

ANÁLISE QUANTITATIVA EM AMOSTRAS CIRCULARES DO IGARAPÉ DO SEGREDO, CAPANEMA-PA, UTILIZANDO FOTOGRAFIAS AÉREAS E IMAGENS TM¹

Ana Maria Medeiros FURTADO²
Tarcísio Ewerton RODRIGUES³
Paulo César T.C. dos SANTOS⁴

RESUMO: Estudo comparativo entre a interpretação de índices quantitativos de drenagem aplicado a solos, foi determinado a partir de fotografias aéreas na escala 1:70.000 e de imagens TM Landsat na escala 1:100.000. Os parâmetros analisados através de amostras circulares de 10km² foram: densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura, entre os quais foi estabelecido um fator de perda de informação em relação às escalas utilizadas. Concluiu-se que o uso das imagens TM, ao apresentarem perdas de detalhe em relação às fotografias aéreas, mostraram-se menos eficientes que estas, apresentando, entretanto, semelhanças entre as associações de solos.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Amostra Circular, Densidade de Drenagem, Fotografia Aérea, Imagem de Satélite.

QUANTITATIV ANALYSIS IN CIRCULARS SAMPLES IN THE BASIN OF THE SEGREDO RIVER, CAPANEMA-PARÁ STATE, UTILIZING AERIAL PHOTOGRAPHY AND TM IMAGES

ABSTRACT: Comparative study between the interpretation of drainage quantitatives index applied to soils was determined by aerial photography in the 1:70.000 scale and the TM LANDSAT images in the 1:100.000 scale. The parameters analysed through of circular samples with 10km² were drainage density, rivers frequency and textural ratio and among was established a factor of loss information in relations at scales utilized. Concluded that the use of TM images presented loss of details in relation at aerial photography, showing least efficient that this, presenting however similarity between the soils associations

INDEX TERMS: Circular Sample, Drainage Density, Aerial Photography, TM LANDSAT Image.

¹ Extraído da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre, junto a FCAP em 1994.

² Geógrafa, M.S., Professora Adjunta da UFPA, Técnica do IDESP

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da FCAP, Pesquisador da EMBRAPA/CPATU

⁴ Engenheiro Agrônomo, M.S., Professor Adjunto da FCAP

1 - INTRODUÇÃO

A importância do levantamento de solos em uma região como a Amazônia é fato incontestável, devido à necessidade de avaliar e conhecer o potencial agrícola. Para tal, a utilização de diversos sensores remotos tem-se mostrado eficiente na realização de mapeamentos.

Nesse sentido, não se pode omitir o bom desempenho das fotografias aéreas, imagens de radar e imagens orbitais na delimitação das unidades de solo, relacionadas com os elementos da paisagem, tais como: relevo, drenagem, vegetação, etc.

Destes elementos, destacam-se o relevo e a rede de drenagem como parâmetros de maior importância, pelas informações que poderão oferecer através do uso das técnicas morfométricas, preconizadas por HORTON (1945).

Já existem pesquisas que têm procurado correlacionar a composição e as características das redes hidrográficas com a natureza e propriedades dos solos, através da relação infiltração/deflúvio. Assim, os estudos anteriormente realizados, apenas com a descrição qualitativa dos padrões de drenagem, passaram a ter uma conotação também quantitativa das redes de drenagem, desde o ano de 1968, no campo da Pedologia.

Hoje, as redes de drenagem vêm sendo analisadas segundo bacias de até 3ª ordem de ramificação ou de amostras circulares, que variam de 10 a 100km², conforme as diversas escalas utilizadas.

Neste trabalho procurou-se, através da análise e mensuração de redes de drenagem, a partir de fotografias aéreas e imagens orbitais TM (escalas 1:70.000 e 1:100.000) respectivas, estabelecer as principais correlações entre as unidades de solo na bacia hidrográfica do igarapé do Segredo, no município de Capanema. Foram estudados índices quantitativos da rede de drenagem, obtidos por fotointerpretação e fotointerpretação visual, correlacionáveis aos tipos de solos ocorrentes na bacia em estudo. Através de amostras circulares, foram determinados especificamente os índices quantitativos de densidade de drenagem (Dd), frequência de rios (Fr) e razão de textura (Tx), considerados como bons indicadores da variação ou distribuição das unidades pedológicas na área, relacionadas a áreas de maior ou menor infiltração, com o interesse de avaliar, também, o potencial dos produtos dos sensores utilizados.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

O estudo dos índices quantitativos passou a incluir a utilização de amostras circulares de 10km², usadas pela primeira vez por RAY & FISCHER (1960), no sentido de verificar a significância entre os estudos da rede de drenagem com a litologia, através da fotografia aérea vertical. A metodologia utilizada por esses autores foi a de comparar a densidade de drenagem da bacia hidrográfica com a densidade de drenagem em amostras circulares de 10km². Concluíram que as amostras circulares apresentaram resultados melhores que os das bacias hidrográficas.

A adaptação dessa metodologia foi feita por FRANÇA (1968) para os estudos de solos, o qual considerou sua aplicabilidade bem mais precisa que a das bacias, tendo enumerado as vantagens a seguir: a) o método das amostras circulares elimina a influência da área, em virtude de que todas as medidas dos comprimentos dos rios referem-se à mesma área; b) a amostra circular pode ser deslocada dentro da área de ocorrência de uma unidade de solo, sem considerar os limites da bacia hidrográfica, condicionando, desse modo, maior homogeneidade e proporção da unidade que está contida na área da amostra circular. As observações de FRANÇA (1968) foram também constatadas por outros autores, como, FADEL (1979), SOUZA (1977), KOFFLER (1989) e CARVALHO et al (1978), utilizando amostras circulares nos estudos de vários solos brasileiros.

