

1. Classificação <i>INPE-COM.6/NTE</i> <i>C.D.U.: 528.711.7:553.3/.9(811.3)</i>		2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>Recursos Naturais</i> <i>Sensoriamento Remoto</i> <i>Estado do Amazonas</i>			interna <input type="checkbox"/> externa <input checked="" type="checkbox"/>
5. Relatório nº <i>INPE-2019-NTE/166</i>	6. Data <i>Março, 1981</i>	7. Revisado por <i>Antonio Tebaldi Tardin</i> <i>Antonio Tebaldi Tardin</i>	
8. Título e Sub-Título <i>PROJETO AMAZONAS</i> <i>APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO</i> <i>PARA LEVANTAMENTO INTEGRADO DOS RECURSOS</i> <i>NATURAIS DO AMAZONAS</i>		9. Autorizado por <i>Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>	
10. Setor <i>DSR</i>	Código <i>30.240.000</i>	11. Nº de cópias <i>21</i>	
12. Autoria <i>Equipe técnica conforme páginas vi e vii</i>		14. Nº de páginas <i>65</i>	
13. Assinatura Responsável <i>Leu Moraes</i>		15. Preço	
16. Sumário/Notas <i>A estratégia básica deste Projeto é a de organizar e orientar uma equipe técnica multidisciplinar do Governo do Estado do Amazonas, para o desenvolvimento de programas integrados de aplicação do Sensoriamento Remoto, visando o levantamento, monitoramento e controle dos seus recursos naturais. Nesta primeira etapa são geradas informações básicas dos Polos 10 e 11 do Projeto de Expansão da Fronteira Agrícola do Estado do Amazonas, para o planejamento de núcleos de colonização, traçado de diretrizes e estradas, identificação de áreas, com maior potencial agrícola e mineral, além da geração de subsídios para a solução de problemas fundiários. As informações geradas referem-se principalmente a: Vegetação e Uso Atual, Pedologia, Geomorfologia, Geologia, Planejamento de Estradas e Cartografia.</i>			
17. Observações: <i>Trabalho coordenado pelo Instituto de Pesquisas Espaciais, executado por técnicos do Governo do Estado do Amazonas com o concurso da Secretaria de Transportes do Estado e do Instituto de Terras do Amazonas.</i>			

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS	iii
<u>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</u>	1
1.1 - Projeto Amazonas	1
1.2 - Dos objetivos	3
1.3 - Área de trabalho	3
1.4 - Material	3
<u>CAPÍTULO II - VEGETAÇÃO E USO ATUAL DA TERRA</u>	5
2.1 - Metodologia	5
2.1.1 - Análise visual de imagens do MSS	5
2.1.2 - Análise visual de imagens do RBV	6
2.2 - Resultados	7
2.2.1 - Informações obtidas na etapa de campo	7
2.2.2 - Análise das informações obtidas das imagens do MSS	11
2.2.3 - Análise das informações obtidas das imagens do RBV	16
2.2.4 - Comparação entre dados do MSS e do RBV	18
2.3 - Conclusões	19
2.3.1 - Imagens do MSS	19
2.3.2 - Imagens do RBV	20
2.4 - Recomendações	20
Bibliografia	21
<u>CAPÍTULO III - PEDOLOGIA</u>	23
3.1 - Metodologia	23
3.2 - Resultados	25
3.2.1 - Caracterização das unidades de solos	26
3.2.2 - Descrição geral das unidades de solos	28
3.2.3 - Considerações finais	32
3.3 - Conclusões	33
3.4 - Recomendações	34
Bibliografia	35

<u>CAPÍTULO IV - GEOMORFOLOGIA</u>	37
4.1 - Metodologia	37
4.2 - Resultados	40
4.3 - Conclusões	43
4.4 - Recomendações	44
Bibliografia	45
<u>CAPÍTULO V - GEOLOGIA E PLANEJAMENTO DE RODOVIAS</u>	47
5.1 - Metodologia	47
5.2 - Resultados	49
5.3 - Conclusões	50
5.4 - Recomendações	51
<u>CAPÍTULO VI - ESTUDO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DAS IMAGENS DO LANDSAT NA CARTOGRAFIA</u>	53
6.1 - Apresentação	53
6.2 - Documentação existente	53
6.3 - Metodologia	53
6.4 - Resultados esperados	54
6.5 - Conclusões	55
6.6 - Recomendações	55
APÊNDICE A - PLANO DE SOBREVÔO NO RECONHECIMENTO.	
APÊNDICE B - ESBOÇO DA COBERTURA VEGETAL E ÁREAS DE OCUPAÇÃO.	
APÊNDICE C - FORMAS ESPONTÂNEAS DE ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO, OBTIDAS DAS IMAGENS DO RBV/LANDSAT.	
APÊNDICE D - ESBOÇO PEDOLÓGICO.	
APÊNDICE E - ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO 1:250.000.	
APÊNDICE F - ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO 1:500.000.	
APÊNDICE G - ESBOÇO GEOLÓGICO.	

LISTA DE FIGURAS

I.1 - Mapa de localização da área de trabalho e da cobertura LANDSAT..	4
II.1 - Aspectos de campos intercalados com faixas de vegetação de porte arbóreo	12
II.2 - Aspecto de "campos" de vegetação aquática	12
II.3 - Aspecto geral da mata densa, em área de terra firme	14
II.4 - Aspecto de área evidenciando solo desnudo	14
II.5 - Áreas com vegetação em regeneração e áreas desmatadas para a implantação de projetos agrícolas	17
II.6 - Área desmatada em meio à floresta densa	17

PROJETO AMAZONAS: APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA LEVANTAMENTO INTEGRADO DOS RECURSOS NATURAIS DO AMAZONAS.

EQUIPE RESPONSÁVEL

- Coordenação Geral do Projeto:
Renê Antonio Novaes - Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Paulo Roberto Martini - INPE

- Grupo de Geologia:
* Edison Crepani - INPE
Eduardo Bagre - Secretaria dos Transportes do Amazonas - SETRAN
Omar Salum - SETRAN
Sebastião Menta - SETRAN

- Grupo de Vegetação e Uso Atual:
* João Roberto dos Santos - INPE
David Chung Liang Lee - INPE
Luiz Hildemar Colaço - Superintendência da Zona Franca de Manaus
SUFRAMA
Eduardo Coutinho da Cruz - SUFRAMA
Luiz Carlos de Souza e Silva - Comissão Estadual de Planejamento
Agrícola - CEPA
Luiz Carlos Servulo de Aquino - Instituto de Terras do Amazonas
ITERAM
José Rodrigues Cosme - ITERAM
Lyres Balbi - Fundação Universidade do Amazonas - FUA

- Grupo de Pedologia:
* Mário Valério Filho - INPE
Carlos Galvão de Melo - ITERAM
João Cosme de Oliveira Fernandes - ITERAM
Julio Daniel Bravo Morales - ITERAM
José Francisco de Souza Neto - CEPA

