



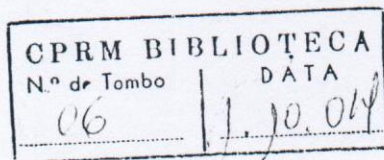
UNIVERSIDADE DO AMAZONAS
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE

**MAPA DE VULNERABILIDADE AOS PROCESSOS EROSIVOS DA
PORÇÃO SUDESTE DA CIDADE DE MANAUS, AMAZONAS**

DANIEL BORGES NAVA

Orientador: Prof. Dr. José Duarte Alecrim

À meu filho João Pedro e
Dissertação apresentada ao Centro de
Ciências do Ambiente da Universidade
do Amazonas, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências Ambientais. Área
de Concentração em Ciências
Ambientais.



Manaus - AM
1999



T
551-41098/13
N 316 con.
ppl 412110

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que direto ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

A Universidade do Amazonas pelo compromisso com a sociedade ao abrir este curso de mestrado.

Ao Centro de Ciências do Ambiente - CCA, seus professores e funcionários, pela luta incessante em busca dos primeiros passos.

Ao Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Tecnologia da Universidade do Amazonas, pela realização das análises dos solos.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto/CAM da Universidade do Amazonas, por permitir gentilmente o uso da imagem de satélite de Manaus.

Ao Professor Dr. José Duarte Alecrim, pelo apoio e brilhante orientação do presente trabalho.

A Professora Dra. Consuelo **Ao meu filho João Pedro e a
disciplina ministrada e pelos integrantes da minha esposa Christiane
Barbara.**

A Professora Dra. Lúcia Inês de Jesus, da Universidade de Havana (Cuba), pelas sugestões no desenvolvimento do trabalho, fruto de seus anos de experiência e de sua grande percepção amazônica.

Aos colegas e amigos do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais do Centro de Ciências do Ambiente, cuja convivência multi e por vezes, interdisciplinar foi algo muito enriquecedor e minha qualificação profissional.

Aos alunos de Geologia Christiane, Fábio e Tsaias, e a Geólogo Parache, equipe indispensável ao sucesso da pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização deste trabalho.

À Universidade do Amazonas pelo compromisso com a sociedade ao abrir este curso de mestrado.

Ao Centro de Ciências do Ambiente - CCA, seus professores e funcionários, pela luta incessante em busca dos primeiros passos.

Ao Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Tecnologia da Universidade do Amazonas, pela realização das análises dos solos.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto/CAM da Universidade do Amazonas, por permitir gentilmente o uso da imagem de satélite de Manaus.

Ao Professor Dr. José Duarte Alecrim, pelo apoio e brilhante orientação do presente trabalho.

À Professora Dra. Consuelo Alves da Frota, pela excelente disciplina ministrada e pelos incentivos ao longo do caminho.

À Professora Dra. Luisa Basilia Iñiguez Rojas, da Universidade de Havana (Cuba), pelas sugestões no desenvolvimento do trabalho, fruto de seus anos de experiência e de sua grande percepção amazônica.

Aos colegas e amigos do Curso de Mestrado em Ciências Ambientais do Centro de Ciências do Ambiente, cuja convivência multi e por vezes, interdisciplinar foi algo muito engrandecedor à minha qualificação profissional.

Aos alunos de Geologia Cristiane, Fábio e Isaiás, e a Geóloga Farache, equipe indispensável ao sucesso da pesquisa.

À Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, Serviço Geológico do Brasil, na figura de seu Superintendente Regional de Manaus, Dr. Fernando Pereira de Carvalho, pela aprovação deste projeto de mestrado dentro do Plano Anual de Treinamento da Empresa (1996-1998), além do apoio financeiro e técnico dispensado.

Aos amigos Nelson Joaquim Reis e Eduardo Araujo Monteiro pela colaboração na elaboração do *Abstract*.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas – CNPq, pela aprovação e apoio ao presente projeto dentro do Programa Norte de Pós-Graduação – PNOPG.

Aos professores e amigos do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Luterano de Ensino Superior de Manaus (ULBRA), cujo convívio prazeroso e a troca de experiências permitiu-me analisar melhor os resultados da pesquisa.

À minha família, especialmente, minha esposa Christiane Barbara e meu filho João Pedro, companheiros das noites mal dormidas, dos dias com 30 horas. Por vezes impacientes, mas sempre solidários.

A Deus, pela oportunidade da vida.

Muito obrigado a todos!

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	1
LISTA DE TABELAS	1
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE ABREXOS	11
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Localização e Características Gerais da Área de Estudo	4
1.2 - Estado da Arte	8
1.2.1 - Meio Ambiente	8
1.2.2 - O Conceito de Eodinâmica	10
1.2.3 - Mapa de Vulnerabilidade Natural	14
1.3 - Conclusões Parciais	19
2 - METODOLOGIA DE PESQUISA	21
2.1 - Introdução	21
2.2 - Mapa de Uso do Solo	22
2.3 - Mapa Geológico-Estrutural Simplificado	22
2.4 - Estudo da Geomorfologia	24
2.4.1 - Mapa Geomorfológico Simplificado	26
2.4.2 - Mapa de Declividade	27
2.5 - Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos	28
2.6 - Monitoramento dos Piquis de Erosão	30
2.7 - Conclusões Parciais	32
3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.1 - Introdução	34
3.2 - As Feições Geológico-Estruturais no Controle dos Processos Erosivos	34
3.3 - A Paisagem Geomorfológica: Produto e Condicionante da Erosão	44
3.4 - A Ocupação do Espaço Territorial e suas Relações com os Processos Erosivos	49
3.5 - Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos da Porção Sudeste da Cidade de Manaus	64
4 - CONCLUSÕES	71
5 - BIBLIOGRAFIA	74

A natureza trabalha sem mestres.

Hipócrates

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Estrutura dos horizontes, do topo para base, em perfis laterais de matas observados na cidade de Manaus 37

SUMÁRIO

Quadro 2 Principais características dos processos erosivos

LISTA DE QUADROS	i
LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ANEXOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – Localização e Características Gerais da Área de Estudo ..	4
1.2 – Estado da Arte	8
1.2.1 – Meio Ambiente	8
1.2.2 – O Conceito de Ecodinâmica	10
1.2.3 – Mapa de Vulnerabilidade Natural	14
1.3 – Conclusões Parciais	19
2 – METODOLOGIA DE PESQUISA	21
2.1 – Introdução	21
2.2 – Mapa de Uso do Solo	22
2.3 – Mapa Geológico-Estrutural Simplificado	22
2.4 – Estudo da Geomorfologia	24
2.4.1 – Mapa Geomorfológico Simplificado	26
2.4.2 – Mapa de Declividade	27
2.5 – Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos	28
2.6 – Monitoramento dos Pinos de Erosão	30
2.7 – Conclusões Parciais	32
3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
3.1 – Introdução	34
3.2 – As Feições Geológico-Estruturais no Controle dos Processos Erosivos	34
3.3 – A Paisagem Geomorfológica: Produto e Condicionante da Erosão	44
3.4 – A Ocupação do Espaço Territorial e suas Relações com os Processos Erosivos	49
3.5 – Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos da Porção Sudeste da Cidade de Manaus	64
4 – CONCLUSÕES	71
5 – BIBLIOGRAFIA	74

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Estrutura dos horizontes, do topo para base, em perfis lateríticos imaturos observados na cidade de Manaus	37
Quadro 2	Principais características dos processos erosivos observados na área de pesquisa	70

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Parâmetros climatológicos característicos da cidade de Manaus	5
Tabela 2	Representação da vulnerabilidade/estabilidade das unidades de paisagem natural	18
Tabela 3	Exemplos de valores de vulnerabilidade atribuídos às unidades territoriais básicas	19
Tabela 4	Valores de estabilidade atribuídos às unidades temáticas	29
Tabela 5	Índices de densidade de drenagem e freqüência de rios calculados a partir de polígonos fotoidentificados, com 6,25 km ² de área, representativos das unidades Alto Estrutural e Baixo Estrutural	46
Tabela 6	Exemplo de valores e classificação quanto à vulnerabilidade aos processos erosivos de algumas unidades mapeadas	65
Tabela 7	Taxas de perda do solo mensuradas a partir da metodologia pinos de erosão	66

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Delimitação da área do projeto na imagem de satélite ...	4
Figura 2	Histórico das cotas máximas das cheias do rio Negro (1903-1998). Fonte: Atualizado de Maia Neto (<i>op. cit.</i>)	27
Figura 3	Locais onde foram feitas as parcelas para monitoramento da perda de solo pelo método dos Pinos de Erosão	32
Figura 4	Mapa Geológico Simplificado da Região do Médio Rio Amazonas. Fonte: Nava (<i>op. cit.</i>) mod. Franzinelli e Piuci (<i>op. cit.</i>)	36
Figura 5	Estratificação cruzada tabular observada em afloramento da Formação Alter do Chão, barranco do rio Negro	37
Figura 6	Rosetas apresentando as direções dos canais de 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a ordens medidas na Folha Manaus-E, escala de 1:50.000 (DSG/Ministério do Exército, 1980)	40
Figura 7	Ravinas controladas por estruturas NW. Encosta a montante das instalações da PETROBRÁS (Ponto 2 – Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos)	43
Figura 8	Feição do tipo falésia observada na margem do rio Negro	45
Figura 9	Terraço/Várzea do igarapé dos Educandos no período de vazante (novembro/1998)	49
Figura 10	Em primeiro plano, encosta ocupada por antiga invasão no bairro Mauzinho (próximo à CEASA). Ao fundo, recente invasão que se constitui na comunidade Parque Mauá	53
Figura 11	Casas do tipo palafitas construídas na planície de inundação do igarapé do Quarenta, bairro Morro da Liberdade	53
Figura 12	Projeto de construção de casas populares nas margens do igarapé do Quarenta, em trecho próximo à Bola da SUFRAMA	54
Figura 13	Sistema de escoamento das águas pluviais que detonou o processo de boçorocamento observado no terreno da CIBRAZEM (Ponto 40 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5)	56
Figura 14	Detalhe do cano que permitiu o desenvolvimento da atual boçoroca (Ponto 29) observada na estrada de acesso à Serraria e Ilha de Marapatá	56
Figura 15	Escorregamento observado em corte abrupto da nova estrada de acesso ao porto da Fábrica de Cimento NASSAU	57
Figura 16	Ravinas observadas a jusante da estrada. Ponto 9 (Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5) localizado na Vila da Fábrica de Cimento Itautinga	57
Figura 17	Ponto 3 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos	

	(Anexo 5) apresentando ravinamento originado a partir da abertura da antiga estrada de acesso ao porto da Fábrica de Cimento NASSAU. Ao fundo, o rio Negro	58
Figura 18	Detalhe da situação das casas em área de encosta interdita pela Defesa Civil de Manaus, no bairro dos Educandos, próximo à Feira da PANAIR	58
Figura 19	Visão panorâmica da Comunidade Parque Mauá. Os pontos A e B representam, respectivamente, as grandes boçorocas da CEASA e da CIBRAZEM instaladas nas encostas íngremes do local. No plano de frente, o leito do igarapé totalmente assoreado e ocupado pela população mais carente	60
Figura 20	Detalhe de ravinamento observado na região ocupada pela Comunidade Parque Mauá (Ponto 15 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5)	60
Figura 21	Detalhe da ocupação das encostas com cicatriz de processo erosivo antigo (Ponto 21 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5)	61
Figura 22	Detalhe da alta densidade de ocupação urbana. Os telhados funcionam como uma unidade impermeável. Rua Araújo Filho, bairro de Petrópolis	62
Figura 23	Encostas com cobertura florestal preservada. Base Naval da Marinha - Vila Buriti	63
Figura 24	Projeto de ampliação da Fábrica ELGIN envolvendo grande investimento para ocupação física de encostas com declividade acentuada	64

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1	MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL SIMPLIFICADO
ANEXO 2	Mapa de Declividade
ANEXO 3	Mapa Geomorfológico Simplificado
ANEXO 4	Mapa de Uso do Solo
ANEXO 5	Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos
ANEXO 6	Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos

RESUMO

A cidade de Manaus, situada à margem esquerda do rio Negro, próximo à confluência com o rio Solimões, que forma o rio Amazonas, concentra mais de 70% da população urbana do Estado do Amazonas. Com o desenvolvimento da Zona Franca, nas décadas de 70 e 80, a cidade tornou-se o maior centro receptor dos fluxos migratórios regionais, gerando com isso, grandes demandas de equipamentos, energia e transporte.

O crescimento urbano rápido e desordenado das últimas décadas culminou com a ocupação de espaços inadequados à moradia: encostas com declividades acentuadas, planícies de igarapés, áreas de reservas florestais, etc., que, em última análise, acabou por deflagrar novos problemas sócio e geo-ambientais. Além das alterações climáticas (o aquecimento das temperaturas na cidade) e do aparecimento de doenças tropicais, como a malária, a substituição da floresta original, em função do crescimento da cidade, fez também surgir na paisagem urbana, processos erosivos, que, se não são catastróficos, possuem extraordinária representatividade em função de suas grandezas.

O presente estudo, a partir da elaboração do Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos da Porção Sudeste da Cidade de Manaus, faz uma análise dos diversos fatores que influenciam o aparecimento destes processos erosivos. Para tanto foram elaborados mapas temáticos (Mapa Geológico-Estrutural Simplificado, Mapa de Declividade, Mapa de Uso do Solo e Mapa Geomorfológico Simplificado), que sobrepostos, permitiram a interpretação da vulnerabilidade dos terrenos aos processos erosivos.

Para a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos foram feitas adaptações à metodologia de Crepani *et al.* (1996), que está baseada nos conceitos de ecodinâmica

desenvolvidos por Tricart (1977), para que o trabalho pudesse ser realizado em ambiente urbano e na escala de detalhe desejada. Os terrenos foram classificados pelo grau de vulnerabilidade em: unidade estável, moderadamente estável, medianamente estável/vulnerável, moderadamente vulnerável e vulnerável.

Os 40 processos erosivos observados foram plotados no Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos. Constituem, na sua grande maioria, processos do tipo induzidos, ou seja, originados a partir da ação antrópica. Contudo, a evolução destes processos dá-se fortemente controlada pelas estruturas naturais da rocha. Os eixos das ravinas e boçorocas têm direções NE e NW concordantes com as direções dos lineamentos locais.

Da sobreposição dos Mapas de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos e de Distribuição dos Processos Erosivos pode-se concluir que todos os processos erosivos catalogados na área de pesquisa encontram-se nas unidades classificadas como vulneráveis ou moderadamente vulneráveis aos processos erosivos. Este êxito da pesquisa comprova a eficiência da metodologia utilizada.

Esta capacidade de diagnosticar áreas mais susceptíveis aos processos erosivos constitui importante ferramenta ao planejamento urbano. Conhecer as áreas críticas permite aplicar melhor os recursos, hoje cada vez mais reduzidos, estabelecer programas de alerta, minimizar prejuízos. Espera-se então, que, das informações aqui apresentadas, sejam desdobradas atividades que desenvolvam o planejamento e o uso racional da região estudada, e que conduzam a uma melhor qualidade ambiental do sítio urbano de Manaus.

ABSTRACT

The city of Manaus lies along the north bank of the Negro River, 11 miles (18 km) above its confluence with the Amazon (Solimões), where white and black water meet. The capital of the Amazonas State, accounts for almost 70 percent of the 2.000 million people who live in the region. During the seventies and eighties, with the development of "Zona Franca" (duty free zone), the city became the main regional migratory flux center, and in addition, renewed equipment supply, energy and transport was need.

A sudden and deranged rhythm of the urban growth along the past decades, culminates with an unsuitable areas for living, for example, steeped slopes, landslides and landscape erosion, lower-lying plains, forest park, etc., which in this way, promote new social and environmental problems. The bad land use and deforestation lead to changes on physical environmental (erosional processes), climate and tropical disease increase.

The present study is paying particular attention to examining the erosional processes based on a wide-ranging vulnerability analysis of the southeastside of Manaus City. Additional thematic maps (Simplified Geologic Map, Declivity Map, Land-Use Map and Simplified Geomorphologic Map) provides a further interpretation about the vulnerability of the natural landscape by the erosional processes.

The Vulnerability Map major task is – in agreement with Tricart's conception – the further identification of landscape stability units, based on the partial goals of Crepani *et. al.*(1996). A vulnerability classification was accepted: stable, moderately stable, average stable/vulnerable, moderately vulnerable and vulnerable units.

Fourty erosional features were carry out into an Erosional Processes Distribution Map, mainly on antropic activity. Nevertheless, the evolutionary processes are strongly controlled by natural features of the rocks. The rill and gully erosions axes shows northeast and northwest direction nearly concordant with the local lineaments.

The Vulnerability and Erosional Processes Distribution maps together, congregates all fourty erosional features related on vulnerable and moderately vulnerable units. In this sense, the task achieved proves by reasoning the effiience of the methodology applied.

The identifing of vulnerable areas due to erosional processes becomes an important key to the urban planning. Its understanding allows a better use of the economic resources available, the development of watchful programs and possible damage reduction. This work deals the racional planning of the studied region leading to a better quality of the urban environment for Manaus City.

1 - INTRODUÇÃO

A cidade de Manaus, capital do Amazonas, concentra em seus limites territoriais cerca de 70% da população urbana estadual. A partir da implantação do modelo econômico da Zona Franca de Manaus, a cidade, particularmente nas décadas de 70 e 80, tornou-se o maior centro receptor dos fluxos migratórios regionais. Em 1991, crescendo a uma taxa anual de 7,1% (enquanto a taxa nacional era de 2,4%), a população manauara atingia a marca de 1.100.000 habitantes (Valverde, 1998). Todo este contingente populacional acabou por gerar uma grande demanda local por infraestrutura básica: saneamento, transporte, moradia, energia, entre outros.

Em 1975 foi elaborado o Plano de Desenvolvimento Local Integrado (Lei Municipal nº 1.214/75) com o objetivo de servir como Plano Diretor da cidade por uma vigência de 20 anos. Entretanto, a expansão pouco ordenada da área urbana avançou além dos limites preestabelecidos pelo Plano. A crise econômica acentuada no final dos anos 80 ocasionou uma redução das atividades industriais e comerciais da Zona Franca, que se refletiu na diminuição de empregos, e, conseqüentes, problemas sociais. Um dos reflexos dessa crise está no fato da população manauara passar a ocupar espaços inadequados à moradia: encostas com declividades acentuadas, planícies dos igarapés, áreas de reserva florestais, etc., que, em última análise, acaba por deflagrar novos problemas sócio e geo-ambientais.

Situada a margem esquerda do rio Negro, próximo a sua confluência com o rio Solimões, Manaus expressa em sua paisagem o forte controle dos igarapés. Dentro do processo histórico do crescimento urbano, ultrapassar os igarapés ou ocupar novas bacias hidrográficas, representaram marcos importantes no processo de desenvolvimento da cidade. O bairro dos Educandos, setor sudeste

da cidade, consolidou-se na década de 20, com a instalação do aeroporto, serrarias e fábricas de beneficiamento de juta, configurando-se numa economia de auto-sustentação, com comércio e serviços, justamente pela dificuldade de acesso ao Centro (Lopes, 1998). Os bairros dos Educandos e Centro são separados pelo igarapé dos Educandos. Da mesma forma, deu-se a expansão para o setor oeste, vencendo o igarapé da Cachoeira (igarapé de São Raimundo) e formando bairros como o de São Raimundo (1940) e da Compensa, sendo este último consolidado a partir da instalação do estaleiro Estanave (1965), que determinou à região uma série de invasões.

Pode-se definir quatro etapas da evolução urbana de Manaus. A primeira caracterizou-se pela ocupação da parte mais fronteira do rio Negro. A segunda, na época áurea da Borracha, governo de Eduardo Ribeiro (1892), foi definida por um plano de ocupação que abandonou os condicionantes estabelecidos pela paisagem e contemplou a construção de largas avenidas arborizadas, aterro de igarapés, pontes metálicas e de pedras, etc. No período de declínio da Borracha, terceira etapa, dá-se o surgimento de bairros como Cachoeirinha, Vila Municipal em Adrianópolis, ocupando os largos platôs divisores da bacia dos igarapés do Quarenta e Mindu. A última etapa, após o estabelecimento da Zona Franca, teve como características a expansão da cidade em semicírculos, intercalando loteamentos, conjuntos residenciais e vazios urbanos, normalmente, com cobertura florestal (Silva e Silva, 1993; Abrahim e Abrahim, 1994). O crescimento urbano rápido e desordenado que norteou esta última etapa, culminou na degradação dos igarapés, que serviam como via de locomoção, fonte de alimentos, fornecimento de água de boa qualidade e lazer à população. A ocupação das planícies aluviais e até mesmo dos próprios leitos pela população mais pobre

estabelece um cenário de árdua prognose, uma vez que a solução contempla procedimentos de difícil operacionalidade.

Uma peculiaridade de Manaus é que seu crescimento urbano dá-se em substituição da floresta. Além das alterações climáticas (o aquecimento urbano), do aparecimento de doenças tropicais como a malária, entre outros exemplos de perda de qualidade ambiental, surgem na paisagem da cidade processos erosivos que, se não são catastróficos, possuem extraordinária representatividade em função de suas grandezas. Adicionado ao fato da região apresentar alto índice pluviométrico, uma vez que a água é o principal agente detonador destes processos, o estudo destes cenários e de suas relações com os processos erosivos existentes constitui importante ferramenta para o planejamento regional. A pesquisa que ora conclui-se, teve por objetivo, a partir da elaboração dos mapas, particularmente, do mapa de vulnerabilidade aos processos erosivos, entender a fragilidade dos terrenos à erosão em função dos condicionantes naturais e antrópicos atuantes.

A presente dissertação descreve os resultados obtidos pelo Projeto *Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos da Porção Sudeste da Cidade de Manaus, Amazonas*, desenvolvido no Curso de Mestrado em Ciências Ambientais do Centro de Ciências do Ambiente – CCA, da Universidade do Amazonas. O trabalho está compartmentado em: um capítulo introdutório, que apresenta as principais características que justificaram a escolha da área de estudo, e os conceitos e métodos que deram sustentação à elaboração do cronograma de atividades; um segundo capítulo que apresenta a metodologia de pesquisa utilizada no projeto; um terceiro capítulo que descreve e analisa os resultados encontrados; e um capítulo final, com conclusões.

