

PADRÕES AEROFOTOGRAFÍCOS DE BACIAS E REDES HIDROGRÁFICAS EM
SOLOS PODZÓLICO VERMELHO AMARELO E BRUNO NÃO CÁLCICO
NO ESTADO DO CEARÁ

ANTÔNIO RENAN MOREIRA LIMA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1982.

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Antonio Renan Moreira Lima

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30/03/1982

Prof. Francisco de Assis Maia Lima
Orientador da Dissertação

Prof. Mardônio Aguiar Coelho

Prof. Elder Gurgel Souza Moreira

Prof. Zairo Ramos Silva

À meus queridos pais,
pelo exemplo de dedicação, estímulo
e sacrifício demonstrado

À meus irmãos,
pelo apoio e amizade

À minha avó *DUDU* e memória dos demais avós,
pela fé, perseverança e honestidade,

D E D I C O

AGRADECIMENTOS

Desejo ao concluir o presente trabalho, externar meus sinceros agradecimentos:*

Ao Professor Dr. Francisco de Assis Maia Lima, pela orientação, inclusive me pondo à disposição todo seu material didático e publicações existentes, o que em muito me facilitou a realização deste trabalho.

Ao Professor PhD. Mardônio Aguiar Coelho, digno coordenador do curso, pelo apoio e confiança.

Ao Banco do Nordeste do Brasil S.A. (BNB), através do FUNDECI pela ajuda financeira, necessária a execução e publicação deste estudo.

À Fundação Cearense de Pesquisa e Cultura, através do Projeto Faveleira, pela utilização de materiais indispensáveis à realização do trabalho.

Aos Professores do Centro de Ciências Agrárias e Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, pelos conhecimentos e experiências transmitidas no curso de graduação e agora no curso de pós-graduação em AGRONOMIA - Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudo.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola e Edafologia e da Biblioteca do Centro de Ciências Agrárias, pela colaboração recebida.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| LISTA DE TABELAS | vii |
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| RESUMO | x |
| | |
| 1 - <u>INTRODUÇÃO</u> | 1 |
| | |
| 2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> | 3 |
| 2.1 - <u>Fotografias aéreas no levantamento e mapeamento de solos</u> | 3 |
| 2.2 - <u>Bacias hidrográficas e composição de redes de drenagem</u> | 6 |
| 2.3 - <u>Padrão de drenagem superficial</u> | 9 |
| 2.4 - <u>Relações entre os solos e as características do padrão de drenagem</u> | 14 |
| | |
| 3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> | 18 |
| 3.1 - <u>Áreas de estudo</u> | 18 |
| 3.1.1 - Do Município de Pacotí | 18 |
| 3.1.2 - Do Município de Independência | 23 |
| 3.2 - <u>Unidades de solos e bacias hidrográficas</u> | 28 |
| 3.3 - <u>Cartas e mapas básicos</u> | 32 |
| 3.4 - <u>Escolha das regiões de estudo e seleção das fotografias aéreas</u> | 33 |
| 3.5 - <u>Obtenção de mapas básicos e seleção das bacias hidrográficas</u> | 33 |
| 3.6 - <u>Análise das bacias hidrográficas</u> | 34 |
| 3.6.1 - Localização | 35 |
| 3.6.2 - Características dimensionais | 35 |
| 3.6.3 - Características não dimensionais | 35 |

| | Página |
|---|--------|
| 3.7 - <u>Análise das redes de drenagem</u> | 36 |
| 3.7.1 - Composição das redes de drenagem | 36 |
| 3.7.2 - Características das redes de drenagem | 37 |
| 4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> | 40 |
| 4.1 - <u>Características das bacias hidrográficas</u> | 40 |
| 4.1.1 - Características dimensionais e não dimensionais | 40 |
| 4.2 - <u>Composição das redes de drenagem</u> | 46 |
| 4.2.1 - Número de segmentos de rios | 46 |
| 4.2.2 - Comprimentos totais de segmentos de rios ... | 48 |
| 4.2.3 - Comprimentos médios de segmentos de rios ... | 50 |
| 4.3 - <u>Características das redes de drenagem</u> | 50 |
| 4.3.1 - Características descritivas | 52 |
| 4.3.2 - Características quantitativas | 54 |
| 5 - <u>CONCLUSÕES</u> | 57 |
| 6 - <u>ABSTRACT</u> | 59 |
| 7 - <u>LITERATURA CITADA</u> | 60 |

LISTA DE TABELAS

| TABELA | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Valores médios mensais de precipitação (mm) do Município de Pacotí, período de 1912 a 1967 | 22 |
| 2 | Valores médios mensais de precipitações e temperatura do Município de Independência (Ce) no período de 1911 a 1967 | 26 |
| 3 | Principais características das unidades de solos estudadas | 29 |
| 4 | Características descritivas das redes de drenagem e níveis estabelecidos | 38 |
| 5 | Classificação da textura topográfica em função da razão de textura média | 39 |
| 6 | Características dimensionais das bacias hidrográficas representativas das unidades de solos estudadas | 43 |
| 7 | Características não dimensionais das bacias hidrográficas representativas das unidades de solos estudadas | 44 |
| 8 | Número de segmentos de rios observados em cada ordem e número total, para cada bacia hidrográfica e a média ponderada em relação à área da bacia | 47 |
| 9 | Comprimentos totais de segmentos de rios em cada ordem; comprimento total observado em cada bacia hidrográfica e as respectivas médias ponderadas em relação às áreas das bacias | 49 |

TABELA

Página

| | | |
|----|---|----|
| 10 | Comprimentos médios de segmentos de rios em cada ordem das bacias hidrográficas e as <u>mé</u> dias ponderadas em relação às áreas das bacias | 51 |
| 11 | Características descritivas das redes de drenagem representativas das unidades de <u>so</u> los estudadas | 53 |
| 12 | Características quantitativas das redes de drenagem representativas das unidades de <u>so</u> los estudadas | 55 |

LISTA DE FIGURAS

| FIGURA | | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Situação dos Municípios de Pacotí e Independência em mapa do Estado do Ceará ... | 19 |
| 2 | Mapa de localização das bacias hidrográficas, em solo Podzólico Vermelho Amarelo, no Município de Pacotí | 30 |
| 3 | Mapa de localização das bacias hidrográficas, em solo Bruno Não Cálculo, no Município de Independência | 31 |
| 4 | Bacias hidrográficas e respectivas redes de drenagem, em solo Podzólico Vermelho Amarelo, no Município de Pacotí | 41 |
| 5 | Bacias hidrográficas e respectivas redes de drenagem, em solo Bruno Não Cálculo, no Município de Independência | 42 |

RESUMO

O presente estudo foi realizado em duas unidades de solos, representativas dos Municípios de Pacotí e Independência, no Estado do Ceará. Utilizou-se fotografias aéreas verticais, preto e branco, nas escalas aproximadas de 1:40.000 e 1:25.000, para obtenção de informações sobre a composição e características das redes de drenagem. O diminuto número de estudos relacionados com a determinação de padrões e parâmetros aerofotográficos em bacias de redes de drenagem em solos do Estado, caracterizou-se como o principal motivo para realização do presente trabalho. Empregou-se o método de pesquisa lógica na seleção das fotografias aéreas e o princípio de convergência de evidências, na identificação das imagens fotográficas. Os resultados obtidos foram estudados como critérios de identificação e diferenciação das unidades de solos: Podzólico Vermelho Amarelo e Bruno Não Cálcico. Os elementos fotoanalíticos estudados, foram obtidos sobre decalques das redes de drenagem, de todos os cursos d'água, relativas às oito bacias hidrográficas representativas das unidades de solos. A análise de elementos e a caracterização dos parâmetros fotoanalíticos foram efetuadas nas redes de drenagem das bacias hidrográficas selecionadas. Os elementos que evidenciaram distinção entre as unidades de solos foram: a frequência de rios e a presença de controles estrutural, geológico e topográfico. Dentre as características descritivas das redes de drenagem, o grau de controle, ângulos de junção, angularidade e tipo, permitiram distinção entre as unidades de solos, embora não sejam por si só eficazes nesta diferenciação. As redes de drenagem em solos Podzólicos Vermelho Amarelo apresentam-se mais desenvolvidas que em solos Bruno Não Cálcico.

1 - INTRODUÇÃO

O emprego de fotografias aéreas tem ultimamente se generalizado em quase todos os ramos do conhecimento humano, sendo elemento imprescindível no levantamento de solos, pelo grande número de informações que as mesmas oferecem. As fotografias aéreas reduzem em muito o tempo e o custo das operações em relação aos métodos convencionais de levantamentos. No levantamento de solos, a relevância da fotografia aérea se faz sentir, tanto na identificação dos solos, quanto na representação cartográfica das diferentes unidades pedológicas, simples ou associadas.

O maior conhecimento de padrões fotográficos, permitirá no futuro, o levantamento de solos mais detalhados e com as vantagens acima enumeradas. Assim, o estabelecimento de padrões fotográficos torna-se importante na consecução destes estudos.

As redes de drenagem tem destaque especial dentro dos padrões fotográficos, pois índices numéricos podem ser determinados, evitando o subjetivismo na fotointerpretação, quando da mudança de fotointérprete. Desta forma, os solos de uma região podem ser estudados através desses índices, mostrando que a drenagem superficial se revela como uma boa indicadora de certas propriedades de solos. Sabe-se que a drenagem de uma região, além de depender do regime pluviométrico, do relevo, da vegetação e da textura do solo, é bastante influenciada pela litologia e pela estrutura das rochas.

Os solos do Estado do Ceará, foram levantados ao nível exploratório-reconhecimento, havendo áreas que foram objeto de levantamentos mais detalhados. O estabelecimento de padrões fotográficos, particularmente índices morfométricos de redes de drenagem aqui estudados, virão facilitar a iden

tificação e mapeamento de unidades de solos por fotointerpretação, representando uma contribuição aos estudos pedológicos no Estado do Ceará e em outras regiões de características similares.

O presente estudo visa os seguintes objetivos:

- (a) Estudar os elementos relativos às características descritivas e quantitativas das bacias e redes de drenagem em fotografias aéreas verticais preto e branco, visando a identificação e possível distinção entre as unidades de solos;
- (b) Discutir aspectos relacionados com a composição e características das redes de drenagem, levando-se em consideração as propriedades dos solos, do relevo, da vegetação, do clima, da geologia e da geomorfologia, e
- (c) Contribuir para o enriquecimento do acervo de índices e padrões fotoanalíticas de bacias e redes de drenagem, utilizados na identificação e mapeamento de solos no Estado do Ceará e regiões de características semelhantes.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Fotografias aéreas no levantamento e mapeamento de solos

SIMONSON, (1950)⁴⁸ e ROURKE & AUSTIN, (1951)⁴⁶ relatam que as fotografias aéreas foram usadas pela primeira vez em mapeamento de solos em 1929, por Bushnell e colaboradores e que em pouco tempo os outros tipos de bases cartográficas foram quase que completamente substituídas.

Segundo AMARAL & AUDI, (1972)¹ a fotografia aérea, apresenta-se como material indispensável nos levantamentos de solos, oferecendo ganho de tempo, precisão na demarcação dos limites e uma visão global da paisagem com riqueza de detalhes. Assinalam os mesmos autores, que ela serve não só como base cartográfica preliminar, auxiliando nos trabalhos de campo, mas também possibilita a delimitação das unidades de solos sobre as fotografias.

Para CRESWICK & ROCKWELL, (1959)²⁰ citados por FREIRE, (1977)²⁶ as fotografias aéreas apresentam as diversas informações necessárias ao mapeamento de solos, com um mínimo de verificação local, dependendo do nível de estudo realizado.

Por outro lado, DUNBAR, (1959)²² advertiu que a interpretação de solos em regiões tropicais, deve ser conduzida com cautela, pois as condições de formação desses solos diferem daquelas normalmente encontradas em regiões de climas temperados. Advertem, BOMBERGER & DILL, (1960)³ que o trabalho de campo não deve ser substituído completamente nos levantamentos de solos.

De acordo com BURING, (1960)⁹ os levantamentos de solo

estão divididos em três etapas, sendo as duas primeiras referentes ao estudo do solo no campo e laboratório, além da classificação em unidades taxonômicas e/ou de mapeamento e a terceira, o mapeamento da distribuição das unidades de solo. Assim, o mesmo autor, que é nesta etapa que as fotografias aéreas podem oferecer grande subsídio ao pesquisador. Para RABBEN, (1960)⁴³ RAY, (1963)⁴⁴ e RICCI & PETRI, (1965)⁴⁵ a interpretação de fotografias aéreas é geralmente dividida em duas etapas, sendo a primeira caracterizada pela observação, coleta de dados, medição e identificação dos elementos visíveis nas fotografias, enquanto a segunda, envolve processos mentais dedutivos e/ou indutivos. Para RABBEN, (1960)⁴³ o estudo de fotografias aéreas pode ser efetuado de duas maneiras: a primeira exaustiva, em todo material existente; a segunda, usando apenas parte do material que pode conter as informações desejadas, consistindo a chamada "pesquisa lógica".

COLWELL, (1952)¹⁸ desenvolveu o princípio de convergência de evidências, para a identificação de imagens fotográficas desconhecidas.

Para FROST, (1960)²⁸ a fotointerpretação de solos pode ser conduzida, considerando três princípios fundamentais: (a) solos semelhantes ocorrem nas fotografias aéreas com padrões semelhantes; (b) solos diferentes ocorrem com padrões diferentes; e (c) propriedades de solos semelhantes podem ser inferidas por meio da fotointerpretação, desde que as características da imagem fotográfica tenham sido correlacionadas com as propriedades do solo observadas no campo e laboratório.

A utilização cada vez mais crescente e diversificada da fotografia aérea, se deve, conforme explica RABBEN, (1960)⁴³ a três pontos fundamentais: (a) cada fotografia aérea abrange uma grande superfície terrestre, compreendendo 33 km² na escala aproximada de 1:25.000; (b) duas fotografias consecutivas, formando um par estereoscópico, proporcionam imagem tridimensional da superfície terrestre e dos objetos ali localizados; e (c) as imagens fotográficas são repre

sentações permanentes dos objetos, permitindo medições e melhores condições de trabalho.

LUEDER, (1959)³⁶ somente considera como fotointerpretação, a técnica que emprega a observação estereoscópica, isto é, a percepção da imagem fotográfica em terceira dimensão. No entanto, RABBEN, (1960)⁴³ adverte para o exágero vertical que se observa em quase todos os modelos estereoscópicos. Ourossim, RAY, (1963)⁴⁴ considera útil o exágero vertical na fotointerpretação, principalmente quando da observação de aéreas de relevo pouco movimentado, porquanto permite a percepção de pequenas oscilações topográficas, que em muitos casos tem grande significado.

