medições de comprimento entre pontos correspondentes mantêm uma razão de escala fixa.

SMITH (1950) obtém uma relação, à qual denomina de razão de textura, para expressar o espaçamento entre canais de drenagem em mapas topográficos, podendo-se identificar os canais menores, normalmente não representados nos mapas topográficos, através das inflexões das curvas de nível. Assim, recomenda a escolha da curva de nível, com o maior número de inflexões e que se divida esse número pelo perímetro da bacia, obtendo a razão de textura, expressa pela fórmula:

$$T = N/P$$

onde: T é a razão de textura, N é o número de inflexões da curva de nível escolhida e P é o perímetro da bacia.

HOWE (1960), RAY (1963), RICCI & PETRI (1965), e FRANÇA (1968), considerando que os sistemas de drenagem podem ser melhor estudados em mapas básicos de drenagem obtidos pelo exame estereoscópico de fotografias aéreas, fazem a determinação da textura topográfica, considerando N como sendo o número total de rios da bacia.

SMITH (1950) propôs o uso do valor médio ponderado para caracterizar a textura topográfica de uma dada área como um todo, levando em conta o tamanho de cada bacia, através da fórmula:

$$T_m = (A.T) / A$$

onde:  $T_m$  é o valor médio ponderado da razão de textura topográfica, significa soma, A representa a área e T a razão de textura topográfica de cada bacia.

Levando-se em consideração que SMITH (1950) propôs parâmetros para classificação de textura topográfica e que esses parâmetros são referentes à comprimentos de perímetros expressos em milhas, FRANÇA (1968) propõe a equivalência referida a perímetro

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

expresso em quilômetros.

FRANÇA (1968) mostra que, quando aumenta a ordem de ramificação da rede de drenagem, há também um aumento da área da bacia. Ocorre variações das características quantitativas do padrão, com o aumento da razão de textura e diminuição da densidade de drenagem e da frequência de rios. Aumentando a área da bacia, o perímetro aumenta de um modo proporcionalmente menor.

RAY & FISCHER (1960), em mapas básicos de drenagem decalcados de fotografias aéreas, testam a significância da densidade de drenagem de bacias hidrográficas e amostras circulares de 10 km<sup>2</sup> para fins litológicos e concluem que determinações mais apuradas para qualquer tipo de rocha são obtidas em amostras circulares de 10 km<sup>2</sup>. FRANÇA (1968), aplicando para solos a metodologia preconizada por esses autores, obtém resultados significativos para a densidade de drenagem das amostras, apontando as seguintes vantagens deste tipo de amostragem:

a) uma vez que todas as medidas de comprimento de rios são de uma mesma área circular de 10 km<sup>2</sup>, elimina-se a influência da área,

b) pode-se deslocar a área circular de amostragem, dentro da área de ocorrência de uma unidade de solo, sem considerar os limites das bacias hidrográficas, procurando abranger unicamente, a maior proporção e a maior homogeneidade possíveis da unidade que está sendo amostrada.

MARCHETTI (1969), FADEL (1972), VASQUES FILHO (1972), LEÃO (1973) e GEVAERD (1974) confirmam as observações de FRANÇA (1968), ao estudarem redes de drenagem em diferentes unidades de solo através de amostras circulares de 10 km<sup>2</sup>.

SOUZA (1975) utiliza o método de amostragem circular, estendendo-o para os outros índices de drenagem, relacionados com área e perímetro (densidade de drenagem, frequência de rios, razão de textura topográfica), concluindo que todos eles podem ser utilizados, por evidenciar diferenças entre solos. Observa uma correlação linear altamente significativa entre densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura média, tanto em bacias hidrográficas quanto em amostras circulares. Mostra ainda que a área das amostras circulares pode variar conforme a área de ocorrência dos solos, não devendo ser fixo o valor de 10 km<sup>2</sup>,

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

concordando com BURINGH (1960), que já havia sugerido a amplitude de 10 a 100 km<sup>2</sup> para estudar a ocorrência e densidade de redes de drenagem, conforme a escala e o nível do estudo.

KOFFLER (1976) estuda imagens aerofotográficas em amostras circulares, nas escalas de 1:25.000 e 1:60.000, com áreas de 10 e 20 km<sup>2</sup>, respectivamente, estendendo o método ao nível orbital, para imagens SKYLAB e LANDSAT-1, na escala 1:500.000, testando a área de 100 km<sup>2</sup> para as amostras circulares.

DEMÉTRIO (1977) estuda a variação das características de redes de drenagem, em função da escala das fotografias aéreas verticais, utilizando com sucesso amostras circulares de 3 km<sup>2</sup>, 10 km<sup>2</sup> e 20 km<sup>2</sup>, respectivamente para as escalas 1:8.000, 1:25.000 e 1:60.000. O autor conclui que há uma tendência de aproximações dos valores de cada característica quantitativa, à medida que a escala das fotografias diminui, mas os índices de drenagem (densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura) diferem entre si nas escalas extremas, isto é 1:8.000 e 1:60.000.

FREIRE (1977) estudando as características da rede de drenagem de três solos, em bacias

de 3ª ordem e amostras circulares de 5 km<sup>2</sup> (escala 1:25.000), destaca a frequência de rios e a densidade de drenagem como as características quantitativas mais significativas para diferenciar unidades de solo. Observa também que, para a determinação desses índices de drenagem, os dados podem ser coletados em bacias hidrográficas ou amostras circulares, indiferentemente.

### 3 MATERIAL

Para este estudo utiliza-se a área do Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Cunha, que situa-se entre os paralelos 23º13'28" e 23º16'10" de latitude sul e os meridianos 45º02'53" e 45º05'15" de longitude W.Gr. Abrange uma área aproximada de 2.227,00 ha, no planalto do Paraitinga, na bacia do Rio Paraibuna (FIGURA 1).

O clima dessa região é do tipo Cwa, isto é, segundo Koppen, mesotérmico de inverno seco com temperaturas inferiores a 18°C no inverno e superiores a 22°C no verão. A precipitação no mês mais seco não ultrapassa 30 mm, sendo que a média anual fica entre 1100 a 1700 mm, com o período chuvoso se estendendo de setembro a março.