1.1 – Localização e Características Gerais da Área de Estudo

A área do projeto compreende aproximadamente 91 km² e está situada entre os limites de longitude 59°54'36" - 60°01'21" Oeste e latitude 03°04'34" - 03°09'27" Sul, porção sudeste da cidade de Manaus (Figura 1).

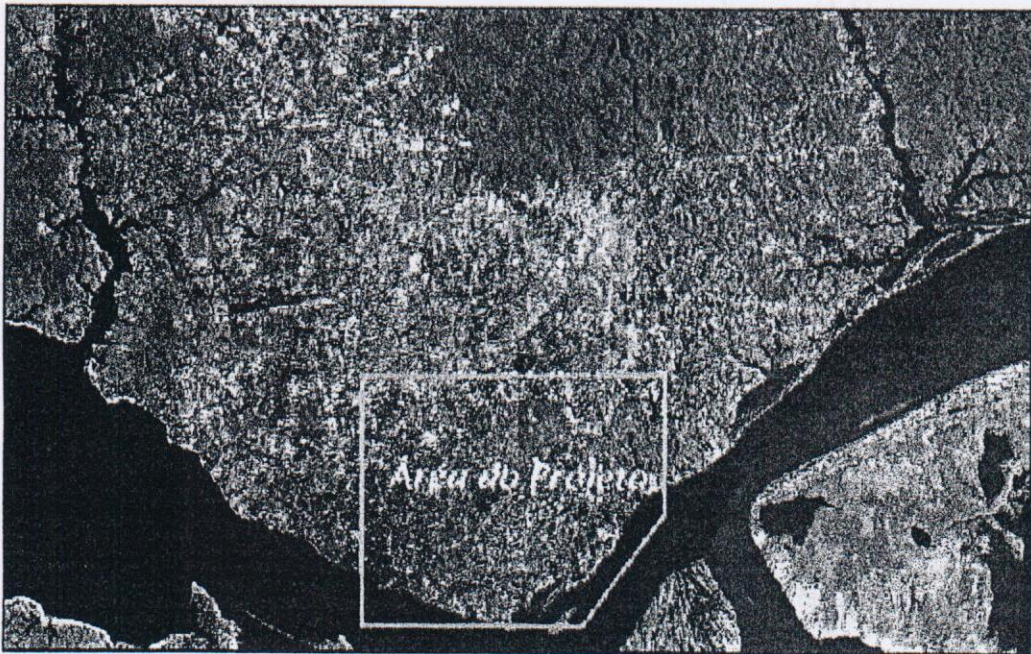


Figura 1 – Delimitação da área do projeto na imagem de satélite.

Segundo a classificação de Köppen o clima da cidade de Manaus está enquadrado no tipo "Am", quente e úmido com estação seca pouco pronunciada. Os principais parâmetros climatológicos da região estão registrados na tabela a seguir:

Tabela 1 – Parâmetros climatológicos característicos da cidade de Manaus.

PARÂMETRO CLIMATOLÓGICO	VALOR
Chuva	2.286,2 mm/ano
Umidade Relativa	83%
Insolação	1.783,9 h/ano
Nebulosidade (0 – 10)	6,3
Temperatura Máxima	31,4°C
Temperatura Máxima Absoluta	38°C
Temperatura Mínima	23,3°C
Temperatura Mínima Absoluta	17,7°C
Temperatura Média	26,7°C

Fonte: INMET – 1961 a 1990 (Maia Neto, 1998).

Sobre o regime pluviométrico da cidade, Maia Neto (1998) define como trimestre menos chuvoso, o de julho a setembro, com valor acumulado de 228,7 mm, e o mais chuvoso, de fevereiro a abril, com valor acumulado de 901,9 mm.

Os limites sul, oeste e leste da cidade de Manaus estão definidos pela hidrografia regional: o rio Negro, o igarapé Tarumã-Açú e rio Puraquequara, respectivamente. Todo o sítio urbano é entrecortado por uma rede de drenagem fortemente controlada pela neotectônica. Os principais igarapés, como o do Quarenta, do Mindu, São Raimundo, Manaus e Cachoeirinha drenam para o rio Negro com a direção predominante N-NE. Pequenas bacias de drenagem, como as dos igarapés da Serraria, do Raimundinho e Mauzinho, de direção preferencial NW, complementam o quadro hidrográfico local.

A área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar do Amazonas. São registradas rochas sedimentares continentais da Formação Alter do Chão, compostas por arenitos, arenitos argilosos, quartzo arenitos, argilitos e siltitos quartzosos. Estes sedimentos foram datados do Cretáceo por Daemon (1975), com

base no seu conteúdo micropaleontológico. Localmente, o litotipo encontrado é o arenito médio, friável, de coloração creme a avermelhada, intercalado a níveis argilosos centimétricos. Recente trabalho de Vieira (1997) descreve como ambiente de deposição da Formação Alter do Chão na cidade de Manaus, baseado em análises faciológicas, um sistema fluvial de porte grande do tipo *braided*¹. Podem ainda ser observadas lentes do *arenito Manaus*, termo regionalmente denominado ao quartzo arenito de coloração vermelha e textura maciça. Estas camadas são lavradas e utilizadas como brita na construção civil. Quanto às unidades informais, existem dois grandes grupos de lateritos: maduros e imaturos. Os maduros são lateritos com horizontes melhor diferenciados, sendo um aluminoso-fosfático, que não ocorre nos imaturos. Na região de Manaus são identificados perfis lateríticos imaturos que podem ser autóctones e alóctones. Os alóctones apresentam seqüência de horizontes truncada por linha de pedra (Fernandes Filho, 1996).

Desenvolvidos sobre os sedimentos da Formação Alter do Chão e com espessuras que podem chegar a dezenas de metros, os latossolos amarelos são os mais representativos na região de Manaus (Fernandes Filho, *op. cit.*). Localmente, podem ser descritos perfis poldzólicos de horizontes arenosos bifásicos, compostos por areia lavada e areia com matéria orgânica, de espessura variável, centimétrica à métrica.

No contexto geomorfológico regional, Barbosa *et al.* (1978) situam a área de estudo dentro do planalto dissecado rio Trombetas – rio Negro, apresentando relevo de interflúvios tabulares e colinas. Platôs escalonados de cotas 40 m, 60 m, 80 m e 100 m compõem a paisagem local. São observadas nas margens do rio Negro, feições do tipo falésia, com taludes íngremes controlados pela tectônica regional.

¹ Sistema fluvial do tipo entrelaçado.

Magnago *et al.* (1978) classificaram a cobertura vegetal nativa da região de Floresta Densa Tropical da Sub-Região dos Baixos Platôs da Amazônia. Compreende uma vegetação ombrófila com predomínio das grandes árvores emergentes, e, em pequena escala, dossel uniforme. São comumente encontradas as espécies vulgarmente conhecidas como: cupiúba, jarana, amapá, morototó, paricá, piquiá, sapucaia, pracuuba, matamatá, acariquara, etc. Na área de estudo, o Campus da Universidade do Amazonas, o Parque Municipal do Mindu e a Reserva Florestal Sauim-Castanheira sustentam importantes reservas da cobertura vegetal nativa.

Os limites da área do projeto, porção sudeste da cidade, abrangem os bairros Educandos, Colônia Oliveira Machado, Santa Luzia, Morro da Liberdade, Presidente Vargas, Cachoeirinha, Praça 14, Adrianópolis, São Lázaro, Crespo, Betânia, Raiz, Vila Buriti, Petrópolis, São Francisco, Japiim, Mauazinho, Armando Mendes, e parcialmente, Centro, Nossa Senhora das Graças, Parque 10, Aleixo, Coroado, Zumbi dos Palmares e Distrito Industrial. Com um contingente populacional de aproximadamente 500.000 habitantes, a região apresenta um quadro de ocupação urbana de extrema heterogeneidade. Podem ser observados bairros antigos como o Centro e Educandos; bairros planejados, Japiim e Parque 10; bairros urbanizados a partir de invasões, Zumbi dos Palmares e Petrópolis; áreas do Distrito Industrial e aglomerações carentes de saneamento básico às margens dos igarapés, como as do igarapé do 40. A exceção do Centro da cidade que possui rede de esgoto executada pelos ingleses em 1905, a maioria destes bairros utilizam como sistema de esgotamento sanitário, o conjunto fossa-sumidouro, filtro anaeróbico e similares. Nas áreas mais carentes o lançamento é feito direto nos igarapés (Lopes, *op. cit.*).

1.2 – Estado da Arte

Este item propõe-se a introduzir os principais conceitos que nortearam as atividades da pesquisa. Entendendo o caráter pioneiro que a pesquisa representa à região, buscar-se-á, em detrimento de uma revisão de trabalhos anteriores, situar ao leitor a amplitude interdisciplinar exigida na abordagem das questões ambientais. Dentro de uma linha de trabalho da geologia e/ou geomorfologia aplicada a pesquisa permeia campos das ciências biológica, sociológica, da engenharia, da matemática, etc., reconhecendo a importância da verticalização de estudos em cada uma delas, mas resgatando a necessidade da integração destes conhecimentos no entendimento da dinâmica do sistema ambiental.

1.2.1 – Meio Ambiente

A ciência natural aparece nos séculos XVI e XVII, vinculada a concepção positivista de que a natureza sobrevivia por si mesma, separada das atividades humanas. Em contraposição à concepção dualista da natureza, Marx *apud* Cunha e Guerra (1996), em seu célebre *Capital*, a partir da idéia do materialismo histórico, apresenta uma alternativa unificada entre a ciência natural e social:

“é através da transformação da primeira natureza em segunda natureza que o homem produz os recursos indispensáveis à sua existência, momento em que se naturaliza (a naturalização da sociedade) incorporando em seu dia a dia os recursos da natureza ao mesmo tempo em que se socializa a natureza (modificação das condições originais ou primitivas)”.

Para aquele autor, a natureza tem seu início no Pré-cambriano e nesse tempo histórico, todas as alterações no ambiente foram originadas de causas naturais. Com o aparecimento do homem no período Pleistoceno, a natureza foi sendo apropriada e transformada em consonância com a evolução das forças

produtivas. Sustentado nas idéias de Marx, o caráter dinâmico do meio ambiente dá-se em virtude da relação do processo histórico de ocupação e transformação do espaço, entendido como o ambiente onde se desenvolve a vida vegetal e animal (inclusive o homem).

As grandes questões ambientais foram discutidas em fórum global pela primeira vez na 1ª Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (1972), realizada em Estocolmo. Refletia-se, naquele momento, a necessidade de se debater problemas como a poluição industrial, a exploração desmedida dos recursos naturais, entre outros, que se desdobravam na deterioração da qualidade ambiental do planeta, haja visto os fenômenos que se apresentavam: o aquecimento global e o efeito estufa, as chuvas ácidas, o aparecimento de buracos na camada de ozônio, etc. Como a solução desses problemas exige medidas de escala mundial, sua implementação tornou-se difícil, como torna-se até hoje, diante do jogo de interesses políticos e econômicos. Na década de 80, o conceito de desenvolvimento sustentável foi introduzido como produto da análise conciliadora entre os objetivos do crescimento econômico dos países e o equilíbrio nas relações com os sistemas naturais. E ficou o questionamento: o desenvolvimento não pressupõe sustentabilidade ?

Parece óbvio que qualquer inserção na natureza pelo homem necessita de estudos que se traduzam no conhecimento do quadro e dinâmica do ambiente. É notório que qualquer atividade, seja um grande projeto de expansão urbana, instalação industrial, rodovia, ou de menor porte, como um corte na encosta para fixação da habitação, interfere de modo acentuado no ambiente. Por outro lado, conforme descreve Ross (1997): *“não se pode coibir a expansão da ocupação dos espaços, reorganização dos já ocupados e fatalmente a ampliação do uso dos recursos naturais, em virtude do atual nível de expansão econômica e demográfica”*. Surgem pois, desses processos, os impactos ambientais, em diferentes

níveis, que levam a alterações com graus diversos de agressão, muitos de caráter irreversível. O estudo destes impactos devem apresentar preferencialmente, uma postura preventiva, uma vez que é mais fácil e econômico prevenir a corrigir. Urge pois, particularmente ao planejamento urbano, a elaboração de diagnósticos ambientais que sustentem medidas mitigadoras da degradação ambiental, entre eles, a cartografia da vulnerabilidade dos terrenos aos processos erosivos.

1.2.2 – O Conceito de Ecodinâmica

Entender ecodinâmica implica primeiramente, em se definir ecologia e ecossistema. A ecologia tem por objetivo estudar os seres vivos em suas relações mútuas e com o meio ambiente. O homem modifica o meio que, por sua vez, reage determinando adaptações do homem. As interações são permanentes, qualquer que seja o nível de desenvolvimento técnico da sociedade humana. Portanto, o conceito de ecossistema, descrito por Tansley *apud* Tricart (1977), pode ser entendido como um conjunto de seres vivos (biocenoses) mutualmente dependentes uns dos outros e do meio ambiente (ecótopo) em que vivem, cujas interações ou fenômenos se processam mediante fluxos de matéria e energia.

Tricart (*op. cit.*), em seu trabalho *Ecodinâmica*, apresenta uma proposta metodológica que analisa a paisagem pelo seu comportamento dinâmico. Estas unidades de paisagem são denominadas pelo autor de *unidades ecodinâmicas*. Cada unidade, cujo conceito está integrado ao conceito de ecossistema, caracteriza-se por uma certa dinâmica do ambiente, que define por sua vez, relações próprias com as biocenoses. Na visão do autor, este conceito sistêmico é o melhor instrumento lógico para o estudo dos problemas ambientais.

Tricart define dois componentes da dinâmica da superfície terrestre: o *pedogênico* e o *morfogênico*. O componente morfogênico é descrito pelo autor, como o mais importante, em virtude de que seus processos produzem instabilidade da superfície, considerada fator limitante ao desenvolvimento dos seres vivos. Onde a morfodinâmica é intensa – por exemplo, em uma área de ravinamento – praticamente não existe vegetação. Quando presente, sua biomassa é reduzida e apresenta pouca variedade de espécies. Por outro lado, a intervenção do homem no ambiente natural pode repercutir sobre vários aspectos da morfodinâmica. A retirada da cobertura vegetal, por exemplo, pode acarretar: aumento do fluxo de energia da radiação solar que chega ao solo, alterando as temperaturas do mesmo, com efeitos na sua fertilidade; aumento da erosão pois não há interceptação das precipitações, o que define uma maior energia de impacto das gotas de chuva; degradação dos terrenos pela falta de proteção do solo contra as ações do vento; entre outros efeitos. Aquele autor conclui que para a administração e ordenamento do meio ambiente, é preciso diminuir a instabilidade morfodinâmica.

Embasado no conceito de que as unidades ecodinâmicas exibem processos que se desenvolvem em diferentes velocidades, de forma pontual ou linear ao longo do tempo, Tricart classifica três tipos de meios morfodinâmicos: *os meios estáveis, os meios intergrades e os meios fortemente instáveis*.

Os meios estáveis caracterizam-se pela lenta e constante evolução, não comportando eventos catastróficos. Apresentam as seguintes feições:

- densa cobertura vegetal que funciona como freio ao desencadeamento dos processos mecânicos da morfogênese;
- dissecação moderada do relevo, sem incisão violenta dos cursos d'água, sem solapamentos vigorosos dos rios, e vertentes de lenta evolução;
- ausência de manifestações vulcânicas e terremotos.

Estas feições condicionam o predomínio nestes terrenos, dos processos pedogenéticos, uma vez que a energia dos fluxos d'água não possui capacidade suficiente para agir na destruição e transporte de sedimentos.

Os meios intergrades são representativos das áreas de transição entre os meios estável e instável. Segundo Tricart: *o que caracteriza esses meios é a interferência permanente de morfogênese e pedogênese, exercendo-se de maneira concorrente sobre o mesmo espaço.* Desta forma, seja pelo ponto de vista quantitativo ou qualitativo, a análise desses meios deve apoiar-se no balanço pedogênese/morfogênese.

Os meios fortemente instáveis apresentam a morfogênese como elemento predominante da dinâmica natural e fator determinante do sistema natural, onde os outros elementos interagem. São condicionantes da classificação instável desses meios:

- a efetiva dissecação do relevo com terrenos de declividades acentuadas;
- a presença de solos rasos ou de baixo grau de coesão;

- a existência de condições bioclimáticas extremas, como regiões com altos índices pluviométricos, de elevadas variações de temperatura diurnas, de ação de ventos e do gelo;
- a ausência de cobertura vegetal densa;
- a dinâmica das inundações das planícies e fundos de vales;
- a ação geodinâmica interna na região (vulcanismo e abalos sísmicos).

Com o intuito de realizar uma avaliação integrada das características de uma determinada região, Tricart propõe uma metodologia baseada em etapas sucessivas de atividades. A primeira etapa configura-se pela definição do *quadro regional*, onde são caracterizadas as condições climáticas e as unidades morfoestruturais. Estas unidades são identificadas a partir da tectônica atuante e da litologia. A segunda etapa contempla a *análise morfodinâmica* que comporta: o estudo do sistema morfogênico, que é função das condições climáticas, do relevo e litologia; o estudo dos processos atuais, fixando, numa perspectiva interdisciplinar, a natureza, intensidade e distribuição dos mesmos; o conhecimento da influência antrópica e das degradações decorrentes; e o cálculo do grau de estabilidade morfodinâmica, estabelecido a partir da análise dos sistemas morfogênicos, dos processos e da degradação antrópica. A terceira etapa traduz-se no diagnóstico dos *recursos ecológicos*, que passa pelo inventário do quadro ambiental da região. Constituem partes deste inventário: os recursos e regimes hídricos; as condições ecoclimatológicas que definem a possibilidade de cultivos; os solos; e o diagnóstico agrológico que exhibe as limitações oferecidas pelo meio no seu estado atual e em suas aptidões potenciais. A última etapa concerne em relacionar as informações adquiridas nas etapas anteriores à solução de *problemas da gestão do território*. Para tanto, deve-se apresentar as possibilidades de administração e manejo da região,

mostrando claramente suas vantagens e inconveniências; classificar as regiões em função dos problemas da gestão do território; e tecer recomendações.

Por último, cabe salientar a proposta de Tricart de se tratar a análise morfodinâmica cartograficamente. Este documento, que o autor denominou de *carta ecodinâmica*, deve expressar a dinâmica da paisagem e a vulnerabilidade do cenário ambiental existente. Ross (*op. cit.*) considera que estas cartas são de grande valor como documento analítico pelo fato de representarem uma síntese da pesquisa elaborada. Contudo, são também complexas em função da densidade de informações, que torna difícil a sua leitura. O presente trabalho, a partir dos conceitos de ecodinâmica descritos por Tricart, sintetiza seus resultados no Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos. Este mapa apresenta unidades ambientais de diferentes comportamentos dinâmicos, que, na visão sistêmica, condicionam e espelham a fragilidade do meio à erosão.

1.2.3 – Mapa de Vulnerabilidade Natural

O Programa de Zoneamento Ecológico e Econômico da Amazônia Legal foi estabelecido pelo Governo Federal Brasileiro em 1991, com o objetivo de se tornar o instrumento que oferecesse oportunidades de crescimento econômico à região, através da apropriação dos seus recursos ambientais de forma sustentada, em contraposição às concepções extremistas de se transformar a Amazônia em santuário, ou de se liberar áreas para o uso indiscriminado. Seu grande desafio tem sido estudar os processos no espaço amazônico, numa amplitude que contemple a naturalidade dos fenômenos, cujo suporte encontra-se nos princípios da ecodinâmica, e a influência dos processos sociais presentes, que respondem a uma dinâmica econômica e política da região. Nesse sentido, Becker e Egler (1996), dentro do roteiro metodológico estabelecido para o zoneamento ecológico econômico

da Amazônia, sugerem a elaboração de três cartas: duas temáticas, a de vulnerabilidade natural e a de potencialidade social; e uma carta-síntese, de subsídios à gestão territorial, baseada nos níveis de sustentabilidade e na legislação vigente.

A metodologia para elaboração do mapa de vulnerabilidade natural de onde foram adaptados elementos que orientaram as atividades dessa pesquisa, foi desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, e está descrita no trabalho de Crepani *et al.* (1996). No seu exercício são identificadas unidades de paisagem natural, a partir da interpretação de imagens de satélite, que são classificadas em graus de vulnerabilidade natural segundo os conceitos ecodinâmicos de Tricart. Para Becker e Egler (*op. cit.*), tais unidades constituem elementos fundamentais para a composição da carta-síntese de propostas de zoneamento. Crepani *et al.* (*op. cit.*) apresentam o roteiro metodológico definido pelas seguintes etapas:

- 1) levantamento e aquisição do material bibliográfico, cartográfico e de imagens de satélite;
- 2) preparação do “*overlay*” de interpretação;
- 3) elaboração do mapa preliminar de unidades homogêneas;
- 4) associação do mapa preliminar com os dados auxiliares;
- 5) avaliação da vulnerabilidade das unidades homogêneas.

A primeira etapa consiste na formação de um banco de dados bibliográficos e cartográficos da região. Para tanto devem ser adquiridas: cartas planimétricas da área de estudo, na escala de 1:250.000; mapas temáticos - geologia, geomorfologia, solos, vegetação, clima - produzidos pelo Projeto RADAMBRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, e outros disponíveis, nas escalas

existentes; e imagens de satélite LANDSAT TM-5, coloridas, na composição 3B, 4G, 5R e escala de 1:250.000.

A segunda etapa configura-se na compilação cartográfica de pontos de referência, tais como drenagens, estradas, cidades, etc., sobre um papel transparente. Estes pontos são retirados diretamente das cartas topográficas executadas pelo IBGE e/ou Diretoria de Serviço Geográfico – DSG, Ministério do Exército, na escala de 1:250.000.

