

PARÂMETROS FOTOANALÍTICOS DE TRÊS UNIDADES DE SOLO
DA REGIÃO NORDESTE PARANAENSE

Itamar Gevaerd
Engenheiro Agrônomo

Prof. Dr. Geraldo Victorino de França
Orientador

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre.

PIRACICABA
ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL
- 1974 -

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Professor Doutor Geraldo Victorino de França, pela valiosa orientação e colaboração.

Ao Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, Hermes Fadel, pelos conselhos e apoio prestados.

Ao Conselho de Ensino e Pesquisas da Universidade Federal do Paraná, pela concessão de Bolsa de Estudos de Pós-graduação, possibilitando a realização deste trabalho.

Aos meus,

ofereço

C O N T E Ú D O

	Página
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	3
2.1. Fotografias aéreas na interpretação e mapeamentos - de solos:.....	3
2.2. Estudos de bacias hidrográficas e de suas respecti- vas redes de drenagem	6
2.3. Padrão de drenagem - significado, tipos e caracterís- ticas.	19
2.4. Relações características entre solos e a composição do padrão de drenagem associado	24
3. <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	27
3.1. Material	27
3.1.1. Descrição geral das áreas estudadas.....	27
3.1.1.1. Localização geográfica	27
3.1.1.2. Localização hidrográfica	27
3.1.1.3. Localização climática	27

	Página
3.1.1.4. Caracterização climática	28
3.1.1.5. Caracterização agroclimatológica	28
3.1.1.6. Composição florística	29
3.1.1.7. Constituição geológica	29
3.1.2. Solos	30
3.1.2.1. Latossol Roxo Eutrófico	30
3.1.2.2. Terra Roxa Estruturada Eutrófica	32
3.1.2.3. Brunizem Avermelhado	35
3.1.3. Fotografias aéreas	37
3.1.4. Estereoscópio	37
3.1.5. Equipamento de medição e de desenho	37
3.2. Métodos	38
3.2.1. Escolha das fotografias aéreas	38
3.2.2. Seleção de bacias hidrográficas	38
3.2.3. Análise das bacias hidrográficas	39

	Página
3.2.4. Análise da rede de drenagem	44
3.2.5. Análise dos aspectos associados de caracterís- ticas quantitativas de bacias hidrográficas e redes de drenagem	47
4. <u>RESULTADOS</u>	49
4.1. Características das bacias hidrográficas	49
4.1.1. Propriedades dimensionais	49
4.1.2. Testes de semelhança de comportamento hi- droológico	49
4.1.2.1. Teste de semelhança geométrica..	49
4.1.2.2. Índices de compacidade e de con- formação	49
4.1.3. Análise do grau de dissecação por rios ,...	52
4.1.4. Relação entre características quantitati- vas das bacias hidrográficas	52
4.1.4.1. Relação entre razão de textura e densidade de drenagem	57
4.1.4.2. Relação entre frequência de rios e densidade de drenagem	57

	Página
4.1.4.3. Relação entre razão de textura - médica e densidade de drenagem em amostras circulares	57
4.1.5. Propriedades adimensionais	57
4.2. Características da rede de drenagem	57
4.2.1. Análise do padrão quanto à composição	58
4.2.2. Análise do padrão quanto às características - descritivas	58
4.2.3. Análise quantitativa do padrão	62
4.2.3.1. Análise do número de segmentos de - rios	62
4.2.3.2. Análise da razão de ramificação	70
4.2.3.3. Análise dos comprimentos de rios ,...	72
4.3. Análise dos aspectos associados de características quan- titativas de bacias hidrográficas e redes de drenagem..	79
5. <u>DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</u>	85
5.1. Características das bacias hidrográficas	85

	Página
5.1.1. Propriedades dimensionais	85
5.1.2. Relação entre características quantitativas das bacias hidrográficas	86
5.1.3. Propriedades adimensionais	87
5.2. Características da rede de drenagem	87
5.2.1. Análise do padrão quanto à composição ...	87
5.2.2. Análise do padrão quanto às características descritivas	87
5.3. Análise quantitativa do padrão	88
5.3.1. Análise do número de segmentos de rios ..	88
5.3.2. Análise da razão de ramificação	89
5.3.3. Análise dos comprimentos de rios	89
5.4. Análise dos aspectos associados de características quantitativas de bacias hidrográficas e de redes de drenagem	91
6. <u>CONCLUSÕES</u>	91
6.1. Latossol Roxo Eutrófico	91

	Página
6.2. Terra Roxa Estruturada Eutrófica	93
6.3. Brunizem Avermelhado	95
6.4. Conclusões gerais	96
7. <u>RESUMO</u>	99
8. <u>SUMMARY</u>	102
9. <u>LITERATURA CITADA</u>	105

1 - INTRODUÇÃO

O uso generalizado das fotografias aéreas como elemento auxiliar no desenvolvimento de atividades prospectivas de natureza geoeconômica, assegura-lhe um lugar de destaque entre as várias técnicas adotadas para o atingimento do fim específico colimado.

Dentre os vários tipos, melhor enquadrando-se cada um a seu fim específico, maior gama de utilização está reservada às fotografias verticais, que, no caso particularizado dos levantamentos de solos pelos seus vários níveis categóricos, é elemento minimizador de tempo de execução e de maior aproximação quanto a uma perfectibilidade operacional.

A rede de drenagem natural avulta como de destacada importância, face à magnitude assumida pelos seus elementos formativos nos trabalhos envolvendo o uso e interpretação de fotografias aéreas.

Sendo um elemento fisiográfico ativo no tempo e no espaço, a rede de drenagem imprime características especiais no material continente, destarte, surgindo, e a ela estreitamente relacionada, a bacia hidrográfica.

É escopo deste trabalho, com o auxílio de cópias de

contácto de fotografias aéreas verticais, estudar, na região norte -paranaense, as características específicas conferidas pela rede de drenagem, a alguns solos localizados em determinadas bacias hidrográficas e tendo como objetivos :

- a) Registrar a variabilidade notável entre solos em áreas representativas, através do grau quantitativo de variação possível na rede de drenagem e respectivas bacias encaixantes;
- b) Relacionar alguns parâmetros da rede de drenagem com a natureza genética e propriedades físicas dos solos considerados.

* * *

2. - REVISÃO DA LITERATURA

2.1.- Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento de solos

Fotografias aéreas prestaram-se pela primeira vez ao apoio dos estudos de solo, por Bushnell e colaboradores, em 1929, segundo citação de SIMONSON (36) e ROURKE & AUSTIN (34), - utilizadas como base cartográfica, uso que a seguir se generalizou, ampliado pela disponibilidade de informações de natureza correlata.

RABBEN (30) identifica, além da grande área registrada - em cada fotografia vertical, que aumenta na proporção direta do aumento da escala, as vantagens da percepção tridimensional da superfície fotografada e da imutabilidade da imagem. O estabelecimento de correlação entre o caso particular estudado e a fisiografia regional, estriba-se na primeira assertiva. Medições de altura e seus correspondentes ângulos verticais, e a perenidade e fidelidade da imagem, são atributos que possibilitam o arquivamento da informação bem como a sua retomada e manuseio, no instante em que as circunstâncias o determinarem, estando por sua vez, estribadas na segunda propriedade.

RAY & FISCHER (32) reconhecem que a quantificação da experimentação é fundamental em todos os domínios da pesquisa científica, aduzindo ser, a fotografia aérea, instrumento de pesquisa potencialmente hábil ao fornecimento de informações quantificáveis, relativamente à superfície do terreno registrada. Comentam ainda, esses autores, que apesar de haverem sido executadas as mensurações, na maioria dos estudos geomorfológicos, sobre cartas

topográficas convencionais, constituem-se as fotografias aéreas verticais, em melhor fonte de dados, em função da multiplicidade de detalhes contidos.

RAY (31) cita Schultz & Cleaves, para quem, os aspectos geomorfológicos evidenciando o fácies fisiográfico registrado na fotografia aérea, é o elemento primordial a ser pesquisado pelo fotointérprete de solos, em virtude da estreita correlação entre estes e a fisiografia regional. Entretanto, elementos determinantes isolados componentes da forma fisiográfica, como as características de drenagem ou de erosão, fornecem, igualmente, informações de grande valia.

LUEDER (22) enfatiza a forma fisiográfica como principal manifestação das condições do terreno, secundada pela drenagem superficial, condicionando, entretanto, uma maior perfectibilidade de interpretação da sua significância, à vivência auferida no trato com o processo de correlacionar os detalhes manifestados pela superfície do terreno, com a sua correspondente fotoimagem.

ROURKE & AUSTIN (34), CRESWICK & ROCKWELL (8), BOMBERGER & DILL (5) e BURINGH (6), relativamente à quantificação da participação das técnicas fotointerpretativas na solução das questões de levantamento de solos, ratificam o ponto de vista de que a sua importância restringe-se a um papel complementar aos trabalhos de campo, contribuindo para maior exatidão no traçado das linhas contactantes entre unidades de solos. Reconhecem, ainda, ser o processo de maior utilidade em levantamentos de reconhecimento do que nos detalhados.

GOOSEN (15) confere à técnica da interpretação de fotografias aéreas, papel de relativa importância para os três tipos de levantamentos de solos, ou seja: reconhecimento, detalhado e semidetalhado.

BURINGH (6) procurando ordenar logicamente os trabalhos de levantamento de solos, situou-os em três etapas distintas: (1) estudo dos solos no campo e no laboratório; (2) sua consequente classificação em unidades eleitas, taxonômicas ou de mapeamento; e (3) o mapeamento de localização das unidades, reservando - ele, papel de destaque ao uso das fotografias aéreas verticais - nesta etapa.

FROST (13) confere ao correlacionamento efetuado entre imagem fotográfica da superfície e propriedades do solo constatadas em campo e laboratório, o caráter de premissa bastante e suficiente para as afirmações categóricas : (a) solos semelhantes, conferem às suas imagens fotográficas padrões semelhantes; (b) para solos diferentes, os respectivos padrões são diferentes, podendo ainda, várias propriedades significativas, por esta forma serem deduzidas.

VINK (43) citando o Photographic Intelligence Center, Report 7, 1 945, comenta que o uso de fotografias aéreas em apoio à ciência do solo, teve certo incremento paralelamente ao uso militar, durante a segunda guerra mundial; porém, desenvolvimento significativo nesse setor, foi alcançado na década seguinte a esse evento, estando essa técnica, entretanto, nos dias atuais, somente no início de um desenvolvimento sistemático. Comenta ainda, ser o controle de campo nas investigações referentes a solos,

de natureza mais fundamental do que o superficialmente comparável "controle de terra" da fotogrametria e de alguns outros usos das fotografias aéreas.

LUEDER (22) reconhece a fotoanálise, como a fase do processo geral de uso das fotografias aéreas, em que é feita a separação de algo, pelas suas partes ou elementos constituintes ou, pelo exame acurado de alguma coisa, poder distinguir seus elementos formativos individualizados bem como sua relação com o todo, aplicável a diferentes aspectos da fotoleitura, porém, acrescenta à sua definição, o elemento de avaliação numérica dos aspectos inter-relacionados na fotografia.

VINK (43) quanto a esse particular, comenta ser esse acréscimo, mais aspecto particular de classificação, o qual relaciona-se apropriadamente com seu quarto objetivo, "classificação e idealização". Comenta ainda, ser fundamentada em comparações a descrição do processo de fotoanálise relativamente à ciência do solo, onde, pelo estudo sistemático da fotoimagem, os diversos aspectos são comparados, evidenciando-se suas diferenças, sendo possível, ainda, relata o autor, o estabelecimento de duas modalidades de comparação : (1) entre formas e superfícies contíguas, para estabelecerem-se suas individualidades e, (2) entre formas e superfícies não contíguas, para possibilitar o estabelecimento de suas diferenças, comportando a fotoanálise, somente a possibilidade do estabelecimento da individualização do solo através da estereoimagem e complementação da identificação no campo.

2.2. - Estudos de bacias hidrográficas e de suas respectivas redes de drenagem

GARCEZ (14) destaca a importância dos estudos sobre bacias hidrográficas para a resolução de problemas práticos de hidrologia, onde as características topográficas, geológicas, pedológicas e térmicas, têm função essencial quanto ao seu comportamento hidrológico. Afirma ainda, ser de relevante importância, a aferição quantitativa de algumas dessas propriedades características.

É a essa aferição quantitativa mencionada por Garcez, que PINTO et alii (29) conceituam de hidrologia paramétrica, como sendo o desenvolvimento e análise das relações entre os parâmetros físicos em jogo nos acontecimentos hidráulicos e o seu uso, na geração ou síntese de eventos hidrológicos.

É ainda GARCEZ (14) quem propõe a subdivisão das bacias em duas categorias, face ao seu comportamento hidrológico, - conceituando-as : (a) Bacia hidrográfica, como sendo o conjunto - das áreas com caimento superficial para determinada seção transversal de um curso d'água, cujo dimensionamento das áreas é feito pelas respectivas projeções horizontais. Indica, ainda, a sinonímia mais correntemente adotada : bacia de captação, bacia imbrifeira, bacia coletora e bacia de drenagem superficial; (b) Bacia hidrogeológica, como sendo o conjunto de áreas cujo escoamento superficial ou subterrâneo, alimenta o deflúvio em determinada seção transversal do curso d'água, sendo medidas as suas áreas pelas suas projeções horizontais, podendo identificar-se, eventualmente, com a bacia hidrográfica.

A gênese das bacias hidrográficas está, como demonstram Leopold & Maddock, citados por BLOOM (4), indiscutivelmente ligada ao trabalho efetuado pelos rios, desde que seus canais se

situem em materiais ajustáveis. Determinam, os citados autores, a evolução de um rio para o atingimento do estado de equilíbrio, va lendo-se do ponto de vista da termodinâmica teórica, identifican-do o curso d'água com um sistema físico aberto, no qual matéria e energia se movem, havendo, concomitantemente, tendência para a ação de duas modalidades conflitantes de trabalho por unidade con siderada : (1) o mínimo; e (2) o uniformemente distribuído. Afir ma m que, verificadas as condições de leito especificadas nas re giões de pluviosidade de normal a elevada, onde os rios ganham - água à jusante, o perfil de mínimo trabalho é configurado por uma curva, onde a maior perda de altitude é localizada nos pontos de menor vazão, pròximamente às cabeceiras, resultando um perfil - acentuadamente íngreme, pròximo à cabeceira, e quase horizontal - pròximo à foz, em concordância, portanto, com a regra empírica - que estipula ser o declive uma função inversa da vazão. Afirma m ainda, em seus estudos referentes à dinâmica dos rios, serem es ses princípios, válidos tanto para o desenvolvimento das se ções longitudinais, como transversais dos canais fluviais.

BEHR (2) adota a classificação das bacias hidrográ-ficas em tres tipos básicos : (1) Arréicas; (2) Endorréicas; (3) Exorréicas; segundo a natureza e destino de suas águas fluviais , e que podem ser, respectivamente : (1) carentes de correntes flu viais (regiões desérticas); (2) cujas correntes fluviais formam bacias fechadas, infiltrando-se as águas, ou formando lagos ; e (3) cujas correntes fluviais chegam ao mar.

BEHR (2), ainda, classifica estruturalmente um rio normal, estabelecendo a possibilidade de sua decomposição em qua tro partes : (1) Bacia hidrográfica propriamente dita, onde loca

liza-se a maior parte dos cursos de primeira, segunda e terceira ordens, caracterizada por uma rede de drenagem mais densa, por ângulos de junção mais agudos e por apresentar declives entre 8,0 e 10,0 por mil; (2) Canal de descarga, constituído por segmentos de ordens superiores, caracterizado por apresentar acentuada angularidade e declives entre 4,0 e 8,0 por mil; (3) Canal de calma, onde o padrão apresenta-se mais retilíneo que os precedentes e com declives de 1,0 por mil ou menos; e (4) Cone de dejeção ou desembocadura, onde a declividade ameniza-se para aproximadamente 0,5 por mil, com a formação de delta ou estuário.

HORTON (17) propôs a adoção de critério classificatório para as ordens de rios, em que os tributários menores e não ramificados estão na primeira ordem, atribuindo ao rio principal a ordem mais elevada. A generalização desse critério trouxe a vantagem de facilitar a análise e comparação das redes de drenagem, uma vez que, somente elementos da mesma ordem de ramificação são comparáveis.

Vários pesquisadores adotaram este sistema, dentre eles, STRAHLER (41), SCHUMM (35), MAXWELL (25), Coates - citado - por STRAHLER (40), CURTIS et alii (9), FRANÇA (12), MARCHETTI (24), FADEL (11), VASQUES FILHO (43) e LEÃO (20).

STRAHLER (41) introduz modificação no sistema proposto por HORTON (17) : enquanto este classifica rios tomando como unidade a cabeceira e a sua foz, o primeiro altera este conceito, de modo a classificar rios em termos de segmentos individualizados, de sorte que um dado rio vai crescendo de ordem, à medida que recebe outro tributário de mesma ordem.

BLOOM (4) cita a chamada "lei" de Playfair, segundo a qual, "todo rio parece consistir de um tronco principal alimentado por uma variedade de ramos, cada um correndo em um vale proporcional ao seu tamanho, todos eles juntos formando um sistema de vales comunicantes entre si e possuindo adaptação tão sutil à sua declividade, que nenhum deles se une ao vale principal em nível nem alto nem baixo demais, circunstância que seria infinitamente improvável, se cada um desses vales não fosse o resultado do trabalho do rio que corre nele"; e comenta que se pode reconhecer nessa assertiva de Playfair, não a prova rigorosa de uma lei natural, mas, a verificação da grande probabilidade de ocorrência de determinada condição, sendo a "adaptação sutil às suas declividades", nada mais - que o efeito da ação da geometria hidráulica dos rios e dos processos que determinam o equilíbrio dos mesmos.

HOWE (18), tendo em vista o estudo e solução de problemas relativos à águas superficiais e subterrâneas, confere ao emprego das técnicas de interpretação fotográfica, papel preponderante na consecução desses objetivos.

ZINKE (46), igualmente demonstra, para estudos de hidrologia e manejo de bacias hidrográficas, a relativa utilidade da interpretação aerofotográfica.

RICCI & PETRI (34) afirmam serem insuficientes as informações fornecidas por cartas topográficas de determinadas áreas em estudo, mesmo que dignas de confiança e em escala suficientemente grande, prejudicadas pela motivação estética que orienta sua confecção, omitindo-se de representação gráfica, muitos rios menores quando pertencentes à rede de drenagem densa. Quando se dá o

fato da representação cartográfica a ser feita ser da rede de drenagem pouco densa, não são então suprimidos os cursos d'água menores, sendo nessas condições, mais fielmente retratada a rede de drenagem da área. Contudo, em ambos os casos, é total a omissão de representação dos canais intermitentes de drenagem. Este fato, mesmo talvez não agindo isoladamente, concorre para ocultar índicios significativos de caráter litológico e pedológico ocorrentes.