SOUZA (1975) não só utilizou a amostra circular de 10km², como propôs que outras áreas poderiam ser utilizadas em conformidade com a ocorrência do solo. Antes, BURING (1960) havia proposto áreas entre 10km² a 100km² para as amostras circulares no estudo das densidades de drenagem, e estendeu tal método a índices para diferenciação dos solos, como: frequência de rios e razão de textura.

KOFFLER (1972) estudou amostras circulares em fotografias aéreas, escala 1:25.000 e imagens orbitais em escalas de 1:60.000 e 1:500.000, utilizando áreas correspondentes a 10km², 20km² e 100km². Os maiores índices quantitativos encontrados foram para os solos podzolizados, quando comparados ao latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa, além da maior eficiência constatada nas fotografias aéreas.

CARVALHO (1977) é de opinião que as amostras circulares devem de preferência incluir os canais de cabeceiras, por serem estes os setores mais representativos das condições hidrológicas do perfil de solo.

GARCIA & ESPÍNDOLA (1980) mostram a variação entre resultados, quando se utilizam diferentes tamanhos de amostras circulares de 1km² a 14km² em diferentes redes de drenagem.

DEMÉTRIO (1977) utilizou amostras circulares de 3km², 10km² e 20km² para fotografias aéreas em escalas respectivas de 1:8.000, 1:25.000 e 1:60.000, mostrando, assim, a variação de características de redes de drenagem em função da escala e dos tipos de solos estudados com B latossólico e solos B textural. Ressalta que as principais diferenças na rede de drenagem é função da profundidade dos solos e variação do relevo.

FREIRE (1977), estudando as características quantitativas de drenagem de três solos em bacias de terceira ordem, e em amostras circulares de 5km² (escala 1:25.000), destacou a densidade de drenagem e a frequência de rios, como as mais significativas para diferenciar unidades de solos.

É interessante enfatizar que a utilização não só de fotos verticais, mas de uma imagem de radar e satélite, vem incidir na necessidade de estudos comparativos entre os diversos sensores, tendo como fundamental o sistema convencional de fotointerpretação.

Por exemplo, estudos realizados por GARCIA et al (1981) nas fotos pancromáticas: escala 1:25.000, imagens de radar: escala 1:250.000 e imagens de Landsat: escala 1:500.000, mostraram resultados interessantes. Foram estudadas a densidade de drenagem (Dd), a frequência de rios (Fr) e a razão de textura (Tx). Na escala de 1:25.000, as amostras circulares foram de 10km² e nas duas outras de 100km². Na comparação dessas escalas de grande diferença, houve naturalmente grande variação nos valores dos índices estudados, cuja análise estatística foi significativa para as fotos e imagens do radar, enquanto as imagens de Landsat não apresentaram significação através da correlação linear.

EPIPHÂNIO et al (1986), em estudos quantitativos da rede de drenagem entre imagens RBV - Landsat 3 na escala 1:100.000 e fotos aéreas na escala de 1:60.000, encontraram significativa diferença entre esses dois produtos, com fator de perda de informação para as primeiras.

Entretanto, a utilização das imagens TM do Landsat 5 já veio mostrar melhores resultados. O trabalho de COVRE et al (1986), em imagens TM na escala 1:100.000 e também em fotografias aéreas em 1:60.000, comprovou que o estudo nesse tipo de imagem é mais viável que os anteriores nas imagens orbitais MSS, embora a fotografia aérea ainda apresente resultados melhores.

KOFFLER et al (1986) também desenvolveram estudos sobre imagens orbitais multiespectrais obtidas através do sensor TM Landsat-5 na escala de 1:100.000 (cópias preto e branco), com utilização dos canais 3, 4 e 5, a composição colorida também na escala de 1:100.000 e uso de canais 2 e 3. Nessas imagens foram analisadas redes de drenagem através dos índices de densidade de drenagem e frequência de rios em amostras circulares, visando o estudo do relevo.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo insere-se integralmente na bacia do igarapé do Segredo, no município de Capanema, na microrregião Bragantina, localizada no Nordeste do Estado do Pará (Figura 1).

Geologicamente está representada por uma seqüência cenozóica que vai do Terciário (Mioceno Inferior) ao Quaternário Recente. Tais unidades são compostas de seqüências carbonáticas e terrígenas da Formação Pirabas (Mioceno), sedimentos mal consolidados da Formação Barreiras (Plioceno) e sedimentos Pós-barreiras (Pleistoceno).

O relevo é representado por formas altimétricas modestas, ultrapassando os 60m de altitude, o qual faz parte do Planalto Rebaixado da Bragantina, situando-se entre o plano e o suavemente ondulado e a drenagem moderada.

O clima é do tipo AM da classificação de Koppen, que apresenta alta pluviosidade anual entre 2.000 a 2.500mm, temperatura média anual de 27° e apresentando baixíssima ou nenhuma deficiência hídrica.

A vegetação é constituída predominantemente de capoeiras em diversos estágios de desenvolvimento.

Os solos que fazem parte da área levantada em nível de reconhecimento estão enquadrados segundo a EMBRAPA/SNLCS nas seguintes classes: Latossolo Amarelo Álico, Podzólico Amarelo Álico, Glei Pouco Húmico, Solos Aluviais e Areias Quartzosas.

