

# CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS POR PADRÕES DE DRENAGEM E SUA RELAÇÃO COM ÍNDICES DE INTEMPERISMO<sup>1</sup>

JOSÉ ALEXANDRE MELO DEMATTÉ<sup>2</sup> e VALDEMAR ANTÔNIO DEMÉTRIO<sup>3</sup>

**RESUMO** - A caracterização de solos por meio do estudo fotopedológico pode auxiliar futuros levantamentos de solos. Foram estudados, em quatro regiões do Estado do Paraná, solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas e ácidas, utilizando-se fotografias aéreas de escala 1:25.000, nas quais foram localizadas amostras circulares de 10 km<sup>2</sup>. Foram caracterizados e estudados os padrões descritivos e quantitativos da rede de drenagem dos solos. Também observaram-se as relações existentes entre o grau de evolução desses solos e os índices de drenagem. A análise descritiva mostra-se útil na diferenciação dos solos, entretanto, foi um parâmetro menos sensível que a densidade de drenagem, que permitiu discriminar os solos desenvolvidos de rochas básicas bem como os de rochas ácidas. Os solos originados de rocha ácida possuem uma rede de drenagem diferente de seus pares originados de rocha básica. O índice densidade de drenagem pode expressar o grau de evolução dos solos em um mesmo substrato rochoso, no caso rochas básicas ou rochas ácidas.

Termos para indexação: aspectos descritivos, densidade de drenagem, Paraná, rochas eruptivas.

## DRAINAGE PATTERN IN THE CHARACTERIZATION OF SOILS AND ITS RELATIONSHIP WITH WEATHERING INDEX

**ABSTRACT** - Soil characterization by photopedology studies are important tools in soil survey. Aerial photographs were used in a study of drainage network and its quantitative and descriptive characteristics were obtained in four areas located in Paraná State, Brazil, in soils developed from basic and acid rocks. In the aerial photo 1:25,000 scale, circular sampling with 10 km<sup>2</sup> were selected, both developed from acid rocks. The parameters of drainage pattern permit to separate the soils developed from basic rocks and soils developed from acid rocks. The descriptive analysis was useful to differentiate the soil units, but was not so sensible as drainage density. The drainage density in circular sampling was the best index for characterization of soils units. Soils developed from acid rocks have different drainage pattern when compared with similar soils developed from basic rocks. The drainage density can be considered a weathering index for the same rock, for basic or acid rocks.

Index terms: descriptive aspects, drainage density, Paraná State, igneous rocks.

## INTRODUÇÃO

Pela importância que o Paraná representa para a agricultura brasileira, os solos do Estado merecem

pesquisas aprofundadas, inclusive para a melhoria no nível dos mapas de solos, uma vez que os existentes na escala de 1:300.000 não são compatíveis com planejamentos regionais do uso das terras.

Num levantamento de solos podem ser utilizados parâmetros fotográficos para interpretação pedológica (Politano, 1980; Manechini, 1981; Leão, 1983; Pfeifer, 1984; Silva, 1993). A avaliação quantitativa de um solo por meio da densidade de drenagem possibilita ao pedólogo visualizar os aspectos da paisagem de uma unidade de mapeamento. Há também os aspectos descritivos, cuja avaliação tem a mesma função, porém de forma qualitativa.

<sup>1</sup> Aceito para publicação 25 de junho de 1997.

Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada pelo 1º autor à ESALQ/USP. Apresentado no XXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Goiânia (GO), de 26 a 30 de julho de 1993.

<sup>2</sup> Eng. Agr. Dr., Dep. de Ciência do Solo, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. E-mail: jamdemat@carpa.ciagri.usp.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., Prof. Titular, Dep. de Engenharia Rural, ESALQ/USP.

O desenvolvimento de sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem por processos de erosão hídrica foram explicados por Horton (1945). Lueder (1959) concluiu que a análise da drenagem superficial fornece indicações sobre a relação infiltração/deflúvio, capacidade de infiltração, permeabilidade e textura dos materiais presentes em uma área. No Brasil, essas pesquisas foram iniciadas por França (1968).

Especificamente no Estado do Paraná, trabalhos de Gevaerd (1974) e Souza (1975) mostram a importância da obtenção de padrões fotointerpretativos como auxílio em levantamentos de solos desenvolvidos de rochas básicas. Entretanto, o Estado possui meio milhão de km<sup>2</sup> de área ocupada por esse tipo de solo, podendo haver mais de um padrão de rede de drenagem, sugerindo a necessidade da obtenção de padrões em outras regiões. Em relação às rochas eruptivas ácidas que ocorrem no Paraná, apesar dos seus 150.000 km<sup>2</sup> de área, não há estudos fotointerpretativos. Grande extensão dos Latossolos Brunos desenvolvidos das rochas eruptivas é largamente usada na agricultura. Muitos dos trabalhos realizados com esses mesmos objetivos analisam áreas relativamente pequenas, o que diminui a possibilidade de amostragem em áreas realmente homogêneas de um determinado solo, e dificulta a análise de áreas de transição para outros solos.

