

VIII. SOLOS

REMOÇÃO DE MATERIAL ERODIDO DOS SOLOS DE PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR EM CUBATÃO (SP) ⁽¹⁾

MARCIO ROSSI ⁽²⁾ & RUI MARCONI PFEIFER ⁽³⁾

RESUMO

Objetivou-se analisar o estágio de evolução do relevo e da erosão em quinze bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, localizadas no Parque Estadual da Serra do Mar, em Cubatão (SP). Utilizaram-se técnicas de análise do relevo por meio de integrais hipsométricas, integrais volumétricas, relação de material erodido e razão de relevo, para prognosticar o desencadeamento de processos erosivos. Concluiu-se que as bacias hidrográficas situadas em diferentes regiões fisiográficas apresentam maior predisposição à instabilidade das encostas quanto maiores forem os valores da razão de relevo, e que as análises conjunta e comparativa dos valores, posição de concavidade e convexidade das curvas hipsométricas e valores de relação de material erodido (removido das bacias) fornecem indicação do grau de evolução do relevo e da suscetibilidade à erosão dos solos das bacias.

Termos de indexação: relevo, solos, material erodido, bacia hidrográfica.

ABSTRACT

STUDY OF SOIL COVER ALTERATIONS IN LITTLE WATERSHEDS AT SERRA DO MAR STATE PARK, IN STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

The main aim of this research work has been to analyse the evolution of soil cover alteration at Serra do Mar State Park, Cubatão, State of São Paulo, Brazil. Through quantita-

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão em Presidente Prudente (SP), 1998. Recebido para publicação em 16 de setembro de 1998 e aceito em 25 de março de 1999.

⁽²⁾ Centro de Solos e Recursos Agroambientais, Instituto Agronômico, Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽³⁾ Divisão de Dasonomia, Instituto Florestal, Caixa Postal 1322, 01059-970 São Paulo (SP).

tive analyses, we have tried to identify the degrees of evolution and fragility of fifteen third order watersheds, aim at predicting and reducing the erosion process. The higher the relief ratios obtained, the higher the hillside instabilities, in all watersheds analysed, placed in distinct physiographic areas. The volume of lost material (soil removed from the watershed) has shown to be proportional to the difference (hipsometric-volumetric integrals); also, the relief evolution degree and the susceptibility of erosion of the watershed soils might be estimated by the concavity or convexity of the hipsometric curves.

Index terms: relief, soils, erosion material, watershed.

1. INTRODUÇÃO

A Serra do Mar, na região de Cubatão (SP), apresenta condições fisiográficas e de ocupação que aceleram sua dinâmica natural, fato que se pode observar pelos freqüentes movimentos de massa que ocorrem na área.

A paisagem é constituída de um conjunto de características dos diferentes elementos. Qualquer mudança ou interferência em uma dessas características pode refletir-se em perturbações, denunciando a fragilidade do ecossistema. Essa fragilidade decorre, principalmente, das condições litológico-estruturais, climáticas, topográficas, da natureza dos solos e do uso inadequado da terra principalmente.

Os elementos componentes da paisagem, juntamente com as condições de infiltração e retenção de água no solo, são fatores que, relacionados, imprimem dinâmica ao ecossistema. Dessa forma, tais elementos devem comandar, mediante o equilíbrio morfológico e pedogênico, o surgimento de processos erosivos, intensificados pela ação antrópica, que consistem na remoção da cobertura vegetal e/ou instalação de obras e no uso indiscriminado da terra.

O desenvolvimento dos solos e a evolução do relevo com mútuas influências resultam numa interação que condiciona a formação, a alteração e o transporte de materiais em uma bacia hidrográfica (Carvalho et al., 1983), levando a crer que o modelo da superfície terrestre é função da tectônica e dos processos de erosão e sedimentação que nela ocorrem.

Tercinier & Quantin (1968) afirmaram que, no grau de evolução dos solos, a influência das diferenças de idade do material originário e dos paleoclimas ou das modificações climáticas são menores do que a exercida pelo relevo.

Segundo Soares & Fiori (1976), as formas de relevo e de drenagem apresentam-se diferentes quando resultam de situações historicamente distintas dentro da evolução geológica, mesmo que em situações ambientais idênticas.

Robson et al. (1961) relataram que a predominância de um solo sobre os demais, em determinada área, pode ser refletida em suas características no modelado.

Para Strahler (1952), os estádios de evolução do relevo (juventude, maturidade e senilidade) podem ser definidos pela interpretação das formas das curvas hipsométricas e do valor de suas integrais.

Para Chorley & Morley (1959), do ponto de vista geomorfológico, a integral hipsométrica expressa, em termos quantitativos, o rebaixamento erosivo da bacia, cujo dimensionamento volumétrico está relacionado diretamente com a hidrologia.

Os sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem refletem certas características do material superficial em que se desenvolveram. Uma rede de drenagem bem desenvolvida implica uma cobertura pedológica com baixa relação infiltração/deflúvio e uma rede de drenagem pouco ramificada, em alta relação infiltração/deflúvio (Carvalho, 1981).

Goosen (1968) afirmou que o relevo desempenha importante papel na determinação da natureza e amplitude dos distintos processos de formação dos solos.

Segundo Horton (1945), Smith (1950) e Strahler (1957), há forte relacionamento entre as características da rede de drenagem e o relevo, o que se reflete em alterações das condições topográficas de uma região.

Ray (1963) cita que cada padrão de relevo está associado a um processo geomorfológico específico de erosão ou deposição e reflete a origem e o caráter geral da paisagem. Cita, ainda, que a evolução das feições topográficas do terreno, aliada a processos de erosão e deposição, também propiciam uma base excelente para estratificação da paisagem pela origem de suas formas e tipos de material superficial.

Para Smith & Aandahl (1957), as unidades de solo não ocorrem ao acaso na paisagem, mas possuem um padrão de distribuição relacionado à forma do terreno, ao material de origem do solo, à influência da vegetação e à maneira pela qual o homem as tem utilizado. Geralmente os diferentes solos têm um padrão de distribuição que se repete e que está associado ao relevo.

Piedade (1980) utilizou-se de índices hipsométricos (integrais hipsométrica e volumétrica) e índices da rede de drenagem de bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, em estudo comparativo da evolução de voçorocas existentes no município de Botucatu, SP. Concluiu que o controle geológico mascara os efeitos do relevo e da permeabilidade do terreno, contribuindo para maior densidade de drenagem, comprimento e angularidade dos rios de terceira e de quarta ordem de ramificação. Por meio dos valores médios e formas gráficas das curvas da integral hipsométrica, associados à presença de testemunhos de erosão, a autora sugeriu, para a área estudada, um estágio jovem de relevo com retomada de erosão.