3.2 - MATERIAIS FOTOGRAFÍCOS E CARTOGRÁFICOS

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais na escala 1:70.000 e imagens TM obtidas em julho de 1974, na escala de 1:100.000. Foi também utilizada a carta planialtimétrica-DSG em escala 1:100.000 e ampliada para 1:70.000, que corresponde a folha de Capanema, as quais serviram de base cartográfica para a restituição da drenagem da imagem TM e de fotografias aéreas na mesma escala.

3.3 - MÉTODOS

A visão estereoscópica para a restituição da drenagem nas fotografias foi obtida através da utilização de estereoscópio de espelho Wild, com ocular de três aumentos. Também utilizou-se o estereoscópio de bolso Zeiss.

Na elaboração dos mapas básicos de drenagem da área estudada e demais traçados e medições, foram utilizados os seguintes materiais: curvímetro, planímetro polar, pantógrafo ótico, compasso, esquadros, escalas triangulares, transferidor e material de desenho.

Os mapas básicos de drenagem foram confeccionados: 1) a partir da fotointerpretação de fotografias aéreas na escala 1:70.000, obtendo-se, então, um mapa não controlado da drenagem. Através do pantógrafo ótico, ampliou-se a quadricula do mapa planimétrico da escala de 1:100.000 para a escala da foto, a qual serviu de base cartográfica para o mapa de drenagem 1:70.000; 2) a partir da fotointerpretação visual da imagem orbital TM, bandas 3, 4, 5 na escala 1:100.000.

O mapa de solos confeccionado pelo SNLCS/EMBRAPA também foi feito a partir de fotointerpretação das fotografias aéreas na escala 1:70.000, com checagem de campo, reduzido para escala 1:100.000 e plotado sobre o mapa básico de drenagem, nas escalas 1:70.000 e 1:100.000 obtidas, respectivamente, de fotografias aéreas e imagens TM.

Do mesmo modo, o mapa de drenagem na escala 1:100.000 foi ampliado para a escala 1:70.000, para comparação dos índices de perdas entre os dois sensores no estudo das amostras circulares.

A utilização das amostras circulares é, segundo a proposição metodológica, outra maneira de se proceder para a caracterização quantitativa dos padrões de drenagem, além do estudo das bacias hidrográficas.

Na amostragem executada foram utilizados círculos que variaram conforme as diferentes escalas dos mapas de drenagem, obtidos das fotografias aéreas e da imagem TM. Dada a proximidade das escalas de 1:70.000 (das fotos) e 1:100.000 da imagem de satélite, achou-se mais conveniente fixar o valor da área de 10km² para ambas escalas, em vez de utilizar áreas diferentes no sentido de uniformizar o tamanho gráfico dos círculos.

Utilizando-se a fórmula da área do círculo: $A = \pi R^2$, calculou-se a mesma na escala de 1:70.000, obtendo-se um círculo de 3,15cm de raio, enquanto que na escala de 1:100.000 o círculo obtido foi de 2,56cm de raio.

