

FOTOINTERPRETAÇÃO DE PADRÕES DE DRENAGEM DE BACIAS HIDROGRÁFICAS NA CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS DESENVOLVIDOS DE ROCHAS ERUPTIVAS BÁSICAS NO ESTADO DO PARANÁ¹

J.A.M. DEMATTÊ²; V.A. DEMÉTRIO³

²*Depto. de Ciência do Solo - USP/ESALQ - C.P. 9, CEP: 13418-900 -Piracicaba, SP.*

³*Depto. de Engenharia Rural - USP/ESALQ - C.P. 9, CEP: 13418-900 -Piracicaba, SP.*

RESUMO: Utilizando fotografias aéreas na escala 1:25.000, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar os padrões da rede de drenagem, a partir de bacias hidrográficas de 3ª ordem de ramificação, em três regiões de solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas no Estado do Paraná. As unidades de mapeamento são: brunizem avermelhado + litossolos associados, terra roxa estruturada e latossolo roxo. A densidade de drenagem, frequência de rios e a razão de textura média foram as propriedades mais significativas na separação dos solos das áreas, permitindo também constatar variações de drenagem dentro de uma mesma unidade de solo. Pelo teste de semelhança geométrica foi possível obter "grupos" de bacias representativas de uma mesma unidade de mapeamento. Há estreita correlação entre densidade de drenagem e índices de intemperismo dos solos.

Descritores: fotointerpretação, rede de drenagem, rochas eruptivas básicas, bacias hidrográficas, amostras circulares, ftopedologia

DRAINAGE PATTERN PHOTOINTERPRETATION IN THE CHARACTERIZATION OF SOILS DEVELOPED FROM BASALTIC ROCKS IN THE STATE OF PARANÁ, BRAZIL

ABSTRACT: Aerial photographs in the scale of 1:25.000 were used to study the drainage network and its quantitative and descriptive characteristics in 3 areas located in Paraná, for soils developed from basaltic rocks. The soil mapping units were the following: reddish brunizen or an arguidoll, terra roxa estruturada or a rodudalf and "roxo" latosol or an acortox. The drainage density, river frequency and texture ratio, in watersheds were the best index for characterizing the soil unit. Also, they were useful in the separation of watersheds with inclusion of different soils. By using the geometric test, it was possible to obtain "groups" of watersheds representatives of the same soil. There was a close correlation between drainage density and weathering index, for soils developed from basaltic rocks.

Key words: photointerpretation, drainage pattern, basaltic rocks, watersheds

INTRODUÇÃO

Após o desenvolvimento de estudos sobre a rede de drenagem de bacias hidrográficas realizados por HORTON (1945), a área de fotointerpretação muito se desenvolveu. FRANÇA (1968), adaptou diversos modelos de redes de drenagem usadas basicamente para diferenciação de rochas, para a caracterização de solos podendo, assim, auxiliar os levantamentos de solos. Desde então, uma série de trabalhos foram executados nesta linha, entre eles GEVAERD (1974), CARVALHO (1977) e

DEMATTÊ (1992), demonstrando a aplicabilidade do sistema para distintas regiões do Brasil.

Entretanto, a grande maioria desses trabalhos, inclusive o de FRANÇA (1968) e POLITANO (1980), tiveram como principal objetivo o de identificar determinadas unidades de mapeamento através dos padrões de drenagem, não levando em consideração a variabilidade da própria unidade de mapeamento, resultado este fundamental no auxílio de um levantamento de solos.

Levando em consideração o desenvolvimento de solos ao longo da paisagem, é de se esperar uma

¹ Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor. Apresentado no XXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, em Goiânia (GO), 26 a 30 de julho de 1993.

determinada variabilidade na relação infiltração/deflúvio e, conseqüentemente, nos padrões de drenagem. Além disso, esta relação acarreta uma correlação entre o desenvolvimento dos solos e os padrões de drenagem.