GOOSEN, (1968)³¹ preconiza a existência de três métodos na fotointerpretação, empregados em levantamentos de solos: (a) "Análise de padrões" de FROST, (1960)²⁸ que estuda os padrões superficiais e subsuperficiais, como: forma de terra, drenagem, aspectos de erosão, vegetação, tonalidade fotográfica e uso da terra. Após o exame dos padrões locais, em estereoscópicos, o fotointérprete divide as unidades de solos; (b) "Análise fisiográfica", apresentada por BURINGH, (1960)⁹ onde o conhecimento dos processos de formação da fisiografia, são levados em questão, quando da classificação dos terrenos em unidades fisiográficas homogêneas, as quais correspondem a uma associação peculiar de solos; e (c) "Análise de elementos" desenvolvida por BURINGH, (1960)⁹ que consiste na análise sistemática dos elementos componentes da paisagem, baseada na relação existente entre as características da superfície do terreno e as condições do solo. O princípio da convergência de evidências, permite a separação das unidades de solos identificadas, pela mudança em um ou mais elementos da paisagem. Adverte GOOSEN, (1968)³¹ que os três métodos podem ser usados simultaneamente, desde que o levantamento de solo assim o exija. A partir de fotografias aéreas verticais, diversos pesquisadores, dentre os quais, FRANÇA, (1968)²⁵ MARCHETTI, (1969)³⁷ e KOFFLER, (1976a)³³, utilizaram o terceiro método de fotointerpretação no estabelecimento de

parâmetros para a identificação de unidades de solos.

2.2 - Bacias hidrográficas e composição de redes de drenagem

FRANÇA, (1968)²⁵ comenta que, o estudo da caracterização de bacias hidrográficas e composição de redes de drenagem há muito tempo, vem despertando o interesse de muitos profissionais ligados às ciências da terra, dentre eles, geólogos, fisiógrafos e geomorfólogos. Só recentemente, outros estudiosos, como engenheiros de estradas, hidrólogos e pedólogos têm se dedicado ao estudo de caracterização das redes de drenagem, por observarem estreitas correlações com certas propriedades dos solos.

HORTON, (1945)³² deu início ao estudo quantitativo das bacias hidrográficas, modificando por inteiro o estudo puramente descritivo até então vigente. Os pesquisadores trabalhavam com bases descritivas, pois estavam interessados apenas, em caracterizar as formas de relevo atual ou identificar a natureza dos solos ou das rochas subjacentes. Os resultados desses estudos nos proporcionaram o conhecimento de muitos padrões de drenagem e suas alterações com a natureza dos solos, substratos rochosos e/ou à presença de estruturas geológicas.

A partir de 1945, as pesquisas tomaram novo rumo, principalmente quando os pesquisadores verificaram as limitações da análise descritiva. Assim HORTON, (1945)³² imprimiu um caráter quantitativo na análise de bacias hidrográficas e os processos de erosão pelas águas superficiais.

ENGELN, (1942)²³ cita Playfair, comentando que o mesmo em 1802, já observara que todo rio consiste de um ramo principal alimentado por vários afluentes, cada qual correndo em um vale proporcional ao seu tamanho, formando em conjunto um sistema de vales comunicantes que tem um perfeito ajustamen-

to de acordo com suas declividades. A afirmativa de Playfair, esclarece ENGELN, (1942)²³ envolve a premissa de que os rios principais tem gradientes mais suaves que seus tributários, fato geralmente observado, exceto em locais onde existem quedas d'água. Para HORTON, (1945)³² a afirmativa de Playfair não diz somente do ajustamento adequado de todo sistema de vales, da concordância das junções e da proporcionalidade do vale com seu tamanho, mais implica na consideração das relações infiltração/deflúvio e dos processos de erosão pelas águas correntes, dando-lhe subsídios para sua interpretação quantitativa.

HORTON, (1945)³² inverteu a sequência de numeração, proposta inicialmente por Gravelius em 1914, considerando os tributários menores, não ramificados, como sendo de 1.^a ordem e atribuindo a ordem mais elevada ao rio principal. Esta inversão no sistema de numeração veio, conforme comenta FRANÇA, (1968)²⁵ facilitar a análise e a comparação das redes de drenagem, pois somente são comparáveis os elementos de mesma ordem de ramificação. Vários pesquisadores adotaram este ponto de vista, dentre eles, MAXWELL, (1955)³⁸ SCHUMM, (1956)⁴⁷ STRAHLER, (1957)⁵⁵ CURTIS et alii, (1965)²¹ e FRANÇA, (1968)²⁵.

A "composição da rede de drenagem", segundo HORTON, (1945)³² indica os números e comprimentos de rios e tributários de diferentes ordens, independentes do padrão de drenagem. Para o mesmo autor, a composição da rede de drenagem tem alto grau de significância hidrológica, enquanto o padrão isolado tem pouco significado, embora seja um indicador de controle geológico. HORTON, (1945)³² enunciou as leis dos números de rios e a dos comprimentos de rios. A "lei dos números de rios" expressa a relação entre o número de rios de cada ordem e a ordem de ramificação, em termos de uma série geométrica inversa, na qual a base é a razão de ramificação. Já a "lei dos comprimentos de rios", expressa a relação entre os comprimentos médios de rios de cada ordem e a ordem de ramificação, em termos de uma série geométrica direta, na qual

o primeiro termo é o comprimento médio dos rios de primeira ordem.

Os valores da média ponderada, encontrados por diversos autores para o número de segmentos de rios (Nw) é mostrado no quadro abaixo:

| Autor | Data | Ordem da Bacia | Nº Segmentos de Rios (*) |
|--------|------|----------------|--------------------------|
| FRANÇA | 1968 | 4 ^a | 48,21 a 1,00 |
| FADEL | 1972 | 3 ^a | 8,36 a 1,00 |
| LEÃO | 1973 | 3 ^a | 11,40 a 1,00 |
| SOUZA | 1975 | 3 ^a | 16,65 a 1,00 |
| FREIRE | 1977 | 3 ^a | 21,85 a 1,00 |

(*) - variação da média ponderada.

SOUZA, (1975)⁵³ cita ainda que, o número de segmentos de rios é diretamente proporcional às suas declividades, explicando na oportunidade que, as unidades de solos com declives mais acentuados, isto é, com menor relação infiltração/deflúvio, apresentaram um maior número de segmentos de rios. CORRÊA, (1979)¹⁹ observou o seguinte valor para o número total de segmentos de rios, em bacia de 3^a ordem, no Estado do Ceará: 18 segmentos de rios, para o SOLO BRUNO NÃO CÁLCICO.

STRAHLER, (1957)⁵⁵ observou que a análise dos dados de comprimentos de rios revela que as relações não são tão consistentes como no caso da lei dos números de rios. Observa ainda o autor, que a variação dos dados de comprimentos de rios não é linear e afirma que a semelhança geométrica não é mantida com o aumento da ordem de grandeza da bacia hidrográfica.

Os valores da média ponderada, encontrados por diversos autores para o comprimento total de segmentos de rios (Lw) é mostrado no quadro a seguir:

| Autor | Data | Ordem da Bacia | Comprimento Total de Segmentos de Rios(*) |
|---------------|------|-----------------|---|
| FRANÇA | 1968 | 4. ^a | 12,81 a 1,80 |
| VASQUES FILHO | 1972 | 3. ^a | 3,39 a 0,93 |
| FADEL | 1972 | 3. ^a | 2,61 a 0,70 |
| LEÃO | 1973 | 3. ^a | 3,41 a 0,34 |

(*) - variação da média ponderada.

CORRÊA, (1979)¹⁹ encontrou o seguinte dado para comprimento total de segmentos de rios: 3,70 km para o SOLO BRUNO NÃO CÁLCICO.

Os valores da média ponderada, encontrados por diversos autores para o comprimento médio de segmentos de rios(Ln) é mostrado no quadro abaixo:

| Autor | Data | Ordem da Bacia | Comprimento Médio de Segmentos de Rios(*) |
|---------------|------|-----------------|---|
| VASQUES FILHO | 1972 | 3. ^a | 0,39 a 0,92 |
| GEVAERD | 1974 | 3. ^a | 0,39 a 4,12 |
| SOUZA | 1975 | 3. ^a | 0,20 a 0,90 |
| FREIRE | 1977 | 3. ^a | 0,18 a 3,41 |

(*) - variação da média ponderada.

2.3 - Padrão de drenagem superficial

Para LUEDER, (1959)³⁶ a drenagem superficial, excetuando a forma fisiográfica, é um meio seguro e consistente indicador das condições do terreno. Adverte, no entanto o autor, que o processo de interpretação do padrão de drenagem, não é fácil, exigindo além da apreciação teórica, a aplicação da experiência do fotointérprete.. O autor, define o padrão de drenagem como arranjo dos canais de drenagem, dentro de uma

área com detalhes completos sobre: grau de integração, grau de controle, densidade, grau de uniformidade, orientação, angularidade, ângulos de junção e tipo ou modelo.

HORTON, (1945)³² explicou o desenvolvimento de sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem, considerando os processos de erosão hídrica e a proporção entre a infiltração e deflúvio sobre terrenos recentemente expostos. Observou ainda, que o padrão de drenagem pode ser modificado por estruturas geológicas ou perturbações geológicas posteriores. Por outro lado, admite o autor que para um dado terreno existe um comprimento mínimo de escoamento superficial, necessário para o início da formação de canais. O "comprimento crítico", como é chamado, depende do declive da superfície, velocidade do deflúvio, capacidade de infiltração e resistência do solo à erosão. Para Horton, este último é o fator isolado mais importante envolvido no fenômeno de erosão e exerce efeito dominante no desenvolvimento dos sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem, quando considerado um lapso de tempo relativamente longo.

PARR & BERTRAND, (1960)⁴¹ discutiram a infiltração da água em solos, ficando evidenciado que a velocidade de infiltração da água depende principalmente, das condições de superfície e cobertura do solo e, depois, pelas características internas do corpo do solo. Já SMITH & WISCHMEIER, (1962)⁴⁹ discutiram a erosão pelo impacto da chuva e pelo deflúvio laminar e em sulcos, evidenciando-se que os mesmos fatores que aumentam a infiltração, reduzem o deflúvio, sendo a erosão um processo de trabalho com energia fornecida pelo impacto da chuva e pelas diferenças de elevação do terreno sobre o qual se escoam o deflúvio.

Um padrão de drenagem bem desenvolvido indica segundo LUEDER, (1959)³⁶ a ocorrência de baixa infiltração e materiais relativamente impermeáveis, enquanto em uma drenagem superficial escassa indica alta infiltração e permeabilidade.

Segundo observações de HORTON, (1945)³² e SMITH, (1950)⁵⁰ os valores de densidades de drenagem e frequência de rios não são diretamente comparáveis em pequenas e grandes bacias, porque varia com o tamanho da área de drenagem. Por outro lado, STRAHLER, (1957)⁵⁵ considerou a densidade de drenagem como um parâmetro importante, porquanto a divisão do comprimento total de canais pela área produz um quociente com a dimensão do inverso do comprimento. Desta forma, a medida que aumenta o valor numérico da densidade de drenagem, em geral o tamanho das unidades de drenagem diminui proporcionalmente. Para ZINKE, (1960)⁵⁸ a densidade de drenagem pode ser considerada como uma descrição física quantitativa da bacia hidrográfica, pois expressa a precipitação pluviométrica da área e a capacidade de infiltração do terreno. RAY, (1963)⁴⁴ diz que a densidade de drenagem aumenta à medida que diminui a resistência dos materiais presentes. Assinala o autor que, rochas sedimentares de granulação fina, tendem a apresentar drenagem de textura fina, enquanto as de granulação grosseira, tendem a apresentar drenagem de textura grosseira. Admitiu, no entanto, que podem existir muitas exceções e FRANÇA, (1968)²⁵ afirma que muitas das exceções são devidas à natureza dos solos que se desenvolveram sobre essas rochas.

PARVIS, (1950)⁴² classifica os padrões de drenagem, em seis tipos básicos: dendrítico, treliça, radial, paralelo, anular e retangular. O autor descreve ao todo, trinta tipos de modelos entre padrões básicos e modificados.

Para AVERY, (1969)² o tipo de padrão arborescente revela que a área seja originalmente de relevo suave e composta de materiais uniformes. Já o padrão retangular é caracterizado por ligações abruptas na rede de drenagem, denotando-se uma certa semelhança com o padrão arborescente, mas diferenciando-se pelo controle geológico observado nos ângulos de junção.

RAY, (1963)⁴⁴ afirma que os padrões de drenagem podem

ser aplicados na interpretação geológica. O padrão de drenagem dendrítico modificado, se observa em áreas onde a resistência à erosão é mais ou menos uniforme. Onde existe maior controle estrutural, desenvolvem-se padrões em treliça, anular, retangular, dentre outros.

SMITH, (1950)⁵⁰ estabeleceu um índice para expressar o espaçamento entre os canais de drenagem; chamando-o de "razão de textura", formulada por $T = N.P^{-1}$, onde N é o comprimento de crênulas na curva de nível escolhida e P é o comprimento do perímetro da bacia, expresso em milhas. O mesmo autor acima, propôs um valor médio ponderado da razão de textura, em relação às áreas das bacias, para caracterizar a textura topográfica. A razão de textura média é assim calculada: $T_m = \Sigma(T.A) . \Sigma A^{-1}$, onde T_m é o valor médio ponderado da razão de textura, T a razão de textura e A a área, de cada bacia. FRANÇA, (1968)²⁵ introduziu modificações na razão de textura (T) e razão de textura média (T_m), assinalando que os sistemas de drenagem podem ser melhor estudados quando os mapas básicos de drenagem são obtidos de fotografias aéreas. Assim, ele considerou o valor N das equações, como sendo o número total de rios da bacia. O mesmo autor, adaptou a classificação de textura topográfica de Smith ao sistema métrico decimal, obtendo os seguintes valores: T_m menor que 2,5 km, T_m entre 2,5 e 6,2 km e T_m maior que 6,2 km para as classes grosseiras, média e fina, respectivamente.

FRANÇA, (1968)²⁵ estudando solos do Estado de São Paulo, chegou entre outras, às seguintes conclusões: (a) a composição e as características do padrão de drenagem dependem em primeiro lugar da natureza do solo e depois da posição topográfica e da natureza e profundidade do substrato rochoso; (b) outros padrões devem ser estudados além da análise e interpretação do padrão de drenagem, como critérios para distinção entre os solos estudados; (c) as características quantitativas do padrão de drenagem, obtidas de medições exatas e reproduzíveis, permitem comparações e interpretação mais

concretas; e (d) a identificação e delimitação de solos por fotointerpretação, através da descrição de características do padrão de drenagem, por mais detalhado que seja, sempre permanecerá um tanto vaga, a não ser em trabalhos a um nível de generalização muito grande.