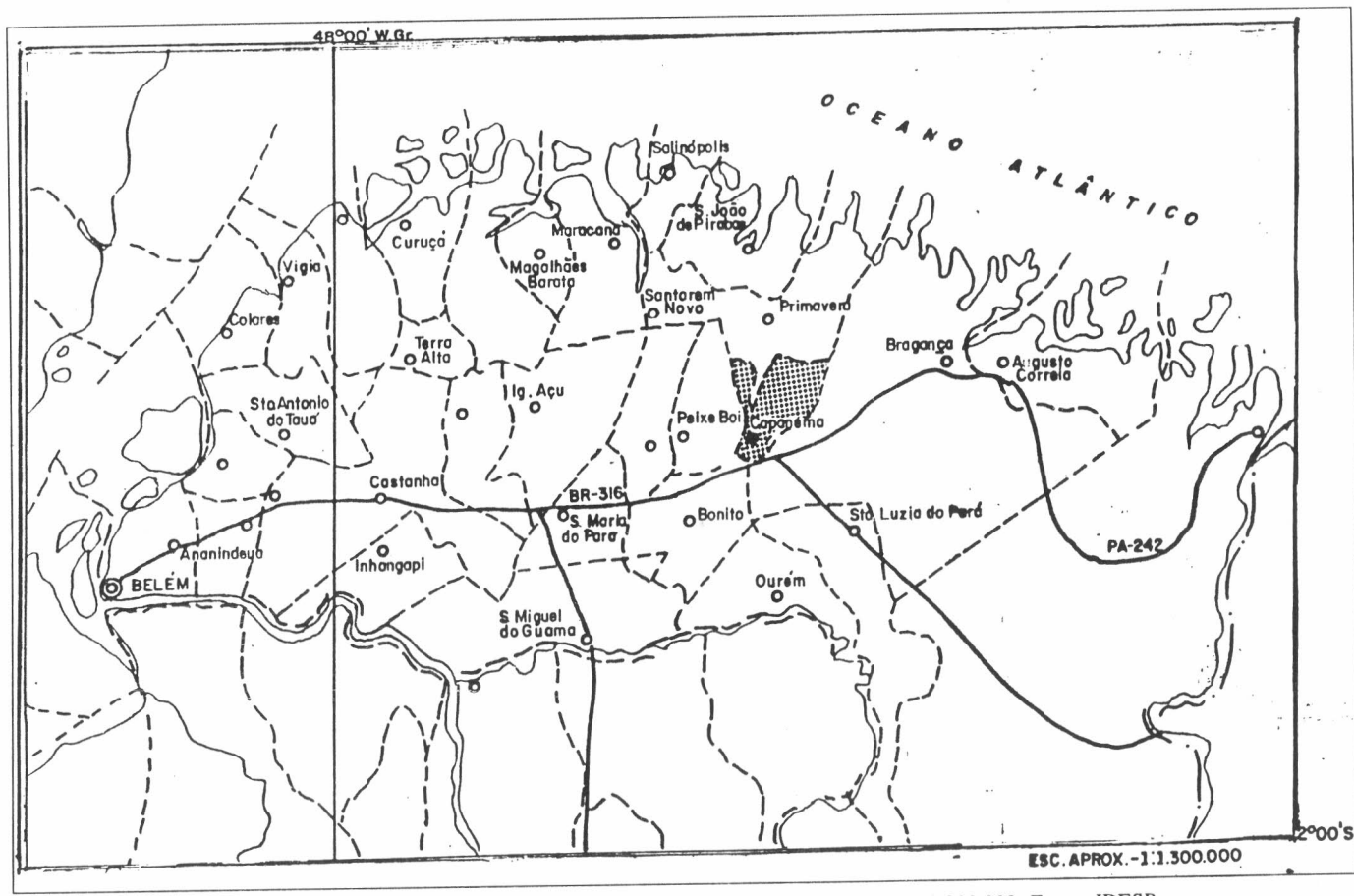


Figura 1 - Localização do município de Capanema na microrregião Braganantina-Pará. Esc. aprox. 1:1.300.000. Fonte: IDESP

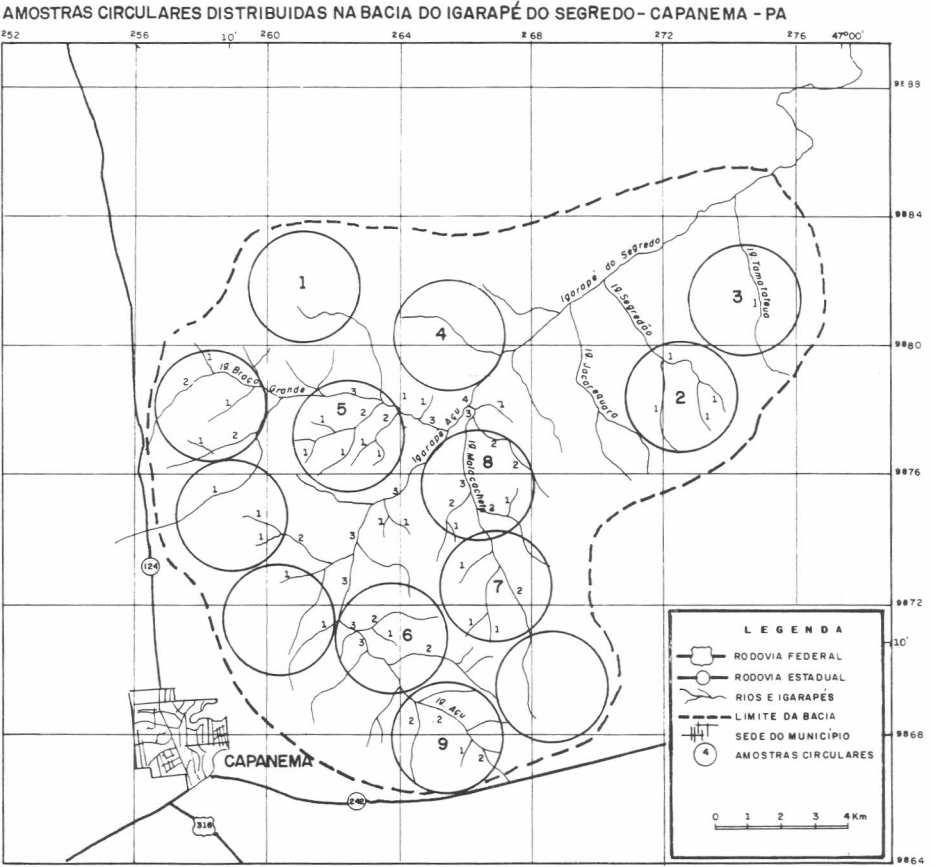
Assim, foram selecionadas doze amostras circulares em ambas as escalas, distribuídas em mapa ilustrativo (Figura 2). Dessas amostras foram escolhidas nove, representativas da rede de drenagem e correlacionadas com as unidades de solo (Figuras 3, 4 e 5).

Foram estabelecidas comparações entre as características quantitativas medidas nos diferentes mapas de drenagem, nas respectivas escalas de 1:70.000 e 1:100.000, para as amostras circulares, segundo os seguintes índices quantitativos das redes de drenagem:

a) Densidade de drenagem (Dd): adaptado da fórmula de HORTON (1945) por FRANÇA (1968) $Dd = \frac{Lt}{A}$;

b) freqüência de rios (Fr): adaptado da fórmula de HORTON (1945) por SOUZA (1975) $Fr = \frac{N}{A}$;

c) textura de drenagem (Tx): medida conforme SMITH (1950), modificada por FRANÇA (1968) $Tx = \frac{Nt}{A}$.