Carvalho (1981), aplicando o mesmo método em três regiões fisiográficas distintas (Reverso da “Cuesta”, Frente da “Cuesta” e Depressão Periférica), na região de Botucatu, concluiu que o relevo do Reverso da “Cuesta” e da Depressão Periférica se

encontram em estágio de maturidade, bem como os latossolos vermelho-amarelos e regossolos intergrade para latossolos vermelho-amarelos, enquanto, na Frente da “Cuesta”, o relevo apresenta-se em estágio evolutivo pouco avançado, com remoções mais intensas dos mantos de alteração, refletindo a presença de solos menos evoluídos, como os litossolos desenvolvidos de basalto e de arenito.

Da mesma maneira, Carvalho et al. (1992), estudando o relevo e a rede de drenagem de bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação do Parque Estadual da Serra do Mar - núcleo Picinguaba - concluíram que as bacias hidrográficas com predominância de latossolo vermelho-amarelo apresentam, comparativamente, menor relação de material erodido e relevo mais estável, em estágio de maturidade, enquanto as bacias contendo a associação de latossolo vermelho-amarelo e litossolo apresentam um relevo em estágio de juventude para maturidade.

Neste trabalho, objetivou-se analisar o estágio de evolução do relevo e da erosão dos solos de quinze bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, localizadas no Parque Estadual da Serra do Mar em Cubatão (SP), o que pode vir a subsidiar futuros trabalhos de prevenção à erosão, bem como a recuperação de suas áreas degradadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A escolha da área deve-se ao fato de possuir grande incidência de processos erosivos, caracterizados como deslizamentos e/ou escorregamentos, verificados por Rossi & Pfeifer (1991).

As bacias hidrográficas em estudo situam-se no Parque Estadual da Serra do Mar, entre as coordenadas geográficas 23°45' e 24°00' de latitude sul e 46°15' e 46°45' de longitude oeste Gr., abrangendo parte das folhas topográficas do IBGE de Santos e Riacho Grande na escala de 1:50.000. Apresentam altitudes que variam de 8 a 1.000 metros, compreendendo parte dos municípios de Cubatão e São Vicente (SP) (Figura 1).

Segundo Freitas, *apud* Brasil (1960), na região predominam gnaisses e granitos, com ocorrência de filitos, micaxistos, anfíbolitos e quartzitos, além de arenitos de granulação grosseira, folhelhos, calcários e argilitos. O IPT (1981b) aponta a presença do complexo granítico/gnáissico com inclusões de rochas do grupo Açungüi e sedimentos costeiros.

Monbeig, *apud* Brasil (1960), dividiu esse território em Litoral e Planalto Atlântico. O Litoral compreende duas sub-regiões: a do Litoral de São Sebastião, onde as escarpas da Serra do Mar atingem diretamente o mar, predominando encostas altas e jovens, e a do Litoral de Santos e Baixada do Ribeira, com extensas planícies. O Planalto Atlântico inicia-se com uma escarpa abrupta, com rupturas de declive, onde domina a região cristalina do Estado de São Paulo, logo após o término da faixa litorânea, que, segundo IPT (1981a), apresenta serras alongadas com topos angulosos, escarpas festonadas e escarpas com espigões digitados. Para Ross & Moroz (1997), a área localiza-se em parte do Planalto Paulista com morros altos e médios em altitudes predominantes de 800 a 900 m e em parte da Planície Litorânea Santista, composta por planície marinha, fluvial e intertidal.

O clima, segundo a classificação de Köppen, é identificado como: a) Af, ou seja, clima tropical úmido, sem estação seca definida, com temperatura média do mês mais quente superior a 18°C e o total das chuvas do mês mais seco, superior a 60 mm; b) Cfa, clima mesotérmico úmido sem estiagem, em que a temperatura média do mês mais quente é maior que 22°C, apresentando, no mês mais seco, precipitação superior a 30 mm. A precipitação anual varia de 1.600 a 2.000 mm (Rossi & Pfeifer, 1991).

As formações vegetais compreendem três grandes grupos: Formações Litorâneas, Formações Florestais e Campos. Dentre as Litorâneas, destaca-se a restinga, que apresenta espécies lenhosas agrupadas de forma densa em solos arenosos, e os manguezais, em solos mais lodosos e alagados com alto teor salino, apresentando árvores finas de folhas coriáceas, adaptadas ao solo sem oxigenação. Nas Formações Florestais, evidencia-se a floresta tropical úmida de encosta e escarpa com caráter úmido acentuado e ele-

vado índice de pluviosidade, vegetação higrófila, exuberante e rica em espécies (Hueck, 1972). Os Campos são constituídos de vegetação herbácea graminóide.

Segundo Rossi & Pfeifer (1991), os solos predominantes na área são associações de cambissolo (Ca), latossolo vermelho-amarelo (LVa), solo litólico (Ra) e podzólico vermelho-amarelo (PVa).

O material básico utilizado para a seleção das quinze bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação é o mapa da rede de drenagem do Parque Estadual da Serra do Mar - folhas de Santos e Riacho Grande (Rossi & Pfeifer, 1991) - extraído das fotografias aéreas de 1972 e 1985, na escala aproximada de 1:25.000.

Com o auxílio do “aero-skechtmaster”, as curvas de nível da carta topográfica 1:10.000, com equidistância entre curvas de nível de 5 m, do IBGE de 1971, foram transferidas para as bacias de estudo selecionadas e contidas no mapa da rede de drenagem. Para as diversas medições, utilizou-se curvímeter, escalímetro, compasso de ponta seca e planímetro polar.

O relevo foi estudado analiticamente, baseando-se nos parâmetros e métodos descritos na literatura, como se segue:

- **Razão de relevo** - relação entre a diferença de altitude dos pontos extremos da bacia e seu comprimento (Schumm, 1956).

- **Integral hipsométrica (IH)** - planimetrando-se as áreas das bacias compreendidas entre a primeira curva de nível e a linha do divisor de águas na sua parte mais alta e a seguir as áreas projetadas (a) correspondentes a cada curva e sua subsequente. Estabelecem-se as relações de cada área projetada com a área total da bacia (a/A). Esses valores são representados no eixo das abscissas (X) e as altitudes relativas (h/H) no eixo das ordenadas (Y), sendo H a amplitude altimétrica e h a altitude relativa entre as curvas. O valor da integral hipsométrica de cada bacia hidrográfica é obtido, planimetrando-se as áreas delimitadas pela parte inferior das curvas e os eixos “X” e “Y” (Strahler, 1952).