Segundo STRAHLER (41), os métodos geomórficos quantitativos são de desenvolvimento recente, com emprego na medição - das propriedades dimensionais e de conformidade das bacias hidrográficas. Em decorrência, os números característicos dessas propriedades enquadram-se, genêricamente, em duas classes : (1) medições escalares, pelas quais podem ser comparadas, proporcionalmente ao seu tamanho, unidades topográficas geomêtricamente semelhantes; (2) unidades numéricas não dimensionáveis, em geral constituindo-se de razões de medidas escalares ou angulares, possibilitando a sua manipulação, a comparação de formas de unidades genêticamente semelhantes, abstraindo-se de considerações quanto às respectivas escalas.

ANDERSON (1), partindo do pressuposto de que em uma bacia hidrográfica a área é a mais importante variável, a ela subordina as demais características relacionáveis.

GARCEZ (14) confere à razão entre o perímetro e o comprimento da bacia hidrográfica, à qual dá a notação K_c , indica como índice de compacidade e tendo significativa importância para o seu estudo comparativo. Da definição, resulta que, para uma bacia circular ideal, o seu índice de compacidade será igual à unidade.

Do enunciado, resulta que, para uma bacia qualquer, chamando P o seu perímetro, C a circunferência de círculo de área A igual à da bacia, vem :

$K_c = P/C$; e, sendo r o raio do círculo cuja área é A, tem-se que :

$$r = \sqrt{A/\pi} \quad ; \text{ donde resulta, finalmente :}$$

$$K_c = P/2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot \sqrt{A} \quad \approx \quad 0,28 P/\sqrt{A}$$

Segundo afirma GARCEZ (14), constitui-se o índice K_c em medida do grau de irregularidade da bacia.

GARCEZ (14) preconiza ainda o índice de conformação, - como uma relação expressa pela área (A) de uma bacia hidrográfi ca qualquer e o quadrado de seu comprimento axial (C), ficando en tão :

$$K_f = A/C^2$$

RAY & FISCHER (33) expressam a opinião de que os tra balhos de pesquisa sobre medições obtidas em fotografias aéreas - possibilitam melhor desempenho na determinação da densidade de drenagem e medições correlatas, com o intuito da determinação das características de desenvolvimento de bacias hidrográficas e for mas topográficas de erosão, pela ação interativa dos fatores lito lógicos e estruturais.

HORTON (17) explanando sua teoria a respeito do desen volvimento de sistemas hidrográficos e respectivas bacias de dre nagem pela ação do desencadeamento de processos erosivos, conside

ra, em seu ponto de vista, que há, em cada configuração topográfica e de solo, um comprimento mínimo de escoamento superficial di fuso, necessário para acumular um volume de deflúvio tal, que se ja suficiente para iniciar a formação de canais. Admite que este comprimento crítico é função unívoca da velocidade do deflúvio, ca pacidade de infiltração, erodibilidade específica de cada solo e grau de declive. Considera, ainda, ser a erodibilidade o fator - isolado de maior preponderância no processo de desenvolvimento - das redes de drenagem .

Concorda RAY (32) com a proposição de Horton, correlacionando, em determinado ambiente climático, a densidade de drena gem com a erodibilidade dos materiais subaéreos. Assim é, que, ve rificando-se aumento na erodibilidade desses materiais, aumenta a respectiva densidade de drenagem.

Ainda segundo HORTON (17), o grau de desenvolvimento da drenagem superficial de uma bacia hidrográfica, além da ordem de ramificação atingida, pode ser expresso quantitativamente por meio de duas relações :

- a) densidade de drenagem;
- b) freqüência de rios.

Densidade de drenagem é um termo atribuído a Horton , que em 1932 pela primeira vez o definiu, como sendo o comprimen to médio de segmentos de rios por unidade de área imbrífera. Encon tra essa característica expressão analítica através da equação :

$$D_d = L_t/A$$

onde D_d é a densidade de drenagem, L_t, o comprimento total de

segmentos de rios pelas várias ordens, e A, a área da bacia de drenagem. Para a verificação da densidade proposta, necessário se torna, que ambos os termos sejam expressos em unidade do mesmo sistema convencional de medidas.

ZINKE (46) afirma poder-se considerar a densidade de drenagem, uma característica física quantitativa da bacia hidrográfica, sendo produto da interação entre precipitação pluviométrica e capacidade de infiltração do solo.

A frequência de rios foi igualmente definida por HORTON (17), como sendo a razão entre a quantidade de segmentos de rios N, por unidade de área A considerada, recebendo a nota Fr, ficando, então :

$$Fr = N/A$$

SMITH (38) e HORTON (17) são unânimes em afirmar, não ser admissível a comparação direta entre valores de frequência de rios e densidade de drenagem para pequenas e grandes bacias hidrográficas, uma vez que, estes valores variam também com o tamanho da área de drenagem.

STRAHLER (41) propõe que sejam comparadas diretamente, somente bacias de mesma ordem de ramificação, assim propiciando a obtenção de resultados significativos, concordando com a afirmativa de BLOOM (4), de que os elementos de drenagem de mesma ordem de ramificação encontram-se no mesmo nível de base intermediário. Postulou Strahler, uma razão de incremento quadrática, verificável entre bacias de mesma ordem, desde que exista certa semelhança geométrica, verificando-se uma constância de razão escalar en

tre o dimensionamento de pontos correspondentes.

Considera, ainda, STRAHLER (41), a densidade de drenagem como um importante índice de escala linear, representativo da topografia geral de uma bacia hidrográfica, baseado em que a relação entre o comprimento total de canais e a área, é expressa por um valor numérico com a dimensão inversa do comprimento. Geralmente, o valor numérico da densidade de drenagem guarda proporção inversa com o valor que caracteriza as áreas, tal como se verifica com as bacias de primeira ordem.

RAY (32), em considerações tecidas a respeito do caráter litológico das rochas sedimentares, quando sob o prisma da foto interpretação, afirma que folhelhos e outras rochas semelhantes de granulação fina, apresentam tendência a uma configuração de drenagem de textura fina, enquanto que, arenitos e outras rochas sedimentares de granulação grossa, tendem a apresentar drenagem de textura grosseira; contudo, admite a ocorrência de excessões.

O principal motivo, segundo LUEDER (22), de se proceder à análise da rede de drenagem superficial, prende-se ao fato de, por ela, ser possível a obtenção de informações sobre a relação infiltração-deflúvio, permeabilidade e constituição textural dos materiais subjacentes. Dessa forma, a textura grosseira, com uma capacidade de infiltração relativamente alta, característica de materiais relativamente permeáveis, como cascalho e arenitos, comportam-se como pouco aptos à formação da rede de drenagem superficial, exceto casos especiais, como o de desenvolvimento de planos de menor resistência, incidência de enxurradas anormais, etc.. Já folhelhos e argilitos, materiais de relativa impermeabi

lidade natural, como consequência de textura fina, dificultam a infiltração e favorecem o deflúvio, propiciando, destarte, a formação de canais de erosão e o surgimento de rede de drenagem de relativa densidade. Porém, adverte o autor, como toda regra geral, é esta sujeita a excessões . As excessões podem evidenciar-se, pela presença de adensamentos contínuos no subsolo, profundidade do substrato rochoso e fatores de controle geral ou localizados.

FRANÇA (12), completando a proposição de Ray, relativamente à subordinação da textura de drenagem ao caráter litológico - verificado e admitindo excessões, estabelece a conotação estreita , entre essas excessões e o elenco de características constitutivas - da natureza particular de cada solo desenvolvido sobre essas rochas.

SMITH (39) propôs um índice, ao qual chamou de razão de textura, aplicável à regiões dissecadas por rios. Deve-se a Johnson, citado por SMITH (39), a definição do termo textura topográfica, como sendo o tamanho médio das unidades componentes de um determinado relevo. A definição foi restrita por Smith, ao uso apenas para regiões dissecadas por rios, aplicáveis à expressão do espaçamento entre canais de drenagem em cartas topográficas onde constassem linhas de nível. Geralmente as cartas topográficas não registram, - através de convenções, os canais de drenagem intermitentes; no entanto, em algumas de boa qualidade, as crênulas ou inflexões das linhas de nível, no seu desenvolvimento longitudinal, indicam com segurança, rios menores e canais de drenagem intermitentes. Smith propôs a escolha da linha de maior número de crênulas dentro da bacia para ser utilizada na obtenção desse índice, podendo, ser expressa pela identidade :

$$T = N/P$$

onde T , é a razão de textura, N o número de crêmulas existentes na linha de nível eleita, e P , o perímetro da bacia, expresso em milhas.

FRANÇA (12), visando tornar aplicável às medições sobre fotografias aéreas, a equação proposta por Smith, propôs, vir N a designar a quantidade total de segmentos de rios da bacia.

SCHUMM (36) estipula a verificação do aumento da área da bacia de drenagem exponencialmente com a ordem de ramificação de rios, semelhantemente à lei dos comprimentos de rios de Horton .

HORTON (17) confere ao padrão de drenagem elevada significância, relativamente à capacidade de ser ele, fator indicativo de contrôlle geológico sobre as condições de drenagem, não reconhecendo-a, contudo, no que tange aos aspectos hidrológicos, condição, a seu ver, somente preenchida pela composição da rede de drenagem.

HORTON (17), na sua lei de número de rios, expressa a relação entre o número de rios de cada ordem e as ordens de ramificação, em termos de uma série geométrica inversa, onde a base da série é a razão de ramificação.

STRAHLER (41) correlaciona os logaritmos dos comprimentos totais de rios às respectivas ordens, obtendo uma regressão logarítmica expressa pelas equações :

$$\log LW = \log a - b \log W \quad (1)$$

$$LW = a W^{-b} ; \quad (2)$$

onde W é a ordem de segmentos de rios e LW a soma dos comprimentos de rios de uma dada ordem.

Para expressar a razão de ramificação, é ainda STRAHLER (41) quem propõe a equação :

$$Rb = \log^{-1} b ;$$

na equação supra, a inclinação b da linha de regressão é o expoente de uma função exponencial relacionando as somas dos comprimentos de rios às respectivas ordens.

HORTON (17), propõe, também, a lei dos comprimentos de rios, expressa pela relação entre os comprimentos médios de rios de cada ordem e as ordens de ramificação, agora como uma série geométrica direta, onde o primeiro termo da série, é o comprimento médio dos rios de primeira ordem.

MAXWELL (25) propôs a equação :

$$\log NW = a - bw ;$$

onde NW, é o número de segmentos de rios de uma dada ordem, e w, é a ordem de segmentos de rios.

Como resultante da regressão linear dos logaritmos do número de rios de cada ordem (ordenadas), sobre as ordens de rios (abcissas), evidencia-se uma linha reta.

VASQUES FILHO (43), ajusta à equação de Maxwell, os comprimentos médios de rios para a rede de drenagem das unidades do solo estudadas.

Ainda é de MAXWELL (25), a proposição da equação :

$$R_b = \text{antilog } b ;$$

como sendo a melhor maneira de expressar empiricamente, a razão - de ramificação R_b .

2.3 - Padrão de drenagem - significado, tipos e características

Na acepção mais genérica do termo, padrão toma o significado de um arranjo especial de elementos constituintes ou aspectos particularizados de algo, cuja repetição seja factível, assegurando-lhe continuidade.

Particularizando, o emprego analógico do termo é, segundo BLOOM (4), referente aos aspectos específicos do arranjo bidimensional e casualizado assumido pela imagem fotográfica da rede de drenagem. O autor estabelece ainda, cinco tipos básicos para esse arranjo : (1) caótico, caracterizado pela ausência de qualquer elemento repetitivo; (2) dendrítico, como sendo talvez o mais comum, caracterizado pelo aspecto arborescente dos elementos formativos, e que, genericamente, indicam ausência de controle estrutural ou presença de condições especiais de erodibilidade ; (3) retangular, refletindo controle estrutural, de caráter regional, motivado pela presença de juntas entrecruzadas; (4) treliça, como indicação do controle estrutural exercido por

faixas de rochas sedimentares exibindo dobramentos fechados; e (5) radial, também com significado de controle estrutural, cuja configuração está subordinada a vulcanismos, exemplificado em cones ou outras montanhas elevadas e agudas.

Deve-se a Zernitz, citado e completado por diversos - autores, destacadamente LOBECK (21), HORTON (17), PARVIS (29), VON ENGELN (45), LUEDER (22) RICCI & PETRI (34), MILLER & MILLER (26), o estabelecimento das relações gerais entre padrões de drenagem - específicos e estruturas geológicas particulares.

PARVIS (29) admite seis tipos principais de rede de drenagem quanto ao modelo : dendrítico, paralelo, radial, retangular, treliça e anular; e atribui à estrutura geológica, influencia preponderante no desenvolvimento destes seis padrões básicos.

HORTON (17) é categórico ao enfatizar, ser efeito do controle estrutural, os afastamentos verificados relativamente às leis de número e comprimento de rios, mantendo-se inalteradas as condições de clima, topografia, solo e geologia.

Para LUEDER (22), os termos descritivos, usados para a diferenciação visual entre padrões de drenagem superficial, têm apenas valor relativo, carecendo, para maior segurança dos prognósticos a serem formulados, de complementação constituída da inclusão de certas características significativas, peculiares a cada padrão e que concorram para melhor caracterizá-lo. Para caracterizar um padrão de drenagem, o autor propõe as características: (1) grau de integração; (2) densidade de drenagem; (3) grau de uniformidade; (4) orientação; (5) grau de controle; (6) an

gularidade; (7) ângulos de confluência; e, segundo PARVIS (29), (8) O tipo ou designação do padrão.

MILLER & MILLER (26) são concordes quanto à importância que possuem certas anomalias da rede de drenagem para a interpretação geológica.

RICCI & PETRI (34) formalizaram a adoção do termo anomalias, relativamente ao padrão de drenagem, acrescentando-o às sete características propostas por Lueder, e definido como sendo a característica representativa de um ou mais cursos d'água, que está em discordância com aquela dominante no padrão considerado. Algumas, ou todas as características mencionadas, poderão estar presentes, em graus variáveis de intensidade de manifestação, podendo, seu exame acurado, fornecer informações sobre textura superficial, permeabilidade do material exposto, grau de erodibilidade, bem como, das condições estruturais das unidades cronogeológicas presentes.

Todo pesquisador em ciência do solo, deve ter, conforme BURINGH (6), também como rotina de trabalho, o estudo da ação dos fatores de formação do solo e identificação de seu grupo genético, e mais, o aspecto textural e dos processos diagenéticos por ele evidenciados.

FRANÇA (12), estudando a significancia das diferenças verificadas na composição e características do padrão de drenagem de solos desenvolvidos a partir de arenitos eólicos da formação - Botucatu na região de Piracicaba, obteve resultados comprovatórios da assertiva de Buringh, constatando que materiais de textura

semelhante e depositados pelo mesmo agente transportador , deram origem à formação de solos diferentes e, conseqüentemente, evidenciaram diferenças significativas nas respectivas redes de drenagem.

PARVIS (29), considerando serem os substratos rochosos, cobertos com solos ou mantos espessos, o ponto de origem ou nascentes de muitos cursos d'água, fornecendo esses padrões de rios de ordens inferiores, elementos suficientes para deduções identificadoras por fotointerpretação, cabendo aos cursos de ordem mais elevada, a manifestação do contróle estrutural. Segundo esse autor, um padrão formado de linhas retas e curvas, contém elementos característicos de um modelo regional, sendo os canais de drenagem de forma acentuadamente curva, os que caracterizam a ausência de controle estrutural. Em caráter geral, nos locais de ocorrência de material residual, a configuração da rede de drenagem superficial é função do posicionamento do substrato rochoso relativamente à sua profundidade e localização de superfícies de menor resistência.

SMITH (39) preconiza o emprego do valor médio ponderado, em relação às áreas das bacias, para caracterizar a razão de textura média de uma determinada área como um todo, o qual é obtido pela equação :

$$T_m = (A \cdot T) / A$$

onde T_m é a razão de textura média, A e T representam a área e a razão de textura, respectivamente, de cada bacia hidrográfica.

Valores designativos das respectivas configurações classificatórias são propostas, para caracterizar a textura grossa, média e fina, a saber : menor que 4,0; entre 4,0 e 10,0; e maior que 10,0. Visando a transposição desses valores para o sistema métrico decimal, FRANÇA (12) apresenta-os referidos a quilômetros para medidas lineares e quilômetros quadrados para medidas de área, tomando assim, os referidos parâmetros, os valores - respectivos de : menor que 2,5; entre 2,5 e 6,2 e maior que 6,2 .

SMITH (39) identifica como uma função logarítmica, a correlação entre razão de textura e densidade de drenagem, quando referidas a bacias hidrográficas.

RAY & FISCHER (33) relacionaram os comprimentos de rios, com as áreas das bacias hidrográficas e áreas circulares de dez quilômetros quadrados, efetuando estudos e medições referentes a comprimentos de rios e áreas de drenagem, realizados sobre cartas básicas da rede de drenagem, obtidas de decalques em fotografias aéreas. Destarte, concluíram constituírem-se as amostras circulares da rede de drenagem, em fonte mais segura, quanto ao fornecimento de resultados mais afiançáveis relativamente à densidade de drenagem, do que a tomada das bacias hidrográficas - no seu todo, como amostras para a realização de estudos geológicos. Comprovaram, os autores, através de generalizações enunciadas, a significância geológica e pedológica da rede de drenagem, pela sua subordinação às características específicas de permeabilidade, exibidas pelo solo e pela rocha subjacente, resultando - daí, uma densidade de drenagem tanto mais alta, quanto mais baixa for a permeabilidade dos materiais.

RAY (32) subordina às características evidenciadas - por um solo, ao seu grau de erodibilidade. O padrão dendrítico modal ou modificado, resulta em áreas onde a erodibilidade é menor , sendo típico de áreas sujeitas a um maior controle estrutural, o de desenvolvimento de outros padrões de drenagem indicativos dessa condição, tais como : treliça, radial, retangular, etc..

O desenvolvimento da rede de drenagem é, na opinião de alguns autores, como HORTON (17), RAY (32), e SMITH (39), estreita mente dependente da elevação dos valores indicativos da frequência de rios Fr, densidade de drenagem Dd , e textura média Tm .

2.4 - Relações características entre solos e a composição do padrão de drenagem associado

Assume o estudo da rede de drenagem, aspecto importante face o ponto de vista especial do cientista que o aborda, ou do aspecto utilitário porventura nele implícito. Assim, o correlacionamento entre suas características específicas e seu grau de desen volvimento, foi a preocupação daqueles empenhados na explicação - dos aspectos da paisagem, tais como : litológico, geoestrutural , climático, topográfico e cronogeomórfico. Destacaram-se nesse particular, os trabalhos de SCHUMM (36), SMITH (38), STRAHLER (41), - VON ENGELN (45), LOBECK (21), RICCI & PETRI (34), TATOR (42), RAY (32), MILLER & MILLER (26), RAY & FISCHER (33). Outros autores - abordaram o seu estudo, correlacionando-o com solos, como LUEDER (22), FROST (13), BELCHER (3) e PARVIS (29), porém, o fazendo em um sentido amplo, correspondendo mais pròpriamente ao conceito específico de regolito. Mais recentemente, FRANÇA (12), MARCHETTI - (24), FADEL (11), VASQUES FILHO (43) e LEÃO (20), correlacionaram

os atributos da rede de drenagem à caracterização de solos.