Mapa - 1

Figura 2 - Amostras circulares distribuídas na Bacia do Igarapé do Segredo-Capanema-PA

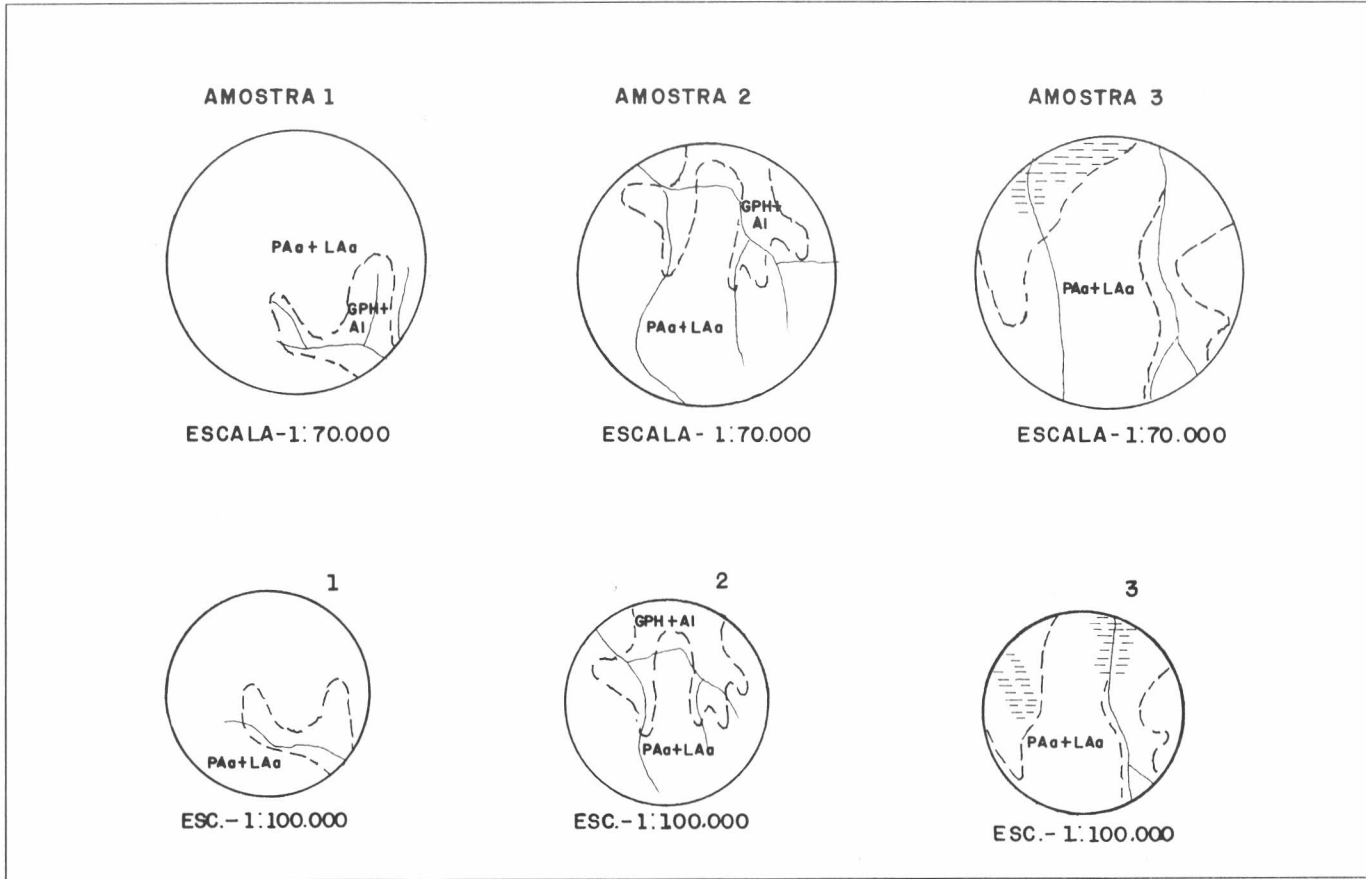


Figura 3 - Amostras circulares: Fotografias aéreas - Escala: 1:70.000, imagem TM - Escala: 1:100.000.