* *coordenador do grupo*

- Grupo de Geomorfologia:
 - * Madalena Niero - INPE
 - Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo - INPE
 - Paulo Custódio - ITERAM
 - Maria Auxiliadora Medeiros Nascimento - ITERAM
 - Maria Salomé de Albuquerque Toledano - CEPA

- Grupo de Cartografia:
 - * Paulo César Gurgel de Albuquerque - INPE
 - Marcos Gomes Conde - ITERAM
 - Marcos Salles Affonso - ITERAM
 - Paulo César Pereira - ITERAM
 - Luiz Carlos Pereira da Silva - ITERAM
 - Fernando Satoru Miwa - SETRAN

* *coordenador do grupo*

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 - PROJETO AMAZONAS

As técnicas de sensoriamento remoto e suas múltiplas aplicações no levantamento e controle dos recursos terrestres e na observação do meio ambiente ocupam, hoje, posição das mais importantes no que diz respeito ao grande esforço de crescimento dos mais variados setores de produção. Os setores agrícolas, florestais e minerais são as áreas que estão exigindo, constantemente, novas informações e estratégias para fazer frente às necessidades básicas da comunidade mundial. Os países mais desenvolvidos, que apesar de possuírem um maior nível de informação sobre os seus recursos, são aqueles que têm envidado mais esforços para o desenvolvimento dessas técnicas, visando, principalmente, o aperfeiçoamento do sistema de administração dos fatores de produção.

Dentro do cenário brasileiro, estas técnicas vêm sendo utilizadas, desde 1967, pelo Instituto de Pesquisas Espaciais, no campo da pesquisa e desenvolvimento das aplicações de sensoriamento remoto, cujos resultados já obtidos têm reconhecimento internacional.

Historicamente, todo o envolvimento do Brasil nesta área do conhecimento deveu-se, principalmente, à Amazônia. Isto porque as maiores potencialidades das técnicas de sensoriamento remoto residem nos baixos custos para a aquisição de dados e informações de regiões de grandes extensões, e de difícil acesso. Esta continua sendo a principal razão que se levanta para justificar a direção deste esforço com o Projeto Amazonas.

Em termos gerais, deve-se salientar que a estratégia básica deste projeto foi a de permitir que o Governo do Estado do Amazonas pudesse organizar, treinar e implantar uma equipe técnica multidisciplinar, capaz de utilizar as técnicas de sensoriamento remoto, visando as mais variadas aplicações para o levantamento, monitoramento e controle de seus

recursos naturais (renováveis e não-renováveis) e a observação do meio ambiente. Especificamente, este projeto tentou, numa primeira etapa, gerar informações básicas para que se aperfeiçoe o planejamento de núcleos de colonização, traçado de diretrizes e estradas, identificação de áreas com maiores potencialidades agrícolas e minerais, geração de novos subsídios para a solução dos problemas fundiários etc. Para isto, definiu-se uma área teste de pesquisa que, além de demonstrar a efetiva potencialidade das técnicas de sensoriamento remoto, possibilitou, também, o treinamento básico de uma primeira equipe técnica do governo.

O trabalho foi desenvolvido sob a coordenação do Instituto de Pesquisas Espaciais e contou com a participação de técnicos dos diversos órgãos do Governo do Estado do Amazonas, sob a orientação principal da Secretaria de Transportes e do Instituto de Terras do Amazonas.

1.2 - DOS OBJETIVOS

Este relatório apresenta os resultados obtidos durante o desenvolvimento da primeira fase do Projeto Amazonas, cujos objetivos específicos estão transcritos abaixo:

- a) Utilizar as imagens orbitais do LANDSAT para um levantamento integrado da Região do Careiro, visando principalmente a:
 - Vegetação e uso atual;
 - Pedologia;
 - Geomorfologia;
 - Geologia e Planejamento de Estradas;
 - Cartografia.

- b) Capacitar um grupo técnico interdisciplinar do Governo do Amazonas para a utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto, principalmente as imagens orbitais do LANDSAT.

1.3 - ÁREA DE TRABALHO

A área de trabalho correspondeu aos Polos 10 a 11 do Projeto de Expansão da Fronteira Agrícola do Estado do Amazonas, que compreende terras dos municípios do Careiro, Autazes, Nova Olinda do Norte, Manacapuru e Novo Ayrão. A área aproximada é de 3,5 milhões de ha, estando compreendida entre os paralelos 58°30' e 61°30' de longitude oeste e 2°30' a 4°00' de latitude Sul (Figura I.1).

1.4 - MATERIAL

O trabalho desenvolvido foi baseado em imagens LANDSAT, nas escalas de 1:250.000 e 1:500.000. O recobrimento MSS obtido foi da época seca (julho/agosto), de qualidade radiométrica média, e com ausência de nuvens. O recobrimento RBV foi possível apenas em dois pontos, dado o elevado percentual de nuvens dos demais pontos. A época de imageamento também foi o período seco e a qualidade radiométrica esteve bastante comprometida devido ao sombreamento (shadding).

As imagens utilizadas foram as seguintes (Fig.I.1).

- Imagens MSS, escalas 1:250.000 e 1:500.000

Órbita	318	Ponto	14	Canais	5 e 7	Data	15/07/78
"	318	"	15	"	"	"	19/07/79
"	332	"	14	"	"	"	03/08/78
"	332	"	15	"	"	"	02/07/79
"	346	"	14	"	"	"	04/08/78
"	346	"	15	"	"	"	04/08/78
"	360	"	14	"	"	"	05/08/78
"	360	"	15	"	"	"	09/08/79