Para FROST (13) e LUEDER (22), a composição e origem dos materiais presentes no solo podem ser inferidas pelo estudo - dos padrões de drenagem, resultantes que são, da interação entre infiltração e deflúvio das águas pluviais.

Cabe a PARVIS (29), a extensão para um caráter regional, das características significantes do padrão de drenagem na identificação de solos e substratos rochosos, por meio da utilização de fotografias aéreas.

A erodibilidade é, no conceito de HORTON (17), o fator preponderante no processo de erosão atribuído ao desenvolvimento de sistemas hidrográficos e suas respectivas bacias de drenagem, sob a ação da água; ação esta, que pode sofrer poderável alteração pela interferência de outros fatores, como a capacidade de infiltração, as variações nas precipitações e o relevo. Admite ser a capacidade de infiltração somente significativa, quando considerada em um longo período de tempo.

FRANÇA (12), MARCHETTI (24), PADER (11), VASQUES FILHO (43) e LEÃO (20) afirmam ser a natureza do solo, a posição topográfica e a natureza e profundidade do substrato rochoso, os fatores condicionantes da composição e características do padrão de drenagem.

CLINE (7), em estudo crítico, baseado nas definições emitidas por Marbut em 1935 e pelo SOLL SURVEY STAFF (40), sobre a adoção pelo cientista de solo, de um modelo préconcebido de seu

objeto de estudo, demonstra ser outro o seu arcabouço , diferentemente daquele no qual o todo é realçado em detrimento das partes constitutivas, para aquele no qual estas estão evidenciadas com clareza, sendo o todo, um elenco coordenado e lógico das partes.

* * *

3.- MATERIAL E MÉTODOS

3.1.- Material

3.1.1.- Descrição geral das áreas estudadas

3.1.1.1.- Localização geográfica

As três áreas em que se desenvolveram os estudos do presente trabalho, têm as coordenadas geográficas : $22^{\circ} 55' S - 51^{\circ} 10' W$; $23^{\circ} 05' S - 51^{\circ} 05' W$; e $23^{\circ} 05' S - 50^{\circ} 55' W$, estando entre as cotas extremas de 350 e 634 metros sobre o nível do mar, segundo carta hipsométrica elaborada pelo DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA TERRAS E COLONIZAÇÃO (10), inclusa na Grande Região Sul, segundo o INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA (19).

Relativamente ao Estado do Paraná, estão localizadas, fisiograficamente, nos blocos planálticos de Cambará e São Gerônimo da Serra, e bloco do planalto de Apucarana, ambos integrantes do terceiro planalto, ou planalto do trapp-do-Paraná, segundo MAACK (23).

3.1.1.2.- Localização hidrográfica

As bacias hidrográficas estudadas e suas respectivas redes de drenagem, pertencem à bacia do rio Tibagi, integrante do sistema hidrográfico da bacia Paraná - La Plata, no Estado do Paraná, conforme MAACK (23) .

3.1.1.3.- Localização climática

Segundo citação do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (27), relativamente às normais climatológicas características, as áreas em estudo estão localizadas entre :

- (a) as isolinhas de 20 e 22° C, quanto à temperatura mé dia anual;
- (b) as isolinhas de 24 e 26° C, quanto à temperatura mé dia do mês mais quente;
- (c) as isolinhas de 14 e 16° C, quanto à temperatura mé dia do mês mais frio;
- (d) as isolinhas de -6 e -8° C, quanto à temperatura mínima absoluta;
- (e) as isolinhas de 1 250 e 1 500 milímetros, quanto à precipitação média anual.

3.1.1.4.- Caracterização climática

Do balanço efetuado entre as normais climatológicas da área, resulta o seu enquadramento no tipo climático Cwa, transicional para Cfa, segundo a classificação climática de Koeppen .

3.1.1.5.- Caracterização agroclimatológica

HOLZMANN (16) determinou para a área os valores anuais de :

- (a) 1 000 milímetros de evapotranspiração potencial ,

caracterizando, quanto à eficiência térmica , o tipo climático mesotérmico B' ;

- (b) Entre 100 e 250 milímetros excedentes de água ;
- (c) Entre 0 e 25 milímetros de deficiência de água .

3.1.1.6.- Composição florística

Na área de estudo, está presente vegetação de porte predominantemente arbóreo e graminóide. De acordo com o MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (27), ela é constituída de :

- (a) Florestas tropicais
 - a.1. floresta tropical subperenifólia;
 - a.2. floresta tropical subcaducifólia
- (b) Florestas transicionais
 - tropical - subtropical
- (c) Vegetação campestre ou tipo campo
 - c.1. campos tropicais secundários

3.1.1.7.- Constituição geológica

MAACK (23) relata como sendo relativamente simples a constituição geológica da região do terceiro planalto, onde se localizam as áreas em estudo. Estão assentados sobre o pedestal - arenoargiloso da escarpa mesozóica, os depósitos eólicos do deserto mesozóico e os arenitos São Bento Inferior ou Botucatu, com paredes íngremes protegidas pelos derrames de rochas básicas, como diabásios, meláfios vesiculares, espelitos, toleitos, vitrófios,

com os lençóis finais de diabásio porfirítico e augita- andesita-porfirito. Na base, o arenito Botucatu, revela, regionalmente, um fácies fluviolacustre, correspondente ao fácies Pirambóia ou Santa Ana respectivamente, do Estado de São Paulo. Os espessos derrames de trapp atingem espessuras visíveis de 450 a 600 metros, sendo constatados, no entanto, através de perfurações para pesquisas petrolíferas, espessuras entre 1 000 e 1 200 metros a sudoeste do planalto.

Afirma ainda o autor, abrangerem os derrames de trapp, a extensão total do terceiro planalto, entre o rio Paranapanema e o divisor de águas Iguazú - Uruguai, exibindo um mergulho de 0,82 metros por quilômetro, em direção norte e 2,63 metros em direção WNW, conforme constatado através de perfurações de profundidade.

3.1.2.- Solos

Como base para orientação deste estudo, utilizaram-se três unidades de solo, constantes do mapeamento e memorial do levantamento de Reconhecimento dos Solos do Nordeste do Estado do Paraná, realizado pelo MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (27). As unidades eleitas, são caracterizadas pelas suas diferenças de ordem genética, resultantes da distinção entre suas respectivas propriedades morfológicas, físicas e químicas.

Segundo o MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (27), os solos em estudo apresentam as características principais a seguir mencionadas.

3.1.2.1.- Latossol Roxo Eutrófico

Com horizonte A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suavemente ondulado. Notação - LRe 1.

Conceito geral da unidade

Embora morfológicamente semelhante ao Latossol Roxo Distrófico 1, dele difere pela alta saturação de bases trocáveis. São intensamente cultivados e a fertilidade natural é evidenciada pelo aspecto exuberante das culturas.

A estrutura do horizonte B, apesar de microgranular, pode algumas vezes, apresentar blocos subangulares com alguma coesividade nos poros e, muito raramente, cobrindo os agregados.

Apresenta elevada friabilidade e baixa coesão, desfazendo-se em "pó de café". Ocupa situação contactante à Terra Roxa Estruturada, ocupando as partes mais suaves do relevo.

Suas principais características diferenciais do Latossolo Roxo Distrófico são :

- (a) alta saturação de bases;
- (b) vegetação mais exuberante;
- (c) maior intensidade de uso;
- (d) coloração tendente ao arroxeadado .

Variações e inclusões

Figuram na unidade, algumas variações como : perfis transicionais para Terra Roxa Estruturada, Latossol Roxo Distrófico e Latossol Vermelho Escuro Eutrófico 1.

Em menores percentagens, aparecem como inclusões, pequenas manchas de outros solos entre os quais predominam : Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Latossol Roxo Distrófico e Latossol - Vermelho Escuro Eutrófico.

Descrição da área da unidade

Relevo: É suavemente ondulado, podendo apresentar declives pouco acentuados, vales mais fechados e com Terra Roxa Estruturada ocupando seu terço inferior, ou com vales mais abertos, podendo não ser contactante com Terra Roxa Estruturada.

A ocorrência do Latossol Roxo Eutrófico é, geralmente, associada à do Latossol Roxo Distrófico, este em plano inferior - ao daquele mais próximo dos canais de drenagem naturais.

Formação geológica, litologia e material de origem: O embasamento da área é formado pelo trapp, série São Bento, do Triássico-jurássico, integrado por rochas básicas, representadas principalmente pelo basalto, meláfiro e diabásio, sendo os solos originários da alteração dessas rochas.

Vegetação : Na área há predominância de remanescentes da floresta tropical subperenifólia, formada por indivíduos mais desenvolvidos (árvores com 30 - 40 metros de altura), com pequenas inclusões de áreas representativas da floresta tropical perenifólia, onde o palmito aparece com certa abundância.

3.1.2.2.- Terra Roxa Estruturada Eutrófica

Com horizonte A moderado, textura argilosa, fase flo

resta tropical subperenifólia e relevo suavemente ondulado a ondulado. Notação - TRe .

Conceito Geral da unidade

São solos profundos, formados a partir de rochas eruptivas básicas, com sequencia de horizontes A, B e C, pouco diferenciados e com transições geralmente graduais. São porosos e bem drenados e com coloração tendente a arroxeadas. Sua ocorrência verifica-se em terrenos suavemente ondulado e ondulado.

Pequena variação do croma caracteriza o perfil, variando de 3 a 6, permanecendo constantes o matiz 2,5 YR e o valor 3 .

A textura, tanto no horizonte A como no B, é argilosa, havendo, porém, maior concentração de argila no subhorizonte B₂ .

O horizonte A, com aproximadamente 25 centímetros, apresenta estrutura granular fortemente desenvolvida ou em blocos subangulares pequenos, também fortemente desenvolvida.

No horizonte B, a estrutura é prismática, composta de blocos subangulares médios, fortemente desenvolvida, cujos elementos estruturais estão recobertos com forte e abundante cerosidade. Alguns perfis apresentam no subhorizonte B₃ estrutura microgranular com aspecto de maciça porosa.

O grau de consistência, tanto no A como no B, é duro quando seco; firme quando úmido; plástico e pegajoso quando molhado. Quando há B₃ ele é solto quando seco e muito friável - quando úmido, apresentando ainda, microporos em abundância em to

dos os perfis estudados.

Variações e inclusões

Existem solos que, embora incluídos nesta unidade, - afastam-se do modal, sem ultrapassarem os limites de variação da mesma, podendo-se citar: perfis em que o horizonte A apresenta-se truncado por efeito de erosão; perfis de transição para Latossol Roxo Eutrófico, com estrutura em blocos, francamente desenvolvida no horizonte B e com cerosidade fraca e pouco abundante ; além de perfis de solos mais rasos, provavelmente transicionais - para Brunizem Avermelhado.

Como inclusões, ocorrem : Latossol Roxo Eutrófico, Brunizem Avermelhado, Terra Roxa Estruturada com horizonte A chernozemico e Solos Litólicos Eutróficos com A chernozemico (substrato rochoso constituído de eruptivas básicas).

Descrição da área da unidade

Relevo: Os solos desta unidade, dentro da paisagem, aparecem normalmente em tres situações distintas :

- (a) em áreas contínuas, ocupando tanto as partes altas como as baixas, tomando mais de 90 porcentos da paisagem, com apenas pequenas inclusões de Latossol Roxo Eutrófico e Solos Litólicos;
- (b) quando as partes mais elevadas são - ocupadas pelo Latossol Roxo Distrófico ou Latossol Roxo Eutrófico, eles -

ocupam os terços médios e inferiores - das encostas que são curtas e declivosas; e nas áreas de arenito, onde as rochas básicas foram expostas pela excavação dos rios, sua ocorrência se dá próximo aos vales;

- (c) Quando os diques dão origem, nas partes mais elevadas, a Solos Litólicos, ocupam a meia encosta e partes baixas, podendo, em alguns casos, estas partes serem ocupadas pelo Latossol Roxo Eutrófico, situação que geralmente acontece em relevos - bem movimentados.

Formação geológica, litologia e material de origem : Estes solos são originados de rochas eruptivas básicas provenientes do derrame trapp-Paraná, principalmente meláfiros, basalto e diabásios.

Vegetação : a que se encontra é predominantemente do tipo floresta tropical subperenifólia, constituída por árvores de porte alto.

3.1.2.3.- Brunizem Avermelhado

É solo raso, com textura argilosa, pedregoso, fase floresta tropical subperenifólia e relevo fortemente ondulado. Notação - BV 1 .

Conceito Geral da unidade

São solos rasos, com 40 a 60 centímetros de profundidade, formados a partir de rochas básicas e com seqüência de horizontes A, B e C bem diferenciados. Apresentam coloração vermelho escuro acinzentado no horizonte A e de vermelho acinzentado a vermelho escuro acinzentado no B. São porosos, bem drenados e ocorrem em relevo fortemente ondulado. São de elevada fertilidade natural, praticamente neutros, com argila de atividade alta, sendo também alta a saturação de bases. Apresentam horizonte A chernozemico.

O horizonte A, que tem aproximadamente 30 centímetros de espessura, possui estrutura granular bem desenvolvida, enquanto que a do B é prismática, composta de blocos angulares e subangulares, bem desenvolvidos, recobertos por filmes de argila (cerosidade) forte e abundante.

Quanto à consistência, tanto o horizonte A quanto o B, mostram-se duros quando secos, firmes quando úmidos, plásticos e pegajosos quando molhados. Dado o fato de apresentarem-se bem diferenciados, a identificação dos horizontes torna-se relativamente fácil.

Convém salientar que estes solos, apresentam no seu corpo, bem como na superfície, pedras e matacões.

Variações e inclusões

Existem, também, perfis que apesar de incluídos na área da unidade, afastam-se do modal sem ultrapassarem os limites da variação da mesma. Entre essas variações, pode-se citar: per

fis de solos transicionais para outras unidades geográficamente associadas.

Como inclusões, ocorrem perfis de Terra Roxa Estruturada, além de perfis cujo horizonte A não satisfaz todas as condições para ser chernozemico.

3.1.3.- Fotografias aéreas

Foram utilizadas neste trabalho, cópias de contacto, provenientes da cobertura aerofotográfica do Estado do Paraná, efetuada pela firma Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul - S.A., para o Governo do Estado, através do Departamento de Geografia, Terras e Colonização, no ano de 1952, na escala de 1:25 000 e sendo utilizada câmara Fairchild F - 224 .

Para o levantamento aerofotográfico, foi utilizado o método de fotografias verticais intervaladas, o que assegurou um recobrimento longitudinal de 60 - 80 porcentos entre fotos sucessivas e de 20 - 30 porcentos, entre faixas adjacentes.

3.1.4.- Estereoscópio

Para a observação estereoimagem dos detalhes pesquisados nos pares aerofotográficos, utilizou-se o estereoscópio de lentes ou "de bolso", marca "Vasconcellos".

3.1.5.- Equipamento de medição e de desenho

Para a realização de medições necessárias à consecução

ção dos resultados, utilizou-se equipamento simples, como: Plac
metro polar de Amsler, Curvímetro, Escala graduada, Compasso tra
çador e Pantógrafo.

3.2.- Métodos

3.2.1.- Escolha das fotografias aéreas

As fotografias aéreas que serviram de apoio à escolha das áreas de ocorrência dos solos estudados, foram selecionadas - pelo confronto com o mapeamento de solos ao nível de Grande grupo, executado pelo MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (27), em área de aproximadamente 23 841 quilômetros quadrados, limitada ao sul pelo paralelo 24° de latitude Sul e a oeste, pelo meridiano de 51° 30' de longitude Oeste de Greenwich, e a norte e leste pelos limites naturais com o Estado de São Paulo.

O método de pesquisa lógica, preconizado por RABBEN (31), foi o utilizado para selecionar dentre as fotografias, aque
las mais representativas.

3.2.2.- Seleção de bacias hidrográficas

As bacias hidrográficas, objeto dos estudos propostos, foram selecionadas a partir das fotografias aéreas, obedecendo co
mo critério normativo, quanto à minimização das distorções ocasionadas pelo "tilt" e pelo relevo na fotoimagem, o aproveitamento - de somente a parte central de cada fotografia, pela aplicação do método da linha de aproximação, proposto pelo SOIL SURVEY STAFF (40), tornando possível a obtenção de uma maior aproximação quan

to ao posicionamento relativo das fotografias, com relação aos respectivos objetos fotografados. A execução dessa técnica, é feita pela utilização do método do "calco" proposto pelo MINISTÉRIO DA GUERRA (28), com a finalidade de liberar o desenho, do excesso de informações contidas na fotografia.

Para cada solo em estudo, foram traçadas, sobre o calco, as redes de drenagem das respectivas bacias hidrográficas, - através de minucioso estudo estereoscópico, registrando-se todos os canais de drenagem integrantes, tanto de caráter perene, como intermitente, de conformidade com o sugerido por autores como LUE DER (22), STRAHLER (41) e RAY (32).

De acordo com a técnica sugerida por RAY (32), os limites das unidades de solo mapeadas, foram transferidos para as respectivas fotografias pelo método pantográfico, sendo em seguida, transferidas destas para o calco básico de drenagem.

Cada unidade de solo eleita, foi representada por - tres bacias hidrográficas de terceira ordem, que a incluíssem na sua totalidade ou parte, constituída de um percentual bastante - elevado.

A delimitação das bacias eleitas, foi executada sobre as cartas hipsométricas da região elaboradas pelo DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA TERRAS E COLONIZAÇÃO (10), para o Latossol Roxo Eutrófico e Terra Roxa Estruturada; e por exame estereoscópico, para o Brunizem Avermelhado.

3.2.3.- Análise das bacias hidrográficas

Elegendo-se o relacionamento com a área, como critério de homogeneidade sistemática, para a reunião de elementos heterogêneos sob o mesmo ponto de vista analítico, foram estudados:

(a) de características gerais

Localização - situação geográfica da bacia;

Representatividade - percentagem de solo estudado abrangido e inclusões de outros solos;

(b) de características mensuráveis

b.1. - aplicáveis a bacias individuais

Área - circunscrita pelo divisor de águas e - medida com placômetro polar de Amsler;

Maior comprimento - medida efetuada com escala, aproximadamente ao longo do vale principal e tendo como pontos extremos, a foz inferiormente, e superiormente, o ponto determinado pela interseção do prolongamento do curso principal com o divisor de águas;

Maior largura - medida efetuada com Escala graduada, em direção aproximadamente normal à do desenvolvimento do vale principal;

Perímetro - medida efetuada com Curvímetero so

bre a linha do divisor de águas;

Frequência de rios - pela efetivação das medições propostas por HORTON (17), e com a notação Fr;

Densidade de drenagem - conceito igualmente atribuído a HORTON (17), obtido pelas medições efetuadas em todas as bacias hidrográficas e caracterizada pela notação Dd; complementada pela correlação inversa verificada entre as densidades de drenagem e as respectivas áreas, conforme verifica STRAHLER (41);

Razão de textura - valor obtido por cálculo, para cada uma das bacias, segundo modificação de FRANÇA (12) ao conceito de SMITH (39) e com notação T.

b.2.- aplicáveis ao conjunto de bacias

Razão de textura

média

- parâmetro obtido por cálculo e comparado aos modificados por FRANÇA (12), representando o valor médio ponderal da razão de textura, relativamente às áreas

das bacias hidrográficas de cada uni
dade de solo estudada e con notação
T_m;

Densidade de drenagem

em amostras circulares- método de amostragem para interpreta
ção litológica proposto por RAY &
FISCHER (33); foi testado para solos
por FRANÇA (12), com bons resultados.
Consiste na tomada de amostras circu
lares de relativa homogeneidade quan
to a solos, com área de 10,00 quilo-
metros quadrados e con notação D_{dc}.