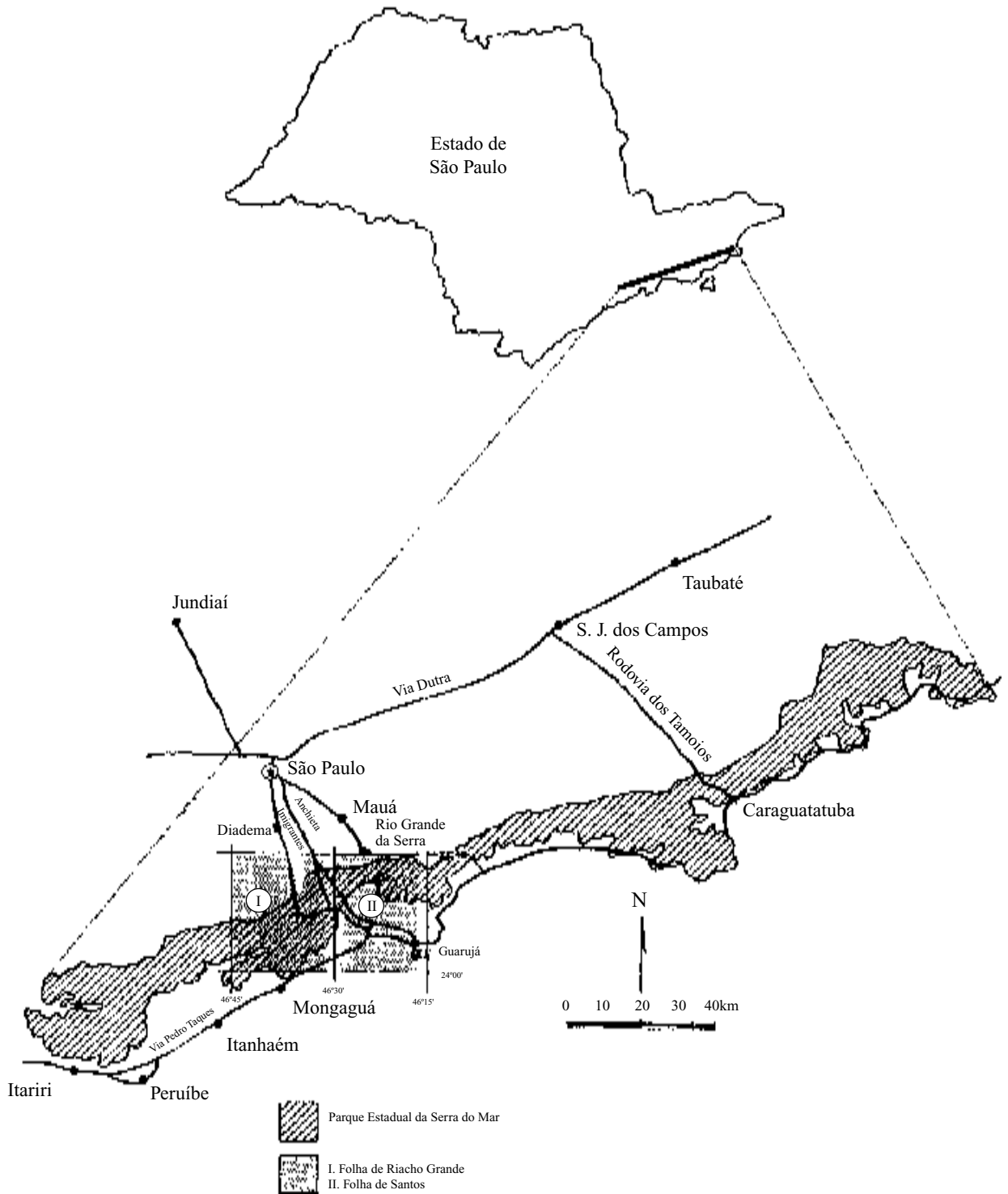


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no Estado de São Paulo

● **Integral volumétrica (IV)** - utilizando-se a fórmula $v = (h_1 - h) \cdot (a + a_1) / 2$, calculam-se os volumes de terra. O somatório dos volumes obtidos fornece o volume total (V) de terra compreendido pelo plano horizontal (base plana), que passa pelo ponto mais baixo da bacia e o plano inclinado, contorno da mesma. Estabelecem-se as relações (v/V), sendo esses valores demarcados no mesmo gráfico da integral hipsométrica (Vieira, 1978).

● **Relação de material erodido (IH-IV)** - obtida pela diferença entre a integral hipsométrica e a integral volumétrica, correspondendo, esse valor, ao desenvolvimento da erosão (Vieira, 1978).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A rede de drenagem das bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, decalcadas de fotografias aéreas, com as respectivas curvas de nível transferidas das cartas planialtimétricas, estão representadas nas Figuras 2 a 4.

No Quadro 1 estão contidas as informações sobre as características do meio físico e dos solos existentes nas bacias hidrográficas estudadas.

O exame conjunto das Figuras 2 a 4 e do Quadro 1 permite afirmar que as bacias estão em relevo escarpado, com declives acentuados e, portanto, em áreas de alto risco de movimentos de massa, excetuando-se as bacias D, E e F, da associação de Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo localizados no planalto com relevo colinoso, apresentando-se com morrotes. Dessas, a bacia E apresenta curvas que a enquadram em relevo mais acidentado, o que poderia indicar contribuição maior do cambissolo em relação aos latossolos.

Para interpretar e comparar o relevo das bacias, agrupam-se no Quadro 2 os valores da altitude, amplitude altimétrica, maior comprimento da bacia e razão de relevo. Em função do relevo de ocorrência, os latossolos e os cambissolos apresentam-se pouco

profundos e ocorrem em todas as associações de solos estudadas.

Concordando com Carvalho (1981), o índice razão de relevo, por permitir comparar a altimetria das regiões, demonstra que, quanto maiores os valores, mais acidentado é o relevo predominante na região, e ainda reflete a relação infiltração/deflúvio, demonstrando uma identificação com a densidade de drenagem. Os valores da razão de relevo variam de 0,0627 a 0,6121 (Quadro 2), refletindo que as bacias se situam em diferentes regiões fisiográficas e apresentam uma predisposição maior ou menor à instabilidade das encostas, o que também está de acordo com o obtido por Piedade (1980).

Pode-se constatar ainda que as bacias D e F, da associação de Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo, são diferenciadas das demais, por apresentarem baixos índices de razão de relevo, 0,0813 e 0,0627 respectivamente, indicando maior estabilidade do relevo em virtude de sua posição topográfica no Planalto.

Com relação à bacia E, mesmo estando localizada no Planalto e possuindo a mesma associação de solos (Ca + LVa) das bacias D e F, apresenta razão de relevo elevada (0,5343), aproximando-se das demais, localizadas nas escarpas. Tal fato demonstra que essa bacia possui relevo muito acidentado, com alta declividade.

Partindo do princípio de que, quanto maior a razão de relevo, maior será a quantidade de água a escoar superficialmente e, conseqüentemente, maior será a velocidade da água no sentido do maior comprimento da bacia, pode-se compartimentar, relativamente, os dados fornecidos pelo Quadro 2 em:

- a) razão de relevo baixa = 0,0 a 0,10;
- b) razão de relevo média = 0,11 a 0,30; e
- c) razão de relevo alta = 0,31 a 0,60, concordando com Piedade (1980).