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

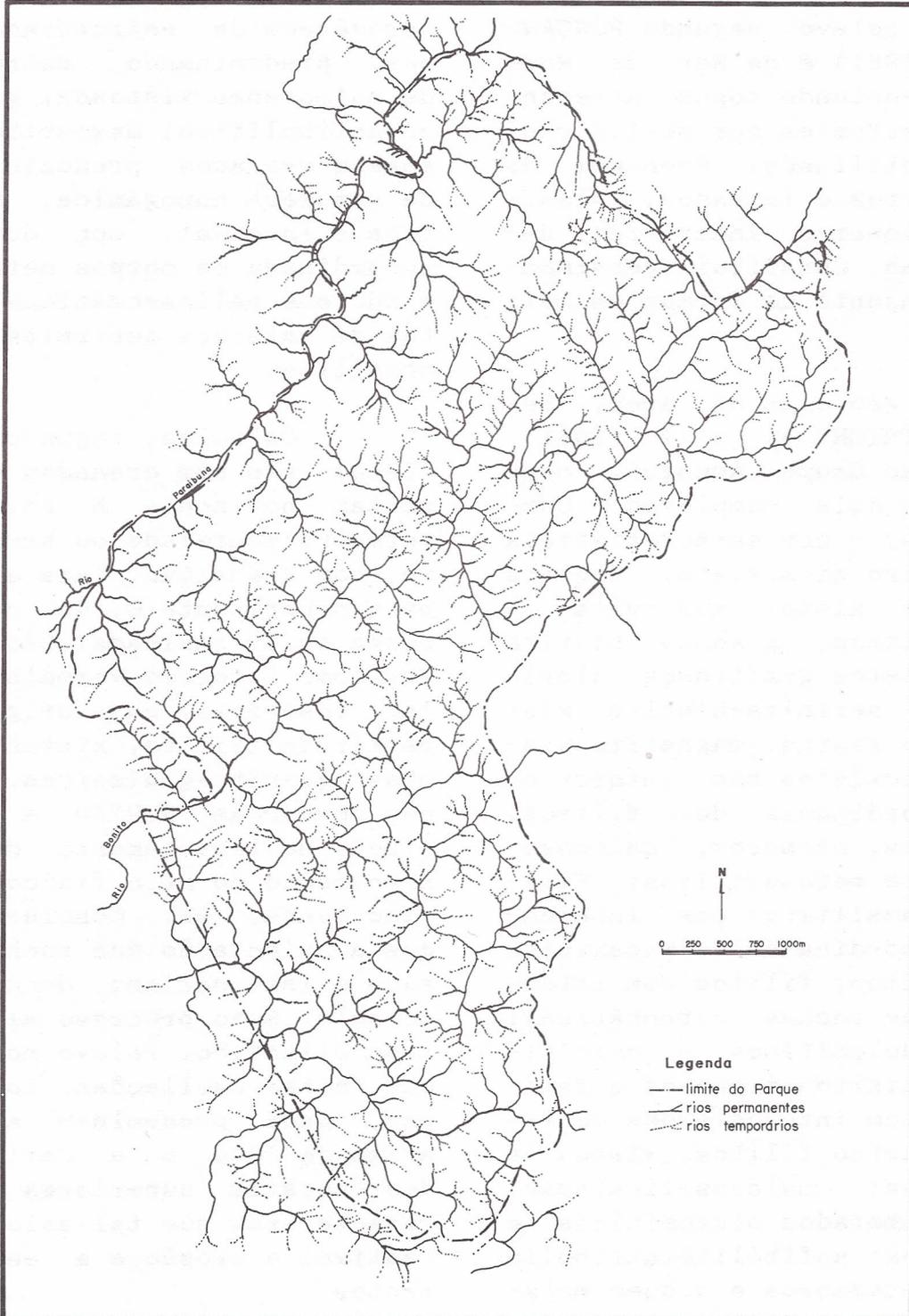


FIGURA 1 - Mapa da Rede de Drenagem do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha  
fonte: VILAS BOAS et alii (1986/88)

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

O relevo, segundo PONÇANO et alii (1981) é de Mar de Morros, apresentando topos arredondados e vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de vales abertos e fechados, planícies aluvionares interiores desenvolvidas. Constitui, geralmente, um conjunto de formas em meia laranja.

A geologia da área, segundo BISTRICHI et alii (1981), pertence ao Grupo Açungui, compreendendo dois complexos: Complexo Pilar - com características de - Quartzo mica xisto, biotita - quartzo xisto, muscovita - quartzo xistos, granada biotita xistos, xistos grafitosos, clorita xisto, sericita-biotita xistos, talco xistos, magnetita xistos e calcoxistos com intercalações subordinadas de filitos, quartizitos, mármore, calcossilicáticas e metassiltitos; filitos e metassiltitos com intercalações subordinadas de micaxistos e quartizitos; filitos com intercalações de rochas carbonáticas; mármore dolomítico e calcítico; quartizitos micáceos e feldspáticos com intercalações de filitos, quartzo filitos, xistos e metarcosios; calcossilicatadas, metaconglomerados olegomíticos e polimíticos; anfibólito, anfibólio xistos, metagabros e diques metabasíticos de caráter variado e, ao Complexo Embu - Migmatitos he-

terogêneos de estruturas variadas, predominando estromatitos de paleossoma xistosos, gnaíssico ou anfibolítico; magmatitos homogêneos variados predominando os de natureza homogâmica, oftalmítica e facoidal, com ocorrência subordinada de corpos metabásicos e núcleos paliossomáticos restritos de natureza quartzita e calcossilita.

Os solos, segundo BRASIL (1960), são bem drenados e apresentam horizonte B normalmente vermelho amarelado ou bruno forte, com transição clara e gradual para o horizonte C, de coloração rósea ou avermelhada. São mapeados como Latosolo Vermelho-Amarelo - fase rasa; cuja origem é a partir de filitos, xistos e rochas granito-gnaíssicas. Com o que concordam FURIAN & PFEIFER (1986) no levantamento de reconhecimento do meio físico do núcleo Cunha, SP. Concluem ainda que a orientação das rochas favorece o intemperismo, dando origem ao solo. Este processo aliado ao tipo climático, relevo montanhoso com fortes oscilações topográficas, onde predominam altitudes acima de 1000 m e declividades das encostas superiores a 15°, caracterizam que tal solo é susceptível a erosão e a escorregamentos.

São utilizadas 12 amo-

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

tras circulares de 0,636 km<sup>2</sup> de área e 2,826 km de perímetro.

Para as medições de comprimento de rios, é utilizado o curvímetro Derby.