Testes de semelhança de comportamento hidrológico

Índice de compacidade - Preconizado por GARCEZ (14), expressa
a razão entre o perímetro e o compri
mento da bacia hidrográfica, e de sig
nificativa importância para o seu es
tudo comparativo. Expressando o grau
de circularidade de uma bacia qual
quer, resulta que para uma bacia cir
cular ideal, o seu índice de compaci
dade será igual à unidade;

Índice de conformação - Proposto por GARCEZ (14), resulta da
relação entre a área da bacia e o
quadrado do seu comprimento axial -
longitudinal, da seção de referência
à cabeceira mais distante, sobre o di

visor de águas determinado aproximadamente ao longo do curso d'água principal, sendo sua notação K_f ;

Teste de semelhança geométrica

- segundo princípio que confere identidade de propriedades em função de identidades geométricas proporcionais, proposto por STRAHLER (41), é fundamentado na técnica de amostragem, relativamente àquelas propriedades dimensionais, pela comparação duas a duas, do conjunto de tres bacias hidrográficas representativas de cada unidade de solo .

(c) de características não mensuráveis

Forma aproximada - relacionada à semelhança de ordem comparativa, sugerida pela configuração assumida pelo contorno da bacia;

Ordem da bacia - em consonância com o sistema adotado, proposto por HORTON (17), a ordem de cada bacia foi determinada em função da totalidade da seção de referência gerada pela mais elevada ordem de rio em consideração;

Simetria das vertentes - foi avaliada, segundo a disposição dos tributários relativamente

te ao rio principal, e pela avaliação -
dos declives das respectivas encostas ;

3.2.4.- Análise da rede de drenagem

Foi efetuada pelo evidenciamento das características in
trínsecas dos elementos integrantes do padrão e sua inter-relação.

(a) Análise do padrão quanto à composição

Desenvolvimento

longitudinal ou

comprimento do

curso principal - efetuado com Curvímetro, sobre as
sinuosidades do curso principal, da
seção de referência, que limita in-
feriormente a bacia até a nascente;

Ordem de ramificação - foram classificados rios e tributá-
rios perenes e intermitentes, tendo
por base • sistema proposto por HOR
TON (17), modificado por STRAHLER -
(41);

Número de segmentos

de rios

- designou-se por W determinada or
dem de ramificação, por NW a quan
tidade de segmentos em cada ordem ,
e por N o total da bacia, sendo -
computados pelo total da bacia.

Foi calculada a média ponderal dos números totais de segmentos de rios para cada ordem, para cada unidade de solo estudada. Os números de segmentos de rios foram calculados ainda, segundo a lei do número de rios de HORTON (17) e segundo a equação proposta por MAXWELL (25);

Razão de ramificação - com a notação R_b , expressando uma relação que foi calculada para os valores assumidos pelo número de segmentos de rios de certa ordem, e o de ordem imediatamente superior, de conformidade com o proposto por HORTON (17) foi calculada, também, uma razão de ramificação média ponderal, e ainda, segundo a equação proposta por MAXWELL (25);

Comprimento de rios - foram medidos com o auxílio do Curvímetro, os comprimentos dos segmentos de rios de cada ordem e o total da rede de drenagem da bacia. Sendo representada por W determinada ordem de rios, por LW o comprimento de segmentos de rios em cada ordem e, por L_t , o seu total para a bacia, foram ainda calculados os seus comprimentos médios ponderais, L_m , resultantes da razão entre

o somatório dos comprimentos de rios - de cada ordem LW pelo número de segmentos da ordem respectiva, segundo a lei dos comprimentos de rios de HORTON (17), ficando :

$$L_m = LW / NW \quad ;$$

foi calculado também, dividindo-se os resultados da equação proposta por STRAHLER (41) pelos resultados da equação proposta por MAXWELL (25). Foi, igualmente, calculada uma equação de regressão proposta por VASQUES FILHO (43).

Razão de comprimen

tos totais

- Definida por STRALER (41), expressa a relação entre somas dos comprimentos de segmentos de rios de certa ordem, L_{m_n} , e o de ordem imediatamente superior L_m ($n + 1$), sendo sua notação R_{lw} , foi também calculada a razão média ponderal dos comprimentos totais de rios, para cada ordem nas unidades de solo estudadas.

Razão de comprimen

tos médios

- Definida por HORTON (17), expressa a relação entre o comprimento médio de segmentos de rios de certa ordem, L_{m_n} ,

e o de ordem imediatamente inferior , \underline{Lm} (n - 1), sendo designado por \underline{Rl} , sendo calculada também, a razão média ponderal dos comprimentos médios de rios para as ordens nas unidades de solo estudadas. Ainda, por sugestão de FRANÇA (12), foi calculada a razão de comprimentos médios, como o quociente entre a média da razão de ramificação e a média da razão de comprimentos totais. Por analogia à orientação dada por MAXWELL (25) para o cálculo da razão de ramificação, foi calculada a razão de comprimentos médios com base na equação de regressão ajustada para o cálculo dos comprimentos médios de rios.

3.2.5.- Análise dos aspectos associados de características quantitativas de bacias hidrográficas e redes de drenagem

Decréscimo da área drenada,
inversamente proporcional
ao incremento da densidade
de drenagem

- Com base em proposição de STRAHLER (41), foram utilizados o percentual do valor médio dos comprimentos totais de rios da rede de drenagem e os valores médios das densidades de drenagem das bacias hidrográficas, sendo calculados

os valores médios do decréscimo da área drenada correspondente a um incremento na densidade de drenagem, para as unidades - de solo estudadas. Foi ajustada, também , aos valores observados, uma equação de regressão do tipo $Y = a-bx$.

(b) Análise do padrão quanto às características descritivas

Foi determinado o tipo ou modelo característico, segundo PARVIS (29), referido à forma geométrica sugerida. A descrição foi completada com a avaliação qualitativa das características propostas por LUEDER (22).

* * *

4. - RESULTADOS

4.1. Características das bacias hidrográficas

O estudo das características das bacias hidrográficas - representativas das unidades de solo estudadas forneceu os resultados que são apresentados a seguir.

4.1.1. Propriedades dimensionais

As propriedades mensuráveis expressas por números e selecionadas para caracterizar as bacias hidrográficas representativas das unidades de solo estudadas, são apresentadas no Quadro 1.

4.1.2. Testes de semelhança de comportamento hidrológico

4.1.2.1. Teste de semelhança geométrica

A análise dimensional das bacias eleitas é apresentada no Quadro 2, onde se constata sua semelhança - geométrica satisfatória como decorrente de uma amostragem representativa.

4.1.2.2. Índices de compacidade e de conformação

São apresentados no Quadro 3 os índices de compacidade e de conformação das bacias hidrográficas eleitas, os quais expressa o grau de circularidade assumido pelas bacias.

QUADRO 1 - Propriedades dimensionais das bacias hidrográficas representativas das Unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Bacia Hidrográfica	Maior Comprimento (C) Km	Maior Largura (L) Km	Perímetro (P) Km	Área (A) Km ²	Frequência de Rios (Fr)	Densidade de Drenagem (Dd)
Latossol Roxo Eutrófico	I	6,07	0,65	10,25	4,10	2,43	2,24
	II	6,40	1,82	17,25	11,08	1,17	1,37
	III	5,90	1,35	15,75	9,50	1,26	1,51
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	I	1,97	0,55	6,50	1,68	5,35	4,08
	II	2,05	0,30	7,50	1,90	5,26	4,44
	III	2,90	0,77	9,12	3,71	4,31	1,94
Prunizem Avermelhado	I	1,72	0,43	6,00	1,23	5,69	6,00
	II	2,42	0,77	7,00	1,70	7,05	4,91
	III	1,35	0,97	5,50	0,86	11,62	6,39

QUADRO 2 - Análise dimensional de semelhança geométrica aplicada a bacias hidrográficas representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Bacias Hidrográficas Comparadas	Razão de Escala Linear (R)				Razão Média (Rm)	Razão de Escala Quadrática (R ²)	
		C/Cl	L/Il	CP/CPl	CR/CrL		P/Pi	A/Ai
Latossol Roxo	I/II	0,94	0,35	0,31	0,60	0,59	0,37	0,30
	I/III	1,02	0,48	0,45	0,62	0,65	0,43	0,40
	II/III	1,08	1,34	1,43	1,02	1,09	1,16	1,41
Terra Roxa	I/II	0,96	1,83	0,93	0,81	0,86	0,88	1,14
	I/III	0,67	0,71	0,87	0,95	0,71	0,45	0,60
	II/III	0,70	0,38	0,92	1,17	0,82	0,51	0,62
Estruturada	I/II	0,71	0,55	0,84	0,89	0,85	0,72	0,57
	I/III	1,20	0,44	1,22	1,36	1,09	1,43	1,12
	II/III	1,79	0,79	1,44	1,51	1,27	1,97	1,84

QUADRO 3 - Índices de Compacidade e de Conformação das bacias hidrográficas representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Bacia Hidrográfica	Índice de Compacidade (Kc)	Índice de Conformação (Kf)
Latossol Roxo Eutrófico	I	1,41	0,11
	II	1,45	0,27
	III	1,42	0,27
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	I	1,42	0,43
	II	0,88	0,45
	III	1,33	0,44
Brunizem Avermelhado	I	1,50	0,46
	II	1,50	0,27
	III	5,32	0,43

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão representadas as bacias hidrográficas eleitas como amostragem das unidades de solo estudadas.

4.1.3. Análise do grau de dissecação por rios

No Quadro 4 está expresso o grau de dissecação por rios, definida em termos da Razão de Textura (T) e Razão de Textura Média (Tm) referidas a bacias hidrográficas, e Densidade de Drenagem em Amostras Circulares de área constante, relativamente às unidades de solo estudadas.

4.1.4. Relação entre características quantitati

QUADRO 4 - Análise do grau de dissecação por rios das unidades de solo estudadas, referidas a bacias e Amostras Circulares de Área Constante

Unidade de Solo	Bacia Hidrográfica	Razão de Textura (T)	Razão de Textura Média (Tm)	Densidade de Drenagem em Amostras Circulares			Coeficiente de Variação em (%) (v)
				Ddc			
				Valor Médio	Desvio da Média (δ)	Erro Padrão da Média (e)	
Latossol Roxo	I	0,97		1,25	-0,14	-0,08	11,20
Eutrófico	II	0,58	1,08				
	III	0,63					
Terra Roxa	I	2,00					
Estruturada	II	1,73	1,63	6,32	-4,23	-2,44	66,93
Eutrófica	III	1,42					
	I	2,00					
Brunizem	II	1,71	1,93	1,79	-0,21	-0,12	11,73
Avermelhado	III	2,18					

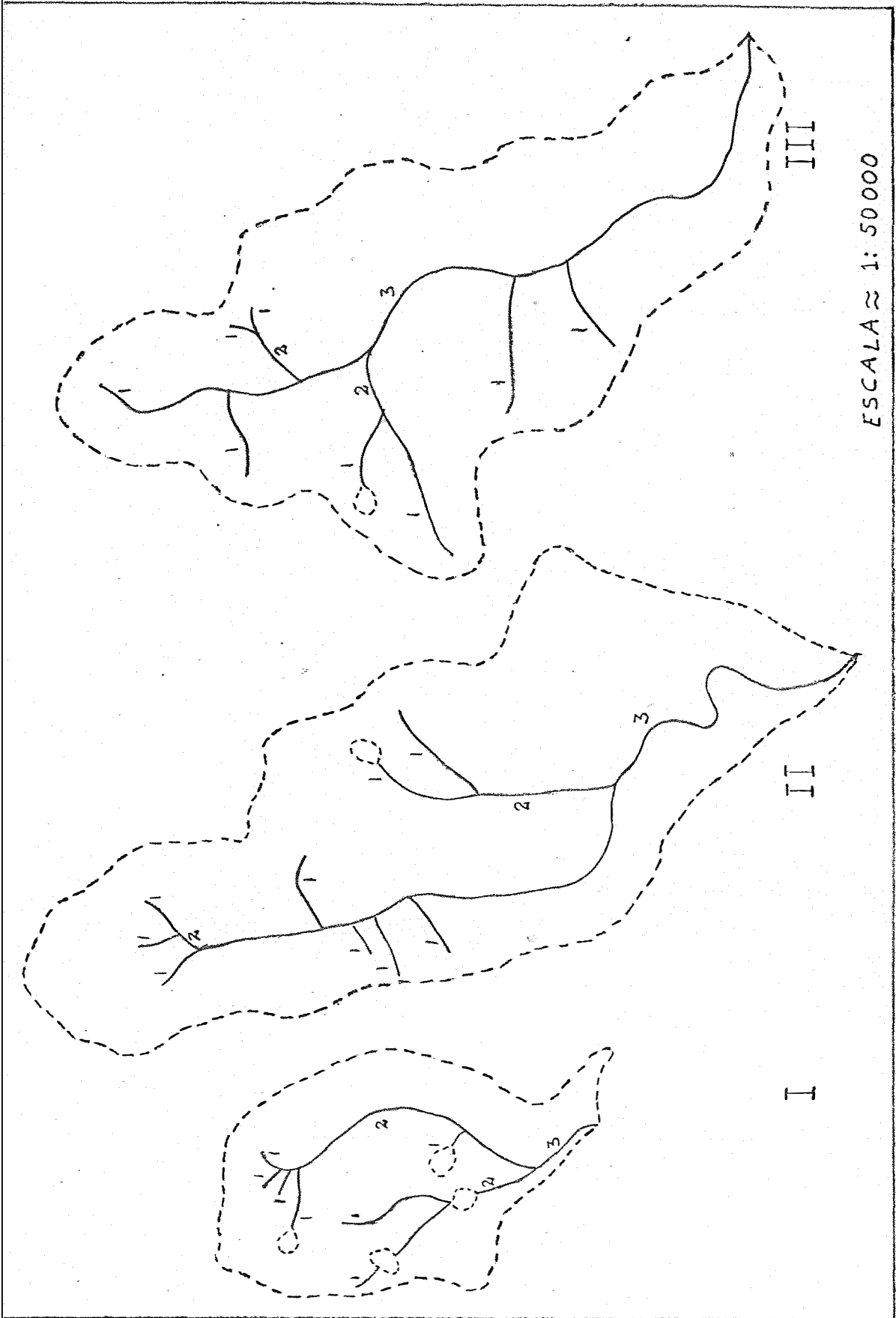


Figura 1 - Bacias hidrográficas e rede de drenagem dos solos do grande grupo Latossol Roxo Eutrófico.

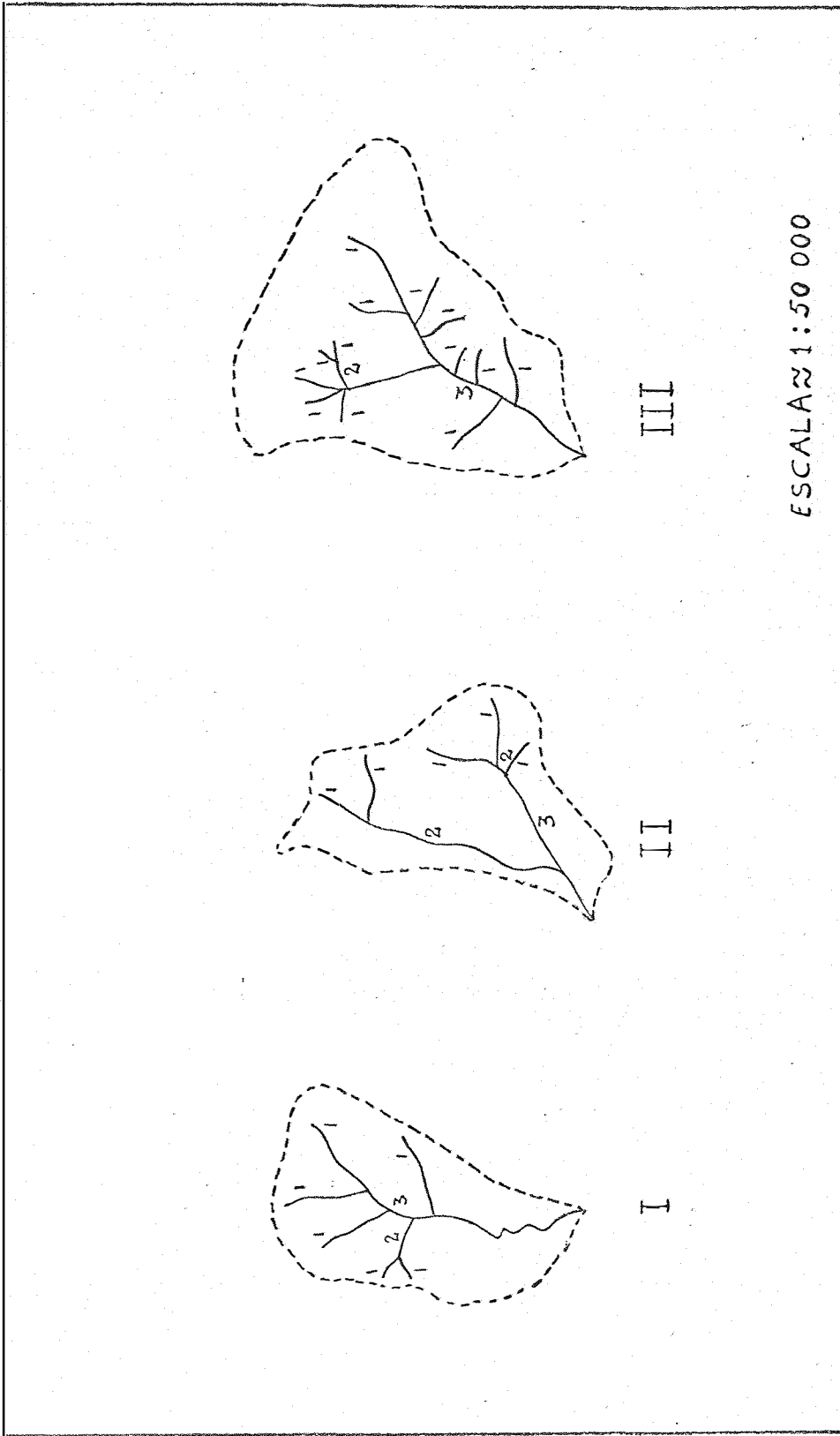


Figura 2 - Bacias hidrográficas e rede de drenagem dos solos do grande grupo Terra Roxa Estruturada Eutrófica.