A elaboração do mapa preliminar de unidades homogêneas, terceira etapa, dá-se a partir da análise e interpretação das imagens de satélite considerando principalmente, os seguintes padrões fotográficos: matizes de cores e texturas de relevo e drenagem. A diferença de cores na imagem pode representar diversidade da cobertura vegetal e/ou ação antrópica, e de textura, controle geológico-estrutural, geomorfológico, etc. Estas unidades homogêneas constituem o que os autores denominaram *unidades territoriais básicas*, que podem ser divididas em: *unidades de paisagem natural* e *polígonos de ação antrópica*. As unidades territoriais básicas são as células elementares de informação e análise para o zoneamento ecológico econômico (Becker e Egler, *op. cit.*). São entidades geográficas que contêm atributos ambientais próprios e distintos das vizinhas, mas que mantêm com as mesmas, vínculos dinâmicos articulados na escala sistêmica regional.

A quarta etapa é definida pelo processo associativo dos dados temáticos auxiliares, preexistentes e levantados na primeira etapa, com o mapa preliminar de unidades homogêneas. Esta associação permite a caracterização de cada unidade territorial básica segundo os seguintes temas: geologia, geomorfologia, pedologia, fitoecologia, e, complementarmente, climatologia.

A caracterização das unidades homogêneas, quinta e última etapa, implica na identificação do grau de estabilidade e vulnerabilidade das unidades de paisagem natural, a partir da análise integrada dos temas supracitados, baseada nos princípios da ecodinâmica estabelecidos por Tricart, anteriormente apresentados no item 1.2.2. A vulnerabilidade é expressa pela atribuição de valores de estabilidade, dentro de um intervalo de 1 a 3, sendo que: as unidades estáveis, onde prevalecem processos pedogênicos, recebem valores próximos à 1; unidades instáveis, onde predominam processos morfogênicos, valores próximos à 3; e unidades intermediárias, onde há um equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, valores próximos à 2. Como a estabilidade/vulnerabilidade é atributo da resistência de cada unidade ao processo natural de erosão, podem ser descritas unidades: de rochas e solos muito, moderadamente e pouco resistentes; com formas de relevo e tipo de cobertura vegetal que favorecem, moderadamente favorecem e que não favorecem o processo erosivo.

Para o elemento clima, deve ser avaliada a precipitação regional quanto à sua intensidade e distribuição ao longo do ano. São avaliadas no parâmetro Geologia, as informações relativas ao grau de coesão das rochas e à evolução tectônica da região, que condicionam a resistência da rocha à erosão. Para a Geomorfologia, a influência do relevo no processo erosivo é consequência da morfologia dos terrenos e deve ser estudada segundo aspectos morfográficos (forma e aparência) e morfométricos (altitude, amplitude altimétrica, declividade e intensidade de dissecação das drenagens). Para o estudo da resistência do solo ao processo erosivo deve-se ater ao tipo e características físicas do mesmo, tais como, textura, permeabilidade, porosidade, espessura, pedregosidade e fertilidade. E a influência da vegetação à erosão

está relacionada ao grau de cobertura oferecida pelo dossel ao terreno (Crepani et al., *op. cit.*; Becker e Egler, *op. cit.*).

A representação cartográfica da vulnerabilidade ou estabilidade das unidades de paisagem natural² é feita por meio de cores. A tabela 2 apresenta 21 matizes obtidos a partir da combinação de três cores primárias: azul, verde e vermelho. As unidades de maior estabilidade (1,0) são tingidas por colorações azuladas, as intermediárias (2,0), esverdeadas, e as de maior vulnerabilidade (3,0), avermelhadas.

Tabela 2 – Representação da vulnerabilidade/estabilidade das unidades de paisagem natural.

UNIDADE DE PAISAGEM	MÉDIA		GRAU DE VULNERAB.	GRAU DE SATURAÇÃO					
				VERM.	VERDE	AZUL	CORES		
U1	↑	3,0	VULNERÁVEL	255	0	0			
U2		2,9		255	51	0			
U3		2,8		255	102	0			
U4		V		2,7	255	153	0		
U5	U	2,6	MODERADAM. VULNERÁVEL	255	204	0			
U6		L		2,5	E	255	255	0	
U7		N		2,4	S	204	255	0	
U8		E		2,3	T	153	255	0	
U9	R	2,2	A	102	255	0			
U10	A	2,1	MEDIANAM. ESTÁVEL/VULNERÁVEL	51	255	0			
U11		B		2,0	I	0	255	0	
U12		I		1,9	L	0	255	51	
U13		L		1,8	I	0	255	102	
U14	D	1,7	MODERADAM. ESTÁVEL	0	255	153			
U15		D		1,6	A	0	255	204	
U16		A		1,5	D	0	255	255	
U17		D		1,4	E	0	204	255	
U18	E	1,3	ESTÁVEL	0	153	255			
U19		1,2		0	102	255			
U20		1,1		0	51	255			
U21		I		1,0	0	0	255		

Fonte: Crepani et al. (*op. cit.*)

Os valores finais atribuídos às unidades territoriais básicas são o produto da média aritmética dos valores individuais recebidos em cada tema (Tabela 3). Se uma unidade possuir para o mesmo tema dois elementos constituintes, faz-se uma ponderação de valores em função da representatividade desses elementos. Por exemplo, se uma determinada unidade possuir 80% de cobertura

vegetal, onde se atribui o valor de vulnerabilidade 1,0, e 20% sem vegetação, de valor 3,0, chega-se a um valor final representativo do tema vegetação, a partir da seguinte equação:

$$(8 \times 1,0) + (2 \times 3,0) / 10 = 1,4 \text{ (vulnerabilidade/estabilidade).}$$

Tabela 3 – Exemplos de valores de vulnerabilidade atribuídos às unidades territoriais básicas.

UNID.	GEOLOGIA	VALOR	SOLOS	VALOR	RELEVO	VALOR	VEGETAÇÃO	VALOR	MÉDIA
U14	Fm. Iriri: Rio-litos, Piroclastos, Granófilos	1,0	Podzólico Verm. Amarelo	2,0	Superfície Pediplanada Diss. Baixa	1,1	Floresta tropical densa	1,0	1,3
U17	Aluvião	3,0	Solos Aluviais	3,0	Planície Aluvial	3,0	Floresta tropical densa	1,0	2,5
U18	Compl. Xingu: Gran., Gnaiss.-Migmatitos	1,5	Podzólico Verm. Amarelo	2,0	Superfície Pediplanada Diss. Baixa	1,1	Floresta tropical aberta	1,3	1,5
U26	Fm. Sobreiro: Andesitos Pórfiros e Porfíricos	1,9	Terra Roxa Podz. Ver. Am. Latos Ver. Am.	1,9	Colinas Aplainadas Diss. Baixa a Média	1,3	Floresta tropical aberta	1,3	1,6
U48	Fm. Gorotire: Arenitos Conglomeráticos a Finos	2,6	Solos Litólicos	3,0	Ravinas Diss Alta	2,5	Cerradão	1,7	2,5

Fonte: Crepani et al.(op. cit.)

1.3 – Conclusões Parciais

Ao término deste capítulo, pode-se perceber que a análise ambiental dos processos atuantes numa região exige uma postura interdisciplinar do pesquisador. As próprias ciências avançaram historicamente, adequando seus produtos cartográficos às novas demandas. A partir dos mapas geológicos, surgem os mapas geotécnicos, mapas de aptidão aos recursos minerais, cartas de risco, etc.; dos pedológicos, os de aptidão agrícola, erodibilidade; do geomorfológico, os de uso do solo; entre outros, produtos estes das chamadas ciências aplicadas.

Apesar do pioneirismo que a presente dissertação representa à região de Manaus, relevantes trabalhos foram executados em

² Definidas como unidades territoriais básicas (Crepani et al., op. cit.).

outras regiões do Brasil, tendo por base, a metodologia proposta por Tricart. Ross (*op. cit.*) afirma que os primeiros trabalhos nesta linha foram desenvolvidos pela Emplasa em 1985 e 1986, na região da Grande São Paulo, bacias dos rios Cabuçu de Cima e ribeirão Carapicuíba, dentro do programa de controle e prevenção de inundações. Outros estudos importantes foram realizados nos vales fluviais dos rios Xingu no Pará, Ji-Paraná em Rondônia, Iguazu no Paraná e Uruguai nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em sua maioria, voltados para o tema aproveitamento hidrelétrico.

A metodologia de Crepani *et al.*, descrita no item 1.2.3, vem sendo utilizada pelos recentes projetos de zoneamento ecológico e econômico desenvolvidos na Amazônia. Constituem-se importantes acervos: os relatórios do Projeto Conjunto Brasil - Venezuela para o Zoneamento Ecológico-Econômico e Ordenamento Territorial da Região Fronteiriça entre Pacaraima e Santa Elena de Uairém, 1^ª e 2^ª Fases (CPRM, 1997; CPRM, 1998); e os relatórios do Projeto Zoneamento Ecológico-Econômico da Região Fronteiriça Brasil - Colômbia / Eixo Tabatinga - Apaporis (CPRM/SUDAM/OEA, 1998). Atualmente, estão sendo realizados trabalhos nas regiões da fronteira Brasil - Peru e vale do rio Madeira.

Cabe salientar por último, a recente contribuição da dissertação de mestrado de Bento (1998), que se constitui significativa banco de dados geotécnicos da região de Manaus.

2 – METODOLOGIA DE PESQUISA

2.1 – Introdução

A pesquisa foi desenvolvida a partir de adaptações à metodologia descrita por Crepani et al. (*op. cit.*) para elaboração de Mapas de Vulnerabilidade Natural. O Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos, produto final do presente trabalho, está baseado na análise integrada das unidades temáticas interpretadas e observadas, e estruturado no conceito de ecodinâmica (Tricart, *op. cit.*), que define o comportamento morfodinâmico estável ou instável das unidades de paisagem.

Pode-se segmentar o trabalho em: fase inicial, onde foram confeccionados mapas preliminares (Mapa de Uso do Solo, Mapa Geológico-Estrutural Simplificado, Mapa Geomorfológico Simplificado e Mapa de Declividade); segunda fase, onde atribuiu-se valores numéricos para cada unidade temática, de acordo com a relação de predomínio dos processos morfogenéticos e pedogenéticos, que determinam, em última análise, a vulnerabilidade aos processos erosivos; terceira fase, onde, pela sobreposição dos mapas e tratamento estatístico, elaborou-se o Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos; e fase final, que, a partir de trabalhos de campo, possibilitou a cartografia da distribuição espacial dos processos erosivos e avaliação da eficiência metodológica da pesquisa.

Concomitantemente, mas não configurando-se como objetivo principal da pesquisa, foram realizados estudos de monitoramento da erosão do solo a partir da proposta metodológica descrita por De Ploey e Gabriels *apud* Guerra (1996), denominada Pinos de Erosão.

2.2 – Mapa de Uso do Solo

O Mapa de Uso do Solo foi elaborado a partir da interpretação da imagem de satélite LANDSAT TM-5, com composição das bandas 3, 4 e 5, cena WRS 231/062, de 20/09/1995, na escala de 1:50.000, gentilmente emprestada pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto / CAM da Universidade do Amazonas. Na interpretação da imagem de satélite foram analisados os seguintes parâmetros: textura, cor, geometria dos elementos, entre outros. A composição destes parâmetros permitiu individualizar quatro unidades representativas do uso do solo: áreas da floresta nativa; áreas de vegetação secundária, onde estão incluídas as matas pouco densas, campos, cultivos, etc.; áreas urbanas militares, do Distrito Industrial e do Campus Universitário; e áreas urbanas propriamente ditas. Os dois tipos de áreas urbanas (representadas na imagem pela ausência de cobertura vegetal) foram diferenciados em função da densidade de ocupação dos terrenos. As áreas urbanas militares, do Distrito Industrial e do Campus Universitário caracterizam-se pela menor densidade de ocupação do solo. As demais áreas urbanas apresentam lotes menores o que justifica uma maior densidade de ocupação.

2.3 – Mapa Geológico-Estrutural Simplificado

O mapa geológico caracteriza-se por apresentar a distribuição espacial das rochas de uma determinada região. Quando são acrescentadas ao mapa informações das feições estruturais impressas nas rochas, que expressam a tectônica regional e local atuante, cria-se o que se denomina mapa geológico-estrutural.

O trabalho de elaboração do Mapa Geológico-Estrutural Simplificado foi realizado em três fases. A primeira fase constituiu-se de levantamento do acervo bibliográfico e cartográfico existente. Para tanto, foram visitadas as bibliotecas da

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, da Universidade do Amazonas, do Instituto Luterano de Ensino Superior de Manaus - ILES/ULBRA, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, além de acessado o banco de dados existente na Internet. A segunda fase consistiu na atividade de fotointerpretação de fotografias aéreas. Foram utilizados dois acervos que cobrem a área de estudo: a obra 235, na escala de 1:50.000, executada por Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul em 1967; e as obras 440 e 449, na escala de 1:7.500, executadas respectivamente, nos anos de 1989 e 1990 por Base Aerofotogrametria e Projetos S.A.. Como a existência de áreas urbanizadas na fotografia aérea mascara a análise das feições geológico-estruturais, o acervo da obra 235 (1967) foi melhor aproveitado no desenvolvimento dos trabalhos. Na atividade de fotointerpretação foram observados os seguintes elementos da fotografia aérea: textura, tonalidades, lineamentos, densidade e padrão de drenagem, etc. A atividade de mapeamento geológico-estrutural, terceira e última fase, caracterizou-se por incursões da equipe em áreas onde existem afloramentos rochosos. Nos afloramentos foram identificados os litotipos regionais e descritas as principais feições estruturais e sedimentares, como falhas, fraturas, dobras, textura, composição mineralógica, entre outras.

A região estudada, por toda a sua extensão, está assentada sobre um mesmo litotipo sedimentar. O mapeamento geológico de detalhe da região, na escala de trabalho da pesquisa, envolveria a aplicação de uma metodologia sistemática própria, que, pelo volume de informações trabalhadas, tornar-se-ia uma nova dissertação de mestrado. Como a elaboração do Mapa Geológico-Estrutural Simplificado tem por finalidade subsidiar a análise da vulnerabilidade destes elementos aos processos erosivos, optou-se

por representar no mapa uma única litologia, diante da relativa homogeneidade do comportamento geotécnico de suas fácies sedimentares, e diferenciar a morfoestrutura da região. Pôde-se identificar um conjunto de *horsts* e *grabens* (blocos altos e baixos), resultante de movimentos tectônicos em sistema de falhas, que afeta todo o pacote rochoso. No mapa, denominou-se alto estrutural o bloco elevado, e baixo estrutural o bloco deprimido.

2.4 – Estudo da Geomorfologia

Os mapeamentos geomorfológicos, no contexto operacional, ainda não seguem um critério padronizado, tanto em nível de escalas adotadas, como quanto à adoção de bases taxonômicas (Argento, 1995). Isto se deve ao fato da própria ciência geomorfológica ainda não apresentar um método de trabalho consolidado, apoiado em leis ou teorias claramente delineadas. Contudo, pode-se estabelecer com clareza que existem duas grandes linhas de pesquisa, uma de caráter empírico e outra experimental. A pesquisa experimental tende a apoiar-se nas técnicas de quantificação para avaliar e interpretar os dados gerados com os experimentos. A pesquisa empírica busca na cartografia geomorfológica seu instrumento de análise e síntese.

Os conceitos de morfoestrutura e de morfoescultura definidos a partir de Gerasimov, Gerasimov & Mescherikov e Mescherikov *apud* Ross (*op. cit.*) forneceram uma importante direção teórico-metodológica para os estudos da geomorfologia. Estes autores estabeleceram uma classificação do relevo em três categorias genéticas: as *geotexturas*, correspondente às grandes feições da crosta; as *morfoestruturas*, elementos de diferentes origens e idades, ativos no processo de desenvolvimento do relevo; e as *morfoesculturas* que correspondem ao modelado ou à tipologia de formas geradas sobre uma ou várias estruturas através da ação exogenética. Neste sentido, fundamentaram a análise geomorfológica

na obrigatoriedade de uma cartografia que deveria conter as informações morfométricas, morfográficas, morfocronológicas e de morfogênese, valorizando na última, o estrutural e o escultural. Influenciado pela escola do leste europeu, Abreu *apud* Ross (*op. cit.*) estabelece uma seqüência de atividades para a análise da geomorfologia de uma região:

- 1) *análise das cartas geológicas e tectônicas com compilação dos principais falhamentos;*
- 2) *análise das cartas topográficas objetivando a construção de uma carta de rupturas tectônicas;*
- 3) *elaboração de uma carta dos elementos do relevo com dados morfométricos e morfográficos;*
- 4) *elaboração de uma bateria de perfis topográficos acompanhados das informações geológicas;*
- 5) *interpretação de fotos aéreas, imagens de radar e satélite para conhecer a morfologia e a gênese dos elementos do relevo;*
- 6) *pesquisa de campo para extrair informações da estrutura superficial e executar correções das decisões tomadas em gabinete;*
- 7) *tratamento integrado dos dados para chegar à análise geomorfológica e à carta geomorfológica final.*

Ross descreve ainda a normatização proposta por Demek (1967) que define três unidades taxonômicas básicas: *superfícies geneticamente homogêneas; formas do relevo; e tipos de relevo*. A superfície geneticamente homogênea é entendida como a menor área homogênea quanto à gênese de uma forma de relevo. Aquele autor dá o exemplo da forma de relevo de colina que pode apresentar duas ou mais superfícies geneticamente homogêneas. O topo (interflúvio) e a vertente (encosta) são unidades distintas da forma de relevo colina, e portanto apresentam dinâmica e gênese diferentes. As superfícies geneticamente homogêneas, juntas, constituem a unidade superior denominada forma do relevo. E o conjunto de formas de relevo representativo territorialmente, compõe o tipo de relevo

No desenvolvimento do estudo geomorfológico, a presente pesquisa utilizou-se de adaptações à metodologia de Demek *apud* Ross (*op. cit.*), que serão descritas nos próximos segmentos.

2.4.1 – Mapa Geomorfológico Simplificado

Para a composição do Mapa Geomorfológico Simplificado foram realizados levantamentos bibliográficos, trabalhos fotointerpretativos e estudos em campo para comprovação e/ou correção das feições geomorfológicas interpretadas no escritório. As bibliotecas visitadas e os acervos fotointerpretados já foram apresentados no item 2.3.

Baseado na sistematização proposta por Demek, descrita no item 2.4, foram classificadas para o Mapa Geomorfológico Simplificado três unidades de superfícies geneticamente homogêneas: interflúvios; encostas; e terraços ou várzeas. Cartograficamente, optou-se por não realizar estudos de detalhe que identificassem as formas (côncavas, convexas, etc.) destas unidades, por motivos semelhantes aos apresentados para o mapa geológico-estrutural de detalhe (item 2.3). Utilizou-se como parâmetro guia na separação das unidades interflúvio e encosta, a interpretação nas fotografias aéreas da quebra de relevo. Para o limite entre encosta e terraço, escolheu-se como referência, a cota topográfica de 30 metros, uma vez que, no histórico estatístico do regime hidrológico do rio Negro (Figura 2), a cota máxima atingida nas cheias foi de 29,69 metros, no ano de 1953. Portanto, os terrenos de cota inferior à 30 metros representam localmente, as planícies de inundação também denominadas áreas de várzea. Da mesma forma, nas planícies de cota superior à 30 metros, localizadas mais próximas às cabeceiras dos igarapés, designou-se terraço às áreas de alagamento do igarapé (várzeas).

intervalos: inferior à 10%, ou seja, compreendendo terrenos com inclinação inferior à 6°; entre 10% e 30%, equivalente à inclinações entre 6° e 17°; e superior à 30%, inclinação superior a 17°. A seguir, construiu-se o diapasão ou ábaco das declividades segundo metodologia descrita por Biase (1970). E com o ábaco, fez-se finalmente a demarcação nas cartas topográficas das áreas de igual declividade.

O Mapa de Declividade apresenta a distribuição espacial dos terrenos de baixa declividade (< 10%), média declividade (entre 10% e 30%) e alta declividade (> 30%).

2.5 – Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos

O Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos foi elaborado a partir da sobreposição dos quatro mapas preliminares: Uso do Solo, Geológico-Estrutural Simplificado, Geomorfológico, Simplificado e de Declividade, e do tratamento estatístico dos valores de classificação das unidades temáticas trabalhadas.

Seguindo a proposta de Crepani *et al.* (*op. cit.*) foram atribuídos primeiramente, à cada unidade temática valores de estabilidade, no intervalo de 1 a 3. Estes valores representativos do grau de estabilidade/vulnerabilidade foram adotados segundo as relações de predomínio entre os processos de morfogênese e pedogênese definidas por Tricart (*op. cit.*). A tabela 4 apresenta os valores atribuídos às unidades de cada mapa temático preliminar.

A partir da sobreposição dos mapas temáticos, desenhou-se uma carta de unidades. Cada unidade continha valores individuais de vulnerabilidade acumulados. O tratamento estatístico destes valores, pela média aritmética, permitiu a classificação final dos terrenos em: estável (valores entre 1,0 e 1,3), moderadamente

estável (1,4 - 1,7), medianamente estável/vulnerável (1,8 - 2,2), moderadamente vulnerável (2,3 - 2,6) e vulnerável (2,7 - 3,0).

Tabela 4 – Valores de estabilidade atribuídos às unidades temáticas.

UNIDADE TEMÁTICA	VALOR
MAPA DE USO DO SOLO	
Área Urbana	3,0
Área Urbana Militar, Distrito Industrial e Campus Universitário	2,6
Área de Vegetação Secundária	1,4
Floresta	1,0
MAPA GEOLÓGICO-ESTRUTURAL SIMPLIFICADO	
Alto Estrutural	2,8
Baixo Estrutural	2,0
MAPA GEOMORFOLÓGICO SIMPLIFICADO	
Encosta	3,0
Terraços/Várzeas	2,7
Interflúvio	1,0
MAPA DE DECLIVIDADE	
Alta	3,0
Média	2,0
Baixa	1,0

Para avaliação da eficiência metodológica e da qualidade do mapa produzido, fez-se um inventário dos processos erosivos a partir de trabalhos de campo e cartografou-se a distribuição espacial destes. Será comprovada a aplicabilidade do método de pesquisa utilizado se houver coincidência da presença dos processos erosivos nas áreas delimitadas no mapa, como vulneráveis.