É importante a obtenção de padrões de rede de drenagem através da pesquisa fotointerpretativa em grandes áreas, no Estado do Paraná, numa escala que forneça detalhamento compatível no auxílio à elaboração de mapas de solos ao nível semidetalhado. Mapeamentos nesse nível possibilitam planejamentos de uso da terra regionais, racionalizando o uso e preservando os solos.

Este trabalho tem por objetivo verificar a capacidade dos parâmetros da rede de drenagem, obtidos por meio de fotografias aéreas, de discriminar os solos desenvolvidos de rochas básicas (Brunizem Avermelhado; Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo) e ácidas (Latossolo Bruno e Terra Bruna Estruturada), ocorrentes do nordeste ao centro sul do Estado do Paraná, e sua relação com os índices de intemperismo.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Tabela 1 resume as principais características dos solos e das regiões estudadas. Pela Fig. 1, observa-se a localização das áreas de estudo, bem como a distribuição da precipitação ao longo do Estado.

Primeiramente, foi realizada uma análise geral das áreas nas fotografias aéreas verticais pancromáticas de escala 1:25.000, estabelecendo limites para os pontos de maior incidência dos solos desejados. Com auxílio do estereoscópio de espelhos, a rede de drenagem foi traçada em papel transparente, considerando canais permanentes, segundo sugestões de Lueder (1959) e Ray (1963). As unidades de mapeamento foram transferidas para o mapa geral da rede de drenagem, baseando-se nas cartas pedológicas de escala aproximada de 1:300.000 de reconhecimento, sendo: Região Nordeste (Brasil, 1971), Região Oeste (Brasil, 1972), e Região Centro-Sul (Embrapa, 1984a). Posteriormente, no mapa base de escala 1:25.000, foram escolhidas as áreas mais homogêneas dos solos, nas quais foram realizadas análises descritivas e quantitativas da rede de drenagem.

A análise descritiva, realizada de acordo com Parvis (1950) e Lueder (1959), baseou-se na rede de drenagem da área como um todo de ocorrência de cada solo e não apenas na rede observada na amostra circular, no mapa de escala 1:25.000.

Para análise quantitativa, foram utilizadas amostras circulares de 10 km<sup>2</sup>, abrangendo a maior parte possível de cada unidade de solo. Em alguns casos as amostras foram locadas em áreas onde, numa mesma amostra circular, existia mais de uma unidade de mapeamento, para verificar a precisão desse tipo de amostragem em áreas de transição de solos. Nessas amostras, foram determinados o número de segmentos de rios de 1ª ordem e o comprimento total da rede. O índice de drenagem analisado é a densidade de drenagem (Dd), calculada conforme Horton (1945), com adaptação de Ray & Fisher (1960), para fins litológicos, e por França (1968), com propósitos pedológicos. A Dd é determinada pela relação entre o comprimento total da rede de drenagem (Lt) no interior da amostra circular (em km), medida pelo curvímeter, e a área (A) da amostra (em km<sup>2</sup>), determinada pelo planímetro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise descritiva da rede de drenagem

O padrão de drenagem se resume no resultado do trabalho erosivo das águas. Por meio das características descritivas apresentadas na Tabela 2, observou-se uma diferenciação entre as unidades de solos. A unidade de mapeamento BV apresenta alto

TABELA 1. Caracterização geral das áreas e solos estudados.

Área/ Município principal	Região <sup>1</sup>	Dimensão da área (km <sup>2</sup> )	Unidade de mapeamento predominante <sup>2</sup>	Material de origem	Clima (Koppen)	Relevo	Características gerais dos solos
1/Jataizinho	Nordeste	812,50	BV+Li	Ígnea Básica	Cfa	Forte ondulado	Horizonte A chernozêmico sobre B textural; solum de 80 a 100 cm; argiloso ou siltoso; fragmentos rocha no perfil; moderadamente drenado
2/Formosa D'Oeste	Oeste	780,90	TE	Ígnea Básica	Cfa	Ondulado a suave ondulado	Horizonte A proeminente sobre B textural; solum de 100 a 150 cm; argiloso; bem drenado
3/Corbélia	Oeste	717,60	LR	Ígnea Básica	Cfa	Plano a suave ondulado	Horizonte A proeminente sobre B latossólico; solum mais de 200 cm; argiloso; bem drenado a acentuadamente drenado
4/Guarapuava	Centro sul	520,30	LB	Ígnea Ácida	Cfb	Suave ondulado a plano	Horizonte A proeminente sobre B latossólico; solum mais de 200 cm; argiloso; bem drenado a acentuadamente drenado; cor bruna
4/Guarapuava	Centro sul	131,230	TB+Cb	Ígnea Ácida	Cfb	Forte ondulado	Horizonte A proeminente sobre B textural; argiloso; moderadamente drenado a bem drenado