Com base nestes pontos, traçaram-se os seguintes objetivos, desenvolvidos em solos do Estado do Paraná: a) caracterizar e verificar a variabilidade dos dados de padrões de drenagem em bacias hidrográficas de solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas no Estado do Paraná; b) caracterizar as bacias hidrográficas que possuam diferentes solos; c) correlacionar os dados quantitativos dos padrões de drenagem com os índices de intemperismo.

A escolha deste Estado baseou-se em diversos aspectos, entre eles, o de ter áreas significativas de brunizem avermelhado, terra roxa estruturada e latossolo roxo, todos desenvolvidos de rochas básicas, rochas estas que recobrem 1/2 milhão de km² do Estado. Além disso, o déficit hídrico decresce do norte para o sul do Paraná, fato primordial na correlação entre o grau de desenvolvimento do solo aos padrões de drenagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição geral das áreas e solos estudados - As áreas estudadas compreendem três regiões distintas localizadas no Estado do Paraná. De acordo com a Carta Climática (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1984) e com a Divisão Climática do Estado (MAACK, 1968), o déficit hídrico decresce do norte em direção ao sudoeste, de máxima precipitação (FIGURA 1). A área 1, com 813 km², localiza-se no nordeste, tem como município principal Jataizinho, onde os brunizem avermelhado são dominantes associados com litossolos. A área 2, a oeste, com 781 km² junto a Formosa D'Oeste tem dominância a terra roxa estruturada. Também a oeste está a área 3, em Corbélia, com 718 km² e o latossolo roxo é o principal solo. Todos os solos são desenvolvidos de rochas básicas. As regiões localizam-se na formação Serra Geral do Grupo São Bento e estão inseridas no Planalto do Trapp do Paraná ou de Guarapuava, e representam a região de derrames de lavas básicas.

Seleção das áreas de estudo e obtenção dos mapas de drenagem - Foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas (preto e branco) verticais, na escala

nominal aproximada de 1:25.000 e cartas pedológicas (EMBRAPA, 1971, 1972) publicadas na escala 1:300.000 ao nível de reconhecimento. Através destes mapas foram selecionadas as áreas representativas de ocorrência de cada solo.

A partir das fotografias aéreas e com o auxílio de estereoscópio de espelhos, a rede de drenagem foi traçada em papel transparente. Foram considerados canais de água permanentes e temporários, segundo sugestões de LUEDER (1959) e RAY (1963). Uma vez obtido o mapa da rede de drenagem, procedeu-se à transferência das unidades de mapeamento das cartas pedológicas para o mapa de rede de drenagem.

Seleção preliminar das bacias hidrográficas e parâmetros dimensionais - Primeiramente foram delimitadas bacias de 3^a ordem ocorrentes nas áreas de estudo. Na área 1, dos brunizem avermelhado, foram delimitadas 32 bacias hidrográficas; na área 2 das terra roxa estruturada, 38 bacias e na área 3 do latossolo roxo, 15 bacias. Posteriormente, foi realizada uma seleção com base na aplicação do método de semelhança geométrica, proposto por STRAHLER (1957) e modificada posteriormente por FRANÇA (1968), que permite comparar as bacias através de parâmetros dimensionais. Com isso para cada solo estudado foram selecionados diversos grupos de bacias. Os parâmetros utilizados foram os seguintes: maior comprimento (C) e maior largura (L) das bacias; comprimento do rio principal (Cp), comprimento total da rede (Cr); perímetro (P) e área (A) das bacias. Dentre as propriedades não dimensionais foram estudados a forma aproximada e a ordem da bacia. O teste de semelhança geométrica consiste numa comparação entre o quadrado da média das razões entre os parâmetros lineares (Razão Média Rm) de duas bacias e a razão de suas áreas (A/A'). Assim,

$$R_m = 1/5 \left[\frac{C}{C'} + \frac{L}{L'} + \frac{C_p}{C_p'} + \frac{C_r}{C_r'} + \frac{P}{P'} \right]$$

onde os numeradores referem-se aos parâmetros de uma bacia e os denominadores referem-se a uma segunda bacia. Quando A/A' for semelhante a Rm², então diz-se que as duas bacias são semelhantes e, portanto, pertencerão ao mesmo grupo.