2.6 – Monitoramento dos Pinos de Erosão

Dentro de uma proposta na linha da geomorfologia experimental, a pesquisa permitiu-se estudar, a partir da metodologia dos pinos de erosão, o processo erosivo, uma vez que seu objetivo principal estava limitado ao mapeamento da vulnerabilidade dos terrenos aos processos erosivos. Portanto, os resultados obtidos a partir desta atividade não são conclusivos, mas dão início a um importante campo de estudo na região.

A metodologia denominada *Pinos de Erosão (Erosion pins)* foi descrita por De Ploey e Gabriels *apud* Guerra (*op. cit.*) como eficiente para o monitoramento da erosão dos solos. O experimento consiste em se procurar uma encosta que esteja sofrendo erosão em lençol (laminar), de preferência com pouca ou nenhuma vegetação, e definir uma parcela onde são totalmente enterrados pinos, que podem ser pregos ou pedaços finos de vergalhão, de pelo menos 10 centímetros de comprimento. O monitoramento desses pinos é feito periodicamente, a cada semana, quinze dias ou mês, por visitas ao local e medição da altura desses pinos acima do solo. A medida que o solo vai sendo erodido, os pinos vão ficando mais expostos. Após um período aproximado de um ano de monitoramento é possível estimar a perda de solo, em termos de espessura e de volumes (caso seja determinada a densidade aparente desses solos).

Com o objetivo de quantificar a perda de solo e caracterizar as suas relações com algumas unidades temáticas trabalhadas pelo projeto, foram realizados experimentos baseados em adaptações à metodologia dos pinos de erosão. Foram utilizados como parâmetros de controle dos terrenos suas declividades baixa, média e alta, e seu tipo de uso do solo: áreas florestadas, área de vegetação secundária e quintais urbanos. Foram monitoradas nove parcelas assim distribuídas: na área do mini-campus da Universidade do Amazonas, representativas de terrenos florestados

de baixa, média e alta declividade; na Escola Agrotécnica de Manaus, terrenos com vegetação secundária (gramíneas) de baixa, média e alta declividade; e quintais urbanos localizados na rua N, nº24, Quadra 47 (alta declividade), rua Contorno Norte, nº 32, Quadra 44 (média declividade), e rua O, nº 18, Quadra 53 (baixa declividade), no Bairro Armando Mendes (Figura 3). Em cada parcela, de área 3 m², foram enterrados 20 pinos de 15 centímetros, confeccionados a partir de vergalhão 5/16", separados entre si por 50 centímetros. As parcelas foram monitoradas durante seis meses, de abril a setembro de 1997. Estes meses contemplam o período chuvoso e de estiagem, característico da região. Concluído o período de coleta de dados foi feita uma análise estatística mediante a ponderação dos resultados, tendo em vista a densidade dos solos de cada parcela. A densidade dos solos foi obtida através de amostragem e análise executada pelo Laboratório de Mecânica do Solos da Universidade do Amazonas. Como conclusão deste estudo pôde-se chegar a uma taxa de perda de solo para cada parcela representativa da combinação: tipo de uso do solo e declividade do terreno.

3.7 - Conclusões Parciais

Escolheu-se para a apresentação final dos mapas a escala de 1:25.000. Todos os mapas estão georreferenciados o que lhes permite futuras atualizações. O trabalho de digitalização foi executado pela empresa BMP, Info Serviços de Informática Ltda., utilizando-se do programa MAXICAD.

As adaptações feitas pela pesquisa à metodologia descrita por Crepani *et al.* (*op. cit.*) estão delineadas a partir das seguintes considerações:

1- não foi produzido o mapa de unidades de paisagem natural, justamente por causa da proposta do estudo de se trabalhar numa escala de detalhe. O Mapa de Uso do Solo



Figura 3 – Locais onde foram feitas as parcelas para monitoramento da perda de solo pelo método dos Pinos de Erosão.

2.7 – Conclusões Parciais

Escolheu-se para a apresentação final dos mapas a escala de 1:25.000. Todos os mapas estão georreferenciados o que lhes permite futuras atualizações. O trabalho de digitalização foi executado pela empresa BMP Info Serviços de Informática Ltda., utilizando-se do programa MAXICAD.

As adaptações feitas pela pesquisa à metodologia descrita por Crepani *et al.* (*op. cit.*) estão delineadas a partir das seguintes considerações:

- 1- não foi produzido o mapa de unidades de paisagem natural, justamente por causa da proposta do estudo de se trabalhar numa escala de detalhe. O Mapa de Uso do Solo

substituiu esta função na área estudada, pois apresenta as unidades territoriais básicas;

- 2-diferentemente do proposto pelos autores, cada unidade básica foi, a partir dos procedimentos de sobreposição dos temas, segmentada gerando unidades menores;
- 3-não foram trabalhados, os temas Solos e Pluviosidade, por não existir na literatura um mapa de escala adequada, que identificasse unidades de comportamento ecodinâmico diferenciado;
- 4-a Declividade constituiu-se tema da pesquisa, na forma do estudo de detalhe das feições geomorfológicas da região, em virtude da própria opção da escala de trabalho.

Cabe ressaltar que as atividades desenvolvidas para a quantificação da perda de solo pelo método dos Pinos de Erosão, transcorreram de modo auxiliar dentro da proposta de objetivos da pesquisa. Desta forma não se pretende concluir resultados mas sim, provocar discussões que culminem em uma abertura de estudos sobre o tema.

3.2 - As Feições Geológicas-Estruturais no Controle dos Processos Erosivos

O entendimento da relação entre os processos erosivos observados na área de estudo e seus condicionantes geológico-estruturais passa, primeiramente, pela realização de uma breve descrição da Formação Alter do Chão, que compõe o embasamento onde esta assentada a cidade de Manaus.

A Formação Alter do Chão é constituída por sedimentos continentais, arenitos, arenitos argilosos, quartzos arenitos, argilitos e argilitos quartzosos, datados do Cretáceo Superior (Dacmon, *op. cit.*) e Terciário (Travassos e Barbosa Filho, 1990).

de grande exposição regional (Figura 4). Importantes trabalhos de caracterização da Formação Alter do Chão foram realizados por Albuquerque (1922), Daemon e Contreiras (1971), Damião *et al.* (1972), Caputo *et al.* (1972), Souza (1974), Lourenço *et al.* (1978), Pereira (1988), Franzinelli e Piuci (1988), Cunha *et al.* (1994), Franzinelli e Rossi (1996), Nava (1996) e Vieira (*op. cit.*).

O recente estudo de Vieira (*op. cit.*) individualizou no município de Manaus, dez fácies sedimentares da Formação Alter do Chão. Segundo Vieira, estas fácies, representativas de depósitos de canal e de inundação, foram depositadas em um grande sistema fluvial do tipo *braided*³, que migrava preferencialmente S-SW, tendo como principal fonte de material transportado, os terrenos N-NE da área estudada.

Sobre as unidades informais sobrepostas à Formação Alter do Chão, Fernandes Filho (*op. cit.*), estudando os lateritos da cidade de Manaus, definiu para a região perfis do tipo imaturo pela restrita presença da gibbsita e a ausência do horizonte bauxítico-fosfático. Quanto à sua natureza, foram descritos pelo autor perfis imaturos autóctones e alóctones. Os autóctones são perfis completos, enquanto os alóctones possuem a presença da linha de pedra (*stone line*) truncando alguns horizontes (Quadro 1).

Os poucos afloramentos bons da Formação Alter do Chão visitados pela equipe na porção sudeste da cidade estão localizados nos barrancos dos rios, em cortes das estradas e nas paredes laterais das boçorocas. Em sua maioria, constituem-se fácies de arenito de granulometria média a fina, com estratificação plano-paralela, intercalados a fácies mais finas, com laminação plano-paralela. Localmente, são observados *sets* de estratificação cruzada tabular (Figura 5).

³ Sistema fluvial do tipo entrelaçado.

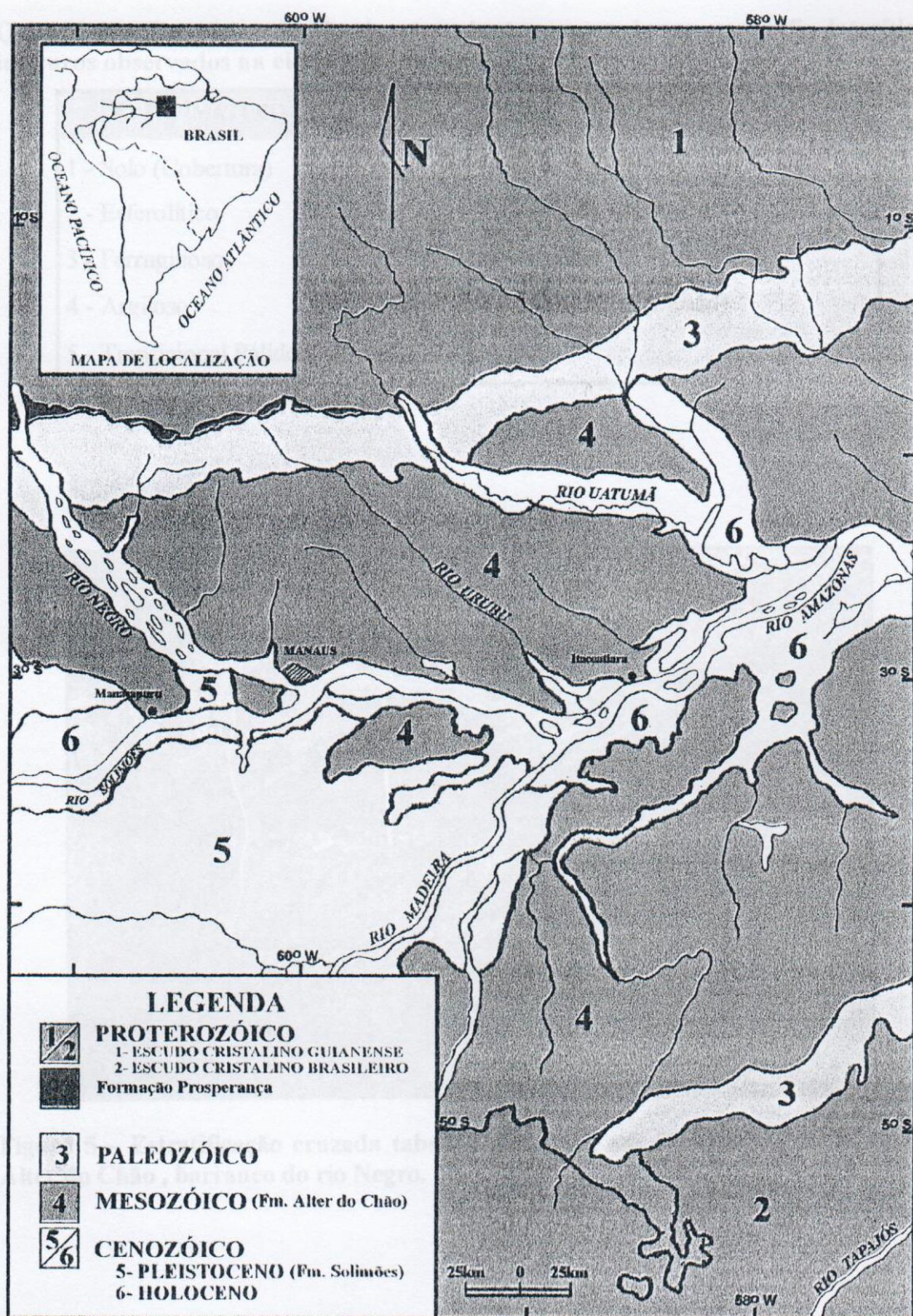


Figura 4 – Mapa Geológico Simplificado da Região do Médio Rio Amazonas.
 Fonte: Nava (*op. cit.*) mod. Franzinelli e Piuci (*op. cit.*).

Quadro 1 – Estrutura dos horizontes, do topo para base, em perfis lateríticos imaturos observados na cidade de Manaus.

PERFIL IMATURO AUTÓCTONE	PERFIL IMATURO ALÓCTONE
1 - Solo (Cobertura)	1 - Solo (Cobertura)
2 - Esferolítico	2 - Linha de Pedra
3 - Ferruginoso	3 - Argiloso
4 - Argiloso	4 - Transicional (Pálido)
5 - Transicional Pálido	

Fonte: Fernandes Filho (*op. cit.*).

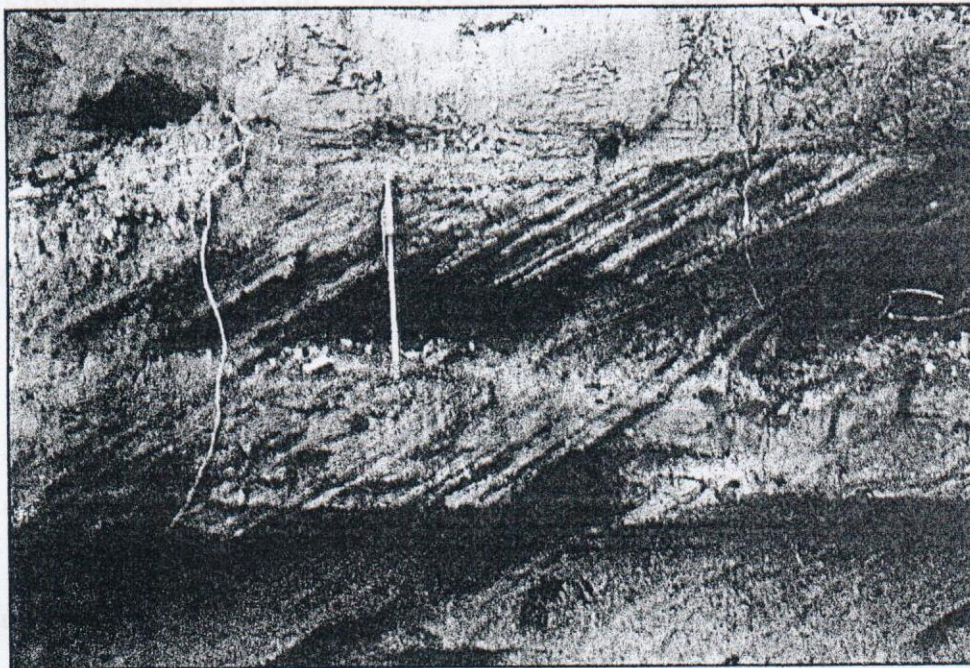


Figura 5 – Estratificação cruzada tabular observada em afloramento da Formação Alter do Chão, barranco do rio Negro.

Os afloramentos das unidades informais apresentam-se mais expressivos na região de estudo. Foram observados perfis lateríticos imaturos alóctones⁴, previamente descritos no quadro 1. Entre as mais belas exposições está a da parede lateral da boçoroca localizada no terreno da CIBRAZEM, ponto 39 do Mapa da Distribuição dos Processos Erosivos (Anexo 6), onde são descritos da base para o topo: o litotipo arenítico fino do Alter do Chão, de coloração branca a amarelada, com laminação plano-paralela; horizonte de transição, ainda guardando uma laminação incipiente; horizonte argiloso, sem estrutura; linha de pedra de espessura centimétrica; e um horizonte do latossolo de coloração creme a amarelada. Não foram observados na região de estudo perfis lateríticos imaturos autóctones. Localmente, as linhas de pedra podem servir como camada guia no mapeamento das coberturas. Contudo, como o perfil foi afetado por eventos tectônicos recentes, que geraram rejeitos, é difícil acompanhar as cotas destes horizontes.

A evolução tectônica que afetou à região em questão, imprimiu nas rochas e paisagens locais forte controle estrutural. Os primeiros estudos nesta temática foram realizados por Steinberg (1950) que demonstrou o controle tectônico dos vales fluviais dos rios Urubu, Preto da Eva e Uatumã. Posteriormente, importantes contribuições foram dadas por Igreja e Franzinelli (1990), que definiram na região do baixo curso do rio Negro, um hemi-graben composto por falhas normais inclinadas para nordeste, dentro de um sistema extensional de eixo N50°-55°E; Costa et al. (1992) e Costa et al. (1994) que descreveram, entre as cidades de Manaus e Itacoatiara, um conjunto de falhas inversas na direção NE-SW, inclinadas para SE. Fernandes Filho (*op. cit.*), estudando a

⁴ Os perfis imaturos são datados do Pleistoceno Inferior ao Superior (Costa, 1991). Segundo o autor, neste intervalo de tempo, houveram períodos úmidos, que deram origem ao processo de laterização, e semi áridos, formadores da crosta. Do Pleistoceno ao Holoceno, alternaram-se na região, ciclos úmidos e áridos que possibilitaram a formação dos demais horizontes do perfil laterítico (Fernandes Filho, *op. cit.*).

evolução estrutural dos perfis lateríticos, descreveu quatro eventos que afetaram à região de Manaus:

- 1) esforços compressivos, provavelmente no Mioceno, identificados por falhas inversas NE-SW e dobras com eixo NE-SW, que afetaram as rochas da Formação Alter do Chão e os perfis lateríticos maduros, provocando a erosão destes perfis imposta por um soerguimento regional;
- 2) uma estabilidade tectônica no período do Plioceno ao Pleistoceno Inferior que permitiu o desenvolvimento do perfil laterítico imaturo;
- 3) um evento de movimentação no Pleistoceno Médio a Superior, com falhas transcorrentes dextrais E-W e NE-SW e falhas normais NW-SE, que gera uma compartimentação da região em blocos deprimidos e soerguidos, sendo nestes últimos, destruídos os perfis lateríticos imaturos autóctones e estabelecidas as linhas de pedra;
- 4) e uma última movimentação, no final do Pleistoceno Superior e/ou Holoceno, que gerou falhamentos nas linhas de pedras de direção NE-SW.

O Mapa Geológico-Estrutural Simplificado (Anexo 1) exhibe a compartimentação morfoestrutural da porção sudeste da cidade de Manaus, identificando um bloco soerguido (alto estrutural), a sudeste da área, e outro deprimido (baixo estrutural), a noroeste. O bloco deprimido apresenta-se dissecado pelos igarapés do Quarenta e do Mindu, cujas calhas principais têm direção NE-SW. Sobre o bloco soerguido desenvolve-se pequenas drenagens, como a do Mauzinho, da Serraria, do Raimundinho, etc., que deságuam diretamente para o rio Negro. Seus vales, de direções preferenciais NW-SE e N-S, são bastante encaixados.

A fotointerpretação dos principais lineamentos locais indica um predomínio na direção NW, a exceção dos grandes lineamentos

NE, onde estão encaixados os igarapés do Quarenta e Mindu. Quando se caminha para leste da área, pode-se observar uma pequena tendência de mudança na direção para N e NE com baixo ângulo. Os canais de 1ª e 2ª ordens⁵ estão em sua maioria controlados pelos lineamentos NW (Figura 6). Estas direções também podem ser percebidas em algumas encostas de forma retilínea. Quanto à evolução estrutural da área de pesquisa pode-se deduzir que o evento tectônico que gerou a compartimentação dos blocos estruturais é anterior ao evento que definiu os lineamentos NW, uma vez que os mesmos cortam no mapa, o limite entre o alto e baixo estruturais (Mapa Geológico-Estrutural Simplificado, Anexo 1).

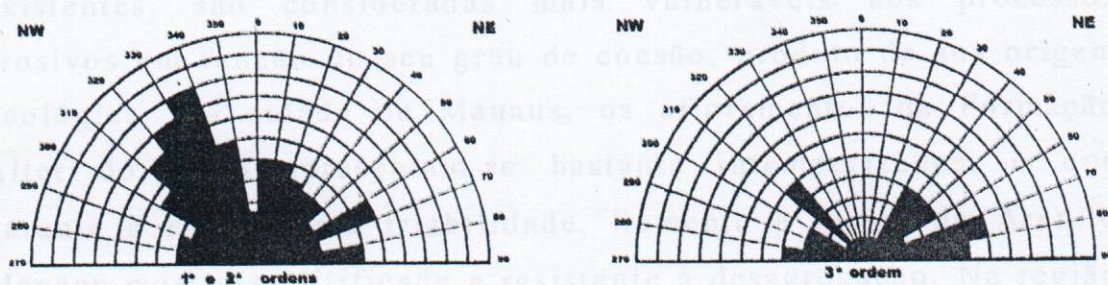


Figura 6 – Rosetas apresentando as direções dos canais de 1ª, 2ª e 3ª ordens medidas na Folha Manaus–E, escala de 1:50.000 (DSG/Ministério do Exército, 1980).

Duas evidências principais permitem o destaque do segmento alto estrutural na área estudada. A primeira está no fato de não se observar por toda a extensão do bloco soerguido, perfis lateríticos imaturos autóctones. Estes perfis foram destruídos pela ação erosiva a partir do soerguimento do bloco, restando apenas, os perfis alóctones já mencionados. As linhas de pedra representam então, localmente, as paleosuperfícies de erosão. Este alto estrutural pode corresponder ao mesmo bloco elevado definido por Fernandes Filho (*op. cit.*), na porção nordeste da cidade. A segunda evidência é fotointerpretativa. Na interpretação das fotografias

⁵ Ordenamento proposto por Strahler (1952).

aéreas do local destacam-se duas unidades contrastantes por sua densidade de drenagem e rugosidade da textura. Enquanto a unidade baixo estrutural exhibe tênue rugosidade e baixa densidade de drenagens, a unidade alto estrutural apresenta maior densidade de drenagens, e rugosidade acentuada definida por uma paisagem intensamente dissecada. Tal quadro pode ser explicado em razão da unidade alto estrutural, sendo um bloco soerguido, ter-se elevado do seu nível de base local, o rio Negro. Desta forma, os processos tendem a ser mais vigorosos no encaixe da drenagem e evolução das vertentes, o que, em última análise, acaba por imprimir na unidade as feições supracitadas.