<sup>1</sup> A região nordeste localiza-se nos planaltos de Cambará e São Gerônimo da Serra; as regiões oeste e centro-sul localizam-se no Planalto de Guarapuava; todas no Terceiro Planalto ou do Trapp do Paraná (Embrapa, 1984b), embasado em rochas basálticas da Formação Serra Geral do Grupo São Bento.

<sup>2</sup> BV+Li: Brunizem Avermelhado mais Litossolos Associados; TE: Terra Roxa Estruturada; LR: Latossolo Roxo; LB: Latossolo Bruno; TB+Cb: Terra Bruna Estruturada mais Cambissolos Associados.

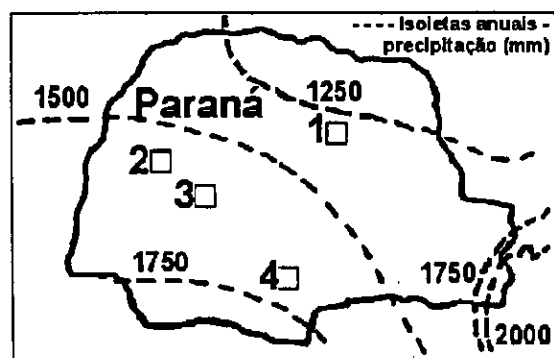


FIG. 1. Localização das áreas de estudo, bem como o regime de chuvas do Estado do Paraná. 1: Região de Jataizinho; 2: Região de Formosa D'Oeste; 3: Região de Corbélia; 4: Região de Guarapuava. Fonte: Adaptado de Embrapa (1984a).

grau de integração dos rios e alta densidade de drenagem, explicada pela sua baixa relação infiltração/deflúvio, resultante da pouca profundidade do perfil e presença de mineralogia 2:1, dificultando sua drenagem interna. Além disso, é necessário lembrar que essa unidade de mapeamento apresentou-se associada com solos mais rasos, e com presença de rocha, evidenciado pelas variações locais na densidade de drenagem, indicando um provável controle litológico. O tipo ou modelo do padrão é subdendrítico, principalmente nas partes mais elevadas do relevo, onde os drenos se distribuem sem direção preferencial, refletindo as características do solo. Por outro lado, nas partes mais baixas do relevo os rios de ordens mais elevadas apresentaram alguma orientação, certo grau de controle, angularidade alta e ângulos agudos passando a retos, possivelmente indicando que estão se desen-

TABELA 2. Características descritivas das redes de drenagem dos solos localizados nas áreas estudadas.

Característica	Área / Solos <sup>1</sup>				
	1/BV+Li	2/TE	3/LR	4/LB	4/TB+Cb
Tipo ou modelo	Subdendrítico	Subparalelo	Paralelo	Subparalelo	Subdendrítico
Grau de integração	Alto	Médio/alto	Médio/baixo	Médio/alto	Alto
Densidade	Alta	Média	Baixa	Média	Alta
Grau de uniformidade	Não uniforme	Pouco uniforme	Uniforme	Pouco uniforme	Não uniforme
Orientação	Pouco orientado	Não orientado	Não orientado	Pouco orientado	Não orientado
Angularidade	Alta	Média/alta	Baixa	Ausente	Média/alta
Grau de controle	Médio	Médio/baixo	Baixo	Baixo	Médio
Ângulos de confluência	Agudos passando para retos	Retos	Retos	Retos passando para agudos	Agudos

<sup>1</sup> BV+Li: Brunizem Avermelhado mais Litossolos Associados; TE: Terra Roxa Estruturada; LR: Latossolo Roxo; LB: Latossolo Bruno; TB+Cb: Terra Bruna Estruturada mais Cambissolos Associados.

volvendo sobre a rocha corroborando os resultados obtidos por Leão (1983), que analisou descritivamente solos com horizonte câmbico no Distrito Federal. Na Fig. 2 pode ser observado o padrão da rede de drenagem desse solo.