#### 4 MÉTODO

No estudo das redes de drenagem considera-se todas as vias de drenagem bem definidas, levando-se em considerações, tanto os cursos de água permanentes como os temporários, conforme LUEDER (1959). Considera-se também a presença ou ausência de depressões fechadas ou pequenas lagoas, elementos indicadores do grau de integração da rede de drenagem.

De acordo com BURINGH (1960), são analisados separadamente e/ou em combinação, os elementos das redes de drenagem. São ainda reunidos em dois grupos, conforme sua natureza, referentes à composição da rede de drenagem e ao padrão de drenagem.

Os elementos de composição das redes de drenagem estudados são os seguintes:

a) ordem de ramificação - os segmentos de rios ou canais de drenagem são classificados com base na ordem de ramificação, segundo sistema de HORTON

(1945), modificado por STRAHLER (1957), designando-se a ordem, genericamente, com a letra w;

b) número de segmentos de rios - são contados os segmentos de cada ordem e o número total para cada amostra, sendo designado respectivamente Nw e N.

Para os dados observados em cada amostra estudada, são calculados o número de segmentos de rios de cada ordem de ramificação e o número total, através da:

- média aritmética em relação às amostras estudadas;
- equação ajustada por MAXWELL (1955):

$$\log Nw = \log a - w \cdot \log b;$$

- razão de ramificação (Rb) calculado segundo MAXWELL (1955):

$$Rb = \text{antilog } b.$$

c) comprimentos totais de rios - são medidos os comprimentos dos segmentos de rios de cada ordem e o comprimento total da amostra, representados por Lw e Lt, respectivamente. Para os valores observados em cada amostra estudada são calculados os valores médios do comprimento total de segmentos de rios em cada ordem e o comprimento total segundo:

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

- média aritmética em relação às amostras estudadas;

- equação ajustada por FRANÇA (1968)

$$\log Lw = \log a - w \cdot \log b;$$

- razão de comprimento total (Rlw) segundo FRANÇA (1968) onde

$$Rlw = \text{antilog de } b \text{ da equação};$$

- lei dos comprimentos de rios enunciada por HORTON (1945) e modificada por STRAHLER (1957);

d) comprimento médio de rios - designado por  $L_m$ ; são obtidos pela divisão da soma dos comprimentos de rios de cada ordem ( $L_w$ ), pelo número de segmento da respectiva ordem ( $N_w$ ).

Também é calculado para cada amostra estudada, o valor médio dos comprimento de segmentos de rios em cada ordem, através de :

- média aritmética em relação às amostras estudadas;

- equação ajustada por VASQUES FILHO (1972)

$$\log L_m = \log a + w \cdot \log b;$$

- razão de comprimento médio ( $R_l$ ), segundo VASQUES FILHO (1972), onde  $R_l = \text{antilog de } b$  da equação.

São estudadas as seguintes características quantitativas

do padrão de drenagem:

a) densidade de drenagem - calculada através da relação entre o comprimento total de rios da amostra e sua área, segundo HORTON (1945), designada por  $D_d$ ;

b) freqüência de rios - calculada através da relação entre o número total de rios da amostra e sua área, segundo HORTON (1945), designada de  $F$ ;

c) razão de textura - calculada para todas as amostras, segundo a definição de SMITH (1950), modificada por FRANÇA (1968) e obtida através da relação entre o número total de rios da amostra e o seu perímetro, designada por  $T$ ;

d) textura topográfica - baseada na média aritmética da razão da textura das amostras circulares, que permite a classificação quanto à textura topográfica, segundo a proposição de SMITH (1950), adaptada por FRANÇA (1968), indicada na TABELA 1.

Finalmente, para realizar as regressões do número de segmento de rios, comprimento de rios e comprimento médio de segmentos de rios é necessário somar 1, à todos os dados, pelo fato de

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

TABELA 1 - Parâmetros para classificação da textura topográfica com base nos valores da razão de textura média.

Classe de textura topográfica	Razão de textura média	
	Perímetro expresso em milhas	Perímetro expresso em quilômetros
Grosseira	abaixo 4	abaixo 2,5
Média	4 a 10	2,5 a 6,2
Fina	acima 10	acima 6,2

que, em várias amostras, não aparecer rios de 4ª ordem e por tratar-se de análise monologarítmica.

As relações funcionais entre as características quantitativas das redes (frequência de rios, densidade de drenagem e razão de textura) são obtidas através de regressão linear simples, segundo a equação  $y = a + b \cdot x$ , coeficiente de correlação ( $r$ ), coeficiente de determinação ( $r^2$ ), Teste "t" para "b" ( $t_b$ ) e Teste "F" para regressão.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras estudadas correspondem, respectivamente, as áreas A, B e C (FIGURAS 2, 3 e 4), cada uma composta de quatro

amostras circulares, de acordo com FREIRE (1977) e DEMETRIO (1977). Os resultados obtidos estão demonstrados nas TABELAS 2, 3 e 4.

Tais tabelas permitem constatar que as áreas A, B e C apresentam diferenças mais acentuadas quanto ao número total de segmento de rios, seguido do comprimento total e menos acentuada quanto ao comprimento médio. As diferenças do comportamento hidrológico dos solos são refletidas através da composição da rede, que apresenta maior número, maior comprimento total e comprimento médio de segmentos de rios, para a área B; menores para C e intermediárias para a área A. Isto, provavelmente, possa corresponder a solos com profundidade e relações infiltração/deflúvio (I/D) crescentes, nas seguintes proporções  $B < A < C$ , concordando

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

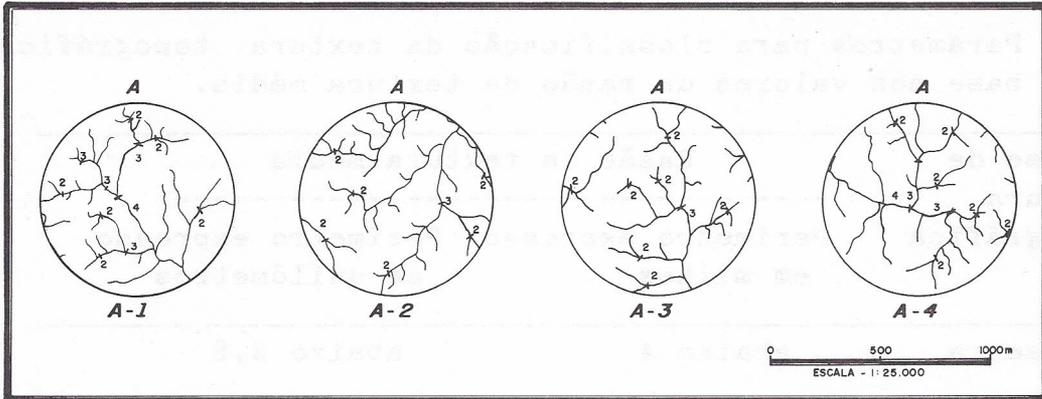


FIGURA 2 - Amostras Circulares (0,636 Km<sup>2</sup>) representativas da Área A.