Dessa maneira, pode-se dizer que as bacias D e F são consideradas estáveis, A, I e K, moderadamente estáveis, e as demais, B, C, E, G, H, J, L, M, N e O, pouco estáveis.

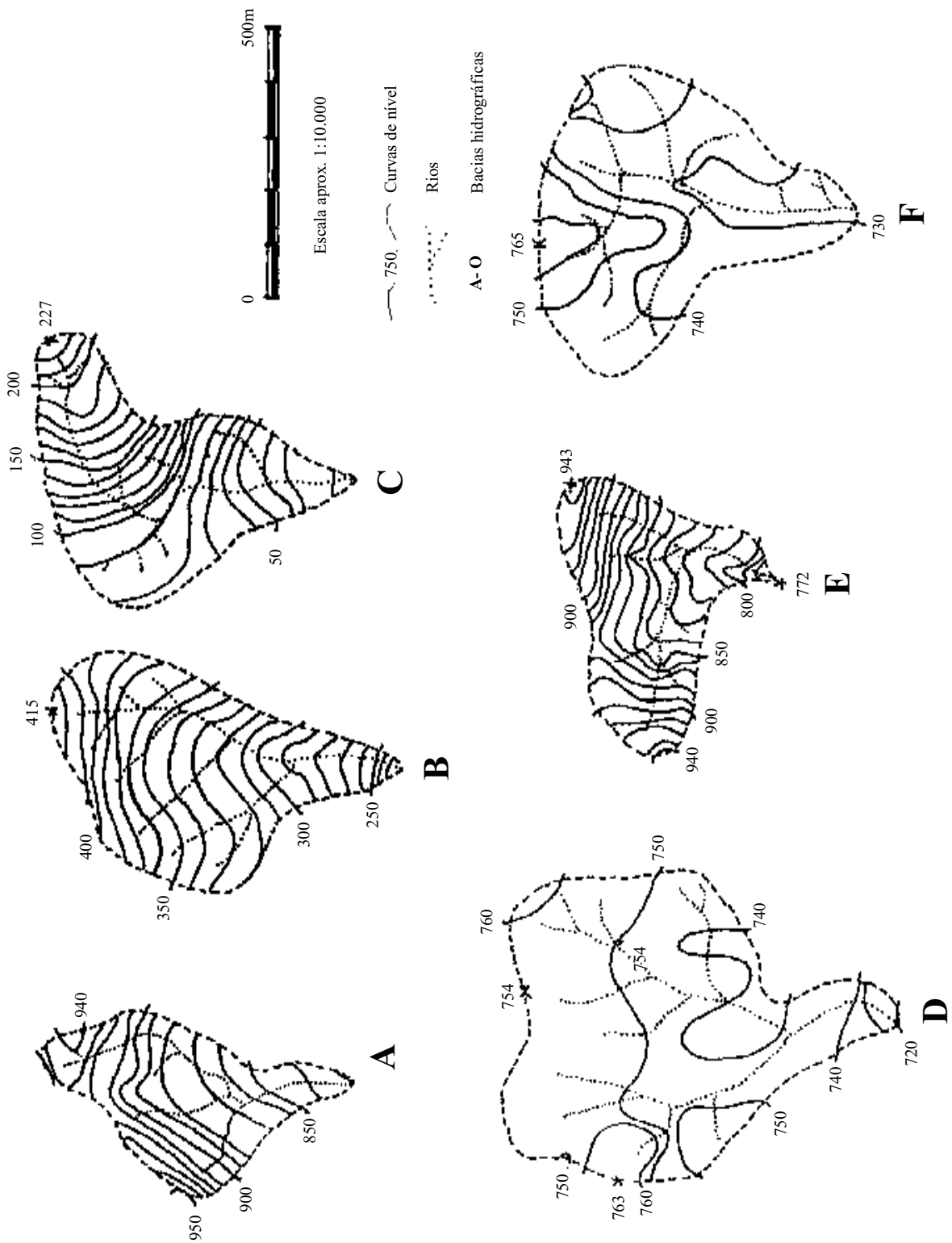


Figura 2. Bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, representativas das áreas com LVa + Ca + Ra (A, B, C) e com Ca + LVa (D, E, F) (V. rodapés Quadros 1 a 3.)