- Imagens RBV, escala 1:250.000

Órbita	332	Ponto	14	Subcenas	A,B,C,D	Data	29/07/79
"	332	"	15	"	" "	"	29/07/79

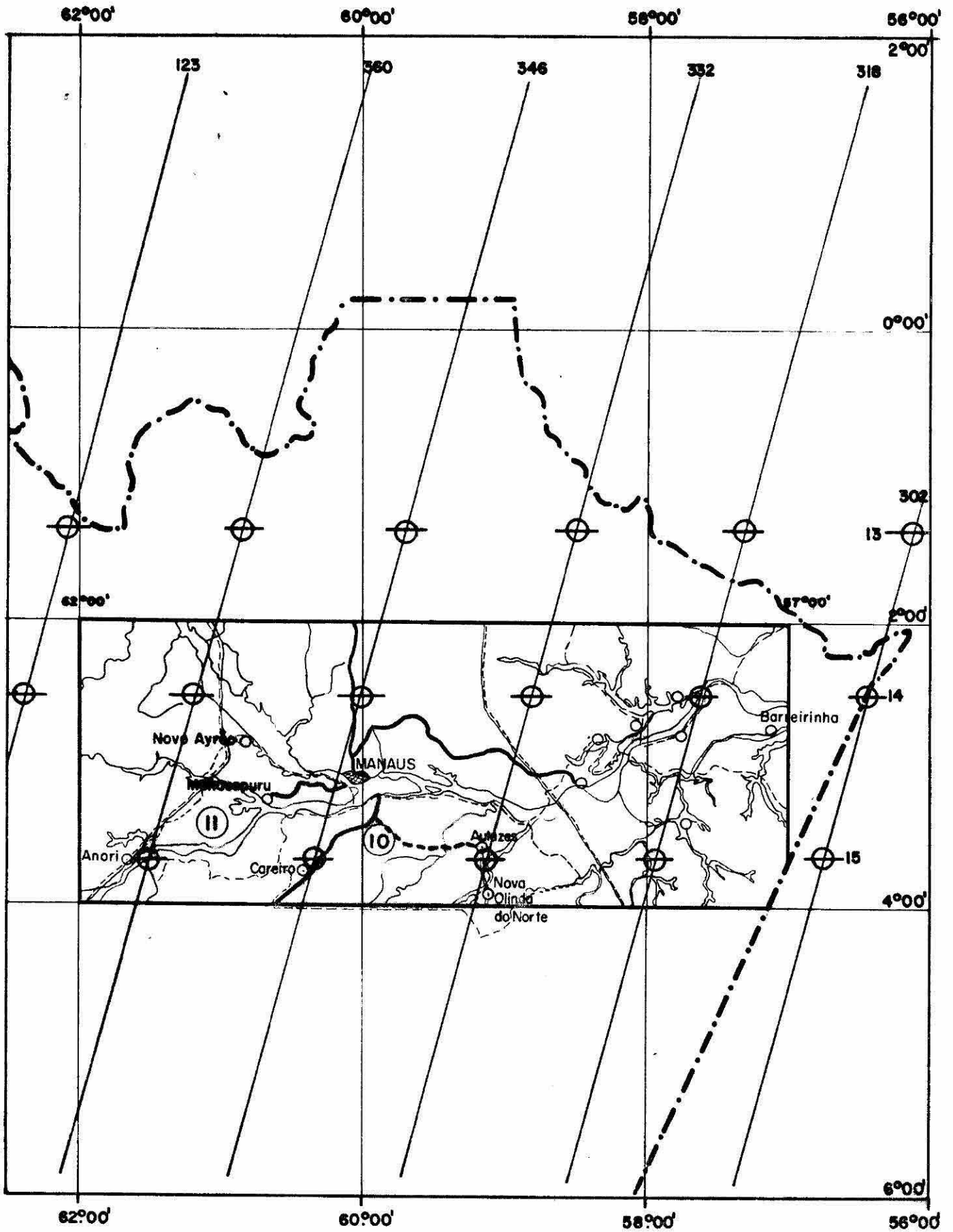


Fig. I.1 - Mapa de localização da área de trabalho e da cobertura LANDSAT.

CAPÍTULO II

VEGETAÇÃO E USO ATUAL DA TERRA

2.1 - METODOLOGIA

2.1.1 - ANÁLISE VISUAL DAS IMAGENS DO MSS

A etapa inicial no tratamento visual das imagens do MSS, nos canais 5 e 7, na escala 1:250.000, foi a delimitação da área de estudo, sendo a seguir registrados os seguintes passos metodológicos:

1. demarcação das coordenadas nas imagens;
2. traçado da rede hidrográfica;
3. demarcação de sedes municipais (cidades), vilas, estradas; e
4. identificação de unidades de vegetação e áreas alteradas.

Em um "overlay" (papel poliéster transparente) colocado sobre a imagem, foram demarcados o sistema de coordenadas, as estradas e as cidades. Neste mesmo "overlay", foi feito o traçado da rede hidrográfica, que serviu de base cartográfica para a montagem do mapa final.

As cidades, as vilas e as estradas foram melhor caracterizadas no canal 5 do MSS, com auxílio de cartas topográficas do Estado do Amazonas. Quanto à drenagem, esta foi melhor caracterizada no canal 7, em virtude da lâmina d'água absorver grande quantidade de radiação no infravermelho próximo. A presença de determinados sedimentos na água mostrou diferenças no grau de absorção da radiação na faixa do visível (canal 5).

Quanto à caracterização da vegetação e áreas alteradas, utilizou-se outro "overlay", fazendo-se assim um mapeamento preliminar, que posteriormente foi levado ao campo para possíveis correções.

tais como Gimbarzevsky (1974), Estes e Simonett (1975) e Aoki e Santos (1980).

Com base no padrão da tonalidade dos alvos, obteve-se uma escala que variou do cinza mais escuro ao mais claro. Para a textura fotográfica, aplicaram-se os termos lisa, média e grosseira. Diz-se que a textura é "grosseira", quando há uma brusca variação de tons de cinza por determinada unidade de área. Quando a variação é sutil, ela é denominada "lisa".

Com base nestes parâmetros fotointerpretativos, foi feita uma delimitação dos alvos na imagem, englobando aquelas áreas que apresentavam resposta espectral semelhante, quanto ao aspecto tonal e textural.

Com este mapa preliminar, realizou-se uma etapa de verificação de campo, através de sobrevôo na área, no sentido de esclarecer algumas dúvidas surgidas na interpretação preliminar das imagens. Nesta oportunidade, foram obtidas fotografias da paisagem local, possibilitando assim uma análise mais efetiva da interpretação. Segundo Draeger e Carneggie (1974), as fotos da paisagem e sua descrição são de grande valia para a execução de um mapeamento da cobertura vegetal, como também das possíveis alterações sofridas pela vegetação.

Logo após a etapa de verificação de campo, efetuaram-se correções na delimitação, estabelecendo-se, assim, uma chave de interpretação para todas as unidades mapeadas. Desta forma, elaborou-se um mapa final, cuja legenda foi compatível com a escala de trabalho e adequada aos objetivos do levantamento para a região. Este mapa final foi feito em "overlay" estático, tendo como base cartográfica o mapa de drenagem feito anteriormente.

2.1.2 - ANÁLISE VISUAL DAS IMAGENS DO RBV

Para uma avaliação de vegetação e área de ocupação com os dados do RBV, foi selecionada uma pequena área dentro da região, focalizan

do apenas a Ilha do Careiro, porções sul-sudeste do Município de Manaus e Norte do Município do Careiro. Esta área é abrangida pela imagem do RBV de órbita 332 (ponto 14), subcena C. Os passos metodológicos utilizados na interpretação visual da imagem do RBV foram semelhantes àqueles do MSS, identificando-se as estradas e cidades, traçando-se a rede de drenagem e discriminando-se as áreas ocupadas por diferentes tipos de vegetação ou outras classes de uso da terra.

O padrão fotointerpretativo utilizado neste trabalho, na identificação dos alvos da imagem do RBV, foi a tonalidade.

2.2 - RESULTADOS

2.2.1 - INFORMAÇÕES OBTIDAS NA ETAPA DE CAMPO

Como a região é muito extensa, optou-se pela realização do sobrevôo de forma a cobrir o maior número possível de classes mapeadas na análise visual preliminar. Assim, são descritos os pontos observados durante o percurso aéreo, (apêndice A), lembrando-se que este foi realizado em duas etapas.