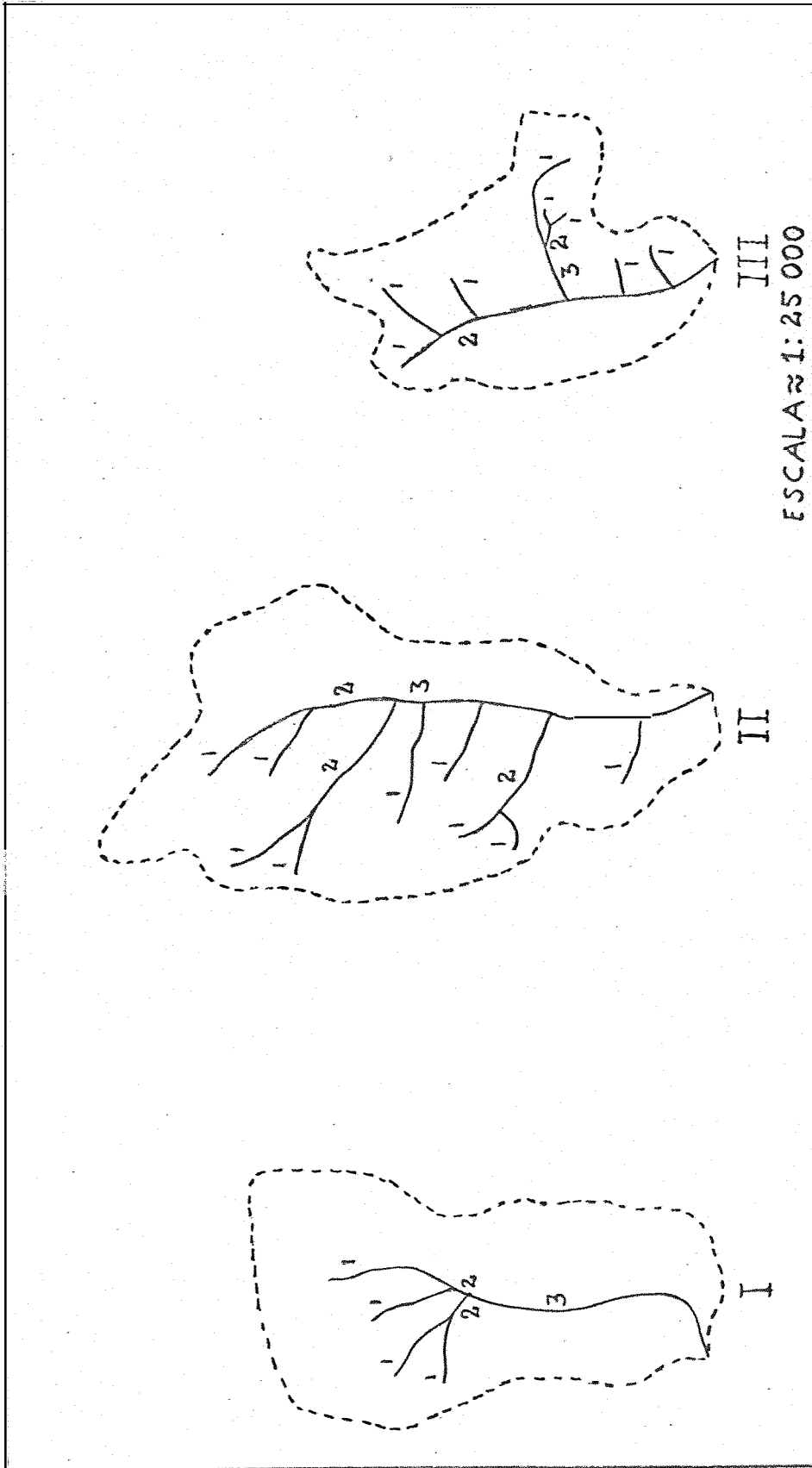


Figura 3 - Bacias hidrográficas e rede de drenagem dos solos do grande grupo Brunizem Avermelhado.

vas das bacias hidrográficas

4.1.4.1. Relação entre Razão de Textura e Densidade de Drenagem para as unidades de solo estudadas.

As relações entre Razão de Textura e Densidade de Drenagem referidas às bacias hidrográficas, acham-se ilustradas na Figura 4 .

4.1.4.2 Relação entre Frequência de Rios e Densidade de Drenagem para as unidades de solo estudadas.

As relações entre Frequência de Rios e Densidade de Drenagem, encontram-se, análogamente, ilustradas na Figura 5 .

4.1.4.3. Relação entre Razão de Textura Média e Densidade de Drenagem em Amostras Circulares para as unidades de solo estudadas.

Igualmente, as relações entre Razão de Textura Média e Densidade de Drenagem em Amostras Circulares, estão ilustradas na Figura 6 .

4.1.5. Propriedades adimensionais

As propriedades adimensionais inerentes às bacias hidrográficas das unidades de solo estudadas têm suas características descritas nos Quadros 5 e 6.

4.2.- Características da rede de drenagem

4.2.1. Análise do padrão quanto à composição

O resultado do estudo dos aspectos inter-relativos dos elementos característicos da rede de drenagem que compõem o padrão, é apresentado no Quadro 7.

4.2.2. Análise do padrão quanto às características descritivas

A apreciação qualitativa das formas geométricas das respectivas redes de drenagem levando à caracterização do modelo sugerido, está expressa no Quadro 8.

QUADRO 5 - Propriedades características adimensionais das bacias hidrográficas representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Bacia Hidrográfica	Ordem (w)	Forma Aproximada	Simetria das Vertentes
Latossol Roxo Eutrófico	I	3ª	Ovalada	Assimétrica
	II	3ª	Fusiforme	Assimétrica
	III	3ª	Triangular	Assimétrica
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	I	3ª	Reniforme	Assimétrica
	II	3ª	Triangular	Assimétrica
	III	3ª	Campanular	Simétrica
Brunizem Avermelhado	I	3ª	Reniforme	Assimétrica
	II	3ª	Fusiforme	Assimétrica
	III	3ª	Ovalada	Assimétrica

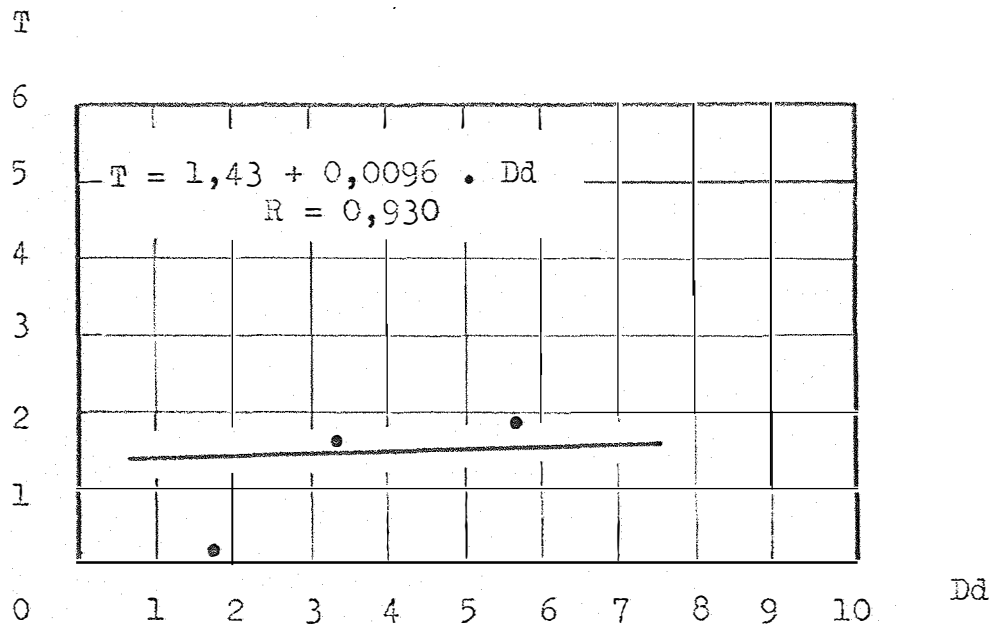


Figura 4 - Relação funcional entre valores médios de razão de textura e densidade de drenagem para as unidades de solo estudadas.

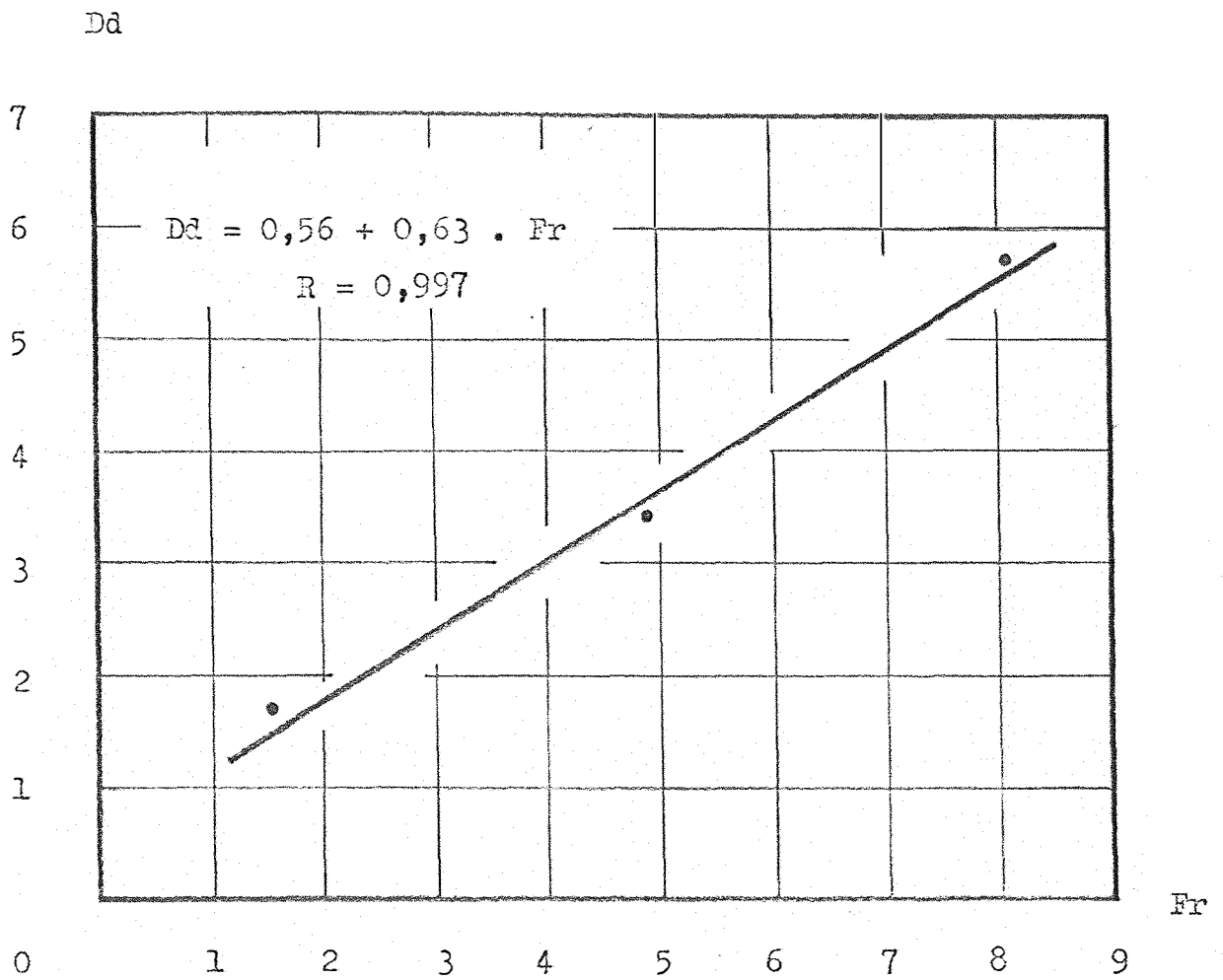


Figura 5 - Relação funcional entre valores médios de densidade de drenagem e freqüência de rios para as unidades de solo estudadas.

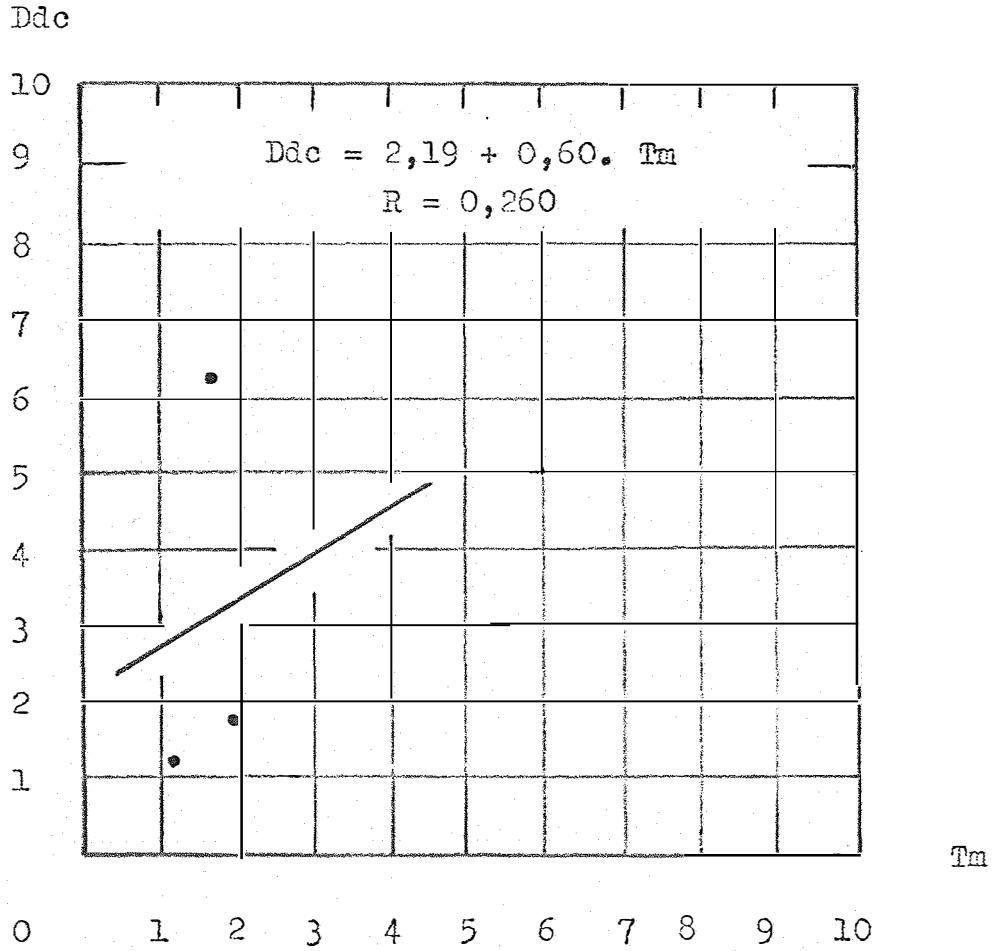


Figura 6 - Relação funcional entre valores médios de densidade de drenagem de amostras circulares e razão de textura média para as unidades de solo estudadas.

QUADRO 6 - Classificação da textura topográfica das unidades de solo estudadas com base nos valores da razão de textura média

Unidade de Solo	Razão de textura média (Tm)	Classe de textura topográfica
Latossol Roxo Eutrófico	1,08	grosseira
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	1,63	grosseira
Brunizem Avermelhado	1,93	grosseira

As amostragens circulares para a determinação da densidade de drenagem (Ddc) acham-se ilustradas nas Figuras 7,8 e 9 .

4.2.3. Análise quantitativa do padrão

4.2.3.1. Análise do número de segmentos de rios

No Quadro 9, são apresentados os valores médios observados e calculados para o número de segmentos de rios (NW) das redes de drenagem representativas das unidades de solo - estudadas;

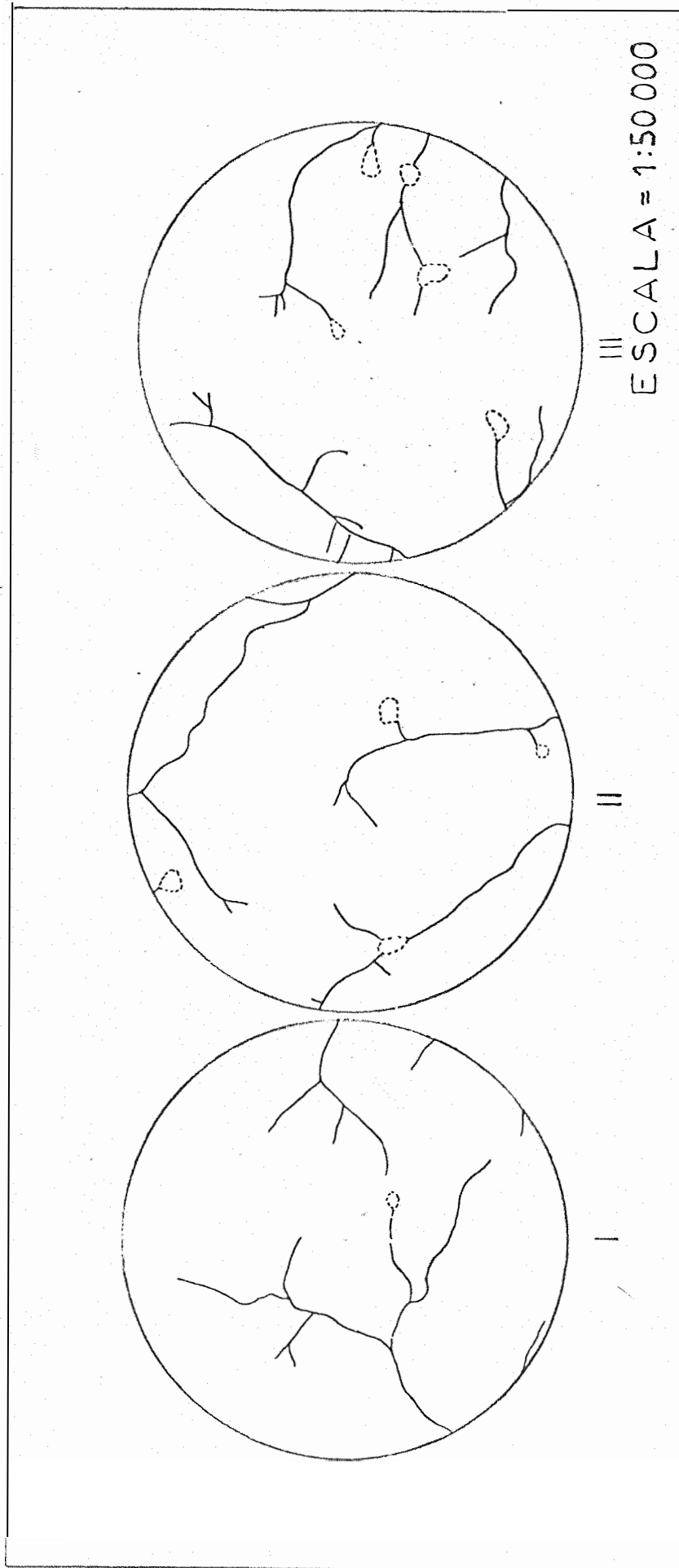


Figura 7 - Amostragem circular para determinação da densidade de drenagem em solos do grande grupo Latossol Roxo Eutrófico.

