

Impactos Ambientais na Bacia do Igarapé do Leão/ Manaus-AM : Tendências à Arenização

Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque

Dissertação (Tese) submetida ao corpo docente da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre.

Aprovada por

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Departamento de Geografia Programa de Pós Graduação em Geografia PPGG - UFRJ

Prof.

Antonio José Teixeira Guerra
(Doutor)

Orientador : Prof. Dr. Antônio José Teixeira Guerra

Prof.

Sandra Baptista Cunha
(Doutor)

Prof.

Elmo da Silva Amador
(Doutor)

Rio de Janeiro

1999

Rio de Janeiro
1999

Sumário

- Agradecimentos ; vi
- Resumo; ix
- Abstract; x
- Lista de Abreviaturas; xi
- Lista de Figuras; xii
- Introdução; 1
- 2. Objetivos; 2
- 3. Localização e Delimitação da Área de Estudos; 3
- 4. Histórico da Ocupação (1500 - 1988); 4
 - 4.1 Ocupação Humana e Fatores de Destruição do Ecossistema da Bacia; 8
- 5. Revisão Bibliográfica; 10
 - 5.1. O Solo; 11
 - 5.1.1. Conceitos e Considerações; 11
 - 5.1.2. Fatores de Formação do Solo; 14
 - 5.1.3. Fatores de Destruição do Solo; 17
 - 5.1.4. Erosão; 19
 - 5.1.5. Fatores Ambientais e suas Implicações no Processo Erosivo; 22
- 6. Degradação dos Solos no Brasil e na Amazônia : Antecedentes; 30
 - 6.1. Conseqüências da degradação do solo: arenização; 32
- 7. Área de Estudos : Caracterização Física; 34
 - 7.1. Base Geológica; 34
 - 7.2. Geomorfologia; 37
 - 7.3. Clima; 44
 - 7.4. Vegetação; 49
- 8. Metodologia; 51
 - 8.1. Trabalho de Campo; 51
 - 8.2. Análise de Laboratório; 52
- 9. Resultados e Discussões; 54
 - 9.1. O Processo Erosivo na Bacia; 55

- 9.2. Análise dos Parâmetros relacionados aos fatores *material de origem, cobertura pedológica e topografia*; 55 e 57
- 9.3 Unidades Geomórficas Identificadas na bacia; 62
- 9.4. Uso do Solo e Formas Erosivas; 66
- 9.5. Análise das Condições de Erodibilidade; 80
- 9.6. Aspectos Pedológico das Unidades; 84
10. Processo de Arenização na Bacia; 91
11. Recomendações e Conclusões; 103
- 11.1. Do Ponto de Vista Legal; 103
12. Preservação de Mata Ciliar; 104
- 12.1 Quanto ao Aspecto de Proteção do Solo; 105
- 12.2 Construção de Terraço de Base Larga; 105
- 12.3 Canais Escadouros; 106
- 12.4 Cordões de Vegetação Pemanente; 107
- Bibliografia; 109

Resumo

O presente trabalho procura, de forma objetiva, analisar os processos de degradação ambiental que ocorrem atualmente na Bacia do Igarapé do Leão/Manaus-AM, dando ênfase às alterações ocorridas no solo, devido ao uso inadequado do mesmo.

Utilizando os parâmetros que envolvem *cobertura pedológica, substrato geológico e topografia*, as investigações realizadas durante a execução da tese, permitiram-nos compreender que os processos erosivos na Bacia, derivam da ação combinada entre uso incorreto e composição areno-siltosa dos solos ali presentes.

Ainda que as declividades não sejam elevadas a área apresenta forte risco erosivo; sendo o substrato geológico, de constituição sedimentar arenítica; a composição textural dos solos é acentuada em teores de areia, que diminuem a resistência dos mesmos quando eliminada a cobertura vegetal.

As queimadas, procedimentos comuns na localidade para a limpeza do terreno, têm levado ao aumento das extensões de manchas arenosas resultando em processos de *arenização* na Bacia.

As cartas obtidas permitem visualizar alterações na composição de coberturas vegetais, apresentando formações de campinaranas e capoeirões em zonas de contato com a floresta, estes fatos apontam o aparecimento de novos micro ambientes vegetais, com fraco grau de proteção ao solo por cobertura vegetal. O quadro exposto define alta suscetibilidade do solo à erosão e, conseqüentemente, a baixa resistência em fixar a vegetação, por toda a localidade da Bacia.

Abstract

The present work aims to show an objective way processes of environment degradation that commonly happens at the basin called "Igarapé do Leão", which gives an emphasis to the soil changing, due to its inadequate use.

Using parameters that involve pedological cover, geological substratum and topography, the investigation made during the execution of the referred research allowed us to understand that the erosive processes at the basin derive from the combined action between the wrong use of the soil and its sandy and silty soils.

Although the slope angles are not high, the area shows strong erosive risks, being the geological substratum sandstone and the soil texture is sandy, which reduces their resistance when vegetal cover cleared.

The burns, which are very common in the area for cleaning the soil have led to an increase in the large extension of spots from sanding process at the basin.

The maps show the alteration on the composition of vegetal cover formation of meadows and secondary forest in zones at contact with the forest. These facts have shown the appearing of new micro vegetal environments with a low degree of protection to the soil by vegetal cover. The picture presented defines the high susceptibility of the soils to erosion and consequently the low resistance of fixing vegetation everywhere in the basin.

Lista de Abreviaturas

SUFRAMA - Superintendência da Zona Franca de Manaus

SPVEA - Superintendência de Valorização Econômica da Amazônia

IPEAN - Instituto de Pesquisa Agronômicas do Norte

INCRA - Instituto de Colonização e Reforma Agrária

IPEAOC - Instituto de Pesquisas da Amazônia Ocidental

INPA - Instituto de Pesquisas da Amazônia

DL - Divisão de Levantamento do Exército

IPAAM - Instituto de Proteção Ambiental da Amazônia

Lista de Figuras

- 1 Localização da bacia
- 2 Divisão esquemática da Bacia do Amazonas
- 3 Condições de Isotermia - Estado do Amazonas
- 4 Tipos Climáticos - Estado do Amazonas
- 5 Isoietas
- 6 Afloramento do arenito Manaus
- 7 Aspectos da Cobertura Pedológica
- 8 Mapa Geológico
- 9 Baixos Platôs na bacia
- 10 Mapa de unidade geomórficas
- 11 Voçorocamento nas laterais da estrada
- 12 Croqui de Voçorocas
- 13 Toposequências
- 14 Mapa de localização das Voçorocas
- 15 Gráfico de Infiltração
- 16 Gráfico de Infiltração
- 17 Voçorocamento em estrada
- 18 Sequência representativa de mudança de composição textural
- 19 Mapa de aparecimento de novos micro ambientes
- 20 Depósito arenoso
- 21 Mapa de Grau de proteção do solo por tipo de cobertura vegetal
- 22 Indícios de arenização
- 23 Aspecto das queimadas
- 24 Mapa de uso do solo
- 25 Aparecimento de vegetação diferente
- 26 Campinaranas
- 27 Material arenítico não consolidado

Introdução

Considerada como patrimônio de reserva biológica do planeta e reconhecida sob este aspecto em termos mundiais, a Amazônia tem sido retratada pela grandiosidade de seu ecossistema. Tal grandiosidade é representada por parâmetros como, a área da bacia hidrográfica do rio Amazonas com 6.915.000 Km² e a faixa de abrangência com países sul americanos na ordem de 10.948 km de fronteiras. Com 5.500.000 Km² de floresta tropical úmida, sendo que 60 % deste total encontra-se localizado em território brasileiro, possui a representatividade de 2/3 das florestas tropicais úmidas do mundo, com até 300 árvores por hectare, e 45,5 bilhões de madeira em pé.

Notável se faria a natureza de tais aspectos, se não fosse também grandiosa a fragilidade natural deste ecossistema. Reconhecido tal paradoxo, é necessário compreender que o planejamento preliminar das ações humanas nos ambientes amazônicos, constitui critério básico para a garantia de sobrevivência desta reserva.

Entretanto, esta é uma proposta que não tem sido concretizada de modo eficaz, diversas modalidades de impactos têm sido constantemente visualizadas no meio amazônico.

Na tentativa de oferecer elementos que subsidiem discussões de mudança desta situação, o presente trabalho procura investigar e registrar alterações ecossistêmicas ocorridas em uma área situada no setor central do estado do Amazonas, estudando as condições de fragilidade de seus solos.

Para melhor entendimento dos assuntos aqui abordados este trabalho é apresentado em quatro partes, definidas da seguinte forma: a primeira corresponde aos objetivos, localização e ocupação da área; a segunda à revisão de literatura; a terceira à descrição dos estudos, levantamentos, tratamento dos dados e resultados obtidos, ressaltando-se neste item que todos os resultados gráficos inclusive as cartas temáticas foram organizados pela autora, visto que a literatura sobre o local era praticamente inexistente. A última refere-se às recomendações feitas para preservar e amenizar problemas de degradação dos solos na área.

2. Objetivos:

A finalidade deste trabalho, é desenvolver um estudo de impactos ambientais na bacia do Igarapé do Leão, dando ênfase aos aspectos relativos à degradação dos solos na área. Neste sentido, procura investigar através da abordagem *solo-topografia-substrato geológico*, os fatores responsáveis pela incidência de incisões erosivas neste ambiente.

Visa ainda, através de uma análise interativa, conhecer de modo específico o comportamento das propriedades físicas e químicas do solo, na área da bacia, verificando de que forma estas propriedades influenciam o processo de erosão, quando associadas às atividades humanas.

Considerando-se abrangência do tema nos dias atuais, acreditamos que o presente estudo poderá contribuir para outros trabalhos dentro desta temática. Sob este aspecto a Geografia, oferecerá sua parcela de contribuição enquanto ciência, uma vez que sobre a área, especificamente com relação à erosão, são quase inexistentes trabalhos científicos.

Numa visão holística dos problemas ambientais pretende-se possibilitar a aplicação de conhecimentos geográficos no estudo de erosão dos solos, investigando os resultados da ação antrópica no ambiente. Posteriormente, poderemos oferecer informações que subsidiem formas de planejamento adequado, quanto ao uso do solo, definindo melhor o seu aproveitamento.

3. Localização e Delimitação da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Igarapé do Leão localiza-se no Estado do Amazonas, porção norte do Brasil, entre as seguintes coordenadas geográficas: 02°48'22" e 3°00'00" de latitude sul e 59°55'51" e 60°06'30" de longitude oeste (Figura 1).

Com uma área de 10.300 ha, a bacia do Igarapé do Leão encontra-se distante da zona urbana de Manaus, cerca de 37 Km. O perímetro de 61,9 Km da referida bacia hidrográfica, apresenta-se sob a forma de uma elipse, com eixo de direção de drenagem NE-SW. A maior parte de seu curso hidrográfico, está situado entre as rodovias AM-010 (Manaus-Itacoatiara) e BR-174 (Manaus-Boa Vista), correspondendo à faixa de terras intermediárias, entre Manaus e estas localidades.

Embora muito impactado, o curso médio da bacia apresenta uma pequena Cachoeira com desnível aproximado de 3 metros, entalhada sobre formações sedimentares do Arenito Manaus, em forma de pequenos lajedos.

O Igarapé do Leão nasce em zonas delimitadas pelo contato entre superfícies pediplanizadas de NE, e as faixa de depressão central da Amazônia. Após percorrer 25 km aproximadamente, deságua no Igarapé do Tarumã-Açu,

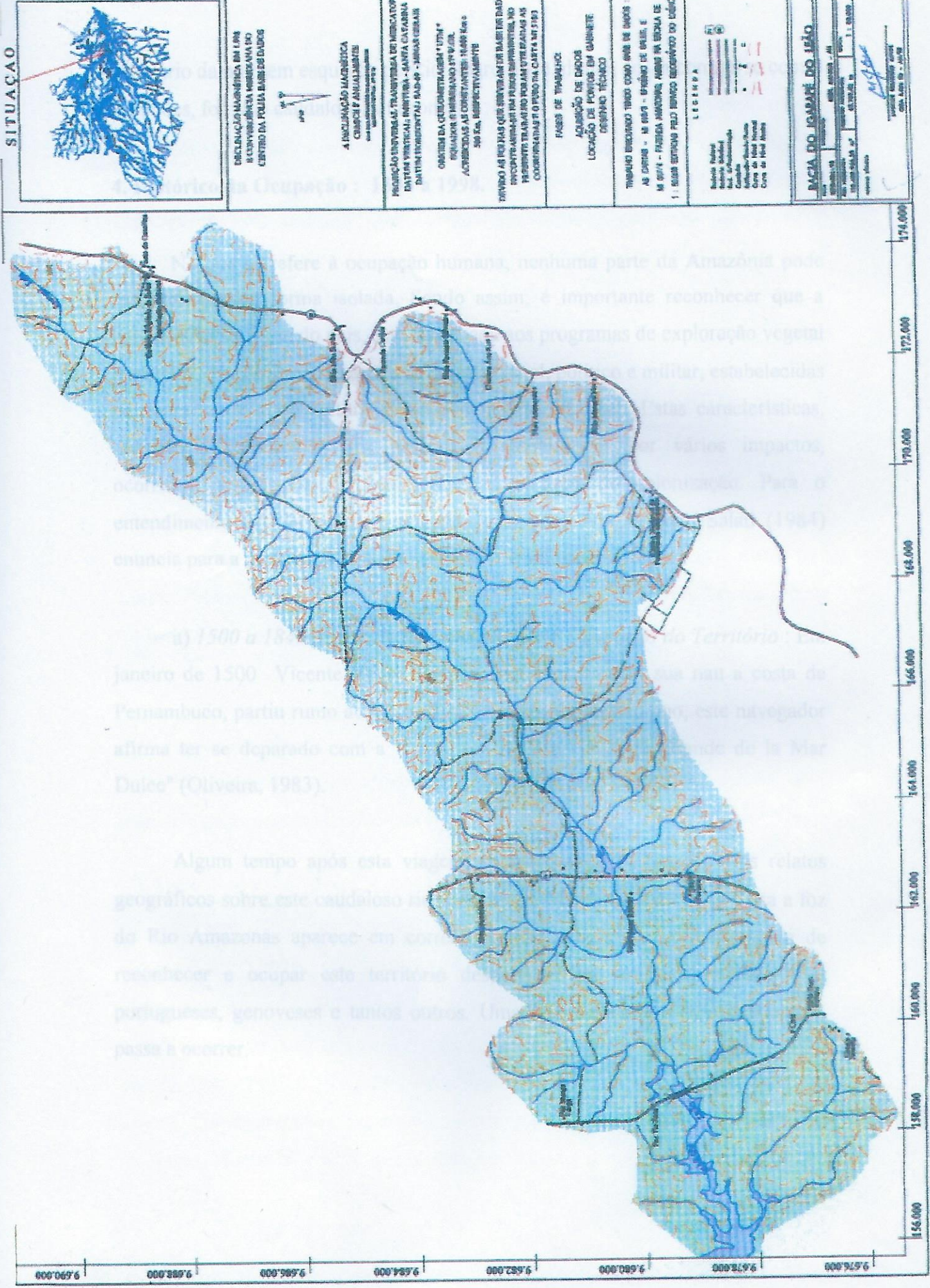


Figura 1 - Localização da Bacia do Igarapé do Leão (Manaus/AM). Fonte: Ministério do Exército

tributário da margem esquerda do Rio Negro. Este último, ao encontrar-se com o Solimões, forma o caudaloso Amazonas.

4. Histórico da Ocupação : 1500 a 1998.

No que se refere à ocupação humana, nenhuma parte da Amazônia pode ser analisada de forma isolada. Sendo assim, é importante reconhecer que a ocupação desta parte do país, está associada aos programas de exploração vegetal e mineral, concomitante às ações de caráter social, político e militar, estabelecidas de acordo com a conjuntura de cada momento histórico. Estas características, definem a composição dos parâmetros responsáveis por vários impactos, ocorridos neste ambiente nos últimos 300 anos de colonização. Para o entendimento das formas de degradação ambiental nesta área, Salati (1984) enuncia para a Amazônia as seguintes fases de ocupação.

a) *1500 a 1840 - Fase de Reconhecimento e Ocupação do Território* : Em janeiro de 1500 Vicente Yañez Pinzon, após tocar com sua nau a costa de Pernambuco, partiu rumo ao Norte. Em fevereiro do mesmo ano, este navegador afirma ter se deparado com a foz de um imenso rio, "Rio Grande de la Mar Dulce" (Oliveira, 1983).

Algum tempo após esta viagem, já aparecem na Europa vários relatos geográficos sobre este caudaloso rio, e no Mapa Mundi de Juan de la Cosa a foz do Rio Amazonas aparece em correta posição geográfica. A necessidade de reconhecer e ocupar este território desperta-se em navegadores espanhóis, portugueses, genoveses e tantos outros. Uma fase de inéditos desvendamentos passa a ocorrer.

Inúmeras descobertas sobre as especiarias, tornam a Amazônia conhecida como o país da Canela (Bittencourt, 1966). Este fato faz Gonçalo Pizarro descer os Andes equatorianos a procura de tal árvore, que representava a promessa de riqueza. Na procura por riquezas a expedição de Francisco Orellana, onde está o participante Frei Carvajal, foi considerada como a primeira expedição a reconhecer todo o curso de tal rio; desde a região andina até a foz onde desembocou em 1542 (Reis, 1972; Porro, 1993).

Prosseguem as navegações ao longo do grande rio, e notícias se espalham pela Europa sobre as descobertas. Posteriormente, com sentido de ocupação militar as expedições portuguesas, fundam entre 1612 e 1802, cerca de 40 fortalezas na região, bloqueando seu acesso por mar. Meio século após a fundação de Belém (1616) os sertões amazônicos passaram a ser objetos das incursões portuguesas, advindas dos núcleos atlânticos preexistentes como São Luiz e Belém (Tocantins, 1963). As rotas preferenciais estiveram ligadas à boca do Igarapé do Tarumã, situado a 30 Km da Barra do Rio Negro.

Outras modalidades de ocupação, foram as missões religiosas e a implantação de colônias agrícolas; estas últimas fracassaram totalmente devido à baixa fertilidade dos solos, aliada ao desconhecimento de técnicas adequadas de manejo e da incidência de doenças tropicais.

b) (1840 - 1955) - Exploração de Produtos Florestais : Esta é uma fase onde houve intensificação do processo colonizatório, devido à exploração da borracha. No intervalo que se estabelece entre os anos de 1840 e 1910, cerca de 600 a 800 mil migrantes penetraram nesta região em busca de prosperidade econômica. É notável o desenvolvimento da arquitetura e urbanismo para esta cidade. Entre 1890 e 1920, Manaus sofre alterações radicais em sua fisionomia urbana. Construíram-se o porto e o mercado. Abriram-se avenidas e urbanizaram-se praças. Novos blocos de quarteirões residenciais e ruas espaçosas ampliaram

marcadamente a primitiva área da cidade. Alguns pequenos igarapés centrais foram aterrados, ao mesmo tempo em que se fez um saneamento extensivo dentro dos moldes preconizados pelo sanitarista Oswaldo Cruz; a capital ganhou iluminação pública e serviço telefônico. É desta fase a construção de prédios como o Teatro Amazonas, e o calçamento de um grande número de ruas. Manaus, firmava-se neste momento como um grande entreposto de exportação de produtos florestais, ao mesmo tempo em que adquiria um importante papel de redistribuidor essencial de todos os produtos vindos do Brasil e do exterior.

Em 1940 a população era de 108 000 habitantes e em 1950 de 110.678, enquanto a de Belém sofre pequeno decréscimo (Ab'Saber, 1953).

A falta de uma estrutura correta de exploração e comércio da borracha, enfrenta sérios problemas quando os seringais da Malásia ultrapassam a produção brasileira. Documentos que relatam a produção deste produto no Brasil e no mundo, registram: em 1898, os seringais da Malásia, produziram 1 tonelada contra 21. 910 dos brasileiros. Posteriormente os asiáticos alcançam a marca de 47.618, ultrapassando, pela primeira vez a produção brasileira em 1913. É o início de um período de decadência econômica para a Amazônia. Estima-se que entre 1920 e 1940 esta região tenha sofrido o mais grave processo de estagnação econômica no norte do Brasil (Benchimol, 1977).

c) *Pós 1950 - Ocupação e Colnização modernas* : A década de 50 se notabiliza por uma série de programas e propostas, de um planejamento sistemático e estratégico para a Amazônia; que culminam com a criação da Superintendência de Valorização da Amazônia - SPEVEA - pela Lei de nº 1.806 em 6 de Janeiro 1953 (Bahiana, 1991).

A meta proposta por esta lei buscava, exploração da madeira, fomento à pesca, aproveitamento da floresta e recursos minerais, implantação da indústria e interligação do Norte ao restante do país, pelo incentivo do capital privado. É constituído assim, o marco da intervenção estatal na Amazônia e a política agora imposta envolvia um pacto em favor da modernização regional (Polamazônia, 1975). Para se ter idéia do fato, o governo Kubitchek destinou, na época, 30% dos investimentos para o setor rodoviário da região, decidindo implantar duas rodovias que foram de importância direta para a ligação do Norte ao restante do Território: a Belém-Brasília e a Brasília-Acre (Stone, 1986). Seguem estas duas rodovias, outras rodovias como: a Transamazônica, a Cuiabá-Porto Velho e a Manaus - Boa Vista, que intensificaram a penetração da Amazônia, diferente do modo tradicional (via fluvial). Esta é uma fase de graves impactos para o ecossistema amazônico, novas levadas de migrantes advindas do sul entram nesta parte do país, incentivados por Programas Agrícolas (Velho, 1983). A procura exclusiva pela posse da terra abre o confronto com populações caboclas e índias ali preestabelecidas.

Atrelados aos grandes projetos agropecuários, que visavam a substituição de florestas por pastos plantados, ocorrem os projetos de exploração mineral (ouro, ferro, bauxita, manganês, cassiterita e pedras preciosas); os projetos industriais (siderurgia, ferroligas e alumínio); os projetos hidrelétricos e a implantação da Zona Franca de Manaus em 1967 (Paiva *et al.* 1991).

Diante do quadro que foi exposto, é notório percebermos que grande parte dos estados do Norte sofreu danos em seu ambiente, a partir do final da década de 60. É exatamente entre as décadas de 80 e 90 que a Bacia do Igarapé do Leão sofre seus maiores impactos, como desmatamento, erosão e assoreamento do rio. A ocupação desta área foi legalizada através do INCRA, que autoriza a posse da terra. Vários sítios e chácaras foram construídos no local, sem considerar a

fragilidade das terras ali presentes, visto que a superfície basal é constituída pelo Arenito Manaus, material bastante friável.

4.1. Ocupação Humana e Fatores de Destruição do Ecossistema da Bacia

Os impactos produzidos na bacia do Igarapé do Leão, devem-se basicamente à implantação de eixos rodoviários. A topografia praticamente plana, que corresponde a espécies de platôs rebaixados, confere à área boas condições para a instalação de projetos desta natureza. A utilização dos interflúvios tabulares, delimitados pelos Igarapés oferecem diversas opções para a implantação de rodovias, que se adaptadas ao relevo regional resultam redução de custos de construção e conservação.

A cidade de Manaus, atua como ponto de convergência das principais rodovias que cortam o Estado do Amazonas, Rondônia e Roraima. Nesta área especificamente existem as Rodovias BR-174 (Manaus-Boa Vista) e a AM 010 (Manaus-Itacoatiara). As feições do relevo, não constituem obstáculos para a ação dos equipamentos mecânicos. A susceptibilidade do terreno às ações intempéricas, e a conseqüente compactação é perceptível pelo grau de oxidação que ocorre ao longo da estrada. A abertura de cortes realizados em alguns trechos permite a visualização, de concreções ferruginosas, medindo de 20 a 50 cm de espessura. A construção de pontes e o aterro dos Igarapés, parecem ter se constituído como a única forma alternativa de resolver o problema dos interflúvios tabulares e dos cursos d'água ali entalhados. A retificação de alguns canais foi trabalhada através da captação dos cursos em grandes tubulões; isto possivelmente irá alterar as condições pluviométricas à medida que, as obras de engenharia ao captarem lençóis de água muito superficiais, podem transformá-los em espécies de barragens, fornecendo maior fluxo de água para a atmosfera. Uma maior quantidade de chuvas, originada pelo represamento da água favorecerá a atuação erosiva, resultando em sulcos ao longo das rodovias. Há em grande parte

dos trechos, a ausência de calhas laterais para o escoamento concentrado de águas pluviais, fato que representa um agravante na manutenção da estrada. Os cortes efetuados deixam desnudas as encostas, onde a ação erosiva permite que as voçorocas adentrem nas laterais da estrada.

5.1 Solo

O descompromisso do Estado com o planejamento na construção de estradas, provocou alterações nas feições locais do terreno, resultando no assoreamento dos canais, e alterando as condições da flora local. Embora estes aspectos, representem sérias formas de impacto, não se constituem no único fator de degradação ambiental. O mais sério destes fatores, se denomina posse da terra. Através do INCRA, a legislação permite a posse da terra a pessoas jurídicas ou físicas, que demonstrem ter realizado benfeitoria na terra requerida. Visando a exploração à longo prazo consideram *desmatamento* como "benfeitoria" na terra solicitada. Desmata-se exclusivamente com a finalidade de assegurar o título definitivo da terra - na grande parte das vezes sem nenhum projeto coerente de exploração racional da área desmatada.

A baixa fertilidade do solo e o rápido rompimento do equilíbrio ecológico após a destruição da floresta, constituem um dos mais sérios problemas para a Amazônia. As resultantes deste processo, são verificadas na compactação do solo e em alguns casos na *arenização* do horizonte superficial.

5. Revisão Bibliográfica

5.1 Solo

5.1.1. Conceitos e considerações

Dentre os mais diversos elementos que compõem o quadro natural, onde se incluem: o solo, as formações vegetais, os canais hidrográficos, as condições climáticas e as formas de relevo; indiscutivelmente, *o solo* tem sido um dos elementos que mais sofre impactos e danos ambientais.

Considerado como o suporte das atividades humanas, se analisado sob a ótica de uma abordagem do tipo sistêmica, *o solo* será o ponto de convergência dos resultados de grande parte das ações não planejadas pelo homem. Os efeitos destas ações podem ser visualizados tanto nos meios de origem biótica como abiótica, seja nas zonas rurais, ou nas zonas urbanas.

Mas, o que podemos entender por solo? Como é formado? Que fatores podem controlar o seu processo erosivo, e conseqüente destruição?

No princípio da civilização, o solo era visto apenas como algo fixo e imóvel situado abaixo da superfície terrestre; é possível que o homem pouco tenha refletido sobre esta camada da terra. Entretanto, é notório que desde seu aparecimento no planeta, o homem tem convivido com o solo, realizando colheitas, construindo habitações e retirando-lhe os recursos oferecidos.

Na condição de agricultores, os primeiros grupos humanos perceberam, de modo gradual, que solos cuja composição era mais arenosa, ou localizados em áreas encharcadas tornavam-se facilmente improdutivos e ficavam endurecidos ao longo dos cultivos.

Sobre a iniciativa dos grupos humanos na condução de melhores cultivos, há antigos documentos romanos, que citam a necessidade de se adicionar materiais como cinza de madeira e esterco de animais ao solo, como método de obter colheitas mais abundantes. No decorrer dos séculos da Idade Média, poucos conhecimentos foram divulgados (Lepsch, 1980).

Prosseguindo os estudos, várias são as considerações dos autores a respeito do solo. Como exemplo destes estudiosos, Lepsch cita: Bernard Palissy (1563), considerou o solo como fonte de nutrientes minerais para a sobrevivência das plantas. Van Helmont (1629), afirmou que as plantas obtinham dois elementos essenciais do solo, para seu desenvolvimento : água e gás carbônico. Esta referência teórica perdurou praticamente, por todo o século XVII no Ocidente. Posteriormente, a "teoria do húmus" elaborada já no século XIX por Tahaer e Von Wullfen, ofereceu subsídios de maior consolidação para as discussões, cuja a temática envolvia o papel do solo. De acordo com estes estudiosos, as plantas, assimilam diretamente do solo restos decompostos de vegetais e animais.

Justus Von Liebig, químico alemão (1840), percebeu que as plantas não retiravam seus compostos nutricionais apenas de restos orgânicos, mas de elementos minerais e o húmus, seria um produto de transição entre a matéria orgânica e o composto mineral.

Após vários estudos e proposições, no ano de 1877 o geólogo russo Dokoutchaiev, ao trabalhar os efeitos da catastrófica seca das estepes Ucrânicas, delimitou posteriormente que o solo configurava-se como: "um corpo completamente diferente do mundo mineral, vegetal e animal, sendo no entanto, um mundo vivo que se desenvolve como resultado da interação de cinco fatores: material parental, tempo, topografia, organismos e clima" (in Lepsch, 1980). Encontravam-se desta forma, estabelecidas as proposições preliminares do conceito de solo.

Na atualidade, as pesquisas cujo o objeto é o solo evoluíram bastante. Hoje, inúmeras são as propostas de investigar os fatores de formação do mesmo e suas implicações nos processos de erosão. A exemplo deste fato, Oliveira *et al.* (1992) citando a definição contida no *Soil Survey Manual* descrevem: "Solo é a coleção de corpos naturais que ocupam parte da superfície terrestre e constituem o meio para o desenvolvimento das plantas. São dotados de atributos resultantes da diversidade de efeitos da ação integrada do clima e dos organismos, agindo sobre o material de origem, em determinadas condições de relevo e em certos períodos de tempo". Para Simonson (1959) a formação do solo, ocorre quando processos definidos por pedogênese atuam de forma combinada sobre o material de origem, através de adições, perdas, transformações, e transporte seletivo. Vieira (1975), ao analisar o conceito de solo, observou que além de corpos naturais os solos são corpos minerais residuais constituídos de matéria viva, sob este aspecto os depósitos aluviais não podem ser considerados como solo, o mesmo critério deve ser seguido para materiais que foram enterrados e que não sofrem ação de matéria viva.

Para Coelho Netto (1994), as partes rochosas expostas na superfície da terra quando sujeitas à ação intempérica, geram mantos de alteração, desse modo, o solo envolve os materiais constituintes do material parental. Este material é composto por milhões de partículas de tamanho diferenciado e constituição

mineral variada, são os cascalhos, areias, siltes e argilas; alguns se apresentam de forma simples, enquanto outros podem se apresentar agregados à argila ou matéria orgânica. Sobre o aspecto da composição, é possível perceber que o resultado dos processos pedogenéticos, associados à capacidade de transporte dos sedimentos, gera solos cujo material pode ser originado *in situ* ou transportado de outros lugares.

Com relação a este fato, verificamos que os mantos de alteração de uma rocha se definem conforme o processo de intemperização que o material de origem oferece. Analisando a intensidade intempérica sobre as superfícies é possível enunciar duas modalidades de intemperização (Vieira, 1975):

a) a *sialítica*, em que a menor intensidade do processo intempérico conduz à formação de solos onde ainda são encontrados, como resultado da decomposição mineral silicatos de alumínio hidratado com regular porcentagem de bases;

b) *alteração alítica*, ao contrário da alteração sialítica, a segunda forma de alteração, determina o processo pelo qual os silicatos, em virtude da forte ação intempérica, desdobram-se em sílica, hidróxidos de ferro e de alumínio. Ocorre então, o rompimento dos silicatos com arraste da sílica e das bases, pela água de percolação e acumulação de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Em definição mais recente, Palmieri (1996) cita: "o solo é um conjunto de corpos naturais tridimensionais, resultantes da ação integrada do clima e organismos sobre o material de origem, condicionado pelo relevo em diferentes períodos de tempo, o qual apresenta características que constituem a expressão dos processos e dos mecanismos dominantes em sua formação. Dentro deste

ponto de vista, o solo é uma parcela dinâmica e tridimensional da superfície, constituído por um conjunto de características peculiares internas e externas.”