CHRISTOFOLETTI, (1969)¹⁷ adaptou os valores de densidade de drenagem para classificação no sistema métrico decimal, isto é, quilômetros por quilômetros quadrado: menor que 7,5: baixa densidade de drenagem; entre 7,5 e 10,0: média densidade de drenagem e maior que 10,0: alta densidade de drenagem.

FRANÇA, (1968)²⁵ FADEL, (1972)²⁴ LEAO, (1973)³⁴ GEVAERD, (1974)³⁰ e SOUZA, (1975)⁵³ mostraram, conforme quadro a seguir, os resultados obtidos em bacias hidrográficas:

| Ordens de Solo | Característica da Bacia | Variação dos Valores |
|----------------|-------------------------|----------------------|
| Oxissolos | Densidade de drenagem | 0,47 a 3,65 |
| Alfissolos | " " " | 1,94 a 5,00 |
| Entissolos | " " " | 2,71 a 3,55 |
| Oxissolos | Razão de Textura | 1,22 a 3,25 |
| Alfissolos | " " " | 3,24 a 6,03 |
| Entissolos | " " " | 2,20 a 3,25 |

KOFFLER, (1976a)³³ obteve os seguintes valores para a densidade de drenagem: 1,59 para Podzolizado variação Lins, 3,47 para a variação Marília e 0,73 para o Latossol Vermelho Escuro fase arenosa.

KOFFLER, (1976a)³³ verificou que as características,

densidade de drenagem e frequência de rios, isoladamente, diferenciaram as unidades de solos estudadas, ao contrário do que escreveram HORTON, (1945)³² e STRAHLER, (1964)⁵⁶.

2.4 - Relações entre os solos e as características do padrão de drenagem

Segundo citação de FRANÇA, (1968)²⁵ os trabalhos até então, relacionados com a investigação e aplicação de técnicas de interpretação aerofotográfica aos múltiplos aspectos do terreno, são na sua grande maioria concernentes a aspectos geológicos e geomorfológicos ou a solos considerados mais sob o ponto de vista da engenharia. Os poucos trabalhos existentes, considerando os solos sob o prisma edafológico, são puramente descritivos. A falta de pesquisa relacionadas a solos das regiões tropicais e subtropicais é marcante, principalmente às referentes a estudos quantitativos. No Brasil, somente a partir do trabalho de FRANÇA, (1968)²⁵ teve início as pesquisas desta natureza relacionadas a solos.

PARVIS, (1950)⁴² verificou a significância do padrão de drenagem na identificação de solos e substratos rochosos por meio de fotografias aéreas, num nível regional. ROURKE & AUSTIN, (1951)⁴⁶ verificaram que a forma fisiográfica e o padrão de drenagem são os aspectos fotográficos mais importantes para a identificação e mapeamento de solos ao nível de séries, tipos e fases. FROST, (1960)²⁸ assinala que os padrões de drenagem refletem a distribuição do deflúvio ou infiltração da água que atinge a superfície do solo e fornecem indícios sobre a composição e a origem dos materiais de solos.

BURINGH, (1960)⁹ verificou, no entanto, que na maioria dos casos é impossível deduzir de fotografias aéreas, a que grupo genético o solo pertence e muitas vezes, inferências sobre a textura dos solos, não são corretas. O mesmo autor assinala que em vista dessas limitações, a fotointerpretação

de solos é mais útil em levantamentos de reconhecimento do que em levantamento detalhado.

HORTON, (1945)³² argumentou que a capacidade de infiltração do solo e a sua resistência à erosão, são fatores importantes nos processos de erosão hídrica, responsáveis pelo desenvolvimento de sistemas hidrográficos e suas bacias de drenagem, além da precipitação e do relevo. O mesmo autor, assinala como sendo a resistência do solo à erosão o fator isolado mais importante. Admite, no entanto, HORTON, (1945)³² que a capacidade de infiltração é muito importante, mas considerando um lapso de tempo relativamente longo, acabarão prevalecendo as diferenças em resistência à erosão do solo e da rocha subjacente, no que concordaram MILLER & MILLER, (1961)³⁹ FRANÇA, (1968)²⁵ RAY, (1963)⁴⁴ e RICCI & PETRI, (1965)⁴⁵.

DUNBAR, (1959)²² observou que, em regiões tropicais e subtropicais, solos latossólicos, com elevado teor de argila, apresentavam redes de drenagem com características semelhantes às de solos com textura de classe barrenta. Tais assertivas foram confirmadas por FRANÇA, (1968)²⁵ e FADEL, (1972)²⁴ ao observarem que solos argilosos dos Grandes Grupos Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho Escuro, devido à estrutura maciça porosa do horizonte B, são mais permeáveis que solos arenosos do Grande Grupo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras.

SOUZA, (1975)⁵³ considera o caráter regional muito importante na caracterização descritiva das redes de drenagem. Assim, observa o autor que, os resultados obtidos para as unidades Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro dolomítico, se comparados com os trabalhos realizados por GEVAERD, (1974)³⁰ no nordeste paranaense, levariam à conclusão que solos do Grande Grupo Brunizem Avermelhado, são mais permeáveis que aqueles dois latossóis, o que evidentemente não é verdade.

SOUZA, (1975)⁵³ assinala que a análise descritiva das redes de drenagem se mostrou um eficiente critério auxiliar,

para distinguir as três unidades de solo que estudou. Observou ainda que, o número de segmentos de rios e os comprimentos totais de segmentos de rios, foram as características mais importantes das redes de drenagem, pois distinguiram as unidades de mapeamento estudadas.

ZINKE, (1960)⁵⁸ diz que, solos com maior proporção de deflúvio e, conseqüentemente, maior desenvolvimento de sua rede de drenagem superficial, são relativamente impermeáveis e refletem um dado tipo de rocha. PARR & BERTRAND, (1960)⁴¹ por outro lado, observaram que a velocidade de infiltração da água no solo é comandada, principalmente pelas condições de superfície e proteção do solo e, depois pelas características do perfil do solo.

O padrão de drenagem, conforme argumenta RAY, (1963)⁴⁴ reflete o controle exercido pela estrutura subjacente, e quando este controle estrutural atinge um mínimo, as características da rede de drenagem podem sofrer influências da espessura e natureza do material exposto. SOUZA, (1975)⁵³ observou ausência de controle geológico nos dados obtidos, mormente o relacionado com a razão de ramificação, visto que os solos estudados apresentam características morfogenéticas semelhantes. As pequenas diferenças encontradas entre solos foram atribuídas às declividades.

As observações de vários autores, segundo as quais, a formação e desenvolvimento das redes de drenagem dependem da capacidade de infiltração, resistência do solo à erosão e relação infiltração/deflúvio, são aceitas em parte por FRANÇA, (1968)²⁵. E conclui que os autores, tiraram conclusões de caráter geral, porquanto o material de estudo não era pedologicamente bem definido.

FRANÇA, (1968)²⁵ MARCHETTI, (1969)³⁷ FADEL, (1972)²⁴ e VASQUES FILHO, (1973)⁵⁷ estudaram em unidades de solos levantadas ao nível de série, bacias de 3.^a e 4.^a ordens e mostraram a influência do fator solo no desenvolvimento das bacias hidrográficas e suas redes de drenagem. Esta influência foi, pos-

teriormente confirmada por LEÃO, (1973)³⁴ GEVAERD, (1974)³⁰ SOUZA, (1975)⁵³ e KOFFLER, (1976a)³³ em unidades de solos levantadas ao nível de grandes grupos. Para FRANÇA, (1968)²⁵ VASQUES FILHO, (1972)⁵⁷ e LEÃO, (1973)³⁴ em bacias de 3.^a ordem, as características de composição das redes de drenagem dependem em primeiro lugar da natureza do solo, podendo, no entanto, sofrer modificações por influência do controle geológico.

FREIRE, (1977)²⁶ estudando em unidades de solos do Estado de Minas Gerais, bacias de 3.^a ordem, mostrou que a gênese do sistema de drenagem foi influenciada, principalmente pelo controle topográfico, estrutural, geológico e posteriormente pela resistência dos solos à erosão. O mesmo autor, mostrou ainda que, das características de composição das redes de drenagem, o comprimento total de segmentos de rios, foi o elemento mais consistente na distinção das unidades de solos que estudou. A densidade de drenagem e a frequência de rios, são eficientes na distinção das unidades de solos estudadas, podendo ser usadas isoladamente, ou em conjunto.

CORRÊA, (1979)¹⁹ estudando em unidades de solos da quadricula de Independência, no Estado do Ceará, bacias de 3.^a ordem, mostrou que as redes de drenagem foram influenciadas por fatores, tais como: topografia, variação na profundidade do substrato rochoso, propriedades físicas do solo, clima e cobertura vegetal. Mostrou ainda que, a densidade de drenagem por si só, não caracterizou as unidades de solos estudadas. E assinala que, das características quantitativas das redes de drenagem, as que se mostraram mais consistentes na caracterização dos solos estudados, foram: a frequência de rios, a razão de textura, a declividade média e a extensão do percurso superficial.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Áreas de estudo

3.1.1 - Do Município de Pacotí

(a) Posição geográfica

O solo estudado no Município de Pacotí, segundo descrição da SUDEC, (1977)¹³ situa-se na Zona Fisiográfica de Baturité, localizado na Microrregião Homogêna 65. A sede do município apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 4°13' de Latitude Sul e 38°56' de Longitude W.Gr. A altitude na sede municipal é de 700m. O Município de Pacotí limita-se com os de Palmácia, Redenção, Baturité, Guaramiranga e Caridade. A Figura 1, ilustra a localização do Município de Pacotí.

(b) O Solo

Segundo o MA/SUDENE, (1972)⁵ através do Mapa Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, no Município de Pacotí, predomina a Associação de solos Podzólicos Vermelho Amarelo e Podzólicos Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, ambos A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo forte ondulado e montanhoso. De acor

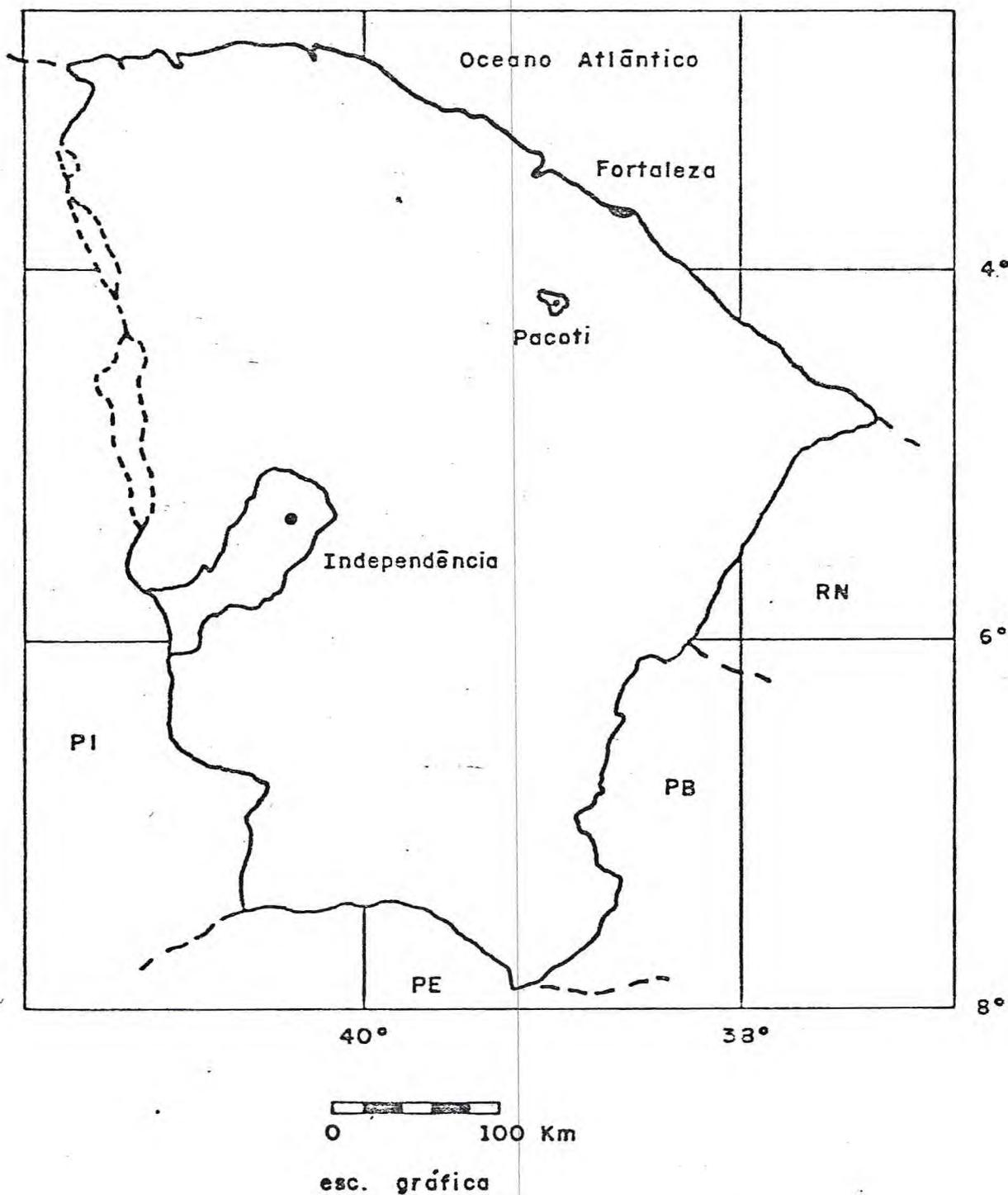


FIGURA 1 - Situação dos municípios de Pacotí e Independência em mapa do Estado do Ceará.

do com o relatório do Levantamento Exploratório - Reconhecimento dos Solos do Estado do Ceará, (1973)⁴ o Podzólico Vermelho Amarelo compreende solos com horizonte B textural, não hidromórfico, com argila de atividade baixa. Apresentam perfis bem diferenciados, tendo sequência de horizontes A, B_t e C, normalmente profundos a muito profundos. São, em geral, solos de textura arenosa ou média no horizonte A e média ou argilosa no B.