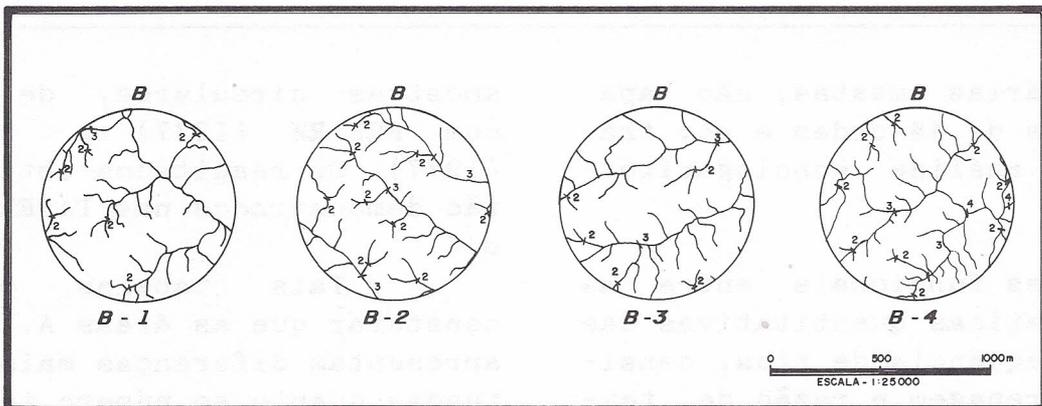


FIGURA 3 - Amostras Circulares (0,636 Km<sup>2</sup>) representativas da Área B.

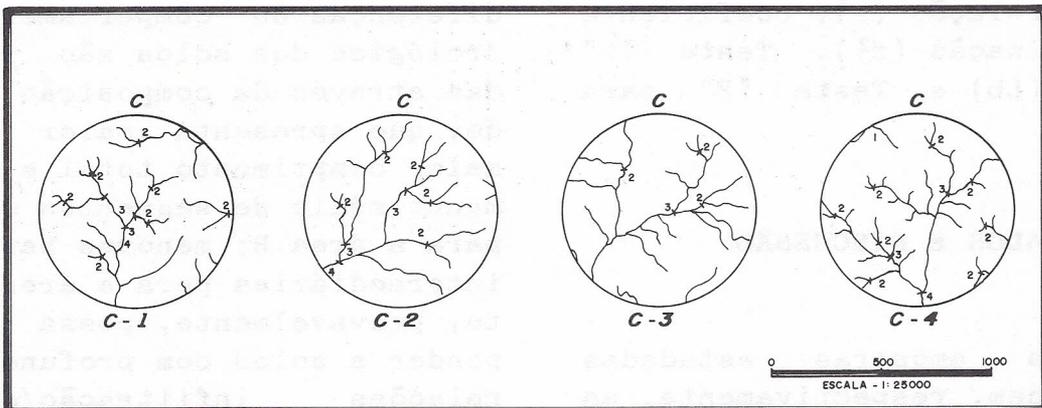


FIGURA 4 - Amostras Circulares (0,636 Km<sup>2</sup>) representativas da Área C.

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

TABELA 2 - Características dimensionais das amostras circulares representativas das áreas A, B e C (Área = 0,636 km<sup>2</sup> e Perímetro = 2,826 km)

Amostras	Número de segmento de rios em cada ordem Nw				TOTAL N	Comprimento de rios em Km em cada ordem Lw				TOTAL (Km) Lt	
	1a	2a	3a	4a		1a	2a	3a	4a		
Area											
Circulares											
A	A1	31	7	3	1	42	3,3	1,3	0,5	0,50	5,6
	A2	33	6	1	0	40	3,2	2,2	0,4	-	5,8
	A3	29	7	1	0	37	3,0	1,7	0,4	-	5,1
	A4	28	6	2	1	37	3,7	1,0	0,5	0,40	5,6
TOTAL		121	26	7	2	156	13,2	6,2	1,8	0,90	22,1
B	B1	34	7	1	0	42	3,3	1,5	1,0	-	5,8
	B2	36	9	3	0	48	3,5	1,8	1,0	-	6,3
	B3	34	5	1	0	40	3,8	1,5	0,8	-	6,1
	B4	47	9	2	1	59	4,2	2,0	1,0	0,20	7,4
TOTAL		151	30	7	1	189	14,8	6,8	3,8	0,20	25,60
C	C1	24	7	2	1	34	2,8	1,0	0,2	0,30	4,30
	C2	16	5	2	1	24	1,2	1,2	0,5	0,08	4,18
	C3	18	3	1	0	22	0,8	0,8	0,4	-	4,20
	C4	31	8	2	1	42	1,5	1,5	0,8	0,05	5,15
TOTAL		89	23	7	3	122	6,3	4,5	1,9	0,43	17,83

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

TABELA 3 - Comprimento médio de segmentos de rios em km em cada ordem de ramificação (Lm) e o total pelas áreas A, B e C das redes de drenagem de amostras circulares.

Area	Amostras	Ordens				TOTAL
	Circulares	1ª	2ª	3ª	4ª	
A	A 1	0,10	0,18	0,17	0,50	0,95
	A 2	0,10	0,37	0,40	-	0,87
	A 3	0,10	0,24	0,40	-	0,74
	A 4	0,13	0,16	0,25	0,40	0,94
TOTAL		0,43	0,95	1,22	0,90	3,50
B	B 1	0,10	0,21	1,00	-	1,31
	B 2	0,10	0,20	0,33	-	0,63
	B 3	0,11	0,30	0,80	-	1,21
	B 4	0,09	0,22	0,50	0,20	1,01
TOTAL		0,40	0,93	2,63	0,20	4,16
C	C 1	0,120	0,14	0,10	0,30	0,660
	C 2	0,075	0,24	0,25	0,08	0,645
	C 3	0,044	0,26	0,40	-	0,700
	C 4	0,048	0,19	0,40	0,05	0,688
TOTAL		0,287	0,83	1,15	0,43	2,693

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

TABELA 4 - Equações ajustadas para número, comprimento total e comprimento médio de segmentos de rios para amostras circulares das áreas A, B e C; coeficiente de correlação (r); coeficiente de determinação ( $r^2$ ); teste t para b (tb) e teste F para regressão; razões de ramificação, comprimento total e comprimento médio.