Estabelecida a fase de alteração do material parental pela ação das intempéries, ocorrerá em seguida a atuação dos *processos pedogenéticos*, responsáveis pela formação e evolução do solo.

5.1. 2. Fatores de formação do solo

Ao conjunto de fatores que exercem influência na formação e evolução dos solos denominamos *processos pedogenéticos*. Estes processos constituem o objeto de estudo da Pedologia. De maneira geral, são fatores que podem ser visualizados de forma distinta dos mecanismos de alteração da rocha e dos agentes de formação dos solo Camargo (1966), Carvalho (1996); Rezende *et al.* (1995) reconhecem como processos pedogenéticos aqueles mecanismos, cuja atuação é percebida através da evolução e constituição dos perfis e horizontes, que neste caso, são peculiares a cada porção geográfica e situação ambiental da terra. Para estes autores constituem mecanismos da gênese do solo quatro processos assim definidos: *adição, remoção, translocação e transformação*; enquanto, são considerados agentes de formação do solo: *clima, relevo, organismos, material de origem e tempo*.

Com relação ao fator clima, vale ressaltar que é um dos elementos mais atuantes na formação do solo. A diversidade climática em países tropicais como o Brasil, determina a atuação deste fator de maneira direta pela ação da chuva, alta diversidade de temperatura, excedentes e deficiências hídricas. Sob a ação da iluminação solar e dos constantes processos de alteração climática, ocorre o *intemperismo*. Este por sua vez subdivide-se em *intemperismo físico*, em que atuam mecanismos de desintegração da rocha, e o *intemperismo químico* onde as

reações químicas são determinadas principalmente pela água, dentre estas reações as principais são: oxidação, hidrólise, hidratação, carbonatação e dissolução. Existem ainda referência quanto ao *intemperismo biológico*, determinado pela ação da fauna pedônica e endopedônica existente nos solo.

São as condições climáticas presentes em cada local, as determinantes dos mecanismos de desintegração física dos minerais. Esta desintegração é determinada pela constante expansão e retração dos coeficientes de dilatação térmica dos minerais constituintes da rocha. Um dos fatores de maior contribuição para este processo é a *variação de temperatura*, já que grande parte dos minerais sofre aquecimento durante o dia, e resfriamento no período noturno. Para comprovação deste fato, foram efetuadas em locais semi-áridos da Bahia, medições de temperatura em minerais de duas superfícies rochosas, conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1. Variação da temperatura de rochas claras e escuras da região semi-árida da Bahia

temperaturas	17 horas	5 horas
Da atmosfera	36° C	22 °C
Do Norito (rocha escura)	63° C	26 °C
Do Gnaíse (rocha clara)	55 °C	23° C

Fonte : Leinz (1980) in *Geologia Geral*

Estes resultados nos permitem verificar que o processo de esfoliação das rochas, e sua conseqüente desintegração, se acentuam em conformidade aos parâmetros de diminuição e aumento da temperatura dos corpos. A tendência das rochas é sofrer desagregação seguindo suas linhas isotérmicas. Em geral quando

apresentam formato cúbico, a primeira parte a sofrer a ação mecânica são os vértices.

Segundo considerações de Leinz (1980) as variações de temperatura, diminuem à medida que a profundidade do solo aumenta, tendo em vista que a condutividade térmica do mesmo, está relacionada aos parâmetros insolação e nível de cobertura vegetal, encontrados no terreno. As variações térmicas do solo sempre sofrem um atraso em graus quando comparadas às variações de superfícies, geralmente tais variações atingem cerca de 15 a 20 cm em média de profundidade.

Em climas de pouca precipitação, a desagregação do material rochoso acontece concomitante ao transporte de sais, presentes na parte interna da rocha que são transportados até a superfície pelos fendilhamentos.

Em zonas de temperaturas muito frias a água ao congelar-se expande 9% o seu volume, causando uma força expansiva considerável, ou seja -22°C e alcança uma pressão de 2.600 kg/cm^3 . O aumento da pressão hidrostática de 1 kg/cm^3 abaixa o ponto de congelamento de $0,008^{\circ}\text{C}$, determinando a desagregação mecânica das rochas pelo alargamento das diáclases presentes.

Quanto ao fator evolução e desenvolvimento, é possível identificar três estágios de evolução intempérica em uma rocha, até que se alcance como resultado final, o solo. Em uma rocha do tipo cristalina feldspática, por exemplo, a primeira etapa é determinada pelo ataque químico ao feldspato, em um segundo momento há a transformação deste mineral em saibro, embora ainda existam poucos indícios dos componentes do material parental. No terceiro estágio, a rocha se encontra totalmente decomposta, gerando o solo, raros minerais resistem ao ataque do intemperismo químico, o quartzo é um desses minerais. Ao produto

final do intemperismo, que sofreu a atuação dos processos pedogenéticos denominamos solo.

5.1.3. Fatores de destruição do solo:

A atuação dos fatores enunciados no item anterior torna evidente a dinâmica que ocorre na formação do solo. Através da alteração da rocha matriz pelos fatores intempéricos, originam-se no tempo geológico os horizontes do solo. Ocorre assim, uma espécie de "equilíbrio" entre as fases de degradação e deposição.

Entretanto, o aumento das atividades econômicas, o constante crescimento das cidades, associados às altas demandas de necessidades humanas a serem satisfeitas (alimentação, transporte, habitação e outros), têm levado ao rompimento deste "equilíbrio", gerando sérios problemas de impacto e degradação do solo. Referindo-se a esta questão, Guerra (1994) considera que o manejo inadequado do solo tanto em áreas urbanas como rurais, constitui um dos principais fatores da erosão.

Para Primavesi (1989), a razão maior desta destruição quando se fala em zona rural, é a utilização em nossa agricultura das mesmas práticas e do mesmo manejo desenvolvidos para solos frios de regiões temperadas. O fato é que não ocorrem apenas diferenças climáticas e vegetais, mas diferenças de tipos de solo. Genericamente, as regiões tropicais se caracterizam por apresentar argilas do tipo caulinita, enquanto em solos temperados a argila de provável predomínio é a montmorilonita.

Em países tropicais como o Brasil, onde as condições climáticas são favoráveis ao intemperismo, e concomitante a este fato é possível reconhecer a

inexistência de uma política definida de forma adequada, para o gerenciamento, conservação e controle do uso do solo; as condições de destruição tornam-se pronunciadas a cada dia. Estas condições são pertinentes ao favorecimento da erosão, e sob tais condições, impactos de toda ordem estão presentes no solo.

Na verdade, esta camada da terra além de oferecer recursos vegetais e minerais, é responsável pelo recolhimento de todos os tipos de dejetos gerados pelas sociedades humanas. A degradação do solo tem sido um fato que desperta preocupação em todos os países do mundo. Em decorrência de tal fato, diversos países têm buscado diagnosticar os processos de degradação presentes no solo e estudá-los de forma específica para o reconhecimento de suas causas, e possível controle. Esta degradação vem ganhando espaço nas regiões brasileiras; constantemente encontram-se nos jornais notícias de acidentes e deslizamentos, tendo em vista a condição de fragilidade a que o solo é exposto.

Na Amazônia por exemplo, a degradação do solo, apresenta-se cada vez mais acentuada. Nas últimas três décadas esta parte do Brasil, tem despertado forte interesse econômico pela riqueza de recursos naturais disponíveis em seu ecossistema. Se por um lado, a natureza, oferece recursos a serem transformados, por outro, a onda de desenvolvimento, em que o país vive, tem proporcionado a ocupação desordenada deste espaço. A forma inadequada de uso da terra, como queimadas, desmatamentos e monocultura tem revelado severas formas erosivas, que se tornam por vezes irreversíveis.

5.1.4. Erosão

Pelos conceitos que foram expostos na primeira parte deste trabalho, é possível observar que o solo não é um elemento inerte na paisagem. As constantes alterações na superfície podem ocorrer por processos naturais tidos como processos pedogenéticos, ou por processos não naturais, tidos como fatores de origem antrópica (Dorst, 1973). Genericamente, os primeiros fatores encarregam-se, através da energia despendida pelas forças presentes na natureza como água da chuva, intensidade solar e energia eólica, de atuarem no desenvolvimento do solo. Mesmo que em uma primeira etapa ocorram mecanismos de desagregação, estes processos irão constituir um fator definido como *erosão natural* (Moreira, 1992). Ou seja, após uma rocha sofrer desagregação, o material residual, irá compor através da agregação ou sedimentação de partículas, as modalidades de solo que vão aparecendo de acordo com a definição de cada perfil. Os perfis por sua vez, surgem à medida que, os processos de pedogênese definem a composição dos horizontes com as características peculiares a cada grupo de solo.

Observando o fato do processo erosivo iniciar-se a partir do desgaste do solo Kirkby (1984) ao definir a erosão propõe: "a erosão é a remoção do parte superficial do solo pela ação do vento e da água".

É bem verdade, que para as etapas de formação do solo ocorrerem, vários mecanismos irão atuar de maneira harmoniosa e sincronizada. Por mais estranho que possa parecer, a *erosão natural* irá constituir uma das primeiras etapas de formação do solo, enquanto a *erosão acelerada* irá compor as etapas de destruição do mesmo.

A *erosão acelerada*, se deve segundo Evans (1980) à remoção do solo a uma taxa maior que a de sua formação, esta remoção é atribuída principalmente

às atividades desenvolvidas pelo homem. Também conhecida por *erosão antrópica*, é uma modalidade de erosão que atua diretamente na modificação profunda das camadas dos solos, de forma brutal em curtos intervalos de tempo.

A respeito desta categoria de erosão Dorst (1973), cita que Bennett (1939), estudando formas erosivas nas regiões norte-americanas calculou que no decorrer de 150 anos, a erosão acelerada naquele país havia eliminado nada mais nada menos do que 313 milhões de hectares de terras cultiváveis. A gravidade deste fato era que em um só dia, a erosão estendia-se sobre 600 ha aproximadamente (120 dos quais eram terras cultivadas) ou seja 220.000 ha/ano. A *erosão acelerada* é mais perceptível nas regiões intertropicais, onde os solos são mais vulneráveis à ação intempérica e onde ocorrem poucas políticas de conservação e controle de uso do solo (Guerra, 1994).

Um dos exemplos flagrantes da degradação do solo pela ação humana são as voçorocas. Essa ação erosiva define graus de impacto no ambiente que demandam custos e investimento para seu controle. Para se ter idéia do fato, o Departamento de Águas e Energia Elétrica, cadastrou somente para o estado de São Paulo 3.000 voçorocas em 1990, as quais consumiriam para sua estabilização 20% do orçamento do Estado (DAEE/IPT, 1989).

Segundo Brawn (1961), a voçoroca é uma “erosão que se inicia por qualquer depressão do terreno, onde as águas de enxurrada, em função do volume e da velocidade possuem grande força erosiva. De um modo generalizado, Setzer (1942) ressalta que “esta forma de erosão é de fácil ocorrência em terreno pouco acidentado, arenoso, ácido, de cor clara e vegetação natural pobre”. Este tipo de erosão vem atingindo os mais diversos locais da terra, não só nos países subdesenvolvidos como nos desenvolvidos; Guerra (1994) cita que nos últimos anos a erosão tem assumido proporções alarmantes na Grã Bretanha, Bélgica e Alemanha.

Várias são as definições que trabalham o termo erosão, a exemplo, no Vocabulário Básico do Meio Ambiente, Moreira (1992), define como processo erosivo: a desagregação do solo e o transporte dos sedimentos pela ação mecânica da água dos rios (erosão pluvial), dos ventos (erosão eólica), do degelo (erosão glacial), das ondas e correntes do mar (erosão marinha); o processo natural de erosão pode ser acelerar direta ou indiretamente pela ação humana.

A remoção da cobertura vegetal, é um vetor gerado pela ação humana que acelera a erosão. O significado de erosão do *The World Bank* estabelece que "o desprendimento da superfície do solo pelo vento, ou pela água, ocorre naturalmente por força do clima ou do escoamento superficial, mas é muitas vezes intensificado pelas práticas humanas de retirada da vegetação". Para Guerra (1978, in Moreira, 1992) a erosão "é a destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento ou colmatagem, no caso de litorais baías, enseadas e depressões..."; ainda com respeito à erosão edáfica este autor escreve: "é a destruição das partes altas e acúmulo nas partes deprimidas da camada superficial edafizada". Com o objetivo de compreender o mecanismo dos fenômenos erosivos, Foster (1990) diagnosticou como processos fundamentais da erosão: o *desprendimento* provocado pelo fluxo, o *transporte* devido ao impacto da gota de chuva e o *depósito* pelo fluxo. Os processos de desprendimento removem as partículas de solo produzindo sedimentos em massa, enquanto os processos de transporte deslocam sedimentos de seu ponto de origem. O desprendimento adiciona sedimentos à carga de material transportada, enquanto o depósito remove compostos da carga de sedimentos e acrescenta-os à massa do solo. A partir das considerações feitas sobre o significado da erosão é possível reconhecer que mediante a ações inadequadas de manejo do solo, a ação erosiva transforma-se em um dos principais fatores de degradação ambiental; para este reconhecimento é necessário compreender tal fenômeno através da ação dos fatores indicadores do meio, mediante a funcionalidade do elemento solo.

A necessidade de compreender a erosão sob vários enfoques, tem levado a investigação dos fatores que influenciam a susceptibilidade do solo à este fenômeno. De maneira geral, é possível enunciar que a erosão é condicionada principalmente pelas características climáticas, com destaque para a capacidade das chuvas em erodir as camadas do solo definidas como *poder de erosividade da chuva*, e as propriedades do solo definidas por *erodibilidade* as quais definem a capacidade do solo em resistir ou não à ação erosiva

Com referência a este assunto (Resende 1995) enuncia que além das características da chuva (*erosividade*) e dos aspectos relativos às práticas de manejo e a *cobertura vegetal as características do solo e do relevo ou topografia*, são elementos de extrema importância no estudo da erosão.

Sob uma abordagem holística estes fatores controlam a ação erosiva em uma relação de causa e efeito, no sistema funcional do solo. Para entender tal dinâmica é necessário:

- a) compreender as características e propriedades do solo, que o definem como unidade sistêmica potencialmente ativa;
- b) relacionar as variações que ocorrem nesta unidade em uma perspectiva espaço-tempo;
- c) reconhecer como este sistema responde às interferências humanas;
- d) identificar os processos erosivos da área;
- e) implementar técnicas de monitoramento e controle da erosão.

5.1.5. Fatores ambientais e suas implicações no processo erosivo :

Os fatores naturais que definem as variações das taxas erosivas no meio são: *aspectos das encostas, erosividade da chuva, propriedades do solo e*

cobertura vegetal; se de um lado, temos os fatores naturais, por outro, há o fator *ação humana* numa perspectiva social. Será a união desses fatores o vetor de força condicionadora do quadro de impacto no ambiente.

A importância de tais elementos, no desenvolvimento da erosão é diagnosticada de acordo com o grau de influência exercida por cada um deles neste processo. Na paisagem natural, sendo o solo uma unidade sistêmica, é justamente a interação dos vários elementos naturais que controlará a erosão. Na segunda instância, caberá à ação humana o papel de acelerar ou conter a erosão.

Com o objetivo de investigar as implicações das encostas como fator-controlador na ação erosiva Resende (*op.cit.* p. 22) enuncia para esta unidade o seguinte mecanismo erosivo.

- Nas formas côncavas: ocorre maior convergência de águas; a erosão é mais localizada, tendendo a formação de sulcos e voçorocas; a espessura do "solum" tende a ser desigual; há erosão e deposição; a instabilidade é maior, pela ausência de cobertura vegetal densa nas áreas de concentração de águas.
- Nas formas convexas: há divergência de águas; a erosão é mais uniforme e laminar; a espessura do "solum" tende a ser uniforme; há mais erosão. O carregamento de terra em condições comparáveis pode ser menor em encostas côncavas e maior nas convexas.

Ainda com relação às encostas; declividade e comprimento são características relevantes, a exemplo autores como Ellison (1947); Wischmeier e Smith (1958) e Morgan (1977) consideram o ângulo da encosta como uma variável importante para determinar a severidade da erosão, muito embora o seu aumento nem sempre signifique aumento de material a ser erodido. Estudos sobre

a declividade têm demonstrado um aumento da erosão à medida que o ângulo da encosta aumenta, em encostas mais suaves há uma redução das taxas erosivas em torno de 5 % a 10% quando comparadas a encostas mais íngremes; Luck (1979) observou que a maior erodibilidade dos solos ocorria em encostas com 30° de declividade.

Realizando comparações entre latossolos e cambissolos na região de Lavras (MG), Silva *et al.* (1993), verificaram incremento de erosão em sulcos nos latossolos situados em relevos ondulados, que apresentavam pequenas espessuras nos terços inferiores das encostas.

A respeito da complexidade apresentada por estes estudos, Guerra (1994) propõe que a declividade não deve ser um fator estudado de forma isolada, mas, sim relacionado com outros como propriedades do solo, as quais afetam diretamente a quantidade de material a ser erodido. O comprimento da encosta, é outra variável importante. Boardman (1983), ao pesquisar campos ingleses, onde haviam sido removidas as cercas entre propriedades, percebeu o crescimento da erosão em locais onde o comprimento das encostas aumentou de 90 para 220m. Com relação a este parâmetro, Bertoni e Neto (1985) afirmam que o comprimento da rampa tem ação direta nos processos erosivos, pois à medida que aumenta o caminho percorrido, as águas da chuva se avolumam proporcionalmente, enquanto a velocidade de escoamento vai se acelerando progressivamente. Em rampas com declives de 6,5% a 7,5%, para chuvas médias de 1.300 mm as perdas de solo sofreram variações de 13,9 t/ha a 32,5 t/h, à medida que houve o aumento de comprimento de 25 para 100 m. Deve-se ressaltar que grande parte desses estudos foi desenvolvida através da metodologia de parcelas, de tamanho variável entre 30 e 200m.

Além das características das encostas, a chuva é outro elemento de acentuada relevância na erosão, sendo importante fator-controle da regulação do ciclo hidrológico e, conseqüentemente, das condições ecossistêmicas. As características da água precipitada podem provocar uma aceleração maior ou menor das taxas erosivas.

A propósito, Hudson (1961) definiu como *erosividade* a habilidade da chuva em causar erosão. Para avaliar o potencial erosivo da chuva, é importante verificar os parâmetros da erosividade como: total de precipitação (volume), intensidade (volume e duração), regime sazonal ou diário (distribuição), momento e energia cinética. A intensidade tem sido um fator bastante utilizado para prever a perda de material no solo, muitos estudiosos têm buscado chegar a um índice de tempo, onde a chuva inicie seu potencial erosivo. Diversos valores têm sido atribuídos segundo alguns autores : 25mm/h (Hudson, 1961); 10mm/h (Morgan, 1977); e 5mm/h (Boardman e Robinson, 1985). Estas afirmações devem ser criteriosas, dado que outros aspectos como umidade antecedente, propriedades físicas, espessura, erosão anterior e cobertura vegetal podem alterar a capacidade de tolerância do solo em ser erodido pela chuva (Bertoni e Lombardi Neto 1985).

Outro importante fator-controle da erosão são as propriedades do solo. Morgan (1986), chamou este fator de *erodibilidade*, ou seja, as propriedades do solo são determinantes do grau de resistência que o mesmo apresenta em ser removido e transportado. Dentre as diversas propriedades do solo, destacam-se: textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica e estabilidade dos agregados. Estas propriedades não podem ser estudadas de forma isolada, uma vez que se encontram intimamente relacionadas, e por outro lado, não são parâmetros estáticos, pois se alteram ao longo do tempo, daí advir a necessidade de relacioná-las sempre ao fator temporal (Guerra 1994).

Vários autores buscando investigar as interrelações formuladas entre a textura e o grau erosivo no terreno, observaram serem os teores de areia média um dos importantes responsáveis pela erosão. As partículas do solo são igualmente deslocadas pela água, entretanto algumas perdem a coesão mais facilmente do que outras, no primeiro caso incluem-se o silte e as areias finas. Dentro deste princípio Ellison (1947), estima que nas características físicas e químicas do solo, há materiais extremamente destacáveis e outros extremamente transportáveis, fato que estabelece a interdependência entre destacamento (*detachment*), transporte de partículas e natureza do material. Thornes (1980) afirma que a erosão dos solos ocorre em duas fases distintas: a remoção das partículas e o transporte deste material por agentes erosivos.

Estudos de Evans (1979), considerando os teores de argila, estabeleceram que solos com baixas quantidades deste material, isto é, em torno de 9 a 30%, tem menos agregação, são mais transportáveis e, conseqüentemente mais erodíveis. Richter e Negendank (1977) indicaram solos com teores de silte entre 40 e 60% como mais suscetíveis à erosão.

A mineralogia das argilas constitui importante objeto de análise do solo, visto que a expansividade deste composto pode interferir no risco erosivo. Bouyoucos (1935 in Mafra, 1985) formulou enunciado, de que o princípio fundamental condicionante da erodibilidade dos solos seria aquele expresso pela relação areia total, somada ao silte, sobre argila total. A "razão argila", seria um índice que explicaria de maneira satisfatória a erodibilidade dos solos.

Grohman e Catani (1949), utilizando métodos e princípios semelhantes ao de Bouyoucos adotaram como "razão" a fração areia fina, e consideraram este parâmetro como determinante do processo erosivo.

Como foi citado anteriormente, a textura por mais importante que seja, não deve ser analisada isoladamente, sua visualização no fenômeno erosivo deve ser sempre tratada em conjunto aos outros parâmetros, como a matéria orgânica por exemplo. Mesmo sendo um fator bastante complexo, este parâmetro quando considerado como cobertura do solo, será o responsável direto pela redução de temperatura e aumento de umidade na superfície. Deve ser ressaltado que no Brasil, em virtude das condições geográficas são comuns temperaturas de 40°C a 5 cm de profundidade (Lal, 1974); (Sidiras *et al.*; 1984). Este aspecto favorece a quebra da estrutura original do solo.

Pesquisas têm buscado demonstrar os benefícios resultantes da manutenção da cobertura vegetal morta no solo. Dentre as principais vantagens da cobertura na superfície, tem-se a redução das perdas de água por evaporação, diminuição das temperaturas máximas do solo em períodos quentes e secos, chegando a redução de 13°C a 5 cm de profundidade, em comparação com solo descoberto (Braganolo, 1986). A manutenção de umidade na superfície impede o déficit hídrico, amplia a capacidade de regeneração do solo nos cultivos e reduz as perdas por erosão. Estes fatores estabelecem condições favoráveis para o desenvolvimento de ambientes pedobióticos, onde grande quantidade de microorganismos trabalham a decomposição de matéria orgânica.

Considerando-se que a melhoria das propriedades físicas está intimamente relacionada com matéria orgânica e biomassa microbiana, muitos estudiosos têm procurado compreender a importância da fixação de certos elementos químicos, como o nitrogênio na recuperação de solos degradados, pois este composto é o responsável pelo desenvolvimento de bactérias, que por sua vez possibilitam maior umidade e melhores condições de infiltração no solo; (Budowski *et al.* 1984); (Parrota 1992); (Sangina 1992); (Franco *et al.* 1992); (Miller & Jastrow 1992) e (Mazzarino *et al.* 1993).

Os microorganismos podem ser adsorvidos freqüentemente pelas partículas individuais do solo, na superfície ou dentro dos agregados, e as características mineralógicas do solo podem influenciar a sobrevivência de espécies microbianas (Juma, 1993). As células microbianas, principalmente as bactérias, possuem cargas elétricas que interagem com as superfícies dos colóides do solo (Stotzky, 1986). Enquanto os colóides minerais (argilas) adsorvem substâncias tóxicas e oferecem proteção física à fauna, os colóides orgânicos atuam como fontes de nutrientes e contribuem para a agregação do solo. Estudos indicaram relações complexas entre a porosidade e o desenvolvimento de bactérias. A presença de montmorilonita no solo, por exemplo impede a proliferação de fungos (Siqueira e Franco, 1988). As adições de bentonita à superfície demonstraram o desenvolvimento de micro-habitats favoráveis às bactérias, isto deveu-se ao fato do aumento do número de poros com diâmetro menor que $6\mu\text{m}$ (Juma, 1993).

Um outro importante fator-controle do processo erosivo é a cobertura vegetal. Caracterizada como um parâmetro de expressiva importância, pois apresenta-se como elemento de interceptação das chuvas, a vegetação somente permitirá o acesso das gotas precipitadas, ao solo de duas maneiras: atravessamento da copa, que ocorre quando a capacidade de armazenamento de dossel é excedida pela quantidade de água e pelo escoamento do tronco. A parte da chuva que chega a atingir o solo ainda pode ser armazenada pela serapilheira, onde a umidade favorecerá a produção de materiais decompostos e produção de húmus. A natureza da cobertura vegetal, juntamente com as características da chuva, são elementos que se constituem como variáveis-controle do processo de interceptação (Jackson, 1975); (Coelho Netto *et al* 1986); (Miranda, 1992).

Estas características merecem ressalva, uma vez que irão interferir no controle erosivo. Noble e Morgan (1983), perceberam casos de erosão por *splash* maior nas culturas da couve de bruxelas, uma vez que o formato desta folha funcionou como anteparo concentrador da água. Este é um fator que expressa a importância de reconhecermos o aspecto fisionômico da vegetação. Apenas para exemplificar, espécies como as bromélias, acumulam água no interior de sua folhagem e, ao transbordar, alimentam um fluxo contínuo de água que atinge diretamente o solo. No caso das gramíneas, Deus (1991) ao conduzir estudos de simulação de chuvas no Médio Vale do Paraíba do Sul, detectou ao término de três chuvas, sendo cada uma com três horas de duração e intervalo de uma hora entre estas, que o fluxo superficial não foi gerado. Verificou-se deste modo, a eficiência das gramíneas em reter água nos primeiros horizontes do solo, influenciando a capacidade de infiltração. Para a compreensão de todos os mecanismos que compõem o processo erosivo é necessário que se estabeleçam estudos destes fatores, em uma escala de conceitos que trabalhem a visualização do *sistema solo*, em uma perspectiva do geral para o particular, ou vice-versa, realizando-se todas as articulações necessárias para o *diagnóstico* das formas erosivas, *prognóstico* e possível *controle*.

6 . Degradação dos solos no Brasil e na Amazônia : antecedentes

Ocupando uma área de 8.511.965 km², o Brasil caracteriza-se como um país de farta disponibilidade de terras. Embora tal extensão, corresponda aproximadamente a metade do continente sul americano, o Brasil não tem demonstrado preocupação com os constantes problemas de perdas e desgaste de solo, causados pela inadequação de uso deste recurso. Considerado como base das atividades humanas, e como fonte de produtividade agrícola praticamente inesgotável, o solo vem sofrendo desde os tempos mais remotos da civilização, um processo contínuo de desgaste e empobrecimento. Esta situação tem se agravado nas últimas décadas não só no campo, onde se desenvolvem atividades agrícolas, como nos grandes aglomerados urbanos. No campo, a abundância de terras virgens sempre representou um recurso a ser utilizado; comprometida uma área esta era abandonada e se partia para a predação de outra, iniciando-se assim, desde o Brasil Imperial um ciclo desastroso de tratamento do solo. Incluem-se neste plano os ciclos da cana de açúcar no Nordeste, que arrasou a fertilidade das terras úmidas da Bahia até o Ceará, e a expansão da cultura cafeeira na bacia do Paraíba, entre São Paulo e Rio de Janeiro, onde o desnudamento de florestas, acompanhado das formas de cultivo em fileiras de linhas retas perpendiculares às encostas estabeleceu uma disposição do solo extremamente favorável à ação da erosão (Graziano Neto, 1986). Posteriormente, no capitalismo moderno, perduraram métodos de agricultura marcados por um ciclo vicioso de destruição gradativa do solo, que através da mecanização extensiva pressupõe as grandes monoculturas. Proporcionou-se dessa forma, a instabilidade da capacidade produtiva dos solos, por uma estrutura agrária contemporânea, despojada de um projeto de conservação e manejo do solo, comprometida com o abastecimento externo, e estabelecida em três níveis regionais distintos que são : a) sistema de produção agropecuária relativamente desenvolvido do Centro-Sul, que abrange as atuais regiões sudeste e sul; b) o sistema de produção agropecuária tradicional do nordeste e c) o sistema de produção agropecuária vigente nas áreas de

expansão da fronteira agrícola, incluindo o Centro-Oeste e fundamentalmente Amazônia (Szmrecsányi, 1990).

Nos aglomerados urbanos, a situação não se diferenciou muito, o quadro de degradação do solo agravou-se cada vez mais. A concentração industrial no setor Centro-Sul do país, provocou a ocupação intensa das regiões Sul e Sudeste. Receptoras de grandes contingentes populacionais, estas áreas sofrem desastres ambientais manifestados pelos constantes desmoronamentos de encostas, enchentes, assoreamento de canais e erosão, determinados por desmatamentos e conseqüente ocupação de zonas impróprias. O resultado desta prática, é o comprometimento da resistência do solo.

A necessidade de ocupar a parte central do Brasil e seguidamente o setor Norte, impulsiona a partir da década de 60 a descentralização de atividades econômicas do eixo sul e sudeste. Expressa-se assim, o efeito da expansão da fronteira agrícola do Centro-Oeste, da fronteira mineral do Norte e dos incentivos fiscais oferecidos para as regiões do Norte e Nordeste. Em parte, este quadro ressalta a implementação da ocupação da Amazônia, marcada até então por um rudimentar processo de ocupação extrativista.

A partir da década de 60, o setor Norte do Brasil, e fundamentalmente o Estado do Amazonas torna-se receptor de grandes projetos de expansão capitalista. Estes projetos enunciam-se através de: um pólo de extração, que busca expandir a exploração de minérios, madeiras e potencial biológico da floresta, um pólo agrícola, que expressa-se por concessões do governo federal de grandes lotes de terra amazônicas, para a implantação de pastagens e cultivos, e finalmente um pólo industrial implementado pelo governo federal que determina a criação de um centro de indústria e comércio denominado de Zona Franca de Manaus.

6.1. Conseqüências da degradação do solo: arenização

O processo de degradação do solo, vem despertando preocupações cada vez maiores. Neste sentido, cientistas, estudiosos e pesquisadores têm buscado compreender a origem de tal degradação, associando-a à fatores como: a vulnerabilidade natural do solo à erosão e às atividades humanas realizadas sem planejamento prévio e adequado. Surgem assim, diferentes interpretações para explicar fenômenos de alteração na paisagem, que possuem como ponto de partida o solo. Dentre estas interpretações surge o conceito de arenização.

Este conceito segundo Suertegaray (1996), surge para explicar e compreender fenômenos de degradação do solo que vêm ocorrendo no Sudoeste do Rio Grande do Sul, acirrados a partir da década de 70. São fenômenos, caracterizados pelo aparecimento de manchas de areia em grandes dimensões. Esta mesma autora cita que a princípio, a imprensa gaúcha veiculou notícias de que se tratava de fenômenos de desertificação no Brasil.