A classe Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, compreende solos com B textural, não hidromórficos e com argila de atividade baixa. Diferem da classe Podzólico Vermelho Amarelo, essencialmente por apresentar, além de média a alta saturação de bases (V%), baixa saturação com alumínio, menor acidez e comumente quantidade significativa de minerais primários facilmente decomponíveis. São, por conseguinte, solos de média e alta fertilidade natural. Apresentam perfis bem diferenciados, tendo sequência de horizontes A, B_t e C. São comumente profundos, com textura arenosa ou média no A, e média ou argilosa no B.

(c) O Relevo

Segundo SOUZA, (1975)⁵² o maciço de Baturité está compreendido em altitudes variáveis entre 450 e 800m, orientação NNE - SSW, situado a pouco mais de 50 km da costa. Para o mesmo autor, a disposição do relevo face ao deslocamento dos ventos úmidos, provenientes do litoral, condiciona a formação de chuvas orográficas na vertente oriental. O relevo apresenta-se, ondulado a forte ondulado, com outeiros e colinas de formas geralmente arredondadas ou em forma de meia lanterna.

(d) A Vegetação

SOUZA, (1975)⁵² assinala que se trata de vegetação florestal latifoliada, sempre verde, o que evidencia melhores condições de umidade e solos mais profundos. Acrescenta ainda que, os indivíduos vegetais de maior porte atingem altura de até 20 metros, notando-se um estrato com árvores de 10 a 15 metros, além de arbustos e ervas no estrato inferior. Nos locais mais úmidos, a mata surge com maior pujança, encontrando-se espécies, tais como: o babaçu (*Orbignya martiniana* B. Rodr.), a cajazeira (*Spondia* sp), a maniçoba (*Manihot glaziovii* Muell), entre outras. Para o MA/SUDEC, (1967)¹² a vegetação do maciço de Baturité, apresenta uma feição característica devido a que, parte dela se encontra misturada com plantações de café, podendo-se observar a ocorrência de três estratos distintos, sendo dois arbóreos e um arbustivo.

(c) O Clima

A precipitação pluviométrica parece ser o elemento que mais individualiza o clima nesta área de estudo, imprimindo à paisagem aspectos bem característicos. Para a CEPA, (1975)¹⁶ a pluviometria do maciço de Baturité, é considerada, relativamente elevada, constatando-se precipitações médias ao redor de 1200 mm/ano, com amplitude de 800 a 1700 mm/ano. A alta pluviosidade é explicada pela ação dos ventos úmidos litorâneos, que ao encontrarem o maciço se elevam, vindo como consequência o resfriamento e a condensação provocando, então, precipitações elevadas. A temperatura média anual do maciço de Baturité, oscila em torno de 21°C, sendo os meses de novembro a fevereiro os mais quentes. A época mais fria corresponde aos meses de julho a agosto, com médias abaixo de

20°C e as mínimas situando-se entre 16° e 17°C. Assinala o CETREDE, (1978)¹⁰ que a temperatura média anual do Município de Pacotí é de 21,5°C. Na Tabela 1, apresentamos os valores médios mensais de precipitações do Município de Pacotí, no período de 1912 a 1967. Para CEPA, (1975)¹⁶ o Município de Pacotí, enquadra-se no tipo climático Amw', segundo a classificação climática de Koeppen. Trata-se pois, de clima tropical chuvoso de monção. O período seco é atenuado. O período chuvoso abrange o verão e o outono.

TABELA 1 - Valores médios mensais de precipitação (mm) do Município de Pacotí, período de 1912 a 1967.

| JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 123,2 | 203,9 | 314,8 | 283,3 | 237,5 | 128,8 | 72,7 | 28,2 | 27,7 | 32,0 | 33,1 | 50,7 |

FONTE: SUDENE-Dados pluviométricos mensais. "in natura". s.d.

(f) A Geologia

Segundo o MA/SUDECO, (1967)¹² a formação geológica da Unidade de solo denominada Pacotí, representativa do Município de mesmo nome, pertence ao Pré-cambriano e as amostras de rochas coletadas em regiões próximas indicam a predominância do gnaiss com minerais de quartzo, feldspato e biotita. O quartzito micáceo e o xistoso formam a maior parte do material de origem das unidades de solos, que se estendem desde a subida da serra de Baturité pelo lado do município do mesmo nome, até parte da serra antes da cidade de Pacotí, incluindo também os Municípios de Guaramiranga, Mulungú, parte de Aratuba e o distrito de Pernambuco.

(g) A Geomorfologia

O maciço de Baturite, constitui segundo SOUZA, (1975)⁵² um dos exemplos mais sugestivos de "brejo" do Ceará. Representa, sobretudo, a influência do papel condicionador de relevo em relação ao clima. O relevo apresenta-se bastante dissecado, onde se observa a presença de vertentes convexas ou mesmo retilíneas. Assinala que os vales do maciço de Baturité tem a forma de "V", onde denota-se o efeito marcante da erosão linear. Ao lado dessas formas encontram-se os alvéolos de fundo aplainado. O contato entre o maciço e a superfície sertaneja se dá através de pedimentos ora mais, ora menos dissecados. Enquanto na direção de Baturité, Aracoiaba e Redenção o relevo é bastante acidentado, apresentando-se com vertentes ainda ligeiramente convexas. Para o sul em direção a Capistrano e Itapiúna a topografia torna-se suave.

3.1.2 - Do Município de Independência

(a) Posição geográfica

O outro solo estudado ocorre no Município de Independência-Ce, que segundo o relatório do Levantamento Exploratório - Reconhecimento do Ceará, (1973)⁴ situa-se ao sudoeste do Estado, abrangendo parte dos Sertões dos Inhamuns, ficando localizado na Microrregião Homogênea 67. Segundo o IBGE, (1959)²⁹ o Município de Independência se limita com o Estado do Piauí e os Municípios de Crateús, Tamboril, Boa Viagem, Pedra Branca e Tauá no Estado do Ceará. A cidade tem as seguintes coordenadas geográficas: 5°23'40" de Latitude Sul e 40°19'03" de Longitude W.Gr. A altitude na sede do Município é de 350 metros. A Figura 1, ilustra a localização do Município de Independência.

(b) O Solo

Conforme MA/SUDENE, (1972)⁵ através do mapa Exploratório - Reconhecimento do Estado do Ceará, é evidenciado no Município de Independência a presença de Associação de Solos Bruno Não Cálcico, Planosol Solódico, Solonetz Solodizado; Associação Bruno Não Cálcico, Solos Litólicos Eutróficos, Planosol Solódico, Associação Planosol Solódico, Solonetz Solodizado, Solos Litólicos Eutróficos, Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico e Bruno Não Cálcico. Segundo o relatório do Levantamento Exploratório - Reconhecimento do Estado do Ceará, (1973)⁴ os Solos Bruno Não Cálcico se situam preferencialmente nas partes mais elevadas do relevo e apresentam um horizonte B textural não hidromórfico, com argila de atividade alta, saturação e soma das bases altas. São Solos moderadamente profundos a rasos, tendo a seguinte sequência de horizonte: A, B_t e C; com espessura do A e B variando normalmente entre 30 e 90 cm; textura arenosa ou média no horizonte A e média ou argilosa no horizonte B_t; mudança textural abrupta do A para o B_t e frequentemente apresentando descontinuidade litológica.

A UNIVERSIDADE FEDERAL/C.C.A., (*) (1978)¹⁴ realizou estudos básicos de solos a nível de semi-detalhe, em áreas do Municípios de Independência, Tauá e Crateús. O relatório do estudo acima, assinala que predominam na área Solos Bruno Não Cálcico e Planosol Solódico.

(c) O Relevo

Segundo a UNIVERSIDADE FEDERAL/C.C.A., (1978)¹⁴ o relevo da região estudada apresenta uma altimetria geralmente abaixo de 300m. Uma das principais características é a de se apresentar embutido entre os maciços residuais. O aspecto do relevo neste trecho é a de vastos campos que partem da base dos maciços residuais e que constituem os pedimentos. O rele

(*) C.C.A. - Centro de Ciências Agrárias.

vo apresenta-se plano a suave ondulado com declives, em geral, variando de 1 a 8%.

(d) A Vegetação

Para a UNIVERSIDADE FEDERAL/C.C.A., (1978)¹⁴ a cobertura vegetal dos Municípios de Independência, Tauá e Crateús, no Estado do Ceará, é constituída basicamente por dois estratos, sendo um arbustivo e o outro arbóreo. As espécies arbustivas mais encontradas em Solos Bruno Não Cálculo, Associação de Solos Bruno Não Cálculo e Litólico. Associação de Solos Aluviais e Planosolos, foram: O Marmeleiro, Mufumbo, Malva Branca e Velame. Entre as espécies arbóreas, a Jurema preta, o Pereiro, a Catingueira e a Imburana, apresentam elevada constância nos Solos Bruno Não Cálculo e Litólicos.

O relatório do Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, (1973)⁴ assinala que em toda área de aplainamento sertanejo e em pequenas serras e serrotes foram encontradas, entre outras, as seguintes espécies: *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (catingueira); *Mimosa nigra* Hub. (jurema-preta); *Croton* sp (marmeleiro); *Cobretum leprosum* Mart. (mufumbo); *Aspidosperma pyriforme* Mart. (pereiro); *Melocactus* sp. (coroa-de-frade) e *Bromélia laciniosa* Mart. (macambira).

(e) O Clima

Para o SOIL CONSERVATION SERVICE, (1966)⁵¹ o clima de uma área é refletido na forma do terreno e nos padrões de drenagem, mas a principal influência do clima é sobre a vegetação. OLIVEIRA & ROTTA, (1972)⁴⁰ assinalam que o solo poderá ser estudado pela análise individual deste fator e das

suas influências pedogenéticas. Advertem no entanto, que em tal estudo, o pesquisador deve ter em mente que os fatores de formação do solo são estritamente dependentes.

De acordo com a UNIVERSIDADE FEDERAL/C.C.A., (1979)¹⁵ o clima do Município de Independência-Ce, onde se localiza uma das áreas do presente estudo, está incluído no tipo climático Bsh'w', segundo a classificação de Koeppen. O tipo Bsh'w' se caracteriza por ser um clima semi-árido muito quente com precipitações de verão-outono, ocorrendo as máximas no outono.

Os valores médios mensais de precipitação e temperatura observados no Município de Independência-Ce, no período de 1911 a 1967 estão contidos na Tabela 2.

TABELA 2 - Valores médios mensais de precipitações e temperatura do Município de Independência(Ce) no período de 1911 a 1967.

| Meses | Precipitações Pluviométricas (mm) | Temperaturas (°C) | Meses | Precipitações Pluviométricas (mm) | Temperaturas (°C) |
|-------|-----------------------------------|-------------------|-------|-----------------------------------|-------------------|
| JAN | 57,9 | 27,6 | JUL | 6,4 | 26,5 |
| FEV | 124,6 | 27,4 | AGO | 3,3 | 27,4 |
| MAR | 169,1 | 26,8 | SET | 1,1 | 28,2 |
| ABR | 133,4 | 26,1 | OUT | 3,2 | 28,3 |
| MAI | 48,4 | 25,0 | NOV | 12,2 | 28,3 |
| JUN | 18,3 | 26,0 | DEZ | 31,2 | 28,2 |

FONTE: SUDENE - Dados pluviométricos mensais "in natura".
Deptº Rec. Naturais. Div. Hidrologia, 1967. v. 1.

(f) A Geologia

O Mapa Geológico Preliminar do Ceará publicado pela

Secretaria de Obras e Serviços Públicos, (1972)¹¹ indica que o Município de Independência-Ce. é constituído de rochas pertencentes ao Pré Cambriano A (filitos sericita - clorista xistos, biotita - muscovita xistos, biotita-almandina xistos, biotita gnaisses, incluindo quartzitos, leptinitos e calcários) e Pré Cambriano Indiviso (gnaisse e migmatitos).

A Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, (1974)⁷ na coluna geológica, indica que as regiões de Independência e Tauá no Estado do Ceará, se acham representadas por rochas pertencentes ao Pré Cambriano Superior e Pré Cambriano Indiviso. Das rochas, do Pré Cambriano Superior, destacam-se os filitos xistos, biotita, gnaisse além de quartzitos e calcários cristalinos, enquanto o gnaisse-migmatitos e quartzitos predominam nas rochas pertencentes ao Pré Cambriano Indiviso.

Na área objeto desta pesquisa, o material geológico coletado para o levantamento semi-detalhado de solos realizados pela UNIVERSIDADE FEDERAL/C.C.A., (1978)¹⁴ indica que a litologia predominante é o micaxisto.

(g) A Geomorfologia

Segundo a UNIVERSIDADE FEDERAL/C.C.A., (1978)¹⁴ a Região de Tauá e Independência no Estado do Ceará é dominada pelos pedimentos dissecados ou mesmos conservados. O processo evolutivo dos pedimentos está intimamente ligado às características climáticas e de vegetação das depressões sertanejas. Isto porque, além de ser o principal fator condicionante da desagregação e decomposição das rochas, contribui sobretudo nos processos de remoção dos colúvios e de deposição deste material. O tipo de vegetação presente pouco contribui para deter ou atenuar os efeitos das enxurradas que tem o papel de agente desgastador acentuado. Um conjunto de características ambientais podem ser identificadas na depressão sertaneja, dentre elas, são citadas: grande variação litoló

gica; truncamento das litologias pelos processos erosivos, que tenderam a aplainar indistintamente a superfície; condições climáticas comandadas pela semi-aridez, observando-se acentuadas alternâncias diurnas de temperaturas que conduzem à desagregação mecânica das rochas, além de chuvas concentradas cuja torrencialidade das enxurradas acelera a capacidade erosiva; revestimento vegetal generalizado de caatingas; pequena espessura de manto de alteração das rochas; presença de relevos residuais (inselbergs) nos locais de maior resistência litológica e pequena capacidade de erosão linear, face à intermitência dos cursos d'água.

3.2 - Unidades de solos e bacias hidrográficas

Para o presente estudo escolheu-se duas unidades de solos, sendo uma representativa do Município de Pacotí e a outra do Município de Independência, ambas no Estado do Ceará. A unidade de solo representativa do Município de Pacotí foi levantada ao nível exploratório - reconhecimento pelo MA/SUDENE, (1973)⁴. Já a unidade de solo representativo do Município de Independência, se encontra cartografada no levantamento semi-detalhado, realizado pela UNIVERSIDADE FEDERAL/C.C.A., (1978)¹⁴ na quadrícula de Independência, compreendida entre os meridianos 40°00' e 40°30' L.W.Gr. e os paralelos 05°00' e 05°30' L.S.

Na Tabela 3, encontra-se o resumo das principais características das unidades de solos estudadas.

Selecionou-se para estudo, quatro bacias hidrográficas por unidade de solo, dando um total de oito bacias, que são identificadas pelos algarismos romanos de I a VIII. A localização das bacias hidrográficas dentro das respectivas unidades de solos são apresentadas nas Figuras 2 e 3.