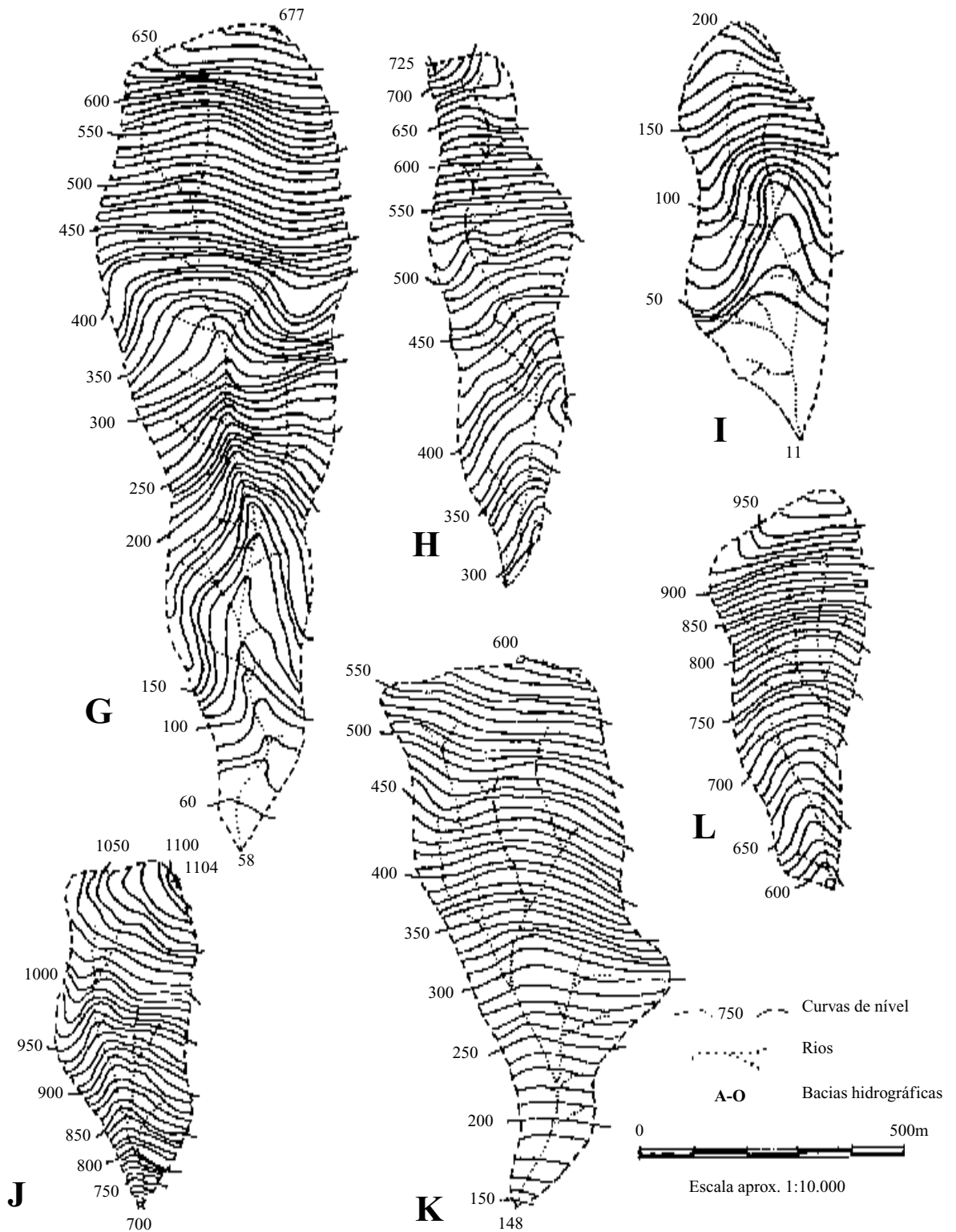


Figura 3. Bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, representativas das áreas LVa + Ca + Ra + PVa (G, H, I) e com Ca + LVa + Ra (J, K, L). (V. rodapés Quadros 1 a 3.)

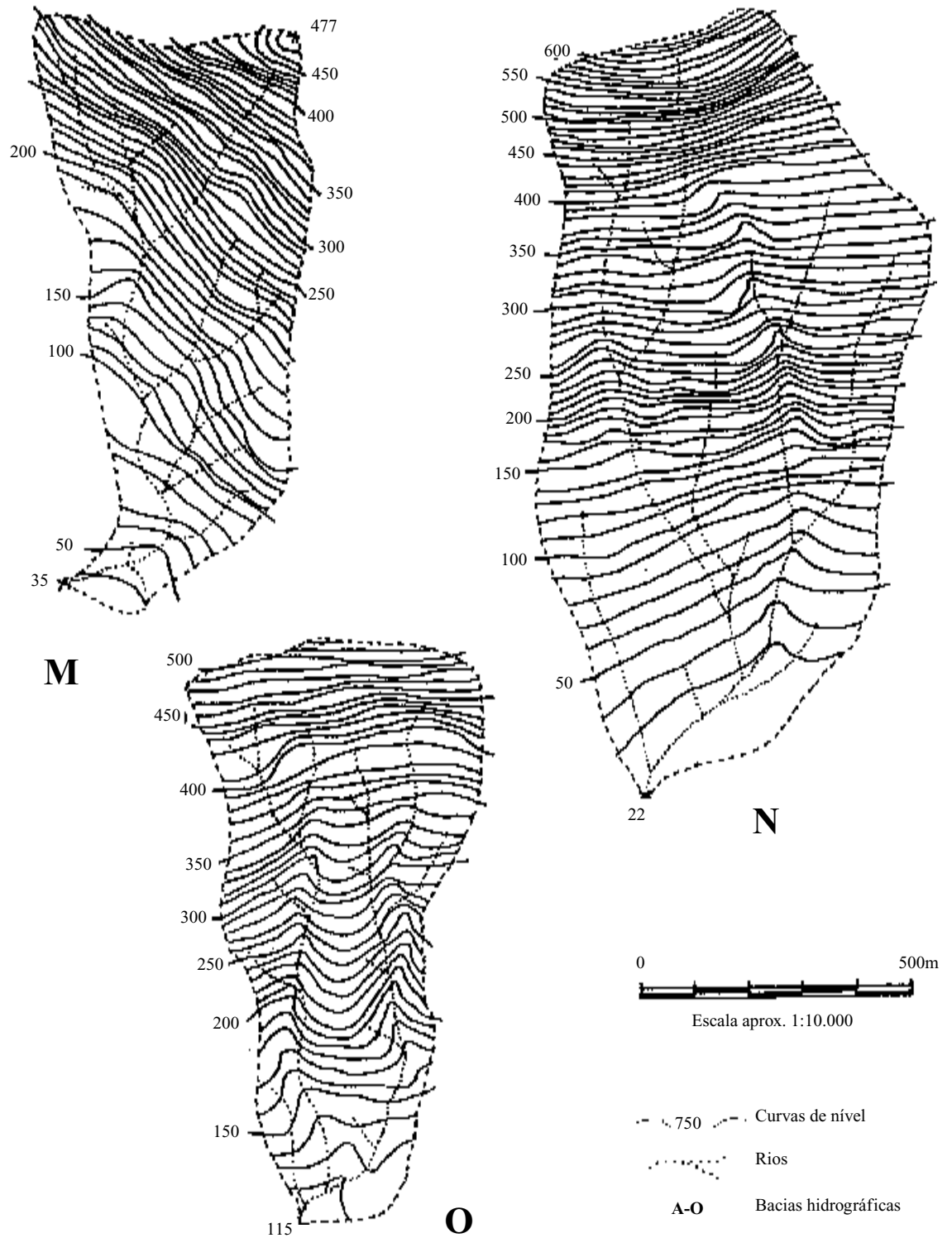


Figura 4. Bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, representativas das áreas com LVa + Ca (M, N, O). (V. rodapés Quadros 1 a 3.)

Quadro 1. Principais características das bacias hidrográficas estudadas

Características	A, B, C	D, E, F	G, H, I	J, K, L	M, N, O
Situação	Vale do Rio Branco	Planalto	Vale do Rio Cubatão	Vale do Rio Quilombo	Vale do Rio Moji
Geomorfologia	Vert.retílinea/ topos angulosos	Vert. convexa/retílinea/ topos arredondados	Vert. retílinea/ topos angulosos	Vert. retílinea/ topos angulosos	Vert. retílinea/ topos angulosos
Geologia	Arqueano/ Complexo costeiro	Arqueano/pro- terozóico superior	Arqueano/prote- rozóico superior	Arqueano/prote- rozóico superior	Arqueano/prote- rozóico superior
Litologia	Migmatitos	Migmatitos	Migmatito/Calcossi- licato/Filito/Micaxis- to/Quartzito	Quartzo-Mica- xisto/Migmatito	Migmatito Quartzo- -Micaxisto
Tipo climático	Af/Cfa	Af/Cfa	Af/Cfa	Af/Cfa	Af/Cfa
Relevo	Montanhoso/Serras alongadas	Ondulado/Morretes	Escarpas festonadas	Escarpas/ /Espigões digitados	Escarpas festonadas/ /Espigões digitados
Solos ⁽¹⁾	LVa + Ca + Ra	Ca + LVa	LVa + Ca + Ra + PVa	Ca + LVa + Ra	LVa + Ca
Profund. do solo	Média a pouca	Média	Média a pouca	Média a pouca	Média
Drenagem interna ..	Boa a moderada	Boa	Boa a moderada	Boa a moderada	Boa
Textura do hor. A ...	Média	Média	Argilosa/média	Média	Argilosa/média
Textura do hor. B ...	Média	Média	Argilosa/média	Média	Argilosa/média
Retenção de água ...	Alta a baixa	Alta	Alta a baixa	Média a baixa	Alta
Resistência à erosão	Média	Média/alta	Média/baixa	Média	Média/alta

⁽¹⁾ LVa - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; Ca - Cambissolo Álico; PVa - Podzóico Vermelho-Amarelo Álico; Ra - Solos Litólicos Álicos. Fonte: ROSSI & PFEIFER (1991).