Segundo conceitos estabelecidos pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (1991), desertificação representa a “degradação das terras áridas, semi-áridas e sub-áridas resultantes dos impactos humanos diversos” (Hulme e Kelly, 1993). Para autores como Balling Jr. (1991) os processos de desertificação estariam ligados a aumento de temperaturas globais. Nichelson (1978) conclui que a desertificação está ligada a fenômenos de ressecamento do lençol freático, em fenômenos observados por ele no Sahel. Sobre a mesma problemática, a Conferência das Nações Unidas (1992) estabelece que “desertificação é a degradação das terras áridas e semi-áridas, resultante de vários fatores inclusive da atividade humana”.

Suertegaray (1987) resgatando os conceitos expostos, observou que o fator climático é pertinente em todas as proposições sugeridas. Posteriormente, partindo da análise de conceitos sobre desertificação e analisando a referida região de estudos (Sudoeste Gaúcho), considerou inadequado o sentido do termo para a interpretação dos fenômenos ali observados; cita esta autora: "A região em estudo não se constitui de uma zona árida ou semi-árida, (precipitações médias anuais de 1400 mm), por outro lado não há evidências confiáveis de que a expansão de tal processo estaria mudando o clima regional (úmido) para um tipo de clima semi-árido ou árido, como indica o conceito de desertificação." Nas análises temporais das condições climáticas locais, não ocorreu evidência de alteração nas temperaturas ou chuvas.

Em síntese Suertegaray (1996), adota o termo arenização para explicar que a formação de areais no Sudeste do Rio Grande do Sul, resulta do retrabalhamento dos depósitos areníticos (pouco consolidados) ou arenosos (não consolidados), que promove, nessas áreas, dificuldade de fixar a vegetação devido a constante mobilidade dos sedimentos. Estes depósitos geralmente se classificam como formações provavelmente quaternárias, que sofrem ação direta de processos hídricos superficiais, particularmente ravinas e voçorocas, responsáveis por alterações morfopedogenéticas na paisagem. O processo de arenização pode ser desencadeado por agentes naturais ou atividades humanas.

No presente trabalho a opção pela utilização do termo arenização, foi feita após observações de alterações na fisionomia vegetal e no sistema pedológico na bacia do Igarapé do Leão. Detalhes serão abordados no decorrer deste estudo.

7. ÁREA DE ESTUDOS

7.1. Caracterização Física

Considerados os aspectos quanto aos antecedentes de destruição do solo, e por tratar-se de uma área de pesquisa inserida na porção central do Estado do Amazonas, procuraremos aqui abordar, através de uma análise que parte do geral para o particular, as formas de ocupação da Amazônia, e os conseqüentes processos de degradação dos solos tropicais, que ocupam esta faixa do Brasil. A Bacia do Igarapé do Leão, local do referido trabalho servirá como ponto demonstrativo deste processo.

7.2. Base Geológica

O reconhecimento geológico da Amazônia, realizado pelo RADAM (1978), identificou no estado do Amazonas, a ocorrência de unidades litoestratigráficas pré-cambrianas, rochas sedimentares que representam a base da Bacia Paleozóica do Médio Amazonas, intrusões básicas mesozóicas e uma extensa sedimentação continental cenozóica.

Estas unidades encontram-se situadas em duas porções geológicas distintas, reconhecidas como: *Cráton Guianês e Sinéclise (Graben) do Amazonas*.

i. O *Cráton Guianês*, localizado na porção setentrional deste estado, tem sua base iniciada por um pacote de rochas pré-cambrianas, que ao sofrerem impetuosa fase erosiva originaram superfícies aplainadas apresentando trechos dissecados em relevo de topo convexo do tipo colinas. Nestas superfícies, destacam-se relevos residuais (*inselbergs*). É limitado ao sul pela sinéclise ou *rift*

do Amazonas. A oeste tem limites geográficos com o rio Orenoco e com os contrafortes andinos. A leste e ao norte com o Oceano Atlântico. Esta vasta região cratônica abrange países limítrofes como Colômbia, Venezuela, República da Guiana, Suriname e Guiana Francesa. As rochas são predominantemente dos tipos migmatitos, gnaisses, granito, granodioritos, anfibolitos e granulitos. Sobre o Complexo Guianense repousa, em discordância angular, seqüência de material metasedimentar (Montalvão, 1979).

2. A faixa correspondente à *sinéclise*, se apresenta como uma extensa área sedimentar que separa o escudo das Guianas, do Brasil Central. Segundo Almeida *et al.* (1967), corresponde à Bacia Intracratônica Amazônica, que se caracteriza por ter seu curso de deposição com origem suposta pré-siluriana (RADAM, Folha SA.20 Manaus, 1978). A sedimentação marinha relativamente calma ocorreu nesta bacia durante o Paleozóico. No início do Permiano o mar começou sua regressão; no Mesozóico com predominância no Triássico e Jurássico, foi palco de um evento tectomagmático, representado por um plutonismo básico, sob a forma de diques, tendo como consequência a formação de dobramentos descontínuos. No final do Cretáceo e durante o Cenozóico esta sinéclise foi palco de uma sedimentação tipicamente, continental representada pelo Grupo Barreiras (Formação Alier do Chão) e Formação Solimões.

Na zona correspondente à faixa de sinéclise merece destaque a extensão da Bacia Amazônica. Esta estrutura sedimentar possui 200 km de largura, de ambos os lados do rio Amazonas. Sua representatividade no quadro geotectônico do Continente sul-americano registra uma área de 6,5 milhões de km². No Brasil apresenta-se como uma vasta porção de terras de 2 milhões de km², onde o Amazonas tem ¾ de seu curso perfeitamente navegáveis. A adaptação da calha hidrográfica às grandes linhas de dobramentos (parte andina) e fraturas (escudos cristalinos), caracterizam-na em seu conjunto como uma rede de drenagem orientada pela tectônica; sendo subdividida em quatro partes ou quatro sub-bacias

Ao término do Paleozóico e início do Mesozóico, o Alto de Monte Alegre que segmenta esta unidade, foi edificado por intrusões magmáticas, em importante fase de reativação tectônica denominada por Almeida (1967) de reativação Wealdeniana e por Schobbenhaus *et al.* (1975) de Sul-Atlantiana. Durante o Cretáceo, a região experimentou pronunciada subsidência formando uma grande área abatida, sede de expressiva sedimentação clástica de ambiente continental. A Formação Alter do Chão, unidade que representa esta sedimentação, ocupa todo o topo da Bacia do Amazonas. Sobre a formação Alter do Chão desenvolveram-se capeamentos lateríticos eluviais, formando depósitos bauxíticos. Condicionada à formação sedimentar existem jazidas de caulim, com percentuais de reserva em torno de 220 milhões de toneladas/ano o suficiente para ser explorado por 100 anos (Bezerra, 1984).

7.3. Geomorfologia

Formas levemente onduladas associadas à exuberante cobertura vegetal da floresta, conferem à Amazônia o aspecto de uma vasta planície, onde a horizontalidade da paisagem reflete-se como um traço marcante. A característica fisionômica, refletida pelo dossel, representa um grande manto verde onde “parece” não existir desníveis entre superfícies topográficas. Para muitos autores, este quadro se apresenta como afirma Ab'Saber (1967; p. 41)

“A Amazônia, caracteriza-se como um grande domínio meritoclímico constituído pelas terras baixas equatoriais florestadas, ou ainda o domínio dos tabuleiros equatoriais florestados”.

Outros autores como Moura (1936); Ruellan (1945); Stenberg (1950); Ab'Saber (1953); Soares (1974); Guerra (1955); Gatto (1989); confirmam a representatividade deste relevo, como uma região de pequenas altitudes, onde

aparecem grandes planícies e baixos platôs, que mesmo totalizando uma área superior a 2 milhões de km², raramente ultrapassam cotas altimétricas de 300m.

Caracterizam-se nitidamente como interflúvios tabulares, alojados em um anfiteatro, onde as regiões circunvizinhas alcançam altitudes em torno 600 ou 700m como o Planalto das Guianas, ao norte e o Planalto Central Brasileiro, ao sul. A oeste, os Andes formam um grande semicírculo com altitudes acima de 4000m. O núcleo sedimentar deste anfiteatro equívale a uma bacia paleozóica que foi retomada pela sedimentação continental neogênica, de modo bastante tardio (Ab'Saber, 1967). Esta sedimentação constitui o resultado de uma intensa fase erosiva, ocorrida nos fins do Terciário, determinante do aparecimento de uma massa detrítica - Formação Alter do Chão.

O fato das áreas adjacentes terem sido rebaixadas por eventos erosivos decorreu da ação conjunta da subsidência da tectônica regional e da pediplanação intertropical. Com base nestes critérios representativos do relevo Ab'Saber (1967) em um dos primeiros trabalhos sobre geomorfologia amazônica - de maneira sucinta e generalizada propôs para esta região, quatro faixas de relevo, com altitudes inferiores a 300m e assim definidas: 1) as largas calhas aluviais do Amazonas; 2) os baixos platôs terciários (tabuleiros); 3) as faixas colinosas e de relevo mais enérgico, ligeiramente cuestiforme, correspondente às áreas de exposição de terreno paleozóicos; e 4) os terrenos cristalinos rebaixados pela pediplanação neogênica e reentalhados pela evolução geomorfológica complexa do Quaternário.

As feições geomórficas da Amazônia na realidade, se estabelecem de forma mais precisa, dentro de um amplo conjunto onde se encontram: *Planaltos em Bacias Sedimentares* - localizados nas bordas da Bacia tanto nos setores setentrionais como meridionais; *Superfícies de Pediplanação* - baixos platôs terciários, encobertos por crostas lateríticas, planaltos residuais; *Superfícies de*

Depressão - faixas de transição ou compartimentação morfológica delimitadas por superfícies que envolvem patamares escalonados entre os platôs e a planície propriamente dita e a *Faixa das Planícies Interior e Costeira*.

Correlacionadas às delimitações acima propostas aparecem: *Planaltos Residuais* - localizados nas faixas norte e sul do domínio amazônico; *Depressões* - situadas na parte Ocidental, e nas margens Setentrional e Meridional da Bacia e a *Planície do Rio Amazonas* (Stenberg, 1957); (Gatto, 1989).

1) *Planaltos Residuais norte-amazônicos*: situados no extremo norte da Amazônia, correspondem a maciços fortemente dissecados, interpenetrados por superfícies de aplainamento, dispostas no setor setentrional dos Estados de Roraima e Amapá, sendo limitados em toda a sua extensão sul com a *Depressão Marginal Norte Amazônica*.

Regionalmente os relevos residuais são conhecidos como serras e geralmente alcançam altitudes variáveis entre 600 e 800m no setor ocidental, e diminuem para 500 e 400m de altitude, no setor oriental.

De forma geral, estes planaltos constituem-se de rochas de origem cristalina e, em alguns casos, de rocha vulcânicas pertencentes à Província Estrutural do Rio Branco. Vertentes intensamente dissecadas por processos de ravinamento e cristas associadas a colinas entalhadas por canais de drenagem de primeira ordem constituem segundo Costa e Melo (1975) o modelado desta área. No setor oeste, esta área compreende blocos dissecados em forma de esplanadas separadas por superfícies mais baixas, onde ocorre o contato com zonas deprimidas, formando desníveis nítidos. Tais desníveis entretanto, não apresentam aspectos de escarpas, configuram-se como blocos esparsos do tipo

inselbergs, isolados por faixas de aplainamento bastante conservadas. A leste, o relevo apresenta-se dissecado em cristas associadas a mesas e colinas também com encostas ravinadas. Este conjunto é marcado por dissecação intensa, e drenagem mais forte, ocorrem aí colinas com topos de menor dimensão. O relevo mostra evidência de uma retomada erosiva, demonstrada pela presença de vales encaixados, rebordos erosivos e ravinas acentuadas (Barbosa, Rennó e Franco, 1974).

2) *Planaltos residuais sul-amazônicos*: Na parte meridional da Amazônia, encontram-se grupos de planaltos residuais representados por uma superfície de relevo caracterizada pela interposição da Depressão sul-amazônica. Constituem ampla expressão de superfície que se estende desde o Estado de Rondônia, passa pelo sul do Amazonas e Pará, projetando-se pelos setores setentrionais da Região Centro-Oeste. Algumas subunidades podem se destacar, como é o caso dos residuais do Alto Rio Guaporé, que constituem relevos dissecados por uma superfície rebaixada. Esta faixa de relevo, compreende uma feição de aplainamento mais dissecado a oeste e mais conservado a leste, entretanto difere-se do setor setentrional por apresentar escarpas de aspecto mais enérgico ocasionadas pela erosão. A Serra do Cachimbo é outra feição local que apresenta-se intensamente dissecada; com topos planos associados a cristas de pequeno porte. Os vales presentes nesta região são largos, planos ou profundos, correspondendo ao piso regional do planalto central. Constituem-se como parte deste conjunto, as Serras dos Carajás, Tapirapé, Sucunduri, Caiabis e outras de importância em projetos de exploração mineral.

3) *Depressões*

Foram classificadas como faixas de depressão para a Amazônia, os compartimentos geomorfológicos que definem o "piso" topográfico regional (Gatto 1989). Para efeito de divisão regional foram delimitadas: a Depressão da

Amazônia ocidental, a Depressão marginal norte-amazônica e a Depressão marginal sul-amazônica.

a) *Depressão da Amazônia Ocidental*: a feição geomorfológica predominante nesta área é de relevos com altimetria em torno de 100m, representado por interflúvios tabulares, onde o grau de aprofundamento da drenagem é muito fraco.

Nas proximidades do rio Solimões aparecem pequenos e baixos terraços (RADAM, 1978). A organização da drenagem nesta localidade é trabalhada por dois importantes rios amazônicos o Solimões e o Negro, ambos submetem-se à faixa de sinéclise da Bacia, com padrões dendrítico e subdendrítico, com os rios maiores apresentando curso meândrico. A densa drenagem da área, ocasiona superfícies de acumulação de sedimentos, inundáveis periodicamente, caracterizando zonas regionalmente designadas por "igapós" amazônicos.

b) *Depressão marginal norte-amazônica*: Apresentando um conjunto bastante extenso de relevo aplainado a oeste e fortemente dissecado a leste; esta superfície estende-se no sentido leste-oeste na faixa litorânea do Amapá e noroeste do Amazonas, ampliando-se pela Guiana, Venezuela e Colômbia. As altitudes variam de 80 a 200 m, sendo interrompidas apenas por algumas formas individualizadas de superfícies residuais como o Planalto Setentrional Amazônico e por blocos isolados do Planalto Amazonas-Orenoco.

As formas de topo plano originaram-se a partir de processos de pediplanação bastante homogêneo, com ocorrência de coberturas arenosas recentes e localizadas, de espessura aproximada entre 50cm a 1m (Nascimento e Prates, 1976). Os platôs desta faixa apresentam-se nivelados e próximos entre si, favorecendo áreas de acumulação inundáveis, de idade plioplestocênica. O

aspecto arenoso do terreno, se destaca de maneira bastante nítida nos chamados campos do Rio Branco, em Roraima. Formações do tipo colina marcam a transição entre os platôs e a zona de planície.

c) *Depressão marginal sul-amazônica*: Processos erosivos condicionados pela estrutura regional e por litologias diversas, definiram para esta unidade superfícies bastante rebaixadas.

No setor oriental, as formas de topo plano estão associadas a colinas, onde a morfogênese é resultante da pediplanação pleistocênica; condicionada pela tectônica, a drenagem apresenta alterações ao longo dos cursos fluviais, com superimposição de trechos com cachoeiras e corredeiras. Os rios nesta faixa de relevo, desenvolvem-se em vales encaixados, formando planícies estreitas. Na parte norte-oriental a Depressão Amazônica, apresenta-se como um conjunto de relevos residuais de dimensões variadas, marcados por contato de vertentes de forte declive e isolados pelas superfícies rebaixadas (Franco 1974). Esta feição do terreno, apresenta-se sob a forma de inselbergs em que o substrato geológico é formado por rochas cristalinas, enquanto que nas áreas de depósitos sedimentares encontram-se com topos conservados. No nível inferior mais abaixo, aparecem os relevos dissecados com topo tabular, de grande extensão, alternados por conjunto de baixas colinas. Na faixa ocidental o aspecto mais acentuado é o das cristas, com considerável aprofundamento da drenagem e vales muito largos. Desenvolve-se em litologias diversas, desde o Pré-Cambriano até os depósitos quaternários; dotada de drenagem pouco eficiente esta zona caracteriza-se pela presença de lagoas que se formam principalmente na estação chuvosa.

4) *Planalto Rio Negro-Jari*: localiza-se entre a margem direita do Rio Negro e as proximidades do Rio Jari. Subdivide-se em duas faixas que correspondem ao setor delimitado entre rio Negro e a cidade de Óbidos. Nesta área as altitudes alcançam 120 e 170m, predominam os interflúvios tabulares

separados por vales largos e de fraco aprofundamento, correspondentes às formas da Formação Alter do Chão; o outro setor localiza-se acima da margem esquerda do Amazonas, constituído pela formação Trombetas, onde aparecem seqüências areníticas e argilosas. Caracteriza-se pela presença de relevos residuais elevados e forma tabular. O contato desta com a Depressão da Amazônia Setentrional é estabelecido por desníveis que, em alguns casos, alcançam dezenas de metros, enquanto que na parte sul, onde o contato é feito com a faixa central da Amazônia e as planícies fluviais ali embutidas, é feito de modo gradativo.

A Bacia do Igarapé do Leão está inserida nesta unidade de relevo, em áreas compostas pela Formação Alter do Chão, e apresenta modelado configurado por formas de topos planos, associados a sedimentos terciários.

5) *Planície do Rio Amazonas*: Constituem as faixas de planícies marcadas por extensa deposição sedimentar que se caracteriza por apresentar colmatagem atual e ativa, onde se destacam lagos, furos, paranás e depósitos lineares. São resultantes da sedimentação holocênica, formadas por argilas, siltes depositados por colmatagem nos lagos e terrenos periodicamente inundados, podendo também apresentar características arenosas nos diques marginais, pestanas ou *pointbars*, constituídos e reconstituídos a cada cheia (Moreira, 1973). Esta superfície de deposição adapta-se à toda compartimentação morfológica da bacia, sendo mais expressiva ao longo do rio Amazonas e seus afluentes da margem direita. A grande quantidade de sedimentos, que se apresenta dentro da bacia, constitui um padrão de colmatagem homogênea, que se reflete na disposição de feixes paralelos, tanto nas margens como no interior dos rios, responsável também pela formação de diques ao longo dos cursos hidrográficos. O padrão de drenagem destes cursos é fortemente irregular, com sinuosidades de grande amplitude, formando grande quantidade de lagos, regionalmente conhecidos como lagos de várzea. Este lagos aparecem onde o adensamento da planície flúvio-lacustre é mais acentuado, ou seja nas partes mais baixas do terreno. O principal tipo de

vegetação que a coloniza é de contato com a Formação Pioneira/Floresta, sobre solos do tipo hidromórfico gleizado.

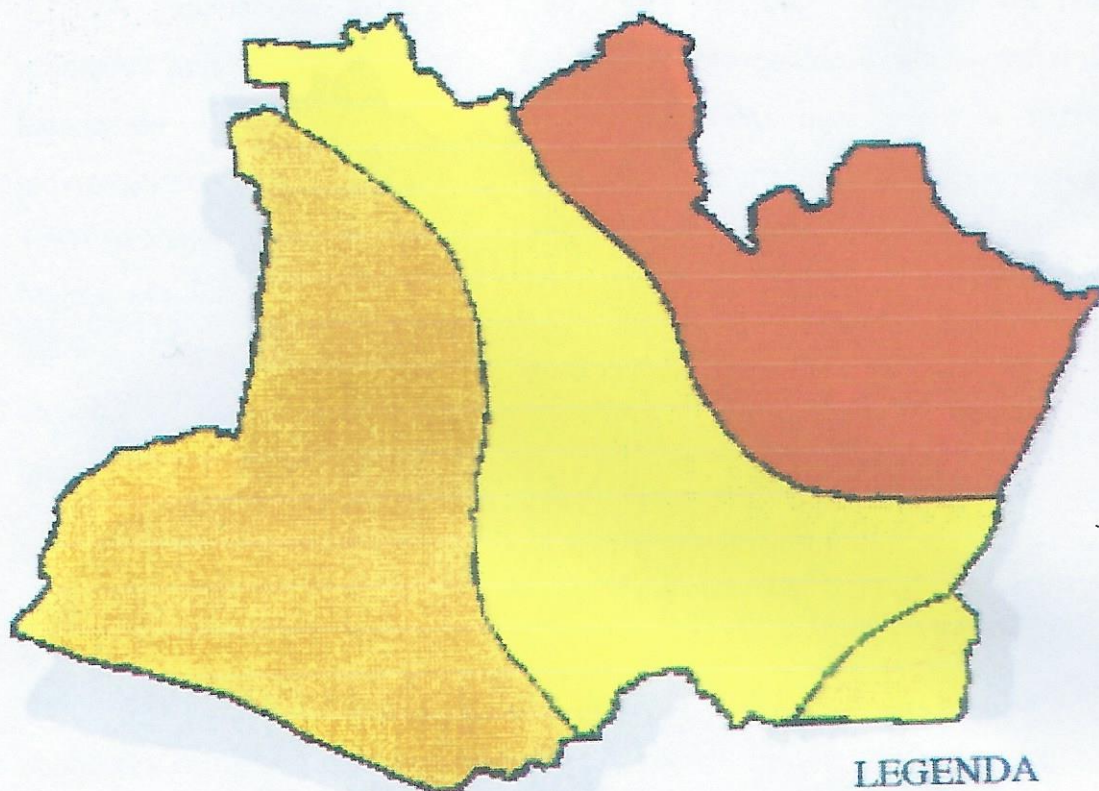
7.4. Clima

Por sua localização equatorial, a região na qual a bacia está inserida a duração dos dias e a quantidade de luz solar recebida, permanecem praticamente constante ao longo do ano. Caracteriza-se assim, por ser uma região que recebe cerca de 2.960h de brilho solar durante o ano (IPEAOC 1972). Há variações da ordem de $885 \text{ cal/cm}^2/\text{dia}$ (máximas) em janeiro, para $767 \text{ cal/cm}^2/\text{dia}$ (mínimas) em junho, tais variações ocorrem de acordo com a nebulosidade. Há assim uma condição permanente de isoterminia, onde as variações de temperatura são reduzidas (figura 3). Estes fatores reúnem características para um clima do tipo Equatorial Quente e Úmido com pouco a moderado déficit de água (IBGE, 1990).




Para a área foram identificados os seguintes tipos climáticos.

O Af (quente - com temperatura média do mês mais frio superior a 18°C e constantemente úmido). O clima Af, quente e úmido, se caracteriza pela inexistência de uma estação seca, sendo delimitado por um mínimo 60mm de pluviosidade do mês mais seco. Tanto a temperatura como a precipitação sofrem o mínimo de variação e mantêm-se em um nível elevado. As amplitudes das temperaturas médias anuais não ultrapassam 5°C . O clima Aw corresponde ao tipo climático quente e úmido, caracterizado por estação seca pouco pronunciada, cujo total anual de chuvas compensa umidade suficiente para permitir a existência de formações vegetais perenifólias. O Am é um tipo climático, intermediário entre Af e Aw, se assemelha ao Af quanto ao regime de temperatura e ao Aw em relação às chuvas. A precipitação do mês mais seco normalmente inferior a 60mm (figura 4).

→ irregularidade de (NIMCR)
Grande Região Norte.



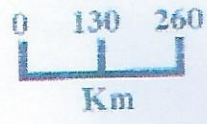
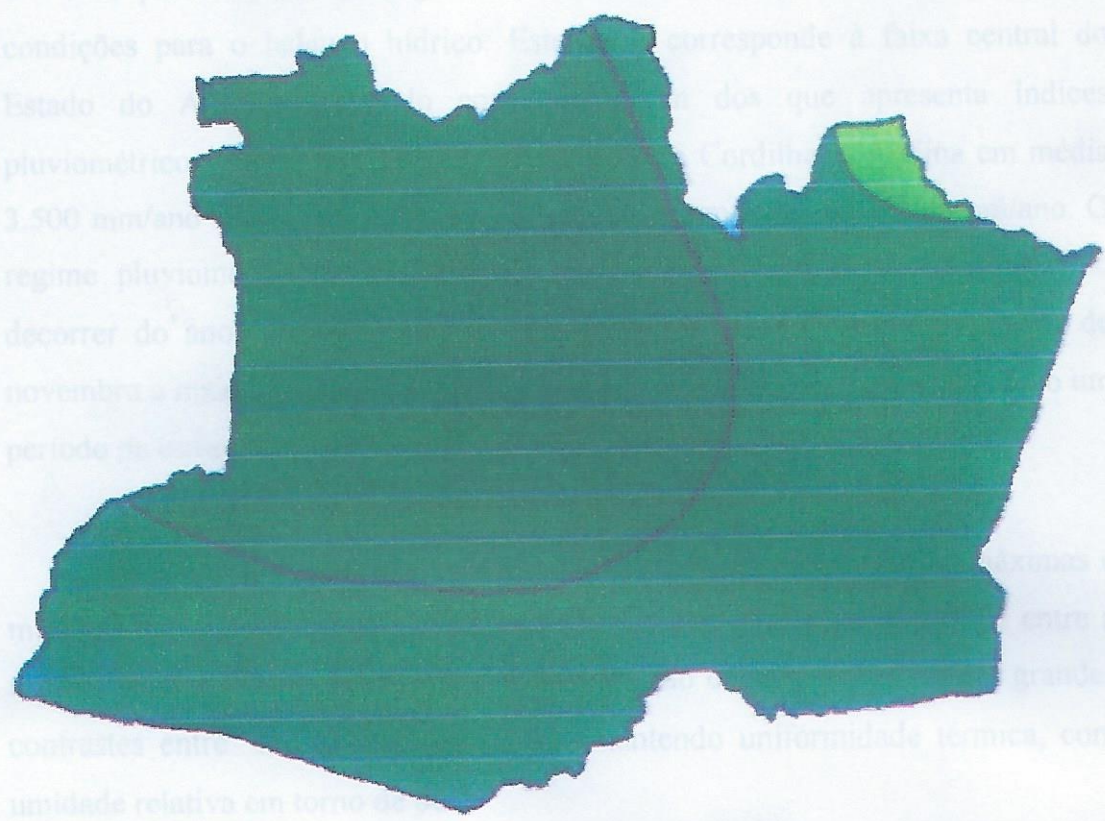
LEGENDA

-  De 26° a 27°
-  De 25° a 26°
-  De 24° a 25°

0 130 260
Km

Figura 3 - Condições de Isotermia - Estado do Amazonas / Fonte: INEMET - 1997

A pluviosidade da região é de 2.100 mm/ano, resultando em boas condições para o balanço hídrico. Essa corresponde à faixa central do Estado do Amazonas, que apresenta índices pluviométricos superiores a 2.000 mm/ano. O regime pluviométrico ocorre de novembro a maio, decorrer do mês de novembro a maio, período de maior precipitação. O clima é caracterizado por altas temperaturas e alta umidade relativa em torno de 80%.



LEGENDA




-  Af
-  Am
-  Aw

Figura 4 - Tipos Climáticos - Estado do Amazonas / Fonte: INEMET - 1997

A pluviosidade da região é de 2.101 mm/ano, resultando em boas condições para o balanço hídrico. Este setor corresponde à faixa central do Estado do Amazonas, sendo considerado um dos que apresenta índices pluviométricos inferiores aos dos contrafortes da Cordilheira Andina em média 3.500 mm/ano e da faixa litorânea da Amazônia em torno de 3.250 mm/ano. O regime pluviométrico local apresenta duas estações em épocas distintas no decorrer do ano uma de chuvas abundantes durante o período que vai de novembro a maio e a outra correspondente aos meses de julho a agosto, como um período de estiagem (figura 5).

As temperaturas apresentam valor médio de $26,7^{\circ}\text{C}$ e para as máximas e mínimas de $31,2^{\circ}\text{C}$ e $23,5^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Os valores de amplitude entre a maior e menor média de temperatura mensal, não chegam a apresentar grandes contrastes entre meses quentes e frios, mantendo uniformidade térmica, com umidade relativa em torno de 80%.

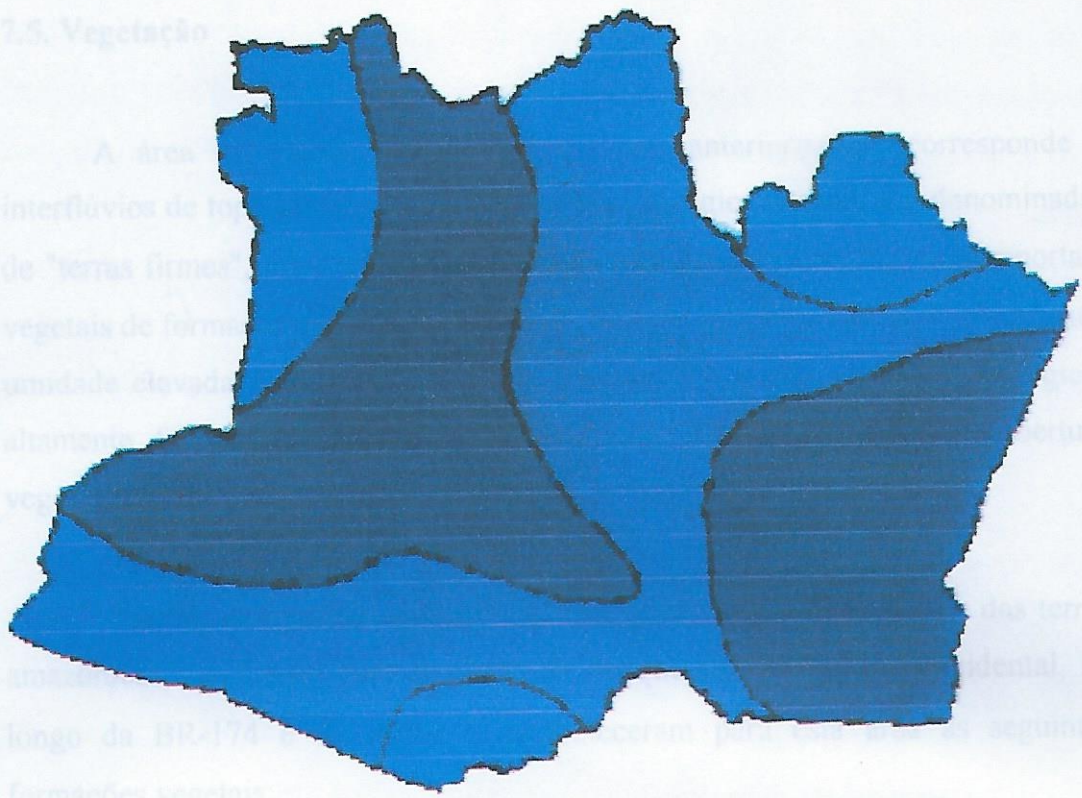


Figura 5 - Amazonas - Estado do Amazonas / Fonte: INECEL - 1992

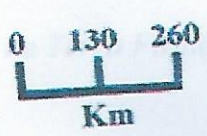
2.5. Vegetação

A área... corresponde a interflúvios de terras firmes... denominadas de "terras firmes"... vegetais de forma... unidade elevada... alturas... vegetação...