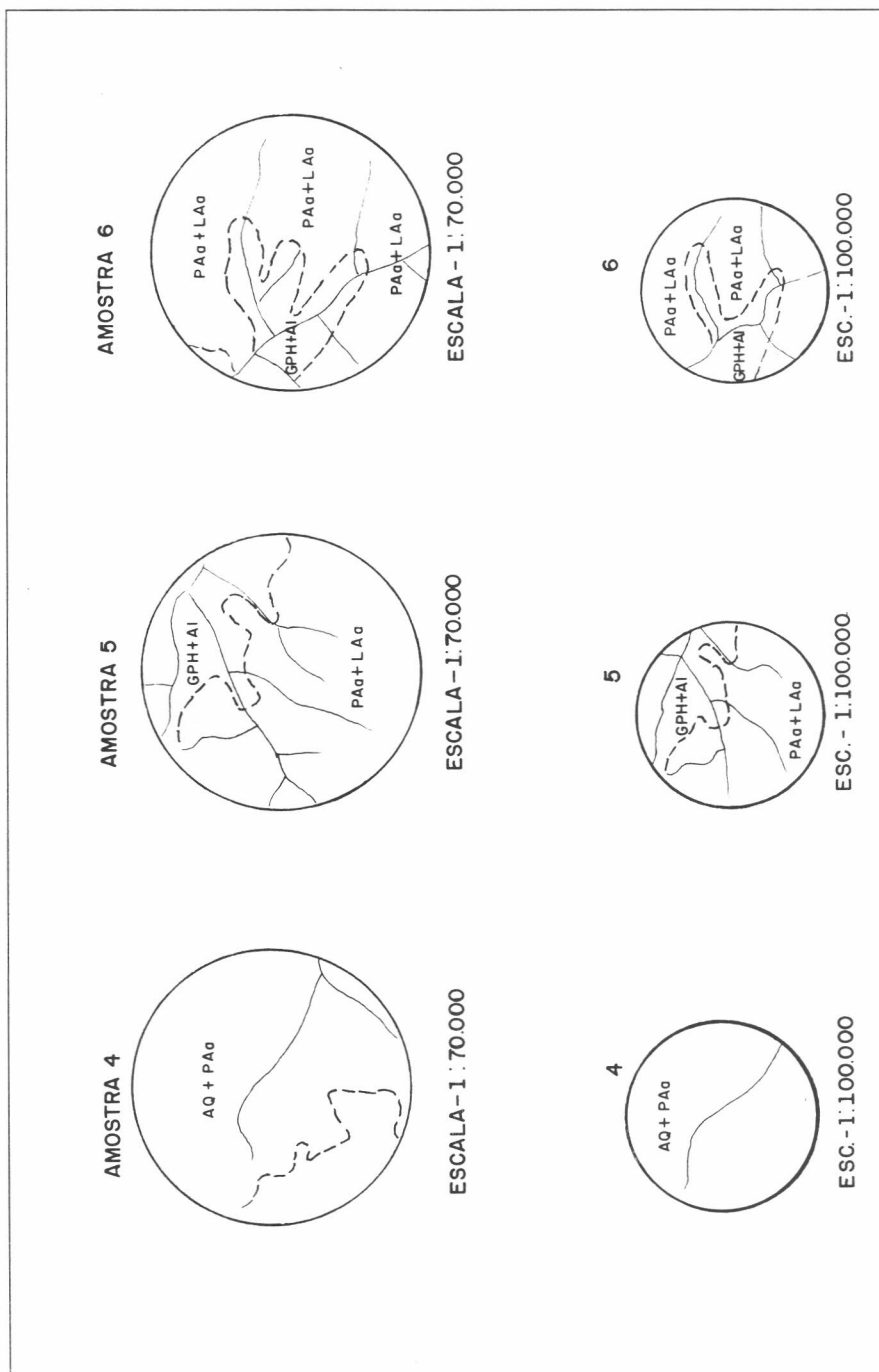


Figura 4 - Amostras circulares: Fotografias aéreas - Escala: 1:70.000, imagem TM - Escala: 1:100.000.