As rochas sedimentares, dentre os grupos de rochas existentes, são consideradas mais vulneráveis aos processos erosivos em função do seu grau de coesão, produto de sua origem geológica. Na cidade de Manaus, os afloramentos da Formação Alter do Chão apresentam-se bastante intemperizados, o que garante à rocha certa friabilidade. Somente a fácies do Arenito Manaus mostra-se litificada e resistente à desagregação. Na região estudada foram observados poucos afloramentos do Arenito Manaus. Uma pequena queda d'água existente no Parque Municipal do Mindu, porção noroeste da área, e lajedos na beira do rio Negro, submersos boa parte do ano, são exemplos de afloramentos visitados do Arenito Manaus. Esta pouca distribuição local do Arenito Manaus e o caráter friável dos litotipos encontrados corroboram com o que, geotecnicaamente, foi descrito por Bento (*op. cit.*) à região do Distrito Industrial: são áreas de maior espessura do penetrável, isto é, onde o impenetrável (Arenito Manaus) está em profundidades superiores a 30 metros.

Em uma primeira análise do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos (Anexo 5), não levando-se em conta ainda a ação antrópica, pode-se perceber uma relação entre a distribuição dos processos erosivos e as unidades geológico-estruturais

identificadas. Ao longo dos terrenos da unidade alto estrutural estão localizados 72,5% dos processos erosivos observados, o que pode indicar uma maior fragilidade do meio à erosão. Quanto à gênese e desenvolvimento destes processos pode-se afirmar que quase todos os casos estudados constituem-se processos induzidos, ou seja, provocados pela ação antrópica. Contudo, se no primeiro momento estes processos têm como fator principal a ação humana, seu desenvolvimento está regulado pelas estruturas naturais da rocha: fraturas, falhamentos, etc. (Figura 7). Um exemplo desta regulação está na concordância entre a direção dos eixos das ravinas e boçorocas e a dos lineamentos locais NE e NW. O Mapa Geológico-Estrutural Simplificado (Anexo 1) apresenta um lineamento NE, que começa no igarapé divisor das instalações da Refinaria de Manaus e termina próximo ao contato entre as unidades alto e baixo estrutural, onde estão encaixados os processos erosivos 22, 23, 24 e 39 (Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5). Tal fato atesta o forte controle hidrológico superficial e/ou subsuperficial dos processos erosivos.

Num breve ensaio, uma vez que este estudo não se constitui objetivo da pesquisa, pode-se fazer uma correlação entre a forma de desenvolvimento de alguns processos erosivos apresentados, com àquela descrita por Avelar e Coelho Neto (1994), referente ao trabalho realizado na região de Bananal (SP), vale do rio Paraíba do Sul. Estes autores, estudando a relação das fraturas e o desenvolvimento das unidades geomorfológicas côncavas, relatam que as descontinuidades naturais da rocha (gnaiesses bandados e granitóides) atuam no controle das propriedades hidráulicas e mecânicas das rochas, destacando as fraturas como zonas de alívio de pressão piezométrica. A exfiltração da água por meio das fraturas pode detonar a erosão, originando túneis que avançam remontantemente, e acabam formando o canal erosivo.



Figura 7 – Ravinas controladas por estruturas NW. Encosta a montante das instalações da PETROBRÁS (Ponto 2 – Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos).

Alguns processos estudados, como o da CIBRAZEM (pontos 39 e 40 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5), apesar de não serem naturais, como os descritos por Avelar e Coelho Neto, e evoluírem sobre terrenos de rochas sedimentares, apresentam semelhanças em seus mecanismos de desenvolvimento. As tubulações para escoamento das águas pluviais funcionaram como túneis erosivos, uma vez que estas águas conduziram o surgimento do processo no local. O vazamento foi provocado por uma falha no projeto hidráulico ou pela baixa qualidade do material empregado. Outros processos parecem ter sido originados superficialmente: ravinas controladas pelas estruturais naturais, que com o aprofundamento, alcançam o lençol freático; tornam-se boçorocas e passam a desenvolver-se por força dos mesmos

mecanismos subsuperficiais descritos anteriormente. Estes primeiros resultados aqui apresentados abrem importante campo de pesquisa na região.

3.3 – A Paisagem Geomorfológica: Produto e Condicionante da Erosão.

Para o exame das relações existentes entre os processos erosivos observados e as feições geomorfológicas da região, far-se-á, primeiramente, uma breve descrição dos trabalhos anteriores, em particular, os desenvolvidos na década de 70 pelo Projeto RADAMBRASIL, seguido de uma apresentação e discussão dos resultados desta pesquisa.

Dentro das feições morfoestruturais regionais definidas por Barbosa *et al.* (*op. cit.*), o sítio urbano de Manaus está assentado sobre a unidade Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro, que revela um relevo de interflúvios tabulares, com platôs escalonados de altitudes 60 m, 80 m e 100 metros; e, de colinas, nas porções setentrionais da cidade. Às margens do rio Negro podem ser observadas falésias, caracterizadas por encostas íngremes (Figura 8), com desníveis que podem chegar, localmente, a 50 metros. Estas feições têm origem tectônica.

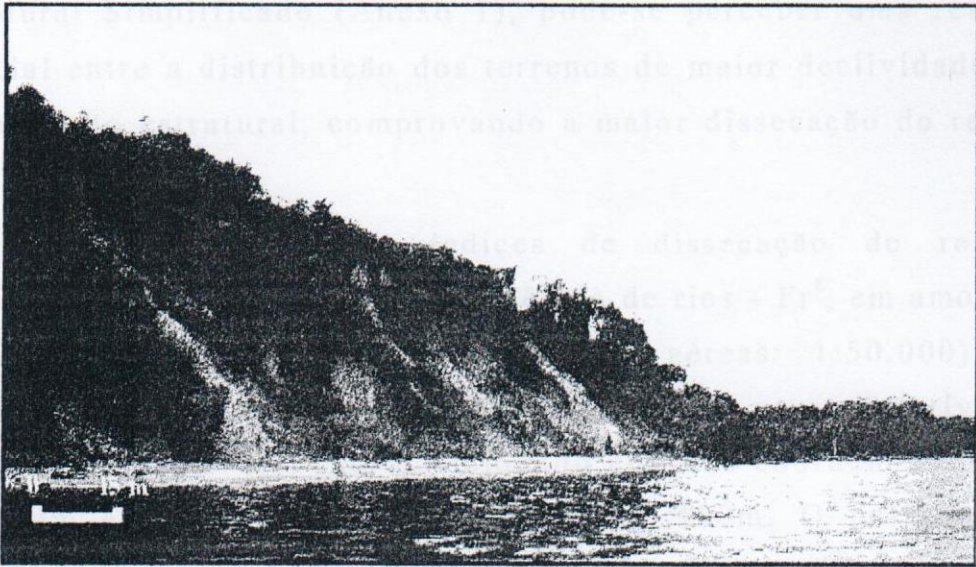


Figura 8 – Feição do tipo falésia observada na margem do rio Negro.

O estudo geomorfológico da porção sudeste da cidade, área objeto da pesquisa, consistiu na distinção das unidades morfoesculturais da região, pela individualização das superfícies geneticamente homogêneas (interflúvios, encostas e terraços/várzeas); e na análise morfométrica das cartas topográficas, que permitiu a identificação das declividades dos terrenos.

As unidades morfoestruturais locais (alto e baixo estrutural), que também se constituem feições geomorfológicas produzidas a partir do contexto geológico e da evolução tectônica da área, já foram previamente descritas no item 3.2. Contudo, dentro da evolução tectônica que compartimenta os blocos estruturais, é preciso retomar a análise dos processos erosivos atuantes na região e a sua relação com o produto: a paisagem geomorfológica local. A subida do nível de base local, pelo soerguimento do bloco estrutural sudeste, insere no sistema uma capacidade erosiva adicional, que, por sua vez, implica na produção de formas intensamente dissecadas. Ao se analisar em conjunto, o Mapa de Declividade (Anexo 2) e o Mapa Geológico-

Estrutural Simplificado (Anexo 1), pode-se perceber uma relação espacial entre a distribuição dos terrenos de maior declividade e a unidade alto estrutural, comprovando a maior dissecação do relevo local⁶.

Foram quantificados índices de dissecação do relevo: densidade de drenagem - Dd^7 e freqüência de rios - Fr^8 , em amostras fotoidentificadas (escala das fotografias aéreas: 1:50.000) das unidades alto e baixo estruturais. O polígono representativo da unidade alto estrutural está posicionado entre as coordenadas UTM 174.114m e 176.614m/9.655.000m e 9.657.500m. O polígono da unidade baixo estrutural limita-se entre as coordenadas UTM 169.114m e 171.614m/9.655.000m e 9.657.500m. Ambos possuem uma área de 6,25 km². Os valores mensurados estão apresentados na tabela 5. Os resultados sempre superiores encontrados na unidade alto estrutural comprovam uma atuação maior dos processos erosivos e conseqüentemente, uma dissecação maior em sua paisagem.

Tabela 5 - Índices de densidade de drenagem e freqüência de rios calculados a partir de polígonos fotoidentificados, com 6,25 km² de área, representativos das unidades Alto Estrutural e Baixo Estrutural.

ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO/UNIDADES ESTUDADAS	ALTO ESTRUTURAL	BAIXO ESTRUTURAL
Densidade de Drenagem (Dd)	3,68	2,12
Freqüência de Rios (Fr)	8,16	2,56

⁶ Nava *et al.* (1994) já haviam feito menção à mesma unidade de declividades altas, que consideravam condicionada, possivelmente, às características geológico-estruturais locais.

⁷ Densidade de drenagem (Dd) = Comprimento total dos canais de drenagem / Área (Horton *apud* Ross, *op. cit.*).

⁸ Freqüência de rios (Fr) = Número total de canais / Área. (Horton *apud* Ross, *op. cit.*).

A sobreposição entre o Mapa Geomorfológico Simplificado (Anexo 3) e o Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos (Anexo 5) permite a observação da correlação espacial entre os processos erosivos e as unidades de encosta⁹. Todos os processos erosivos observados, a exceção do ponto 36, localizado no terraço do igarapé dos Educandos, estão distribuídos ao longo das encostas. Com o seu crescimento remontante, muitos destes processos (boçorocas, em sua maioria) acabam ocupando toda a extensão da encosta, e, até mesmo, atingindo a unidade dos interflúvios, promovendo a partir da evolução do canal erosivo, o próprio avanço dos canais tributários da rede de drenagem. Outros processos parecem aproveitar as formas côncavas da encosta para se desenvolverem. Por predominarem processos morfogênicos, a unidade de encosta caracteriza-se pela grande vulnerabilidade à erosão. Para fins de planejamento urbano, a ocupação destes terrenos é extremamente difícil, uma vez que, para o traçado das ruas e delimitação dos lotes, é exigida uma grande movimentação de terra para a construção dos cortes e aterros. Além do rigor geotécnico requerido, estes projetos urbanísticos têm custos muito elevados.

As unidades de interflúvios tabulares caracterizam-se pelas baixas declividades, inferiores à 10%, e predomínio dos processos pedogênicos. São os divisores naturais que limitam as bacias de drenagem locais. Têm larguras que variam entre 100 metros a até 1.000 metros. Os interflúvios mais largos da área de pesquisa estão ocupados pelo bairro de Adrianópolis e pela Base Aérea de Manaus. Os interflúvios de menor largura estão fortemente controlados pelas feições estruturais locais. Estas estreitas unidades podem, com a evolução natural da vertente, ser

⁹ As encostas são espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal, os quais, por sua vez definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos (Coelho Neto, 1995).

destruídas, gerando localmente, o fenômeno denominado inversão do relevo.

Nas áreas noroeste do igarapé do Quarenta, os interflúvios tabulares apresentam eixos de comprimento máximo com tênue tendência à direção NE. Nas áreas sudeste, estas direções mudam para E-W e NW-SE. Os interflúvios tabulares configuram-se na melhor unidade para ocupação urbana.

Enquanto as unidades interflúvio e encosta fazem parte do sistema homônimo, os terraços/várzeas são segmentos geomorfológicos do sistema fluvial, identificados como as áreas de inundação do rio. Compreendem solos normalmente argilosos, com nível d'água bem próximo a superfície, recobertos por material de granulometria maior, produto da erosão das encostas. Quando estas encostas estão ocupadas, podem vir misturados a estes materiais mais grossos, restos de lixo, entulhos de construção, etc., formando acumulações tecnogênicas¹⁰ sobre a planície de inundação. Como a dinâmica fluvial, constantemente, retrabalha estes depósitos, os terrenos da unidade terraço/várzea apresentam baixa declividade (Figura 9). Geotecnicamente, estes terrenos tendem a apresentar solos compressíveis sujeitos a solapamento das margens, como verificado no ponto 36 (Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5); recalque; etc., de modo que sua ocupação deve ser evitada.

do Solo (Anexo 4). A peculiaridade regional de Manaus, cujo crescimento urbano dá-se pelo avanço sobre a cobertura florestal, acaba por definir importantes cenários que devem ser descritos e pesquisados, particularmente, os vetores de degradação ambiental.

Em análise ao Mapa de Uso do Solo (Anexo 4), cerca de 25% da área estudada são terrenos da floresta original, classificada no Projeto RADAMBRASIL como Unidade da Floresta Densa Tropical.

¹⁰ Termo introduzido pela literatura russa para denominar depósitos do período recente, posterior à Revolução Industrial, originados da ação antrópica (Oliveira, 1996).



Figura 9 – Terraço/Várzea do igarapé dos Educandos no período de vazante (novembro/1998)

3.4 – A Ocupação do Espaço Territorial e suas Relações com os Processos Erosivos.

A partir das informações geológico-estruturais e geomorfológicas apresentadas, que delineiam o quadro físico onde os processos ambientais evoluem, o presente segmento da dissertação discute a ocupação territorial da porção sudeste da cidade de Manaus, com o intuito de compreender como, onde e por que os processos erosivos ocorrem.

A primeira atividade realizada foi o estudo sobre a relação entre a distribuição da cobertura vegetal e a ocupação urbana que resultou no Mapa de Uso do Solo (Anexo 4). A peculiaridade regional de Manaus, cujo crescimento urbano dá-se pelo avanço sobre a cobertura florestal, acaba por definir importantes cenários que devem ser descritos e pesquisados, particularmente, os vetores de degradação ambiental.

Em análise ao Mapa de Uso do Solo (Anexo 4), cerca de 25% da área estudada são terrenos da floresta original, classificada no Projeto RADAMBRASIL como Unidade da Floresta Densa Tropical da Sub-Região dos Baixos Platôs da Amazônia (Magnago *et. al.*,

op. cit.). Estas áreas verdes constituem-se em sua maioria, unidades de conservação ou propriedades institucionais de entrada restrita, e estão assim distribuídas no mapa: bacia hidrográfica do igarapé do Mindu, porção noroeste, onde está localizado o Parque Municipal do Mindu; Unidade Ambiental da Universidade do Amazonas e arredores (terrenos da Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA e do Conjunto Aquariquara), porção central; e Reserva Florestal Sauim Castanheira, porção leste. Na porção sul, as áreas militares da Base Aérea de Manaus e da Marinha (Vila Buriti) também apresentam terrenos com cobertura florestal nativa.

As áreas de cobertura vegetal secundária constituem-se terrenos em que a vegetação nativa, pela intervenção da ação antrópica, foi substituída por gramíneas, cultivos e/ou matas menos densas. A unidade está distribuída ao longo de toda a extensão da área de pesquisa, destacando-se bons exemplos no Distrito Industrial (porção centro-sul do mapa), nas planícies dos igarapés do Mindu (porção noroeste) e Quarenta (porção central), e na propriedade da Escola Agrotécnica de Manaus (porção nordeste).

A unidade urbana industrial, militar e campus universitário da região sudeste da cidade de Manaus foi instituída a partir da implantação do Distrito Industrial na década de 70. Tal implantação acabou por definir uma unidade urbana local com baixa densidade de ocupação, justificada pela presença dos grandes lotes industriais. A região caracteriza-se por apresentar largas avenidas, que ocupam, principalmente, as áreas interfluviais. Este sistema viário facilita o escoamento da produção industrial até o Porto de Manaus. As áreas militares constituem-se também unidades urbanas de baixa densidade de ocupação. A Base Aérea de Manaus, onde está instalado o aeroporto de Ponta Pelada, e a Base Naval da Marinha, na Vila Buriti, são exemplos destas áreas. O Campus Universitário, localizado na porção centro-norte do Mapa

de Uso do Solo (Anexo 4) compreende dois conjuntos de blocos de edificações interligados por uma sinuosa estrada de acesso, envolvidos pela unidade de cobertura florestal nativa.

As áreas urbanas propriamente ditas, ocupam a porção noroeste da área a partir da margem direita do igarapé do Quarenta. Na área de pesquisa, esta unidade apresenta grande heterogeneidade de ocupação: bairros nobres, como o de Adrianópolis, Aleixo e Morada do Sol, ocupando os platôs interfluviais mais largos; bairros antigos, como o Centro, Educandos, Praça XIV e Cachoeirinha; bairros planejados, como o Japiim e Parque Dez; bairros urbanizados a partir de áreas de invasão, como Petrópolis, Zumbi dos Palmares e Armando Mendes; e assentamentos espontâneos nas planícies dos igarapés, sem qualquer infra-estrutura de saneamento, como os localizados no igarapé do Quarenta (bairros da Raiz, Cachoeirinha, Petrópolis, Japiimlândia, etc.) e igarapé do Mauzinho (Comunidade Parque Mauá).

Se a expansão urbana da cidade de Manaus é descrita como desordenada, a ocupação do solo urbano parece possuir um ordenamento lógico que se reflete no próprio valor imobiliário dos terrenos. Primeiramente, são ocupados os terrenos dos interflúvios tabulares, onde se instala a população de maior poder aquisitivo. Pelas características dos terrenos, o processo de urbanização destes locais é extremamente facilitado. Posteriormente, são ocupadas as encostas e terrenos mais acidentados, cuja implantação da infra-estrutura urbana é difícil e tem alto custo. Por último, dá-se a ocupação indevida das planícies de inundação dos igarapés, normalmente, pela população de menor poder aquisitivo.

As características da ocupação urbana da região sudeste da cidade de Manaus acompanham o mesmo desenvolvimento supracitado. As áreas nobres são formadas por bairros antigos, que se estruturaram a partir de grandes lotes (chácaras) situados nas áreas planas interfluviais. A especulação imobiliária acabou dotando-os de boa infra-estrutura viária e de serviços. As encostas de declives suaves são ocupadas por bairros planejados, como foi o caso, por exemplo, do Japiim, atendendo, principalmente, a demanda por moradia dos trabalhadores do Distrito Industrial. As encostas mais íngremes, lotes acidentados e vazios urbanos são ocupados por assentamentos espontâneos, as chamadas invasões. São aglomerados populacionais surgidos, numa fração de horas, a partir da invasão de uma determinada área e construção imediata das casas (Figura 10). Bairros como Petrópolis, Raiz, Zumbi dos Palmares, entre outros, surgiram a partir da urbanização de áreas de invasão.

Outra forma de assentamento espontâneo é a ocupação das áreas de várzea dos igarapés. Suas casas são, comumente, do tipo palafitas e não possuem qualquer infra-estrutura de saneamento (Figura 11). Recentemente, a Prefeitura de Manaus vem promovendo o saneamento dos canais de drenagem, realizando limpeza, dragagem e redirecionamento dos seus leitos, e construindo sobre as margens aterradas, casas populares (Figura 12).

Figura 11 - Casas do tipo palafitas construídas na planície de inundação do igarapé do Quarenta, bairro Morro da Liberdade.



Figura 10 – Em primeiro plano, encosta ocupada por antiga invasão no bairro Mauazinho (próximo à CEASA). Ao fundo, recente invasão que se constitui na comunidade Parque Mauá.



Figura 11 – Casas do tipo palafitas construídas na planície de inundação do igarapé do Quarenta, bairro Morro da Liberdade.

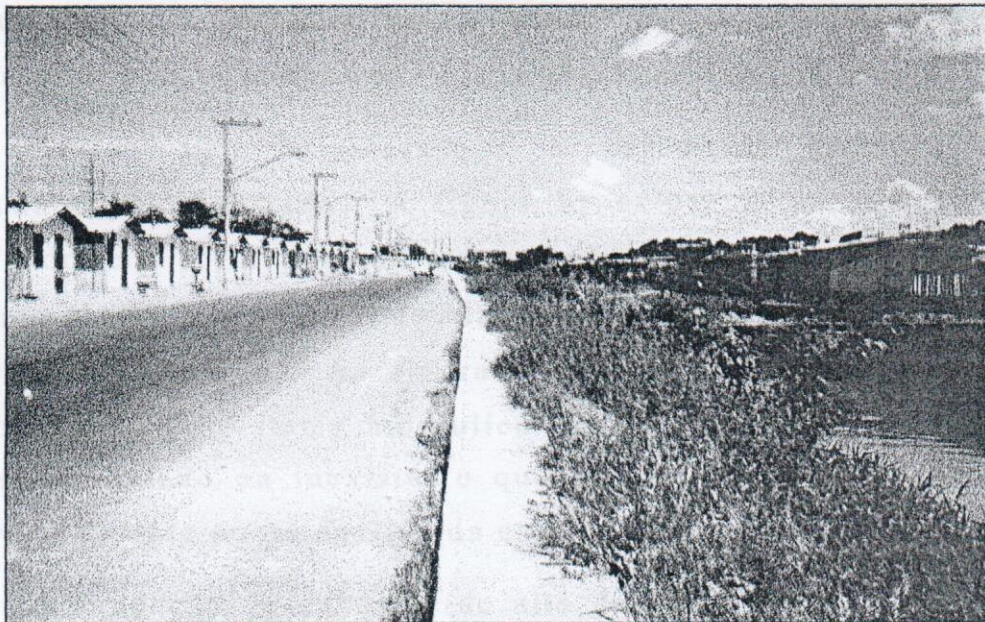


Figura 12 – Projeto de construção de casas populares nas margens do igarapé do Quarenta, em trecho próximo à Bola da SUFRAMA.