A unidade de mapeamento LR apresentou um médio/baixo grau de integração dos rios e baixa densidade de drenagem, explicado pela elevada relação infiltração/deflúvio. Esse comportamento se deve ao fato de ser o LR um solo muito profundo e apresentar drenagem interna boa a excessiva, causado, principalmente, pela mineralogia oxidica que proporciona elevada quantidade de microagregados. Além disso, tal solo ocupa as posições altas da paisagem com relevo plano a suave ondulado. O tipo ou modelo do padrão é paralelo, uniforme e sem orientação. A angularidade é baixa, com ângulos de confluência quase retos (Fig. 2). Esses resultados também concordam com os verificados por Leão (1983), porém discordam em alguns pontos dos de Manechini (1981), com Latossolo Roxo. Este autor detectou, por análise descritiva, ausência de angularidade e grau de controle, evidenciando ser solos com drenagem melhor que os LR aqui estudados. Esse pequeno controle da rocha de origem, observado na análise descritiva, é ratificado pelo resultado da rede de drenagem, com valor

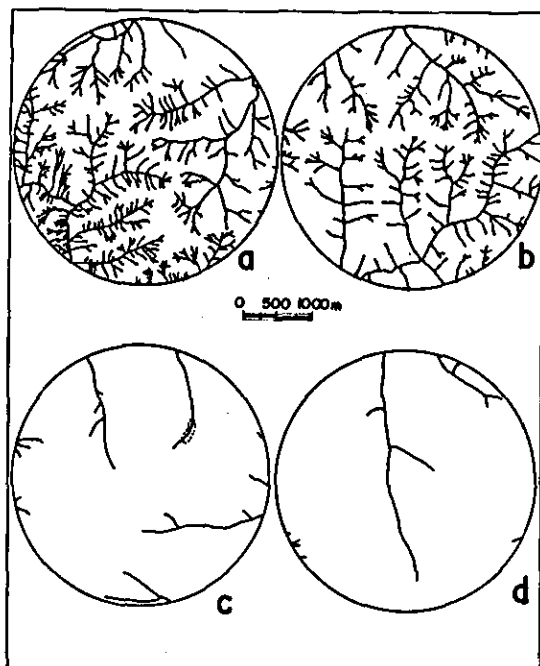


FIG. 2. Amostras circulares de 10 km<sup>2</sup>, representativas da rede de drenagem dos solos: (a) Brunizem Avermelhado mais Litossolos Associados localizado na parte norte de Jataizinho; (b) Brunizem Avermelhado localizado na parte sul de Jataizinho; (c) Latossolo Roxo distrófico; (d) Latossolo Roxo álico.

de 1,6, ao contrário do LR aqui encontrado, com Dd de 1,0. Tais resultados demonstram que um mesmo solo, no caso LR, pode ter pequenas diferenças de relevo provocadas pelas alterações de infiltração/deflúvio, devidas às características dos solos e clima de cada região.

A unidade de mapeamento TE tem características descritivas, de maneira geral intermediárias entre o BV e o LR. O grau de integração é médio a alto e a densidade média, refletindo uma relação infiltração/deflúvio mediana. Tal fato se deve ao horizonte argílico, de mineralogia caulinitica desse solo, que favorece a drenagem. Essa drenagem não é tão acentuada quanto no LR, porém melhor do que no BV. O relevo é ondulado a forte ondulado em determinadas áreas (transitórias para BV), ou suave ondulado (transitório para LR), conferindo-lhe um modelo de drenagem subparalelo e pouco uniforme. O padrão de drenagem é pouco a não orientado, média a alta angularidade, com médio/baixo grau de controle com ângulos de junção retos.

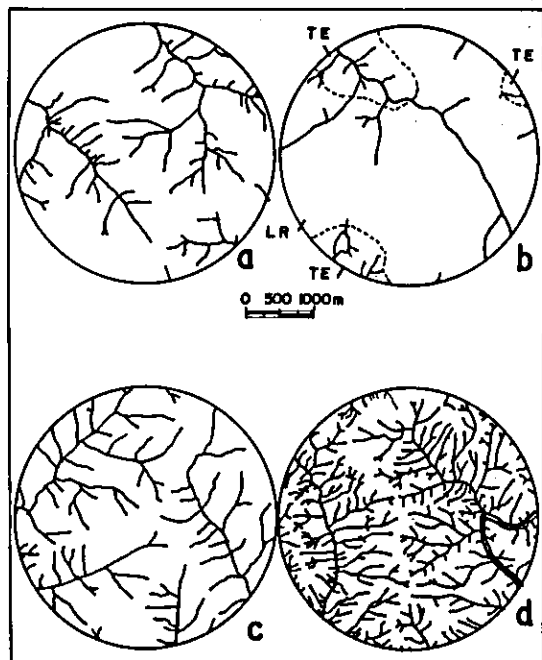


FIG. 3. Amostras circulares de 10 km<sup>2</sup> representativas da rede de drenagem dos solos; (a) Terra Roxa Estruturada; (b) Amostra intermediária entre Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo (14,67% TE e 85,33% LR); (c) Latossolo Bruno; (d) Terra Bruna Estruturada mais Cambissolos Associados.