Análise quantitativa das bacias hidrográficas - Os segmentos de rios ou canais de drenagem, conforme a ordem de ramificação foram classificados segundo

o sistema de HORTON (1945), ligeiramente modificado por STRAHLER (1957). Para determinar o comprimento dos rios e a área da bacia, foram utilizados o curvímeter e o planímetro, respectivamente. Os parâmetros quantitativos analisados foram:

Densidade de drenagem (Dd): calculada conforme HORTON (1945), com adaptação de RAY & FISHER (1960), como sendo a relação entre comprimento total de todos os rios pertencentes a bacia (Lt), dado em km, e a sua respectiva área (A) em km²; **Frequência de rios (Fr):** corresponde à relação entre o número total de segmentos de rios de 1ª ordem da bacia (Nw₁) e a sua respectiva área (A) em km², segundo adaptações para amostras circulares (SOUZA, 1975); **Razão de textura (T):** calculada através da relação entre o número total de segmentos de rios de 1ª ordem da bacia (Nw₁) e seu respectivo perímetro (P), em km, (SMITH, 1950), com modificações de FRANÇA (1968); **Classe de textura topográfica:** foi determinada obedecendo-se a proposição de SMITH (1950) e

adaptação de FRANÇA (1968), classificação esta baseada na razão de textura, onde para valores menores que 2,5 é classificada como grosseira, entre 2,5 e 6,2 média e acima de 6,2 como fina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seleção das bacias - No caso da área 1, os brunizem avermelhado + litossolos associados (BV), foram selecionados quatro grupos de bacias, sendo 3 grupos típicos de BV e 1 grupo de bacias intermediárias para terra roxa estruturada (TE). Na área 2 foram obtidos: 1 grupo de bacias de TE, 1 grupo intermediário para BV e 2 grupos intermediários para LR. Na área 3 foram selecionados 4 grupos representando os latossolos roxos (LR). O número de bacias analisadas por grupo, assim como as respectivas áreas e solos, podem ser observadas no TABELA 1. Exemplos ilustrativos de grupos de bacias, para os solos estudados, encontram-se nas FIGURAS 2 e 3. Desta maneira, a seleção das bacias pelo teste de semelhança geométrico, possibilitou

TABELA 1 - Número e comprimento de segmentos de rios, em cada ordem de ramificação das bacias hidrográficas, representativas dos solos estudados.

Área	Grupo da bacia	Número de bacias	Solos/ média na bacia	Área média km ²	Média ponderadas									
					Nº de segtos. de de rios em cada ordem			Comp. de segtos. rios em cada ordem						
					1ª	2ª	3ª	Nt	1ª	2ª	3ª	Lt		
			%											
1	1ª	5	BV/100	0,19	8,52	2,20	1	11,71	0,89	0,35	0,30	1,34		
	2ª	5	BV/100	0,58	14,40	3,53	1	18,93	2,21	0,79	0,55	3,54		
	3ª	4	BV/100	0,69	25,30	4,58	1	30,94	3,94	0,91	0,91	5,74		
	I	1	BV/85,3 TE/14,7	1,06	19,00	5,00	1	25,00	3,80	0,88	1,00	5,68		
2	I	4	TE/35 BV/65	1,00	17,37	2,29	1	20,66	3,26	0,84	0,51	4,93		
	1ª	5	TE/100	1,87	13,41	3,21	1	17,62	3,52	1,39	1,03	6,15		
	I, 1ª	4	TE/66,2 LR/33,8	2,64	14,62	3,35	1	18,97	5,21	1,44	1,26	7,92		
	I, 2ª	4	TE/61,4 LR/38,6	1,85	11,77	2,76	1	15,53	2,98	1,37	0,76	5,11		
3	1ª	2	LR/100	2,54	4,52	2,00	1	7,52	1,40	0,69	0,59	3,14		
	2ª	2	LR/100	3,36	5,00	2,00	1	8,00	2,20	1,35	0,75	4,20		
	3ª	3	LR/100	4,37	8,13	2,00	1	11,13	1,97	1,85	1,37	5,16		
	4ª	1	LR/100	15,84	23,00	6,00	1	30,00	10,60	4,90	4,00	19,4		