A característica peculiar do processo de ocupação urbana em Manaus é a apropriação do solo a partir da completa retirada da cobertura florestal nativa. Este procedimento gera uma série de conseqüências para o sistema ambiental local, como: aumento das temperaturas médias na área; aumento do poder erosivo das águas pluviais nos terrenos pela perda da proteção natural do solo, tornando-os mais vulneráveis à erosão; entre outras. Assim, com a retirada da cobertura vegetal e estando o solo desprotegido, tem-se, no período chuvoso, a rápida lavagem do material superficial e conseqüente carreamento do mesmo para o fundo do vale, causando muitas vezes, o assoreamento dos canais de drenagem. Com menos freqüência, podem surgir ravinas ocasionadas por um aumento pontual da capacidade erosiva. Normalmente, estas ravinas, que na sua evolução podem se transformar em boçorocas, têm origem induzida.

Foram observadas na área de pesquisa três formas principais de origem dos processos erosivos induzidos. Dentre os processos

pesquisados, 32,5% surgiram a partir da ruptura de sistemas hidráulicos de escoamento das águas pluviais (Figuras 13 e 14).

Outros 30% originaram-se a partir da abertura e/ou pavimentação de estradas. A figura 15 exhibe um escorregamento observado em corte abrupto da estrada de acesso ao Porto do Cimento NASSAU (Ponto 6 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5). As figuras 16 e 17 trazem exemplos de arruamentos cujo sistema hidráulico condutor das águas da chuva foi mal projetado ou inexistente, o que acaba detonando o processo erosivo a jusante ou no declive da estrada.

A ocupação de encostas de alta declividade foi a causa do aparecimento de 10% dos processos estudados (Figura 18). Em alguns locais, para ocupar tais terrenos, a população é obrigada a fazer cortes íngremes na encosta, de onde podem, posteriormente, desenvolver movimentos de massa.

Os demais processos observados têm origens diversas, inclusive naturais: ravinas que surgiram a partir da retirada da cobertura vegetal nativa; a existência local de uma quebra abrupta do relevo que possibilita a concentração pontual de energia potencial à erosão; escorregamento em terraços dos igarapés e o fenômeno de terras caídas, ambos relacionados a dinâmica fluvial; entre outras.



Figura 14 – Detalhe do caso que permitiu o desenvolvimento da atual boçanica (Ponto 29) observada na estrada de acesso à Serraria e Ilha de Marapeté.



Figura 13 – Sistema de escoamento das águas pluviais que detonou o processo de boçorocamento observado no terreno da CIBRAZEM (Ponto 40 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5).

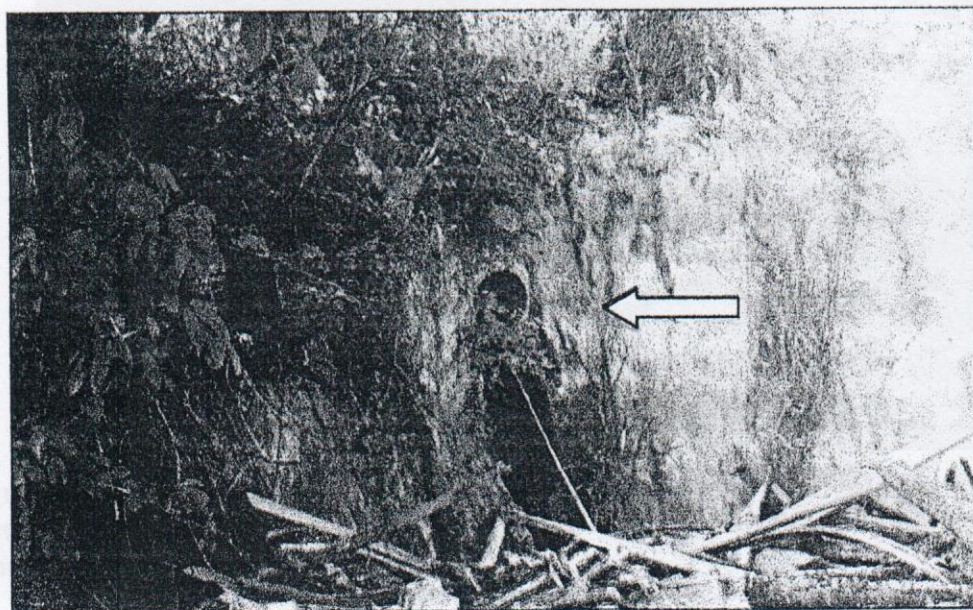


Figura 14 – Detalhe do cano que permitiu o desenvolvimento da atual boçoroca (Ponto 29) observada na estrada de acesso à Serraria e Ilha de Marapatá.

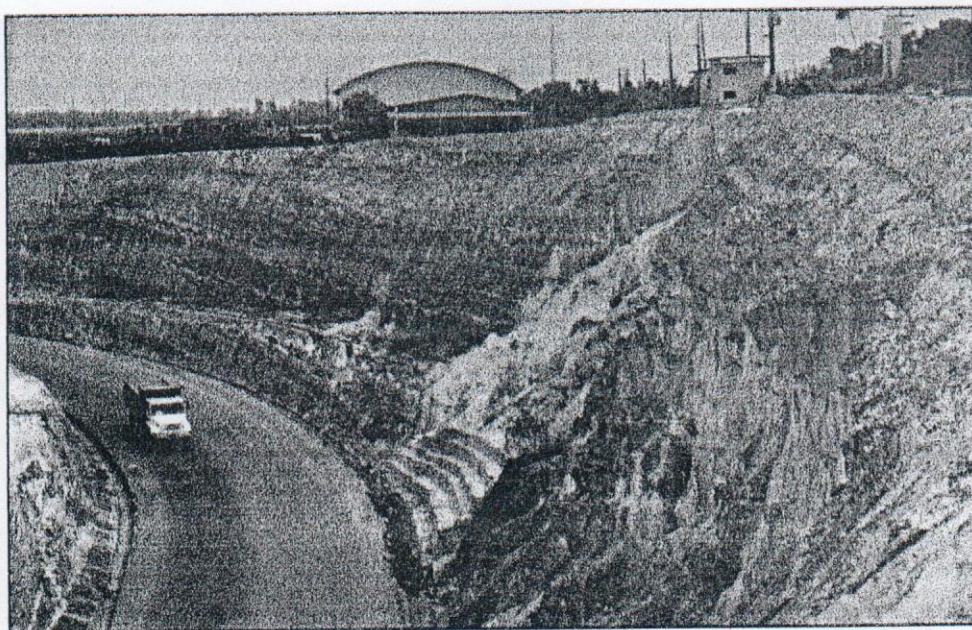


Figura 15 – Escorregamento observado em corte abrupto da nova estrada de acesso ao porto da Fábrica de Cimento NASSAU.

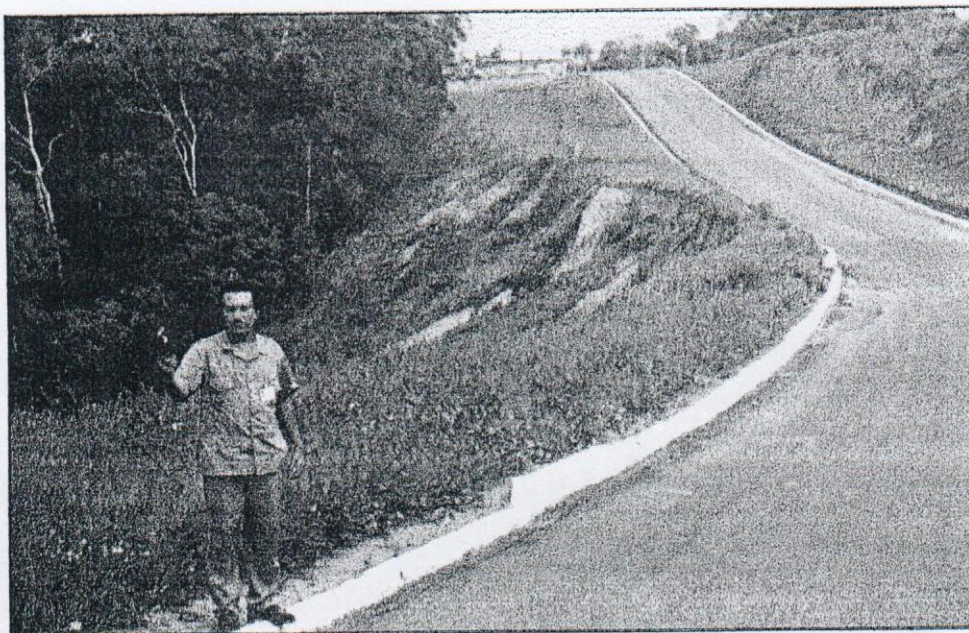


Figura 16 – Ravinas observadas a jusante da estrada. Ponto 9 (Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5) localizado na Vila da Fábrica de Cimento Itautinga.

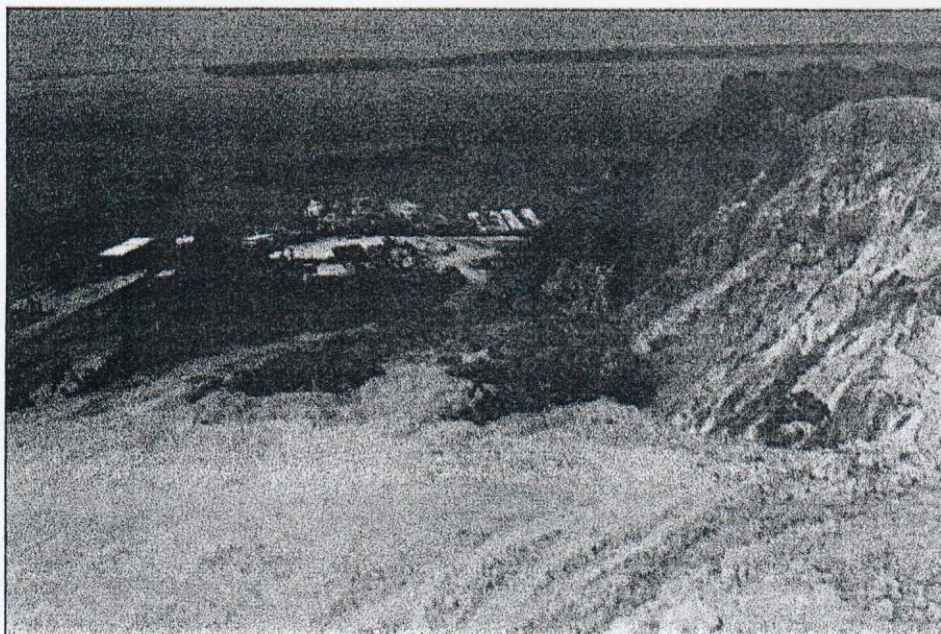


Figura 17 – Ponto 3 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos (Anexo 5) apresentando ravinamento originado a partir da abertura da antiga estrada de acesso ao porto da Fábrica de Cimento NASSAU. Ao fundo, o rio Negro.



Figura 18 – Detalhe da situação das casas em área de encosta interdita pela Defesa Civil de Manaus, no bairro dos Educandos, próximo à Feira da PANAIR.

Dentre as áreas visitadas durante a pesquisa, destaca-se como a mais crítica aquela onde está assentada a Comunidade Parque Mauá. Esta invasão, iniciada no ano de 1997, instalou-se numa extensa região da nascente do igarapé sem denominação, que deságua no rio Negro (próximo à Usina Termelétrica do Mauazinho), em terrenos de propriedade da Fábrica COPAG, CIBRAZEM, CEASA, entre outros (Figura 19). Foram ocupadas as encostas e a própria várzea do igarapé, cujo leito encontra-se completamente assoreado por sedimentos oriundos da aceleração dos processos erosivos existentes em quantidade no local.

A concentração destes processos nesta região de nascente do igarapé caracteriza a extrema fragilidade destes terrenos. A ocupação, que, normalmente, dá-se mediante a total retirada da cobertura florestal nativa, acaba por acelerar ou detonar novos processos erosivos (Figuras 20 e 21). Como a comunidade não possui infra-estrutura de saneamento, são comuns as valas negras e esgotos escorrendo desprotegidos encosta abaixo, poluindo os recursos hídricos a jusante. A população residente no leito assoreado do igarapé, além de receber todo o lixo e dejetos das encostas, sofre também com a superficialidade e afloramento do lençol freático, que obriga a construção de marombas¹¹ para acesso e saída das casas.

Figura 20 - Detalhes do assoreamento observado na região ocupada pela Comunidade Parque Mauá (Ponto 03 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos - Anexo 5).

¹¹ Termo regional que define passarelas de madeira construídas rusticamente.

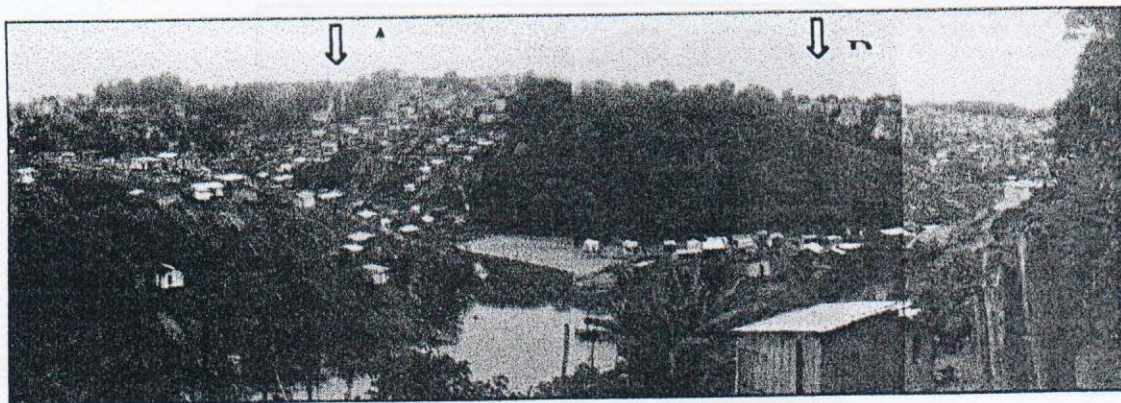


Figura 19- Visão panorâmica da Comunidade Parque Mauá. Os pontos A e B representam, respectivamente, as grandes boçorocas da CEASA e da CIBRAZEM instaladas nas encostas íngremes do local. No plano de frente, o leito do igarapé totalmente assoreado e ocupado pela população mais carente.

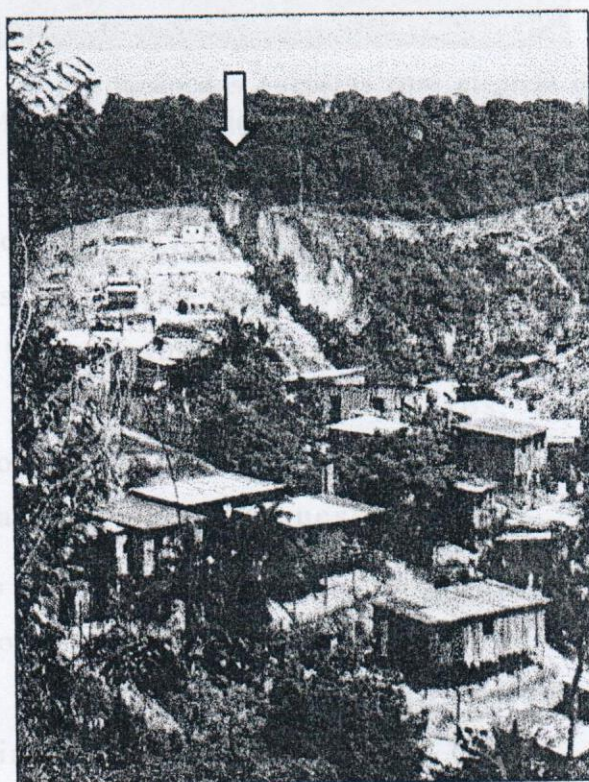


Figura 20 – Detalhe de ravinamento observado na região ocupada pela Comunidade Parque Mauá (Ponto 15 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos – Anexo 5).

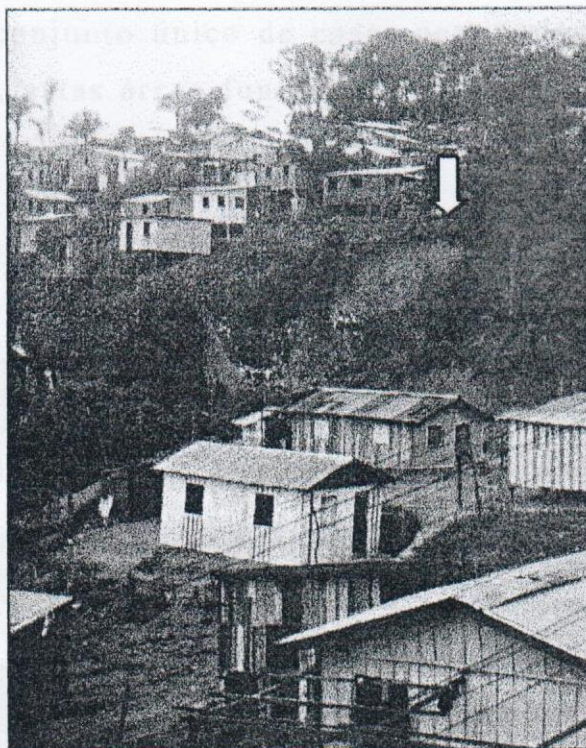


Figura 21 – Detalhe da ocupação das encostas com cicatriz de processo erosivo antigo (Ponto 21 do Mapa de Distribuição dos Processos Erosivos –Anexo 5).

Diante do quadro descrito fica o questionamento: por que as encostas íngremes da porção noroeste da área de pesquisa (bairros de Petrópolis, São Francisco, Cachoeirinha, Raiz), também ocupadas por assentamentos espontâneos, não apresentam processos erosivos? Duas hipóteses parecem razoáveis de serem trabalhadas para a resposta desta questão.

A primeira seria verificar se é menor a amplitude de relevo destas encostas localizadas na unidade do baixo estrutural (porção noroeste da área de pesquisa). Uma amplitude menor justificaria um menor potencial erosivo.

A segunda seria estudar a forma de ocupação destas áreas. Num olhar inicial, parece que a densidade da ocupação destes terrenos é bem maior. Seus lotes caracterizam-se por serem extremamente pequenos. As casas construídas estão tão próximas, que parece existir um telhado único (Figura 22). É como se

existisse um conjunto único de casas geminadas. Assim, como não há infiltração, estas áreas funcionam, hidrológicamente, como uma grande unidade impermeável, não existindo portanto, possibilidade de geração de processos erosivos.

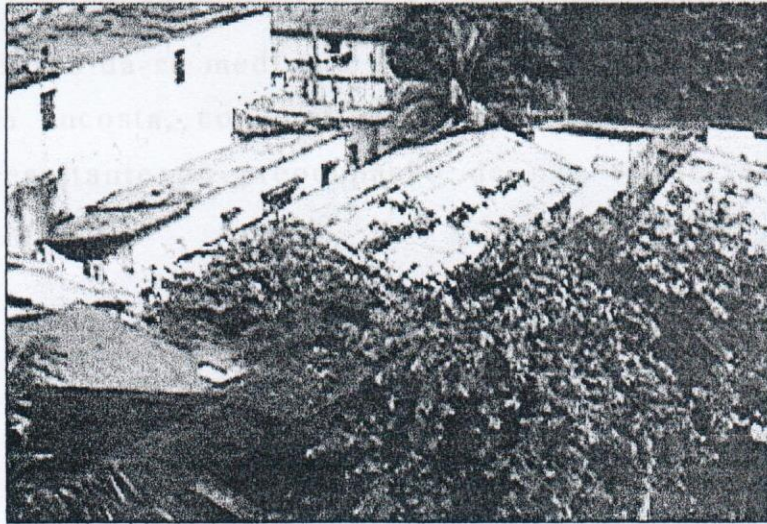


Figura 22 – Detalhe da alta densidade de ocupação urbana. Os telhados funcionam como uma unidade impermeável. Rua Araújo Filho, bairro de Petrópolis.

Para conclusão deste item, cumpre apresentar dois processos de ocupação das áreas de maior vulnerabilidade à erosão. O primeiro modelo, de caráter preservacionista, está exemplificado na região da Vila Buriti, porção sudeste da área de pesquisa. Foram observadas encostas muito vulneráveis com cobertura florestal nativa, protegidas por muros e/ou grades, restringindo seu acesso. Tanto as áreas internas da Vila Buriti, que compreende a nascente e parte da bacia hidrográfica do igarapé do Raimundinho, como os terrenos das barrancas do rio Negro (Figura 23), por guardarem a cobertura vegetal original, não apresentam processos erosivos.

O segundo modelo de ocupação é aquele realizado pelas grandes fábricas do Distrito Industrial e envolve alto investimento

e criterioso acompanhamento técnico. São projetos que se caracterizam por grandes movimentações de terra, com cortes, aterro e retaludamento dos terrenos, construção de sistema de drenagem das águas superficiais, revegetação, entre outros procedimentos de engenharia. A figura 24 apresenta um exemplo deste tipo de projeto em execução nos terrenos da Fábrica ELGIN. Basicamente, a ocupação das áreas de maior vulnerabilidade aos processos erosivos dá-se mediante o estudo de controle do regime hidrológico da encosta, concomitante a aplicação de técnicas de revegetação resultante da preocupação de não se deixar o solo desprotegido.

Figura 24 - Projeto de ampliação da Fábrica ELGIN envolvendo grande investimento para ocupação física de encostas com declividade accentuada.



Figura 23 – Encostas com cobertura florestal preservada. Base Naval da Marinha - Vila Buriti.