Area	Equação	r	$r^2$	tb	F	Rb
A	$\log Nw=1,8558-0,4484w$	-0,9664	0,9339	-14,0763**	198,4200**	2,81
B	$\log Nw=2,0069-0,5027w$	-0,9733	0,9473	-15,8824**	252,2480**	3,18
C	$\log Nw=1,6449-0,3758w$	-0,9472	0,8972	-11,0532**	122,1720**	2,38
						----
						R1w
A	$\log Lw=0,7948-0,1903w$	-0,9476	0,8979	-11,1006**	123,2230**	1,55
B	$\log Lw=0,8761-0,2094w$	-0,9854	0,9710	-21,6915**	470,5140**	1,62
C	$\log Lw=0,5349-0,1215w$	-0,8676	0,7527	-6,5304**	42,6466*	1,32
						----
						R1
A	$\log Lm=0,0499+0,0131w$	0,2790	0,0778	4,8617*	-0,0422n.s.	1,03
B	$\log Lm=0,0768+0,0059w$	0,0775	0,0060	1,3007n.s.	-0,0030n.s.	1,01
C	$\log Lm=0,0496-0,0063w$	0,1567	0,0245	2,6543n.s.	-0,0121n.s.	1,01

(\*) significativo à nível de 5%.

(\*\*) significativo à nível de 1%.

n.s. não significativo.

com RICCI & PETRI (1965).

Os resultados específicos da TABELA 4, demonstram concordância com os propósitos de MAXWELL (1955), FRANÇA (1968) e VASQUES FILHO (1972).

As equações de regressão do número de segmentos de rios e comprimento total de rios para as

ordens de ramificação mostram-se bem ajustadas, à nível de 99%, como se pode notar pelos testes t para b e F. Os coeficientes de correlação (r) dessas variáveis indicam haver uma ótima correlação entre as mesmas, concordando com MAXWELL (1955) e FRANÇA (1968). Por outro lado, a equação de regressão do comprimento médio de rios, para ordens de ramifica-

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

ção, não se ajusta aos dados observados, conforme os resultados dos testes  $t$  (aplicados ao  $\log b$ ) e  $F$  da análise de regressão, não significativos, que não permitem a utilização de tal equação para estimativa do parâmetro comprimento médio, discordando da proposta de VASQUES FILHO (1972).

Portanto os valores de números, comprimento total e comprimento médio das TABELAS 2 e 3 e as suas respectivas razões ( $R_b$ ,  $R_{lw}$  e  $R_l$ ) da TABELA 4, indicam diferenças de comportamento hidrológico entre as áreas. A significância das regressões para o número e o comprimento total de rios, em relação às ordens de ramificação, indicam que as redes de drenagem seguem as Leis de HORTON (1945) e de STRAHLER (1957), respectivamente, sugerindo que os solos estão em equilíbrio com o meio ambiente e, praticamente, com ausência de erosão influenciada pela ação antrópica, em áreas de vegetação natural do Parque. A não significância das regressões para comprimento médio de segmentos de rios deve estar correlacionada com a ocorrência de controles litológicos, estrutural e topográfico a que está sujeita a rede de drenagem. Este fato sugere uma interdependência desses fatores com os solos que, provavelmente, devem ser menos profundos para a área B. Na tabe-

la 4 pode-se observar o maior valor de  $R_b$  e  $R_{lw}$  para a área B, o menor valor para a área C e valores intermediários para a área A ( $B > A > C$ ).

A importância dessas razões residem no fato de que através delas, pode-se restituir a rede de drenagem, aplicando-se as leis de HORTON (1945), para número e comprimento médio de segmento de rios; de STRAHLER (1957), para comprimento total de rios, possibilitando comparações e diferenciações do comportamento hídrico do solo, pois refletem a relação  $I/D$ . A razão de comprimento médio ( $R_l$ ), não permite uma diferenciação entre as unidades de mapeamento das áreas A, B e C.

Na TABELA 5 apresenta-se as características quantitativas dos padrões de drenagem e as classes de textura topográfica das amostras circulares representativas das áreas A, B e C.

Assim, a frequência de rios ( $F$ ) e a densidade de drenagem ( $D_d$ ) são indicativas da diferenciação dos solos, concordando com as observações de HORTON (1945), RAY & FISCHER (1960) e FRANÇA (1968), já que esses dois parâmetros caracterizam as redes de drenagem, pois relacionam comprimento total e número total de segmentos de rios com a área da

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

TABELA 5 - Características quantitativas dos padrões de drenagem e as classes de textura topográfica das amostras circulares representativas das áreas A, B e C.

Características Quantitativas observadas	A				B				C			
	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
Frequência de rios (F)	66,0	62,9	58,2	58,2	66,0	75,5	62,9	92,8	53,5	37,7	34,6	66,0
Frequência de rios médios (Fm)		61,3				74,3				48,0		
Erro padrão da média		3,3				11,6				12,6		
CV%		10,8				31,3				52,8		
Densidade de drenagem (Dd)	8,8	9,1	8,0	8,8	9,1	9,9	9,6	11,6	6,8	6,6	6,6	8,1
Densidade de drenagem média (Ddm)		8,7				10,1				7,0		
Erro padrão da média		0,4				0,9				0,6		
CV%		9,4				18,7				17,8		
Razão de textura (T)	14,9	14,2	13,1	13,1	14,9	17,0	14,2	20,9	12,0	8,5	7,8	14,9
Razão de textura média (Tm)		13,8				16,8				10,8		
Erro padrão da média		0,8				2,6				2,9		
CV%		11,1				31,1				52,8		
Classe de text. topográfica*		a				a				a		

(\* ) a = Textura fina

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

amostra estudada.