Considerando-se que a integral hipsométrica (IH) permite comparar bacias hidrográficas distintas (desde que sejam de mesma ordem de ramificação para que o nível de base seja o mesmo, evitando

distorções nas comparações) e inferir sobre a remoção de materiais (Carvalho, 1981, e Carvalho et al., 1992), a integral hipsométrica expressa o material existente antes do início do processo erosivo, consi-

Quadro 2. Valores de área hipsométricos e razão de relevo das bacias hidrográficas estudadas

Bacias	Unidade de solo ⁽¹⁾	Área	Altitude			Amplitude altimétrica	Maior comprimento da bacia	Razão de relevo
			Média	Maior	Menor			
		km ²	m					
A ..	LVa + Ca + Ra	0,1000	890,0	950	830	120	600	0,2000
B ..	"	0,1583	312,5	415	210	205	640	0,3203
C ..	"	0,1687	118,5	227	10	217	620	0,3500
D ..	Ca + LVa	0,1604	744,0	768	720	48	590	0,0813
E...	"	0,1062	857,5	943	772	171	320	0,5343
F...	"	0,2187	746,5	765	728	37	590	0,0627
G ..	LVa + Ca + Ra + PVa	0,4437	362,5	667	58	609	1.440	0,4229
H ..	"	0,2008	507,5	725	290	435	1.010	0,4306
I....	"	0,1167	110,0	210	10	200	720	0,2777
J ...	Ca + LVa + Ra	0,2133	902,0	1.104	700	404	660	0,6121
K ..	"	0,4133	469,0	590	348	242	1.010	0,2396
L...	"	0,2533	790,0	980	600	380	720	0,5277
M .	LVa + Ca	0,2812	256,0	477	35	442	760	0,5815
N ..	"	0,7625	326,0	640	12	628	1.490	0,4214
O ..	"	0,3312	322,5	530	115	415	1.010	0,4108

⁽¹⁾ LVa - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; Ca - Cambissolo Álico; PVa - Podzólico Vermelho-Amarelo Álico; Ra - Solos Litólicos Álicos.

derando o perímetro atual das bacias, enquanto a integral volumétrica (IV) revela o material remanescente e, a diferença entre as duas integrais, expressa o material removido durante a formação dos vales (Vieira, 1978).

Aplicando-se essas definições, nota-se, pelo Quadro 3 e pelas Figuras 5 e 6, que as bacias N, F, I, G e M, apresentam, comparativamente, baixa remoção dos mantos de alteração (0,0170 a 0,1000); as

Quadro 3. Valores hipsométricos das bacias hidrográficas representativas das áreas estudadas

Bacias	Unidade de solo ⁽¹⁾	Integral hipsométrica I.H.	Integral volumétrica I.V.	Relação de material erodido I.H. - I.V.	Média
A ...	LVa + Ca + Ra	0,4850	0,3000	0,1850	
B ...	"	0,5895	0,3245	0,2650	0,2015
C ...	"	0,4380	0,2836	0,1544	
D ...	Ca + LVa	0,6070	0,3245	0,2825	
E....	"	0,5230	0,3100	0,2130	0,1817
F	"	0,3965	0,3470	0,0495	
G ...	LVa + Ca + Ra + PVa	0,4560	0,3730	0,0830	
H ...	"	0,4400	0,2830	0,1570	0,0975
I.....	"	0,3390	0,2865	0,0525	
J	Ca + LVa + Ra	0,6110	0,3400	0,2710	
K ...	"	0,5310	0,3300	0,2010	0,2183
L....	"	0,5110	0,3280	0,1830	
M ..	LVa + Ca	0,4000	0,3000	0,1000	
N ...	"	0,3530	0,3360	0,0170	0,0840
O ...	"	0,4700	0,3350	0,1350	

⁽¹⁾ LVa - Latossolo Vermelho-Amarelo Álico; Ca - Cambissolo Álico; PVa - Podzólico Vermelho-Amarelo Álico; Ra - Solos Litólicos Álicos.