... das terras... oriental, ao longo da BR-174... algumas formações vegetais...



LEGENDA



- < 2.000mm
- 2.000 a 2.500mm
- 2.500 a 3.000mm
- > 3.000mm

2.5.1. Floresta Equatorial Úmida

Esta é uma formação predominante na bacia... luxuriante e uniforme no âmbito geral. Entretanto, amostragem local, evidenciam grande diversidade... mesmo, em curtas distâncias. Segundo (Bohrer, 1971) por seu porte foi denominada por Humboldt e Bonpland (1806) de *Hylea*, posteriormente Martius (1920) a definiu de *Nayada*. Também recebe outras denominações como *floresta densa tropical úmida*, *floresta ombúfila* ou *floresta latifoliada*. O fato do ciclo biológico estar estritamente interligado ao clima, fez com Richard (1952) a denominasse como *rain forest*.

É constituída por abundante vegetação, que a primeira vista, poderia evidenciar a existência de solos férteis, que se repousa sobre solos de baixa...

Figura 5 - Isoietas - Estado do Amazonas / Fonte: INEMET - 1997

7.5. Vegetação

A área de estudo, como já foi citado anteriormente, corresponde a interflúvios de topo horizontalizados, estas áreas regionalmente são denominadas de "terras firmes", uma vez que não sofrem inundações periódicas e comportam vegetais de formação densa e estratificada. Fatores como pluviosidade abundante, umidade elevada, latitude baixa e relevo suave, oferecem condições ecológicas altamente favoráveis para o desenvolvimento de uma exuberante cobertura vegetal existente na bacia, até o início da década de 80.

Relatórios sobre o levantamento das potencialidades agrícolas das terras amazônicas, realizados pelo Instituto de Pesquisa da Amazônia Ocidental, ao longo da BR-174 e da AM-010 estabeleceram para esta área as seguintes formações vegetais:

7.5.1. Floresta Equatorial Úmida de Terra Firme

Esta é uma formação predominante na bacia, apresentando aspecto denso, luxuriante e uniforme no âmbito geral. Entretanto, observações e análises de amostragem local, evidenciaram grande diversidade no conjunto das espécies mesmo em curtas distâncias. Segundo (Bohrer, 1991) por seu porte foi denominada por Humboldt e Bonpland (1806) de *Hylea*, posteriormente Martius (1920) a definiu de *Nayades*. Também recebe outras denominações como *floresta densa tropical úmida*, *floresta ombrófila* ou *floresta latifoliada*. O fato do ciclo biológico estar estritamente interligado ao clima, fez com Richard (1952) a denominasse como *rain forest*

É constituída por abundante vegetação, que a primeira vista, poderia evidenciar a existência de solos férteis, no entanto repousa sobre solos de baixa

fertilidade natural. A manutenção desta vegetação, se dá por meio de ciclo biológico solo-planta, devido à acumulação, decomposição e incorporação ao solo, de detritos orgânicos, que fornecem elementos nutritivos necessários para as plantas, regulando a conservação dos mesmos, não permitindo rápida lixiviação. Na sua estrutura, a característica fundamental é dada pelas fanerófitas, que se desenvolvem sem proteção especial contra seca e folhagem sempre verde, típica de clima ombrotérmico. Apresenta dominância arbórea densa com árvores de 25 a 50m de altura e inúmeras espécies endêmicas.

É uma floresta multiestrata, onde o primeiro estrato é de árvores emergentes (macrotanerófitas), que sobressaem em cima do dossel superior; o segundo se caracteriza por árvores da mesma altura (mesofanerófitas), é o dossel propriamente dito, o que se considera como cobertura uniforme; o terceiro já de submata, é formado por árvores menores (nanofanerófitas); e o quarto é formado por arvoretas, arbustos e ervas mais altas, formando o andar arbustivo-herbáceo. No nível do solo existem vegetais ciófilos menores como pteridófitas, fungos variados e fanerógamas.

A característica de densidade vegetal da Floresta Amazônica não impede que no interior desta ocorra o aspecto de sub bosque, principalmente se formam coberturas primárias ou originais. O fator de maior relevância no ciclo vegetativo é justamente a competição entre espécies por luz solar, já que a diversidade florística é imensurável dada a continentalidade da região.

Na derrubada e queima desta mata, para a utilização do solo na exploração agrícola irracional, os nutrientes são rapidamente transportados, em decorrência do rompimento do equilíbrio no ecossistema da floresta.

Como espécies importantes podem ser citadas :Angelim pedra (*Dinizia excelsa*); Matá-matá (*Eschweilera sp*); Louro vermelho (*Ocotea rubra Mez*); Louro Chumbo (*Ocotea sp*); Andiroba (*Carapa guianensis Aubl*); Itauba (*Silvia duckei*); Pau Rosa (*Aniba roseadora*); Aquariquara (*Minuartia guianensis*); Massaranduba (*Manikara huberi*); Cumaru (*Coumarouna odorada*); Cupiuba (*Goupia glabra*).

É válido ressaltar que até o início da década de 80, esta área encontrava-se intocada, permanecendo sem alteração a fisionomia local da vegetação e as condições ecossistêmicas efetuadas entre solo e planta.

8. Metodologia

A metodologia está organizada em duas fases distintas, as análises de laboratório e os trabalhos de campo. Estas fases, procuram conduzir o reconhecimento do local impactado e as formas de erosão presentes, de acordo com revisão bibliográfica de apoio e análise de material coletado. O local preciso é o curso médio da bacia do Igarapé do Leão, onde foram realizadas coletas de amostras de solo, em perfis selecionados seguindo os critérios propostos no Manual de Solos da Embrapa, (1996) obedecendo parâmetros como a cor, consistência, localização e descontinuidade de material. Estes perfis localizam-se entre os limites das duas rodovias que compõem os divisores da bacia. Nesta área também foram constatadas a presença de voçorocas, ravinas e dutos situados desde a margem até a distância de aproximadamente 500 m do canal.

8.1. Trabalho de Campo

As informações pertinentes à geomorfologia local foram obtidas através da condução de trabalhos de campo e revisão de literatura específica; nesta fase

foram utilizadas fotografias aéreas do Serviço Aerofotogramétrico do Exército, na escala de 1: 60.000 (1976), folha Manaus/ RADAM-BRASIL na escala de 1: 1.000.000 (1979), mapa de reconhecimento de média intensidade dos solos, na escala de 1: 200.000 do IPEAN - Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte (1972); mapa de aptidão das terras agrícolas do Estado do Amazonas/Ministério da Agricultura (1980); Carta topográfica escala 1: 50.000/ ministério do Exército (1980); carta de demarcação das terras e loteamento da área 1:50:000 do INCRA (1990).

Para verificar as incisões erosivas locais foram trabalhados os procedimentos propostos por Guerra (1996). Nesta metodologia, as voçorocas da região de estudo foram balizadas de 10 em 10m retirando-se três medidas com o auxílio da trena e direção pela bússola Brunton, verificando-se a zona superior, zona de base e profundidade das incisões. As medições foram plotadas em ficha modelo desenvolvida pela Secretaria de Energia e Saneamento de São Paulo (anexo) em três momentos distintos julho de 1996, julho de 1997 e agosto de 1998, estes períodos foram delimitados obedecendo o período inicial do recesso de chuvas na região .

Foram coletadas amostras de solo no topo, vertente e fundo nas superfícies colinosas com o trado até 1,30 m conforme método proposto pela EMBRAPA (Manual de Coleta de Solos). As amostras para densidade aparente foram obtidas com o anel de Kopeck e volume de 100cm.

8. 2. Análises de Laboratório

Para a análise de textura dos solos da bacia do Leão, foi utilizado o método da pipeta. Este método consiste em pesar-se 20 gramas de TFSA dispersada em 10 ml de NaOH; a suspensão é passada em peneira de 0,05 ou

0,02mm de malha, recebendo líquido em proveta de sedimentação e lavando-se o material retido até completar todo o volume da proveta de 1000 ml que é posteriormente agitado. Após 8 horas de descanso das amostras a pipeta é introduzida a 10 cm de profundidade, para a coleta de 20ml, limite da solução onde se concentram as argilas. Após a secagem em estufa é possível saber o teor de argila da amostra. A areia total retida na peneira depois de seca é passada em novo jogo de peneiras, fracionadas de acordo com a escala da Sociedade Internacional de Ciência do Solo para o conhecimento do total de areias finas e grossas. Para o reconhecimento dos valores de densidade real, foram utilizadas 20g de TFSA, colocada em balão volumétrico de 50ml, adicionando-se 20ml de álcool e agitando-o ocasionalmente para a penetração do álcool na terra, e expulsão do ar ali presente. Finalmente, completa-se o volume do balão com álcool anidro pela bureta. A densidade real é calculada pela seguinte fórmula :

$$D_r = M / (V_b - V_{aa}) = 20 / (50 - V_{aa})$$

sendo :

M = Massa da amostra de solo 20g ;

V_b = volume do balão (50ml);

V_{aa} = volume do álcool total (pipeta + bureta) gasto para completar o balão volumétrico.

A densidade aparente foi obtida pelo anel volumétrico de Kopeck, de bordos cortantes e capacidade interna de 50cm³. As amostras foram coletadas no campo cravando-se o anel no solo e retirando-o cuidadosamente para manter a estrutura original do mesmo. Removido excesso de terra, o material foi levado ao laboratório e seco em estufa a 110 ° C em recipiente de peso conhecido. Após este procedimento calculou-se a densidade aparente pela seguinte fórmula :

Da = M / V onde M = massa em gramas e V = volume em centímetros cúbicos.

9. RESULTADOS E DISCUSSÕES

9.1. O PROCESSO EROSIVO NA BACIA :

9.1.1. Análise dos Parâmetros relacionados aos fatores *material de origem, cobertura pedológica e topografia*

Os aspectos relacionados aos fatores *material de origem, cobertura pedológica e topografia* constituíram o eixo de direcionamento das análises aqui feitas. Esta linha de abordagem possibilitou a compreensão dos processos erosivos na bacia, através de uma visão interativa dos três elementos. Com base nestes critérios, a representatividade das toposequências estudadas, forneceu subsídios para a execução de levantamentos detalhados dos grupos de solo presentes na área, seguindo a localização geográfica destes grupos, na compartimentação do relevo. Além destes aspectos, foram consideradas as características das propriedades físicas dos solos da região e sua relação com a erodibilidade. Nestes pontos, além dos conhecimentos dos fatores físicos foram considerados fatores relacionados ao uso do solo.

9.1.2. Material de Origem dos Solos :

Reconhecimentos nas áreas limites da bacia, permitiram verificar que a área está inserida na região geológica denominada Médio Amazonas. Como unidade representativa desta localidade encontramos a Formação Alter do Chão, configurando-se como uma superfície de deposição processada desde o Cretáceo até o Plioceno; constituída por sedimentos vermelhos sob formas de argilas, siltes, arenitos e conglomerados (Caputo *et al.*, 1971); (Pires, 1998). De tonalidade bastante clara, os arenitos variam sua textura de fino a conglomeráticos; de forma geral apresentam estratificações cruzadas. Os clásticos finos são macios e

laminados. De acordo com Daemon (1975) os conglomerados vão gradando superiormente para os arenitos. Distribuem-se pela sub-bacia do Médio Amazonas formando relevo de suaves elevações, constituindo as chamadas "terras firmes" com altitudes de 20 a 30 m.

Este arenito encontra-se em formas de lajedos. Ora apresenta-se no topo das superfícies, ora está encoberto por vastas porções de material argilo-arenoso bastante intemperizado, constituindo em alguns casos a parte basal dos latossolos. Esta forma de arenito foi descrita primeiramente por Albuquerque, (1922, p.75), em pesquisas no curso médio do Rio Urubu, tributário da margem esquerda do Amazonas, situado alguns quilômetros acima do Igarapé do Leão. Descreve este autor :

"achamos um barranco com as concreções ferruginosas, salientes pela erosão do arenito Kaolínico, muito friável. Alguns metros acima, tem-se o mesmo arenito de cimento Kaolínico de magnífica alvura assemelhando-se ao Kaolim silicoso, mostrando que a impregnação de ferro pode ser uma feição muito local do arenito Kaolínico, que denominamos de arenito Manaus, por ser rocha de construção conspícua na cidade de Manaus"

Carvalho (1926) descreve a existência de um seqüência de 50 metros de arenito branco, e argilito duro com coloração branca e vermelha na localidade de Alter do Chão, no Baixo Tapajós. Oliveira e Leonardos (1943) citam-no como "Formação Manaus" em trabalhos realizados no Rio Negro.

Sobre a formação do arenito Manaus, a bacia do Igarapé do Leão tem entalhada sua rede de drenagem. O leito deste rio, bastante arenoso, revela exposições do arenito em desníveis médios, sob a forma de degraus de 2 a 4 m, formando pequenos trechos encaichoerados (figura 6). Nas margens está disposto em forma de camadas horizontais, maciças e endurecidas, compostas por

A rede hidrográfica da bacia do Igarapé Leão apresenta padrão de
grãos de quartzo mal selecionados de granulação desde fina a grosseira. O topo
destes afloramentos é de cerca de 10 m de largura, como se fossem lages
horizontalizadas. Processos erosivos anteriores determinaram o aparecimento de
boulders no leito do rio, com tonalidades que vão desde o branco amarelado até o
vermelho escuro.



Figura 6 - Afloramento do arenito Manaus, formando desnível aproximado de 3m, no curso médio da bacia. Este setor é o mais impactado, sofrendo constantes desmatamentos para facilitar o acesso à cachoeira.

bacia do Leão, apresenta as seguintes modalidades de grupos de solos:

- a) Latossolo Amarelo textura argilosa,
- b) Latossolo Amarelo textura arenosa
- c) Arenas Quartzosas

A rede hidrográfica da bacia do Igarapé Leão apresenta padrão de drenagem orientado pela tectônica. O aspecto subparalelo origina-se do tectonismo local, resultado de uma faixa de subsidência de falhas e fraturas, que se iniciou através de um regime de fossas, desde o Mioceno até o Plioceno. Stenberg (1957), apontou o fato da adaptação da rede de drenagem às diáclases das superfícies da Formação Barreiras (regionalmente designada Alter do Chão). Os levantamentos sobre a recomposição da rede em carta topográfica, indicaram a formação de 76 canais de primeira ordem do tipo perenes, com tamanhos médio variando de 4 e 6 km. Estes pequenos cursos estão dispostos de modo a convergir para a zona central da bacia, onde o rio principal apresenta drenagem do tipo semiparalela. Ressalte-se que este é um padrão de drenagem comum na área, tomando com exemplo o Rio Urubu, situado próximo a localidade, que também apresenta paralelismo típico da drenagem de origem tectônica.

9.1.3. Cobertura Pedológica

As análises sobre os solos da área de pesquisa foram estabelecidas com base nos seguintes parâmetros: reconhecimentos de campo, utilização de referências pedológicas realizadas pelo IPEAN (1972) e importância do material de origem - no caso Formação Alter do Chão - originada a partir de sedimentos do Terciário com superfície basal formada pelo arenito Manaus.

O conhecimento destes aspectos associados aos trabalhos de fotointerpretação, possibilitou o mapeamento dos tipos de solos existentes na bacia (figura 7). Após o mapeamento dos tipos de solos e a confecção de perfis em toposequências, foi possível verificar que a área compreendida ao longo da bacia do Leão, apresenta as seguintes modalidades de grupos de solos:

- a) Latossolo Amarelo textura argilosa,
- b) Latossolo Amarelo textura arenosa
- c) Areias Quartzosas

Latossolos

Os latossolos ocupam as áreas de terreno suave ondulado, geralmente com declividades variáveis entre 3 e 8%, oriundos da peneplanização pliopleistocênica, dispostos em pequenos platôs, que funcionam como divisores de água entre os interflúvios dos canais: Igarapé do Mariano/ Igarapé do Leão; Igarapé do Leão/ Rio Preto da Eva e Rio Preto da Eva/ Rio Urubu, que cortam a rodovia AM-010. As areias quartzosas constituem faixas de terreno plano, os fundos de vales e estreitas faixas de inundação dos rios citados.

Estes solos abrangem 70% da área pesquisada, e evidenciam algumas características indicadas por Kellog (1949) no conceito de latossolo como: intensa lixiviação de bases, concentração residual de sesquióxidos, baixo conteúdo de minerais primários, baixo teor de constituintes solúveis. São grupos de solos encontrados na região amazônica em relevo plano, suave e levemente ondulado como nas áreas localizadas entre Manaus e Itacoatiara; Cacaú Pirera-Manacapuru; e rodovia Belém Brasília (Oliveira e Leonardos, 1943); (Sombroek, 1966); (Silva, 1970).

De acordo com as frações de argila e areia no horizonte B, os latossolos apresentam classes texturais distintas, tais como : textura argilosa, média e leve. No caso dos dois primeiros tipos as taxas de argila variam em torno de 50 a 70% e 17 a 35% respectivamente. Na textura leve, os percentuais de areia fina e areia grossa variam na ordem de 80%.

As condições climáticas como o excesso de chuvas, proporcionam características de solos fortemente intemperizados, sendo bem drenados. Quanto à condição de perfil apresentam seqüência ABC, mas os limites são difusos ou graduais. O horizonte B corresponde às exigências do horizonte B latossólico, de natureza mineral com estrutura moderada para fracamente desenvolvida.

Os aspectos relacionados acima foram verificados nos levantamentos de campo, sempre trabalhando-se os critérios para distinção de classes de solo, como cor, mudança textural abrupta, cerosidade, plasticidade, estrutura e localização no relevo.

Areias Quartzosas

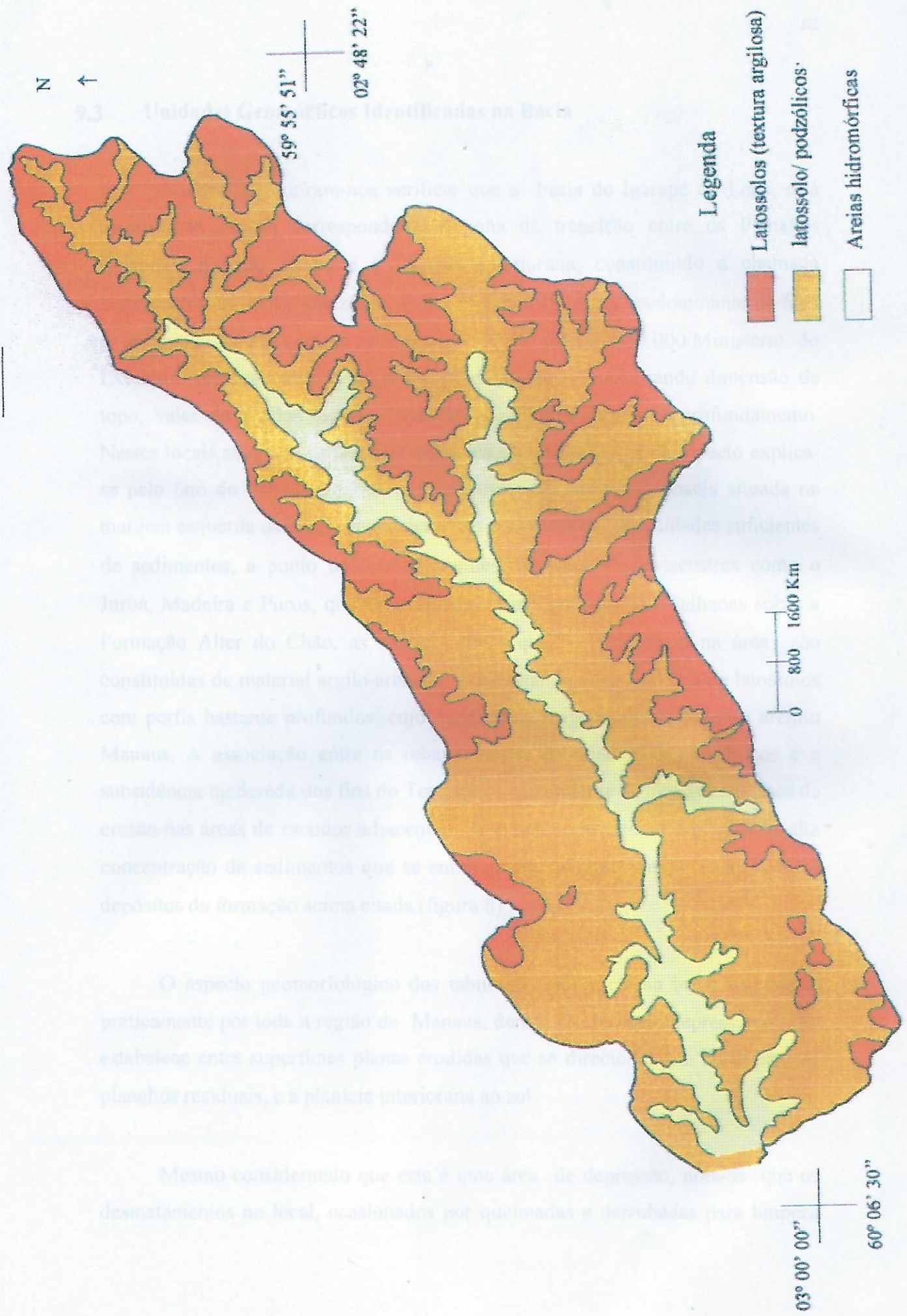
Esta unidade apresenta solos, pertencentes ao grupo de Areias Quartzosas que são profundos, acima de 4m, e fortemente desgastados. São altos os teores das frações areia grossa e areia fina, com percentuais sempre acima de 70%, conforme resultados obtidos pelas análises. Por conseguinte os teores de argila são pequenos, na ordem de 2 a 3% no horizonte A e 13 a 15% no horizonte B.

As areias na Amazônia, apresentam-se sob a forma de vastos depósitos, tanto sobre platôs como em fundo de vales e são utilizadas economicamente pela indústria da construção civil. Constituem os horizontes subjacentes de várias seqüências pedológicas. As formas erosivas, quando acentuadas, permitem a visualização deste material sob a forma de paleodepósitos dentro dos perfis. Geralmente estão associadas aos Latossolos em relevo de vegetação de contato entre florestas e campinaranas. O material de origem é proveniente de várias formações geológicas como o Pré-Cambriano, o Siluriano e a Formação Alter do Chão. As intensas fases de sedimentação a que esta parte da Bacia Amazônica foi submetida, e as condições de diagênese dos sedimentos terciários também são responsáveis por estes depósitos.

Os horizontes superficiais são compostos por pequena quantidade de matéria orgânica. A estrutura deste material é fraca e granular desfazendo-se rapidamente quando pressionada. O aspecto de consistência mesmo úmido é

muito friável, se molhado não é plástico e nem pegajoso. A topografia entre os horizontes é plana, ocorrendo transição gradual e difusa.

Conforme levantamento detalhado de campo, observou-se que o horizonte B, apresenta cores que variam do amarelo claro ao amarelo mosqueado e amarelo brunado. A textura deste material é franco-arenosa.



9.3 Unidades Geomórficas Identificadas na Bacia

...ramos verifica que a base do latossolo...
 ...constituído a...
 ...de deposição de...
 ...Nestes locais...
 ...se pelo fato de...
 ...margem superior...
 ...deposições, a ponto...
 ...Jurua, Madeira e Purus, q...
 ...Formação Alter do Chão, as...
 ...constituídas de material argila-are...
 ...com perfis bastante profundos, cujos...
 ...Manaus. A associação entre os rebaix...
 ...subsidiência decorrente dos fins do T...
 ...erosão nas áreas de escudos adiacen...
 ...concentração de sedimentos que se en...
 ...depósitos da formação acima citada (figura 9.3)

O aspecto geomorfológico dos tabuleiros é praticamente por toda a região de Manaus, de onde estabelece entre superfícies planas erodidas que se dirigem para os planaltos residuais, e a planície interiorana ao sul.

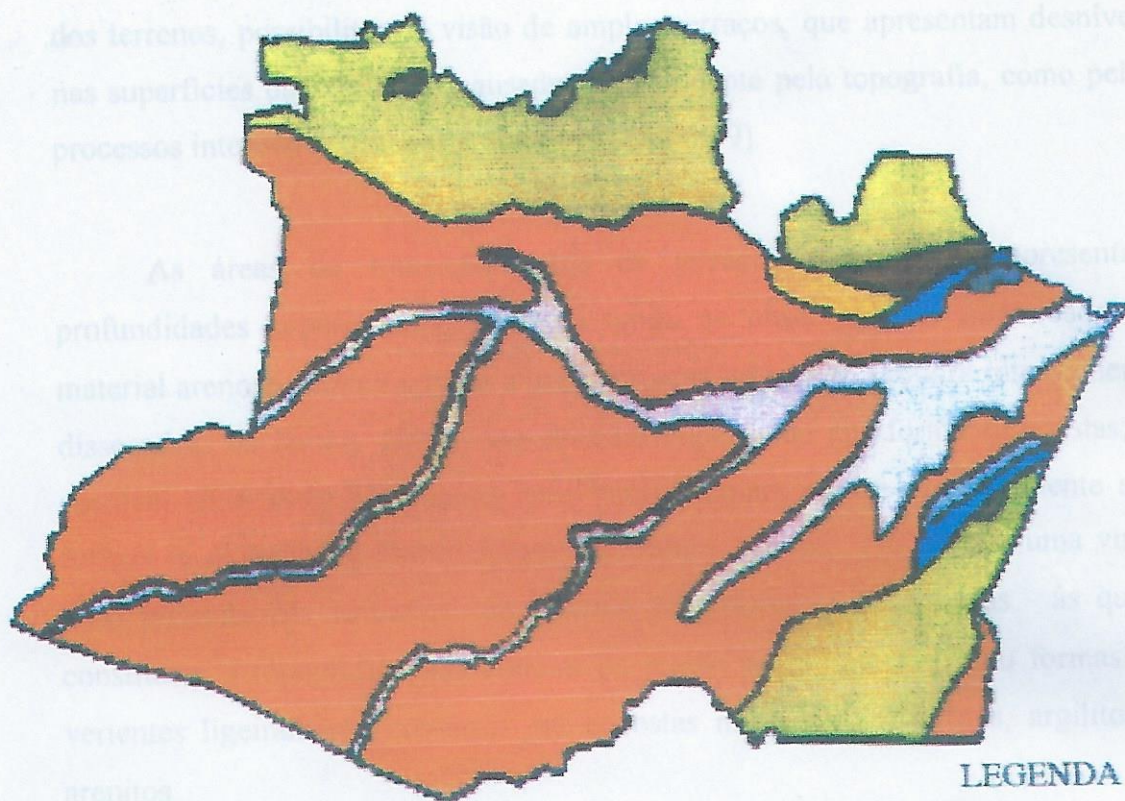
Mesmo considerando que esta é uma área de depressão, os solos que se desenvolvem em decorrência dos desmatamentos no local, ocasionados por queimadas e destruídas para fins agrícolas, são de tipo Latossolo.

9.3 Unidades Geomórficas Identificadas na Bacia

Análises permitiram-nos verificar que a bacia do Igarapé do Leão, está inserida na porção correspondente à zona de transição entre os Planaltos Residuais do Rio Negro e a Planície Interiorana, constituindo a chamada Depressão Central da Amazônia. A feição geomorfológica predominante na área é de relevos com altitude máxima de 100m (carta 1:50.000/Ministério do Exército), representados pelos interflúvios tabulares, com grande dimensão de topo, vales de fundos largos e extensos com fraco grau de aprofundamento. Nestes locais são raras as áreas de planícies sedimentares. Este aspecto explica-se pelo fato do Igarapé do Leão, se constituir em uma microbacia situada na margem esquerda da bacia amazônica, não produtora de quantidades suficientes de sedimentos, a ponto de formar grandes depósitos flúvio-lacustres como o Juruá, Madeira e Purus, que se localizam na margem direita. Talhadas sobre a Formação Alter do Chão, as baixas colinas que se apresentam na área são constituídas de material argilo-arenoso, evidenciando vastos grupos de latossolos com perfis bastante profundos, cujo material de origem corresponde ao arenito Manaus. A associação entre os rebaixamentos denudacionais neogênicos e a subsidência moderada dos fins do Terciário, concomitante às impetuosas fases de erosão nas áreas de escudos adjacentes, permitem compreender a origem de alta concentração de sedimentos que se entulhou no vale amazônico, formando os depósitos da formação acima citada (figura 8).

O aspecto geomorfológico dos tabuleiros existentes na bacia estende-se praticamente por toda a região de Manaus, dentro da faixa de depressão que se estabelece entre superfícies planas erodidas que se direcionam ao norte para os planaltos residuais, e a planície interiorana ao sul.

Mesmo considerando que esta é uma área de depressão, nota-se que os desmatamentos no local, ocasionados por queimadas e derrubadas para limpeza



LEGENDA









-  Algoquiano
-  Arqueano
-  Siluriano
-  Devoniano
-  Terciário
-  Cretáceo
-  Quaternário
-  Carbonífero

Figura 8- Mapa Geológico - Estado do Amazonas/ Fonte: IPEAOC - 1982

dos terrenos, possibilitam a visão de amplos terraços, que apresentam desníveis nas superfícies das vertentes causados não somente pela topografia, como pelos processos intensos de ravinhas e voçorocas (figura 9).

As áreas de transição entre os terraços e os vales apresentam profundidades superiores a 15m, no fundo se observa vasta quantidade de material arenoso, sobrevivendo da atuação erosiva do *runoff*. Embora intensamente dissecados, os baixos platôs não formam superfícies em forma de cristas; o desnível entre estes e as zonas mais baixas sempre ocorre gradualmente sob formas escalonadas, e eventualmente de modo abrupto. No campo, uma visão mais próxima das vertentes das colinas tabuliformes - suavizadas - às quais constituem a topografia mais comum da região pesquisada, revelou formas de vertentes ligeiramente convexas em encostas mantidas por siltitos, argilitos e arenitos.

Os levantamentos sobre o relevo da Bacia do Igarapé do Leão, possibilitaram reconhecer e mapear as seguintes unidades: Baixas colinas - correspondentes aos interflúvios tabulares de origem terciária existentes em toda a bacia; Vertentes dissecadas - faixa de transição entre latossolos e podzóis, passando por podzólicos; o comprimento curto destas vertentes possibilita pouco acúmulo de material sedimentar; Fundos de vale, se constituem como amplos vales colmatados por material de origem arenosa, geralmente quase sempre ocupados pelos igarapés; Superfícies residuais - estas áreas apresentam topos fortemente dissecados pela erosão (figura 10).

A identificação de tais unidades, permitiu-nos reconhecer que a faixa preferencial das voçorocas são as bordas das baixas colinas. No quadro erosivo local, as voçorocas são agentes ativos no processo de evolução morfogenética; algumas bordas passam de superfícies esplanadas, para superfícies em "cristas" ravinadas.



Figura 9. Os baixos platôs existentes nos limites da bacia, constituem áreas de cabeceiras de drenagem. Ao longo das encostas apresentam superfícies fortemente dissecadas pela ação erosiva. A baixa resistência dos solos, deve-se aos elevados teores de areia.