O padrão da rede de drenagem desse solo é apresentado na Fig. 3.

Demattê (1992), trabalhando nessa mesma região, porém com bacias hidrográficas de 3ª ordem, observou que havia uma diminuição do número de bacias, cujo comprimento dos rios de 3ª ordem eram maiores que os de 2ª na sequência BV-TE-LR. Nesses casos, os comprimentos totais de segmentos de rios não formavam uma série geométrica inversa em relação à ordem dos rios, pelo fato de os rios de 3ª ordem serem mais sujeitos à imposição estrutural do material geológico subjacente, com conseqüente aumento do controle na rede de drenagem. As características descritivas aqui observadas (Tabela 2), de BV, TE e LR, respectivamente, com médio, médio/baixo e baixo grau de controle, vêm confirmar que a rede de drenagem dessas unidades de solos estão sujeitas a um controle estrutural, concordando com as observações feitas por Parvis (1950), Lueder (1959) e Gevaerd (1974).

Em relação às rochas ácidas (Tabela 2), a unidade de mapeamento TB apresentou alto grau de integração dos rios e alta densidade de drenagem, o que explica-se pela sua baixa relação infiltração/deflúvio. Observou-se, por ocasião dos estudos de fotointerpretação, que essa unidade de mapeamento se apresenta associada a solos mais rasos e em certos casos com a presença de rochas, evidenciado pelas variações locais na densidade de drenagem, indicando um provável controle litológico. O modelo do padrão é subdendrítico, principalmente nas áreas mais elevadas do relevo, onde os rios se distribuem sem direção, refletindo as características do solo. Por outro lado, nas partes mais baixas, os rios de ordens mais elevadas apresentam alguma orientação, um certo grau de controle, angularidade média a alta e ângulos agudos, possivelmente indicando que estão correndo sobre as rochas (Fig. 3).

Por sua vez, a unidade LB se localiza em relevo suave ondulado e ondulado, mais uniforme. Apesar de ser um solo também argiloso, a presença do horizonte B latossólico associado à maior profundidade e à maior bacia de captação faz com que a infiltração seja melhor do que na unidade TB; porém com menor densidade de drenagem, que apresenta grau de integração médio a alto, com um modelo subparalelo, pouco uniforme com uma orientação pequena. A angularidade é ausente, com baixo grau

de controle e ângulos de confluência retos passando a agudos, indicando um pequeno controle estrutural e ação da rocha (Fig. 3).

### Análise quantitativa da rede de drenagem

De acordo com a Tabela 3, a densidade de drenagem permitiu uma diferenciação hidrológica entre as unidades BV, TE, LR, LB e TB. Especificamente na área 1 (região de Jataizinho), localizada no nordeste do Estado, onde ocorrem os BV, a densidade de drenagem indica que as amostras da parte norte dessa região, possuem um valor médio de 7,65 contra 5,5 nas amostras da parte sul (Fig. 2). É importante observar que todas as quatro amostras circulares analisadas de cada área tiveram a mesma tendência. Possivelmente, a ocorrência de solos rasos seja maior na parte norte do que na parte sul de Jataizinho, apesar de o mapa de solos da região nordeste do Estado (Brasil, 1971) agrupá-los em uma mesma unidade. Além da Dd, também observou-se que o número de segmentos de rios da parte norte (268,25) é bem maior que da sul (188,50). A maior incidência de solos rasos e presença de fragmentos de rocha da parte norte de Jataizinho provocaria uma diminuição na permeabilidade dos solos, principalmente no horizonte B ou C quando forem litossolos associados, provocando uma menor relação infiltração/deflúvio, aumentando o número de canais de drenagem e gerando maior índice de Dd, como foi observado.

Por sua vez, os dados quantitativos das amostras circulares da área 2, onde ocorre a TE (Tabela 3), são ligeiramente inferiores, possuindo um valor médio de densidade de drenagem de 3,41, caracterizando uma rede menos dissecada. Nesse caso, a maior precipitação na área de TE (em relação à BV), além de outros processos e fatores de formação de solos, promoveu a formação de horizontes com drenagem interna melhor que o BV, gerando menor ocorrência de canais de drenagem e diminuindo a Dd. À medida que vai aumentando as inclusões de LR na mesma amostra circular onde ocorre TE (área 2), o valor de Dd decresce, como na amostra denominada de intermediária, que possui 85,3% de inclusão do LR (Fig. 3) e densidade de 1,43.