BV: brunizem avermelhado + litossolos associados; TE: terra roxa estruturada; LR: latossolo roxo; I: bacia hidrográfica intermediária; Nt: número total de segmentos de rios na bacia hidrográfica; Lt: comprimento total de segmentos de rios da bacia hidrográfica.

uma maior abrangência das características dimensionais, permitindo assim uma melhor caracterização das unidades de mapeamento estudadas. Além disso, e devido à grande dimensão da área estudada, foi possível também a seleção de bacias intermediárias para outros solos.

Análise do número de segmentos de rios - Os dados a respeito do número de segmentos de rios da área 1 (TABELA 1) indicam valores crescentes para os rios de 1ª ordem, indo das bacias

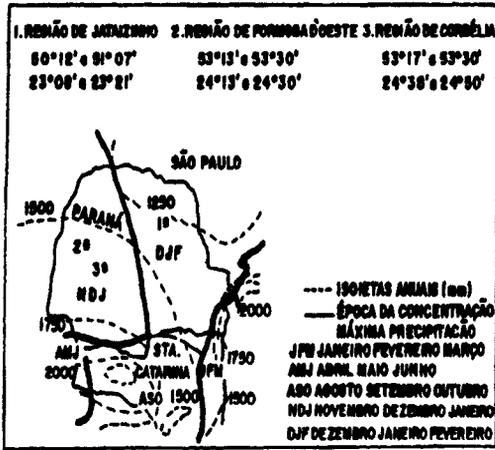


FIGURA 1 - Localização das áreas de estudo e o regime de chuvas, no Estado do Paraná (Adaptado de EMBRAPA, 1984).

do 1º grupo para as bacias do 3º grupo com valores de 8,52; 14,4 e 25,3. No caso das bacias da área 3, do LR, o número de rios de 1ª ordem é inferior ao número de rios das demais bacias estudadas da área 1, com exceção da bacia do grupo 4, cujo Nt está na faixa de 30. Resultado semelhante também se aplica ao nº de rios de 2ª ordem, onde o seu número é ligeiramente menor nas bacias do LR, quando comparado com as bacias do BV. O número total de rios, pela média, indica valores de 7,52; 8,0 e 11,13, bem inferiores ao do BV. Aparentemente, os valores médios dos números totais de rios da área 2, são intermediários entre os valores médios das bacias da área 1 e área 3. Proporcionalmente, a área 1 apresenta um maior número de rios com menor extensão, quando comparada com a área 3.

No caso das bacias da área 1, os solos apresentam uma mineralogia de alta atividade (EMBRAPA, 1971), com dominância de minerais de argila 2:1, que condiciona uma drenagem lenta

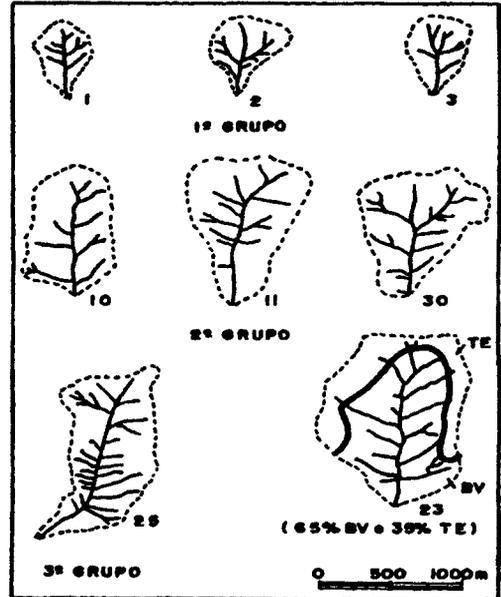


FIGURA 2 - Bacias hidrográficas 1, 2 e 3 (1º grupo); 10, 11 e 30 (2º grupo) e 25 (3º grupo), representativas dos BV (área 1); Bacia 23, intermediária para BV, com inclusão de TE (área 1).