Os valores da densidade de drenagem e frequência de rios (TABELA 5) da área C, se comparada a A e a B, é a menor, conferindo a essa área uma melhor drenagem interna do perfil, bem como uma melhor permeabilidade, resultando em drenagem, comparativamente, com menos rios de 1ª ordem. Já para a área B, valores superiores de densidade comprovam uma menor relação I/D (Infiltração/Deflúvio), conferindo-lhe características de solos menos profundos, o que concorda com HORTON (1945). A área A, com valores intermediários de densidade de drenagem e frequência de rios, provavelmente deve possuir solos com características intermediárias entre as encontradas para as áreas B e C. Os valores de razão de textura permitem classificar as amostras segundo suas classes de textura topográfica, sendo que todas as áreas encontram-se classificadas na classe de textura topográfica fina, o que confere às três áreas, provavelmente, um mesmo comportamento hidrológico, concordando com Furian & Pfeifer apud VILAS BOAS et alii (1986/1988). Portanto, os valores apresentados mostram-se suficientemente bons, para caracterizar as texturas de drenagem ou topográfica das áreas estudadas, através da proposição de SMITH

(1950) e FRANÇA (1968), porém não diferenciam as áreas estudadas, comprovando as observações de FREIRE (1977).

Verifica-se para as três áreas que os coeficientes de variação, para todos os parâmetros analisados, são altos, decorrentes da utilização de amostras circulares com pequenas áreas (0,636 km<sup>2</sup>) permitindo uma maior proporção e menor homogeneidade entre os parâmetros estudados.

Na TABELA 6 são registradas as relações funcionais entre parâmetros do padrão de drenagem, obtidas para as áreas A, B e C e relações gerais englobando as três áreas; coeficiente de correlação (r), coef. de determinação (r<sup>2</sup>), teste t para b (tb) e teste F para a regressão, onde pode-se constatar que a maior correlação observada é entre os parâmetros razão de textura (T) e frequência de rios (F) para todas as áreas. Os valores do coeficiente de correlação são da ordem de 0,9999, para as áreas A, B e C, mostrando um alto grau de interdependência entre esses dois parâmetros. Essa alta correlação é devida ao fato de existir uma relação constante entre área e perímetro das amostras circulares. Observa-se também que há uma correlação não significativa entre

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

TABELA 6 - Equações ajustadas para densidade de drenagem, frequência e razão de Textura para amostras circulares das áreas A, B e C; coeficiente de correlação (r); coeficiente de determinação ( $r^2$ ), teste t para b (tb) e teste F para regressão.

Area	Equação	r	$r^2$	tb	F
A	Dd=4,5196+0,0678* F	0,5493	0,3017	6,1575**	-0,2161n.s.
	Dd=4,5975+0,2950* T	0,5532	0,3060	1,4389n.s.	-0,2205n.s.
	T= 0,3593+0,2313* F	0,9999	0,9998	120,1700**	-711375,0000**
B	Dd=4,3654+0,0765* F	0,9485	0,8996	98,6587**	-4,4851n.s.
	Dd=4,3250+0,3418* T	0,9489	0,9004	22,1873**	-4,5229n.s.
	T =0,1108+0,2240* F	0,9999	0,9998	7798,3100**	-2786250,0000**
C	Dd=4,9129+0,0440* F	0,8899	0,7919	69,862**	-1,9038n.s.
	Dd=4,9042+0,1964* T	0,8947	0,8005	16,1611**	-2,0066n.s.
	T=-0,0123+0,2255* F	0,9999	0,9998	3320,5500**	-430766,0000**
ABC	Dd=3,1508+0,0888* F	0,9244	0,8545	392,0740**	-2,9391n.s.
	Dd=3,1461+0,3942* T	0,9255	0,8565	89,0920**	-2,9860n.s.
	T=-0,0031+0,2254* F	0,9999	0,9998	2166270,0000**	-885147,0000**

(n.s.) não significativo.

(\*) significativo a nível de 5%.

(\*\*) significativo a nível de 1%

densidade de drenagem (Dd) com frequência de rios (F) e razão de textura (T) para todas as áreas. Quanto às equações gerais para as três áreas, nota-se que as mesmas não estão ajustadas para densidade de drenagem (Dd) x frequência de rios (F) e densidade de drenagem (Dd) x razão de textura (T), exceto a correlação - razão de textura (T) x frequência de rios (F) que se apresenta bem ajustada e com si-

gnificância à nível de 1%, comprovando as conclusões de SOUZA (1975).

A FIGURA 5 mostra que os índices Dd x F e Dd x T, permitem uma identificação das áreas estudadas através dos respectivos posicionamentos ao longo da reta de regressão. Estas posições indicam que a relação Infiltração/Deflúvio é crescente na seguinte ordem: B < A < C. Já a FIGURA 6, da relação funcional