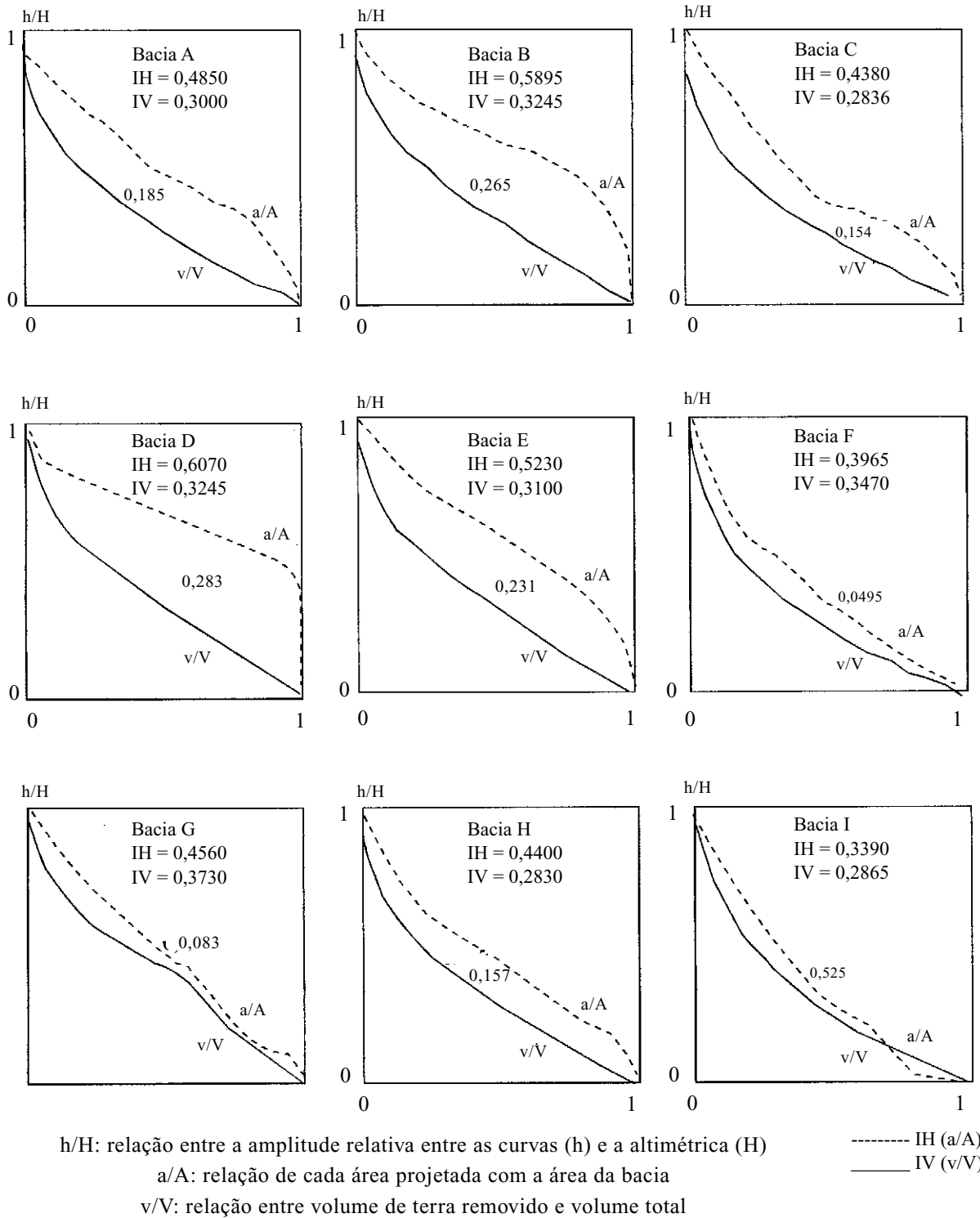
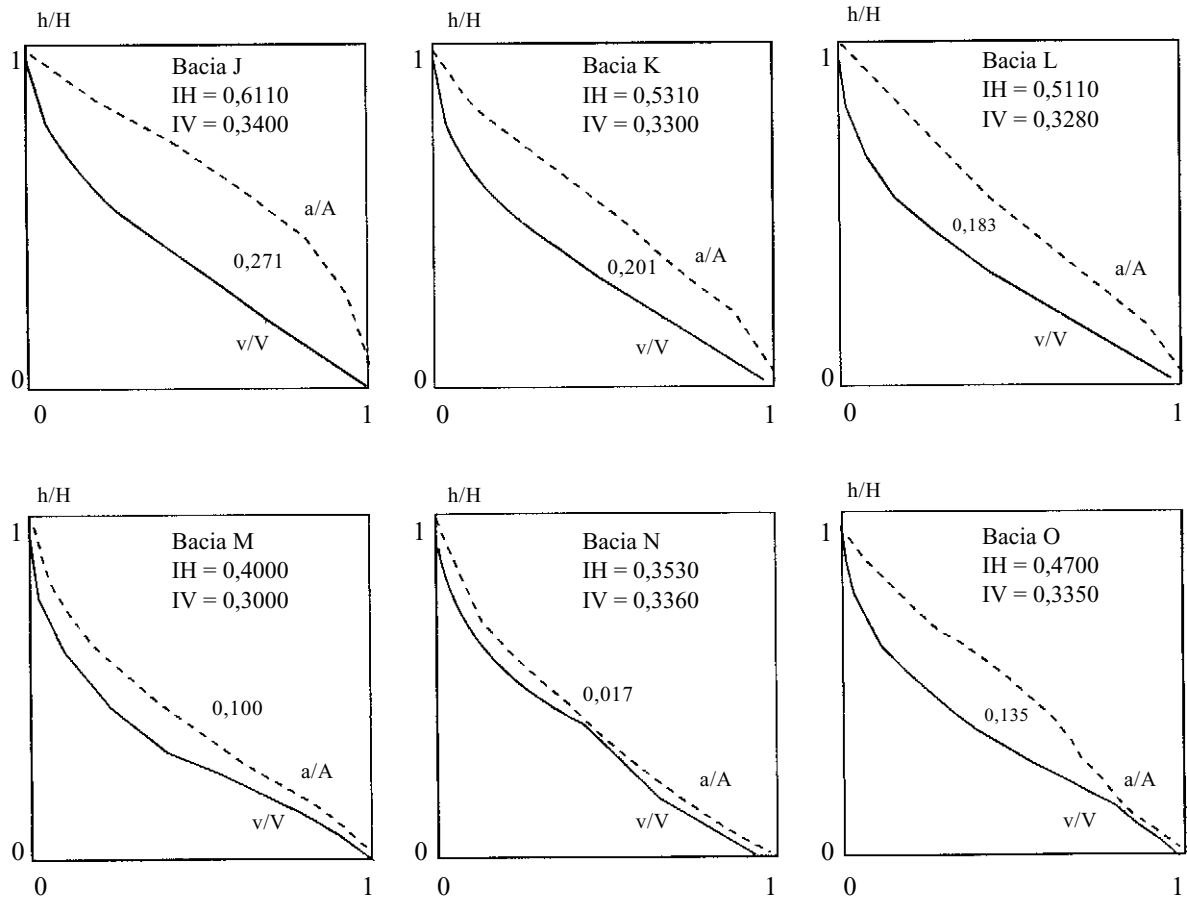


Figura 5. Gráficos das integrais hipsométricas (IH) e volumétricas (IV) representativas das bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, das áreas com LVa + Ca + Ra (A, B, C); com Ca + LVa (D, E, F) e com LVa + Ca + Ra + PVa (G, H, I). (V. rodapés Quadros 1 a 3.)



h/H : relação entre a amplitude relativa entre as curvas (h) e a altimétrica (H)

a/A : relação de cada área projetada com a área da bacia

v/V : relação entre volume de terra removido e volume total

----- IH (a/A)

_____ IV (v/V)

Figura 6. Gráficos das integrais hipsométricas (IH) e volumétricas (IV) representativas das bacias hidrográficas de terceira ordem de ramificação, das áreas com $Ca + LVa + Ra$ (J, K, L) e com $LVa + Ca$ (M, N, O). (V. rodapés Quadros 1 a 3.)

bacias O, C, H, L e A, média remoção dos mantos (0,1350 a 0,1850), e as bacias K, E, B, J e D, alta remoção (0,2010 a 0,2825), comparativamente, o que está de acordo com Vieira (1978), Carvalho (1981) e Carvalho et al. (1992).

Sobre as formas apresentadas pelas curvas hipsométricas (Figuras 5 e 6), isto é, concavidade no terço superior e convexidade no terço inferior acentuadas, pode-se dizer que são fortes indicadoras de relevo decorrente de acúmulo de sedimentos transportados por rios de cabeceira ou, ainda, de superfície geomorfológica antiga. Portanto, concavidade e convexidade mais discretas em posições centrais do diagrama indicam equilíbrio das formas, ou seja, de transporte e deposição no interior da bacia. Da mesma maneira, concavidade no terço inferior e convexidade no superior podem indicar processos de ativação de remoção dos mantos superficiais, porém quando ocorre uma intersecção da curva hipsométrica com a curva volumétrica, pode-se inferir que há desativação do processo erosivo (Bacia N).