no perfil, fator que, associado ao relevo forte ondulado e à pequena profundidade do solo, faz com que o deflúvio seja superior a infiltração, causando, com isso, um elevado número de rios e uma bacia de pequena área, com valores médios inferiores a 0,69 km². Por outro lado, as bacias da área 3 (na faixa de 2,54 a 15,84 km²), são caracterizadas por apresentarem solos profundos e bem drenados, o que, associado a um relevo plano, permite uma maior infiltração, ocasionando, com isso, uma redução no número de rios. Por sua vez, a TE apresenta características intermediárias no que se refere às suas propriedades. Sua drenagem não é tão boa quanto à do LR, porém é melhor do que a do BV, o que faz com que o dessecamento do relevo seja menor do que no BV e maior do que no LR.

Análise do comprimento de rios - Os dados que representam o comprimento total de rios da área 1 (TABELA 1) indicam valores médios crescentes de 1,34; 3,54 e 5,74 km, indo das bacias do 1º grupo ao do 3º grupo, respectivamente, onde a mesma proporção é verificada nos rios de 1ª ordem, com valores de 0,89; 2,21 e 3,94 km. Por outro lado, a bacia com 35% de TE e 65% de BV (também

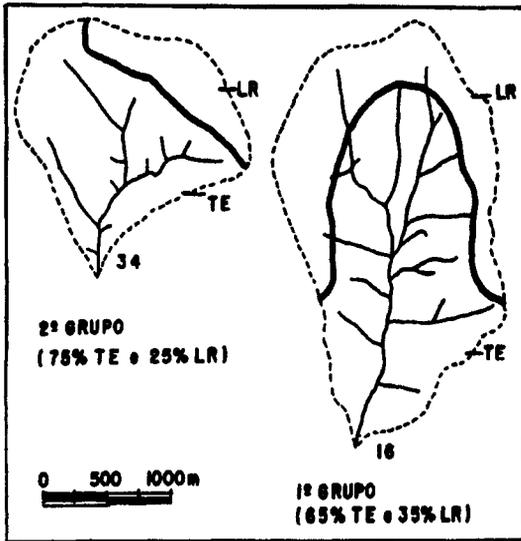


FIGURA 3 - Bacias hidrográficas intermediárias da área 2, representando: bacia 16, intermediária para LR (1º grupo) e bacia 34, intermediária para LR (2º grupo).

individualmente, foram observados 5 casos deste tipo na área de ocorrência do BV, 2 casos na área 2 de ocorrência da TE e nenhum na área 3 do LR. Nestes casos, os comprimentos totais de segmentos de rios não formam uma série geométrica inversa em relação à ordem de ramificação. Isto se deve ao fato de rios de terceira ordem serem mais sujeitos à imposição estrutural do material geológico subjacente, com consequente aumento do controle da rede de

drenagem. LUEDER (1959), já havia confirmado este fato, assim como GEVAERD (1974), trabalhando em solos originados de diabásio. Nos casos ocorridos, para os solos das áreas 1 e 2 (solos mais rasos) o controle da rocha é mais evidente, explicando, assim, as alterações verificadas no comprimento dos rios de 3ª ordem.