TABELA 3 - Principais características das unidades de solos estudadas.

| Características | UNIDADES DE SOLOS | |
|-----------------------------------|---|---|
| | Podzólico Vermelho Amarelo (PVA) | Bruno Não Cálcico (NC) |
| . Localização | Município de Pacotí-Ceará | Município de Independência-Ceará |
| . Litologia e material originário | Gnaisse pertencente ao Pré Cambriano A. | Micaxisto pertencente ao Pré Cambriano A. |
| . Relevo e altitude | Forte ondulado e montanhoso com outeiro e colinas de forma geralmente arredondadas ou em meia laranja, vales em V, com declives variando de 20 a 40% e altitude em torno de 700m. | Plano e suave ondulado, com topos praticamente planos e pendentes longas, com declives variando de 1 a 8% e altitude em torno de 350 m. |
| . Drenagem interna | Bem drenado | Moderadamente drenado |
| . Erosão | Laminar ligeira | Laminar moderada |
| . Clima (Köppen) | Amw' | BSh'w' |
| . Vegetação | Floresta subperenifólia | Caatinga hiperxerófila |

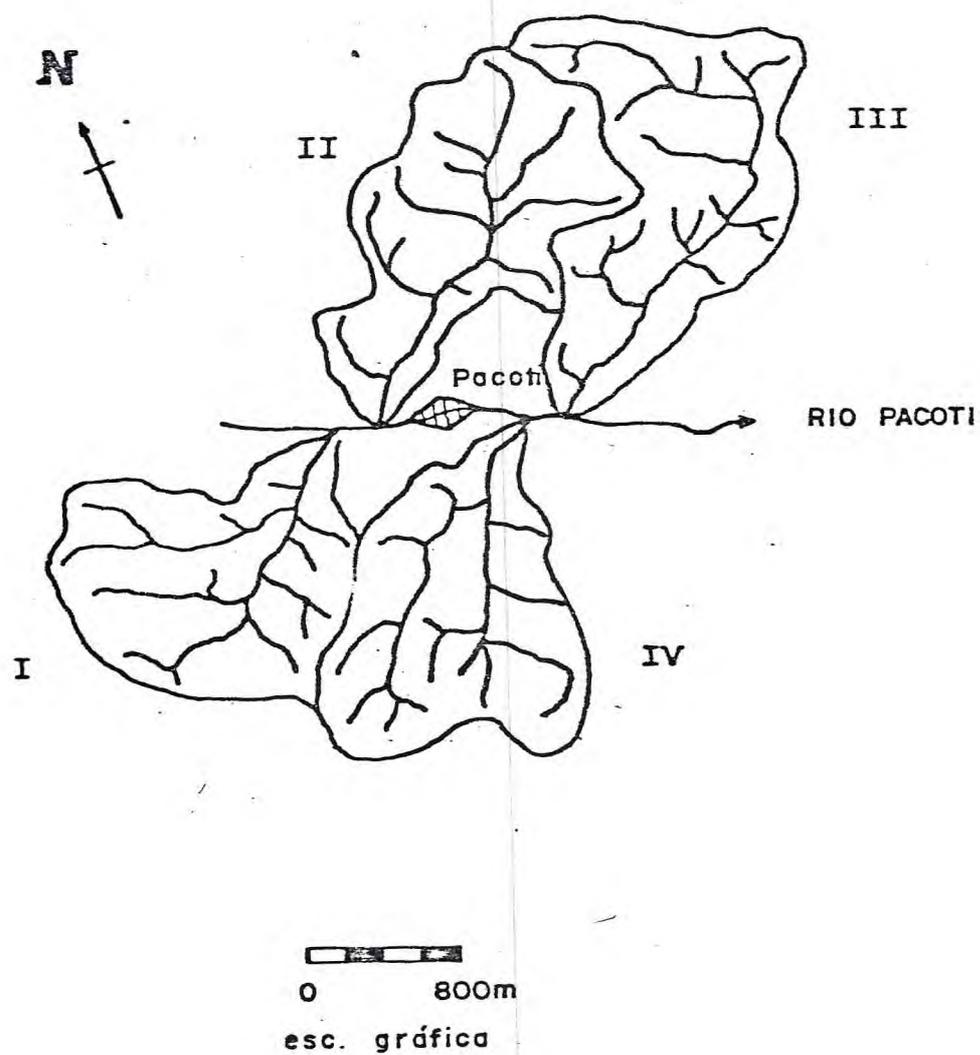


FIGURA 2 - Mapa de localização das bacias hidrográficas, em solo Podzólico Vermelho Amarelo no Município de Pacotí.

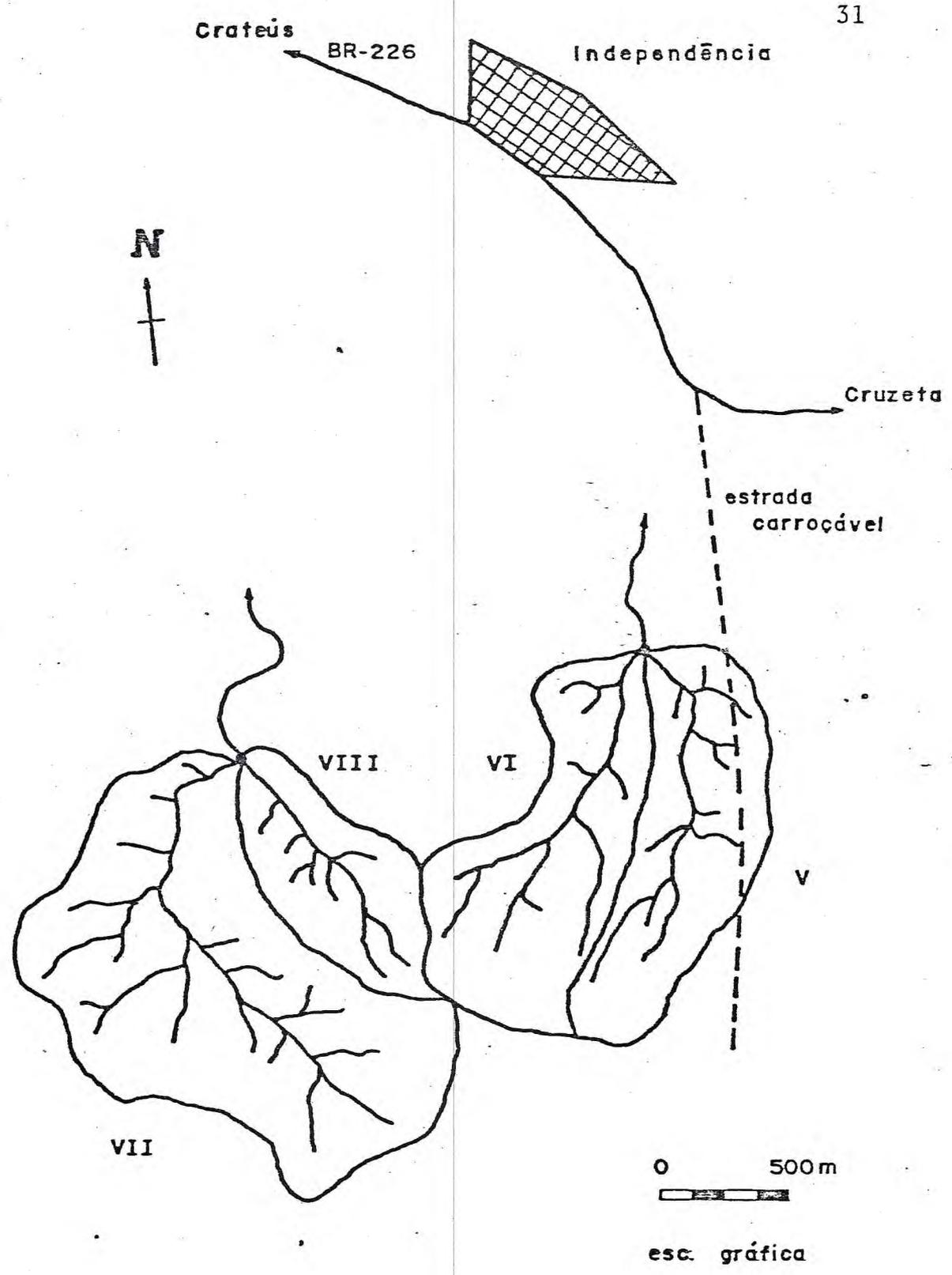


FIGURA 3 - Mapa de localização das bacias hidrográficas, em solo Bruno Não Cálculo, no Município de Independência.

3.3 - Cartas e mapas básicos

Utilizou-se fotografias aéreas verticais de número 77 e 78, preto e branco e um fotoíndice, para a seleção das quatro bacias hidrográficas representativa da unidade de solo do Município de Pacotí. As fotografias apresentam escala aproximada de 1:40.000, pertencente à quadrícula Q-735-A do fotoíndice do Estado do Ceará e obtidas por Levantamento Aerofotogramétricos S.A. (LASA).

Na seleção das quatro bacias hidrográficas representativa da unidade de solo do Município de Independência, utilizou-se as fotografias aéreas de números 11489 e 11491 de escala aproximada 1:25.000, do Projeto Faveleira, além do mosaico M-10 e o fotoíndice de recobrimento fotográfico do Estado do Ceará, executado pela Companhia Levantamentos Aerofotogramétricos S.A.

O recobrimento longitudinal das fotografias é de aproximadamente 60%, sendo o lateral de 30%, permitindo desta forma, visão estereoscópica nos pares fotográficos e no mosaico.

A identificação dos elementos nos pares estereoscópicos, foi realizada com auxílio de estereoscópio de bolso e estereoscópio de mesa, conforme RAY, (1963)⁴⁴. O estereoscópio de bolso empregado foi da marca Vasconcelos, enquanto que o de mesa foi do tipo NIKON, com binocular de aumento 3X.

Como mapas básicos utilizou-se: (a) Folha SB.24.H-II da SUDENE, (1967)⁸; (b) Folha SB.24-X-A.1 do Ministério do Exército, (1971)⁶; (c) Mapa Geológico Preliminar do Ceará, (1972)¹¹; (d) Mapa Exploratório dos Solos da Zona Fisiográfica de Baturité, (1967)¹²; (e) Mapa Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará-Brasil, (1972)⁵; (f) Mapa Semi-detalhado de solos da quadrícula de Independência, (1978)¹⁴; (g) Mosaico semi-controlado do Projeto Faveleira (M-10); (h) Foto

grafias aéreas verticais preto e branco números 11489 e 11491 da quadrícula 875 e (i) Fotografias aéreas verticais preto e branco números 77 e 78 da Quadrícula 735-A.

3.4 - Escolha das regiões de estudo e seleção das fotografias aéreas

O principal fator levado em conta para a escolha de uma área situada no Município de Independência, foi a existência de informações contidas no Levantamento Semi-detalhado dos solos, daquela área. Além da unidade de solo escolhida ter ocorrência generalizada na quadrícula de Independência.

Por outro lado, a escolha de uma área situada no Município de Pacotí, prendeu-se sobretudo a importância agrícola da região, além da ocorrência marcante da unidade de solo aí escolhida, aliada aos problemas conservacionistas reinantes.

Eleitas as unidades de solos e com auxílio do fotoíndice, selecionou-se as fotografias aéreas onde provavelmente seriam encontradas as informações desejadas.

O método empregado na seleção das fotografias aéreas foi o que RABBEN, (1960)⁴³ denominou de método de pesquisa lógica e a identificação de imagem foi feita pelo princípio de convergência de evidências, desenvolvido por COLWELL, (1952)¹⁸.

3.5 - Obtenção de mapas básicos e seleção das bacias hidrográficas

O decalque das redes de drenagem, segundo sugestão de RAY, (1963)⁴⁴ foi realizado após exame prévio das fotografias aéreas, delimitando-se sobre os "overlays" as possíveis

bacias hidrográficas representativas das unidades de solos, permitindo assim uma melhor seleção das bacias mais representativas.

A seguir confrontou-se os limites das unidades de solos cartografadas com as fotografias aéreas onde continham as informações desejadas, mediante auxílio da observação estereoscópica.

Sobre os "overlays" decalcou-se, após exame detalhado dos pares estereoscópicos, os divisores de água das bacias hidrográficas, com as respectivas redes de drenagem. Nestas incluiu-se todos os canais visíveis estereoscópicamente, quer fossem de cursos d'água permanentes ou temporários, segundo as sugestões de STRAHLER, (1957)⁵⁵ LUEDER, (1959)³⁶ e RAY, (1963)⁴⁴. Assim obteve-se os mapas de drenagem das unidades de solos, facilitando o estudo das características da rede de drenagem, livre, portanto, da quantidade enorme de informações oferecida pela imagem fotográfica, conforme recomenda RAY, (1963)⁴⁴.

Das bacias decalcadas com as respectivas redes de drenagem, selecionou-se quatro de mesma ordem, representativas de cada unidade de solo. O estudo foi realizado em bacias de 3.^a ordem, levando-se em consideração as observações efetuadas por FRANÇA, (1968)²⁵.

3.6 - Análise das bacias hidrográficas

A análise feita é do tipo analítica ou análise de elementos, de acordo com BURINGH, (1960)⁹.

FRANÇA, (1968)²⁵ descreve as bacias hidrográficas, que em plantas topográficas são áreas fechadas, delimitadas por divisores de água que circundam toda área de drenagem considerada, nas quais o deflúvio converge para o ponto, no qual o canal principal deságua em outro maior, do qual ele é tributário.

Foram considerados os elementos discriminados a seguir.

3.6.1 - Localização

Verificou-se em termos de sua posição dentro da região estudada. As figuras 2 e 3 mostram a localização das bacias hidrográficas escolhidas, dentro das suas regiões estudadas.

3.6.2 - Características dimensionais

(a) Maior Comprimento - Medido com escala graduada e expresso em quilômetros, desde a foz até o ponto extremo sobre a linha do divisor d'água, acompanhando aproximadamente o sentido do vale principal. (b) Maior Largura - Medido em escala graduada e expressa em quilômetros, transversalmente ao vale principal. (c) Comprimento do Rio Principal - Medido com curvímetro e expresso em quilômetros, acompanhando a sinuosidade do rio principal, desde a foz até a nascente. (d) Perímetro - Medido com curvímetro e expresso em quilômetros, sobre a linha do divisor de águas que circunda a bacia. (e) Área - Medida com Planímetro e expresso em quilômetros quadrados. (f) Comprimento da Rede de Drenagem - Medido com curvímetro e expresso em quilômetros, acompanhando todas as sinuosidades dos segmentos de rios presentes na bacia.