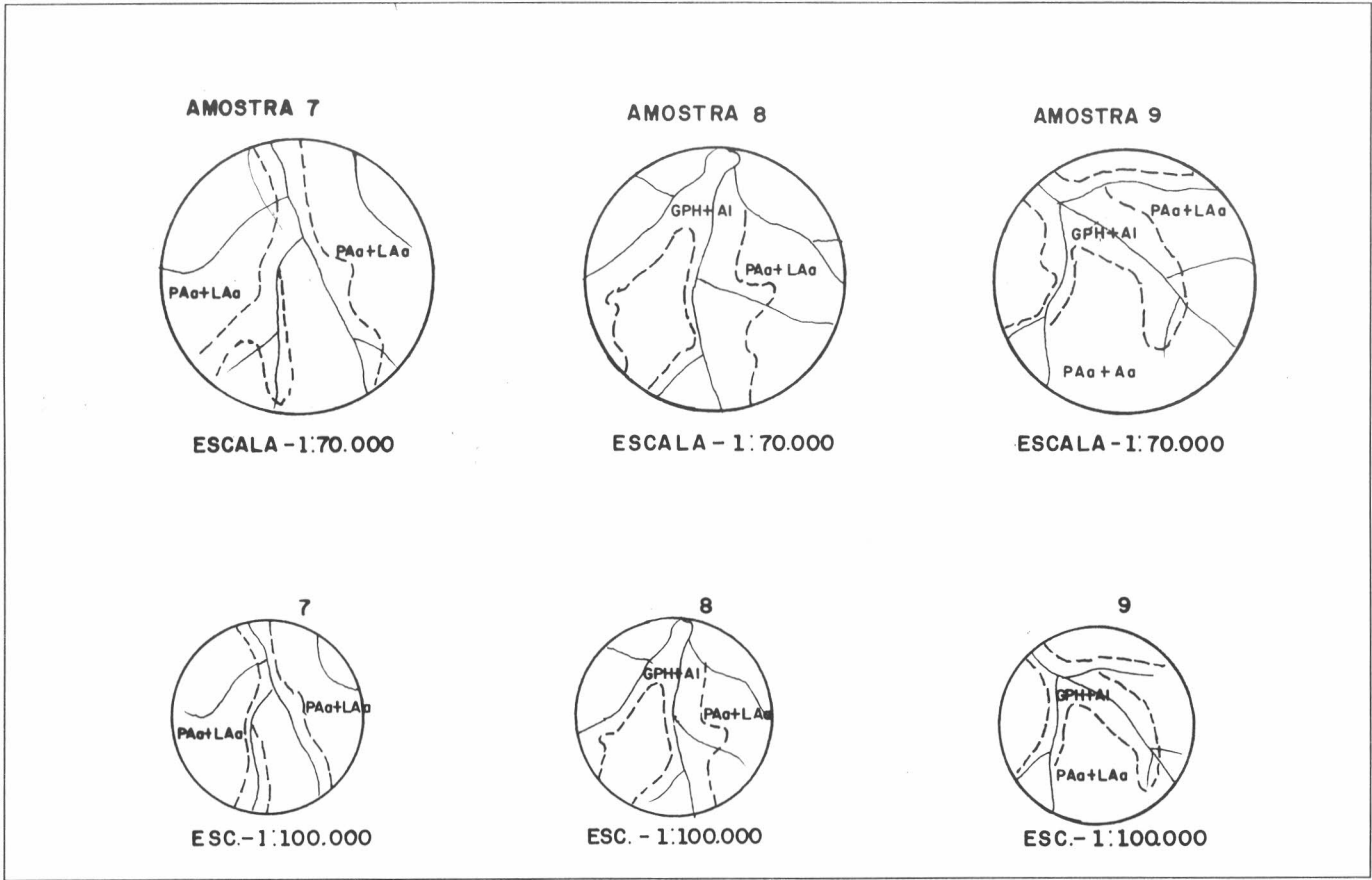


Figura 5 - Amostras circulares: Fotografias aéreas - Escala: 1:70.000, imagem TM - Escala: 1:100.000.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disposição figurativa das amostras circulares tornou possível comparar os círculos maiores em escala 1:70.000 e os menores na escala 1:100.000, mesmo porque foram as mesmas selecionadas em áreas de mesma localização. Tais amostras incluíram as unidades de solo correlacionadas com o número e o comprimento dos rios contidos nos círculos, o que redundou na cálculo da densidade de drenagem e freqüência de rios (Figuras 3, 4 e 5).

A densidade de drenagem consiste na relação entre o comprimento dos rios e a área da amostra, e a freqüência de rios constitui a relação entre o número de cursos e a área de amostra.

Os valores dos índices de densidade de drenagem e freqüência de rios, obtidos através das amostras circulares, estão na Tabela 1, junto com os dados de textura calculados em função dos dois parâmetros citados.

As unidades de solo inseridas nas amostras apresentaram áreas de escassa densidade de drenagem e mais ainda de freqüência de rios (Tabela 1). Esses parâmetros apresentaram valores maiores nas associações GPH + Al, menores índices nas associações Latossolo Amarelo Álico + Podzólico Amarelo Álico, e menos ainda nos solos constituídos pelas Areias Quartzosas + Podzólico Amarelo Álicos.

Pela análise dos resultados (Tabela 1), constatou-se que nas áreas selecionadas das amostras circulares, o número e o comprimento de rios determinados apresentaram diferenças entre as amostras obtidas das fotografias aéreas e as obtidas pela imagem TM. As primeiras forneceram maior número e maior comprimento de rios que as imagens de satélites, e, obviamente, maiores valores na Fr, Dd e Tx.

TABELA 1- Número de rios, comprimento de rios, Fr, Dd, Tx, em amostras circulares obtidas de fotografias aéreas e imagens orbitais TM, nas escalas respectivas de 1:70.000 e 1:100.000, referentes às sub-bacias hidrográficas da bacia do Igarapé do Segredo - Capanema (PA).

| AMOSTRAS | NÚMERO DE RIO | | COMP. DE RIOS | | F r | | D d | | T x | |
|----------|---------------|-----------|---------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| | 1:70.000 | 1:100.000 | 1:70.000 | 1:100.000 | 1:70.000 | 1:100.000 | 1:70.000 | 1:100.000 | 1:70.000 | 1:100.000 |
| 1 | 4 | 1 | 5 | 2,5 | 0,4 | 0,1 | 0,5 | 0,25 | 0,24 | 0,09 |
| 2 | 4 | 4 | 12,5 | 7,5 | 0,4 | 0,4 | 1,25 | 0,75 | 0,24 | 0,36 |
| 3 | 4 | 3 | 8,5 | 7 | 0,3 | 0,3 | 0,85 | 0,7 | 0,24 | 0,27 |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 3,5 | 0,2 | 0,1 | 0,60 | 0,35 | 0,12 | 0,29 |
| 5 | 11 | 5 | 16 | 9,5 | 0,1 | 0,5 | 1,6 | 0,95 | 0,68 | 0,45 |
| 6 | 8 | 5 | 13,5 | 7,5 | 0,6 | 0,5 | 1,35 | 0,75 | 0,49 | 0,45 |
| 7 | 6 | 4 | 15,5 | 10 | 0,6 | 0,4 | 1,55 | 0,0 | 0,37 | 0,36 |
| 8 | 8 | 7 | 20,0 | 13 | 0,8 | 0,7 | 2,0 | 1,3 | 0,49 | 0,63 |
| 9 | 6 | 2 | 14 | 9 | 0,6 | 0,2 | 1,4 | 0,9 | 0,37 | 0,18 |

Para melhor conferir a diferença apresentada, a utilização da ampliação feita do traçado da rede de drenagem da imagens TM para a mesma escala das fotografias aéreas, isto é, de 1:100.000 para 1:70.000, serviu para unificar o tamanho das amostras circulares e estabelecer o fator de perda através das fórmulas:

$$PLT = \frac{\epsilon LTF \cdot A}{\epsilon LTM}$$

onde:

PN = Fator de perda para número de rios

NFA = Número de rios de 1ª ordem nas fotos

NTM = Número de rios de 1ª ordem nas imagens TM

PLt = Fator de perda para comprimento de rios

LtFA = Comprimento de rios nas aerofotos

LtTM = Comprimento de rios na imagem TM

Nesta comparação utilizaram-se seis amostras circulares de tamanhos unificados para as respectivas escalas, cujos resultados (Tabela 2) evidenciaram que os índices de perda foram em geral maiores para o número de rios, notadamente os de 1ª ordem. A constatação feita indica que as fotografias se mostraram mais eficientes do que as imagens TM.