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

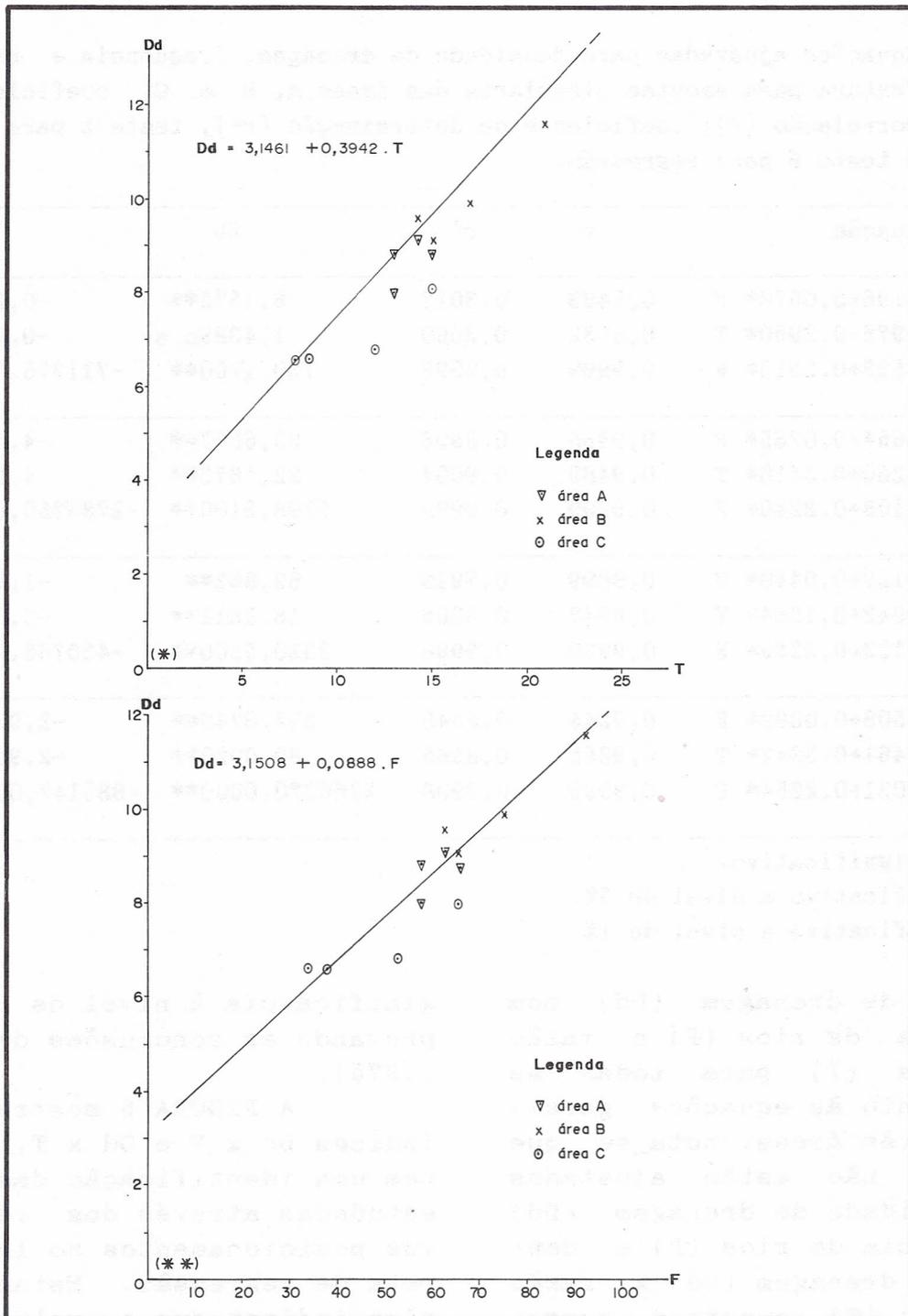


FIGURA 5 - Relações funcionais entre densidade de drenagem e razão de textura (\*) e densidade de drenagem e frequência de rios (\*\*), parâmetros que caracterizam o padrão de drenagem das amostras circulares das áreas A, B e C.

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

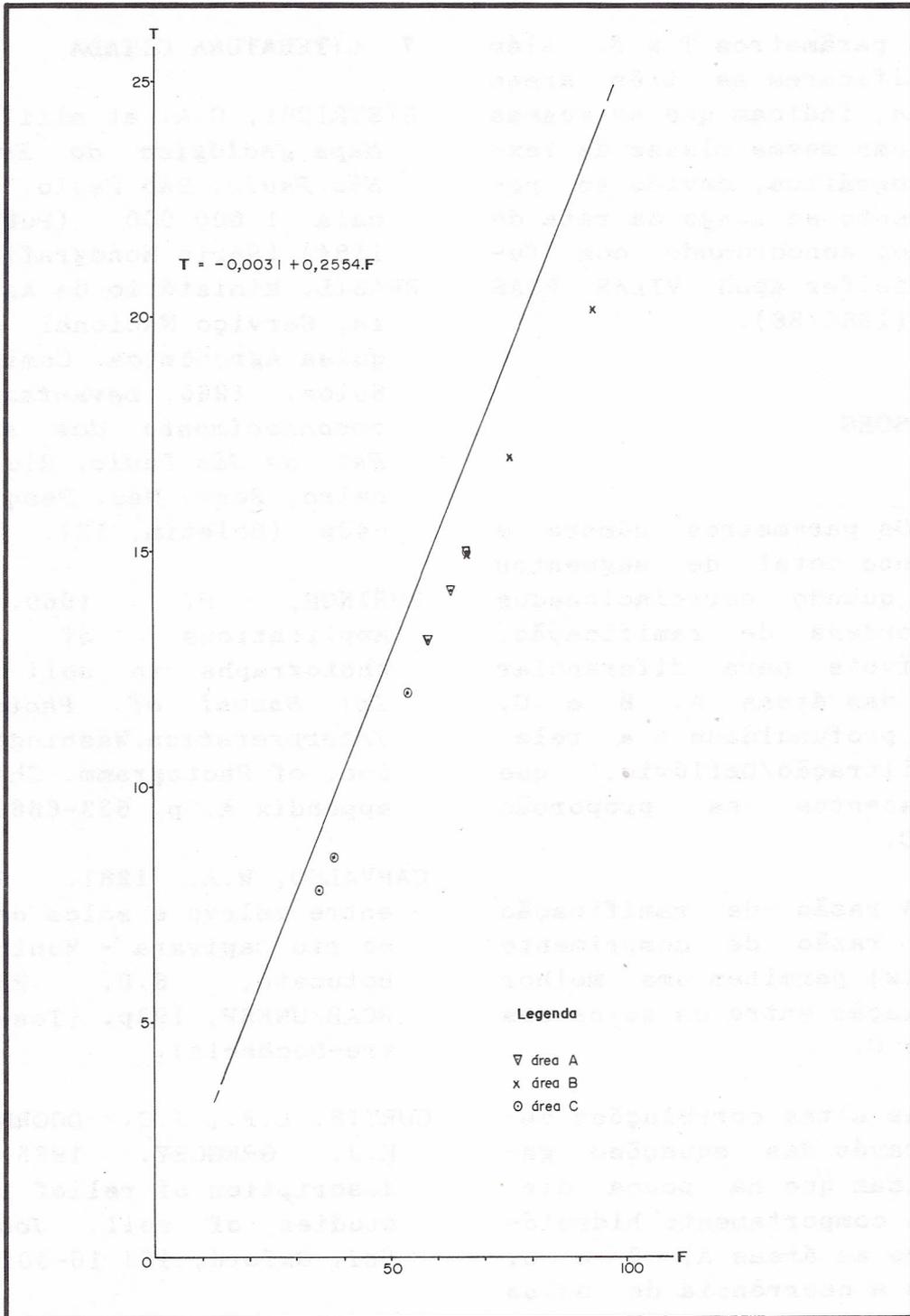


FIGURA 6 - Relações funcionais entre razão de textura e frequência de rios, parâmetros que caracterizam o padrão de drenagem das amostras circulares das áreas A, B e C.

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

entre os parâmetros T x F, além de identificarem as três áreas estudadas, indicam que as mesmas possuem uma mesma classe de textura topográfica, devido ao posicionamento ao longo da reta de regressão, concordando com Furian & Pfeifer apud VILAS BOAS et alii (1986/88).

## 6 CONCLUSÕES

Os parâmetros número e comprimento total de segmentos de rios, quando correlacionados com as ordens de ramificação, são sensíveis para diferenciar os solos das áreas A, B e C, quanto a profundidade e a relação Infiltração/Deflúvio, que são crescentes na proporção  $B < A < C$ .