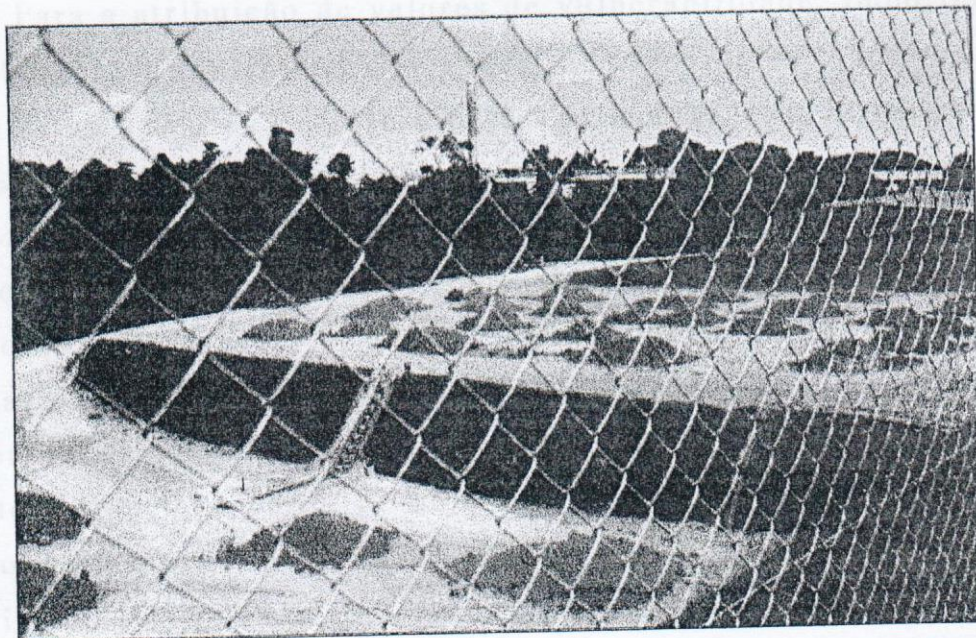


Figura 24 – Projeto de ampliação da Fábrica ELGIN envolvendo grande investimento para ocupação física de encostas com declividade acentuada.

3.5 – Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos da Porção Sudeste da Cidade de Manaus.

O Mapa de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos (Anexo 6), que se constitui no produto síntese da pesquisa, foi elaborado a partir da sobreposição dos quatro mapas temáticos: Geológico-Estrutural Simplificado, Geomorfológico Simplificado, de Declividade e do Uso do Solo. A análise da vulnerabilidade foi efetuada mediante atribuição de valores a cada unidade temática individualmente, e cálculo da média aritmética dos segmentos mapeados a partir do estudo integrado dos mapas. A tabela 6 apresenta exemplos de algumas unidades de vulnerabilidade observadas na área de pesquisa.

Para a atribuição de valores de vulnerabilidade, importantes contribuições advieram dos resultados obtidos no estudo quantitativo da perda do solo a partir da metodologia dos pinos de erosão. As nove parcelas, representativas da composição unidade de uso do solo (áreas de floresta, áreas de gramíneas e quintais urbanos) e unidade de declividade (baixa, média e alta), foram monitoradas num período de seis meses do ano de 1997, e seus resultados estão exibidos na tabela 7. Como o ano de 1997 foi influenciado pelo fenômeno climático *El Niño*¹², não se pôde caracterizar bem a perda de solo no período chuvoso. Assim, em função do pequeno volume de chuvas precipitado no período do experimento, as taxas de perda de solo obtidas devem ser consideradas como valores mínimos representativos das unidades locais.

Tabela 7 – Taxas de perda do solo mensuradas a partir da metodologia pinos de erosão.

PARCELAS MONITORADAS (USO DO SOLO X DECLIVIDADE)	TAXA DE PERDA DO SOLO
Área florestada com baixa declividade	0,14 kg/m ² /ano
Área florestada com média declividade	0,44 kg/m ² /ano
Área florestada com alta declividade	0,96 kg/m ² /ano
Área de gramíneas com baixa declividade	0,30 kg/m ² /ano
Área de gramíneas com média declividade	0,47 kg/m ² /ano
Área de gramíneas com alta declividade	1,24 kg/m ² /ano
Quintal urbano com baixa declividade	0,40 kg/m ² /ano
Quintal urbano com média declividade	0,56 kg/m ² /ano
Quintal urbano com alta declividade	2,91 kg/m ² /ano

¹² Período de grande estiagem na região amazônica provocada pelo aquecimento das águas do Oceano Pacífico.

Numa breve reflexão sobre os resultados, pode-se calcular um valor aproximado para a produção de sedimentos da ordem de 428,7 toneladas/km²/ano. Todo o material ao ser carregado para as drenagens locais, assoreia as mesmas, ocasionando a constante necessidade de dragagem dos leitos pelos órgãos administrativos municipais.

Se a área total de estudo, 91 km², estivesse totalmente exposta, chegar-se-ia a uma taxa de erosão da ordem de 39.011,7 toneladas/ano. Especulativamente, se na mesma área da pesquisa somente houvesse a floresta original, o valor desta taxa cairia para aproximadamente 20.693,4 toneladas/ano, ou seja, um valor 47% menor. Mas, como a região estudada possui edificações e um expressivo sistema viário, sua área de exposição é menor, logo há uma redução dos valores supracitados. Todavia, convém salientar que os resultados apresentados comprovam que a intervenção antrópica na região praticamente dobrou a taxa de erosão.

Além do fator climático, já mencionado, outros elementos podem ter interferido no experimento dos pinos de erosão, particularmente, ocasionando a anotação de alguns valores anômalos ao longo do período da pesquisa.

A presença de intensa atividade biológica nos horizontes superficiais, formigas, cupins, entre outros, fez com que houvessem anotações de valores negativos (pela subtração da segunda observação pela primeira), representativos de um período em que o pino estivesse sendo recoberto. Tal fato contrapõe-se a hipótese inicial do experimento que pressupõe a exposição do pino, e, conseqüentemente, a anotação de valores positivos com o passar do tempo.

A entrada sem permissão de crianças e animais domésticos nas parcelas, mesmo que devidamente isoladas, pode também ter originado mensurações de valores estranhos, uma vez que as mesmas podiam ter pisado ou mexido nos pinos.

Dentro dos procedimentos metodológicos da análise estatística, tais valores anômalos foram descartados sem detrimento da qualidade do resultado final. Estes resultados são produtos de ensaios preliminares sobre o tema, e deverão ser retrabalhados pelo autor em estudos posteriores. Cumpre ressaltar a relevância da presente pesquisa em abrir na região, este novo tema de estudo.

O Mapa de Vulnerabilidade aos Processos erosivos, objeto principal da pesquisa, apresenta a seguinte classificação de unidades: estáveis; moderadamente estáveis; medianamente estáveis/vulneráveis; moderadamente vulneráveis; e vulneráveis. A seqüência desta classificação está em ordem crescente de fragilidade dos terrenos à erosão.

As unidades estáveis apresentam-se nas porções centro-norte da área de pesquisa, predominantemente, nas áreas de interflúvios com cobertura florestal nativa do Campus da Universidade do Amazonas.

As unidades moderadamente estáveis estão distribuídas ao longo de toda a extensão do mapa, mas predominam na porção sulsudeste, em terrenos de interflúvios da unidade alto estrutural, região do Distrito Industrial.

Entre as unidades pesquisadas, as medianamente estáveis/vulneráveis são as mais representativas localmente. Estão distribuídas preferencialmente, ao longo dos terraços dos igarapés do Quarenta e Mindu, e pelas encostas com declividades baixas a médias.

Quadro 2 – Principais características dos processos erosivos observados na área de pesquisa.

Os segmentos moderadamente vulneráveis têm também boa representatividade no Mapa. Estão localizados preferencialmente nas unidades urbanas da parte noroeste da área de pesquisa, e nas encostas com declividades médias a altas das pequenas bacias hidrográficas que deságuam no rio Negro (porção sudeste da área).

As unidades vulneráveis estão concentradas nas áreas de encostas íngremes, particularmente, aquelas que formam as feições do tipo falésias que beiram o rio Negro. Apesar de ocuparem substancialmente terrenos da unidade alto estrutural (porção sudeste da área), também podem ser observadas na unidade baixo estrutural, nos bairros Armando Mendes (porção nordeste), Petrópolis e São Francisco (porção oeste), e Centro e Praça 14, na bacia do igarapé de Manaus (porção sudoeste).

A análise integrada dos Mapas de Distribuição dos Processos Erosivos (Anexo 5) e de Vulnerabilidade aos Processos Erosivos (Anexo 6) permite visualizar a relação espacial entre os processos erosivos e as áreas das unidades de vulnerabilidade. Todos os processos erosivos observados (Quadro 2) estão posicionados em terrenos das unidades classificadas na pesquisa, como vulneráveis ou moderadamente vulneráveis.

Diante do resultado supracitado, pode-se concluir que a metodologia aplicada à presente pesquisa¹³ mostrou-se muito eficiente no estudo em área urbana e na escala de detalhe trabalhada (1:25.000).

¹³ A metodologia utilizada na pesquisa (Capítulo 2 do presente trabalho) é uma adaptação da proposta metodológica de Crepani *et al.* (*op. cit.*), baseada nos conceitos de ecodinâmica desenvolvidos por Tricart (*op. cit.*).

Quadro 2 – Principais características dos processos erosivos observados na área de pesquisa.

PROCESSO EROSIVO	POSIÇÃO GEOGRÁFICA	UNIDADE DE VULNERABILIDADE	OBSERVAÇÕES IMPORTANTES
1	3°7'2" S e 59°54'39" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva a jusante da torre da EMBRATEL.
2	3°7'3" S e 59°54'56" W	Vulnerável	Ravinas com forte controle estrutural NW.
3	3°7'7" S e 59°55'13" W	Vulnerável	Ravina na antiga estrada de acesso ao porto do Cimento NASSAU.
4	3°7'2" S e 59°55'9" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva a jusante de um galpão.
5	3°7'13" S e 59°55'25" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva nas falésias do rio negro.
6	3°7'2" S e 59°55'30" W	Moderadamente Vulnerável	Escorregamento em corte íngreme de estrada.
7	3°5'36" S e 59°55'9" W	Vulnerável	Boçoroca originada a partir do sistema de escoamento das águas pluviais
8	3°5'7" S e 59°55'10" W	Moderadamente Vulnerável	Fábrica de Cimento ITAUTINGA
9	3°5'20" S e 59°55'8" W	Moderadamente Vulnerável	Ravinas a jusante da estrada. Falha no sistema de drenagem
10	3°4'57" S e 59°56'41" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva em encosta íngreme ocupada. Bairro Zumbi
11	3°5'24" S e 59°56'28" W	Vulnerável	Ocupação da nascente do ig. do Quarenta. Bairro Armando Mendes.
12	3°5'35" S e 59°56'36" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva preenchida por lixo. Bairro Armando Mendes
13	3°5'37" S e 59°56'47" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva preenchida por lixo. Bairro Armando Mendes
14	3°6'56" S e 59°56'38" W	Vulnerável	Boçoroca no terreno da Fábrica COPAG
15	3°7'0" S e 59°56'45" W	Vulnerável	Boçoroca com controle estrutural NE. Comunidade Parque Mauá.
16	3°7'19" S e 59°56'36" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva em encosta íngreme. Bairro Mauazinho.
17	3°7'18" S e 59°56'41" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva em encosta íngreme. Bairro Mauazinho.
18	3°7'15" S e 59°56'46" W	Vulnerável	Boçoroca no terreno da CEASA.
19	3°7'15" S e 59°56'50" W	Vulnerável	Boçoroca no terreno da CEASA.
20	3°7'25" S e 59°56'46" W	Vulnerável	Boçoroca com controle estrutural NW. Bairro Mauazinho.
21	3°7'4" S e 59°57'9" W	Moderadamente Vulnerável	Cicatriz erosiva em encosta ocupada. Comunidade Parque Mauá
22	3°7'23" S e 59°57'3" W	Vulnerável	Boçoroca com controle estrutural NE. Terreno da COBAL
23	3°7'38" S e 59°57'7" W	Vulnerável	Boçoroca com controle estrutural NE. Terreno da COBAL
24	3°7'56" S e 59°57'13" W	Vulnerável	Terreno do Motel Le Chalet
25	3°8'2" S e 59°56'42" W	Vulnerável	Boçoroca observada no terreno da SIDERAMA.
26	3°8'15" S e 59°56'32" W	Vulnerável	Cicatriz erosiva nas falésias do rio Negro. Porto da BR-319.
27	3°8'54" S e 59°57'10" W	Vulnerável	Terreno da REMAN
28	3°8'56" S e 59°57'26" W	Vulnerável	Terreno da REMAN
29	3°7'2" S e 59°54'39" W	Vulnerável;	Boçoroca originada a partir do sistema de escoamento das águas pluviais
30	3°7'18" S e 59°57'47" W	Vulnerável	Projeto Geotécnico. Fábrica LG.
31	3°7'34" S e 59°56'28" W	Vulnerável	Bairro Mauazinho
32	3°9'17" S e 59°59'33" W	Vulnerável	Projeto Geotécnico
33	3°9'11" S e 59°59'53" W	Vulnerável	Projeto Geotécnico
34	3°9'0" S e 60°0'24" W	Vulnerável	Encosta íngreme ocupada. Feira da PANAIR.
35	3°8'39" S e 60°0'55" W	Vulnerável	Projeto Geotécnico. Amarelinho – Bairro dos Educandos
36	3°8'19" S e 60°1'3" W	Vulnerável	Movimento de massa em terraço do igarapé dos Educandos.
37	3°7'37" S e 60°1'9" W	Vulnerável	Igarapé de Manaus.
38	3°7'27" S e 60°1'9" W	Vulnerável	Igarapé de Manaus.
39	3°7'8" S e 59°56'58" W	Moderadamente Vulnerável	Boçoroca com controle estrutural NW. Terreno da CIBRAZEM
40	3°7'8" S e 59°57'2" W	Moderadamente Vulnerável	Boçoroca com controle estrutural NE. Terreno da CIBRAZEM

4 - CONCLUSÕES

A cidade de Manaus, como todo centro urbano, apresenta uma série de problemas relacionados com o seu crescimento. Adicionando-se o fato, deste crescimento pressionar significativamente os recursos naturais circundantes à cidade, é de fundamental importância a existência de estudos e diagnósticos que apontem rumos mais consoantes com uma gestão territorial sustentável.

O estudo da vulnerabilidade dos terrenos aos processos erosivos que ora conclui-se, constitui marco importante à região de Manaus, por gerar informações pioneiras sobre o tema, produzidas à luz da postura multidisciplinar exigida. Como os processos estudados não são estanques, entendê-los somente foi possível dentro de um modelo sistêmico e dinâmico.

A grande maioria dos processos erosivos observados são do tipo induzidos, ou seja, originados a partir da ação antrópica. Mas a evolução destes processos dá-se fortemente controlada pelas estruturas naturais da rocha. Os eixos das ravinas e boçorocas têm direções NE e NW concordantes com as direções dos lineamentos locais. Assim, o conhecimento destas estruturas geológicas é condição importante à qualidade dos estudos do meio físico, particularmente, os geotécnicos.

Os resultados do estudo da paisagem geomorfológica refletem a dinâmica do sistema ambiental local. Dentro do planalto dissecado definido por interflúvios tabulares e colinas, a porção sudeste da cidade de Manaus, área objeto da pesquisa, apresenta uma unidade morfoestrutural elevada a sudeste, que se constitui num bloco soerguido tectonicamente. A elevação do nível de base local, que é o rio Negro, pelo soerguimento deste bloco estrutural, insere no sistema uma capacidade erosiva adicional, que se reflete na produção de formas intensamente dissecadas, observadas no

Mapa de Declividade (Anexo 2) e comprovadas pelos índices de dissecação mensurados.

O êxito alcançado pela pesquisa fortalece a importância e relevância da metodologia aplicada. As adaptações feitas à proposta metodológica de Crepani *et al.* (*op. cit.*) para o trabalho em ambiente urbano e na escala de detalhe, tiveram bons resultados uma vez que todos os processos erosivos catalogados na área de pesquisa encontram-se nas unidades classificadas como vulneráveis ou moderadamente vulneráveis aos processos erosivos.

Esta capacidade de diagnosticar áreas mais susceptíveis aos processos erosivos constitui importante ferramenta ao planejamento urbano, particularmente no que tange a priorizar investimentos. Conhecer as áreas críticas permite aplicar melhor os recursos, hoje cada vez mais reduzidos, estabelecer programas de alerta, minimizar prejuízos.

Diante da proposta inicial de trabalho que contemplou uma análise essencialmente qualitativa do tema, crê-se ter alcançado relevantes resultados, principalmente pela abertura de novos campos de pesquisa e pelo desenvolvimento de uma proposta metodológica viável e de custo reduzido.

Todos estas informações serão conduzidas aos órgãos competentes da administração municipal, estadual e federal de modo a permitir o balizamento de procedimentos intervencionistas que se traduzam em qualidade ambiental à cidade de Manaus.

Urge, diante do quadro apresentado, uma postura administrativa rígida que fomente um plano diretor norteador de uma ocupação territorial racional da cidade. Já não há mais espaço político, administrativo e econômico para intervenções paternalistas, que muitas das vezes ao levar infra-estrutura urbana à áreas de extrema impropriedade à ocupação, acabam detonando novos problemas, como por exemplo, os processos erosivos. É

5 - BIBLIOGRAFIA

notório que a especulação imobiliária vem compelindo a população a ocupar espaços cada vez mais inadequados, contudo, não é estimulando tal processo que se alcançará um quadro sócio-ambiental satisfatório.

Portanto, espera-se que das informações aqui apresentadas e discutidas, sejam desdobradas atividades que desenvolvam o planejamento e o uso racional da região enfocada: Manaus, regida pelas águas, dissecada pelos igarapés, cercada pela floresta.

O estudo desta relação homem-natureza, neste aglomerado urbano onde vivem cerca de 1.500.000 habitantes, foi uma experiência extremamente engrandecedora.

- ALBUQUERQUE, O.R. (1922) Reconhecimentos Geológicos do Valle do Amazonas, *Boletim do SGM*, 3, Rio de Janeiro, 84p.
- ALEGRI, J.D. (1987) Traitement des données multi-élémentaires de prospection géochimique de la région de Cristiane Ottoni - MG - Brésil, Mem. Fin de Cycle CNRS-INSU, Nancy, France, 71p.
- ALEGRI, J.D. (1990) Analyse multivariable et cartographie automatique en prospection géochimique stratégique : sédiments de ruisseau de Cristiane Ottoni, MG - Brésil. Thèse de Doct. CNRS-INSU, Nancy, France, 250 p.
- ANDRÉ, J.E. e ANDERSON, H.W. (1967) Variation of Soil Erodibility with Geology, Geographic Zone, Elevation, and Vegetation Type in Northern California Wildlands. *Geophysical Research*, v.66, n.10, p. 3331-3333.
- ARGENTO, M.S.F. (1995) Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A.T.T. e CUNHA, S.B.(orgs.) Geomorfologia: Uma

5 - BIBLIOGRAFIA

- ABRAHIM, A.L.N.S. e ABRAHIM, R.S. (1994) **Manaus - Estrutura e Funcionalidade de uma Metr pole Renovada do Terceiro Mundo.** In: Congresso Internacional de Americanistas/Simpósio: Problemas Ambientais Urbanos e Rurais na América Latina, 48, Estocolmo, 1994. *Anais.* Estocolmo. 34p.
- ABREU *apud* ROSS, J.L.S. (1997) **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento.** 4.ed. São Paulo: Contexto. p.43 (Repensando a Geografia).
- ALBUQUERQUE, O.R. (1922) **Reconhecimentos Geológicos no Valle do Amazonas.** *Boletim do SGMB*, 3, Rio de Janeiro, 84p.
- ALECRIM, J.D. (1987) **Traitement des données multi-élémentaires de prospection géochimique de la region de Cristiano Otoni - MG - Brésil.** Mém. Fin de Cycle CESEV-ENSG, Nancy, France. 53p.
- ALECRIM, J.D. (1990) **Analyse multivariable et cartographie automatique en prospection géochimique stratégique : sédiments de ruiseau de Cristiano Otoni, MG - Brésil.** Thèse de Doct. ENSG-INPL, Nancy, France. 260 p.
- ANDRÉ, J.E. e ANDERSON, H.W. (1961) **Variation of Soil Erodibility with Geology, Geographic Zone, Elevation, and Vegetation Type in Northern California Wildlands.** *Geophysical Research*, v.66, n.10, p. 3351-3358. New Jersey
- ARGENTO, M.S.F. (1995) Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B.(orgs.) **Geomorfologia: Uma**

- Atualização de Bases e Conceitos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.365-392.
- AVELAR, A.S. e COELHO NETTO, A.L. (1994) **Fraturas e Desenvolvimento de Unidades Geomorfológicas Côncavas no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.** *Revista Brasileira de Geociências*, 22(2):222-227.
- BARBOSA, G.V.; COSTA, R.C.V.; NATALI FILHO, T.; OLIVEIRA, A.A.B. & GARCIA, M.G.L. (1978) **Geomorfologia.** In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. **Projeto RADAMBRASIL - Folha SA-20 Manaus.** Brasília: MME/DNPM, v.18, p.167-244.
- BECKER, B.K. e EGLER, C.A.G. (1996) **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal.** Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ/SAE-PR. 43p.
- BENTO, A.H. (1998) **Mapeamento Geotécnico da Área Urbana de Manaus -AM.** Dissertação de Mestrado, Universidade do Amazonas. 179p.
- BIASI, M. (1970) **Carta de Declividade de Vertentes: Confecção e Utilização.** *Geomorfologia*, São Paulo, n.21, p.8-13
- BLOOM, A.L. (1978) **Geomorphology: A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms.** Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 510p.
- BRANDÃO, R.L. (1995) **Sistema de Informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de**

Fortaleza. Projeto SINFOR. Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM. 105p.

BREN, L.J. (1997) **Effects of Slope Vegetation Removal on the Diurnal Variations of a Small Mountain Stream.** *Water Resources Research*, v.33, n.2, p.321-331.

BRUCE-OKINE, E. e LAL, R. (1973) **Soil Erodibility as Determined by Raindrop Technique.** *Soil Science*, v.119, n.2, p.149-157.

CAPUTO, M.V.; RODRIGUEZ, R.; VASCONCELOS, D.N.N. (1972) **Nomenclatura Estratigráfica da Bacia do Amazonas. Histórico e Atualização.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 26, Belém, 1972. *Anais*. Belém, SBG, v.3, p.35-46.

CARLSTRON FILHO, C.; SALOMÃO, F.X.T.T.; SANTOS, M.T.N. (1987) **A Interpretação de Imagens TM-LANDSAT Visando a Elaboração de Cartas do Uso e Ocupação dos Solos.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 5, São Paulo, 1987. *Anais*. São Paulo, ABGE. v.2, p.481-489.