3.6.3 - Características não dimensionais

(a) Forma Aproximada - Indicada pela conformação da bacia na planta topográfica, recebendo designações tais como,

triângulo retângulo, triângulo isósceles, reniforme, trapezoidal, etc., conforme a semelhança apresentada. (b) Ordem da Bacia - Determinada pela ordem do rio principal nela contido, correspondente ao segmento de ordem mais elevada da bacia, conforme sugere STRAHLER, (1957)⁵⁵. (c) Simetria das Vertentes - Indicada pela homogeneidade da dissecação das encostas em relação ao vale principal.

3.7 - Análise das redes de drenagem

Seguiu-se a sistemática de análise desenvolvida por BURINGH, (1960)⁹ do tipo analítica, considerando os elementos isoladamente e/ou em associação. Conforme a metodologia empregada por FRANÇA, (1968)²⁵ reuniu-se os elementos em dois grupos, de acordo com sua natureza: quanto à composição das redes de drenagem e quanto às características das redes de drenagem.

3.7.1 - Composição das redes de drenagem

(a) Ordem de Ramificação - Os canais de drenagem, também denominados segmentos de rios conforme sugerem FRANÇA, (1968)²⁵ FADEL, (1972)²⁴ VASQUES FILHO, (1972)⁵⁷ LEÃO, (1973)³⁴ SOUZA, (1975)⁵³ foram classificados segundo o sistema de HORTON, (1945)³² modificado por STRAHLER, (1957)⁵⁵. A ordem de ramificação dos segmentos de rios designou-se genericamente com a letra w. (b) Números de Segmentos de Rios - Registrou-se o número de segmentos de rios em cada ordem e o número total de segmentos da bacia, sendo designados respectivamente, por N_w e N.

O número de segmentos de rios em cada ordem e o número total, foram também calculados em cada unidade de solo: quan

to à média ponderada em relação à área das bacias. (c) Comprimento de Segmentos de Rios - Mediu-se com curvímetro, em cada ordem e o comprimento total de rios de cada bacia hidrográfica, sendo representados por L_w e L_t , respectivamente. Calculou-se também, os comprimentos de rios por ordem de ramificação e total, quanto à média ponderada em relação à área das bacias. (d) Comprimento Médio de Segmentos de Rios - Calculado para cada ordem de ramificação nas bacias hidrográficas, pela razão entre comprimentos de segmentos de rios (L_w) e o número de segmentos de rios (N_w). O comprimento médio foi representado por L_m .

Calculou-se também, para cada unidade de solo o valor médio dos comprimentos médios de segmentos de rios em cada ordem, utilizando-se a média ponderada em relação à área das bacias.

3.7.2 - Características das redes de drenagem

Na caracterização das redes de drenagem, determinou-se as características descritivas e quantitativas.

(a) Características descritivas - As características descritivas do padrão de drenagem foram determinadas segundo LUEDER, (1959)³⁶, sendo adotado níveis para expressá-las, conforme se observa na Tabela 4.

TABELA 4 - Características descritivas das redes de drenagem e níveis estabelecidos.

| Características | | N í v e i s | |
|----------------------|---------------|-----------------|-----------|
| Grau de integração | Baixo | Médio | Alto |
| Densidade | Baixa | Média | Alta |
| Grau de Uniformidade | Não Uniforme | Pouco Uniforme | Uniforme |
| Orientação | Não Orientada | Pouco Orientada | Orientada |
| Grau de controle | Baixo | Médio | Alto |
| Ângulos de junção | Agudos | Retos | Obtusos |
| Angularidade | Baixa | Média | Alta |

A característica tipo ou modelo, foi também estudada, seguindo-se a classificação dada por PARVIS, (1950)⁴².

(b) Características quantitativas - As seguintes características foram estudadas: (b.1) Densidade de drenagem - Calculou-se para as bacias hidrográficas segundo HORTON, (1945)³² e designada por D_d que representa a relação entre o comprimento total de rios da rede e a área da bacia. (b.2) Frequência de rios - Calculou-se conforme HORTON, (1945)³² através da relação entre o número total de rios da rede e a área da bacia, sendo designado por F . (b.3) Razão de textura - Determinou-se conforme a definição de SMITH, (1950)⁵⁰ e modificada por FRANÇA, (1968)²⁵ para ser aplicada a fotografia aérea, representando a relação entre o número total de rios da rede e o perímetro da bacia, sendo designada por T . (b.4) Razão de textura média - Calculou-se segundo FRANÇA, (1968)²⁵ pela expressão: $T_m = \Sigma(A \times T) \times \Sigma A^{-1}$, onde T_m é a razão de textura média e $\Sigma(A \times T) \times \Sigma A^{-1}$ é o valor médio ponderado da razão de textura. (b.5) Textura topográfica - A textura topográfica das bacias hidrográficas em cada unidade de solo, determinou-se conforme preconiza SMITH, (1950)⁵⁰, porém seguindo-se a adaptação feita por FRANÇA, (1968)²⁵ onde as classes

de textura topográfica são estabelecidas em função da razão de textura média, conforme se observa na Tabela 5.

TABELA 5 - Classificação da textura topográfica em função da razão de textura média.

| Classe de Textura Topográfica | Razão de Textura Média | |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| | Perímetro expresso em milhas | Perímetro expresso em quilômetros |
| Grosseira | menor do que 4,0 | menor do que 2,5 |
| Média | 4,0 a 10,0 | 2,5 a 6,2 |
| Fina | maior do que 10 | maior do que 6,2 |

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão obtidos no presente estudo, segundo a metodologia adotada, são apresentados a seguir:

4.1 - Características das bacias hidrográficas

As oito bacias hidrográficas e respectivas redes de drenagem, selecionadas para representar as duas unidades de solos, se encontram nas figuras 4 e 5. As características identificadas foram as seguintes.

4.1.1 - Características dimensionais e não dimensionais

Na Tabela 6 são apresentadas as características dimensionais das bacias hidrográficas. De uma maneira geral as características decrescem em valor numérico da unidade de solo PVA para a unidade NC.

As características não dimensionais, estão na Tabela 7. Observa-se que tais características, ocorrem em formas e simetrias diversas, mesmo dentro da mesma unidade de solo.

Os valores das características dimensionais são maiores na unidade de solo PVA, o que evidencia menor capacidade de infiltração e resistência do solo à erosão, do que o solo

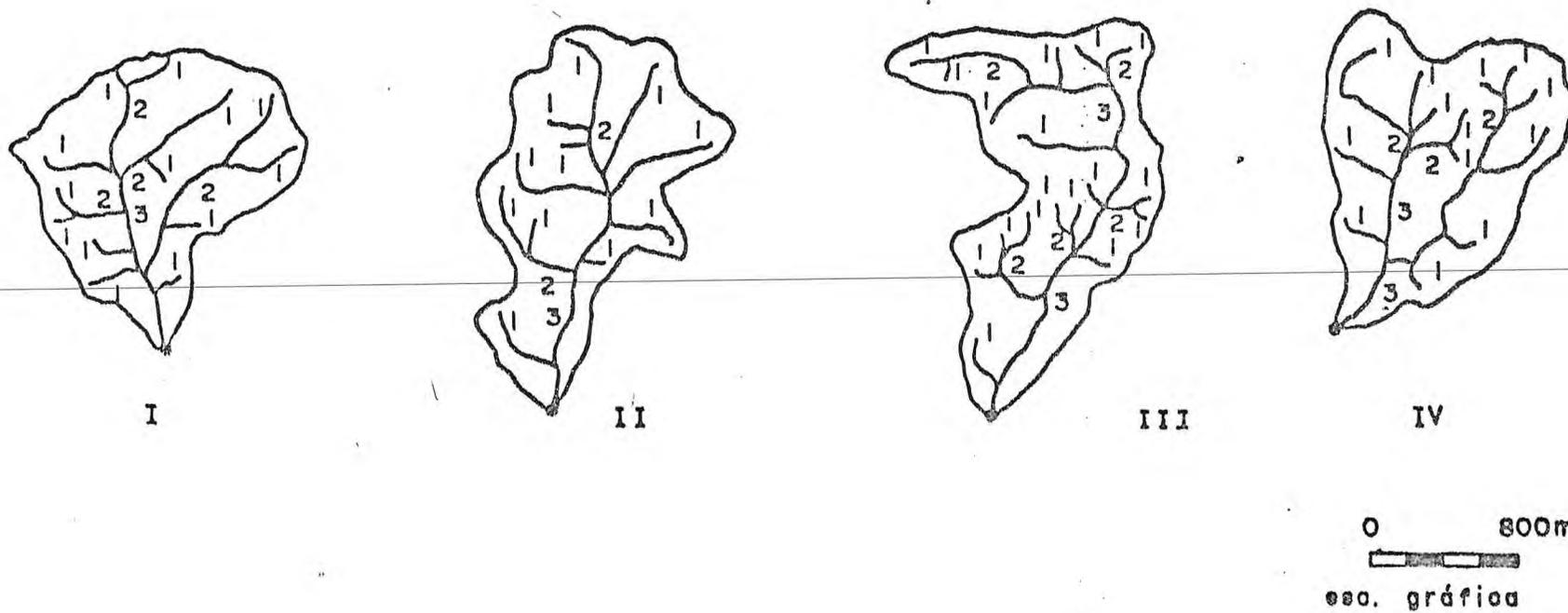


FIGURA 4 - Bacias hidrográficas e respectivas redes de drenagem, em solo Podzólico Vermelho Amarelo, no município de Pacotí.

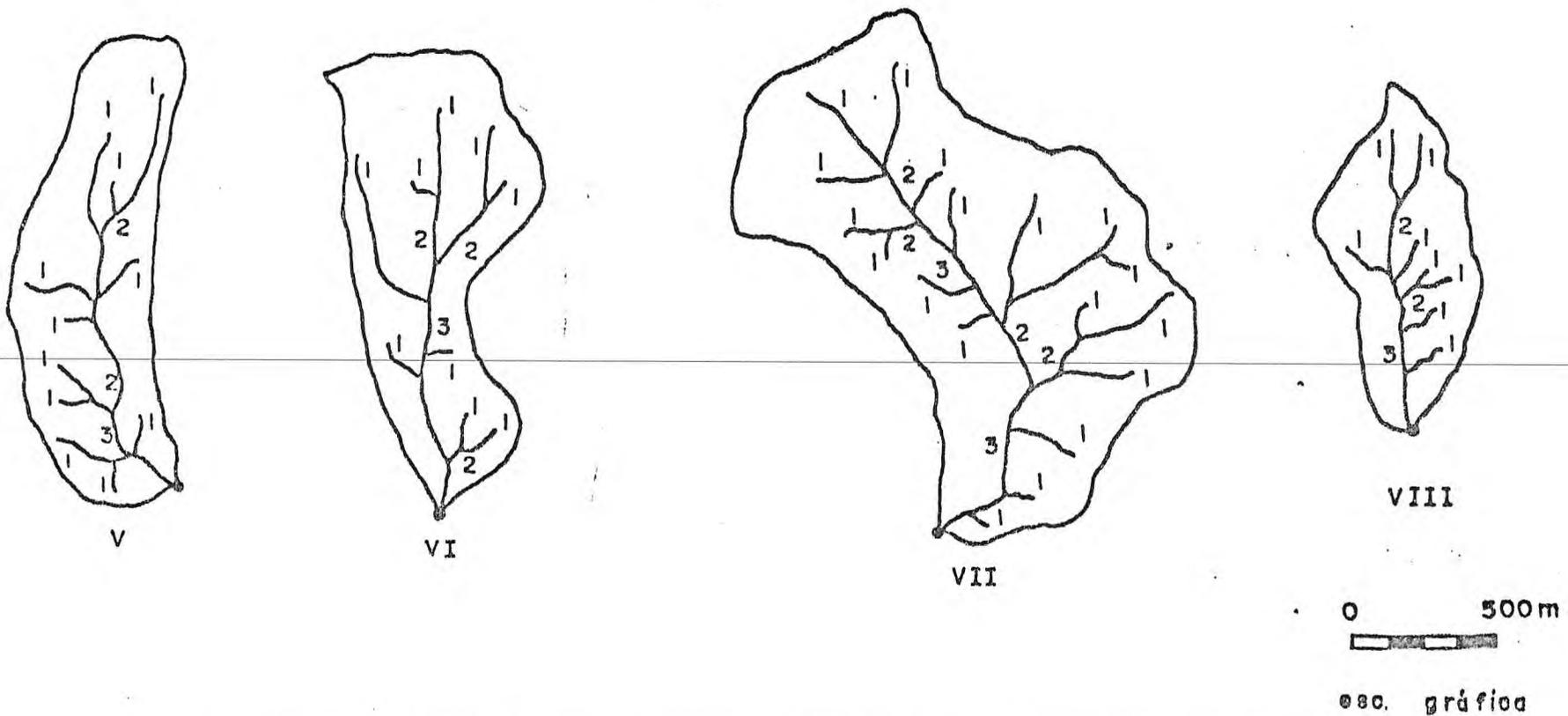


FIGURA 5 - Bacias hidrográficas e respectivas redes de drenagem, em solo Bruno Não Cálculo, no município de Independência.

TABELA 6 - Características dimensionais das bacias hidrográficas representativas das unidades de solos estudadas.

| Unidade de Solo | Bacia Hidrográfica | Maior Comprimento (C) Km | Maior largura (L) Km | Comprimento de Rios | | Perímetro (P) Km | Área (A) Km ² |
|-----------------|--------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|--------------|------------------|--------------------------|
| | | | | Principal (Cp) Km | Rede (Cr) Km | | |
| PVA | I | 1,65 | 1,52 | 1,60 | 5,00 | 4,80 | 1,44 |
| | II | 2,05 | 1,20 | 2,00 | 5,20 | 5,60 | 1,46 |
| | III | 2,85 (1,98) | 0,88 (1,23) | 2,80 (1,90) | 6,40 (5,55) | 6,40 (5,45) | 1,60 (1,49) |
| | IV | 1,40 | 1,32 | 1,20 | 5,60 | 5,00 | 1,49 |
| NC | V | 1,62 | 0,52 | 1,50 | 3,12 | 3,75 | 0,72 |
| | VI | 1,50 | 0,72 | 1,25 | 3,25 | 4,00 | 0,76 |
| | VII | 2,00 (1,59) | 0,97 (0,69) | 1,75 (1,37) | 6,00 (3,53) | 5,25 (3,87) | 1,57 (0,87) |
| | VIII | 1,25 | 0,55 | 1,00 | 1,75 | 2,50 | 0,45 |

Nota: Os valores entre parenteses representam a média aritmética dos dados observados.