A razão de ramificação (Rb) e a razão de comprimento total (Rlw) permitem uma melhor diferenciação entre os solos das áreas B e C.

As altas correlações obtidas através das equações gerais indicam que há pouca distinção do comportamento hidrológico entre as áreas A, B e C, sugerindo a ocorrência de solos semelhantes em todas as áreas.

## 7 LITERATURA CITADA

- BISTRICHI, C.A. et alii. 1981. *Mapa geológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, IPT. Escala 1:500.000 (Publicação, 1184) (Série Monografias, 6).
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Serviço Nacional de Pesquisa Agrônômica. Comissão de Solos. 1960. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Est. de São Paulo*. Rio de Janeiro, Serv. Nac. Pesq. Agrôn. 643p. (Boletim, 12).
- BURINGH, P. 1960. The applications of aerial photographs in soil surveys *In: Manual of Photographic Interpretation*. Washington. Am. Soc. of Photogramm. Chap. 11, appendix A, p. 633-666.
- CARVALHO, W.A. 1981. Relações entre relevo e solos da bacia do rio Capivara - Município de Botucatu, S.P. Botucatu, FCAB/UNESP, 193p. (Tese de Livre-Docência).
- CURTIS, L.F., J.C. DOORNKAMP & K.J. GREGORY. 1965. The description of relief in field studies of soil. *Jour Soil Sci.* Oxford, 16: 16-30.
- DEMÉTRIO, V.A. 1977. Variação de característica da rede de drenagem em função da escala

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

- das fotografias aéreas verticais. Piracicaba, ESALQ/USP, 107 p. (Dissertação de Mestrado).
- FADEL, H. 1972. Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da fazenda Ipanema, Município de Aracoiaba da Serra (SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 92 p. (Dissertação de Mestrado)
- FRANÇA, G.V. de. 1968. Interpretação Fotográfica de Bacias e Redes de Drenagem aplicada a solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 151 p. (Tese de Doutorado).
- FREIRE, J.C. 1977. Fotointerpretação de Redes de Drenagem de Três solos da Região de Alinópolis, Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 136 p. (Tese de Doutorado).
- FURIAN, S.M. & PFEIFER, R.M. 1986. Levantamento de reconhecimento do meio físico do núcleo Cunha, *Bol. Téc. IF*, São Paulo, 40 (2): 183-193.
- GEVAERD, I. 1974. Parâmetros fotoanáliticos de três unidades de solo da região nordeste paranaense. Piracicaba, ESALQ/USP, 110 p. (Dissertação de Mestrado).
- HORTON, R.E.. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull. Geol. Soc. Am.*, Colorado, 56: 275-370.
- HOWE, R.H.L. 1960. The application of aerial photographic interpretation to the investigation of hidrologic problems. *Photogramm. Engng.*, Washington, 26: 95.
- KOFFLER, N.F. 1976. Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo de padrão de drenagem em solos originados do arenito bauru. São José dos Campos, INPE, 150 p. (Tese de Mestrado).
- LEÃO, S.R.F. 1973. Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvidos em dois solos do Distrito Federal. Piracicaba, ESALQ/USP, 110 p. (Tese de Mestrado).
- LUEDER, D.R. 1959. *Aerial photographic interpretation: principles and applications.* New York, McGraw-Hill, Book Co. Inc. 462 p.
- MARCHETTI, D.A.B. 1969. Fotointerpretação de atributos do relevo aplicada a solos da

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

- região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 58 p. (Tese de Doutorado).
- MAXWELL, J.C. 1955. The bifurcation ratio in Horton's law of stream number (abstract). *Trans Amer Geophys. Union*, Washington, 36: 520.
- PARR, J.F. & A.R. BERTRAND. 1960. Water infiltration into soils. *Adv. Agron.*, New York, 12: 311-363.
- PARVIS, M. 1950. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogramm. engng.*, Washington, 16: 387-409.
- PFEIFER, R.M. 1984. Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem dos solos do Parque Estadual da Ilha do Cardoso, (SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 90 p. (Dissertação de Mestrado).
- PONÇANO, W.L. et alii. 1981. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, IPT. Escala 1:1.000.000 (Publicação, 1183) (Série Monografias, 5).
- RAY, R.G. 1963. Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico. Tradução. *Inst. Geogr. Geol.*, São Paulo, 88 p. 75 fotografias.
- RAY, R.G. & FISCHER, W.A. 1960. Quantitative Photography: A Geologic Research Tool. *Photogrammetric Engineering*, Washington, 26 (1): 143-150.
- RICCI, M. & S. PETRI. 1965. *Princípios de aerofotogrametria e interpretação geológica*. São Paulo, Cia. Editora Nacional. 226 p.
- SCHUMM, S.A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Bull. Geol. Soc. Am.*, Colorado, 67.
- SMITH, K.G. 1950. Standards for grading texture of erosional topography. *Amer. Jour Sci.*, New Haven, 248: 655-668.
- SMITH, D.D. & W.H. WISCHMEIER. 1962. Rainfall erosion. *Adv. Agron.*, New York, 14: 109-142.
- SOUZA, M.L. de P. 1975. Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no Município de Ponta

CONTE, A. M. et alii. Fotointerpretação de amostras circulares da rede de drenagem dos solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha

Grossa-PR. Piracicaba, ESALQ/USP, 135 p. (Dissertação de Mestrado).

Millan Co., 655 p.

ZINKE, P.J. 1960. Photo interpretation in hidrology and watershed management. In: *Manual of Photographic Interpretation*. Washington, Am. Soc. of photogramm. Chap. 10, p. 539-560.

STRAHLER, A.N. 1952. Hypsometric (área-altitude) analysis of erosional topography. *Bull. Geol. Soc. Am., Colorado*, 63: 1117-1141.

----- 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans. Am. Geophys. Union*, New Haven, 38: 913-920.

TATOR, B.A. 1954. Drainage anomalies in coastal plains regions. *Photogramm. Engng.*, Washington, 20: 396-397.

VASQUES FILHO, J. 1972. Critérios morfométricos aplicados à fotointerpretação de redes de drenagem em três unidades de solo no Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 113 p. (Tese de Doutorado).

VILAS BOAS, S. et alii. 1986/88. Relações entre parâmetros dimensionais de bacias hidrográficas e solos do Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha. *Silvic. S.P.* São Paulo 20/22:

VON ENGELN, O.D. 1942. *Geomorphology: systematical and regional*, New York, Mac