As bacias hidrográficas B, D e J enquadram-se no primeiro caso, isto é, exibem maior volume de material removido e transportado pelos rios de cabeceira; as bacias A, C, E, F, H, K, L, M e O apresentam transporte e deposição de material removido no próprio interior das bacias; e G, I e N indicam maior resistência à remoção dos mantos, com indícios de desativação dos processos erosivos.

4. CONCLUSÕES

1. A maior ou menor predisposição à instabilidade das encostas das bacias hidrográficas foi função da região fisiográfica em que se encontram.

2. Segundo a variação dos valores da razão de relevo, as bacias hidrográficas D e F (com associação de Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo) foram mais estáveis; as bacias A (com associação de Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo e solo Litólico), I (com associação de Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo, Litossolo e Podzólico Vermelho-

Amarelo) e K (com associação de Cambissolo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Litólico), apresentam estabilidade moderada e as demais, baixa estabilidade de encosta.

3. A relação de material erodido foi, comparativamente, elevada para as bacias B (com associação de Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo e Solo Litólico), D, E (Cambissolo e Litossolo Vermelho-Amarelo), J e K (Cambissolo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Litólico); moderada para as bacias A, C (Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo e Solo Litólico), H (Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo, solo Litólico e Podzólico Vermelho-Amarelo), L (Cambissolo, Latossolo Vermelho-Amarelo e Litólico) e O (Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo); e baixa para as bacias F (Cambissolo e Latossolo Vermelho-Amarelo), G, I (Latossolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo, Litossolo e Podzólico Vermelho-Amarelo), M e N (Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo).

4. O grau de evolução do relevo mostrou que as bacias B, D e J possuem o maior volume de material removido e transportado por rios das cabeceiras; as bacias A, C, E, F, H, K, L, M e O apresentam o transporte e deposição do material no próprio interior das bacias, e G, I e N tendem a ter maior resistência à remoção dos mantos, com indícios de desativação de processos erosivos.

5. A complexidade encontrada nas bacias coadunam com a área de localização, a Serra do Mar, cuja instabilidade natural das encostas é agravada pelas obras de engenharia e pela deterioração da cobertura vegetal, onde a poluição gerada pelo pólo industrial de Cubatão afeta a qualidade da água, a fauna e a flora, deteriorando a qualidade ambiental.

6. Apesar das intervenções antrópicas, tais bacias se encontram relativamente conservadas por sua localização em zona de Parque Estadual e área tombada pelo CONDEPHAAT, protegidas por lei. No entanto, qualquer modificação, sobretudo nas bacias G, I e N, pode provocar alteração na estabilidade do ambiente.

7. A alta precipitação da região, associada à umidade relativa do ar (também elevada), ao relevo acidentado com altos declives, à suscetibilidade à erosão dos solos e à vegetação remanescente, tendeu a facilitar o desenvolvimento dos processos erosivos, com remoção dos mantos de alteração dos solos.

8. A cobertura florestal dessas bacias exerceu um importante papel na dinâmica das vertentes, atuando como agente estabilizador dos perfis das encostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura. Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Comissão de Solos. *Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1960. 634 p. (Boletim 12)
- CARVALHO, W. A. *Relações entre relevos e solos da bacia do rio Capivara* - município de Botucatu, SP. Botucatu, 1981. 193 p. (Tese de Livre-Docência) - FCA/UNESP, 1981.
- CARVALHO, W.A.; PEREIRA, M.A. & PFEIFER, R.M. Fotointerpretação de bacias hidrográficas na discriminação de solos do Parque Estadual da Serra do Mar, núcleo Picinguaba, SP. *Científica*, São Paulo, **20**(1):27-42, 1992.
- CARVALHO, W. A.; PIEDEDE, G. C. R. & ANDRADE, F. C. Interação solo-relevo-material erodido em pequenas bacias de drenagem no município de Botucatu - SP. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, **7**: 83-87, 1983.
- CHORLEY, R.J. & MORLEY, L.S.D. A simplified approximation for the hipsometric integral. *Journal of Geology*, Chicago, **67**:566-571, 1959.
- GOOSEN, D. *Interpretación de fotos aéreas y su importancia en levantamiento de suelos*. Roma, FAO, 1968. 58 p. (Boletim sobre suelos n° 6)
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basis: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, Colorado, **56**(1):275-370, 1945.
- HUECK, K. *As florestas da América do Sul*. Trad. Hans Ruchardt, São Paulo, Polígono, USP, 1972. 466 p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. *Monografias*, São Paulo, IPT, **5** (1):1-126, 1981a.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. Mapa geológico do Estado de São Paulo. *Monografias*, São Paulo, IPT, **6**(1):1-94, 1981b.
- PIEDEDE, G.C.R. Evolução de voçorocas em bacias hidrográficas do município de Botucatu, SP. Botucatu, 1980. 161 p. (Tese de Livre Docência) - FCA/UNESP, 1980.
- RAY, R.G. *Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico*. Tradução de Jesuíno Felissiano Junior. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 1963. 162 p.
- ROBSON, G.H.; DEVEREAUX, R.E. & OBENSHAIN, S.S. Soils of Virginia. *Soil Science*, Baltimore, **92**:129-142, 1961.
- ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo - Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia - FFLCH - USP / Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT / FAPESP. *Mapas e Relatório*. São Paulo, 1997. 64 p.
- ROSSI, M. & PFEIFER, R.M. Pedologia do Parque Estadual da Serra do Mar. *Revista do Instituto Florestal*, São Paulo, **3**(1):1-126, 1991.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambory, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America*, Colorado, **67**:597-646, 1956.
- SMITH, G.D. & AANDAHL, A.R. Soil classification and survey. In: *U.S. Department of Agriculture and Soil*. Washington, D.C., 1957. p.396-400 (Yearbook of Agriculture)
- SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal Science*, New Aveni, **248**:655-668, 1950.
- SOARES, P.C. & FIORI, A.P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. *Notícia Geomorfológica*, Campinas, **16**(32):71-104, 1976.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, Colorado, **63**:1117-1141, 1952.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions America Geophysical Union*, Washington, **38**(6):913-920, 1957.
- TERCINIER, G. & QUANTIN, P. Influence de l'alteration de cendres et pouces volcaniques d'âge récent sur la nature, les propriétés et la fertilité des sols aux Nouvelles-Hébrides. *Cahiers ORSTOM Serie Pedologie*, Paris, **6**:203-224, 1968.
- VIEIRA, N.M. Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca (SP). Franca, 1978. 225p. (Tese de Doutorado)-Instituto de História e Serviço Social/UNESP, 1978.