1ª Etapa de Sobrevôo

Ponto Inicial: Manaus - Aeroporto Internacional Eduardo Gomes;

Ponto 1: Ilha da Marchantaria, rio Solimões;

Ponto 2: Área de várzea, que apresenta vegetação arbustiva espaçada com intercalações de gramíneas, dando aspecto de estrias; mata rala;

Ponto 3: Rodovia Manaus - Porto Velho (BR-319), com áreas de ocupação agrícola nas suas proximidades. À medida que há afastamento da estrada, nota-se a presença de vegetação em fase de regeneração, associada à floresta natural densa, com presença de palmáceas;

Ponto 4: Floresta natural densa em relevo plano;

Ponto 5: Lago do Janauacã, tendo sido observadas áreas alteradas com solo exposto em determinados lugares;

- Ponto 6: Floresta natural densa com presença de palmáceas;
- Ponto 7: Áreas de floresta natural densa em blocos intercalados por gramíneas. Em seguida, obseu-se uma extensa área de floresta natural densa de terra firme;
- Ponto 8: Lago do Paratari, que apresenta floresta natural densa em blocos intercalados por gramíneas, solo exposto em determinados pontos e manchas de áreas úmidas;
- Ponto 9: Ponta da Ilha, com muitas áreas trabalhadas e algumas ainda com solo exposto;
- Ponto 10: Rio Solimões;
- Ponto 11: Presença de área de várzea, que apresenta uma vegetação densa com espécies caducifólias e perenifólias;
- Ponto 12: Presença de áreas abertas, que evidenciam árvores de porte arbóreo desprovidas de folhas;
- Ponto 13: Áreas alternadas com revestimento de gramíneas e vegetação de porte baixo, provavelmente inundáveis na época das cheias;
- Ponto 14: Próximo ao Lago Caapiranga, a vegetação continua semelhante à anterior, com presença de estrias de vegetação mais exuberante;
- Ponto 15: Floresta natural densa de terra firme, com algumas áreas de vegetação secundária e espécies caducifólias;
- Ponto 16: Lago Grande de Manacapuru, que apresenta áreas inundáveis, alternadas sem a presença de gramíneas e com vegetação arbustiva;
- Ponto 17: Floresta natural densa, com presença de espécies caducifólias;
- Ponto 18: Presença de vegetação de porte mais baixo e copa mais uniforme;
- Ponto 19: Igarapé Grande, próximo a Novo Ayrão, quase não apresentando várzeas em suas margens;
- Ponto 20: Cidade de Novo Ayrão;
- Ponto 21: Arquipélago das Anavilhanas;
- Ponto 22: Área desmatada no meio da floresta densa;

- Ponto 23: Igarapê, afluente do rio Negro, sem áreas de várzea;
- Ponto 24: Floresta natural densa, em relevo suavemente ondulado;
- Ponto 25: Grande áreas desmatada, com vegetação rasteira;
- Ponto 26: Estrada vicinal, com áreas alteradas em suas margens;
- Ponto 27: Estrada asfaltada, com áreas alteradas ao longo de suas margens;
- Ponto 28: Cidade de Manacapuru, com muitas áreas alteradas, possivelmente pastagens;
- Ponto 29: Áreas desmatadas em terra firme e pastagens nas várzeas;
- Ponto 30: Áreas alteradas e floresta natural densa;
- Ponto 31: Ramal da Estrada Manaus - Manacapuru, com áreas alteradas em suas margens;
- Ponto 32: Áreas alteradas que apresentam vegetação secundária e floresta natural densa;
- Ponto 33: Estrada Manaus-Manacapuru, com bastante áreas alteradas em fase de regeneração;
- Ponto 34: Rio Negro;
- Ponto Final: Manaus-Aeroporto Internacional Eduardo Gomes.

2ª Etapa de Sobrevôo

- Ponto 35: Extremidade oeste da Ilha do Careiro - mata de pequeno porte com presença de espécies caducifólias, associada a campos onde predominam as gramíneas. Presença de muitas áreas alteradas;
- Ponto 36: Áreas de inundação, que apresenta vegetação de gramíneas com algumas manchas de floresta densa;
- Ponto 37: Vegetação com predominância de gramíneas, características das áreas de várzea;
- Ponto 38: Área de várzea com vegetação de gramíneas, que apresentam algumas espécies arbóreas caducifólias bem esparsas, às margens do Grande Lago;
- Ponto 39: Faixas alternadas de vegetação arbórea (de maior porte) caducifólia, com vegetação arbóreo-arbustiva perenifólia;
- Ponto 40: Vegetação de porte arbóreo-arbustivo e áreas com predominância de gramíneas, na planície fluvial;

- Ponto 41: Extremidade leste da Ilha do Careiro;
- Ponto 42: Áreas inundadas que apresentam vegetação de porte herbáceo (gramíneas) com incidência de vegetação densa de porte arbustivo em blocos isolados, verificando-se, também, a presença de áreas alteradas;
- Ponto 43: Faixa de transição com presença de mata de terra firme de porte baixo em áreas inundáveis;
- Ponto 44: Presença de áreas alteradas com incidência significativa de palmáceas e áreas em regeneração;
- Ponto 45: Área com faixas de vegetação de porte herbáceo (gramíneas), intercaladas com vegetação de porte arbustivo;
- Ponto 46: Área com predominância de vegetação esparsa com porte arbóreo-arbustivo, com maior incidência de espécies caducifólias, apresentando manchas de solo exposto;
- Ponto 47: Vegetação densa de porte arbóreo, característica das manchas de terra firme;
- Ponto 48: Vegetação densa com predominância de palmáceas, devido, possivelmente, às condições de maior umidade do solo, naquela área. Verificou-se também, manchas homogêneas de vegetação de porte baixo e áreas alteradas em regeneração;
- Ponto 49: Floresta tropical densa;
- Ponto 50: Presença de vegetação com palmáceas próxima ao rio e áreas de ocupação. Vegetação Secundária;
- Ponto 51: Presença de áreas alteradas, próximas à Cidade de Nova Olinda, às margens do Rio Madeira;
- Ponto 52: Mata aberta de porte baixo, homogênea e caducifólia;
- Ponto 53: Ilha que apresenta vegetação de gramíneas, intercalada de vegetação de porte arbóreo e arbustivo;
- Ponto 54: Autazes. Notou-se a presença de desmatamentos recentes e de áreas com vegetação secundária, indicando a ação do homem na área;
- Ponto 55: Vegetação de planície de inundação (Rio Autaz-Açu);
- Ponto 56: Rio Amazonas e vegetação de planícies fluviais;
- Ponto 57: Área com predominância de palmeiras;
- Ponto 58: Floresta tropical densa;

Ponto 59: Floresta densa com predominância de vegetação secundária às margens do lago Purupuru;

Ponto 60: Área de ocupação próxima à BR-319.

Ponto Final: Manaus - Aeroporto Internacional Eduardo Gomes.