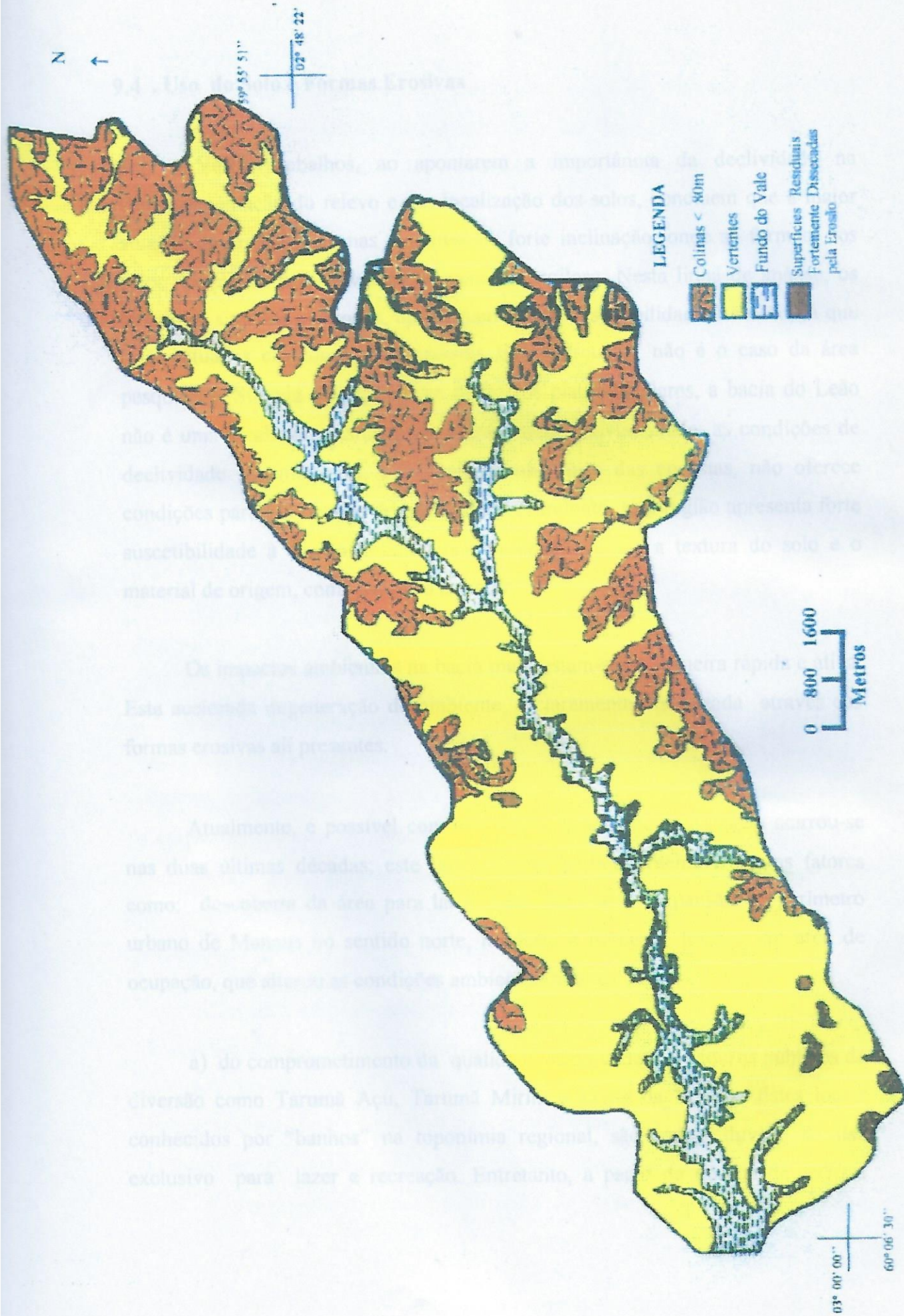


Figura 10 - Unidades Geomorfológicas identificadas na bacia do Igarapé do Leão/ Manaus (AM) 1998

9.4 . Uso do Solo e Formas Erosivas

Vários trabalhos, ao apontarem a importância da declividade na compartimentação do relevo e na localização dos solos, concluem que a maior atuação da erosão seria nas vertentes de forte inclinação, onde se formam os solos podzólicos pela iluviação de material argiloso. Nesta linha de análise, os latossolos situados nos topos, apresentam menor suscetibilidade à erosão, já que estão situados em zonas mais estáveis. Este entretanto, não é o caso da área pesquisada. Situada em superfícies de baixos platôs tabulares, a bacia do Leão não é uma localidade marcada por relevo muito movimentado, as condições de declividade são modestas, e o comprimento curto das encostas, não oferece condições para a formação de podzólicos; entretanto, esta região apresenta forte suscetibilidade à erosão definida por parâmetros como a textura do solo e o material de origem, como veremos a seguir.

Os impactos ambientais na bacia manifestam-se de maneira rápida e ativa. Esta acelerada degeneração do ambiente, é claramente visualizada através das formas erosivas ali presentes.

Atualmente, é possível constatar que o quadro de degradação acirrou-se nas duas últimas décadas; este fato, deve-se particularmente a alguns fatores como: descoberta da área para lazer, uma vez que a expansão do perímetro urbano de Manaus no sentido norte, nordeste e noroeste, formou um arco de ocupação, que alterou as condições ambientais através:

a) do comprometimento da qualidade da água de logradouros públicos de diversão como Tarumã Açu, Tarumã Mirim e Ponte da Bolívia. Estes locais conhecidos por “banhos” na toponímia regional, são canais fluviais de uso exclusivo para lazer e recreação. Entretanto, a partir da década de 1970 a

ocupação humana neste setor da cidade, gerou graves impactos no ambiente comprometendo a qualidade de balneabilidade das águas. Merece ressalva o caso do Tarumã Açu, que teve seu leito totalmente alterado por exploração de pedreiras.

b) da exploração do ecoturismo em municípios mais próximos da capital, como é o caso de Presidente Figueiredo, explorado pela existência de cavernas e cachoeiras;

c) do aumento do fluxo rodoviário tanto na AM 010 Manaus - Itacoatiara e BR-174 Manaus-Boa Vista; esta última permite o acesso até a Venezuela e daí algumas ilhas da América Central como Margarita e Curaçao;

d) da implantação de clubes, hotéis fazenda, spas, clubes de pesca, bares, restaurantes, açudes para criação de peixes, granjas e outros;

Estas modalidades de ocupação conduzidas de forma inadequada, e, desvinculadas da política de gestão e controle ambiental, implementaram o processo de degradação da área. Conseqüentemente, os limites da bacia começam a apresentar indícios de alteração ecossistêmica, observados principalmente no curso médio. Estes aspectos, devem ser trabalhados considerando-se o processo de desenvolvimento impulsionado pela Zona Franca ao final de 60, e a implantação de um parque industrial de montagem em Manaus.

Com base neste contexto de desenvolvimento, e ressaltando-se as devidas proporções do quadro de degeneração dos ecossistemas; no que se refere ao histórico das formas erosivas é permissível afirmar, através de entrevistas realizadas durante os levantamentos de campo, e posteriormente por interpretação de fotos aéreas, que até 1970 não existiam incisões do tipo voçoroca naquele local. A investigação e o acompanhamento da evolução destas formas erosivas,

foi verificada nos três levantamentos realizados em julho de 96, julho de 97 e julho de 98. Todas as voçorocas foram registradas em ficha modelo (anexo).

No primeiro levantamento foram cadastradas, apenas duas voçorocas localizadas a 500m da margem do rio. No que se refere ao segundo levantamento, ocorreu o aparecimento de mais uma voçoroca localizada em um ponto cuja proximidade da margem esquerda é de 300m. Já no terceiro, foram cadastradas mais duas pequenas voçorocas localizadas a uma distância da margem, menor que 100m.

Os levantamentos de campo nos permitiram ainda, verificar que as incisões na bacia do Igarapé do Leão originam-se por fluxo concentrado de águas superficiais, em drenagem induzidas por estradas de terras, trilhas, manejo inadequado do solo e construção de cercas (figura 11).

Figura 11. Voçorocas causadas pelo fluxo concentrado nas laterais de estradas. As estradas concentram-se sobre as linhas de nível que constituem o relevo local. Os fluxos laterais correm paralelamente nas laterais das estradas. Estas áreas devem ser classificadas como áreas fortemente suscetíveis à erosão.

As primeiras voçorocas plotadas nas fichas, localizam-se nas bordas dos baixos platôs terciários que recobrem a área, associando-se o fato, ao predomínio de solos com textura argilosa ou média.

Após o cadastro, foi realizado o levantamento dos dados geométricos, com o auxílio da trena e bússola (figura 11). Nesta etapa foram monitorados o

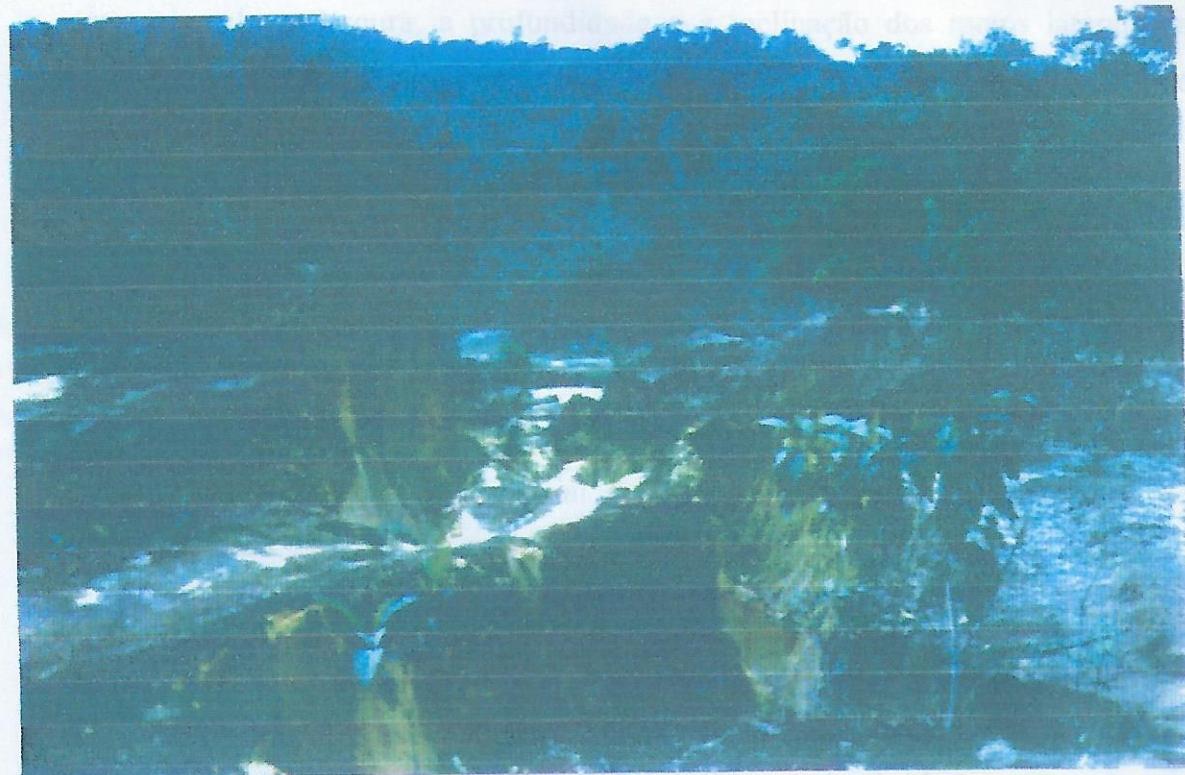


Figura 11. Voçorocamento ocasionado pelo fluxo concentrado nas laterais da estrada. As estradas encontram-se assentadas sobre os baixos platôs que constituem o relevo local. Os fluxos laterais correm justamente nas faixas de bordas destes platôs. Estas áreas foram aqui classificadas como áreas fortemente suscetíveis à erosão.

As primeiras voçorocas plotadas nas fichas, localizam-se nas bordas dos baixos platôs terciários que recobrem a área, associando-se o fato, ao predomínio de solos com textura argilosa ou média.

Após o cadastro, foi realizado o levantamento dos dados geométricos, com o auxílio da trena e bússola (figura 12). Neste aspecto foram monitorados o comprimento, a largura, a profundidade e a inclinação dos ramos laterais da incisão. Associado aos registros foram observadas as seqüências pedológicas de cada perfil (figura 13).

Foram observadas ainda as formas indicadoras do fenômeno erosivo, relacionadas à dinâmica de evolução das voçorocas - representadas em croqui e fotos. Estas formas, são representadas por abatimentos dos taludes da voçoroca, originados por fatores como escoamento de fluxos de água superficial, escoamento de fluxo subsuperficial (*seepage erosion*) e desenvolvimento de fendas laterais.

Segundo Oliveira e Meiss (1985) as voçorocas podem ser agrupadas em três formas principais que são: *formas conectadas à rede regional de canais, formas desconectadas e que ocorrem em cabeceiras de drenagem e formas resultantes da junção das duas anteriores.*

Na bacia do Igarapé do Leão ocorrem os tipos descritos com predominância para incisões erosivas que ocupam as faixas de cabeceiras de drenagem (figura 14).

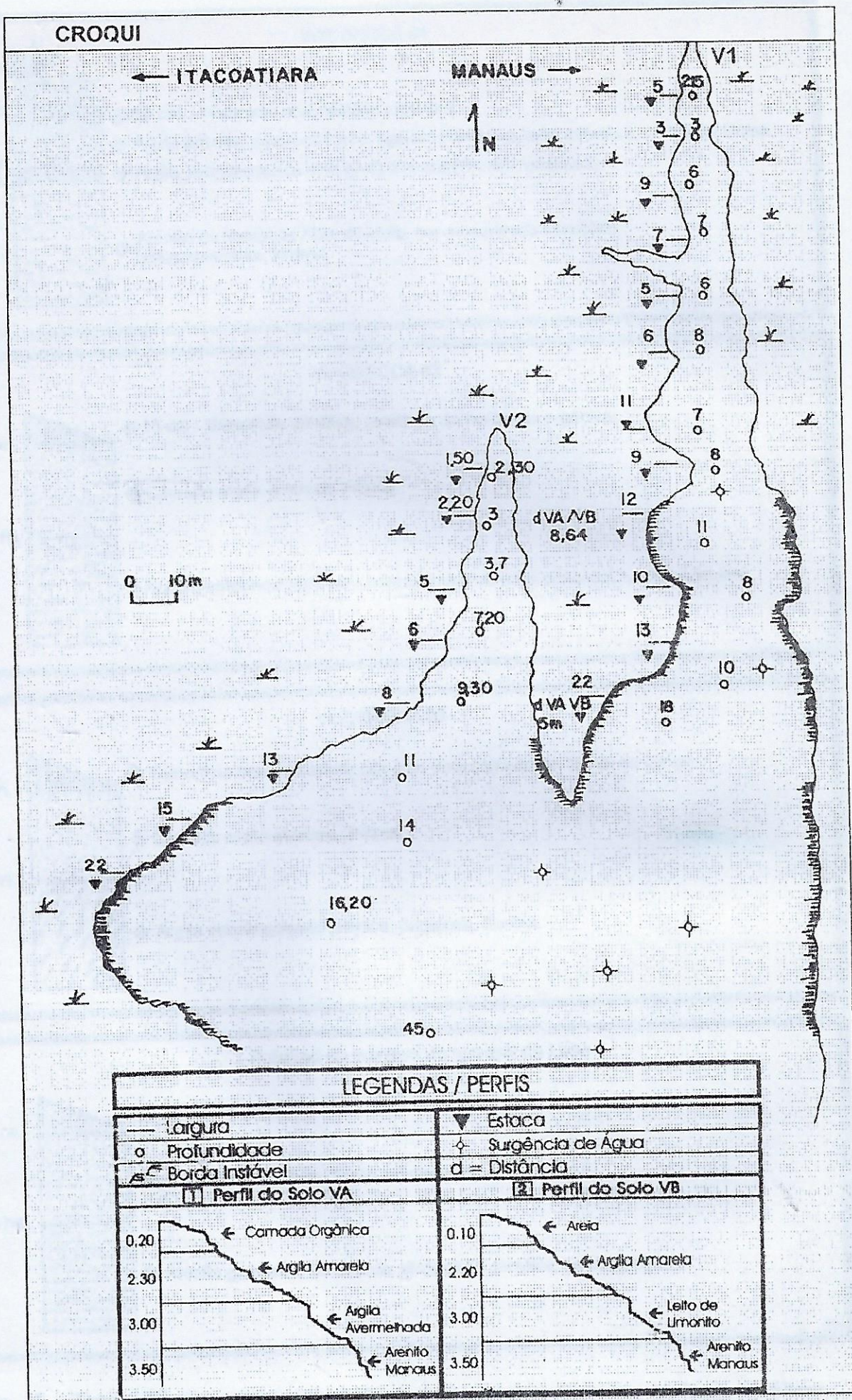
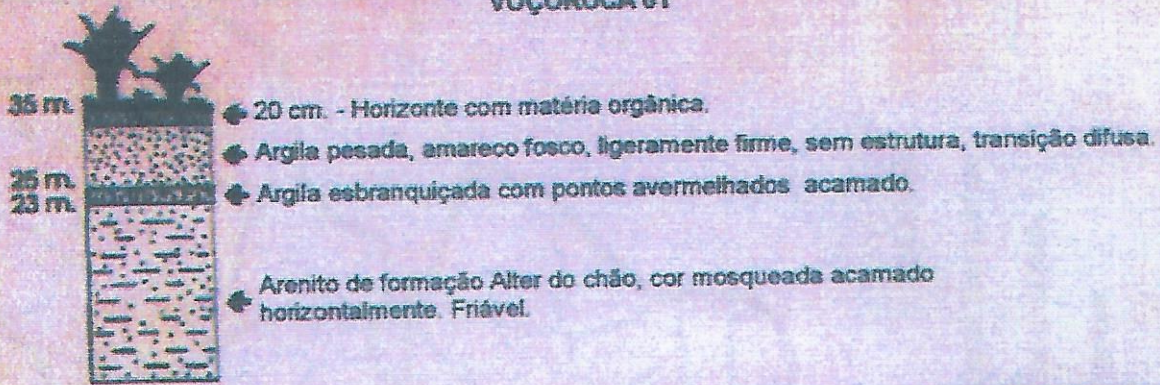
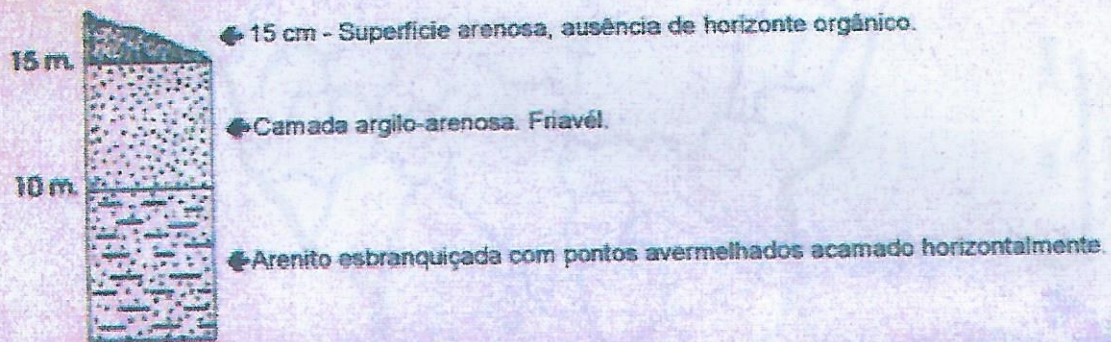


Figura 12 - Croqui representativo das incisões erosivas localizadas na bacia

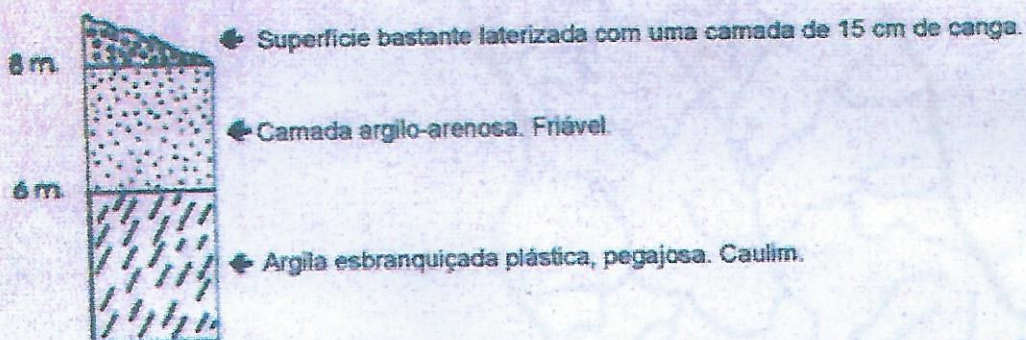
VOÇOROCA 01



VOÇOROCA 02



VOÇOROCA 03



Próximo da margem do Igarapé do Leão

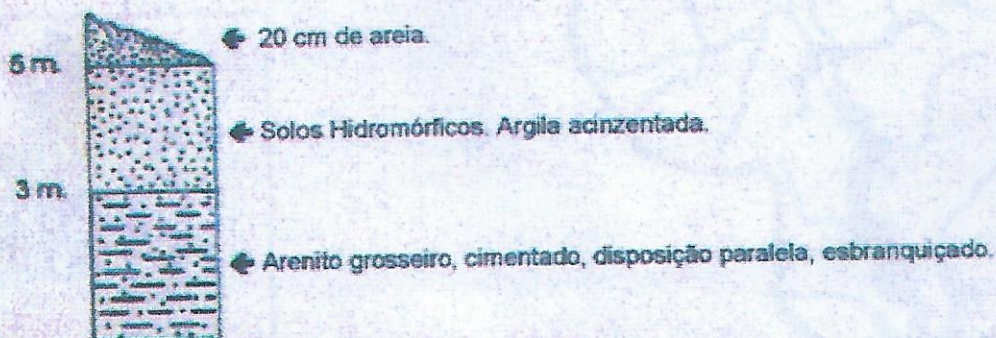


Figura 13 - Toposequências representativas das incisões erosivas presentes na bacia. A última toposequência corresponde às voçorocas 4 e 5, localizadas próximas à margem esquerda do Igarapé.

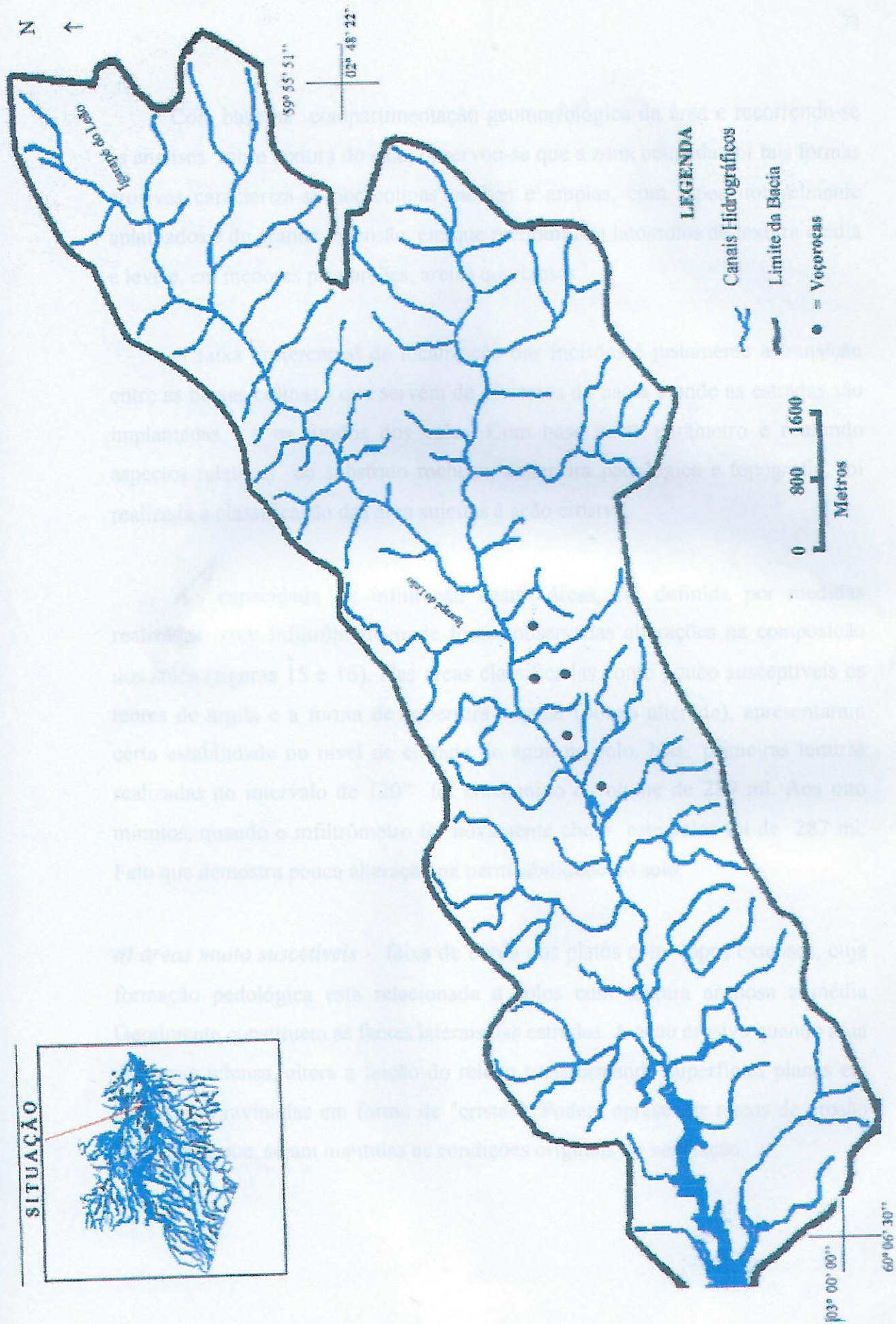


Figura 14 - Localização das voçorocas localizadas próximas da margem esquerda do canal principal. As incisões se parecem com pequenos canais que seguem em direção ao rio.

Com base na compartimentação geomorfológica da área e recorrendo-se às análises sobre textura do solo, observou-se que a zona ocupada por tais formas erosivas caracteriza-se por colinas médias e amplas, com topos notavelmente aplainados e de grande extensão, em que predominam latossolos de textura média e leve e, em menores proporções, areias quartzosas.

A faixa preferencial de localização das incisões é justamente a transição entre as baixas colinas - que servem de divisores da bacia e onde as estradas são implantadas - e os fundos dos vales. Com base neste parâmetro e reunindo aspectos relativos ao substrato rochoso, cobertura pedológica e topografia, foi realizada a classificação das áreas sujeitas à ação erosiva.

A capacidade de infiltração destas áreas, foi definida por medidas realizadas com infiltrômetro onde foram observadas alterações na composição dos solos (figuras 15 e 16). Nas áreas classificadas como pouco susceptíveis os teores de argila e a forma de cobertura vegetal (pouco alterada), apresentaram certa estabilidade no nível de entrada de água no solo. Nas primeiras leituras realizadas no intervalo de 120" foi consumido o volume de 289 ml. Aos oito minutos, quando o infiltrômetro foi novamente cheio este valor foi de 287 ml. Fato que demonstra pouca alteração na permeabilidade do solo.

a) áreas muito susceptíveis - faixa de borda dos platôs com topos extensos, cuja formação pedológica está relacionada a solos com textura argilosa a média. Geralmente constituem as faixas laterais das estradas. A ação erosiva quando atua de forma intensa, altera a feição do relevo transformando superfícies planas em superfícies ravinadas em forma de "cristas". Podem apresentar riscos de erosão nulo desde que, sejam mantidas as condições originais de vegetação.

b) *áreas suscetíveis* - superfícies de encostas onde ocorre a transição entre os platôs e os fundos de vale, as encostas não apresentam comprimentos longos . Predominam solos de textura média a leve arenosa. Ocorrem nesta faixa de relevo, desmoronamentos e abertura de dutos. Quando o processo erosivo está em níveis elevados, notam-se superfícies de transição entre a cobertura pedológica e o material de origem em forma de arenitos. Há neste compartimento topográfico a transição de solos argilosos para solos mais arenosos .

c) *áreas pouco suscetíveis* - áreas de relevo praticamente plano, localizadas em superfícies sob forma de esplanadas. Apresentam textura argilosa, e cobertura vegetal densa. Todas as voçorocas existentes na área foram cadastradas e serão descritas a seguir de acordo com ficha modelo.

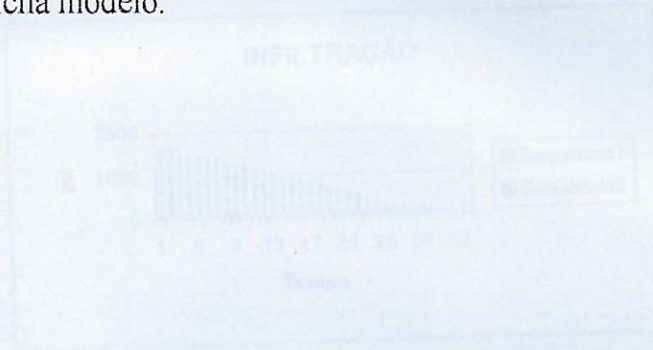
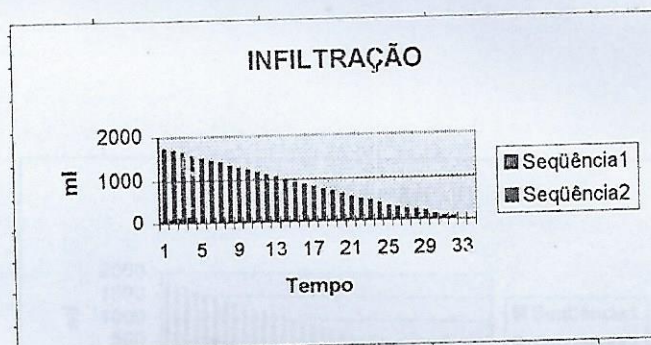


Figura 15

Primeira medida realizada com infiltrômetro em área de cobertura vegetal pouco alterada, correspondente às zonas pouco degradadas. Nestes locais, predominam florestas tipicamente secundárias conhecidas na Amazônia como "capoeirões".

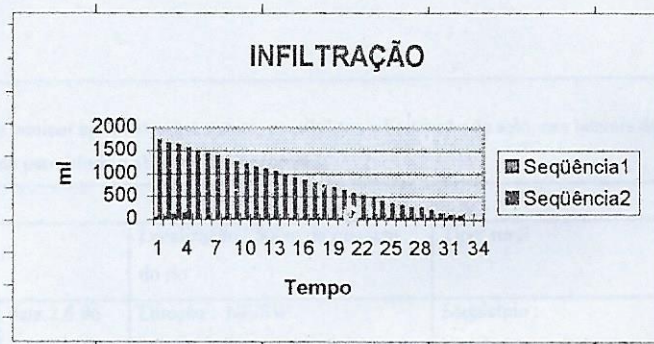
Tempo (segundos e minutos)	Infiltração(ml)
30"	1719
60"	1664
90"	1625
120"	1550
3'	1490*
4'	1421
5'	1381
6'	1313
7'	1252
8'	1213*
9'	1142
10'	1091
11'	1045
12'	969
13'	905*
14'	863
15'	793
16'	734
17'	694
18'	620
19'	557
20'	506
21'	467
22'	396
23'	337*
24'	298
25'	243
26'	235
27'	192*
28'	117
29'	75
30'	66



* momento que o infiltrômetro foi cheio

Figura 16 - Segunda medida realizada em solo desnudo rico em areia. Não foi observado grande gasto de volume de água, fato que se define pela associação entre o solo e camadas de material arenítico resistente. Este material pode ser observado através de aberturas de voçorocamento presentes nas proximidades (figura 17).