TABELA 7 - Características não dimensionais das bacias hidrográficas representativas das unidades de solos estudadas.

| Unidade de Solo | Ordem (w) | Bacia Hidrográfica | Forma Aproximada | Simetria das Vertentes |
|-----------------|----------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| PVA | 3 ^a | I | triângulo isósceles | Pouco-simétrica |
| | 3 ^a | II | trapezoidal | Pouco-simétrica |
| | 3 ^a | III | reniforme | Assimétrica |
| | 3 ^a | IV | triângulo isósceles | Assimétrica |
| NC | 3 ^a | V | retângulo | Pouco-simétrica |
| | 3 ^a | VI | triângulo retângulo | Pouco-simétrica |
| | 3 ^a | VII | retângulo | Assimétrica |
| | 3 ^a | VIII | paralelogramo | Pouco-simétrica |

NC. O relevo se apresenta forte ondulado a montanhoso naquela unidade de solo, no que discorda HORTON (1945)³² dos resultados obtidos, com relação ao relevo. Observa-se, também, um certo controle estrutural e geológico na unidade de solo PVA, influenciando as características das bacias hidrográficas. Nota-se que a menor relação infiltração/deflúvio, favoreceu o prolongamento dos canais de drenagem nos solos PVA, formando bacias hidrográficas maiores que as estudadas em solo NC. A maior resistência da unidade de solo NC à erosão, associada a maior possibilidade de infiltração, menor proteção do solo e condições de semi-aridez da área, influenciaram a gênese do sistema de drenagem, onde denotamos que os valores das características dimensionais são menores que os observados no solo PVA, embora o relevo se apresente suave ondulado, concordando em parte com observações de HORTON, (1945)³². Observa-se, também, um certo controle topográfico nas bacias da unidade NC, uma vez que a velocidade de infiltração da água neste solo, é afetado, principalmente pelas condições de superfície e características do perfil do solo, concordando com as observações de PARR & BERTRAND, (1960)⁴¹. Os valores quantitativos encontrados por CORRÊA, (1979)¹⁹ estudando, também, bacia hidrográfica em solo Bruno Não Cálcico, são semelhantes as médias encontradas para as bacias aqui estudadas.

As características não dimensionais apresentadas na Tabela 7, mostram certa variação quanto à forma e simetria das vertentes. As variações observadas na unidade de solo PVA podem ser atribuídas a prováveis controles estrutural e geológico. Já no caso da unidade de solo NC, estas variações parecem refletir a presença do controle topográfico.

4.2 - Composição das redes de drenagem

4.2.1 - Número de segmentos de rios

Na Tabela 8, estão apresentados os números de segmentos de rios observados em cada ordem e o número total para as bacias hidrográficas, além das médias ponderadas em relação à área das bacias.

FRANÇA, (1968)²⁵ afirma serem comparáveis as redes de drenagem com mesma ordem de ramificação. Verifica-se no presente estudo muita semelhança nos resultados obtidos para as unidades PVA e NC, dificultando a separação desses solos pelo número de segmentos de rios. Observa-se na Tabela 8, que os resultados obtidos para a unidade PVA são ligeiramente superiores aos obtidos para NC, mormente se considerarmos os valores calculados para a média ponderada. Tal fato, vêm confirmar as observações de HORTON, (1945)³² VASQUES FILHO, (1972)⁵⁷ e FREIRE, (1977)²⁶ que afirmam ser ainda necessários, para a caracterização das redes de drenagem, os valores de densidade e frequência de rios, discordando das observações apresentadas por FADEL, (1972)²⁴ LEÃO, (1973)³⁴ GEVAERD, (1974)³⁰ e SOUZA, (1975)⁵³.

Segundo SOUZA, (1975)⁵³ o número de segmentos de rios é diretamente proporcional às suas declividades. Observando-se a Tabela 8, verifica-se uma concordância com as observações de SOUZA, (1975)⁵³ embora que a superioridade no número de segmentos de rios observadas na unidade PVA seja diminuída. Nota-se que, o número de segmentos de rios não foi influenciado apenas pela declividade, devendo-se considerar também, a resistência do solo à erosão, segundo afirma HORTON, (1945)³² condições de superfície e características do perfil do solo que afetam a velocidade de infiltração da água no solo, de acordo com PARR & BERTRAND, (1960)⁴¹.

TABELA 8 - Número de segmentos de rios observados em cada ordem e número total, para cada bacia hidrográfica e a média ponderada em relação à área da bacia.

| Ordem (w) | NÚMERO DE SEGMENTOS DE RIOS EM CADA ORDEM (Nw) | | | | | | | | | |
|-----------------|--|----|-----|----|--------------------|----------------------------|----|-----|------|--------------------|
| | Bacias hidrográficas em PVA | | | | Média Ponderada | Bacias hidrográficas em NC | | | | Média Ponderada |
| | I | II | III | IV | | V | VI | VII | VIII | |
| 1. ^a | 13 | 11 | 17 | 13 | 13,58 | 11 | 9 | 18 | 8 | 13,32 |
| 2. ^a | 4 | 2 | 5 | 3 | 3,53 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3,32 |
| 3. ^a | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,00 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,00 |
| TOTAIS | 18 | 14 | 23 | 17 | 18,11 | 15 | 13 | 23 | 11 | 17,64 |

O resultado obtido para a média ponderada do número de segmentos de rios da unidade de solo NC, é semelhante ao encontrado por CORRÊA, (1979)¹⁹ na mesma unidade de solo.

4.2.2 - Comprimentos totais de segmentos de rios

Os comprimentos totais de segmentos de rios, observados em cada ordem e bacia hidrográfica, com respectivas médias ponderadas em relação a área da bacia, estão indicados na Tabela 9.

A Tabela 9, mostra que a média ponderada em relação à área das bacias, para os comprimentos totais, decrescem da unidade PVA para a NC. Os maiores comprimentos totais são observados para os segmentos de 1.^a ordem em todas as unidades de solo, havendo, em geral, decréscimo desta para os valores dos segmentos de 2.^a ordem de ramificações.

Embora a unidade de solo PVA se encontre em relevo forte ondulado e montanhoso, os comprimentos totais de segmentos de rios encontrados são maiores que nas unidades NC, em relevo suave ondulado, contrariando, quanto ao relevo as observações de HORTON, (1945)³². Deve-se, no entanto, evidenciar que a relação infiltração/deflúvio, a participação do controle topográfico, estrutural e geológico, como também, as condições de superfície, clima e do perfil do solo, são fatores importantes que afetam a gênese dos sistemas de drenagem, conforme argumentam HORTON, (1945)³² e PARR & BERTRAND, (1960)⁴¹. Tudo indica que os solos PVA apresentam menor relação infiltração/deflúvio, aliado ao maior regime pluviométrica e presença de certo controle estrutural e geológico, condicionaram maior extensão de suas redes de drenagem. Em contra partida, a unidade de solo NC se mostrou com uma rede de drenagem de menor extensão, condicionada, possivelmente, pela maior relação infiltração/deflúvio, aliada ao menor regime

TABELA 9 - Comprimentos totais de segmentos de rios em cada ordem; comprimento total observado em cada bacia hidrográfica e as respectivas médias ponderadas em relação às áreas das bacias.

| Ordem (w) | COMPRIMENTO DE SEGMENTOS DE RIOS EM CADA ORDEM, Lw (em Km) | | | | | | | | | |
|-----------------|--|------|------|------|--------------------|----------------------------|------|------|------|--------------------|
| | Bacias hidrográficas em PVA | | | | Média Ponderada | Bacias hidrográficas em NC | | | | Média Ponderada |
| | I | II | III | IV | | V | VI | VII | VIII | |
| 1. ^a | 2,60 | 3,60 | 2,80 | 3,60 | 3,14 | 2,00 | 2,00 | 3,75 | 1,25 | 2,69 |
| 2. ^a | 1,60 | 0,80 | 1,60 | 1,20 | 1,30 | 0,75 | 0,50 | 1,00 | 0,25 | 0,74 |
| 3. ^a | 0,80 | 0,80 | 2,00 | 0,80 | 1,12 | 0,37 | 0,75 | 1,25 | 0,25 | 0,83 |
| TOTAIS | 5,00 | 5,20 | 6,40 | 5,60 | 5,56 | 3,12 | 3,25 | 6,00 | 1,75 | 4,26 |

pluviométrico da região e presença de certo controle topográfico, como também, nas condições do perfil do solo.

4.2.3 - Comprimentos médios de segmentos de rios

Os comprimentos médios de segmentos de rios em cada ordem das bacias hidrográficas e a média ponderada em relação à área, estão apresentados na Tabela 10.

Os comprimentos médios de segmentos de rios, apresentados na Tabela 10, mostraram diferenças nos valores da média ponderada nos segmentos de 2.^a e 3.^a ordens de ramificação, nas unidades de solos estudadas. A distinção entre as unidades de solo PVA e NC estudadas, pelo comprimento médio, torna-se possível, concordando com as observações de SCHUMM, (1956)⁴⁷ STRAHLER, (1957)⁵⁵ FRANÇA, (1968)²⁵ FADEL, (1972)²⁴ VASQUES FILHO, (1972)⁵⁷ LEÃO, (1973)³⁴ e GEVAERD, (1974)³⁰ discordando, porém, das conclusões de SOUZA, (1975)⁵³ e FREIRE, (1977)²⁶.

Os valores dos comprimentos médios de segmentos de rios crescem, em geral, com o aumento da ordem de ramificação das bacias. Pela média ponderada, observa-se que os comprimentos médios de segmentos de rios são maiores na unidade de solo PVA, estando próximos nos segmentos de 1.^a ordem das duas unidades de solos estudadas.

Os valores médios ponderados dos segmentos de 1.^a ordem apresentados na Tabela 10, evidenciam que o comprimento médio de segmentos de rios não deve ser usado isoladamente na separação de unidades de solos, principalmente porque solos com características morfogenéticas diferentes, apresentaram resultados semelhantes, concordando com observações de FREIRE, (1977)²⁶.

4.3 - Características das redes de drenagem

TABELA 10 - Comprimentos médios de segmentos de rios em cada ordem das bacias hidrográficas e as médias ponderadas em relação às áreas das bacias.

| Ordem (w) | COMPRIMENTO MÉDIO DE SEGMENTOS DE RIOS EM CADA ORDEM, Lm (Km) | | | | | | | | | |
|-----------------|---|------|------|------|--------------------|----------------------------|------|------|------|--------------------|
| | Bacias hidrográficas em PVA | | | | Média Ponderada | Bacias hidrográficas em NC | | | | Média Ponderada |
| | I | II | III | IV | | V | VI | VII | VIII | |
| 1. ^a | 0,20 | 0,33 | 0,16 | 0,28 | 0,24 | 0,18 | 0,22 | 0,21 | 0,16 | 0,20 |
| 2. ^a | 0,40 | 0,44 | 0,32 | 0,40 | 0,39 | 0,25 | 0,16 | 0,25 | 0,12 | 0,21 |
| 3. ² | 0,80 | 0,80 | 2,00 | 0,80 | 1,12 | 0,37 | 0,75 | 1,25 | 0,25 | 0,83 |

HORTON, (1945)³² imprimiu um caráter quantitativo aos processos de formação da rede de drenagem, até então, estudadas somente no aspecto qualitativo de ENGELN, (1942)²³. Aquele autor, baseado nas relações infiltração/deflúvio e nos processos de erosão pelas água correntes, deu nova dinâmica aos princípios que regem os processos de formação da rede de drenagem.

4.3.1 - Características descritivas

As características descritivas das redes de drenagem das unidades de solos, estão descritas na Tabela 11.

Observa-se que, as características: grau de controle, ângulos de junção, angularidade e tipo permitem uma distinção entre as unidades de solos PVA e NC, enquanto as demais características se mostraram insuficientes na separação dos solos.

Nota-se que a densidade nos dois solos é baixa. A unidade PVA apresenta um grau de controle médio, o que denota um certo controle geológico, inclusive apresentando em determinadas junções, ângulos retos, daí o aparecimento do modelo dendrítico modificado.

A utilização das características descritivas na separação de unidades de solos não se apresenta como critério eficaz, mormente devido a ocorrência de semelhança destas características em certos casos. Vale ressaltar, no entanto, que estas características são importantes auxiliares na distinção de unidades de solos, porém as mesmas deverão ser usadas como um complemento neste processo, principalmente pelo caráter regional que estas características estão sujeitas, como foi demonstrado por PARVIS, (1950)⁴² e depois confirmado por SOUZA, (1975)⁵³.

TABELA 11 - Características descritivas das redes de drenagem representativas das unidades de solos estudadas.

| Características | S O L O S | |
|----------------------|-----------------------|-----------------|
| | PVA | NC |
| Grau de integração | alto | alto |
| Densidade | baixa | baixa |
| Grau de uniformidade | pouco uniforme | pouco uniforme |
| Orientação | pouco orientada | pouco orientada |
| Grau de controle | médio | baixo |
| Ângulos de junção | agudos-retos | agudos |
| Angularidade | baixa-média | baixa |
| Tipo ou modelo | dendrítico modificado | dendrítico |

4.3.2 - Características quantitativas

Na Tabela 12, são apresentadas as características quantitativas observadas nas oito bacias hidrográficas estudadas. Todas as características estudadas apresentaram valores maiores na unidade de solo NC.

O estudo destas características tem significado maior, porquanto elimina o caráter subjetivo que se observa quando do estudo das características descritivas das bacias hidrográficas.

Os dados da característica, frequência de rios, observados na Tabela 12, são os valores mais dispersantes, o que pode permitir uma separação das unidades de solos estudadas, concordando em parte com observações de FRANÇA, (1968)²⁵ MARCHETTI, (1969)³⁷ FADEL, (1972)²⁴ VASQUES FILHO, (1972)⁵⁷ LEÃO, (1973)³⁴ GEVAERD, (1974)³⁰ SOUZA, (1975)⁵³ e FREIRE, (1977)²⁶.

HORTON, (1945)³² e STRAHLER, (1964)⁵⁶ preconizam a necessidade de se estudar a densidade de drenagem e frequência de rios, para diferenciar unidades de solos. Os valores observados na Tabela 12, para estas características, concordam com as observações de HORTON, (1945)³² e STRAHLER, (1964)⁵⁶ uma vez que o uso isolado da densidade de drenagem não permite, com segurança, a separação das unidades de solos estudadas, discordando dos resultados obtidos por SOUZA, (1975)⁵³ KOFFLER, (1976a)³³ e FREIRE, (1977)²⁶.