2.2.2 - ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS DAS IMAGENS DO MSS/LANDSAT

Com base nas informações obtidas das imagens do MSS e aquelas coletadas durante o sobrevôo, foram discriminadas as seguintes unidades, conforme o apêndice B:

Unidade 1

Esta classe foi definida como vegetação específica de áreas inundadas e inundáveis. Ocorre, portanto, em presença de grande umidade, sobre terrenos aluviais - várzeas de formação recente. Devido à sua grande diferenciação, esta unidade foi subdividida em:

Subunidade 1A - Contato floresta - campo:

Destaca-se melhor no canal 5, apresentando-se com estrias, intercalando tons claros e escuros, com textura grosseira. Evidencia-se, com isto, a presença marcante de campos com gramíneas intercaladas de manchas de floresta densa (Figura II.1) em áreas com grande teor de umidade, ocorrendo, também, "campos" de vegetação aquática, denominados campinarana (Figura II.2). No canal 7, apresenta-se com tons de cinza claro a médio com textura média.

Subunidade 1B - Floresta rala inundável:

É bem caracterizada no canal 5, apresentando-se com tonalidade cinza-escuro a médio, com textura lisa. Evidencia-se, com isto, uma floresta rala de porte arbustivo-arbóreo, em área inundável. No canal 7, apresenta-se com tonalidade variando de cinza-claro a escuro, com textura média.



Fig. II.1 - Aspectos de campos intercalados com faixas de vegetação de porte arbóreo.



Fig. II.2 - Aspecto de "campos" de vegetação aquática.

Unidade 2 - Mata secundária

Apresenta-se, no canal 7, com tons de cinza-claro a cinza médio, com textura média. Caracteriza áreas alteradas por uma agricultura nômade e que hoje encontram-se em elevado estágio de regeneração. Sua vegetação é de porte arbustivo-arbóreo, sem apresentar alta densidade. No canal 5, esta unidade não ficou bem evidenciada.

Unidade 3 - Floresta tropical densa

É bem caracterizada no canal 7, apresentando-se com tonalidade cinza médio e textura lisa. Este tipo de vegetação é característica de terra firme, apresentando elevada heterogeneidade de espécies de porte bem elevado e com alta densidade (Figura II.3). No canal 5, apresenta-se com tonalidade cinza-escuro lisa.

Unidade 4 - Mata rala homogênea

Melhor caracterizada no canal 7, apresentando tons de cinza escuro e textura fotográfica lisa. Esta unidade apresenta uma vegetação de baixa densidade foliar, onde predomina uma determinada espécie de porte médio, não identificada através do sobrevôo. No canal 5, apresenta-se com a mesma tonalidade e textura da unidade 3.

A presença de tais manchas de vegetação, bastante diferenciadas da floresta tropical densa, sugere várias hipóteses para sua origem. Entretanto, características do solo e/ou umidade, podem ser os fatores de origem dessas manchas. Seria necessária uma verificação de campo in loco, para explicar com segurança tal fenômeno.

Unidade 5 - Floresta tropical aberta com presença de palmeiras

Esta unidade na interpretação visual, apresenta padrões fotointerpretativos semelhantes à unidade 3 (floresta tropical densa). No canal 5 apresenta tonalidade cinza-escuro a médio, com textura lisa, enquanto que no canal 7, tons de cinza médio e textura lisa. Após o sobre



Fig. II.3 - Aspecto geral da mata densa, em área de terra firme.



Fig. II.4 - Aspecto de área evidenciando solo desnudo.

vão, foi melhor caracterizada, por estar presente, geralmente, em interflúvios tabulares. Nota-se uma pequena abertura entre as copas das espécies florestais que a compõem.

Unidade 6 - Floresta tropical densa com palmeiras.

Esta unidade, na interpretação visual, apresenta, no canal 5, uma tonalidade cinza escuro e textura lisa no canal 7, cinza médio com textura lisa. Para a definição desta classe, o vão de reconhecimento foi de extrema valia.

Esta floresta, caracterizada pela grande incidência de palmeiras e relativo teor de umidade do solo, ocupa grande faixa de terra ao longo do rio Madeira, próximo à cidade de Nova Olinda do Norte.

Unidade 7 - Floresta densa de porte baixo

Corresponde a pequenas áreas localizadas no interior da floresta tropical densa. No canal 7, não há distinção entre os padrões tonais e texturais com relação à unidade 3. Entretanto, no canal 5, o padrão tonal é mais claro, se comparado àquela unidade.

No campo verificou-se tratar-se de uma floresta de porte mais baixo, com copa bem homogênea e verde claro, contrastando com o verde escuro da floresta tropical densa, característica da Região Amazônica, onde se encontram encravadas.

Áreas alteradas

Ocorre praticamente em toda a área de estudo, geralmente em decorrência de atividades agropecuárias. As áreas de várzea, devido à deposição dos nutrientes carregados pelos rios que fertiliza anualmente o solo e a facilidade de transporte (fluvial), são as mais povoadas e, portanto, apresentam maior grau de alteração.

Nesta unidade, também foram englobadas as áreas de várzea

que apresentavam solo exposto e aquelas com vegetação em estágio inicial de regeneração (Figuras II.4 e II.5). Ambos os casos explicam a ação do homem na área.

Na terra firme, observou-se que, tanto na imagem do MSS como no sobrevôo, as áreas alteradas são mais facilmente delimitadas devido ao sistema de agricultura rudimentar, que se caracteriza pela queima de grandes áreas, geralmente retangulares, em meio à floresta tropical densa (Figura II.6). O abandono destas áreas, após o cultivo, causa o processo de regeneração por parte da vegetação, afetando os padrões espectrais da imagem.

Assim, as áreas alteradas apresentam, nos dois canais do MSS, uma textura fotográfica rugosa (grande variação de cinza). Quanto ao aspecto tonal, no canal 5 esta unidade variou de um cinza médio (ex. vegetação em regeneração) ao cinza claro (ex. áreas desmatadas), enquanto no canal 7 predominou o cinza-claro.

2.2.3 - ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES OBTIDAS DA IMAGEM DO RBV

A área selecionada para este trabalho com o RBV, é por de mais conhecida pelos integrantes da equipe. Assim, o levantamento das formas espontâneas de organização do espaço (Apêndice C) obtido da análise visual da imagem do RBV, resultou na identificação de diversas unidades relacionadas com:

- Hidrografia:

Nas imagens RBV, é marcante o encontro das águas dos rios Negro e Solimões, que apresentam carga de material em suspensão de diferentes composições. Isto causa grande diferença na absorção da radiação.

O padrão de tonalidade para os cursos d'água e lagos (Unidade 1) é de cinza-escuro, exceção feita ao Solimões-Amazonas de cor cinza muito claro, devido à grande quantidade de sedimentos (Unidade 2).



Fig. II.5 - Áreas com vegetação em regeneração e áreas desmatadas para implantação de projetos agrícolas.



Fig. II.6 - Área desmatada em meio à floresta densa.