Tempo (minutos e segundos)	Infiltração (ml)
30"	1800
60"	1758
90"	1648
120"	1621
3'	1554
4'	1515*
5'	1414
6'	1380
7'	1346
8'	1276
9'	1224
10'	1179
11'	1103
12'	1040
13'	997*
14'	926
15'	879
16'	808
17'	749
18'	710*
19'	636
20'	573
21'	523
22'	482*
23'	412
24'	353
25'	314
26'	243*
27'	180
28'	116
29'	62
30'	54



FICHA MODELO Nº1

CADASTRO DE VOÇOROCA

CADASTRO DE VOÇOROCA			
1. Identificação e localização da voçoroca			
Nome :Voçoroca 1 - Borda de Platô		localidade Estrada Manaus - Itacoatiara (Am 010 - Km 37)	
Acesso: Estrada vicinal de terra com 4,5 km			
2. Dados Regionais			
Bacia hidrográfica: Igarapé do Leão - tributário do Tarumã Açu		Geomorfologia: Baixos platôs, relevo suave ondulado	
Geologia: Formação Alter do Chão - Terciário		Pedologia: Latossolo Amarelo - textura média e leve	
3. Dados geométricos da voçoroca		4. Característica da área de contribuição	
comprimento: 120m	profundidade máxima: 11 m	largura máxima: 12m	forma: convexa
5. Uso e ocupação da área de contribuição : À montante da voçoroca houve desmatamento e queimada para a limpeza do terreno, dois cultivos foram desenvolvidos - mandioca para a produção de farinha e macaxeira. Existem cultivos de frutas s como cupuaçu, jambo, laranja e manga entretanto a produção é incipiente.			
6. Histórico de ocorrência - causas até 1970 não existia esta incisão no terreno, a erosão laminar após o desmatamento, possibilitou a lixiviação do solo, nas laterais da pequena estrada de terra, induziu o fluxo concentrado permitindo a abertura das voçorocas;			
7. Identificação da ficha			
Cadastrada por : Adoréa Rebello		Localização : 500m da margem do rio	Tipo: rural
	data:2.6.96	Direção : NE/SW	Município : Manaus

FICHA MODELO Nº2

CADASTRO DE VOÇOROCA			
1. Identificação e localização da voçoroca			
Nome Voçoroca 2 incisão na lateral direita da Voçoroca 1 / Borda de Platô		Localização : Bacia do Igarapé do Leão	
Acesso: Estrada vicinal de terra no Km 34 da AM 010			
2. Dados Regionais			
Bacia hidrográfica: Igarapé do Leão, tributário do Tarumã Açu		Geomorfologia: Baixo Platô- relevo suave ondulado	
Geologia: Formação Alter do Chão / Arenito Manaus - Terciário		Pedologia: Latossolo textura média a leve	
3. Dados geométricos da voçoroca			4. Característica da área de contribuição
comprimento: 80m	profundidade máxima: 16,20m	largura máxima: 15 m	forma: convexa
5. Uso e ocupação da área de contribuição À montante da voçoroca, há um lote onde foi construído um pequeno restaurante, entretanto a área foi desmatada para a limpeza e uso do terreno para estacionamento. Neste trecho, o solo no horizonte superficial apresenta forte processo de erosão em lençol (<i>runoff</i>), deixando aparecer os horizontes subjacentes compostos por material arenoso escurecido, por matéria orgânica. obs* Nesta voçoroca apresentou-se uma descontinuidade de material. Na parte interna do perfil, há uma concentração de material grosseiro cimentado que resiste a erosão. Este fato indica ainda que a superfície basal de origem dos latossolos da área está mais próxima do perfil. A população utiliza lixo, para "conter" a erosão.			
6. Histórico da ocorrência - causas Se constitui em uma incisão na lateral direita da voçoroca 1, tendo aparecido em fase posterior ao aparecimento da primeira. A área já em processo de erosão, tornou-se muito vulnerável depois da limpeza para estacionamento			
7. Identificação da ficha			
identificado por: Adoréa Rebello		localização : 500m da margem esquerda do rio	Tipo: rural
	Data: 2.6.96	orientação : NE - SW	Município : Manaus

FICHA MODELO Nº3

CADASTRO DE VOÇOROCA			
1. Identificação e localização da voçoroca			
Nome Voçoroca 3		Localização : Bacia do Igarapé do Leão próximo da Cachoeira (corresponde ao curso médio do Igarapé na Cachoeira do Leão).	
Acesso: estrada vicinal de terra, pelo Km 37 da AM 010 Manaus-Itacoatiara			
2. Dados Regionais			
Bacia hidrográfica: Igarapé do Leão		Geomorfologia: Média encosta, com grau de declividade moderada 4°	
Geologia: Alter do Chão -		Pedologia: Latossolo Amarelo textura leve, B latossólico bastante profundo.	
3. Dados geométricos da voçoroca		4. Característica da área de contribuição	
comprimento: 60m	profundidade máxima: 4,50m	largura máxima: 12m	forma: convexa
5. Uso e ocupação da área de contribuição As tentativas de chegar até a cachoeira de forma mais rápida, levou a população local a utilizar tratores visando a construção de uma estrada e aumento da largura das trilhas. O tempo de vida desta estrada foi de aproximadamente 3 anos, tendo sido aberta em 1994. Hoje já não é possível utilizá-la, uma vez que a voçoroca tomou toda a dimensão da estrada (figura 17)			
6. Histórico da ocorrência - causas Construção de uma estrada que permitisse o acesso até a cachoeira de modo mais rápido. O aterro de algumas partes para o nivelamento do terreno, bem como o decaimento de outras, induziram a erosão. As partes concernentes ao aterro pelo alto índice de chuvas desmoronaram, colmatando uma parte da margem esquerda do rio; este fato é demonstrado pela acreção de barras laterais nas superfícies convexas do canal.			
7. Identificação da ficha			
Identificado por : Adoréa Rebello		localização : 300m da margem do esquerda do rio	Tipo: rural
	Data: agosto/97	Direção: NE- SE	Município : Manaus

FICHA MODELO Nº4

CADASTRO DE VOÇOROCA			
1. Identificação e localização da voçoroca			
Nome : Voçoroca 4		Localização : Bacia do Igarapé do Leão	
Acesso: Estrada Vicinal de terra, de 4 Km margem esquerda do Igarapé do Leão.			
2. Dados Regionais			
Bacia hidrográfica: Igarapé do Leão		Geomorfologia: área jusante das colinas	
Geologia: Areias Quartzosas - Topo do Terciário		Pedologia: Areias Quartzosas/ solos rasos sobre o arenito Manaus	
3. Dados geométricos da voçoroca		4. Característica da área de contribuição	
comprimento:	profundidade máxima:	largura máxima:	forma:
40 m	3,5m	6,0m	côncava
5. Uso e ocupação da área de contribuição			
A área foi bosquejada, isto é ficaram algumas espécies e outras foram retiradas. O objetivo é trabalhar a formação vegetal retirando-lhe o aspecto de densidade original, favorecendo melhor o trajeto dentro da floresta. Há assim, melhor condição para o camping no local.			
6. Histórico da ocorrência - causas			
Não existiam incisões erosivas até julho de 1997. O processo foi acelerado pelo corte de algumas árvores para criar na paisagem o aspecto de bosque. Os horizontes neste local já apresentam textura do tipo franco arenosa, e a proximidade do curso do rio, oferece condições de canalização que segue em direção à margem, possibilitando o aparecimento de fluxos de água como se fossem reduzidos canais de primeira ordem.			
7. Identificação da ficha			
identificado por : Adoréa Rebello		Localização 80m da margem esquerda do rio	Tipo: rural
	Data: julho 98	Orientação: NE - S	Município : Manaus

FICHA MODELO Nº5

CADASTRO DE VOÇOROCA

1. Identificação e localização da voçoroca			
Nome : Voçoroca 5		Localidade : Cachoeira do Leão	
Acesso: Estrada vicinal de terra com 4,5 Km			
2. Dados Regionais			
Bacia hidrográfica: Igarapé do Leão		Geomorfologia: Zona de contato entre a jusante das encostas e o vale. Aparecem superfícies em forma de boulders, onde situa-se a cachoeira.	
Geologia: Afloramento do Arenito Manaus, com cobertura de material pedológico de 5m de espessura.		Pedologia: areias quartzosas hidromórficas	
3. Dados geométricos da voçoroca		4. Característica da área de contribuição	
comprimento: 14,00m	profundidade máxima; 2,00m	largura: 3,00m	forma: côncava
5. Uso e ocupação da área de contribuição : Esta voçoroca está localizada no ponto situado a frente da Voçoroca descrita anteriormente, a causa que deu origem foi a mesma descrita anteriormente, ou seja bosqueamento, neste caso como a proximidade da margem é de 30m, ocorreu a destruição da mata ciliar, provocando desmoronamento do material decomposto que se localizava sobre as rochas sedimentares			
6. Histórico da ocorrência - causas A voçoroca cadastrada apareceu nesta área em julho de 1998. A causa foi descrita em tópico anterior.			
7. Identificação da ficha			
Cadastrado por: Adoréa Rebello		Localização : 30m da margem do rio	Tipo: rural
	Data: julho/98	Orientação: NE- S	Município : Manaus

3.5. Análise das condições de Erodibilidade

Dentre as propriedades físicas apresentadas pelos solos da bacia, a textura foi a que apresentou correlação direta com a erodibilidade. Os resultados encontrados indicaram que os solos da área, estão constituídos em sua maior parte por frações de areia; este aspecto foi verificado em todas as sequências



Figura 17 - Voçorocamento localizado na antiga estrada que permitia o acesso até a cachoeira. A direção da incisão erosiva corre perpendicular à margem do Igarapé formando fluxos concentrados até o canal do rio, há possibilidades de reentalhamento da rede de drenagem

acentuada, o horizonte superficial encontra-se sob espessuras que raramente ultrapassam 20 cm. Com o descompactamento do perfil tornam-se compactados, os limites são difusos fato que dificulta sua diferenciação no campo, o grau de consistência neste solo mesmo quando úmido não apresenta condições de resistência acentuada.

9.6. Análise das condições de Erodibilidade

Dentre as propriedades físicas apresentadas pelos solos da bacia, a textura foi a que apresentou correlação direta com a erodibilidade. Os resultados encontrados indicaram que os solos da área, estão constituídos em sua maior parte por frações de areia; este aspecto foi verificado em todas as seqüências pedológicas elaboradas a partir dos perfis levantados. Serão apresentadas a seguir a classificação textural dos horizontes diagnósticos levantados em campo e as análises destas amostras. O objetivo desta forma de apresentação é investigar a correlação existente entre a classe textural e a tendência à erodibilidade, obedecendo critérios que considerem a localização dos perfis inseridos nas unidades de relevo identificadas.

a) Unidade I. *Zona de Platô (topo)*

A seção nº 1 é composta pelo estudo de dois perfis: O primeiro foi trabalhado em zona de platô, sob floresta com cobertura vegetal alterada, entretanto em considerável estado de conservação, ou seja, uma área que ainda apresentava árvores com estratos em torno de 40m de altura. A análise das condições texturais destes platôs indicou composição granulométrica do tipo argilosa em níveis de 70% (tabela 2). O Horizonte Bw destes solos, é bastante espesso chegando a apresentar mais de 2m de espessura; neste levantamento a argila apresentou valores elevados. O segundo foi realizado em topo de platô, com cobertura vegetal totalmente alterada. A ocorrência desta unidade de mapeamento sempre se dá em terraços de 25 m de altura; embora o horizonte B deste grupo de solos seja de espessura acentuada, o horizonte superficial encontra-se sob espessuras que raramente ultrapassam 20 cm. Com o desenvolvimento do perfil tornam-se compactados, os limites são difusos fato que dificulta sua diferenciação no campo, o grau de consistência neste solo mesmo quando úmido não apresenta condições de resistência acentuada.

b) Unidade II - Zona de Transição

Esta denominação corresponde às faixas intermediárias que existem entre os topos dos platôs e os fundos de vale, por conseguinte apresentam-se como zonas de transição geomorfológica-pedológica ocorrente entre estas duas unidades. Esta faixa transicional, se expressa através de superfícies escalonadas, que descem gradativamente até a jusante destes vales. Entre os dois pólos considerados - *platôs e fundos de vale* - observamos uma cobertura pedológica distinta, definida pelo contato com o material de origem da unidade, este aspecto é marcado pela transição de uma zona argilosa e uma arenosa. Constituem assim extensas áreas de transição entre latossolos e podzóis, por intermédios dos podzólicos (figura 18). Estes podzóis podem se desenvolver às expensas dos latossolos, também podem ser denominados *sandy bleached brown loam* ou *eluviated brown loam* (Shubart, 1977). As análises granulométricas determinaram para esta faixa, solos de textura argilosa e arenosa, contendo teores de argila em torno de 15 a 30% no horizonte B. Estes teores são definidos em decorrência do material parental ser de origem arenosa, é possível que sua gênese esteja ligada a sedimentos fluviais (Lucas *et al.* 1984). O horizonte A nesta unidade é praticamente ausente em todos os perfis, levado pela lixiviação do material superficial.

A superfície é fracamente inclinada em direção ao eixo de drenagem, terminando por uma vertente curta de declividade forte. Desde a borda dos platôs prosseguindo até as cabeceiras dos vales, ocorrem afloramentos de arenitos. A presente formação tem cores que variam entre o vermelho provocado pela oxidação e as argilas esbranquiçadas do tipo caulinita, conforme difração de raio X. Tais argilas são bastante comuns na Amazônia

c) Unidade III - Fundo de Vale

As superfícies aqui definidas como fundo de vale se caracterizam por aspectos texturais expressivamente arenosos. A ligação destes vales com as

encostas é marcado por níveis de alteração entre os podzóis e as areias de fundo, localizadas próximas dos cursos de água.

As deposições arenosas na Amazônia, ocorrem ainda em superfícies localizadas nos topos dos platôs, determinando camadas arenosas de espessura equivalentes a 6 ou 8 metros de pacotes sedimentares, recebendo nomenclatura regional de "areais" cuja utilidade econômica é a construção civil. É comum estes espessos areais encontrarem-se dispostos sobre perfis latossólicos de textura argilosa; em cortes ao longo das estradas que compõem os limites da bacia. As areias hidromórficas, ocorrem nesta faixa como material depositado nos cursos de água, associados à matéria orgânica proveniente das cabeceiras.

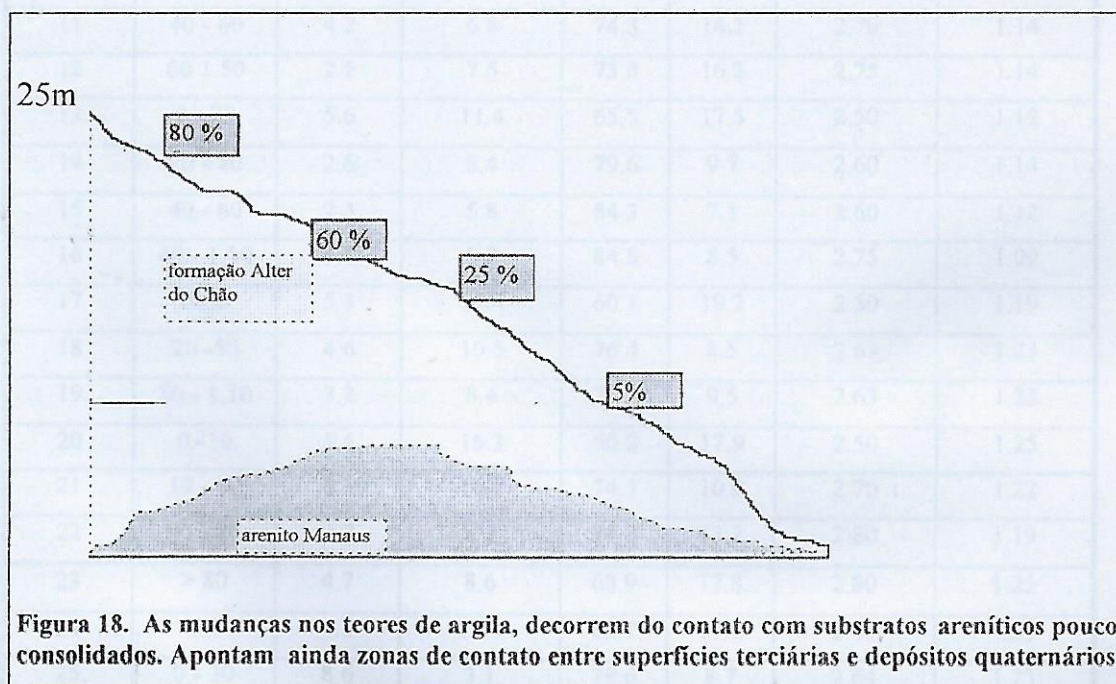


Tabela 2. Dados granulométricos correspondentes às coletas realizadas em área de cobertura vegetal medianamente alterada/ Topo

Nº da amostra	Profundidade	Areia fina	Areia grossa	Argila	Silte	Densidade Real	Densidade Aparente
	cm	%				g/cm ³	
01	0 - 20	4.5	11.5	69.3	14.7	2.56	1.23
02	20 - 40	4.5	6.5	74.0	15	2.70	1.25
03	40 - 60	11.5	3.0	75	15	2.80	1.25
04	60 - 1.50	1.2	4.5	80.3	14	2.80	1.18
05	0 - 20	2.7	14.5	66.8	16	2.43	1.21
06	20 - 40	3.6	6.4	73.8	16.2	2.50	1.21
07	40 - 60	3.2	7.8	73.7	15.3	2.70	1.19
08	60 - 1.50	2.3	6.1	72.7	18.9	2.80	1.16
09	0 - 20	5.3	16.7	56.4	21.6	2.50	1.15
10	20 - 40	3.5	7.5	71.2	17.8	2.65	1.14
11	40 - 60	4.2	6.8	74.3	14.2	2.70	1.14
12	60 - 1.50	2.5	7.5	73.8	16.2	2.75	1.14
13	0 - 20	5.6	11.4	65.5	17.5	2.50	1.12
14	20 - 40	2.6	8.4	79.6	9.7	2.60	1.14
15	40 - 60	2.3	5.8	84.3	7.1	2.60	1.12
16	60 - 1.50	1.8	5.2	84.5	8.5	2.75	1.09
17	0 - 20	5.3	15.4	60.1	19.2	2.50	1.19
18	20 - 50	4.6	10.5	76.4	8.5	2.63	1.23
19	50 - 1.10	3.2	8.4	78.9	9.5	2.63	1.23
20	0 - 10	5.6	16.3	60.2	17.9	2.50	1.25
21	10 - 40	4.1	10.5	74.5	10.9	2.70	1.22
22	40 - 80	3.7	8.3	74.8	13.2	2.80	1.19
23	> 80	4.7	8.6	68.9	17.8	2.80	1.25
24	0.8	4.3	12.9	65.7	17.1	2.40	1.25
25	0 - 30	8.6	3.1	79.6	8.7	2.64	1.23
26	30 - 60	2.3	5.8	79.0	12.9	2.50	1.23
27	60 - 1.50	2.6	5.7	84.6	7.1	2.60	1.12
28	> 1.50	2.1	5.2	84.2	8.5	2.60	1.09

As análises realizadas nas áreas correspondentes aos topos dos platôs, apontaram concentrações de argila nos horizontes subjacentes. A vegetação local corresponde a mata medianamente alterada, com intercalações de "capoeirões" nestes solos são ausentes indícios de erosão

9.5 Aspectos Pedológicos das Unidades

Para entendermos os aspectos pedológicos destas unidades e sua relação com a erosão foram analisadas seções de perfis em seqüências entre ambientes diferenciados. Na primeira seqüência foram trabalhados dois perfis; ambos em topo de platô, compostos por coberturas vegetais distintas - um realizado em cobertura vegetal densa e outro em cobertura vegetal totalmente alterada do tipo campina. A descrição dos referidos perfis por seqüência será apresentada a seguir:

Descrição dos Perfis :

Seção I - PLATÔ

1. Classificação : Latossolo Amarelo, textura argilosa

Localização - Lote 28, Estrada Vicinal do Km 37; Rodovia AM 010

Vegetação - Floresta densa

Relevo - suave ondulado, topo plano correspondente à Unidade I

Drenagem - boa

Material de Origem : sedimento areno-argiloso da Formação Alter do Chão

A₁ - 0 a 20 cm, bruno escuro (10 YR 3/2); argilo-arenoso; moderada, subangular, firme plástico e pegajoso; excesso de raízes finas, pequenas e médias; poros e canais; plana e difusa.

A₂ - 20 a 35 cm, bruno claro (10 YR 7/4); argiloso, moderada; subangular, firme, plástico, pegajoso; raízes finas, médias e poucas; poros canais; plana e difusa.

E₂₁ - 40 a 80 cm, amarelo (10 YR 7/6); argila moderada; subangular, firme, plástica e pegajosa; raízes finas e poucas, poros e canais; plana e difusa.

B₂₂ - 80 a 150 cm, amarelo avermelhado (7/5 YR 7/8); argiloso; angular, firme, plástico pegajoso; raízes finas e poucas.

B/C + 150 cm, amarelo, muito avermelhado (7/5 YR 6/8), argiloso, firme plástico e pegajoso; raízes raras;

2. Classificação : Latossolo Amarelo, textura média

Local : lote 123 a 60 m da margem da estrada

Vegetação : Mata rala e baixa, muito alterada

Relevo: no local é plano e levemente ondulado na área (topo de platô)

Drenagem : boa

Material de Origem : Formação Alter do Chão

A₁ - 0 a 35 cm, Bruno acinzentado (10 YR 5/2); areno-argiloso; fraca, pequena granular que se rompe em grãos simples; friável não plástica, não pegajosa; raízes finas e muitas; plana e difusa;

A₂ - 35 a 50 cm, Bruno (10 YR 5/3), argilo-arenoso; fraca, pequena, granular se rompe facilmente; friável, não plástico, não pegajosa; raízes finas;

B₁ - 50 a 80 cm, Bruno amarelado claro (10 YR 6/8); argiloso, fraca, pequena; subangular que se rompe em pequenos grãos ligeiramente dura; não pegajosa; raízes finas e raras; plana e difusa.

B₂₁ - 80 a 120 cm, amarelo (10 YR 7/8)); argilo-arenoso; fraca, pequena, subangular; duro; friável, ligeiramente plástico, não pegajoso; raízes raras e muito finas; plana e difusa.

B/C - acima de 150cm; amarelo avermelhado (7,5 YR 6/8) argila arenosa, fraca pequena, subangular; duro, friável, ligeiramente plástica, não pegajosa, raízes praticamente ausentes.

Seção II

Transição Topo/Vertente

Na análise dos perfis que correspondem às faixas de transição entre topos e vertentes, foram trabalhados dados que possibilitaram verificar a mudança de aspecto textural no decorrer da vertente. Todas as análises corresponderam a solos pobres em teores de argila, fato proveniente da existência do material parental dos solos, encontrar-se bastante erodido.

As vertentes são curtas e vão se desenvolvendo à jusante, passando de retilíneas para côncavas, com o aparecimento de podzóis. A montante, apresentam coberturas pedológicas bastante espessas, chegando em alguns casos a 7m. A base destes platôs é constituída por latossolos amarelos bastante argilosos. Abaixo deste solo até 35m de profundidade, é permitido reconstituir a seqüência de diferenciação do solo a partir do sedimento; conforme difração de raio X das argilas é possível afirmar que estes solos se formam por neoformação da caulinita a partir do quartzo e do alumínio.

O reconhecimento morfológico da cobertura pedológica entre o topo e as vertentes, na transição dos latossolos para os podzóis, constitui as frentes de podzolização, onde os teores de argila diminuem gradativamente do topo até a jusante, chegando a 3% (tabela 3). Esta forma de mudança, que na maioria das vezes, se manifesta de maneira praticamente abrupta, é a responsável por alterações no sistema pedológico da bacia. Extensas faixas de superfícies arenosas estão se formando naquele ambiente, constituindo fenômeno de "arenização dos horizontes superficiais", conseqüentemente causam a alteração na flora local. A área que correspondia anteriormente à formação de floresta vegetal densa, hoje encontra-se com formações do tipo "mata rala" e

“campinarana” (figura 19). Um exame detalhado destas formações demonstra que tais espécies resistem no ambiente totalmente degradado da bacia.

Os limites da bacia do Leão representam assim, superfícies marcadas pela transição de solos latossólicos e podzóis, determinadas pela subtração das argilas no intervalo definido entre platôs e vertentes. Neste sistema, a acentuada ação erosiva irá proporcionar a passagem progressiva dos latossolos, para os podzóis e finalmente para as areias.

Esta unidade de mapeamento é representada pelas vertentes integrando solos profundamente desgastados, de textura leve e bem drenados, bastante porosos, apresentando um teor de areias grossa e fina da ordem de 80 %. Os teores de argila nesta unidade são de 9% no horizonte A, com ligeiro acréscimo no horizonte B, em torno de 12% a 16%..

Descrição dos Perfis

1. Classificação : Latossolo Amarelo textura arenosa

Lote i 40 margem esquerda da estrada

Relevo local - levemente ondulado

Drenagem : Bem drenado

Vegetação : Campinarana

Material de Origem : Arenito Manaus em decomposição

Altitude: 25 m acima do nível do Igarapé

Camada O_{1-9 a 7 cm} - constituída de folhas e galhos não decompostos

Camada O_{2-7 a 0 cm} - constituída de material vegetal semi decomposto e areia

Horizonte A - 0 a 25 cm; bruno acinzentado muito escuro (10 YR 3/2); areia

barrenta muito friável; não plástica e não pegajoso; raízes finas e

abundantes; plana e gradual.

Horizonte B₁ - 30 a 70 cm; bruno acinzentado escuro (10 YR 4/4); areia barrenta; bastante friável a solto; não plástico e não pegajoso; raízes comuns; plana e gradual.

Horizonte B₂₁ - 70 a 105 cm; (10 YR 5/3); argilo-arenoso; pouco coesa, se desfaz em leves toques; não plástico e não pegajoso; raízes comuns; plana e gradual

Horizonte B₂₂ - 105 a 130cm; (10 YR 7/4); argilo-arenoso; pouco coeso; pequena, média e subangular; friável, não plástico e não pegajoso; poucas raízes; plana e difusa.

Horizonte B/C - 130 a 180 cm; amarela (10 YR 7/6); argilo-arenoso pesado, pouco coeso, fraca, pequena subangular, muito friável; não plástico, não pegajoso; raízes raras.

As análises realizadas em 14 amostras coletadas ao longo das viagens de perfilagem a propósito de solos de classes técnicas arenosa e franco-arenosa. Os teores de areia variaram para areias finas com 18,01 a 30,25 % e 47,42 a 68,30 % para areias grossas; enquanto a argila variou de 61,98 a 69,75 % e 31,68 a 32,70 % para argilas finas e grossas, respectivamente; estas amostragens definem perfis bastante arenosos. Tais solos naturais permitem o estabelecimento de que um dos condicionantes do processo evolutivo pode ser o material de origem. O uso inadequado do solo, a exposição do mesmo ao índice de chuva, a retirada constante da cobertura vegetal pela ação das queimadas, e as práticas de cultivo tradicionais contribuem para diminuir a fertilidade do solo e a erosão.

Caracterizam as transições entre latossolos e podzóis, onde os valores de argila decrescem à medida que ocorre o afastamento das zonas de tipo dos plúvis, ao longo das secções.

Tabela 3. Dados granulométricos correspondentes a seção : Topo/Vertente

N ^o Amostra	Profundidade (cm)	Areia fina	Areia grossa	Argila	Silte	Densidade	Densidade
						aparente	real
		%				g/cm ³	
1	0 - 20	23,45	59,60	1,0	15,95	1,54	2,59
2	20 - 1.50	25.35	57.67	1.01	15,97	1,95	2,56
3	0 - 20	23.13	60.25	4.04	12.58	1,67	2,53
4	20 - 1.50	30.25	47.42	11.11	11.22	1,82	2,59
5	0 - 30	24.70	57.55	10.0	7.75	1,84	2,63
6	30 - 1.50	19.39	65.60	8.08	6.93	1,74	2,53
7	0 - 20	24.85	62.87	10.1	2.18	1,73	2,59
8	20 - 1.50	20.40	62.87	10.10	6.63	1,31	2,63
9	0 - 20	24.69	63.09	9.02	3.20	1,59	2,53
10	20 - 1.50	24.20	61.15	8.0	6.65	0,83	2,56
11	0 - 20	21.90	68.30	7.0	2.80	1,60	2,66
12	20 - 1.50	23.75	68.30	6.0	1.95	1,66	2,53
13	0 - 20	19.26	68.19	7.21	5.34	1,42	2,66
14	20 - 1.50	18.01	68.14	8.0	5.85	1,52	2,56

As análises realizadas em 14 amostras coletadas ao longo das voçorocas permitiram o diagnóstico de solos de classes texturais arenosa e franco arenosa. Os teores de areia variaram para areias finas com 18.01 a 30.25 % e 47.42 a 68.30 % para areias grossas; enquanto a argila manteve-se em níveis baixos. A densidade real apresentou-se em torno de 2,59 a 2,63 respectivamente; estas amostragens definem perfis bastante arenosos. Dados desta natureza, permitem o entendimento de que um dos condicionadores do processo erosivo pode ser o material de origem. O uso inadequado do solo, a exposição do mesmo ao índice de chuvas, a retirada constante da cobertura vegetal pela ação das queimadas, e as práticas de cultivo perniciosas contribuem para diminuir a tolerância do solo à erosão.

Caracterizam as transições entre latossolos e podzóis, onde os valores de argila decrescem à medida que ocorre o afastamento das zonas de topo dos platôs, ao longo das encostas.