Na área 3, pelas observações de campo, notou-se que nas partes altas de relevo suave ondulado ocorriam os LR álicos, enquanto nas partes mais baixas, com o mesmo relevo, os LR distróficos, portanto, duas unidades de mapeamento (Fig. 2). A densidade de drenagem (Dd) diferenciou tais grupos de solos, passando de 1,14 em LRd, para 0,86 no LRa (Tabela 3). Apesar dos valores dimensionais serem bem próximos nesses conjuntos de solos, os dados do LRa foram inferiores aos do LRd, nas cinco amostras circulares de cada solo. Além disso, o número de segmentos de rios no LRd chega a ser 70% maior que o LRa. Possivelmente porque o LRa é mais intemperizado que o LRd, possuindo constituição interna arranjada diferenciadamente, em virtude do intemperismo, concorrendo para uma

**TABELA 3. Resultados quantitativos médios das redes de drenagem, em amostras circulares de 10 km<sup>2</sup>, nos solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas e ácidas.**

Unidades de solos <sup>1</sup> na amostra circular (%)	Nº de amostras circulares observadas	Nº de segmentos de rios de primeira ordem	Comprimento total de segmentos de rios (km)	Dd (km rios/km <sup>2</sup> )
100% BV norte	4	268,25	76,54	7,65
100% BV sul	4	188,50	55,00	5,50
100% TE	9	68,89	34,03	3,41
14,67% TE e 85,33% LR	1	25,00	14,28	1,43
100% LRd	5	20,20	11,54	1,14
100% LRa	5	12,0	8,12	0,86
100% LB	8	67,50	36,16	3,62
100% TB	6	296,83	84,03	8,40

<sup>1</sup> BV norte e BV sul: Brunizem Avermelhado mais Litossolos Associados localizados na parte norte e sul do município de Jataizinho, respectivamente; TE: Terra Roxa Estruturada; LRd e LRa: Latossolo Roxo distrófico e álico, respectivamente; LB: Latossolo Bruno; TB: Terra Bruna Estruturada mais Cambissolos Associados.

drenagem interna melhor, menor formação do número de canais e conseqüentemente, menor Dd.

Carvalho (1977), trabalhando com TE no Estado de São Paulo, obteve valores médios de Dd de 0,72 contra os 3,41 nas amostras da área 2. Valores inferiores a 1,0 na Dd foram encontrados nos solos da área 3, do LR (Tabela 3). Possivelmente o tamanho da área aqui observada em TE, de 780,90 km<sup>2</sup>, tenha contribuído para obtenção de dados em áreas mais homogêneas desse solo, ou as TE observadas por Carvalho possuem uma constituição interna tal que propicie melhor drenagem interna do solo, havendo ainda, a possibilidade de inclusões de LR na área de amostragem.

Trabalhos realizados em solos com horizonte B latossólico no Paraná, por meio de amostras circulares, Gevaerd (1974) e Souza (1975), mostram dados de Dd semelhantes ao LR aqui obtidos, próximo a 1,0. Em TE, Gevaerd (1974) obteve valores de Dd de 6,4, enquanto Leão (1983) encontrou Dd médio de 1,1 em Latossolos (com horizonte diagnóstico latossólico) desenvolvidos no Distrito Federal, e 5,3 em solos com horizonte câmbico. Tais dados concordam com os aqui obtidos em LR (horizonte diagnóstico latossólico) e BV (horizonte diagnóstico câmbico ou argílico).

Pela densidade de drenagem foi possível detectar as variações dos solos, desde os mais rasos aos mais profundos. Além disso, diferenciou os solos distróficos dos álicos e os BV localizados na parte norte (com maior contribuição de solos rasos) e sul (com menor contribuição de solos rasos) da região de Jataizinho, observado na Tabela 3. A Dd diferenciou também o LB da TB, cujos valores refletem as características dos próprios solos (Tabela 3). A TB está localizada em relevo ondulado a forte ondulado, e o caráter argiloso associado ao horizonte B textural, assim como a menor profundidade, faz com que a drenagem interna seja moderada. Nessa situação, o deflúvio superficial é superior à infiltração e, em conseqüência, a área de captação da bacia é pequena, gerando alta densidade, 8,40, contra um máximo de 3,62 no LB.