Os resultados apresentados para a razão de textura e razão de textura média na Tabela 12, não se mostram evidentes na separação das unidades de solos PVA e NC, discordando das observações de SOUZA, (1975)⁵³ e KOFFLER, (1976a)³³. Observou-se a mesma classe de textura topográfica nas duas unidades de solos. Os valores encontrados para a razão de textura e razão de textura média, contrariam as observações de FRANÇA, (1968)²⁵ quando ele afirmou que os sistemas de drena

TABELA 12 - Características quantitativas das redes de drenagem representativas das unidades de solos estudadas.

| Características Quantitativas Observadas | BACIAS HIDROGRÁFICAS | | | | | | | |
|--|----------------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| | PVA | | | | NC | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
| 1. Densidade drenagem (Dd) | 3,47 | 3,56 | 4,00 | 3,88 | 4,33 | 4,28 | 3,82 | 3,75 |
| Densidade de drenagem (média) | | 3,73* | | | | 4,05* | | |
| 2. Frequência de rios (F) | 12,50 | 9,59 | 14,37 | 11,41 | 20,83 | 17,10 | 14,65 | 24,44 |
| Frequência de rios (média) | | 11,97* | | | | 19,25* | | |
| 3. Razão de textura (T) | 3,75 | 2,50 | 3,59 | 3,40 | 4,00 | 3,25 | 4,38 | 4,40 |
| Razão de textura (média) | | 3,31* | 3,31** | | | 4,01* | 4,06** | |
| 4. Classes de textura topográfica | | média | | | | média | | |

* média aritmética dos valores observados.

** média ponderada em relação à área das bacias.

gem seriam melhor estudados em mapas básicos de drenagem, por estas características, concordando, no entanto, com FREIRE, (1977)²⁶. FREITAS, (1952)²⁷ afirma que a textura topográfica depende de vários fatores naturais e acidentais que exercem uma dependência local nos resultados. Era de se esperar, classes diferentes de textura topográfica para as duas unidades de solos estudadas, no entanto, tal não aconteceu. Embora os dois solos estejam localizados em regiões bem distintas, quanto aos fatores naturais reinantes, o que se observou foi uma classe média de textura topográfica para ambas as unidades.

Os valores da densidade de drenagem, podem ser classificados, segundo a adaptação realizada por CHRISTOFOLETTI, (1969)¹⁷ como baixa densidade de drenagem para ambas as unidades de solos estudadas, ou seja, PVA e NC, o que indica boa permeabilidade. Como se nota, embora as unidades sejam morfogeneticamente diferentes, apresentam a mesma classificação, o que denota o caráter subjetivo desta característica, quando estudada pela classificação acima.

A classificação da densidade de drenagem aqui encontrada para o solo Bruno Não Cálculo, é idêntica a assinalada por LIMA et alii, (1980)³⁵ estudando bacias hidrográficas, a partir de mapa topográfico, na mesma unidade de solo.

5 - CONCLUSÕES

Com base no material e métodos utilizados, resultados obtidos e discutidos, chega-se as seguintes conclusões:

5.1 - O sistema de drenagem nos Solos Podzólicos Vermelho Amarelo e Bruno Não Cálcico ocorrem com as seguintes características comuns:

- áreas de pequenas dimensões das bacias hidrográficas;
- variação quanto a forma das bacias e simetria das vertentes;
- textura topográfica de classe média;
- densidade de drenagem classificada como baixa;
- grau de integração classificado como alto;
- grau de uniformidade classificado como pouco uniforme;
- rede de drenagem pouco orientada.

5.2 - As características descritivas das redes de drenagem: grau de controle, ângulos de junção, angularidade, tipo e a característica quantitativa - frequência de rios, além dos controles estrutural, geológico e topográfico, são elementos de distinção das unidades de solos estudadas.

5.3 - O número de segmentos de rios, o comprimento médio de segmentos de rios, a razão de textura e razão de textura média, não evidenciam distinção entre as unidades de solos estudadas.

- 5.4 - As bacias de drenagem em solos Podzólicos Vermelho Amarelo, apresentam-se mais desenvolvidas que em solos Bruno Não Cálculo.
- 5.5 - Estudos semelhantes devem ser conduzidos com o objetivo de obter outros padrões e parâmetros para identificação e distinção destes e de outros solos.

6 - ABSTRACT

The present study was conducted in two representative soil unities of Pacoti and Independência counties both of them in the state of Ceará-Brazil. Black and white vertical aerial photographs, in the scales of 1:40.000 and 1:25.000, were used to obtain the information about the arrangement and characteristics of the drainage network.

The Logic Research Method was applied to the selection of the aerial photographs, and the Convergency of Evidency Principle was used in the identification of the photographic images. The results were treated as identification and differentiation criteria of Red Yellow Podzolic and Non Calcic Brown soils. The photoanalytic elements to be studied were obtained from drainage system transcription of water channels of eight of the watersheds representative soil unities. The element analysed and the characterization of the photoanalytical parameters were studied in the drainage networks of the selected watersheds. The elements of differentiation of the soil unities were: the total length of the segment of the water channels, the presence of structural, geologic and topographic controls.

Among the discussed drainage network characteristics, the degree of control, the junction angles, the angularity and the model provided difference between the soils, while the channel frequency was the only quantitative characteristic to provide such differences.

7 - LITERATURA CITADA

1. AMARAL, A. Zingra do & AUDI, Raul. Fotopedologia. In: Moniz A.C. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, Editora da USP, 1972. p. 429-42.
2. AVERY, T.E. Interpretation of aerial photographs. 2. ed. Mimeapolis, Burgess Publishing Company, 1969. 324p.
3. BOMBERGER, E.H. & DILL Jr., H.W. Photo interpretation in agriculture. In: Manual of Photographic Interpretation. Washington, American Society of Photogrammetry, 1960. cap. 11, p. 561-632.
4. BRASIL. Min. de Agricultura. Div. de Pesquisa Pedológica/SUDENE. Div. de Agrologia. Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, 1973. V. 1.
5. ————. Div. de Pesquisa Pedológica/SUDENE. Div. de Agrologia. Mapa exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, 1972. Esc. 1:600.000.
6. BRASIL. Ministério do Exército. Diretoria do Serviço Geográfico. Fôlha de Baturité - Fôlha. SB. 24-X - A.1. 1971. Esc. 1:100.000.
7. BRASIL. Min. das Minas e Energia. Departamento Nacional Produção Mineral. Carta Geológica do Brasil ao milionésimo - Jaguaribe SB - 24. 1974. Esc. 1:1.000.000.
8. BRASIL - SUDENE. Departamento de Recursos Naturais-Divisão de Cartografia. Fôlha SB. 24. H - II - Independência-Ceará, 1967. Esc. 1:100.000.
9. BURING, P. The application of aerial photographs in soil surveys. In: Manual of Photographic Interpretation. Washington, American Society of Photogrammetry, 1960. Cap. 11. p. 633-66.

10. CEARÁ - CETREDE. Microrregião Serra de Baturité - estratégias para desenvolvimento. Fortaleza, 1978. p. 31.
11. CEARÁ. Sec. de Obras e Serviços Públicos. Mapa geológico preliminar do Ceará, 1972. Esc. 1:500.000.
12. CEARÁ - SUDEC. Levantamento exploratório dos solos da zona fisiográfica de Baturité. Fortaleza, 1967. 174 p. (Inclui Mapa).
13. ————. Plano integrado municipal - Município de Pacotí. Fortaleza, Convênio SUDEC/Prefeitura de Pacotí, 1977. 40 p.
14. CEARÁ - Universidade Federal. Centro de Ciências Agrárias. Pesquisa e experimentação com a faveleira; relatório de pesquisa, 2. Fortaleza, 1978. p. 3-89 (Inclui Mapas).
15. ————. Centro de Ciências Agrárias. Pesquisa e experimentação com a faveleira; relatório de pesquisa, 3. Fortaleza, 1979. p. 2-66. (Inclui Mapas).
16. CEPA, Fortaleza-Ce. Projeto de desenvolvimento rural integrado da Serra de Baturité. Fortaleza, 1975. p. 39-46.
17. CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. Not. Geom., Campinas, 9 (18):35-64, 1969.
18. COLWELL, R.N. Photographic Interpretation for Civil Purposes. In: Manual of Photogrammetry. 2. ed., Washington, American Society of Photogrammetry, 1952. p. 535-602.
19. CORRÊA, J.C. Estudo de alguns padrões aerofotográficos de três pequenas bacias hidrográficas no Município de Independência-Ceará. Fortaleza, CCA/UFC, 1979 63 p. (Tese de Mestrado).

20. CRESWICK, W.J. & ROCKWELL, W.H. Applications of aerial photographic techniques to agricultural surveys. In: Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. New York, Mc Graw-Hill, 1959. p. 373-385 apud FREIRE, J.C. Fotointerpretação de redes de drenagem de três solos da Região de Alpinópolis, Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 1977. p. 6 (Tese de Doutorado).
21. CURTIS, L.F. et alii. The description of relief in field studies of soils. J. Soil Sci., Oxford, 16: 16-30, 1965.
22. DUNBAR, R.A. Problems of Interpretation in Tropical Regions. In: Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. New York, Mc Graw-Hill 1959. p. 426-7.
23. ENGELN, D.D. Geomorphology: systematical and regional. New York, Mac. Millan, 1942. 655 p.
24. 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, ESALQ/USP, 1972. 92 p. (Tese de Mestrado).
25. FRANÇA, G. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 1968. 151 p. (Tese de Doutorado).
26. FREIRE, J.C. Fotointerpretação de redes de drenagem de três solos da Região de Alpinópolis, Minas Gerais. Piracicaba. ESALQ/USP, 1977. 136 p. (Tese de Doutorado).
27. FREITAS, R.O. Textura de drenagem e sua aplicação geomórfica. Bol. Paul. Geografia., São Paulo, 11: 52-7, 1952.

28. FROST, R.E. Photointerpretation of Soil. In: Manual of Photographic Interpretation. Washington, American Society of Photogrammetry, 1960. Cap. 5, p. 343-402.
29. FUNDAÇÃO IBGE, Rio de Janeiro-RJ. Enciclopédia dos Municípios Brasileiros - Ceará. Rio de Janeiro, 1959. V. 16, p. 269-74.
30. GEVAERD, I. Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da Região Nordeste Paranaense. Piracicaba, ESALQ/USP, 1974. 110 p. (Tese de Mestrado).
31. GOOSEN, D. Interpretation de fotos aereas Y su importancia en levantamiento de suelos. Roma, Organizacion de las Naciones Unidas para la agricultura Y la alimentacion, 1969. 58 p.
32. HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull. Geol. Soc. Amer. New York, 56: 275-370, 1945.
33. KOFFLER, N.F. Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do Arenito Bauru. São José dos Campos, INPE, 1976a. 150 p. (Tese de Mestrado).
34. LEÃO, S.R.F. Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvidos em dois solos do Distrito Federal. Piracicaba, ESALQ/USP, 1973. 110 p. (Tese de Mestrado).
35. LIMA, F.A.M. et alii. Caracterização dos padrões fotográficos dos solos Bruno Não Cálculo do Estado do Ceará. IV - Drenagem superficial na quadrícula de Independência, Ceará, Brasil. Ciên. Agron., Fortaleza, 10(1) : 69-77, 1980.
36. LUEDER, D.R. Aerial photographic interpretation: principles and applications. New York, Mc Graw-Hill, 1959. 462 p.

37. MARCHETTI, D.A.B. Fotointerpretação de atributos de relevo aplicada a solos da Região de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 1969. 58 p. (Tese de Doutorado).
38. MAXWELL, J.C. The Bifurcation ratio in Horton's Law streams numbers. Trans. Am. Geophys. Un., Washington, 36 : 520, 1955.
39. MILLER, V.C. & MILLER, C.F. Photogeology. New York, McGraw-Hill Book Co., 1961. 248 p.
40. OLIVEIRA, J.B. & ROTTA, C.L. Apreciações generalizadas sobre a variação das características químicas das unidades de solos da Estação Experimental de Limeira. Bragantia, Campinas 32 : 61-92, 1972.
41. PARR, J.F. & BERTRAND, A.R. Water infiltration into soils. Adv. Agron., New York, 12 : 311-63, 1960.
42. PARVIS, M. Drainage pattern significance in airphoto identification of soils and bedrocks. Photogramm. Engng. Washington, 16 (3) : 387-408, 1950.
43. RABBen, E.L. Fundamentals of Photointerpretation. In: Manual of Photographic Interpretation. Washington, American Society of Photogrammetry, 1960. Cap. 3, p. 99-168.
44. RAY, R.C. Fotografias aéreas na Interpretação e mapeamento geológicos. Trad. de Jesuino Felicissimo Jr. São Paulo, Instituto Geográfico e Geológico, 1963. 88 p.
45. RICCI, M. & PETRI, S. Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo, Editora Nacional, 1965. 226 p.
46. ROURKE, J.D. & AUSTIN, M.E. The use of air-photos for soil classification and mapping in the field. Photogrammetric Engineering, 738-47, dec., 1951.
47. SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy. Bull. Geol. Soc. Am., N. Jersey, 67 : 597-646, 1956.

48. SIMONSON, R.W. Use of aerial photographs in soil surveys. Photogram. Eng., 16: 308-15, 1950.
49. SMITH, D.D. & WISCHMEIER, W.H. Rainfall erosion. Adv. Agron., 14: 109-48. 1962.
50. SMITH, K.G. Standards for grading texture of erosional topography. Am. J. Sci., New Haven, 248: 655-68, 1950.
51. SOIL CONSERVATION SERVICE. Aerial photo interpretation in classifying and mapping soils. United States Department of Agriculture, 1966 (Agriculture Handbook 294).
52. SOUZA, M.J.N. de Geomorfologia do Vale do Choró(Ce). São Paulo, Instituto de Geografia/USP, 1975. 121 p. (Tese de Mestrado).
53. SOUZA, M.L.P. Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B Latossólico ocorrentes no Município de Ponta Grossa-PR. Piracicaba, ESALQ/USP 1975. 135 p. (Tese de Mestrado).
54. STRAHLER, A.N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Bull. Geol. Soc. Am., N. Jersey, 63: 1117-42, 1952.
55. ————. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am. Geophys. Un. Washington, 38: 913-20, 1957.
56. ————. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Handbook of applied hydrology. New York, Mc Graw-Hill, 1964.

57. VASQUES FILHO, J. Critérios morfométricos aplicados à fotointerpretação de redes de drenagem em três unidades de solos do Município de Piracicaba(SP). Piracicaba, ESALQ/USP, 1972. 113 p. (Tese de Doutorado).
58. ZINKE, P.J. Photo interpretation in hidrology and watershed management. In: MANUAL of photographic interpretation. Washington, American Society of Photogrammetry, 1960. Cap. 10, p. 539-60.