A bacias hidrográficas da unidade LR, com amplos divisores de água resultantes de seu relevo plano a suave ondulado, têm maior área de captação de água, enquanto que a unidade BV, por encontrar-se em relevo forte ondulado, possui pequenas bacias e estreitos divisores de água, o que lhe confere pequenas áreas de captação. A maior velocidade e o maior fluxo de água, associados à menor profundidade dos solos, contribuem para maior capacidade de erosão, que se reflete através de um maior número de canais no BV. O LR, por sua vez, possui um menor número de rios, porém com maior comprimento, enquanto que o BV possui mais canais com comprimentos pequenos, gerando como resultado final comprimentos totais de segmentos de rios não muito diferentes. Nessas condições, os comprimentos totais não diferenciaram claramente as unidades BV das LR, bem como a TE.

Características quantitativas - A TABELA 2, indica que os parâmetros estudados forneceram índices que permitem uma diferenciação entre as unidades BV, TE e LR, indicando inclusive, uma proximidade de valores para as bacias que apresentam inclusões de solos, tais como do BV para TE e TE para LR. A frequência de rios (Fr), mostrou-se um dado consistente, evidenciando diferenças en-

TABELA 3 - Relação entre o índice da rede de drenagem obtida, com alguns índices de intemperismo.

Solo	Horizonte diagnóstico	Dd	Ki (SiO ₂ /Al ₂ O ₃)	CTC (mmolc/dm ²)	Mineralogia	V (%)
brunizem avermelhado	Mólico	7,7 a 8,4	3,1	350	2:1	> 70
	Câmbico		3,2	420		
terra roxa estruturada	Ócrico	3,2	2,1	140	1:1+2:1	50-70
	Argílico		2,3	120		
latossolo roxo	Ócrico	1,2 a 1,3	1,2	80	1:1+6óxido	20-50
	Óxico		1,4	70		

Fonte solos: DNPEA (1971, 1972)

tre as unidades estudadas com valores de 24,46 a 44,15 no BV, 17,88 intermediária para TE (área 1), passando na área 2 para 17,33 nas intermediárias para TE e 7,0 nas típicas de TE, caindo para 6,36 e 5,56 nas intermediárias para LR e finalmente 1,5 a 1,83 nas bacias da área 3 LR. Resultado semelhante ocorreu com a densidade de drenagem (Dd), que relaciona comprimento total de segmentos de rios com a área da bacia hidrográfica. Numa comparação com latossolos com textura diferenciada FRANÇA & DEMATTÊ (1993), obtiveram um valor médio menor, de 1,27, em latossolos vermelho escuro textura média na região de Quatá, evidenciando solos mais profundos e permeáveis que os encontrados na área de estudo. A Dd para as bacias do BV variou de 6,07 a 8,38, passando para 5,34 (bacia com 85,3% de BV) e 4,75 (bacias com média de 65% de BV) nas intermediárias para TE; 3,16 nas bacias típicas de TE; 2,9 (bacias com média de 66% de TE) e 2,74 (bacias com média de 61% de TE) nas bacias intermediárias para LR e 1,20 a 1,25 nas bacias com 100% de LR. FRANÇA & DEMATTÊ (1990) também obtiveram resultados positivos para a Dd, diferenciando bacias hidrográficas nas quais ocorriam até três solos, numa região de Itacemópolis.

Os valores obtidos para a razão de textura média (T) de bacias hidrográficas, auxiliaram na diferenciação entre as unidades de solos estudadas. O valor da razão de textura média para o BV encontra-se na faixa de 4,53 a 7,1, o que permite classificá-la como pertencente a classe de textura topográfica média a fina; para a unidade intermediária BV/TE o valor foi de 4,27 e 4,01 média podendo ser classificada como textura topográfica média; bacia de TE 2,26; intermediárias para LR 2,13 e 2,03 grosseira e 0,7 a 1,4 para o LR, classificando-a como grosseira.