Numa análise conjunta dos dados quantitativos de densidade de drenagem (Tabela 3), verificou-se

que o valor médio de 8,4 da TB é bem superior ao valor médio de 6,5 do BV. Isso ocorre principalmente pela maior contribuição de solos rasos na área do primeiro (Brasil, 1984a). Por sua vez, os dados do LB estão na faixa média de 3,62, semelhante ao valor de 3,41 de TE. Teoricamente, os valores da densidade de drenagem de TB deveriam ser próximos aos valores de TE, assim como os de LB serem próximos aos de LR. Entretanto, isso não ocorreu apesar de serem solos com as mesmas características morfológicas, com diferenças basicamente na cor (Camargo et al., 1987). Dado o caráter mais ácido do riolito, assim como da heterogeneidade litológica da área de Guarapuava (Clemente, 1988), o relevo do Latossolo Bruno assim como da Terra Bruna Estruturada é mais movimentado do que seus similares LR e TE. Contudo, a rocha originária dos solos BV, TE e LR, eruptiva básica, apresenta menor resistência ao intemperismo do que a rocha ígnea ácida, que deu origem aos solos TB e LB, pois esta possui maior quantidade de minerais resistentes. O controle estrutural da rocha ácida é muito maior do que da rocha básica, o que pode ser comprovado pelas observações descritivas e quantitativas. Aliado a isso, ocorre uma precipitação maior na região de ocorrência das rochas ácidas, ocasionando maior deflúvio que infiltração e propiciando a formação de um maior número de canais e relevos mais ondulados.

Pela observação estereoscópica, notou-se diferenças no padrão de caminhamento dos canais entre o BV e TB, de difícil diferenciação pela análise descritiva, conforme Tabela 2. Nos BV ocorre uma rede de drenagem do tipo dendrítica nas áreas de cabeceira, com um certo paralelismo entre os canais nas áreas mais baixas. As TB apresentam uma rede também dendrítica, de conformação diversa dos BV, porém com um mais evidente paralelismo entre canais em áreas mais baixas. Essa rede de drenagem desenvolve-se de forma não uniforme, apresentando numa mesma bacia canais de 1ª ordem com diferentes tamanhos, ângulos de confluência e orientação. Essa falta de orientação dos canais é maior nas TB. De todas as áreas ou solos analisados as TB tiveram um padrão totalmente diferente.

### Correlação entre grau de evolução dos solos e índice de intemperismo

Com relação ao índice de drenagem Dd com o grau de evolução dos solos, Espíndola & Garcia (1979) detectaram a existência de uma correlação entre eles, predominantemente desenvolvidos de materiais arenosos, com os quais trabalharam.

Nos solos aqui estudados, partindo do nordeste para o sul do Estado ocorre uma maior precipitação, como pode ser observado na Fig. 1. As áreas de 1 a 3 são de solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas. Tanto o clima como o material de origem são importantes na formação dos solos, cuja atuação no desenvolvimento, junto a outros fatores, podem diferenciá-los em relação ao grau de evolução. Nessa mesma sequência (norte para o sul do Estado) o BV localiza-se a nordeste do Estado; a TE, a oeste, e o LR, também a oeste, porém um pouco mais ao sul em relação à área de TE. Os índices que representam o grau de evolução dos solos, como os mineralógicos - Ki (Jackson, 1969), químicos - CTC (Sanchez, 1981) e morfológicos - horizontes diagnósticos (Maignien, 1966), observados em Brasil (1971, 1972) e Embrapa (1984a) nos solos estudados, do norte para o sul, demonstram a seguinte seqüência do menos ao mais intemperizado: BV → TE → LRd → LRa. Ou seja, o BV com Ki 3,1 passa para 2,1 na TE, chegando a 1,2 no LRd e 1,0 no LRa. Na CTC temos, nessa mesma seqüência: 350 → 140 → 80 → 60 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de terra. Os dados, portanto, mostram que esses solos estão numa seqüência de intemperismo, sendo cada índice, Ki, CTC, morfologia, demonstrativa de alguma característica específica do solo. Nesse caso, conforme pôde ser observado na Tabela 3, os resultados de Dd foram respectivamente, do BV ao LRa: 6,5 → 3,41 → 1,14 → 0,86, acompanhando como um *continuum* os índices de intemperismo.

Esses resultados evidenciam que a Dd pode ser utilizada como um índice de intemperismo dos solos, que exprime a situação do relevo e paisagem dos solos em questão. Essa informação adicional contribui para que o profissional dessa área, ao analisar os dados sobre um solo, não se baseie apenas em informações subjetivas sobre o relevo, como normalmente ocorre. O índice de drenagem é um

valor quantificado da situação de uma paisagem que expressa, de forma mais adequada a realidade do relevo, especialmente se considerarmos que num mesmo solo pode-se ter a mesma paisagem porém diferentes índices de drenagem, como visto anteriormente neste artigo.