TABELA 2 - Fatores de perda de informação entre número de rios e comprimentos de rios nas escalas 1:70.000 e 1:100.000, referentes às sub-bacias hidrográficas da bacia do Igarapé do Segredo-Capanema (PA)

| Amostras Circulares | Nº de Rios | | Comprimento de Rios | | PN | PLt |
|---------------------|------------|-----------|---------------------|-----------|-----|------|
| | ESCALA | | ESCALA KM | | | |
| | 1:70.000 | 1:100.000 | 1:70.000 | 1:100.000 | | |
| A ₁ | 3 | 2 | 8,40 | 7 | 1,5 | 1,2 |
| A ₂ | 6 | 2 | 11,2 | 10,5 | 3 | 1,06 |
| A ₃ | 3 | 3 | 7,5 | 6 | 1 | 1,16 |
| A ₄ | 6 | 2 | 11,2 | 9 | 2 | 1,6 |
| A ₅ | 5 | 2 | 11,2 | 9 | 2,5 | 1,2 |
| A ₆ | 4 | 1 | 8,4 | 4,2 | 4 | 2 |

5 - CONCLUSÃO

A utilização das amostras circulares de 10km² testadas no trabalho apresentou-se eficiente e prática para a análise quantitativa da rede de drenagem, obtida através das fotografias aéreas, bem como das imagens orbitais TM. Entretanto, os fatores de perdas detectados mostram maior eficiência para as fotografias aéreas.

Dentre as associações estudadas, a associação GPH + A1 apresentou nas amostras circulares os maiores valores para as características quantitativas, podendo-se inferir que seu comportamento hidrológico em relação às demais foi condicionado pelas seguintes propriedades:

- menor permeabilidade;
- menor resistência à erosão;
- menor relação infiltração/deflúvio;
- menor espessura do material superficial;
- relevo plano.

(Aprovado para publicação em 28.02.96)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BURING, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY PHOTOGRAMMETRIC. *Manual of photographic interpretation*. Washington, D.C., 1960, p.633-666.
- CARVALHO, W.A. *Fotointerpretação de bacias hidrográficas e amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizonte B textural*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977. 126p. (Tese(Doutorado) - ESALQ, 1977).
- _____, ESPÍNDOLA, C.R., PIEDADE, G.C.R. Interrelação solo, relevo e redes de drenagem em três áreas fisiográficas distintas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA, 8., 1978, Botucatu. *Programa e resumos*. Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrônoma, 1978. p.46-47.
- COVRE, M., RIEDEL, P.S., EPIPHÂNIO J.C.N. Análise quantitativa da drenagem através de imagens TM/LANDSAT e fotografias aéreas. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1986, Gramado. *Anais...* Gramado, 1986, v.1, p.180.
- DEMÉTRIO, W.A. *Variação das características de redes de drenagem em função da escala de fotografias aéreas verticais*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977. 107p. (Dissertação(Mestrado) - ESALQ, 1977).

- EPIPHÂNIO, J.C.N., FORMAGGIO, A.R.V., VALÉRIO FILHO, M. Imagens RBV/LANDSAT-3 em estudos quantitativos da rede de drenagem. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1986, Gramado. *Anais...* Gramado, 1986, v.1, p.285-345.
- FADEL, H. *Fotointerpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da Fazenda Ipanema, Município de Araçoiaba da Serra-SP*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1979. 92p. (Dissertação(Mestrado) - ESALQ, 1979).
- FRANÇA, G.V. de. *Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1968. 151p. (Tese(Doutorado) - ESALQ, 1968).
- FREIRE, J.C. *Fotointerpretação de redes de drenagem de três solos da região de Altinópolis-Minas Gerais*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1977. 136p. (Tese(Doutorado) - ESALQ, 1977).
- GARCIA, G.J., ESPÍNDOLA, C.A. Estudo sobre o tamanho da amostra circular na quantificação de rede de drenagem. Separata de *Engenharia Agrícola*. Botucatu, n.4, p.5-11, 1980.
- _____, NORTON, L.D., ESPÍNDOLA, C.A. Fotointerpretação comparativa de fotografias pancromáticas, imagens de radar e de satélite. *Científica*. São Paulo, v.9, n.1, p.37-43, 1981.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of Geological Society American*. Colorado, n.56, p.275-370, 1945.
- KOFFLER, N.F. Análise de relevo, a partir de índices de drenagem obtidos com fotografias aéreas. *Boletim de Geografia Teorética*. Rio Claro. v.12, n.23/24, p.69-76, 1989.
- _____, *Utilização de imagens aerofotogramétricas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do Arenito Bauru*. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais-ISOP, 1972. 110p. (Dissertação(Mestrado) - Inst. de Pesquisas Espaciais-ISOP, 1972).
- _____, ÂNGULO FILHO, R., VETTORAZZI, C.A. Utilização de imagens preto e branca e composições coloridas TM/LANDSAT, na análise de áreas com diferentes classes de declividade. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1986, Gramado. *Anais...* Gramado, 1986, v.1, p.186-194.
- RAY, R.G., FISCHER, W.A. Quantitative photography. A geologic research tool. *Photogrametric Engineering*. Washington, D.C., v.26, p.143-150, 1960.
- SOUZA, E.G. de. *Fotointerpretação da rede de drenagem na diferenciação de unidades de mapeamento de solos ocorrentes na Depressão Central do Rio Grande do Sul*. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1977. 101p. (Dissertação(Mestrado) - Univ. Fed. de Santa Maria).
- SOUZA, M.L.P. *Fotointerpretação da rede de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no Município de Ponta Grossa-PR*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1975. 135p. (Dissertação(Mestrado) - ESALQ, 1975).