Outra característica quantitativa que permitiu a diferenciação dos solos das áreas estudadas refere-se ao comprimento médio de rios (TABELA 2). No caso das bacias do BV o comprimento médio dos rios variou de 0,13 a 0,18 km; foi 0,23 nas intermediárias para TE; foi 0,35 na TE 0,35; variou de 0,33 a 0,4 nas intermediárias para LR e no LR de 0,42 a 0,53. Tomando os dados da Dd, Fr e T, nota-se que os resultados são sequenciais, passando de uma área para a outra como um "continuum". O comprimento médio dos rios do grupo intermediário do BV (bacia 14: 85,3% BV e 14,7% TE) de 0,23 km, é igual ao grupo de bacias de TE intermediárias para BV (média da porcentagem de solos: 35% TE

e 65% de BV), também com valor de 0,23 km. O comprimento médio de rios, não diferenciou portanto, esses dois grupos de bacias, apesar das diferenças de porcentagem de solos nelas existentes. Esse parâmetro, portanto, não mostrou-se tão consistente na diferenciação de bacias hidrográficas com diferentes solos, como os índices Dd, Fr e T.

Relações entre os índices de intemperismo e os padrões de drenagem - Uma das maneiras de se comparar o intemperismo entre solos é pelo uso de índices de intemperismo ou mesmo pelo uso de determinadas características do solo. Entre os índices destacam-se os físicos (VAN WAMBEKE, 1962), os morfológicos (MAIGNIEN, 1966; RUHE, 1975; BIRKELAND, 1984), os mineralógicos (JACKSON, 1969; BIRKELAND, 1984) e os químicos (SÁNCHEZ, 1981; BIRKELAND, 1984).

Os solos originados de basalto apresentam posições relativamente constantes na paisagem formando um "continuum". Sendo assim, a comparação dos índices de intemperismo aqui salientados com os padrões de drenagem é perfeitamente válido. Neste aspecto ESPÍNDOLA & GARCIA (1979) relacionaram o grau de desenvolvimento de mantos de alteração e a evolução de suas redes de drenagem em solos desenvolvidos do arenito Pirambóia de São Paulo.

Sabe-se que ocorre um decréscimo do déficit hídrico indo do Norte Estado, onde ocorre o brunizem avermelhado, passando pela terra roxa estruturada e mais ao Sul o latossolo roxo. Nessa sequência, o clima é um dos fatores de formação do solo que possibilitaram um aumento no intemperismo, com consequente reflexo nos atributos dos solos como na sua CTC, no Ki e na própria mineralogia.

Através dos dados da TABELA 3 é observada a correlação entre índices de intemperismo com os valores das Dd de bacias hidrográficas. À medida que a Dd fica menor, os valores dos demais índices também decrescem. Os elevados valores de Dd relacionam-se com o BV que possui horizonte câmbico, enquanto que os menores valores se relacionam ao LR com horizonte óxico e valores intermediários se relacionam com a TE com horizonte argílico. Tais resultados vêm mostrar que os padrões de drenagem para solos desenvolvidos de rochas básicas podem ser utilizadas como índices de intemperismo, para o caso das áreas estudadas, haja visto que do solo menos intemperizado BV para

o mais intemperizado LR, ocorre diminuição do índice de drenagem Dd.

O estudo dos índices de drenagem dos solos permite ter um dado quantitativo com relação a sua situação de relevo, expressando ainda o grau de evolução deste solo em função da topografia, possibilitando extrair inferências importantes como profundidade, permeabilidade, tipo de horizonte diagnóstico e possível mineralogia.

CONCLUSÕES

A densidade de drenagem, a frequência de rios e a razão de textura média determinadas em bacias hidrográficas, foram as variáveis quantitativas mais significativas na separação dos solos desenvolvidos de rocha básica. Possibilitaram ainda discriminar bacias hidrográficas com presença de diferentes solos.

Os solos brunizem avermelhado + litossolos associados, terra roxa estruturada e latossolo roxo possuem mais de um grupo (padrão) de bacias hidrográficas características, assim como as bacias intermediárias entre esses solos.