Em relação aos solos desenvolvidos de rochas ácidas, a mesma correlação pode ser feita, ou seja, o LB com Dd de 3,62 é mais intemperizado do que a TB com 8,40, porém essa comparação deve ser realizada num mesmo substrato rochoso, rocha básica ou ácida.

### CONCLUSÕES

1. A análise descritiva mostra-se útil na diferenciação das unidades de mapeamento.
2. Os dados quantitativos da rede de drenagem discriminaram todos os solos.
3. Os solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas aqui estudados, tendem a ficar mais intemperizados à medida que se dirige do norte do Estado para o sul.
4. O índice densidade de drenagem pode ser utilizado como índice de intemperismo num mesmo substrato rochoso.

### AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento, pelo auxílio financeiro; ao Instituto de Terras, Cartografia e Florestas de Curitiba, por terem cedido as fotografias aéreas; ao Prof. Dr. Geraldo Victorino de França, pelas sugestões.

### REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Nordeste do Estado do Paraná (Área 2)*. Curitiba, 1971. 144p. (Boletim técnico, 16).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Oeste do Estado do Paraná (Área 3)*. Curitiba, 1972. 97p. (Boletim técnico, 39).



- CAMARGO, M.N.; KLAMT, Z.; KANFFORMAN, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solo. *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.12, n.1, p.11-33, 1987.
- CARVALHO, W.A. *Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizontes B textural*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1977. 126p. Tese de Doutorado.
- CLEMENTE, C.A. *Alterações e solos desenvolvidos sobre rochas vulcânicas ácidas da formação Serra Geral nos Planaltos de Guarapuava e Palmas, Região Centro Sul do Estado do Paraná*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1988. 211p. Tese de Doutorado.
- DEMATTÊ, 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: ESALQ-USP, 1992. 141p. Dissertação de Mestrado.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Levantamento de Reconhecimento dos solos do Centro Sul do Paraná (Área 9)*. Curitiba, 1984a. (Embrapa-SNLCS. Boletim técnico, 56).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná*. Londrina, 1984b. T.1, 412p. (Embrapa-SNLCS. Boletim técnico, 57).
- ESPÍNDOLA, C.R.; GARCIA, G.J. Relações entre grau de desenvolvimento de mantos de alteração e evolução de suas redes de drenagem. *Notícias Geomorfológicas*, Campinas, 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: ESALQ-USP, 1968. 151p. Tese de Doutorado.
- GEVAERD, I. *Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da região nordeste Paranaense*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1974. 110p. Dissertação de Mestrado.
- JACKSON, M.L. *Soil chemical analysis; advanced course*. 2.ed. Madison: University of Wisconsin, 1969. 865p.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, Washinton, v.56, p.275-370, 1945.
- LEÃO, S.R.F. *Interpretação fotográfica de características do relevo e da rede de drenagem em dois solos do Distrito Federal*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1983. 166p. Tese de Doutorado.
- LUEDER, D.R. *Aerial photographic interpretation: principles and applications*. New York: McGraw-Hill, 1959. 462p.
- MAIGNIEN, R. *Review of research on laterites*. Paris: UNESCO, 1966. 148p. (Natural Resourcer Research, IV).
- MANECHINI, C. *Utilização de fotografias aéreas na comparação de sistemas de amostragem e estudo das redes de drenagem de três solos da região de Tambaú - SP*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1981. 132p. Dissertação de Mestrado.
- PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. *Photogrammetry Engineering*, Washington, v.16, p.387-409, 1950.
- PFEIFER, R.M. *Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem dos solos do Parque Estadual da Ilha do Cardoso (SP)*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1984. 90p. Dissertação de Mestrado.
- POLITANO, W. *Estudo fotointerpretativo sobre a morfometria das áreas de dois solos podzólicos vermelho-amarelos*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1980. 169p. Tese de Doutorado.
- RAY, R.G. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico*. São Paulo: Inst. Geogr. e Geol., 1963. 88p. 75 fotografias.
- RAY, R.G.; FISCHER, W.A. Quantitative photography a geologic research tool. *Photogrammetry Engineering*, Washington, v.26, p.143-150, 1960.
- SANCHEZ, P.A. *Suelos del tropico, caracterfsticas y manejo*. San José: Matilde de la Cruz, 1981. 634p.
- SILVA, L.C. da. *Fotointerpretação de redes de drenagem e caracterização do relevo de dois solos do município de São Pedro - SP*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1993. 125p. Tese de Doutorado.
- SOUZA, M.L. de P. *Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no município de Ponta Grossa - PR*. Piracicaba: ESALQ-USP, 1975. 135p. Dissertação de Mestrado.