- Vegetação:

A imagem do RBV confirmou o conhecimento prévio da equipe demonstrando que:

- nas áreas com predominância dos solos aluviais areno-argilosos, representados pelas ilhas, aparece a floresta aberta aluvial;
- nas porções marginais do rio Amazonas (a Jasantu do Encontro das Águas), solos sedimentares recentes do quaternário; argilosos de alta fertilidade, que são as várzeas anualmente cobertas pelas águas; a vegetação predominante é a floresta aluvial e formações pioneiras/contato Campinarana, os chamados "campos de várzea" (cobertura vegetal típica das áreas inundáveis);
- à medida que aumenta a distância das águas, o domínio da "terra firme" é também o da floresta tropical densa, sobre latossolos, principalmente. Quanto ao comportamento espectral, a floresta aberta fluvial apresentou uma tonalidade cinza-médio, alternada com tons mais claros, na forma de estrias, nas áreas aluviais (Unidade 3), e sem estrias nos gleisados da várzea alta (Unidade 4). Esta diferença seria devido à formação sedimentar recente destes solos, bem como a época de imageamento. Para a floresta densa (Unidade 5), o padrão tonal de cinza-escuro com algumas poucas gradações de cinza-médio.

- Áreas alteradas:

Apresentam-se muito distintas, em tonalidade muito clara, nas áreas com pastagens ou cultivos agrícolas, situadas nas porções marginais dos rios, paranãs e lagos (Unidade 6); e mais afastadas dos cursos d'água, em cinza-claro, os campos de várzeas, porções de desmatamento recente ou com vegetação em regeneração (Unidade 7).

2.2.4 - COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS DO MSS E DO RBV

As informações sobre a cobertura vegetal, obtidas do sensor MSS através dos canais 5 e 7 são superiores àquelas obtidas do RBV.

Isto é explicado pela faixa em que opera o sensor do MSS com relação ao canal 5 (faixa do visível) e ao 7 (faixa do infravermelho), enquanto o RBV opera apenas na faixa do visível (0.505 a 0.75 μm). Com relação às áreas de ocupação, o RBV é superior, em virtude do poder de resolução do sistema imageador, de 40 m no terreno, enquanto que do MSS é de aproximadamente 80 metros.

2.3 - CONCLUSÕES

2.3.1 - IMAGENS DO MSS

- as imagens do MSS, nos canais 5 e 7, mostraram-se satisfatórias para a identificação das sete unidades de vegetação e da área de ocupação;
- os padrões de tonalidade e textura foram suficientes para a discriminação das diferentes classes;
- o canal 5 do MSS apresenta melhor possibilidade de diferenciar os rios de água escura daquele de água barrenta;
- o canal 7 foi melhor para o traçado da rede de drenagem em áreas de vegetação densa;
- os canais 5 e 7 foram de grande valia para a identificação das áreas de terra firme e de várzea;
- a umidade presente nas áreas de várzea afeta a resposta espectral da vegetação nos canais 5 e 7, ficando sua influência melhor evidenciada no canal 7;
- as imagens da época seca permitiram a discriminação das classes mapeadas;
- a etapa de campo (sobrevôo) veio complementar as informações obtidas da análise visual, discriminando os tipos de floresta com ou sem palmáceas. Entretanto, não foi suficiente para a identificação da espécie predominante dentro da unidade 4 mapeada.
- através da utilização dos canais 5 e 7 pôde-se verificar o comportamento espacial das áreas alteradas dentro da região de estudo;
- o canal 5 do MSS presta-se para o acompanhamento do processo de regeneração da vegetação em áreas de ocupação em abandono, bem como no estágio de crescimento das culturas implantadas;

2.3.2 - IMAGENS DE RBV

- a imagem do RBV permitiu a discriminação de 7 classes, em que se destacam os tipos de vegetação predominante nas várzeas alta e baixa e na terra firme;
- a imagem do RBV evidencia o comportamento das áreas alteradas, principalmente às margens dos rios de águas claras, paranãs e em torno de lagos;
- a imagem do RBV não permitiu uma delimitação das manchas de ocupação esparsas dentro da área de floresta aberta aluvial;
- pelo conhecimento prévio da região e o emprego da imagem do RBV, constataram-se modificações recentes com relação a projetos agropecuários adjacentes à BR-319;
- o produto RBV, na escala 1:250.000, se prestou para elaboração do mapa de Formas Espontâneas de Organização do Espaço.

2.4 - RECOMENDAÇÕES

Com base nas informações obtidas dos dados do satélite LANDSAT, recomenda-se que:

- sejam intensificadas a interpretação dos produtos orbitais, não somente através da análise visual como principalmente da análise automática;
- sejam utilizadas imagens sequenciais no tempo de forma a delimitar as áreas de várzeas;
- o mapa da cobertura vegetal (Apêndice A), sirva de base para um trabalho mais aprofundado, visando um plano de manejo e ou inventário florestal;
- se faça um acompanhamento temporal das variações migratórias nas diversas áreas de uso agrícola;
- os dados do LANDSAT venham a ser utilizados na indicação de áreas para implantação de novos projetos agropecuários e de colonização;
- seja estimulada a implantação de projetos de pecuária, principalmente nas áreas com várzea e terra firme, conjugados, evitando-se assim, o uso das marombas, uma vez que, na época das cheias, pode-se levar o gado para capineiras previamente formadas na terra firme.

BIBLIOGRAFIA

- AOKI, H.; SANTOS, J.R. dos *Estudo da vegetação de Cerrado na área do Distrito Federal, a partir de dados orbitais*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE - 1730 - TDL/026).
- DRAGER, W.C.; CARNEGGIE, D.M. Test procedures for remote sensing data. *Photogrammetric Engineering*, 40(2): 175 - 182, Feb., 1974.
- ESTES, J.E.; SIMONETT, D.S. Fundamentals of image interpretation In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of remote sensing*. Falls Church, VA., 1975. v.2, cap. 14, p. 869-1076.
- GIMBERZEVSKY, P. *ERTS-1 imagery in biophysical studies*. In: CANADIAN SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING, 2. Ottawa, 1974. Proceedings. 2, p. 391-403.
- MAXWELL, E.L. Application of ERTS to rangeland management. In: SHAKROKHI, F., ed. *Remote sensing of Earth Resources*. Tullahoma, TN.; University of Tennessee, 1975. V.4, p. 105-135.
- PINTO, J.H.D.; SANTOS, J.R. dos; CHIANG, L.C.; NIERO, M.; PINTO, S.A.F.; CARVALHO, V.C. de *Levantamento integrado dos recursos naturais da Área do Parque Nacional da Amazônia (Tapajós), baseado nas imagens MSS do LANDSAT*. (INPE - 1577 - RPE/074).

CAPITULO III

PEDOLOGIA

3.1 - METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a confecção do esboço pedológico consistiu, inicialmente, no traçado de toda a drenagem da área, sendo que, para isto, foram utilizadas somente as imagens do canal 7.

Assim, foram mapeados todos os rios principais, lagos, lagoas e áreas alagadas. A confecção desta rede de drenagem, em "overlay", serviu de base cartográfica (mosaico não controlado) para a apresentação do esboço pedológico final.

Através da utilização conjunta dos elementos de interpretação de imagens, procedeu-se à compartimentação da área de estudo em zonas homólogas quanto aos aspectos texturais e tonais, evidenciados pelas imagens do canal 7, na escala de 1:250.000.