CHORLEY, R.J. (1971) **A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais.** *Not. Geomorfol.*, Campinas, 11(21):3-22.

CHRISTOFOLETTI, A. (1980) **Geomorfologia.** 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 188p.

CHRISTOFOLETTI, A. (1995) **Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento.** In: GUERRA, A.J.T e CUNHA, S.B. (orgs.). **Geomorfologia: Uma**

Atualização de Bases e Conceitos. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.415-442.

COELHO NETTO, A.L. (1985) **Surface Hydrology and Erosion in a Tropical Rainforest Drainage Basin, Rio de Janeiro.** PhD Thesis, Katholieke Universit Leuven, Belgium. 181p.

COELHO NETTO, A.L. (1987) **Overlandflow Production in a Tropical Rainforest Catchment: the Role of the Litter Cover.** *Catena*, 14(3):213-231.

COELHO NETTO, A.L. (1995) Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B.(orgs.) **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.93-148.

COELHO NETTO, A.L.; FERNANDES, N.F.; DEUS, C.E. (1988) **Gullying in the southeastern Brazilian Plateau, Bananal, SP.** *Sediment Budgets*, IAHS Publ., n.174, p.35-42.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM (1997) **Projeto Conjunto Brasil-Venezuela para o Zoneamento Ecológico-Econômico e o Ordenamento Territorial da Região Fronteiriça entre Pacaraima e Santa Elena de Uairém.** Manaus: CPRM/Organização dos Estados Americanos - OEA/Comissão Binacional de Alto Nível Brasil-Venezuela – COBAN. 2 v. 471p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM (1998) **Diversidade de Ambientes, Flora e Fauna. Projeto Conjunto Brasil-Venezuela para o Zoneamento Ecológico-Econômico e o Ordenamento Territorial da Região**

Fronteira entre Pacaraima e Santa Elena de Uairém.
 Manaus: CPRM/ Secretaria de Assuntos Estratégicos – SAE/
 OEA/ Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia -
 SUDAM. 119p.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM
 e INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO E
 DE INFORMÁTICA - INPLAM (1996) **Base Cartográfica de
 Manaus. CD-ROM.**

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS – CPRM;
 SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA
 AMAZÔNIA – SUDAM; ORGANIZAÇÃO DOS ESTADOS
 AMERICANOS – OEA (1998) **Projeto de Zoneamento
 Ecológico-Econômico da Região Fronteira Brasil-
 Colômbia Eixo Tabatinga-Apapóris – PAT.** Manaus:
 CPRM/SUDAM/OEA. 3v. 324p.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BEMERGUY, R.L.; BORGES, M.S.; COSTA,
 A.R.; TRAVASSOS, J.A.M; IGREJA, H.L.S. (1992) **Aspectos
 Fundamentais da Neotectônica da Amazônia Brasileira.** In: Simpósio
 Internacional do Quaternário da Amazônia, Manaus, 1992. *Resumos e
 Contribuições Científicas.* Manaus, UA/INPA/UNESCO. p.103-106.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y.; BORGES, M.S. ; BEMERGUY, R.L.; SAADI, A.;
 COSTA JUNIOR, P.S. (1994) **Arcabouço Tectônico Meso-Cenozóico da
 Região da Calha do Rio Amazonas.** In: Simpósio de Geologia da
 Amazônia, 4, Belém, 1994. *Boletim de Resumos Expandidos.* Belém, SBG.
 v.1, p.47-50.

COSTA, M.L. (1984) **A Dinâmica de Formação de Lateritas: o
 Exemplo do NE do Pará e NW do Maranhão.** In: Congresso
 Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais.* Rio
 de Janeiro, SBG. v.10, p.4823-4837.

- COSTA, M.L. (1990) **Lateritos e Laterização**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, 1990. *Anais*. Natal, SBG. v.1, p.404-421.
- COSTA, M.L. (1991) **Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia**. *Revista Brasileira de Geociências*, 21 (2):146-160.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V. (1996) **Metodologia para Elaboração de Mapas de Vulnerabilidade Natural**. São José dos Campos (SP): Ministério da Ciência e Tecnologia/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. 18p.
- CUNHA, P.R.C.; GONZAGA, F.G.; COUTINHO, L.F.C.; FEIJÓ, F.J. (1994) **Bacia do Amazonas**. *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, Rio de Janeiro, 8(1):47-55.
- CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (1996) Degradação Ambiental. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.337-379.
- CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (orgs.)(1998) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 392p.
- DAEMON, R.F. (1975) **Contribuição a Datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas**. *Revista Brasileira de Geociências*, 5(2): 78-84.
- DAEMON, R.F. e CONTREIRAS, C.J.A. (1971) **Zonamento Palinológico da Bacia do Amazonas**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 25, São Paulo, 1971. *Anais*. São Paulo, SBG. v.3, p.79-88.

- DAMIÃO, R.N.; SOUZA, M.M.; MEDEIROS, M.F. (1972) **Projeto Argila de Manaus**. Manaus: DNPM/CPRM. 65p. (Relatório Final)
- DE PLOEY e GABRIELS *apud* GUERRA, A.J.T. (1996) Processos Erosivos nas Encostas. *In*: CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T (orgs.). **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.149-151.
- DE PLOEY, J. (1981) **The Ambivalent Effects of Some Factors of Erosion**. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. XXXI, p.171-181.
- DE PLOEY, J. (1985) **O Estudo de Processos Geomorfológicos e a Interpretação dos Depósitos Quaternários**. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, 6(1/2):7-13.
- DEMEK *apud* ROSS, J.L.S. (1997) **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento**. 4.ed. São Paulo: Contexto. p.44-45 (Repensando a Geografia).
- DEUS, C.E. (1991) **O Papel da Escavação das Formigas do Gênero ATTA na Hidrologia das Encostas em Área de Pastagem: Bananal (SP)**. Dissertação de Mestrado, UFRJ/IGEO, 253p.
- FAO (1993) **Land and Water Integration and River Basin Management**. *FAO Land and Water Bulletin*, Rome, n.1, 86p.
- FENDRICH, R.; OBLADEN, N.L.; AISSE, M.M.; GARCIAS, C.M. (1991) **Drenagem e Controle da Erosão Urbana**. São Paulo: IBRASA. Curitiba: CHAMPAGNAT, 442p.

- FERNANDES FILHO, L.A. (1996) **Geologia, Mineralogia, Geoquímica dos Lateritos de Manaus - Amazonas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Pará. 96p.
- FERNANDES, N.F. e AMARAL, C.P. (1996) Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.123-194.
- FRANZINELLI, E. e IGREJA, H.L.S. (1990) **Utilização de Sensoriamento Remoto na Investigação na Área do Baixo Rio Negro e Grande Manaus**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6, Rio de Janeiro, 1990. *Anais*. Rio de Janeiro. v.3, p.641-648.
- FRANZINELLI, E. e PIUCI, J. (1988) **Evidências de neotectonismo na Bacia Amazônica**. In: Congresso Latino Americano de Geologia, 7, Belém, 1988. *Anais*. Belém, SBG-DNPM, p.80-90.
- FRANZINELLI, E. e ROSSI, A. (1996) **Contribuição ao Estudo Petrográfico e Geoquímico do Arenito Manaus**. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5, Belém, 1996. *Boletim de Resumos Expandidos*. Belém, SBG/NO, p.209-211.
- GARCIA, G.J. (1987) **Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Identificação de Processos Erosivos e de Áreas de Risco**. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4, Marília (SP), 1987. *Anais*. Marília (SP), p.93-104.

- GERASIMOV & MESCHERIKOV *apud* ROSS, J.L.S. (1997) **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento**. 4.ed. São Paulo: Contexto. p.40 (Repensando a Geografia).
- GERASIMOV *apud* ROSS, J.L.S. (1997) **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento**. 4.ed. São Paulo: Contexto. p.40 (Repensando a Geografia).
- GRUBER, M. e WILMERSDORF, E. (1997) **Urban Data Management – A Modern Approach**. *Comput., Environ. And Urban Systems*, v.21, n.2, p.147-158.
- GUERRA, A.J.T. (1995) Processos Erosivos nas Encostas. *In:* GUERRA, A.J.T e CUNHA, S.B. (orgs.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.149-210.
- GUERRA, A.J.T. (1996) Processos Erosivos nas Encostas. *In:* CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T (orgs.). **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.139-155.
- GUIDICINI, G. e NIEBLE, C.M. (1993) **Estabilidade de Taludes Naturais e de Escavação**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher. 194p.
- HORTON *apud* ROSS, J.L.S. (1997) **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento**. 4.ed. São Paulo: Contexto. p.69-73. (Repensando a Geografia).
- IGREJA, H.L.S. e FRANZINELLI, E. (1990) **Estudos Neotectônicos na Região do Baixo Rio Negro - Centro-**

Nordeste do Estado do Amazonas. *In:* Congresso Brasileiro de Geologia, 36, Natal, 1990. *Anais.* Natal, SBG. v.5, p. 2099-2109.

IMESON, A.C. e VIS, M. (1982) **Factors Influencing the Erodibility of Soils in Natural and Semi-Natural Ecosystems at Different Altitudes in the Central Cordillera of Colombia.** *Z. Geomorph. N.F.*, Suppl.Bd. 44, p.91-105.

KING, C.A.M. (ed.) (1976) **Landforms and Geomorphology. Concepts and History.** Stroudsburg, Pennsylvania: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. 404p. (Benchmark Papers in Geology/28)

KLEIN, C. (1985) **La Notion de Cycle en Géomorphologie.** *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique*, v.28, n.2, p.95-107.

LILLESAND, T.M. (1994) **Remote Sensing and Image Interpretation.** New York: John Wiley & Sons. 750p.

LO, C.P. (1997) **Application of LANDSAT TM Data for Quality of Life Assessment in an Urban Environment.** *Comput., Environ. And Urban Systems*, v.21, n.3/4, p.259-276.

LOPES, L.M.R. (1998) **Evolução urbana e características gerais de Manaus.** *In:* ROJAS, L.B.I. e TOLEDO, L.M. (orgs.). **Espaço & Doença: um olhar sobre o Amazonas.** Rio de Janeiro: FIOCRUZ. p. 1.7.1-1.7.4.

LOURENÇO, R.S.; MONTALVÃO, R.M.G.; PINHEIRO, S.S.; FERNANDES, P.E.C.A.; PERENA, E.R.; FERNANDES,

- C.A.C.; TEIXEIRA, W. (1978) **Geologia**. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. **Projeto RADAMBRASIL - Folha SA-20 Manaus**. Brasília: MME/DNPM, v.18, p.18-164.
- MACIEL FILHO, C.L. (1997) **Introdução à Geologia de Engenharia**. 2.ed. Santa Maria (RS): Editora da UFSM/CPRM. 284p.
- MAGNAGO, H.; BARRETO, R.A.A.; PASTORE, U.; RIBEIRO, A.G. & FERREIRA, H.C. (1978) **Vegetação**. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. **Projeto RADAMBRASIL - Folha SA-20 Manaus**. Brasília: MME/DNPM, v.18, p.413-530.
- MAIA NETO, R.F. (1994) **As Cheias de Manaus**. *Água em Revista*, Rio de Janeiro, CPRM. v.2, p.31-43.
- MAIA NETO, R.F. (1998) **Clima e Hidrologia**. In: ROJAS, L.B.I. e TOLEDO, L.M. (orgs.). **Espaço & Doença: um olhar sobre o Amazonas**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ. p. 1.3.1-1.3.19.
- MAIO, C.R. (1987) **Geomorfologia do Brasil: Fotos e Comentários**. 3.ed. Rio de Janeiro: IBGE.
- MARQUES, J.S. (1995) **Ciência Geomorfológica**. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B.(orgs.) **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.23-50.
- MARX *apud* CUNHA, S.B. e GUERRA, A.J.T. (1996) **Degradação Ambiental**. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. (orgs.).

Geomorfologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.339.

MEIS, M.R.; MIRANDA, L.H.G.; FERNANDES, N.F. (1982) **Desnívelamento de Altitude como Parâmetros para a Compartimentação do Relevo: Bacia do Médio-Baixo Paraíba do Sul.** In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador, 1982. *Anais.* Salvador, SBG, v.4, p.1489-1503.

MESCHERIKOV *apud* ROSS, J.L.S. (1997) **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento.** 4.ed. São Paulo: Contexto. p.40 (Repensando a Geografia).

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM (1976). **Projeto RADAMBRASIL. Folha SA.21 Santarém.** Rio de Janeiro: DNPM. v.10, 367p. (Levantamento de Recursos Naturais)

MIRANDA, J.C. (1992) **O Efeito da Cobertura Vegetal na Entrada e Redistribuição da Chuva em uma Encosta Florestada.** Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, UFRJ/IGEO, 105p.

MOHORJY, A.M. (1997) **Importance Weighting of Impacts in Environmental Impact Studies.** *Journal of Environmental Engineering*, December 1997, p.1261-1267.

MOLLER-JENSEN, L. (1997) **Classification of Urban Land Cover Based on Expert Systems, Object Models and Texture.** *Comput., Environ. And Urban Systems*, v.21, n.3/4, p.291-302.

- MOURA, J.R.S. (1995) Geomorfologia do Quaternário. *In:* GUERRA, A.J.T e CUNHA, S.B. (orgs.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.335-364.
- MOURA, J.R.S.; PEIXOTO, M.N.O.; SILVA, T.M.; MELLO, C.L. (1992) **Mapas de Feições Geomorfológicas e Coberturas Sedimentares Quaternárias - Abordagem para o Planejamento Ambiental em Compartimentos de Colinas no Planalto Sudeste do Brasil**. *In:* Congresso Brasileiro de Geologia, 37, São Paulo, 1992. *Anais*. São Paulo, SBG. p.60-61.
- NAVA, D.B. (1991) **Avaliações Geotécnico-Ambientais da Vertente Sul dos Morros do Corcovado e Sumaré, Município do Rio de Janeiro, RJ**. Monografia de Graduação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 65p.
- NAVA, D.B. (1996) **Projeto Grande Manaus. Relatório da 1ª Fase**. Manaus: CPRM. 21p.
- NAVA, D.B., PESSOA, M.R. e LARIZZATTI, J.H. (1994) **Projeto Grande Manaus: aspectos metodológicos e dados preliminares. Contribuição ao Plano Diretor do Município de Manaus (AM)**. *In:* Congresso Brasileiro de Geologia, 38, Camboriú, 1994. *Anais*. Camboriú, SBG, v.3, p.542-543.
- NEVES, G.R. (1977) **Geomorfologia Aplicada ao Planejamento Urbano**. *Not. Geomorfol.*, Campinas, 17(34):95-103.
- NUNES, V.M.; ALLEMÃO, A.V.F.; MIRANDA, J.C.; CASTRO JUNIOR, E.; COELHO NETTO, A.L. (1992) **Sistemas**

- Radiculares e Hidrologia de Encostas Florestadas: Subsídios à Análise de Estabilidade.** *In:* Conferência Brasileira Sobre Estabilidade de Encostas, 1, Rio de Janeiro, 1992. *Anais.* Rio de Janeiro, ABMS/ABGE/Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro- Secretaria Municipal de Obras/Fundação GEO-RIO. v.3, p.781-797.
- OLIVEIRA, A.M.S. (1990) **Depósitos Tecnogênicos Associados a Erosão Atual.** *In:* Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, Salvador, 1990. *Anais.* Salvador, ABGE/ABMS. p.411-420.
- OLIVEIRA, M.A. (1996) **Geologia e Urbanização: Estudo de Caso na Periferia da Zona Sul do Município de São Paulo.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas. 145p.
- OLIVEIRA, M.J.R.; FRAGA, L.M.; LEAL, P.C.; NAVA, D.B. (1995) **Feições Estruturais Meso-Cenozóicas em um Perfil na Região do Tarumã, Manaus (AM).** *In:* Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 5, Gramado, 1995. *Anais.* Gramado, SBG/CPGQ-UFRGS. p.435-437.
- PENHA, H.M. (1995) **Processos Endogenéticos na Formação do Relevo.** *In:* GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B.(orgs.) **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.51-92.
- PEREIRA, E.R. (1988) **Possibilidades Metalogenéticas na Região do Domo de Monte Alegre – PA.** *In:* Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, 1988. *Anais.* Belém, SBG. v.1, p. 286-295.

- PRANDINI, F.L.; SEDANE, J.C.S.; SALOMÃO, F.X.T.; GOUVEIA, M.I.F.; FURLANI, G.M. (1990) **Susceptibilidade a Erosão por Boçorocas como Condicionante ao Uso Planejado do Território: Plano Diretor do Município de Casa Branca – SP.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, Salvador, 1990. *Anais*. Salvador, ABGE/ABMS. p.269-278.
- REGO NETO, C.B. e BARROSO, J.A. (1990) **Morro da Cruz – Florianópolis –SC: Condicionantes do Meio Físico ao Uso do Solo.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, Salvador, 1990. *Anais*. Salvador, ABGE/ABMS. p.445-452.
- ROSS, J.L.S. (1997) **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento.** 4.ed. São Paulo: Contexto. 85p. (Repensando a Geografia).
- SÃO PAULO. SHDU/SCTDE/EMPLASA/IPT (1990) **Guia de Utilização Carta de Aptidão Física ao Assentamento Urbano (1:50.000).** São Paulo: SHDU/SCTDE/EMPLASA/IPT. 51p.
- SCHUMM, S.A. e LICHTY, R.W. (1965) **Time, Space and Causality in Geomorphology.** *American Journal of Science*, v.263, p.110-119.
- SERRA, G. (1987) **O Espaço Natural e a Forma Urbana.** São Paulo: Nobel. 211p. (Coleção espaços)
- SILVA, A.F.S. e LINS, M.S.G.V. (1997)¹⁴ **Guia para Normalização de Trabalhos Acadêmicos e Científicos.** 2.ed. rev. aum. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas. 297p.

¹⁴ A apresentação da bibliografia segue o padrão proposto por Silva e Lins (1997).

- SILVA, E.N.S. e SILVA, C.P.D. (1993) A Expansão de Manaus como Exemplo do Processo de Extinção dos Igarapés. *In: FERREIRA, E.J.G.; SANTOS, G.M.; LEÃO, E.L.M. e OLIVEIRA, L.A. (eds.). Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia.* Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, v. 2, p. 25-41.
- SOUZA, M.M. (1974) **Perfil Geológico da BR-174 (Manaus - Boa Vista) no Trecho: Manaus - Serra do Abonari.** *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, 1974. Anais.* Porto Alegre, SBG. v.2, p.75-86.
- SOUZA, M.M. e MEDEIROS, M.F. (1972). **Contribuição ao Estudo Sedimentológico da Região de Manaus.** *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 27, Belém, 1972. Anais.* Belém, SBG. p.129-140.
- STERNBERG, H. O'R. (1950) **Vales tectônicos na planície Amazônica?** *Revista Brasileira de Geografia, 4: 3-26.*
- STERNBERG, H. O'R. (1953) **Sismicidade e Morfologia na Amazônia Brasileira.** *Anais da Academia Brasileira de Ciências, v.25, n.4, p.443-453.*
- STRAHLER, A. N. (1952) **Hypsometric (area-altitude) analysis.** *Geological Society. America Bulletin, 63, p. 1119-1142.*
- SUMMERFIELD, M.A. (1991) **Tectonic Geomorphology.** *Progress in Physical Geography, 15(2):193-205.*
- TANSLEY apud TRICART, J. (1977) **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN. p. 17 (Recursos Naturais e Meio Ambiente)

- TELLEZ, B. e SERVIGNE, S. (1997) **Updating Urban Database with Aerial Photographs: a Common Structuring Methodology.** *Comput., Environ. And Urban Systems*, v.21, n.2, p.133-145.
- TRAVASSOS, W.A.S. e BARBOSA FILHO, C.M. (1990) **Tectonismo Terciário na Área do Rio Tapajós, Bacia do Amazonas.** *Boletim de Geociências da PETROBRÁS*, 4(3):299-314.
- TRICART, J. (1977) **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN. 91p. (Recursos Naturais e Meio Ambiente)
- VALENTE, A.G.F.; NAVA, D.B.; CARVALHO, D.M.; FERRAZ, L.R. (1998) **Os Impactos Humanos do Modelo de Ocupação Recente da Amazônia e as Correções Possíveis – Uma Visão Específica do Igarapé do Quarenta.** *Logos Tempo & Ciência*, Manaus, n.2, p.3-9.
- VALVERDE, O. (1998) Uma história da vida do Amazonas. In: ROJAS, L.B.I. e TOLEDO, L.M. (orgs.). **Espaço & Doença: um olhar sobre o Amazonas.** Rio de Janeiro: FIOCRUZ. p. I.1.1-I.1.10.
- VERTAMATTI, E.; ARAÚJO, F.A.R.; PAPPALARDO, F.R. (1990) **Um Estudo da Erodibilidade de Solos Tropicais.** In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, Salvador, 1990. *Anais.* Salvador, ABGE/ABMS. p.363-370.
- VIEIRA, L.C. (1997) **Sedimentologia da Formação Alter do Chão no Município de Manaus.** Relatório Final do Programa Institucional de Iniciação Científica, Universidade do Amazonas, 59p.

- VILAR, O.M. (1990) **Avaliação Teórica da Influência da Forma da Encosta Sobre a Erosão dos Solos.** *In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 6, Salvador, 1990. Anais.* Salvador, ABGE/ABMS. p.279-284.
- WANDERLEY FILHO, J.R. (1996). **A Influência dos Lineamentos Proterozóicos na Estruturação da Bacia do Amazonas.** *In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5, Belém, 1996. Anais.* Belém, SBG/NO. p.310-331.
- WANDERLEY FILHO, J.R. e COSTA, J.B.S. (1991). **Contribuição à Evolução Estrutural da Bacia do Amazonas e sua Relação com o Embasamento.** *In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 3, Belém, 1991. Anais.* Belém, SBG/NO. p.244-259.
- YUAN, D.; LUCAS, J.R.; HOLLAND, D.E. (1998) **A Landsat MSS Time Series Model and Its Application in Geological Mapping.** *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 53:39-53.*