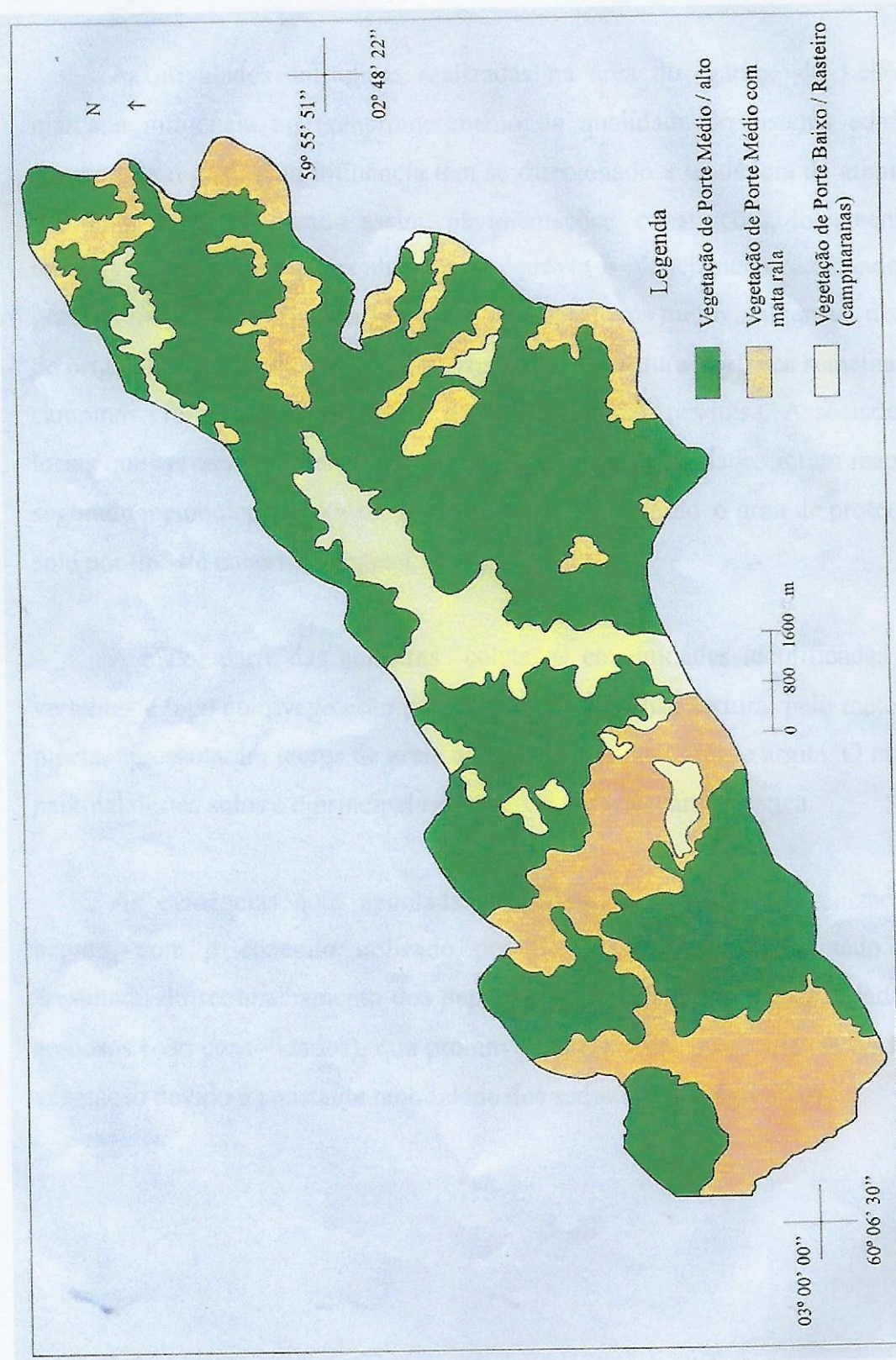


Figura 19 - As interferências antrópicas presentes na bacia geram o aparecimento de novos micro ambientes. Estes ambientes apresentam mata rala e esparsa.

10. Processo de arenização na Bacia

As atividades antrópicas realizadas na área do Igarapé do Leão, têm marcada influência no comprometimento da qualidade do sistema edáfico e florestal da região. Esta influência tem se direcionado a tendência de arenização dos solos da bacia. Sendo assim, pavimentações, construções, loteamentos, e cultivos realizados sem reconhecimento prévio e planejamento adequado, têm gradativamente substituído a floresta nativa por novos micro ambientes, distintos do original. Estes ambientes, caracterizados por estrutura florística semelhante às campinas foram evidenciados no decorrer de nossa pesquisa. Associados aos locais que apresentaram elevados teores de areia, estas unidades foram mapeadas seguindo metodologia proposta por Ross (1996), definindo o grau de proteção do solo por tipo de cobertura vegetal.

A maior parte das amostras coletadas em unidades identificadas como vertentes e topo com vegetação perturbada, após análise textural pelo método da pipeta, apresentaram teores de areia acima de 70% com 2% de argila. O material parental destes solos é o principal responsável por esta característica.

As evidências aqui apontadas conferem a tendência à arenização de acordo, com o conceito utilizado por Suertegaray (1996), adotado como “resultado do retrabalhamento dos depósitos areníticos (pouco consolidados) ou arenosos (não consolidados), que promove, nessas áreas a dificuldade de fixar a vegetação devido à constante mobilidade dos sedimentos” (figura 20).

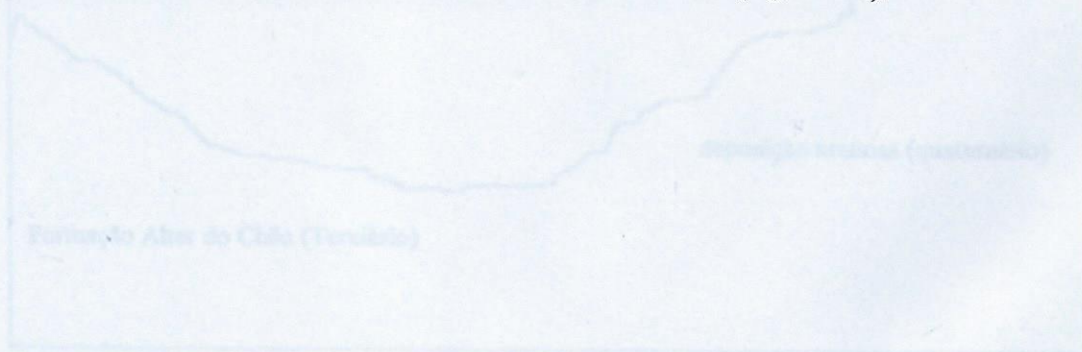
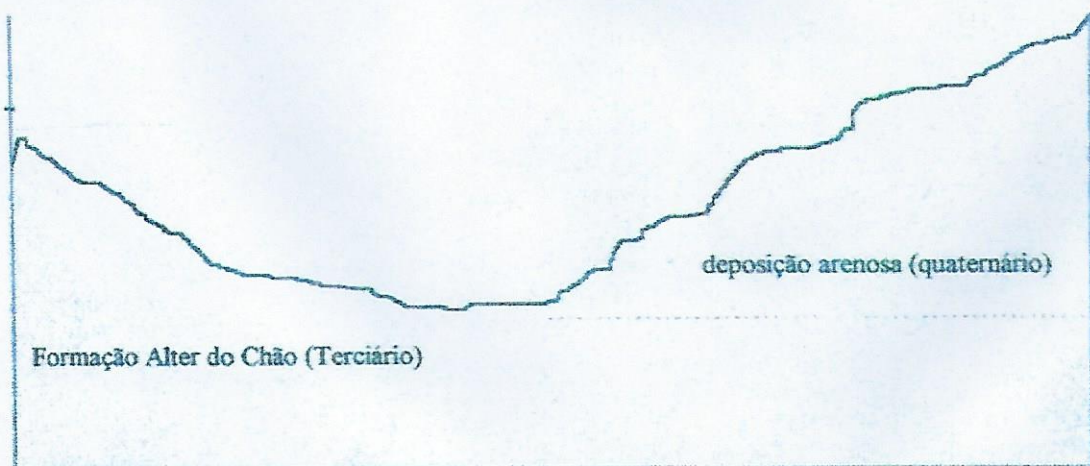




Figura 20 - Depósito arenoso localizado na BR-174, corresponde às faixas de interflúvios onde se localizam os limites da bacia do Leão. Estes depósitos encontram-se nos topos dos baixos platôs que margeiam a estrada; até metade da década de 60 encontravam-se colonizados por vegetação. Caracterizam faixas de contato entre idades terciárias e quaternárias, sendo comuns na área de pesquisa. O desmatamento sem controle nestas localidades pode expandir manchas arenosas na Amazônia.



Para o reconhecimento do grau de proteção do solo por tipo de cobertura vegetal utilizamos o parâmetro dominância de estratos. Desta forma, foram consideradas com grau de cobertura vegetal muito alta, aquelas áreas que apresentaram árvores altas ou médias (dominância de estrato arbóreo - 20 e 30 metros), com intercalações de capoeirões, nestes locais os teores de argila são estáveis. Os capoeirões configuram-se como “ilhas” ladeadas por vegetação, e foram classificados como cobertura vegetal baixa por apresentarem espécies de porte semi-arbóreo (8 e 15 metros). Os locais de estrato arbustivo e rasteiro, foram considerados como cobertura vegetal muito baixa (figura 21).

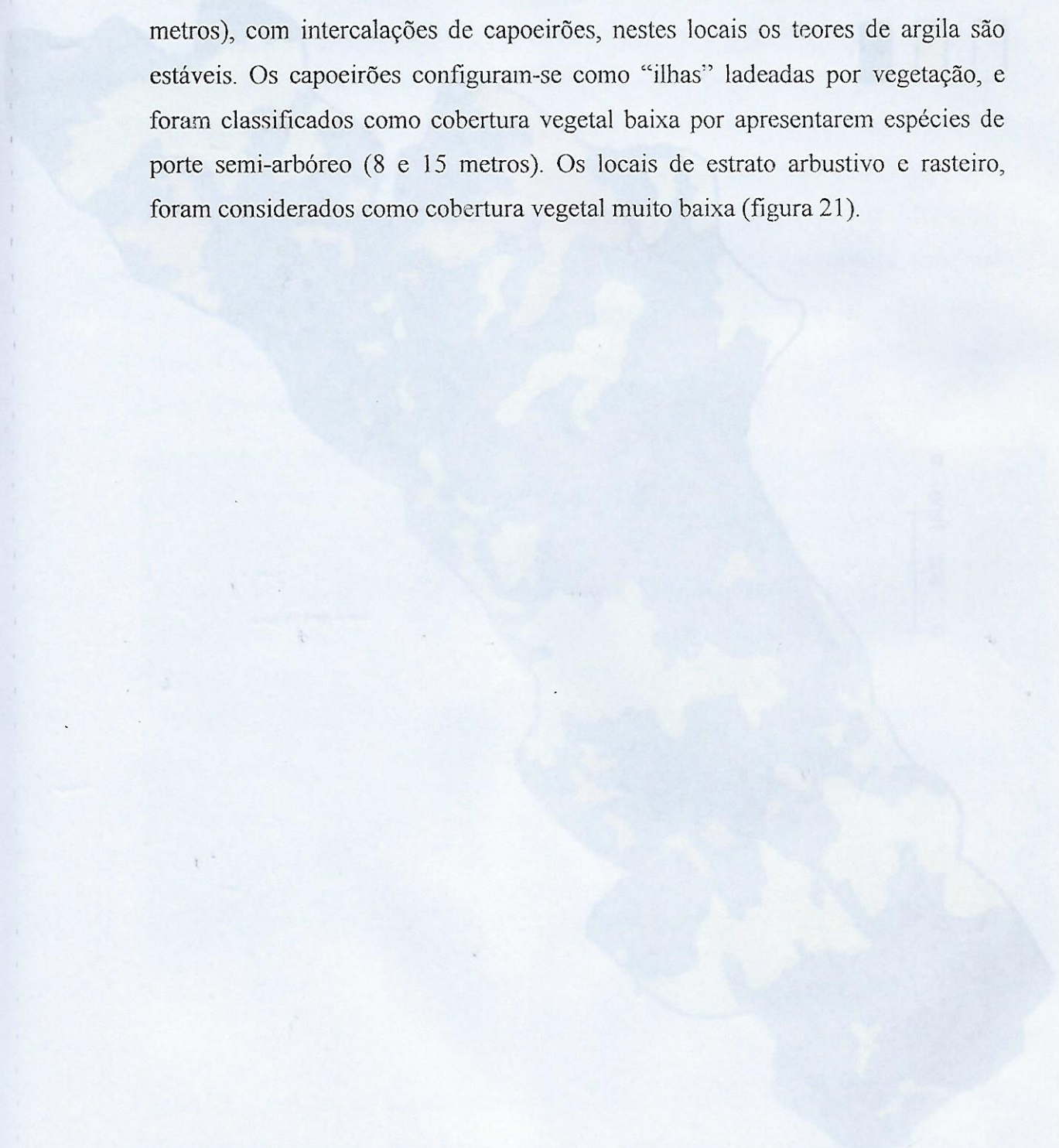


Figura 21 - Grau de Proteção do Solo por Tipo de Cobertura Vegetal

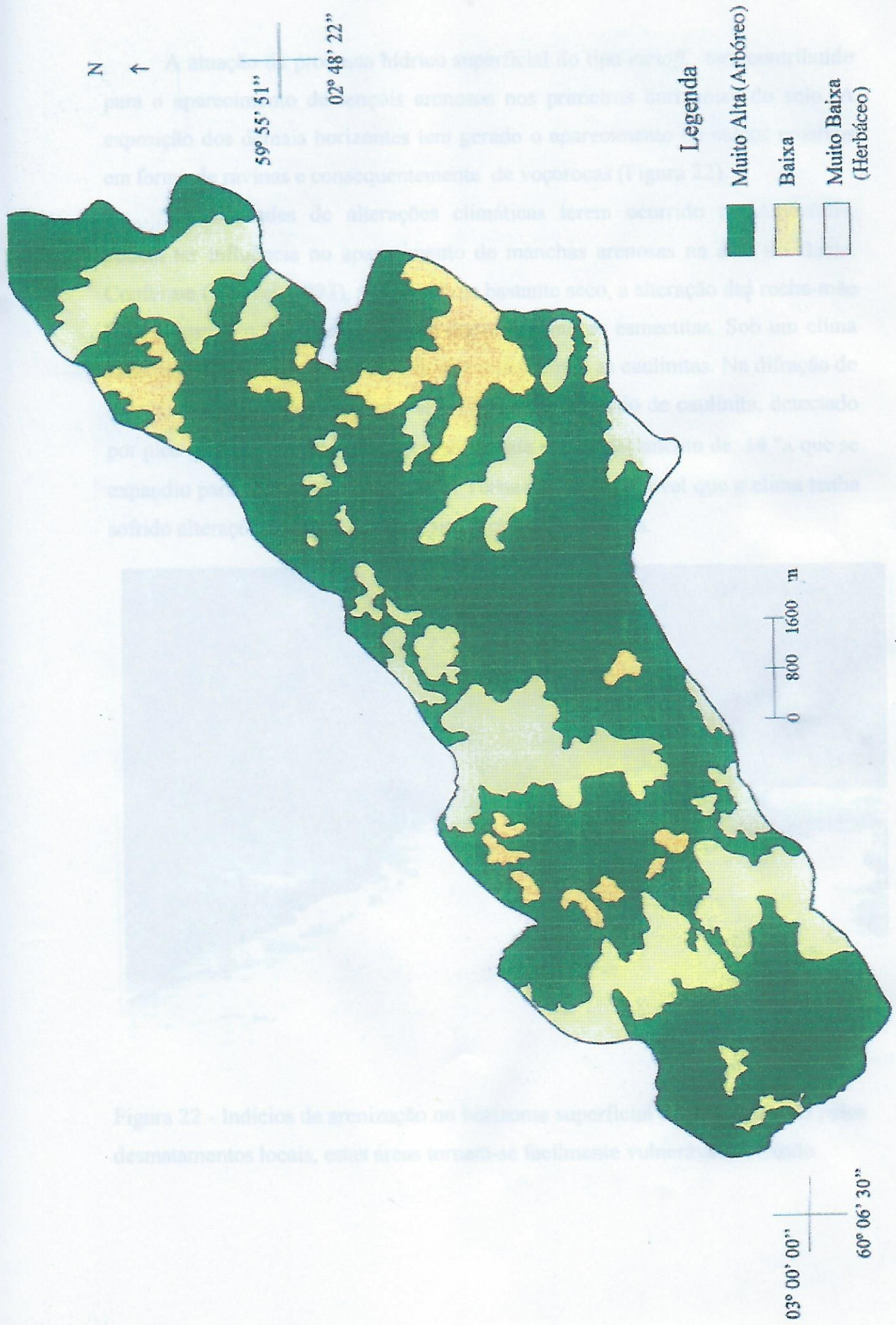


Figura 21 - Grau de Proteção do Solo por Tipo de Cobertura Vegetal

A atuação de processo hídrico superficial do tipo *runoff*, tem contribuído para o aparecimento de lençóis arenosos nos primeiros horizontes do solo. A exposição dos demais horizontes tem gerado o aparecimento de sulcos erosivos em forma de ravinas e conseqüentemente de voçorocas (Figura 22).

Possibilidades de alterações climáticas terem ocorrido na Amazônia, podem ter influência no aparecimento de manchas arenosas na área do Bacia. Conforme Chauvel (1993), sob um clima bastante seco, a alteração da rocha-mãe leva à formação de alguns tipos de argilas, como as esmectitas. Sob um clima mais úmido as argilas formadas são diferentes, como as caulinitas. Na difração de raio X, nas argilas coletadas na Bacia, houve predomínio de caulinita, detectado por pico de $7,2\text{Å}$. A esmectita foi reconhecida pelo espaçamento de 14Å que se expandiu para 18Å com a glicolação. Torna-se compreensível que o clima tenha sofrido alterações entre períodos mais secos e mais úmidos.



Figura 22 - Indícios de arenização no horizonte superficial do solo, causada pelos desmatamentos locais, estas áreas tornam-se facilmente vulneráveis à erosão.

Ainda seguindo o conceito proposto por Suertegaray (1996) a “arenização é caracterizada como um processo de localização similar correspondendo não raro a divisores de água e/ ou a médias vertentes”. Este aspecto também se faz sentir na localidade do Igarapé do Leão, uma vez que toda a área é caracterizada por interflúvios que servem como divisores entre as bacias dos Igarapés do Santo Antônio, Leão e Mariano.

A identificação do processo de arenização nestas áreas ocorre concomitantemente ao aparecimento de micro ambientes vegetais de reduzida biomassa - após derrubada da floresta para plantios e queimadas (figura 23), que podem evoluir para manchas arenosas ou areais propriamente ditos. Este aspecto foi visualizado nas fotointerpretação (figura 24).

As manchas de areia branca na bacia se destacam como novos micro ambientes propícios ao desenvolvimento de campinas e campinaranas (figura 25). Constituem formação geológica excessivamente arenosa, que ocupam diferentes posições na topografia, gerando assim ecossistemas alterados com aspectos distintos do original e adaptados a viver com um suporte pedológico fortemente drenado. Nestas massas de areia fortemente drenadas, encontram-se as campinas, e na borda de transição entre a floresta e a campina se estabelece a campinarana (figura 26). A primeira caracteriza-se como formação aberta, com touceiras de pequenos arbustos, enquanto a segunda tem aspecto de uma mata com troncos finos e esguios. A campinarana apresenta o efeito borda de verdadeiro tampão, entre a floresta de terra firme e os solos semidesnudos da campina. Ao contrário das matas de terra firme na Amazônia, as campinaranas têm baixo nível de biodiversidade florestal e oferecem reduzida proteção aos solos.

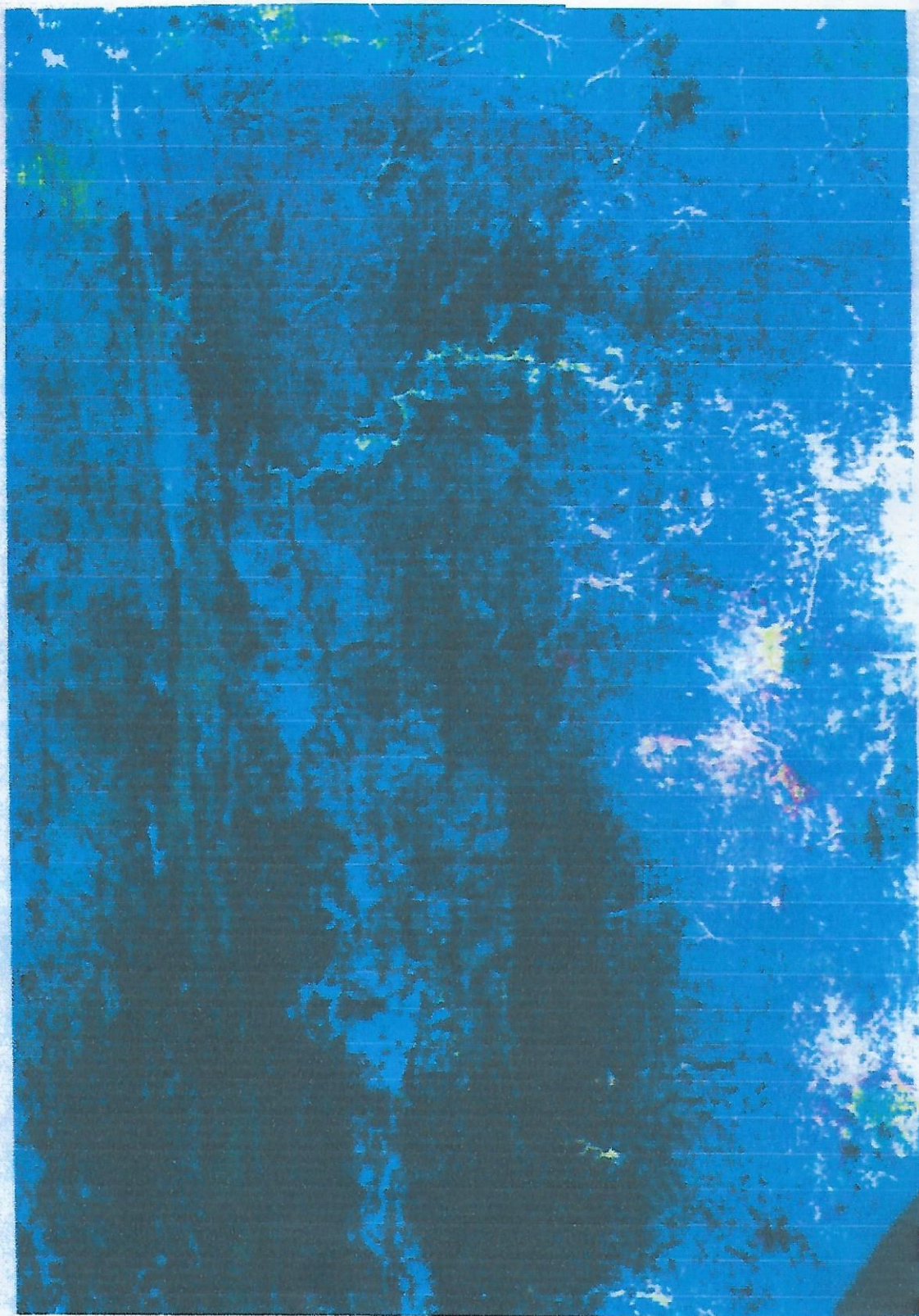


figura 23 - Aspecto das queimadas na área da bacia (foto IPAM/ 1997)

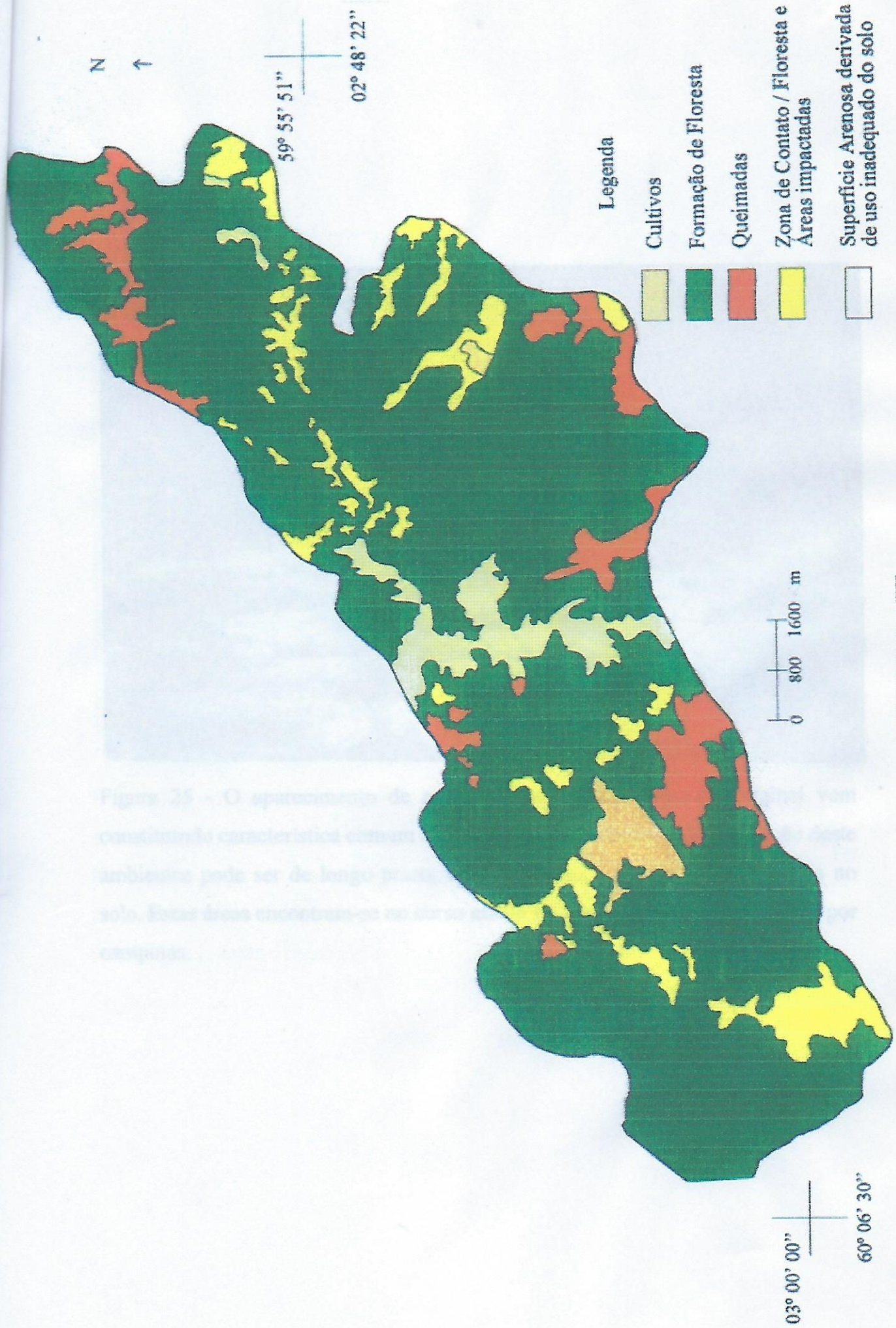


Figura 25 - O aparecimento de condições características comuns ambientais pode ser de longo prazo. Estas áreas encontram-se em áreas de ocupação.

Figura 24 - Formas de Uso do Solo na Bacia



Figura 25 - O aparecimento de micro ambientes diferentes do original vem constituindo característica comum na área da bacia do Leão. A regeneração deste ambientes pode ser de longo prazo, tendo em vista a concentração de areia no solo. Estas áreas encontram-se no curso médio e são conhecidas na Amazônia por campinas.



Figura 26 - Aspecto de campinaras ou capoeirões, aparecem quando uma clareira é aberta. Os capoeirões situam-se entre a clareira e a floresta propriamente dita. Nas bordas surge um “emaranhado” de vegetais, que funcionam como um tampão até o interior das florestas de características originais; as plantas são heliófitas com folhas cerosas e baixo porte.

As análises de fotointerpretação em imagens de landsat associados à aplicação de critérios metodológicos de campo, permitem-nos concluir que o processo de arenização dos solos da bacia decorre dos seguintes aspectos:

a) Existem na área de pesquisa dois pólos pedológicos fortemente diferenciados. Um é bastante argiloso, onde predominam teores de argila em torno de 90 % até 20 cm de profundidade, de cor amarelo-avermelhado (5YR 5/8), associados às formações vegetais típicas da Amazônia; cujo aspecto é marcado por alta diversidade, conhecidas como florestas de terra firme. Apresentam-se como superfícies estáveis aos processos erosivos, desde que mantidas as condições originais de cobertura vegetal. O segundo pólo se destaca por superfícies de areia branca, alcançando vários metros de espessura associados às formações vegetais baixas e abertas. Em alguns locais da bacia marcam zonas de transição entre os latossolos e o podzóis.

b) O aparecimento de manchas de areia branca está associada aos membros arenosos da Formação Alter do Chão, que devido à complexidade litológica de seus sedimentos - lacustres, fluviais e flúvios-lacustres - pode expor areias em alguns tabuleiros e interflúvios.

c) O substrato arenítico da referida formação não apresenta aspecto consolidado. A cobertura alterada, resultante da atuação de atividades antrópicas, além de não oferecer proteção ao solo, permite a intensificação do processo de escoamento concentrado, característico do clima úmido atual. De acordo com Suertegaray (1996), os areais seriam resultados da atuação de processos de clima úmido, retrabalhando formações superficiais características de clima semi-árido ou semi-úmido de um passado recente (figura 27). Este aspecto favorece a fragilidade do sistema pedológico, permitindo o afloramento desse material. Estudos indicam que os areais na Amazônia datam do Pleistoceno Médio Superior entre 50.000 e 110.000 anos (Prance, 1982).

d) A montante das baixas colinas configuradas como limites da bacia do Igarapé do Leão, predominam latossolos com textura argilosa a partir de 30cm de

profundidade. As quantidades de argila diminuem gradativamente para a jusante destas colinas. Desse modo, nas áreas definidas como topo dos baixos platôs, os teores de argila passam de 90 % a 2m de profundidade para 5% no conjunto do perfil a jusante. Esse empobrecimento dos níveis argilosos evidencia-se não apenas na parte superior, como na parte inferior dos perfis observados ao longo das encostas. Neste momento o material arenoso espraia-se por toda a vertente, acentuando-se através da alteração de tonalidades amarelo-avermelhada para areias claras na direção dos fundos de vale. De acordo com a intensidade do processo erosivo, percebe-se algumas vezes o afloramento de rochas sedimentares areníticas.

e) O aspecto topográfico da área aponta correlações existentes entre o desenvolvimento de teores de areias nas faixas de transição entre os topos e os vales, como resultado de transportes de materiais pelo escoamento superficial e processos de neoformação.



Figura 27 - Material arenítico não consolidado. A ação da água causa rompimento neste material, a tendência é a arenização destas áreas.

12. Recomendações e Conclusões :

12.1 Recomendações

12.1.1. Do ponto de vista legal :

Para que sejam mantidas as características originais do ambiente biofísico da bacia do Igarapé do Leão, e a área seja devidamente utilizada com racionalização e aproveitamento local do potencial de lazer oferecido recomenda-se que:

12.1.2. Para a preservação da mata ciliar e do curso do rio:

Sejam obedecidas as exigências contidas nos Artigos 2º e 3º do Código Florestal Brasileiro, instituído pela Lei 4771, de 15.09.65 que institui :

De acordo com o Art.2º :

- São consideradas de preservação permanentes florestas e demais formas de vegetação natural situadas :

a) ao longo dos rios, ou de qualquer curso de água, em faixa marginal cuja largura mínima será :

1 - de cinco metros para os rios de menos de 10 metros de largura.

Este é o caso do Igarapé do Leão que apresenta-se como um rio estreito durante todo o seu percurso com larguras que variam entre 3 e 8 metros no curso médio e profundidades sempre inferiores a 3 metros.

b) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos de água" seja qual for a situação topográfica.

As nascentes do Igarapé encontram-se conservadas pela manutenção da cobertura vegetal . O maior impacto ocorre no curso médio, onde a população ocupa de forma mais efetiva aquele espaço. A comunidade presente utiliza a

água para uso : doméstico, abastecimento de granjas e cultivos. Deve-se neste caso encontrar formas de proporcionar ao habitante saneamento básico adequado, possibilitando assim a manutenção e preservação do curso de água.

Ainda no Art. 3º do Código Florestal é possível encontrar elementos que subsidiam a efetivação do uso da área com racionalidade e proteção, através da seguinte legislação :

Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do poder público, as florestas e demais vegetação natural destinadas a:

- a) atenuar a erosão das terras;
- b) fixar dunas;
- c) formar faixas de proteção ao longo das rodovias e ferrovias;
- d) auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares;
- e) proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico e histórico;
- f) asilar exemplares da flora e fauna ameaçados de extinção;
- g) manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas; e
- h) assegurar condições de bem estar público.