No decorrer dos trabalhos de interpretação de imagens, foram utilizadas, também, as imagens do MSS do LANDSAT, órbita 346, pontos 14 e 15, escala 1:500.000, nas quais foram traçados contatos obedecendo-se a mesma metodologia de interpretação usada nas imagens na escala de 1:250.000. No entanto, face à escala ser muito pequena e se apresentar mais compacta, não foi possível uma interpretação mais detalhada, devido a dificuldades encontradas no traçado dos limites ou contatos.

Tal compartimentação foi possível devido à consideração de que os aspectos tonais e texturais, citados anteriormente, devem ser evidências, com grande margem de correlação, das condições do terreno imageado. Estas, por sua vez, são direta ou indiretamente dependentes dos solos correspondentes àquele terreno.

Nesta etapa, os elementos de interpretação que mais contribuíram para o traçado dos contatos entre as áreas homólogas foram, principalmente, o relevo e a drenagem. O elemento tonalidade, que está associado a aspectos de cobertura vegetal, uso da terra e condições de umidade, também foi muito útil para o estabelecimento dos contatos, para algumas das áreas mapeadas sobre o canal 7.

A variação textural entre os diversos compartimentos, ou zonas homólogas, nas imagens do canal 7, está associada a aspectos relacionados a mudanças nas classes de relevo. O relevo apresenta interflúvios largos e estreitos e pode ser classificado desde plano a ondulado, na área estudada.

Quanto à drenagem, a variação textural entre zonas homólogas é devida a padrões mais ou menos densos, com rios e canais mais longos ou mais curtos. Aqui deve-se salientar que, frequentemente, relevos fortemente ondulados, por exemplo, ocorrem associados com padrões de drenagem densos, caracterizando melhor certas unidades de solos.

Os contatos interpretados foram traçados diretamente sobre as imagens com auxílio de lápis dermatográfico, devido a problemas de processamento das mesmas e também à pouca clareza de certas feições quando sobreposta por "overlay".

Concluída a interpretação, esta foi transposta para a base cartográfica (mosaico não controlado), com uma legenda preliminar.

Com base no mapa interpretado, foi estabelecido roteiro de trabalho de campo para a verificação "in loco" de dúvidas quanto aos solos mapeados e suas associações.

Foi realizado um trabalho de campo em parte da área trabalhada, o qual visou demonstrar a forma que deverão ser conduzidas as verificações no campo, após a interpretação preliminar. O trabalho de campo não visou buscar as caracterizações morfológicas completas dos solos, e sim algumas informações dos mesmos.

Para aquelas áreas verificadas no campo, foi realizada uma reinterpretação das imagens, para correção de alguns contatos e inclusão de outras unidades não visualizadas por ocasião da interpretação preliminar.

Na área remanescente, com o auxílio dos mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL, escala 1:1.000.000, pôde-se estabelecer as possíveis unidades pedológicas que ocorriam na área de estudo.

A etapa final consistiu na elaboração do esboço pedológico e da legenda.

3.2 - RESULTADOS

Sendo a quase totalidade da área tomada por densa cobertura vegetal, as informações possíveis de serem obtidas no canal 5 foram de pequena utilidade para o estabelecimento das diferentes unidades. No entanto, as imagens do canal 7, embora apresentassem problemas de processamento, foram as mais utilizadas. Esse canal permitiu a percepção das variações topográficas, associadas aos aspectos de drenagem e relevo, em virtude da alta reflectância da radiação infravermelha pela vegetação.

Porém, em algumas áreas mapeadas como homogêneas, as dificuldades são muito grandes para definir os limites ou contatos, face aos aspectos de textura das imagens não serem tão marcantes, a ponto de servirem para a distinção das características de relevo e drenagem.

Contudo, as áreas que sofrem forte influência do lençol freático, inundações periódicas e que são ocupadas por solos aluviais e hidromórficos, ficaram razoavelmente bem caracterizadas nas imagens do canal 7.

3.2.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES DE SOLOS

- LA₁ - Apresentam relevo plano a suave ondulado, de topos pouco aplainados e dissecação média, tonalidade média e textura lisa. Estão associados a Latossolo Amarelo Distrófico textura média e Latossolo Amarelo Distrófico textura argilosa.
- LA₂ - Apresentam relevo plano a suave ondulado, de topos aplainados e dissecação média com vales mais entalhados e drenagem mais nítida. Tem tonalidade clara a média e textura rugosa bem grosseira. Estão associados a Latossolo Amarelo textura argilosa e Latossolo Amarelo textura média.
- LA₃ - Apresentam relevo plano a suave ondulado, de topos pouco aplainados, dissecação média e vales pouco encaixados. Apresentam textura rugosa e tonalidade média. Estão associados a Latossolo Amarelo Distrófico textura média, Latossolo Amarelo Distrófico plíntico textura média e Laterita Hidromórfica Distrófica textura média.
- LA₄ - Apresentam relevo plano a suave ondulado, de topos arredondados, dissecação média a alta e vales mais entalhados com drenagem mais nítida. Têm tonalidade clara a média e textura rugosa grosseira. Estão associados a Latossolo Amarelo Álico textura média, Latossolo Amarelo Álico plíntico textura média; e Laterita Hidromórfica Álica de Elevação.
- LA₅ - Apresentam relevo plano a suave ondulado, com média dissecação, topos aplainados e arredondados, com drenagem bem visível face ao maior entalhamento dos canais, tonalidade média com manchas escuras e textura rugosa muito grosseira. Estão associados a Latossolo Amarelo Álico textura argilosa, Latossolo Amarelo Álico textura média, e Solos Concrecionários Lateríticos Indiscriminados Distróficos.

- LA₆ - Apresentam relevo plano a suave ondulado, de baixa a média dissecação e vales pouco encaixados. Apresentam tonalidade clara a escura e textura lisa a rugosa fina. Estão associados a Latossolo Amarelo Distrófico plíntico textura média, e Laterita Hidromórfica Distrófica textura indiscriminada.
- PV₁ - Apresentam relevo suave ondulado, com alta dissecção e topos pouco aplainados, vales de fundo chato, tonalidade clara a média e textura rugosa fina. Estão associados a Podzólico Vermelho Amarelo Álico, Podzólico Vermelho Amarelo Álico plíntico, e Laterita Hidromórfica Álica de Elevação.
- PV₂ - Apresentam relevo suave ondulado, de topos arredondados, de baixa a média dissecção, vales pouco entalhados, de fundo chato tonalidade média e textura pouco rugosa. Estão associados a Podzólico Vermelho Amarelo plíntico e Laterita Hidromórfica de Elevação.
- HLd - Apresentam relevo plano a suave ondulado, tonalidade variável, textura lisa a rugosa, sendo que as áreas alagadas, próximas aos rios, não apresentam simetria nas áreas de relevo mais movimentado. Estão associados a Laterita Hidromórfica Distrófica, Podzólico Vermelho Amarelo plíntico, Gley Pouco Húmico Eutrófico, e Latossolo Amarelo textura média.
- HLd₁ - Apresentam relevo plano a suave ondulado, de topos aplainados com baixa dissecção, tonalidade clara e textura lisa. Estão associados a Laterita Hidromórfica Distrófica e Podzólico Vermelho Amarelo plíntico.
- HLd₂ - Apresentam relevo plano a suave ondulado, de topos aplainados com presença de áreas alagadas. A textura varia de lisa a muito pouco rugosa e tonalidade clara a escura. Estão associadas a Laterita Hidromórfica Álica de Elevação textura argilosa, Podzólico Vermelho Amarelo Álico plíntico e Gley Húmico Álico.