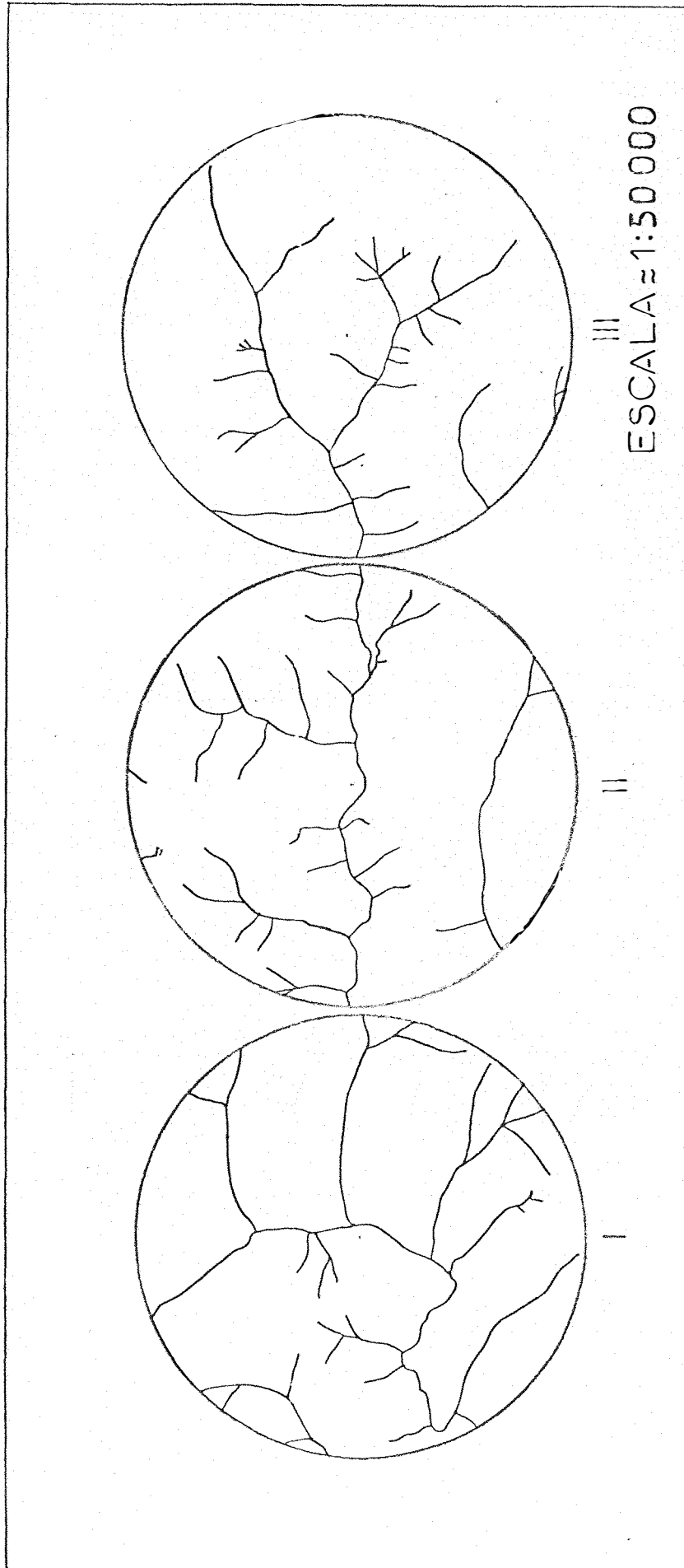


Figura 8 - Amostragem circular para determinação da densidade de drenagem em solos do grande grupo Terra Roxa Estruturada Eutrófica.

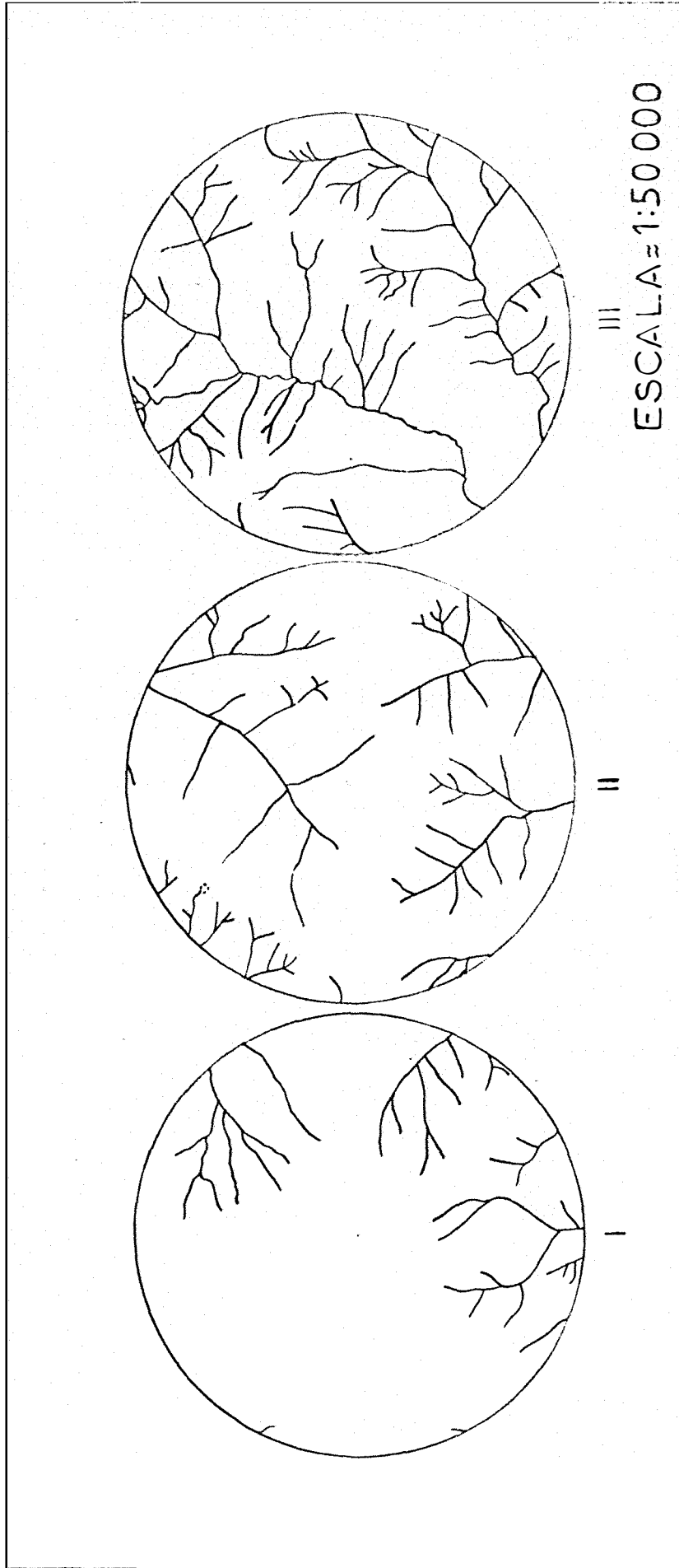


Figura 9 - Amostragem circular para determinação da densidade de drenagem em solos do grande grupo Brunizem Avermelhado.

QUADRO 7 - Propriedades características dimensionais da rede de drenagem representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Bacia Hidrográfica	Ordem (W)	Número de Segmentos de rios		Razão de Ramificação (Rb)	Comprimento de Rios -Km-			Razão de Comprimentos Médios		Razão de Comprimentos Totais (RLW)
			Em Cada Ordem (NW)	Total da Bacia (N)		Em Cada Ordem		Total da Bacia (Lt)	(Rl)		
						Total (Lw)	Médio (Lm)				
Latossol I		1ª	7	-	4,00	0,57	3,71	0,94			
		2ª	2	3,50	4,25	2,12	0,45	4,38			
		3ª	1	10	2,00	0,97	0,97	9,22	-		
Roxo II		1ª	10	-	6,00	0,60	4,58	1,09			
		2ª	2	5,00	5,50	2,75	1,36	1,46			
		3ª	1	13	2,00	3,75	3,75	15,25	-		
Eutrófico III		1ª	8	-	6,50	0,81	0,71	3,71			
		2ª	3	2,66	1,75	0,58	1,55	0,28			
		3ª	1	12	3,00	6,12	6,12	14,37	-		

QUADRO 7 - Continuação -

Unidade de Solo	Bacia Hidrográfica	Ordem (W)	Número de Seg-mentos de Rios		Razão de Ramificação (Rb)	Comprimento de Rios -Km-			Razão de Comprimentos Médios (RL)	Razão de Comprimentos Totais (RLw)
			Em Cada Ordem (NW)	Total da Bacia (N)		Total da Bacia (Lw)	Médio (Lm)	Total da Bacia (Lt)		
Terra	I	1ª	6		-	3,36	0,56	1,13	2,60	
		2ª	2		3,00	1,29	0,64	3,65	0,54	
		3ª	1	9	2,00	2,35	2,35	7,00	-	
Roxa	II	1ª	7		-	4,13	0,59	3,13	1,11	
		2ª	2		3,50	3,70	1,85	0,28	7,11	
		3ª	1	10	2,00	0,52	0,52	8,35	-	
Eutrófica III		1ª	13		-	2,50	0,19	5,79	1,13	
		2ª	2		6,50	2,20	1,10	2,27	0,88	
		3ª	1	16	2,00	2,50	2,50	7,20	-	

QUADRO 7 - Continuação -

Unidade de Solo	Bacia Hidrográfica	Ordem (W)	Número de Segmentos de Rios		Razão de Ramificação (Rb)	Comprimento de Rios -Km-			Razão de Comprimentos Médios (Rl)	Razão de Comprimentos Totais (Rlw)
			Em Cada Ordem (NW)	Total da Bacia (N)		Em Cada Ordem (Lw)	Total da Bacia (Lt)	Médio (Lm)		
Brunisem I		1ª	4		-	2,50	0,62	2,20	0,90	
		2ª	2		2,00	2,75	1,37	1,64	1,22	
		3ª	1	7	2,00	2,25	2,25	7,50	-	
Avernelhado II		1ª	9		-	3,75	0,41	1,82	1,66	
		2ª	3		3,00	2,25	0,75	3,13	0,95	
		3ª	1	13	3,00	2,35	2,35	8,35	-	
III		1ª	7		-	2,75	0,39	1,92	1,83	
		2ª	2		3,50	1,50	0,75	1,66	1,20	
		3ª	1	10	2,00	1,25	1,25	5,50	-	

QUADRO 8 - Características descritivas das redes de drenagem das unidades de solo estudadas

Características	Latossol Roxo Eutrófico	Terra Roxa Estruturada Eutrófica	Brunizem Avermelhado
Grau de Integração	pouco integrado	bem integrado	bem integrado
Densidade de Drenagem	baixa	média	alta
Grau de Uniformidade	alto	moderado	moderado
Orientação	pouco orientado	pouco orientado	bem orientado
Grau de controle	baixo	alto	moderado
Angularidade	baixa	elevada	moderada
Ângulos de Confluência	retos; Ocasionalmente agudos	retos; Ocasionalmente agudos	retos; Ocasionalmente agudos
Tipo ou Modelo	dendrítico sub-paralelo	dendrítico sub-paralelo	dendrítico
Anomalias	alguma angularidade de nas 3ªs ordens	elevada angularidade de nas 3ªs e 4ªs ordens	aumento da densidade de drenagem em pequenas áreas

QUADRO 9 - Valores médios observados e calculados para o número - de segmentos de rios (NW) nas ordens de ramificação das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas

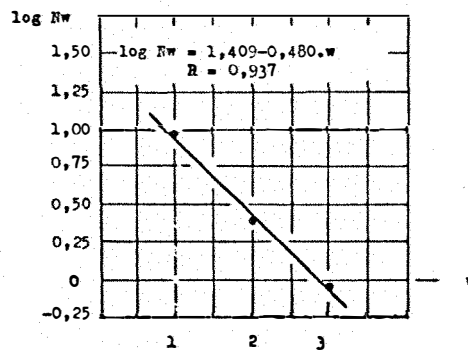
Unidade de Solo	Ordem	NW Observados	NW Calculado	
			Maxwell	Horton
Latossol Roxo Eutrófico	1ª	8,73	8,49	9,12
	2ª	2,38	2,81	3,02
	3ª	1,00	0,92	1,00
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	1ª	9,82	11,56	5,47
	2ª	2,00	4,92	2,34
	3ª	1,00	2,10	1,00
Brunizem	1ª	6,92	7,82	6,92
	2ª	3,58	2,97	2,63
Avermelhado	3ª	1,00	1,13	1,00

No Quadro 10 são apresentados os valores assumidos pelas variáveis na equação de MAXWELL (25) aí indicada, os coeficientes de correlação e os percentuais da variação dos números de segmentos de rios, para as unidades de solo, também apresentados graficamente na Figura 10.

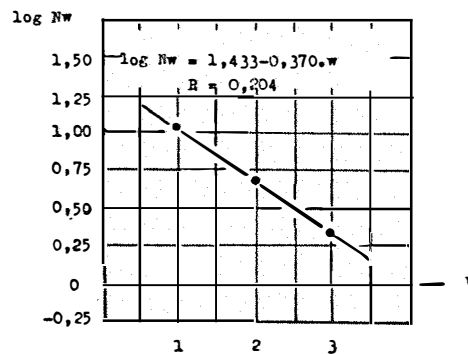
4.2.3.2. Análise da Razão de Ramificação

No Quadro 11 estão indicados os valores observados para a Razão de Ramificação (Rb), bem como os obti

Latossol Roxo
Eutrófico



Terra Roxa
Estruturada
Eutrófica



Brunizem
Avermelhado

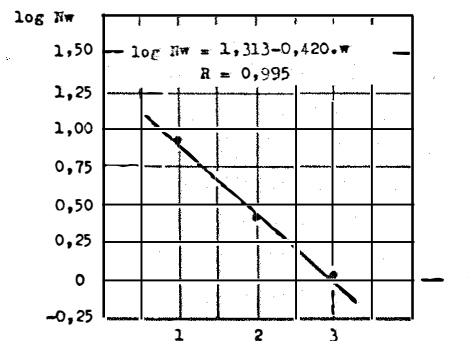


Figura 10 - Regressão do número de segmentos de rios sobre as ordens de ramificação para as unidades de solo estudadas.

dos por cálculo através da média ponderal e da equação de Maxwell para as redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas. Considerando as três unidades de solo estudadas, verifica-se que a variação das razões de ramificação observadas está entre os valores de 2,00 e 6,50 .

QUADRO 10 Formas assumidas pelas substituições numéricas na equação de Maxwell ($\log NW = \log a - \log b \cdot W$); seus coeficientes de correlação (R) e percentuais de variação total explicada ($R^2 \times 100$)

Unidade de Solo	Equação	R	$R^2 \times 100$
Latossol Roxo Eutrófico Terra Roxa Estruturada	$\log NW = 1,409 - 0,480 \cdot W$	0,9377	87,94 %
Eutrófica	$\log NW = 1,433 - 0,370 \cdot W$	0,2041	4,00 %
Brunizem Avermelhado	$\log NW = 1,313 - 0,420 \cdot W$	0,9955	99,10 %

No Quadro 12 estão indicados os valores médios observados e calculados para o número total de segmentos de rios (N) das bacias hidrográficas representativas das unidades de solo estudadas.

4.2.3.3. Análise dos comprimentos de rios

No Quadro 13 constam os valores médios ponderais observados e calculados para os comprimentos totais de rios (LW) pelas ordens de ramificação das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas.

QUADRO 11 - Valores observados e valores médios calculados para a razão de ramificação (Rb) das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Bacias Hidrográficas	Ordens Relacionadas	Rb Observado	Rb Calculado	
				Média	Maxwell
Latosso Roxo Eutrófico	I	W_1/W_2	3,50	2,62	3,02
		W_2/W_3	2,00		
	II	W_1/W_2	5,00		
		W_2/W_3	2,00		
	III	W_1/W_2	2,66		
		W_2/W_3	3,00		
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	I	W_1/W_2	3,00	2,67	2,34
		W_2/W_3	2,00		
	II	W_1/W_2	3,50		
		W_2/W_3	2,00		
	III	W_1/W_2	6,50		
		W_2/W_3	2,00		
Brunizem Avermelhado	I	W_1/W_2	2,00	2,63	2,63
		W_2/W_3	2,00		
	II	W_1/W_2	3,00		
		W_2/W_3	3,00		
	III	W_1/W_2	3,50		
		W_2/W_3	2,00		

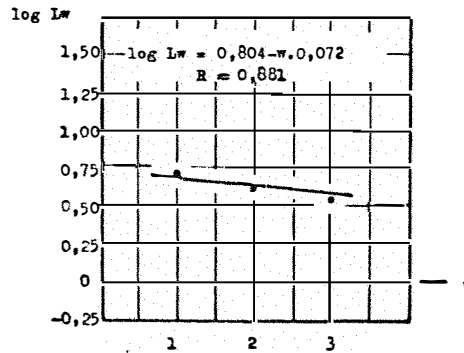
QUADRO 12 - Valores médios observados e calculados para o número total de segmentos de rios (N) das bacias hidrográficas representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	N Observado	N Calculado	
		Maxwell	Horton
Latossol Roxo			
Eutrófico	11,66	12,22	13,14
Terra Roxa Estruturada			
Eutrófica	11,66	18,56	8,81
Brunizem Avermelhado	10,00	11,92	10,55

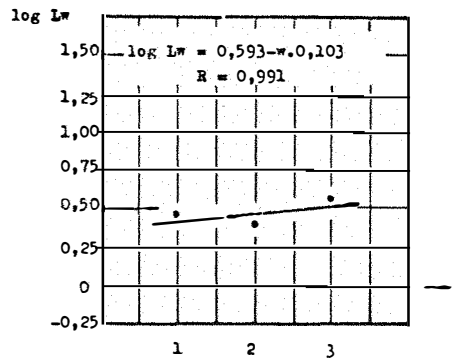
No Quadro 14 são apresentados os valores assumidos pelas variáveis na equação de FRANÇA (12) aí indicada, os coeficientes de correlação e os percentuais da variação dos comprimentos totais de rios para as unidades de solo estudadas, também apresentados graficamente na Figura 11.

Os valores médios observados e calculados para os comprimentos totais (Lt) das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas, são apresentados no Quadro 15.