Os elevados teores de areia encontrados nas análises, denotam a fragilidade do solo em manter fixada a vegetação. Partindo-se dessa premissa, seria perfeitamente recomendável a proibição de desmatamento nos limites da bacia, uma vez que a cobertura vegetal desempenha papel primordial na manutenção das condições originais de composição do solo.

12.2. Quanto ao aspecto de proteção do solo

Com a finalidade de reduzir e controlar a erosão, favorecendo a manutenção e o melhoramento das condições morfológicas, físicas, químicas e biológicas, recomendamos para a bacia em estudos os seguintes sistemas de proteção:

12.2.1. Construção de Terraços de Base Larga

Considerando que os terraços são estruturas conservacionistas que constam de um camalhão (ou dique), um canal ou um conjunto de camalhão e canal construídos cortando o declive do terreno e espaçados convenientemente (Sobral Filho et al. 1980). Acreditamos que esta seria uma forma de prevenção bastante adequada para a área. Por outro lado, é válido ressaltar que os terraços de base larga, são sistemas de proteção recomendados pelo Serviço Nacional de Proteção ao Solo, para locais cuja declividade se encontra em faixas de 2 a 8°; estas são classes de declive encontradas em quase todo o limite da bacia.

Para amenizar a concentração de descarga de enxurradas este terraços poderiam ter nas zonas de acúmulo, tubos de tomada de água ligados a um dreno subterrâneo, onde excesso de enxurrada seria gradativamente eliminado.

Além destas vantagens os terraços exercem ação efetiva no controle da erosão, e quando construídos adequadamente servem para :

- a) aumentar a capacidade de retenção de água pelo solo para uso das culturas;
- b) reduzir a quantidade de sedimentos na enxurrada. Reduzindo a velocidade do escoamento superficial, os terraços contribuem também para manter a proteção do solo.
- c) reduzir o pico de descarga de cursos de água. A técnica de construção de terraços tem resultado na redução do pico de descarga em pequenas bacias hidrográficas.

Importante citar ainda que no caso específico de nossa área de pesquisa, os terraços devem ocupar as faixas laterais do platôs tabulares que justamente correspondem às laterais das estradas de terra, em faixas transicionais entre o topo e o vale, local onde o risco erosivo é maior.

12.2.2. Canais Escoadouros

Os canais escoadouros são canais de drenagem superficial, geralmente estabilizados por vegetação e construídos com formas de declive convenientes.

Os canais escoadouros devem ser construídos e mantidos sempre que formas concentradas de escoamento superficial favorecerem a formação de sulcos profundos. São particularmente úteis na condução de água descarregada por terraços. Os terraços podem ser classificados em trapezoidais e triangulares. A primeira forma caracteriza-se por um tipo de seção que gera menor concentração de fluxo, daí ser indicado para zonas de maior declive. A seção triangular é a que provoca maior concentração de fluxo, e por isto mesmo a que deve ser usada em declives mais amenos. No caso da área específica da bacia em questão recomenda-se pela suavidade das formas a seção triangular.

12.2.3. Cordões de Vegetação Permanente

Os cordões de vegetação permanente são faixas em contorno, intercaladas à cultura principal e mantidas com plantas perenes que desenvolvem uma densa vegetação (Sobral Filho, 1980). São utilizados com a finalidade de reduzir o escoamento superficial. Desta forma, ajuda a reduzir a desagregação das partículas do solo e o poder das enxurradas.

Os cordões de vegetação permanente, podem ser recomendados para lavradores que não dispõem de recursos para a construção de terraços. Esta técnica não exige grande movimentação do solo, podendo ser utilizada para qualquer tipo de solo que tenha profundidade suficiente para o desenvolvimento das culturas mantidas em faixas. Plantas como a erva-cidreira e a cana-de-açúcar e capim-elefante têm sido largamente utilizadas, pelo ciclo longo, densidade de raízes e desenvolvimento rápido da parte aérea.

13. Conclusões

12.2.4. Cobertura do Solo

a) tipo viva :

Classifica-se como cobertura do solo do tipo viva, qualquer cultura de plantas herbáceas, arbustivas ou arbóreas, em agrupamentos homogêneos ou consorciados. A finalidade desta cobertura é prevenir a desagregação e evitar o aquecimento excessivo do solo pelos raios solares, propiciando condições de temperatura e umidade favoráveis à atividade biológica e à conservação da matéria orgânica no solo. Considerando, que a área de estudos recebe intensidade solar constante, este tipo de cobertura pode ser recomendado, entretanto, ressalta-se a necessidade de verificar o tipo adequado para os solos em questão. Algumas espécies são citadas para regiões localizadas no sul do país, como a margaridinha, grama-portuguesa e capim gordura, no revestimento de taludes, cortes e aterros.

b) tipo morta

Camada de restos vegetais disposta sobre o solo, de modo a formar um revestimento em sua superfície. Além das vantagens citadas pela cobertura anterior, a manutenção da cobertura morta inibe o aparecimento de ervas daninhas e incorpora nutrientes ao solo. Para a Amazônia, esta é uma recomendação válida uma vez que a fragilidade deste ecossistema encontra-se na relação solo-planta. Todo o ciclo de desenvolvimento vegetal da floresta depende da decomposição química das folhas mortas. A retirada desta cobertura alterará totalmente esta relação ecossistêmica.

13. Conclusões

A partir do que foi exposto cabe ressaltar que os processos de arenização na Amazônia, tornam-se cada vez mais evidentes. Práticas inadequadas de uso dos solos, associadas aos fatores de origem natural são as principais causas deste processo. Nos levantamentos realizados no decorrer deste trabalho, foi possível compreender que a fragilidade dos solos amazônicos, está interligada aos intensos processos de sedimentação ocorridos nesta vasta bacia. O espesso pacote sedimentar que recobre toda a região central da Amazônia, define para o local composições extremamente arenosas, que possivelmente sofreram influências paleoclimáticas.

Isto posto, finalizamos o presente trabalho, com a expectativa de que todas as sugestões oferecidas sejam trabalhadas como formas de recuperação das áreas erodidas e arenizadas. Esperamos também ter colaborado para o desenvolvimento de uma consciência ambiental coletiva para a preservação da Amazônia, uma vez que esta parte do Brasil, é meta prioritária no contexto socio-ambiental da agenda 21.

Bibliografia

- AB'SABER, A. N. (1967) Problemas Geomorfológicos da Amazônia Brasileira. Universidade de São Paulo / Anais do Simpósio sobre Biota Amazônica / Vol 1 / Geociências.
- AB'SABER, A.N. (1953) A Cidade de Manaus. Geografia Urbana Boletim Paulista de Geografia / nº 15 Outubro de 1953. Agron.Campinas 9. (5/8) 125-132. S.P.
- ALBUQUERQUE, B. W.P. & LISBOA, P. L. (1977) Algumas Plantas Utilizadas como Forrageiras ou com Possibilidade de Uso na Agropecuária na Amazônia. SUFRAMA/ INPA, Manaus.
- ALBUQUERQUE, O.R. (1922) Reconhecimentos Geológicos no Valle do Amazonas (campanhas de 1918 1 1919). Boletim do Serviço Geológico Mineral, Rio de Janeiro.
- ALMEIDA, F. F. M. (1967) Origem e evolução da plataforma brasileira. DGM/DNPM, Rio de Janeiro. Bol. 241; 1-36 pp.
- ALMEIDA, F. F. M. (1984). O Pré Cambriano no Brasil. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 378 pp.
- BAHIANA, L. C. (1974) O Norte na organização regional do Brasil, in Região Norte/ IBGE. Vol, 3.(15-23). Rio de Janeiro (1991).
- BALLING Jr, R. C. (1991) Impact of Desertificacion on Regional and Global Warming. Bulletin of American Meteorological Society. Usa. 72:232-334.
- BARBOSA, R. I. (1991) Erosão do Solo na Colônia do Apiaú, Roraima (BR)/ Dados Preliminares, Boletim, Museu Integrado INPA 22-40, Julho, 1991.
- BARBOSA, G. V. *et.al.* (1974) Geomorfologia; in Brasil . Departamento Nacional de Produção Mineral (RADAM) Rio de Janeiro

- BERTONI, J. e LOMBARDI NETO, F. (1985) Equação de Perdas de Solo. Campinas. Inst, Agron. Boletim técnico. 21.
- BEZERRA, P. E. L. (1984) Cronoestratigrafia das coberturas sedimentares proterozóicas do Cráton Amazônico e seu relacionamento com o subgrupo Uatumã (Amazônia Legal), In Congresso Brasileiro de Geologia, V.5. p. 2125-40
- BIGARELA, J. J. & MOUSINHO, M. R. (1965) Considerações à respeito dos terraços fluviais, rampa de colúvio e várzeas. Boletim Paranaense de Geografia / n^o 16 e 17.
- BOARDMAN, J. (1983) Soil erosion on the Lower Greensand Hascombe, Surrey, 1982-83, Journal Farnham Geology Society, 1, 3, 2-8.
- BOLETIM TÉCNICO - levantamento de solos do IPEAAOC, Manaus; 1972 e 1973
- BORDMAN, J e ROBINSON, D. A. (1985). Soil erosion, climatic vagary and agricultural change on the South Downs around Lewes and Bringthon, autum 1982. Applied Geography, 5, 243-258.
- BOHRER, C. B. A. *et al.* Vegetação - Região Norte/IBGE - Rio de Janeiro 1991.
- BRAGANOLO, N. (1986) Efeito da cobertura do solo por resíduos de culturas sobre temperatura e umidade do solo: germinação e crescimento do milho. Porto Alegre.
- BRAVARD, S. & RIGHI, D. (1990) Podzols in Amazônia. Catena vol. 17. p. 461-475. Cremlingen.
- BRAWN, W. A. G. (1961) Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle. Rev. Bras. de Geogr. Rio de Janeiro, 23: 591-642.
- BRAWN, W.A.G. (1961) Contribuição ao estudo da erosão no Brasil e seu controle. R.bras. Geogr. Rio de Janeiro, 23: 591-642).
- BRIDGES; E. M. (1993) Soil Horizons Designations; Past Use and Future Prospects. Catena vol 20. p 363-373. Cremlingen
- BITENCOURT. A. (1966) Mosaicos do Amazonas. Fisiografia e Demografia da Região. Série Torquato Tapajós. Manaus.

- BENCHIMOL, S. (1977). Amazônia; Um pouco antes, além depois. Coleção Amazoniana. 1ª edição. ed. Umberto Calderaro. Manaus
- BUDOWSKI, G. (1984) Leguminous trees for shade. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. 19: 205-222
- CAMARGO, M.N. *et al.* (1966) Delineamento esquemático dos solos do Brasil. Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo, Boletim Técnico 1: 47-54
- CARVALHO, P. F. (1926) Vale do rio Tapajós. B. Serv. Bras. de Geologia (15): 7-11, Rio de Janeiro.
- CARVALHO, M. A. (1996) Estudo Palinológico e Paleoclimático, com base em palinologia aplicada em sedimentos pleistocênicos da bacia da foz do rio Amazonas, Rio de Janeiro, Maio de 1996. Tese de Mestrado/ UFRJ.
- CAPUTO, M. V. (1971) Litoestratigrafia da Bacia Amazônica. Belém. PETROBRÁS - relatório técnico
- CHAUVELL, A. LUCAS, Y. SOUBIÉS, F. (1993) Estudos dos solos revelam alterações climáticas na Amazônia. Revista Ciência Hoje. Vol. 16.
- COELHO NETTO, A. L. (1994) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia, in Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos / org. Antônio GUERRA e Sandra B. CUNHA - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- COELHO NETTO, A. L. (1986) Precipitação e interceptação florestal em ambiente tropical montanhoso; Rév. Bras. de Engenharia, 4,2.
- COSTA, J. B. (1973) Caracterização e Constituição do Solo. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- COSTA, R. C. R. e MELO, D. P. (1975) Geomorfologia. In Brasil Departamento Nacional de Produção Mineral. RADAM Folha N. A 21 Tumucumaque.
- CUNHA, S. B. & GUERRA. J. T. (1996) Degradação Ambiental in Geomorfologia e Meio Ambiente Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- DEMATÊ, J. L.I. (1988) Manejo de Solos Ácidos dos Trópicos Úmidos Região Amazônica, Cargill. Relatório Técnico. Campinas (SP).

- (DAEE) (1989) Departamento de Águas e Energia Elétrica Controle da Erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de voçorocas urbanas. São Paulo, DAEE/IPT / 92p.
- DAEMON, R. F. (1975) Contribuição à datação da Formação Alter do Chão. Bacia do Amazonas. *Revista Brasileira de Geociências*; Rio de Janeiro/ 58-84
- DEUS, C. E. (1991) O papel da formiga saúva.(Gênero ATTA) na hidrologia e erosão do solo em ambiente de pastagem, Bananal, SP. Tese de Mestrado. IGEO-UFRJ, 236 p.
- DORST, J. (1973) Antes que a Natureza Morra/ coord. Mário G. Ferri ; trad. Rita Buongiorno. São Paulo. Edgard Blucher.
- ELLISON, W.D. (1947) Soil erosion studies. II. Soil detachment hazard by raindrop splash. *Agric. Engn.*28/197-201.
- EVANS, R. (1980) Mechanics of water erosion and their spatial and temporal controls: an empirical viewpoint. *In Soil erosion*. Editores M. J. Kirkby e R. P. C. Morgan, 109-128.
- EVANS, R. (1979) Mechanics of water erosion (Chapter 4) in Kirkby, M. J. e Morgan, R. P. C. *Soil Erosion*, Longman, Inc. N.Y
- FERNANDES, N.F.(1990) Hidrologia Subsuperficial e Propriedades Físico Mecânicas dos Complexos de Rampa, Bananal S. P. Tese de Mestrado, IGEO-UFRJ,120p.
- FRANCO, E. M. e PRATES, M. Geomorfologia (1974) In Brasil: Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha S.B. Javari/ Contamana. Rio de Janeiro.
- FRANCO, A.A.*et.al.* (1992) Revegetação de solos degradados, Itaguaí. EMBRAPA/CNPBS.
- FOSTER, G. R. (1990) Process based modelling of soil erosion by water on agricultural land. University of Minnesota.
- GATTO, L. C. (1989) Relevo / Região Norte (IBGE). Diretoria de Geociências, RJ.

- GEOGRAFIA DO BRASIL / REGIÃO NORTE (1989) Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências - Rio de Janeiro, IBGE.
- GRAZIANO NETO; F. (1986) Questão Agrária e Ecologia: Crítica da Moderna Agricultura. São Paulo. Brasiliense.
- GROHMANN, F. e CATANI, R. A. (1949) O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do Arenito Bauru. Bragantina.
- GOVERS, S. G. e POESEN, J. (1990) Gully erosion in the Loam Belt of Belgium: typology and control measures; National Fund for Scientific Research Group in Soil Erosion on Agricultural Land. Edited by J. Boardman; J. D. L. Foster and J. A. Dearing; British Geomorphological Research Group.
- GUERRA, A. J. (1998) Novo Dicionário Geológico e Geomorfológico. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro
- GUERRA, A. J. (1994). Processos Erosivos nas Encostas, in Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos/ org. Antonio J. T. Guerra e Sandra B. Cunha - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. (149-209).
- GUERRA, A. T. (1955). Estudo Geográfico do Território Federal do Acre. Rio de Janeiro. IBGE. Conselho Nacional de Geografia Brasileira, 299p. il.
- GUERRA, A. T. (1978) Dicionário Geológico e Geomorfológico. Rio de Janeiro; IBGE. 466p in Vocabulário Básico do Meio Ambiente / PETROBRÁS / FEEMA, pág. 90.
- GUERRA, A. T. (1954) Estudo Geográfico do Território Federal do Amapá. Rio de Janeiro, IBGE. Conselho Nacional de Geografia, Biblioteca Geográfica Brasileira, 366p. il. integração geológico metalogenética. DNPM. CPRM, Recife.
- GUERRA, A. J. T. (1996) Processos Erosivos nas Encostas in Geomorfologia, exercícios, técnicas e aplicações. organizado por Antonio J. T. GUERRA e Sandra B. CUNHA; Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, (139-152).
- HUDSON, N. M. (1961) An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of subtropical rainfall. Proc. Trans. Rhod. Sci. Ass/ 49, 15-25).

- HULME, M e Kelly, M. (1993) Exploring the links between: Desertcation and Climate Change. Enviorenment, Washington, USA., 35 (6):5-11
- IBGE. (1990).; Região Norte/ Volume 3. Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro.
- IPEAN (1972). Instituto de Pesquisa da Amazônia e do Norte. Relatório sobre levantamento dos solos amazônicos/ Número 12.
- INSTITUTO DE RECURSOS MUNDIAIS PARA AS NAÇÕES UNIDAS (WRI) (1992) Estratégia Global para a Preservação da Biodiversidade. Diretrizes de ação para estudarr, salvar e usar de maneira sustentável e justa ariqueza biológica do Planeta. São José dos Pinhais/ Paraná 232p.
- JACKSON, I. G. (1975) Relationships between rainfall parameters and interception by tropical forests . J. Hidrology, 24-215-238.
- JUMA, A. N. G. (1993) Interrelationships between soil structure (texture, biota) soil organic matter and crop production Geoderma. Amsterdam, 57:03-30.
- KIEHL, E. J. (1979) Manual de Edafologia, Ed. Ceres. São Paulo
- KIRKBY, M. J. & MORGAN, R. P.C. (1984) Erosion de Suelos. Ed. LIMUSA, S.A. Versão autorizada em espanhol José Hurtado Vega. México.
- KELLOG, E. C. (1949) An exploratory study of soil groups, in the Belgian/ Congo. Série Scientifique n° 46.
- LAL, R. (1974). Soil temperature, Soil moisture and maize yeld from mulched and unmulched tropical soils. PI. Soil. The Hauge, 40 : 129-143.b.
- LARACH, J.O.et.al (1988) Definição e notação de horizontes e camadas de solo.2 ed.Rio de Janeiro.Embrapa / SNLCS,53 p (documento 3).
- LEINZ, V. & AMARAL, S. (1980) Geologia Geral, Nacional, São Paulo.
- LEMOS, R.C. & SANTOS,R.D. (1982) Manual de descrição e coleta de solo no campo.2 ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.45).
- LEPSCH, I. (1980). Solos, formação e Conservação. São Paulo E. Melhoramentos.
- LIMA, E. de A.M. (1978) Projeto estudo global dos recursos minerais da bacia do Parnaíba: integração geológico metalogenética. DNPM. CPRM, Recife.
- LUCAS; CHAVEL; BOULET; RANZANI; SATOLINI. (1984). Transição "latossolo-podzol" sobre formação Barreiras na região de Manaus. Amazônia.

- Comissão V Gênese, morfologia e classificação do solo. In. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 8: 325-335.
- LUCK, S. H. (1979) Effects of soil properties on the erosion by wash and splash. *Earth Surface Processes*, 4, 241-225.
- MAFRA, N. M. C. (1985) Análise das limitações do uso do solo por suscetibilidade à erosão no Município de Paulo Frontin/ RJ: uma abordagem do ponto de vista pedológico; tese de mestrado (UFRJ).
- Manual para Descrição e Coleta de Solos no Campo (1996) EMBRAPA, Centro de Pesquisas de Solos/ 3ª Edição - Campinas/SP.
- MAZZARINO, M. J. SZOTT, L. & JIMENEZ, M. (1993) Dynamics of soil total C. and N, microbial biomass, and water-soluble C in tropical agroecosystems *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford 25(2): 205-214.
- MELO, L. A. & MORAES, E. (1979) Potencialidades Agrícolas das Terras da Amazônia Ocidental, SUFRAMA / EMBRAPA / INPA, Manaus
- MILLER, M. e JASTROW, J. D. (1992) The role of mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation. In ALLEN, M. F. (Ed) New York: Hall Publ. a. p. 438-467.
- MIRANDA, J. C. (1992) Interceptação da Chuva pela vegetação Florestal Serapilheira nas Encostas do Maço da Tijuca: Parque Nacional da Tijuca. Tese de Mestrado, IGEO/UFRJ. 100p.
- MONTALVÃO, R. M. de. (1979) Coberturas sedimentares e vulcano-sedimentares pré-cambrianas. *Rev. Bras. de Geociências* 1:27-32;.
- MOREIRA, H. F. (1973). Controle e Qualidade da Imagem de Radar, Rio de Janeiro/ RADAMBRASIL.
- MOREIRA, I.V. (1992) Vocabulário Básico do Meio Ambiente. PETROBRÁS/FEEMA. Rio de Janeiro.
- MOREIRA, A. A. N. (1973) Cartas Geomorfológicas. Geomorfologia. RADAM (relatório) S.P.
- MORGAN, R. P. C. (1977) Soil erosion in the United Kingdom field studies in the Silsoe area, 1973-75. *Nat. Coll. Agric. Engng. Silsoe Occasional Paper*.

- MORGAN, R. P. C. (1986) *Soil erosion and conservation*. Longman Group, Inglaterra, 298p.
- MOURA, P. (1936) O rio Gurupy. Boletim do Serviço de Geologia e Mineralogia, Rio de Janeiro (78): 1-66.
- NASCIMENTO, D. A e PRATES, M. (1976) Gemorfologia In Brasil Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto RADAM/ Folha N. A 19 Pico da Neblina. Rio de Janeiro.
- NICHELSON, S. E. (1978) Climatic Variation in Sahel and other African Regions During the past Five Centuries. Journal of Arid Environment. USA. 1:3-24
- NOBLE, C. A e MORGAN, R. P. C. (1983) . Rainfall interception splash and detachment with a brussels sprout plant: laboratory simulation Earth Surface Process and Landforms, 8, 569-577
- OLIVEIRA, A. E. (1983) Ocupação Humana, in Amazônia: Desenvolvimento, Integração e Ecologia/ Org. por Enéas Salati et al. S.P. Brasiliense. CNPq.
- OLIVEIRA, J. B. ; JACOMINE, P. T. & CAMARGO, M. N. (1992) Classes Gerais de Solo no Brasil. Jaboticabal, FUNEP.
- OLIVEIRA, M. A. T. & MEISS, M. R. (1985). Relações entre Geometria do Relevo e Formas de Erosão Linear Acelerada (Bananal, SP); Geociências, São Paulo,
- OLIVEIRA, M. A. T. (1995) Evolução de Voçorocas e Integração de Canais em Áreas de Cabeceira de Drenagem : Modelo Conceitual, Taxas de Erosão e Sinergia de Mecanismos, GEOSUL/ UFSC -
- OLIVEIRA, A. I. e LEONARDOS, O. H. (1943) Geologia do Brasil. 2ª ed. rev; Rio de Janeiro. Serviço de Informação Agrícola. 813p.
- PÁDUA, J. A. ; VIOLA, E. ; MINC, C. (1987) Ecologia e Política no Brasil, IUPERJ. Espaço e Tempo. Rio de Janeiro.
- PALMIERI, F. e LARACH, J. O. (1996) Pedologia e Geomorfologia in Geomorfologia e Meio Ambiente. Organizadores Antonio J. T. GUERRA e Sandra B. CUNHA; 2ª edição, Rio de Janeiro Bertrand Brasil; Cap. 2 (59-119)

- PARROTA, J. A. (1992) The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystem. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, Amsterdam, 41:115-133.
- PAIVA, E. (1991) O espaço agrário da Região Norte - transformações recentes das atividades agropecuárias - in *Região Norte (IBGE)*; vol.3; (213-233) Rio de Janeiro
- PEREIRA, V. ; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (1994) Solos Altamente Suscetíveis à Erosão; CNPQ e FAPESP. Jaboticabal (SP).
- PETRI, S. FÚLFARO, V. J. (1988) *Geologia do Brasil*, T. A. QUEIROZ/EDUSP (SP).
- PIRES, F. R. M. (1998) Arcabouço Geológico in *Geomorfologia do Brasil*; org SANDRA BAPTISTA CUNHA e ANTONIO JOSÉ TEIXEIRA GUERRA; Bertrand Brasil; Rio de Janeiro; (17-69).
- POESEN, J. (1984), Rainwash experiment on the erodibility of loose sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 6, 285-307.
- POLAMAZÔNIA. (1975) Documento básico; Brasília; MINTER, 54p.
- PRANCE, G. (1982). Paleoclima e Paleoecologia da Amazônia Brasileira. Estudo Introdutório.. *Biological Diversification in the Tropics*. Nova York. Columbia University Press.
- PRIMAVESI, A. (1989) Manejo ecológico do solo. *Agricultura em regiões tropicais*. Ed. São Paulo: Nobel.
- PORRO, A. (1993) As crônicas do rio Amazonas/ tradução, introdução e notas etno-históricas sobre as antigas populações indígenas [por] Antônio Porro; Petrópolis-RJ.
- RADAMBRASIL. (1978) Folha SA. 20 Manaus, Vol 18/ Rio de Janeiro.
- RADAMBRASIL(1979) Folha S. C. 19 / Rio Branco. Rio de Janeiro.
- RAMOS. A. D. (1982) Erosão Hídrica, Uso e Manejo do Solo - Aspectos Relativos às Condições de Sertão do Ceará. CEPACE. Fortaleza
- REIS, A. C. F. A (1972) *Amazônia e a Cobiça Internacional*. Companhia Editora Americana; 4ª Edição. Rio de Janeiro/GB.
- RESENDE, M. (1995). *Pedologia*. Universidade Federal de Viçosa (MG). Depto. de Solos; Centro de Ciências Agrárias.

- RICHARDS, P.W. (1952) The tropical rain forest : an ecological study. Cambridge, Mass., University Press, 450 p.
- RICHTER, G. & NEGENDANK, J. F.W. (1977) Soil erosion and processes and their measurement in the German area of the Mosele River. *Earth Surface Processes*, 2, 261-278.
- RIGHI, D. BRAVARD, S. CHAUVEL, A. RANGER, J. & ROBERT, M. (1990) In situ study of soil processes in an oxisol spodosol sequence of Amazônia (Brazil). *Soil Science*. July, 1990. Vol 150 / 1 Printed in Usa.
- RODRIGUES, T. E.; MORIKAWA, I. K. & REIS, R. (1977) Solos do Distrito Agropecuário da SUFRAMA, Manaus.
- ROSS, J. L. (1996) Geomorfologia Aplicada aos Eias e Rimas in *Geomorfologia e Meio Ambiente Org.* Antonio J. T. Guerra e Sandra B. Cunha Bertrand Brasil, Rio de Janeiro.
- RUELLAN, F. (1945) As rias amazônicas (conferências). *Semana de Estudos Geográficos*; Sorocaba (SP).
- SALATI, E. (1984) Modificações na Amazônia nos Últimos 300 anos : Suas Conseqüências Sociais e Ecológicas, in *Desafio Amazônico : O Futuro da Civilização dos Trópicos*, Manaus.
- SANGINA, N. (1992) Contribution of soil organisms to the sustainability and productivity cropping systems in the tropics. *Agriculture Ecosystems Enviroment*. Amsterdam, 41:135-152.
- SCHUBART, H. (1977) Critérios Ecológicos Para o Desenvolvimento de Terras Firmes na Amazônia, SUFRAMA / INPA, Manaus.
- SETZER, J. (1942) O estado atual dos solos no Município de Campinas. *R. bras. Geogr.* Rio de Janeiro, 4: 39-63.
- STONE, R. D. (1986) *Sonhos na Amazônia*. Rio de Janeiro, Guanabara, 291p.
- SIDIRAS, N. et all. (1984) Influência da adubação verde de inverno e seu efeito residual sobre o rendimento de culturas de verão. *Ponta Grossa* (2) 4-5.
- SILVA, A.C. et.al Relação entre voçorocas, uso da terra, solos e material de origem na região de Lavras (MG). *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 17:459-464, 1993.

- SILVA, B. N. R. Os solos da área Cacau-Pirera-Manacapuru. Belém IPEAN (1970)
- SILVA, L. L. Geologia. In Brasil Departamento Nacional de Produção Mineral.
- SILVA, A. C. (1993) Relação entre voçorocas, uso da terra, solos e materiais de origem na Região de Lavras (MG). Rev. Bras. de Ciência do Solo, Campinas, 17: 459-464.
- SCHOBENHAUS Filho, C. *et al.* (1975) Carta geológica do Brasil ao milionésimo/DNPM - Brasília.
- SIMONSON; R. W. (1959) Outline of generalized theory of soil genesis. Soil Sci. Soc. Am. Proc. (23) : 152-156.
- SIOLI, H. (1980) Tropical Ecology and development/ Prospective effects of actual development schemes on the ecology of the amazon basin ;16-21. April
- SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.; GRIS, B. & HUNGRIA, M. (1994) Microorganismos e Processos Biológicos no Solo, EMBRAPA. Brasília.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO. A.A. (1988) Biotecnologia do Solo. Fundamentos e perspectivas Lavras MEC/ ABEAS / ESAL.
- SOBRAL FILHO, R. M. MADEIRA. NETO; J. S. FREITAS, P. L. (1980) Práticas de Conservação dos Solos. EMBRAPA. Rio de Janeiro.
- SOMBROECK. W.G. (1966) Amazon Soils. Wageningen, Centre of Agricultural Publications and Documentation (PUDOC).
- STENBERG, H. R. (1957) A propósito dos Meandros. Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro. IBGE. 19 (4): 477-497, out/dez.
- STENBERG, H. R. (1950) Vales tectônicos na planície Amazônica. Revista Brasileira de Geografia; Rio de Janeiro, 12 (4): 3-26. out.
- STOTZY, G. (1983) Influence of soil mineral colloids on metabolic processes, growth adhesion and ecology of microbes and viruses. Soil Science Society of America, p. 305-328.
- SUERTEGARAY, D.M.A. (1996) Desertificação e Desenvolvimento Sustentável in Geomorfologia e Meio Ambiente. Organização Antonio, J.T. Guerra e Sandra B. Cunha, Bertrand Brasil Rio de Janeiro.

- SUERTEGARAY, D.M.A. (1987). Trajetória da Natureza: Um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí - RS. Tese de Doutorado, Depto. de Geografia, Usp. SP. (inédito), 242p.
- SZMERCSANYI, T. (1990) Pequena História da Agricultura no Brasil. São Paulo. Contexto.
- SOARES, P. C. LANDIM, P. M. B. e FULFARO, V. J. (1974) Avaliação preliminar da evolução geotectônica das bacias intracratônicas brasileiras. XXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Porto Alegre, 61-83.
- SOARES, L. C. (1950) Observações sobre a morfologia das margens do baixo Amazonas e baixo Tapajós. Comptes Rendues du 16 éme. Congress International de geografia, Lisboa, tome II: 748-761.
- THORNES, J. B. (1980). Erosional processes of running water and their espacial and temporal controls : theoretical viewpoint.
- VELHO, O.G. (1983) Frentes de Expansão Agrária. Zahar, Rio de Janeiro.
- VIEIRA, L. C. S. (1975) . Manual de Ciência do Solo. Ed. Agrônômica; Ceres ItdaSão Paulo.
- VIEIRA, N. M. (1978) Estudo Geomorfológico das Boçorocas de Franco/ S.P. UNESP Tese de Mestrado.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. (1958) Rainfall energy end relationships to soil loss. Trans. Geophys. Union, 39.285-291.
- TOCANTINS, L. (1963) Santa Maria de Belém do Grãe Pará. Ed. Civilização brasileira. S.A. Vol. 2. Rio de Janeiro.