Há uma estreita correlação entre a densidade de drenagem e os índices de intemperismo, tanto morfológico como químico ou mineralógico. A hipótese de que os solos tendem a ficar mais intemperizados à medida que se dirige do Norte para o Sul do Estado, devido ao clima, aplica-se quando se considera o mesmo substrato rochoso, no caso a eruptiva básica. A sequência estabelecida, indo do menos intemperizado (maior valor de densidade de drenagem) para o mais intemperizado (menor valor de densidade de drenagem) foi a seguinte: brunizem avermelhado + litossolos associados - terra roxa estruturada - latossolo roxo. Neste aspecto a densidade de drenagem pode ser considerada como índice de intemperismo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIRKELAND, P.W. *Soils and geomorphology*. New York: Oxford University Press, 1984. 372p.
- CARVALHO, W.A. Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizontes B textural. Piracicaba, 1977. 126p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo.
- DEMATTE, J.A.M. Utilização de parâmetros de drenagem com o auxílio de fotografias aéreas, na caracterização de solos desenvolvidos de rochas eruptivas, no Estado do Paraná. Piracicaba, 1992. 141p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Nordeste do Estado do Paraná (Área 2). Curitiba: DNPEA, 1971. 144p. (DNPEA. Boletim Técnico, 16).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Oeste do Estado do Paraná (Área 3). Curitiba: DNPEA, 1972. 97p. (DNPEA Boletim Técnico, 39).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: EMBRAPA SNLCS, 1984. t.1, 412p. (SNLCS. Boletim Técnico, 57).
- ESPÍNDOLA, C.R.; GARCIA, G.J. Relações entre o grau de desenvolvimento de mantos de alteração e evolução de suas redes de drenagem. *Notícia Geomorfológica*, v.19, n.37/38, p.29-40, 1979.
- FRANÇA, G.V. de. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba, 1968. 151p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo.
- FRANÇA, G.V.; DEMATTÊ, J.A.M. Parâmetros da rede de drenagem de solos da região de Iracemópolis (SP). *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz"*, v.47, p.541-55, 1990.
- FRANÇA, G.V.; DEMATTÊ, J.A.M. Levantamento de solos e interpretação fotográfica dos padrões desenvolvidos em solos originados do Arenito Bauru. *Scientia Agrícola*, v.50, n.1, p.77-86, 1993.
- GEVAERD, I. Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da região nordeste Paranaense. Piracicaba, 1974. 110p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, v.56, p.275-370, 1945.

- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis; advanced course*. Madison, Wisconsin University, 1969. 895p.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York: McGraw-Hill, 1959. 462p.
- MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1968.
- MAIGNIEN, R. *Review of research on laterites: natural resource research*. UNESCO IV, 1966.
- POLITANO, W. *Estudo fotointerpretativo sobre a morfometria das áreas de dois solos podzólicos vermelho-amarelos*. Piracicaba, 1980, 169p. Tese (Doutoramento) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo.
- RAY, R.G. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico*. São Paulo: Instituto de Geografia e Geologia, 1963. 88p. (75 fotografias).
- RAY, R.G.; FISHER, W.A. *Quantitative photography a geological research tool*. *Photogrammetric Engineering*, v.26, p.143-50, 1960.
- RUHE, R.V. *Geomorphology: geomorphic processes and superficial geology*. Boston: Houghton Mifflin, 1975. 246p.
- SANCHEZ, P.A. *Suelos del tropico: características y manejo*. San José: IICA 1981. 634p.
- SMITH, K.G. *Standards for grading texture of erosional topography*. *American Journal of Science*, v.248, p.655-68, 1950.
- SOUZA, M.L.P. P. *Fotointerpretação das redes de drenagem de 3 solos com horizonte B latossólico ocorrentes no município de Ponta Grossa (PR)*. Piracicaba, 1975. 135p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior
- STRAHLER, A.N. *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. *Transaction. American Geophysical Union*, v.38, p.913-20, 1957.
- VAN WAMBEKE, A. *Criteria for classifying tropical soils by age*. *Journal of Soil Science*, v.13, p.124-32, 1962.

Recebido para publicação em 23.06.95

Aceito para publicação em 27.08.95