Latossol Roxo
Eutrófico



Terra Roxa
Estruturada
Eutrófica



Brunizem
Avermelhado

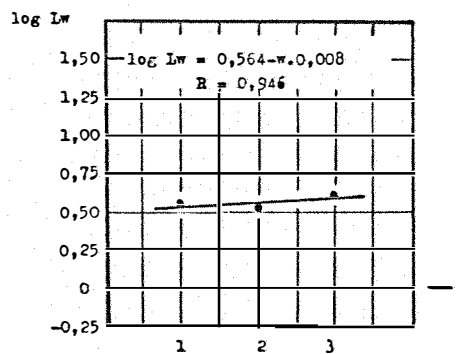


Figura 11 - Regressão da soma dos comprimentos de segmentos de rios sobre as ordens de ramificação - para as unidades de solo estudadas.

QUADRO 13 - Valores médios observados e calculados para os comprimentos totais de rios (L_w) nas ordens de ramificação das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Ordem	L_w Observado	L_w Calculado
Latossol Roxo	1ª	5,50	5,39
Eutrófico	2ª	3,83	4,57
	3ª	3,61	3,86
Terra Roxa	1ª	3,33	3,09
Estruturada	2ª	2,40	2,44
Eutrófica	3ª	1,79	3,50
Brunizem	1ª	3,00	3,59
Avermelhado	2ª	2,16	3,54
	3ª	1,95	4,19

QUADRO 14 - Formas assumidas pelas substituições numéricas na equação de França ($\log LW = \log a - W \cdot \log b$); seus coeficientes de correlação (R) e percentuais de variação total explicada ($R^2 \times 100$)

Unidade de Solo	Equação	R	$R^2 \times 100$
Latossol Roxo Eutrófico	$\log LW = 0,804 - W \cdot 0,072$	0,8817	77,73 %
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	$\log LW = 0,593 - W \cdot 0,103$	0,9915	98,30 %
Brunizem Avermelhado	$\log LW = 0,564 - W \cdot 0,008$	0,9461	89,51 %

QUADRO 15 - Valores médios observados e calculados para os com
primentos totais (Lt) das redes de drenagem repre
sentativas das unidades de solo estudadas.

Unidade de Solo	Lt Observado (Km)	Lt Calculado (Km)
Latossol Roxo Eutrófico	12,95	13,82
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	7,51	9,03
Brunizem Avermelhado	7,11	11,32

No Quadro 16 são apresentados os valores médios ponderais -
observados e calculados para os comprimentos médios de rios (Lm)
nas ordens de ramificação das redes de drenagem representativas -
das unidades de solo estudadas.

No Quadro 17 são apresentados os valores assumidos pelas va
riáveis na equação ajustada por VASQUES FILHO (43) aí indicada ,
os coeficientes de correlação e os percentuais da variação total
explicada, para os comprimentos médios de rios nas unidades de so
lo estudadas.

QUADRO 16 - Valores médios observados e calculados para os comprimentos médios de rios (Lm) nas ordens de ramificação da rede de drenagem representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Ordem	Lm Observado	Lm Calculado		
			Equação	LW Calculado	Horton NW Calculado
Latossol Roxo	1ª	0,67	0,67	0,63	0,62
	2ª	1,81	1,35	1,62	1,62
Eutrófico	3ª	4,12	2,02	4,19	4,19
Terra Roxa	1ª	0,39	0,47	0,26	0,15
Estruturada	2ª	1,22	0,95	0,49	0,24
Eutrófica	3ª	2,00	1,42	1,66	0,17
Brunizem	1ª	0,47	0,84	0,46	0,46
Avermelhado	2ª	0,95	1,68	1,19	1,19
	3ª	2,01	2,52	3,71	3,71

QUADRO 17 - Formas assumidas pelas substituições numéricas na equação de Maxwell, ajustada por Vasques Filho para comprimentos médios de rios ($\log Lm = a+b.w$), coeficientes de correlação (R) e percentual de variação explicada ($R^2 \times 100$)

Unidade de Solo	Equação	R	$R^2 \times 100$
Latossol Roxo Eutrófico	$\log Lm = 0,779-0,105.w$	0,9847	97,00 %
Terra Roxa Estruturada			
Eutrófica	$\log Lm = 0,619-0,145.w$	0,9970	99,40 %
Brunizem Avermelhado	$\log Lm = 1,023-0,184.w$	0,9760	95,25 %

Os valores observados e valores médios ponderais calculados para a razão de comprimentos médios (R_l) das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas, são apresentados no Quadro 18. Considerando-se todas as unidades de solo, as razões de comprimentos médios observadas variaram entre 0,28 e 5,79.

No Quadro 19 são apresentados os valores observados e médias ponderais calculadas para a razão de comprimentos totais (R_{lw}) das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas. Os valores observados, considerando-se todas as unidades de solo, variaram entre 0,28 e 7,11.

4.3. Análise dos aspectos associados de características quantitativas de bacias hidrográficas e redes de drenagem

No Quadro 20 são apresentados os valores percentuais das ordens de rios sobre a média dos comprimentos totais das redes de drenagem, e os valores médios de decréscimo das áreas drenadas correspondentes a um incremento da densidade de drenagem nas bacias hidrográficas das unidades de solo estudadas.

QUADRO 18 - Valores observados e valores médios calculados para a razão de comprimentos médios (Rl) das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Bacia	Ordem	Rl Observada	Rl Calculada		
				Média	$Rl = \log^{-1} b$	Rb/Rlw
Latoosol Roxo Eutrófico	I	W_1/W_2	3,71	1,84	2,59	2,82
		W_2/W_3	0,45			
	II	W_1/W_2	4,58			
		W_2/W_3	1,36			
	III	W_1/W_2	0,71			
		W_2/W_3	1,55			
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	I	W_1/W_2	1,13	2,00	1,65	1,85
		W_2/W_3	3,67			
	II	W_1/W_2	3,13			
		W_2/W_3	0,28			
	III	W_1/W_2	5,79			
		W_2/W_3	2,27			
	I	W_1/W_2	2,20			
		W_2/W_3	1,64			
Brunizem Avermelhado	II	W_1/W_2	1,82	1,58	2,85	2,58
		W_2/W_3	3,13			
	III	W_1/W_2	1,92			
		W_2/W_3	1,66			

QUADRO 19 - Valores observados e médias calculadas para a razão de comprimentos totais (Rlw) das redes de drenagem representativas das unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Bacias Hidrográficas	Ordem	Rlw Observação	Rlw Calculado
Latossol Roxo Eutrófico	I	W_1/W_2	0,94	
		W_2/W_3	4,38	
	II	W_1/W_2	1,09	1,07
		W_2/W_3	1,46	
	III	W_1/W_2	3,71	
		W_2/W_3	0,28	
Terra Roxa Estruturada Eutrófica	I	W_1/W_2	2,60	
		W_2/W_3	0,54	
	II	W_1/W_2	1,11	1,26
		W_2/W_3	7,11	
	III	W_1/W_2	1,13	
		W_2/W_3	0,88	
Brunizen Avermelhado	I	W_1/W_2	0,90	
		W_2/W_3	1,22	
	II	W_1/W_2	1,66	1,02
		W_2/W_3	0,95	
	III	W_1/W_2	1,83	
		W_2/W_3	1,20	

A Figura 12 mostra a relação funcional entre o de cr é s c i m o das áreas drenadas e o incremento das densidades de dr e n a g e m para as ordens de ramificação e com um coeficiente de co r r e l a ç ã o linear ($R = 0,976$).

QUADRO 20 - Decréscimo proporcional das áreas drenadas para o au m e n t o de densidade de drenagem das bacias, formado pe l os parâmetros dos Quadros 1 e 7, para as unidades de solo estudadas

Unidade de Solo	Média dos Comprimentos totais de rios	Percentual das ordens de rios sobre a média dos comprimentos totais	Ordens de rios (W)
Latossol		42,50	1ª
Roxo	12,94	29,59	2ª
Eutrófico		27,87	3ª
Terra Roxa		44,34	1ª
Estruturada	7,51	31,18	2ª
Eutrófica		23,83	3ª
Brunizem		37,97	1ª
Avermelhado	7,11	30,37	2ª
		27,42	3ª

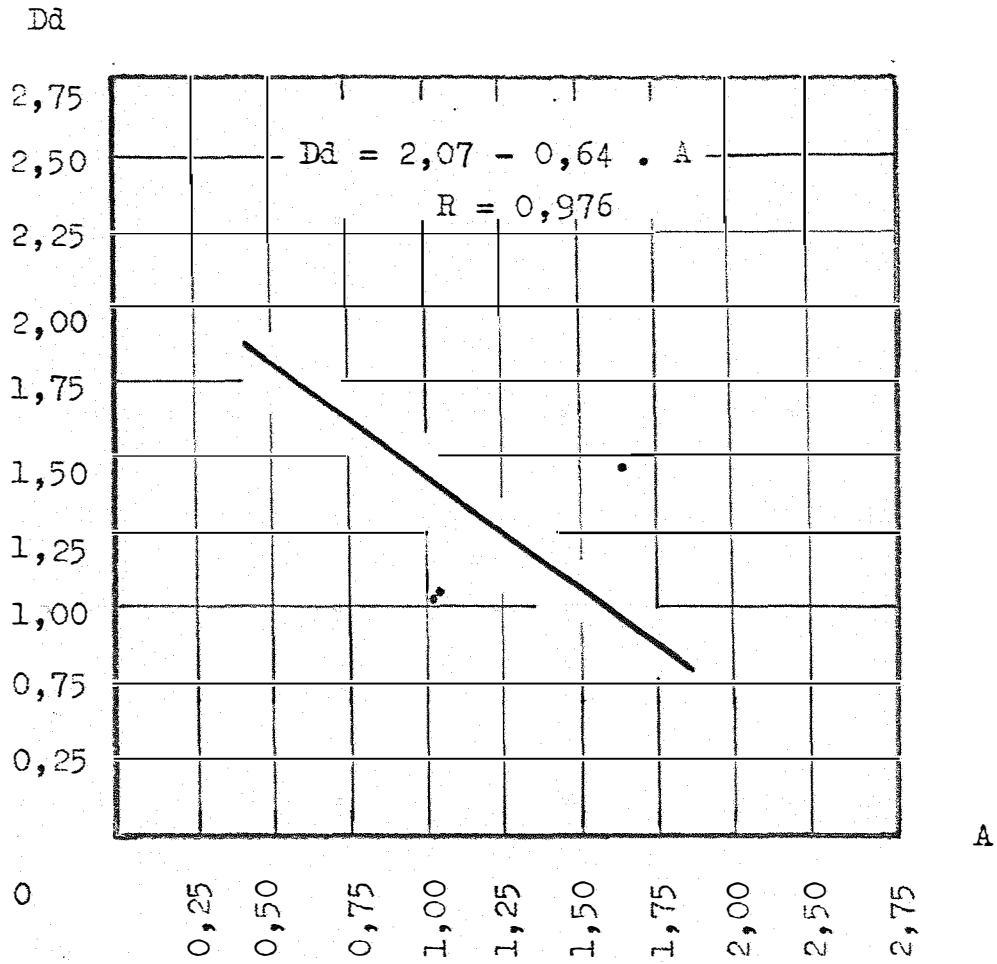


Figura 12 - Relação funcional entre valores médios da densidade de drenagem e respectivas áreas de bacias para as unidades de solo estudadas.

QUADRO 20 - Continuação -

Unidade de Solo	Valor Médio do Incremento na Densidade de Drenagem (\bar{Dd})	Valor Médio do Decréscimo nas Áreas Drenadas (\bar{A}) Km	Ordens de Rios (W)
L.R.Eu.	0,72	3,49	
T.R.E.Eu.	1,54	1,07	1ª
Brun. Av.	2,18	0,47	
LR.Eu.	0,50	2,43	
T.R.E.Eu.	1,08	0,75	2ª
Brun. Av.	1,74	0,38	
L.R.Eu.	0,47	2,29	
T.R.E.Eu.	0,82	0,57	3ª
Brun. Av.	1,57	0,34	

* * *

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A discussão dos resultados é apresentada a seguir, na ordem cronológica de investigação.

5.1. Características das bacias hidrográficas

5.1.1. Propriedades dimensionais

Os resultados obtidos neste trabalho são concordes com o princípio postulado por STRAHLER (41) e ratificado por SMITH (38) e FRANÇA (12) tendo por base a ordenação classificatória de rios proposta por HORTON (17), quanto à verificação de que somente bacias de mesma ordem de ramificação fornecem resultados conclusivos, através da comparação de dados obtidos por amostragem.

Foi obedecida a proposição de STRAHLER (41), quanto à seleção para amostragem da verificação de semelhança geométrica entre as bacias.

Sob este ponto de vista, analisando o Quadro 2, foram as bacias do Latossol Roxo Eutrófico as que apresentaram maior semelhança geométrica e portanto, maior grau de homogeneidade de solos, concordando com o que foi verificado nos trabalhos de FRANÇA (12), MARCHETTI (24), FADEL (11), VASQUES FILHO (43) e LEÃO (20).

Do exame do Quadro 3, ressalta a difícil interpretação dos resultados fornecidos pelas bacias quanto à uti

lização para caracterização de solos, dos índices de compacidade e de conformação sugeridas por GARCEZ (14), e verificada para todas as unidades de solo estudadas, concordando inteiramente, com os resultados obtidos por FADEL (11), VASQUES FILHO (43) e LEÃO (20).

Os resultados referentes à razão de textura (T) e textura média (Tm) de SMITH (39) e densidade de drenagem em amostras circulares (Ddc) de RAY & FISCHER (33), testada para solos por FRANÇA (12), demonstram, pela análise do Quadro 4, ser significativos para o Latossol Roxo Eutrófico e Brunizem Avermelhado e uma acentuada aleatoriedade para Terra Roxa Estruturada Eutrófica.

5.1.2. Relação entre características quantitativas das bacias hidrográficas

Na figura 4 está registrada a relação verificada entre a razão de textura e a densidade de drenagem das bacias evidenciando um coeficiente de correlação linear mediano ($R = 0,832$).

Embora a literatura pertinente seja omissa no tocante a pesquisas voltadas à investigação do relacionamento entre frequência de rios e densidade de drenagem, os resultados - neste trabalho, como evidencia a Figura 5, demonstraram um elevado coeficiente de correlação linear ($R = 0,954$), o que confirma os resultados obtidos por FADEL (11), VASQUES FILHO (43) e LEÃO (20).

Na Figura 6 está registrado o relacionamen-

to verificado entre a razão de textura média e a densidade de drenagem em amostras circulares, constatando-se uma baixa correlação linear ($R = 0,260$).

5.1.3. Propriedades adimensionais

O julgamento e interpretação dos dados descritivos das bacias dos Quadros 5 e 6 relativamente à diferenciação entre solos, parece carecer de elementos comprobatórios de maior peso. A sua utilização parece estar ligada aos parâmetros que definem e quantificam o seu comportamento hidrológico.

5.2. Características da rede de drenagem

5.2.1. Análise do padrão quanto à composição

De uma maneira geral, sendo os solos resultantes da ação interativa entre um elenco determinado de propriedades e características, o mesmo princípio rege o estabelecimento e manutenção da rede de drenagem expressa pelo padrão e que com aquele, guarda relação mais ou menos estreita.

5.2.2. Análise do padrão quanto às características descritivas

Consubstancia-se numa sistemática de avaliação proposta por LIEDER (22) cujo julgamento se dá por critérios eminentemente pessoais, impedindo uma caracterização de solos em termos absolutos através da apreciação da rede de drenagem; da mesma forma a identificação do tipo ou modelo segundo PARVIS (29) ,

é restrito mais à interpretações das feições litológicas, como - também, as interpretações das anomalias estão eminentemente liga das à interpretação das feições estruturais.

Assim, da análise do Quadro 8, evidencia-se o controle estrutural exercido sobre a rede de drenagem desenvolvida sobre Terra Roxa Estruturada Eutrófica.

5.3. Análise quantitativa do padrão

Fornece a análise quantitativa dos elementos - constitutivos do padrão, elementos de maior consistência para a tentativa de caracterização de solos, uma vez que tem como resul tado final uma expressão numérica, quer de natureza individual , quando do estudo de um componente isolado, quer de natureza asso ciativa, quando do estudo relativo entre duas características dis tintas.

5.3.1. Análise do número de segmentos de rios

Do exame dos Quadros 9, 10 e 11, evidencia-se uma relativa homogeneidade dos resultados de número de segmentos de rios, à exceção daqueles pertinentes à Terra Roxa Estruturada Eutrófica. De igual modo, os elevados coeficientes de correlação linear para Latossol Roxo Eutrófico ($R = 0,937$) e Brunizem Averde lhado ($R = 0,995$) e, ($R = 0,204$) para Terra Roxa Estruturada Eu trófica, evidenciam uma acentuada aleatoriedade nos resultados re ferentes a este solo. Esta correlação está registrada gráficanen te na Figura 10, para as unidades de solo estudadas.

5.3.2. Análise da razão de ramificação

Os resultados obtidos para a razão de ramificação expressos no Quadro 11, comprovem ser a equação proposta por MAXWELL (25), a melhor medida da razão de ramificação, pela maior proximidade entre esses valores e aqueles obtidos através da média ponderal dos números de segmentos de rios.

5.3.3. Análise dos comprimentos de rios

Os resultados obtidos demonstram, nos Quadros 12 e 14, que os comprimentos totais de rios nas ordens de ramificação, guardam maior homogeneidade do que o verificado para o número de segmentos de rios, à excessão das terceiras ordens da Terra Roxa Estruturada Eutrófica e Brunizem Avermelhado, possivelmente motivado, para o primeiro solo, pelo fato do controle estrutural presente, se exercer preponderantemente, conforme verifica RAY (32), no sentido transversal à orientação da rede de drenagem. Já para o segundo solo, em virtude das inclusões de Terra Roxa Estruturada nas unidades de mapeamento utilizadas, estas terceiras ordens de ramificação desenvolvem-se sobre este solo. O Quadro 13 corrobora esta assertiva, uma vez que para o Latossol Roxo Eutrófico o coeficiente de correlação linear ($R = 0,881$), é baixo, presumivelmente em função da inclusão de outras unidades de solo em suas bacias hidrográficas de terceira ordem relativamente grandes. De igual forma, para o Brunizem Avermelhado, o coeficiente de correlação linear é mediano ($R = 0,946$), enquanto para Terra Roxa Estruturada Eutrófica é bastante alto ($R = 0,991$).

Resumindo, as primeiras e segundas ordens de

ramificação desenvolvendo-se em planos de erosão mais elevados apresentam resultados numéricos mais homogêneos, enquanto que as terceiras ordens, em plano mais rebaixado, são influenciadas pela estruturação geológica. Este mesmo fato leva a crer ser o número de segmentos de rios mais influenciado pelo controle estrutural do que os comprimentos de rios.

A equação proposta por FRANÇA (12) mostrou ser mais adaptada à investigação do índice, uma vez que seus resultados numéricos foram mais consentâneos com aqueles dos comprimentos observados.

Os resultados obtidos para os comprimentos médios de rios, expressos no Quadro 16, mostram-se mais consistentes do que os dos comprimentos totais, concordando com os obtidos por HORTON (17), FRANÇA (12), FADEL (11), VASQUES FILHO (43) e LEÃO (20).

Os resultados de comprimentos médios apresentaram uma mais forte correlação linear do que aqueles verificados para os comprimentos totais, discordando dos obtidos por VASQUES FILHO (43).

No Quadro 18 evidencia-se ser a equação proposta por VASQUES FILHO (43), melhor ajustada aos comprimentos médios de rios, semelhantemente à utilizada por MAXWELL (25) para o número de segmentos de rios, constatando-se ainda que a razão de comprimentos médios pode ser tomada como o antilogaritmo de b .

Verifica-se também, ser a razão de comprimentos

médios, relacionada com as razões de ramificação e de comprimentos totais segundo a equação $R_l = R_b/R_{lw}$, confirmando assim, as observações de FRANÇA (12), FADEL (11), VASQUES FILHO (43) e LEÃO (20).

5.4. Análise dos aspectos associados de características quantitativas de bacias hidrográficas e redes de drenagem

Os resultados médios obtidos relativamente à diminuição das áreas drenadas em função da verificação de aumento - proporcional das densidades médias de drenagem, indicada por STRAHLER (41), levaram à constatação de que essa característica, verificou-se também para as segundas e terceiras ordens nas unidades de solo estudadas.

Os parâmetros de áreas médias obtidos em razão - da distinção verificada entre seus valores numéricos podem ser tomados como elementos diferenciais entre solos, comprovados pelo elevado coeficiente de correlação linear obtido ($R = 0,976$) e expresso gráficamente na Figura 11.

* * *

6. CONCLUSÕES

As conclusões possíveis, em função do material e métodos utilizados e dos resultados obtidos, foram as que seguem.

6.1. Latossol Roxo Eutrófico

Esta unidade de solo apresentou as seguintes características paramétricas :

- a) . Alta representatividade às bacias de ocorrência;
- b) . O menor valor para razão de textura média, conferindo textura topográfica grosseira;
- c) . Os menores valores para freqüência de rios, densidade de drenagem de bacias hidrográficas e médios de densidade de drenagem em amostras circulares;
- d) . Valores mais baixos para o número de segmentos de rios;
- e) . Valores intermediários para o número total de segmentos de rios;
- f) . O maior valor para a razão de ramificação;
- g) . Os maiores valores para os comprimentos de segmentos e comprimentos totais de rios;
- h) . Valores intermediários para os comprimentos médios de rios;
- i) . Valores intermediários para as razões de comprimentos totais e de comprimentos médios;

- j) . Valores mais elevados para áreas médias - drenadas pelas ordens de ramificação;
- k) . Padrão de drenagem pouco integrado, do tipo dendrítico sub-paralelo, com baixa densidade e alto grau de uniformidade, pouca orientação, baixa angularidade e baixo grau de controle;
- l) . As conclusões anteriores podem basear inferências de que este solo é bastante permeável e apresenta elevada resistência à erosão, o que concorda com a natureza maciça porosa do horizonte B, além de uma elevada friabilidade.

6.2 Terra Roxa Estruturada Eutrófica

Esta unidade de solo apresentou :

- a) . Mediana representatividade quanto às bacias de ocorrência;
- b) . O maior valor para a razão de textura média, permitindo a sua inclusão na classe de textura topográfica grosseira;
- c) . Valores intermediários para frequência de rios e densidade de drenagem de bacias hidrográficas;
- d) . Os valores mais elevados para densidade de

drenagem determinada em amostras circulares ;

- e) . Os maiores valores para o número de segmentos e número total de rios;
- f) . O menor valor para a razão de ramificação;
- g) . Valores menores para os comprimentos de segmentos de rios;
- h) . O menor valor para os comprimentos totais de rios;
- i) . Os menores valores para os comprimentos médios de rios;
- j) . O menor valor para a razão de comprimentos médios;
- k) . O maior valor para a razão de comprimentos totais;
- l) . Valores intermediários para as áreas médias drenadas pelas ordens de ramificação;
- m) . Padrão de drenagem bem integrado, do tipo dendrítico sub-paralelo, densidade média e moderado grau de uniformidade, pouca orientação, elevada angularidade e alto grau de controle;
- n) . Inferências podem ser feitas em função das conclusões anteriores, no sentido de confi

rir a este solo baixa permeabilidade e baixa resistência à erosão - propriedades concordantes com suas características de perfil - horizonte A com textura argilosa e estrutura granular fortemente desenvolvida; horizonte B textural, com estrutura prismática igualmente bem desenvolvida.

6.3. Brunizem Avermelhado

Esta unidade de solo apresentou :

- a) . Baixa representatividade quanto às bacias de ocorrência;
- b) . Valor intermediário para a razão de textura média, permitindo a sua classificação - como de textura topográfica grosseira;
- c) . O valor mais elevado para frequência de rios e densidade de drenagem de bacias hidrográficas;
- d) . Valor intermediário para densidade de drenagem determinada em amostras circulares;
- e) . Valores intermediários para o número de - segmentos e menor para o número total de rios;
- f) . Valor intermediário para a razão de ramificação ;

- g) . Valores intermediários para os comprimentos de segmentos de rios;
- h) . Valores intermediários para os comprimentos totais de rios;
- i) . Os maiores valores para os comprimentos médios de rios;
- j) . O maior valor para a razão de comprimentos médios;
- k) . O menor valor para a razão de comprimentos totais;
- l) . Os menores valores para as áreas médias drenadas pelas ordens de ramificação;
- m) . Padrão de drenagem bem integrado, do tipo dendrítico, com densidade alta e moderado grau de uniformidade, bem orientado, com angularidade moderada e moderado grau de controle;
- n) . Com base nas conclusões anteriores pode-se inferir, ter este solo mediana permeabilidade e resistência à erosão.

6.4. Conclusões gerais

A análise dos resultados obtidos, quer isolada, quer comparativamente, induz à formulação das seguintes conclusões gerais.

- a) . As propriedades características da rede de drenagem, servem de melhor objeto de trabalho para caracterização de solos do que aquelas características das bacias hidrográficas;
- b) . A dificuldade de interpretação para a caracterização de solos verificada pelos pesquisadores quanto aos valores obtidos para os índices de compacidade e de conformação , desqualificam esses índices para essa finalidade;
- c) . As características das bacias hidrográficas, bem como das redes de drenagem, dependem , primeiramente, da situação do nível de base local, relativamente ao caráter geológico estrutural do material constituinte, e , só então, essas características sofrerão o controle super-imposto pela natureza do solo.
- d) . O confronto entre as características do modelo, isolado ou combinado com outras características descritivas, evidencia diferenças entre solos quando utilizado entre margens de segurança;
- e) . Observou-se uma correlação linear altamente significativa entre o decréscimo das áreas médias drenadas e o incremento das

densidades médias de drenagem, para as or
dens de ramificação das redes de drenagem.

* * *

7. RESUMO

Serviu de orientação a este trabalho o objetivo de caracterizar analiticamente o padrão da rede de drenagem natural desenvolvido sobre três unidades de solo ocorrentes na região nordeste do Estado do Paraná ; para tanto, os trabalhos principais - foram desenvolvidos sobre fotografias aéreas.

O Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Nordeste do Estado do Paraná, elaborado pelo Ministério da Agricultura, serviu de base para a escolha das unidades de mapeamento, que, no caso presente, coincidem com as unidades taxonômicas, com características genéticas distintas.

As unidades escolhidas foram :

- (a) . Unidade de mapeamento Latossol Roxo Eutrófico com horizonte A moderado, textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e praticamente plano. Estes solos são desenvolvidos a partir do derrame do trapp, Série São Bento, do Triássico-jurássico, integrado por rochas básicas, representadas principalmente por basalto, meláfiros e diabásios.

Situam-se sob clima do tipo transicional Cfa-Cwa, ambos mesotérmicos úmidos, segundo Koeppen, também comum às outras unidades estudadas.

- (b) . Unidade de mapeamento Terra Roxa Estruturada Eu

trófica com horizonte A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia e relevo suavemente a fortemente ondulado. São solos desenvolvidos a partir de rochas eruptivas básicas, provenientes do derrame do trapo do Paraná, principalmente meláfiros, basalto e diabásios.

- (c) . Unidade de mapeamento solo Brunizem Avermelhado, raso, textura argilosa, fase pedregosa, floresta tropical subperenifólia, relevo fortemente ondulado . São solos desenvolvidos a partir de rochas básicas com seqüência de horizontes A, B e C bem diferenciados.

A fim de se representar cada unidade, selecionaram-se três bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, de relativa homogeneidade quanto à semelhança geométrica, servindo de base para análise de suas características intrínsecas e do padrão de drenagem nelas desenvolvido.

Os resultados obtidos e interpretados, permitiram a formulação das seguintes conclusões gerais :

- a) . Há um predomínio acentuado das características da rede de drenagem sobre aquelas características das bacias hidrográficas, como elemento de precisão e confiabilidade quanto à utilização fotanalítica para caracterização de solos;

- b) . Verificou-se a inadequação dos índices de compacidade e de conformação quanto a sua utilização como elementos auxiliares à caracterização de solos ;

- c) . O nível de base do rebaixamento erosivo, nos seus aspectos locais, tem predomínio sobre a natureza dos solos suprajacentes, quanto à imposição do controle da rede de drenagem;

- d) . O modelo ou tipo do padrão, considerado isolada ou conjuntamente com outras características descritivas, pode servir como elemento bastante à caracterização de solos, desde que os resultados sejam encarados dentro de uma baixa margem possível de precisão.

- e) . Uma correlação linear inversa altamente significativa, observou-se entre as áreas médias drenadas e as densidades médias de drenagem, verificada para as ordens de ramificação estudadas.

* * *

8 - SUMMARY

The purpose of this paper is to analyse the natural drainage network in three soil units commonly occur on the northeast part of Paraná State, Brasil. The main work was developed on - aerophotographies.

The choice of the mapping units that in this work coincide with the taxonomic units, with marked out genetic characteristics was made on the soils reconnaissance survey, elaborated by the Ministry of Agriculture.

The chosen units are :

(a) . Latossol Roxo Eutrófico

This units has an A clayish horizon and was developed under a tropical sub-perennial leafage forest. The topography is horizontal undulated.

The parent matter is derived from basic rocks such as basalt, melaphirs and diabases that bellong to the São Bento Series of the Triassic-Jurassic Period.

These soil units are under a transition climate type. According with Koeppen classification the climate type is Cfa-Cwa.

(b) . Terra Roxa Estruturada Eutrófica

Terra Roxa Estruturada Eutrófica has a moderate clayish A horizon. This soil was developed under a sub-perennial leafage

tropical forest. The topography varies from gently undulated to hilly.

The parent matter of this units is the same one from which the Latossol Roxo Eutrófico is derived.

(c) . Brunizem Avermelhado

This soil unit has a clayish texture stony and was developed under a sub-perennial leafage tropical forest. The topography is undulated and the profiles are shallow although with well developed horizons.

The interpretation of the results led to the following general conclusions :

(a) . The drainage network characteristics are more valuable than the watershed characteristics for the identification of the soil units as precision and dependability data under a photanalytic characterization of the soils.

(b) . The compactness and conformation indexes were not useful as additional parametres for the soil identification.

(c) . The geological structure is more important than nature of the upper soils in the drainage network.

(d) . The drainage network patern type, as a single element or as a whole with other descriptive characteristics can be used as a soil identification criteria, as long as the results can be

accepted disregarding a high precision.

(e) . A high significant inverse linear correlation between mean drainage areas and mean drainage densities was observed for the rivers branching order.

* * *

9. LITERATURA CITADA

- 1 - ANDERSON, H.W. Relating sediment yield to watershed variables. In: Trans. Amer. Geophys. Un. Washington. (38) : 921-924. 1 957
- 2 - BEHR, R. Hidráulica agrícola. Ed. Salvat S.A. Barcelona-Madrid. 283 p. 1 954
- 3 - BELCHER, D.J. The engineering significance of patterns. In: Photogramm. Engng. (11) : 115-148. 1 945
- 4 - BLOOM, A.L. Superfície da terra.. Tradução e comentários por Setembrino Petri e Reinholt Ellert. Ed. - Edgard Blucher Ltda.- USP. S. Paulo.. 184 p. - 1 970
- 5 - BOMBERGER, H.E. & DILL, Jr. H.W. Photointerpretation in agriculture. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Washington. cap. 11. : 561-632. 1 960
- 6 - BURINGH, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Washington. cap. 11. : 633-666
- 7 - CLINE, M.G. The changing model of soil. In: Proc. - Soil Sci. Soc. Amer. (25) : 442-446. 1 961

- 8 - CRESWICK, W.J. & ROCKWELL, W.H. Applications of aerial photographic techniques to agricultural surveys. IN: LUEDER, D.R. Aerial photographic interpretation: principles and applications. N. York. McGraw-Hill. cap. 21. : 375-385. 1 959
- 9 - CURTIS, L.F. DOORNKAMP, J.C. GREGORY, K.J. The description of relief in field studies of soils. In : J. of Soil Sci. (16) : 16-30. 1 965
- 10 - DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA TERRAS E COLONIZAÇÃO. Divisão de Geografia. Folhas topográficas SF. 22-V-I-1 e SF. 22-U-II-2. Escala 1:50 000. 1 963
- 11 - FADEL, H. Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da Fazenda Ipanema -Município de Araçoiaba da Serra (SP). 92p. (Tese-ESALQ). Piracicaba. 1 972
- 12 - FRANÇA, G.V. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 151 p. (Tese-ESALQ). Piracicaba. - 1 968
- 13 - FROST, R.E. Photointerpretation of soil. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Washington. cap. 5. : 343-402. 1 960
- 14 - GARCEZ, L.N. Hidrologia. Ed. Edgard Blücher Ltda. - USP. S.Paulo.. 249 p. 1 967
- 15 - GOOSEN, D. Interpretación de fotos aereas y su importancia en levantamiento de suelos. Tradução de Iza^ubel Diagostini. Roma. FAO. (Boletim sobre suelos

- nº 6). 58 p. 1 968
- 16 - HOLZMANN, M. Contribuição ao estudo do clima do Paraná. 114 p. CODEPAR. Curitiba. 1 967
- 17 - HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. In: Bul. Geol. Soc. Amer. (56). : 275-370. 1 945
- 18 - HOWE, R.H.L. The application of aerial photographic interpretation to the investigation of hidrologic problems. In: Photogramm. Engng. (26). : 85-95. 1 960
- 19 - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Fundação IBGE. Geografia do Brasil-Grande Região Sul. 2ª ed. vol. IV. tomo I. 211 p. 1 968
- 20 - LEÃO, S.R.F. Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvidos em dois solos do Distrito Federal. 110 p. (Dissertação-ESALQ). Piracicaba. 1 972
- 21 - LOBECK, A.K. Geomorphology: an introduction to the study of landscapes. McGraw-Hill. N.York. 731p. 1 939
- 22 - LUEDER, D.R. Aerial photographic interpretation: principles and applications. N. York. McGraw-Hill. 162 p. 1 959
- 23 - MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. 350 p.. Banco de Desenvolvimento do Paraná-UFP-Inst. de Biol. e Pesq. Tecnol. Curitiba. 1 968

- 24 - MARCHETTI, D.A.B. Fotointerpretação de atributos de relevo aplicada a solos da região de Piracicaba. 58 p. (Tese-ESALQ). Piracicaba. 1 969
- 25 - MAXWELL, J.C. The furcation ratio in Horton's law - streamsnumbers. In: Trans. Amer. Geophys. Un. - Washington. . (36).. : 520 (Resumo). 1 955
- 26 - MILLER, V.C. & MILLER, C.F. Photogeology. 248 p. - McGraw-Hill. N. York. 1 961
- 27 - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA-DIVISÃO DE PESQUISA PEDOLÓGI CA. Boletim técnico nº 16. Levantamento de Reco nhecimento dos Solos do Nordeste do Estado do Para ná (Informe preliminar). 144 p. Curitiba. 1 971
- 28 - MINISTÉRIO DA GUERRA-MANUAL DE CAMPANHA C 21-26. Bási co-Instrução individual. Leitura de cartas e foto-- grafias aéreas (Avançado). 220 p. 1 961
- 29 - PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. In: Photo gramm. Engng. (16). : 387-409. 1 950
- 30 - PINTO, N.S. HOLTZ, A.C.T. & MARTINS, J.A. Hidrolo-- gia de superfície. 179 p. Ed. Edgard Blücher - Ltda. S.Paulo. 1 973
- 31 - RABENN, E.L. Fundamentals of photointerpretation. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of Pho tographic interpretation. Washington. cap. 3. : 99-186. 1 960
- 32 - RAY, R.G. Fotografias aéreas na interpretação e ma peamento geológicos. Tradução de Jesuino Felicis

- simo Jr. S.Paulo. Inst. Geogr. e Geol. 88 p .
75 fotografamas. 1 963
- 33 - ————— & FISCHER, W.A. Quantitative photogra-
phic: a geologic research tool. In: Photogramm.
Engng. (26). : 143-150. 1 960
- 34 - RICCI, M. & PETRI, S. Princípios de aerofotogrametria
e interpretação geológica. Ed. Nacional. S.Paulo.
226 p. 1 965
- 35 - ROURKE, J.D. & AUSTIN, M.E. The use of air-photos -
for soil classification and mapping in the field. -
In: Separata de Photogramm. Engng. (17). : 738-
745. 1 951
- 36 - SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slo-
pes in badlands at perth Amboy N. Jersey. In: Bul.
Geol. Soc. Amer. (67) : 597-646. 1 956
- 37 - SIMONSON, R.W. Use of aerial photographs in soil sur-
veys. In: Photogramm. Engng. (16) : 308-315.
1 950
- 38 - SMITH, H.T.U. Aerial photographs and their applica-
tions. Appleton-Century. N.York. 372 p. 1 943
- 39 - SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosio-
nal topography. In: Amer. J. Sci. (248). : 655-
668. 1 950
- 40 - SOIL SURVEY STAFF. U.S. Dept. Agric. Soil survey ma-
nual. (Handbook nº 18). 1 951

- 41 - STRAHLER, A.N. Quantitative Analysis of Watershed -
Geomorphology. In: Trans. Amer. Geophys. Un. Was-
hington. (38) : 913-920. 1 957
- 42 - TATOR, B.A. Drainage anomalies in Coastal Plains Re-
gions. In: Photogramm. Engng. (20) : 412-417.
1 954
- 43 - VASQUES FILHO, J. Critérios morfométricos aplicados
à fotointerpretação de redes de drenagem em tres -
unidades de solos no município de Piracicaba (SP).
113 p. (Tese-ESALQ). Piracicaba. 1 972
- 44 - VINK, A.P.A. Aerial photographs and the soil sciences
In: Proc. VI of the Toulouse Conference: natural -
resource research. Paris. UNESCO. : 81-136.1 968
- 45 - VON ENGELN, O.D. Geomorphology: systematical and re-
gional. Mc Millan. N. York. 1 942
- 46 - ZINKE, P.J. Photointerpretation of soil. In: AMERI-
CAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photogra-
phic interpretation. cap. 10. : 539-560: Was-
hington. 1 960

* * *