- HG_e - Caracterizam-se por apresentarem relevo plano, tonalidade variável em função da cobertura vegetal e da umidade do solo com constante ocorrência de lagoas. A textura dominante é lisa e estão associados com solos Gley Pouco Húmico Eutrófico, e Solos Aluviais Eutróficos.
- A_e - Caracterizam-se por apresentarem relevo plano, lineamentos retos e curvos, com tonalidades claras e escuras, textura lisa dominante, com ocorrência de lagoas ou canais retos. Estão associados a solos Aluviais Eutróficos, Gley Pouco Húmico Eutrófico, e Gley Húmico Eutrófico.

3.2.2 - DESCRIÇÃO GERAL DAS UNIDADES DE SOLOS

LATOSSOLO AMARELO

É uma das unidades de maior ocorrência na região e está representada por solos de grande importância agrícola. São solos caracterizados por perfil de 1,50 m ou mais de espessura, assentando-se sobre arenitos e argilitos da Formação Barreiras. São envelhecidos, ácidos e fortemente ácidos, de boa drenagem, apesar de algumas vezes apresentarem-se bastante argilosos.

O teor de argila no perfil pode variar bastante, o que possibilita a diferenciação dos solos quanto à sua textura (fases), havendo o LA textura média, o LA textura meio pesada (=meio argilosa); LA textura pesada (=argilosa) e o LA textura muito pesada (= muito argilosa) com uma correspondência de argila no horizonte B de 17% a 35% para o primeiro, de 35% a 50% para o segundo, de 50% a 70% para o terceiro, e acima de 70% para o quarto.

Possuem cor variando de bruno acizentado muito escuro (10 YR 3/2, úmida) a amarelo (10 YR 7/6, úmida) nos horizontes inferiores.

Trata-se de solos com B latossólico (= óxico), que pos

suem o horizonte A variando de 29 a 58 cm de profundidade, e apresentam-se porosos, com estrutura que varia de fraca pequena granular, fraca pequena subangular a maciça. O horizonte B, de 100 a 150 cm de espessura, possui estrutura fraca pequena subangular e frequentemente maciça.

Apresentam sequência de horizontes do tipo A₁, A₃, B₁, B₂, B₃ e C, os quais, por vezes, aparecem subdivididos.

Os solos com horizonte B latossólico (= óxico) possuem evidência de um estágio avançado de intemperização. Apresentam um horizonte B que consiste de uma mistura de óxidos hidratados de ferro e alumínio, com proporção variável de argila 1:1 e minerais acessórios altamente resistentes (principalmente quartzo). Possuem soma de bases menor que 10 me/100 gr de argila. Possuem menos que 5% de argila dispersa em água e baixa porcentagem de silte (menor que 8% ou, para a Formação Barreiras, menor que 15%). O quociente silte/argila deve ser menor que 0,25.

CONCRECIONÁRIO LATERÍTICO

Compreende solos medianamente profundos, formados por uma mistura de partículas mineralógicas finas e concreções de um arenito ferruginoso de vários diâmetros que, na maioria dos casos, preenchem completamente um perfil com B latossólico (= óxico) ou B com textural (= argílico). Esses solos apresentam as seguintes características:

- horizonte A escurecido pela matéria orgânica; espessura de mais ou menos 40 cm;
- boa distribuição de poros e estrutura subangular mascarada pelas concreções lateríticas;
- frequentemente argilosos, muito fortemente ácidos a ácidos;
- baixa saturação de bases.

PODZÓLICO VERMELHO AMARELO

São solos bem desenvolvidos, bem drenados, ácidos e que possuem um horizonte A fraco (= ócrico), sobre um horizonte argílico, argila esta de atividade baixa. O horizonte A_1 é mineral e está assentado sobre um horizonte A_2 , ligeiramente descolorido ou sobre horizonte A_3 , o qual, por sua vez, assenta-se sobre um horizonte B vermelho amarelado, de textura relativamente argilosa, havendo boa diferença textural entre os horizontes A e B.

São solos, na sua maioria, de fertilidade natural baixa/média, de textura argilosa/média, que apresentam sequência de horizontes do tipo A,B,C, cuja espessura não excede a 200 cm, com pronunciada diferenciação entre o A e o B.

Entre as características morfológicas destes solos podem ser notados:

1. diferença textural marcante entre o A e o B;
2. presença de horizonte A_2 (ou não) pouco evoluído;
3. transição clara e gradual entre os horizontes;
4. horizonte B estruturado;
5. presença de cutanes de argila no horizonte B (= cerosidade).

Na região, como variação de unidade modal, podem ocorrer áreas de Podzólico Vermelho Concrecionário, Podzólico Vermelho Amarelo Cascalhento, Podzólico Vermelho Amarelo equivalente Eutrófico e Podzólico Vermelho Amarelo plântico.

LATERITA HIDROMÓRFICA

São solos bem desgastados, fortemente ácidos, com drenagem moderada ou imperfeita, devido à natureza do subsolo, condição esta devido à textura do material parental. Apresentam as seguintes características:

- profundidade variável no horizonte A que oscila entre 17 e 52 cm aproximadamente;
- presença de material argiloso altamente intemperizado no B₂, rico em sesquióxidos e pobre em humus, com mosqueados, passando ir reversivelmente a duripan ou concreções sob condições especiais de umedecimento e secagem;
- horizonte plíntico;
- baixa CTC e S;
- variações: LH arenosa, LH média e LH argilosa.

GLEY POUCO HÚMICO

São solos de deposição recente, mal drenados, fortemente ácidos, pouco profundos e de textura argilosa dominante. Apresentam as seguintes características:

- condições hidromórficas, com grande oxidação e redução no perfil. Os compostos férricos reduzem-se a ferrosos, ou estes se oxidam a férricos conforme a oscilação do lençol freático, provocando o aparecimento de mosqueados amarelos, avermelhados ou mesmo vermelhos, dentro do perfil;
- baixo teor de matéria orgânica;
- fertilização natural pela colmatagem* de partículas em suspensão nas águas, com possibilidades de cultivos de vazante, na região do Médio e Alto Amazonas, principalmente.

GLEY HÚMICO

São solos hidromórficos, com drenagem imperfeita ou impedida e camadas organominerais escurecidas, de espessura regular as quais se assentam sobre um horizonte gleizado mineral. Apresentam teores

* colmatagem - operação que consiste em guiar águas ricas em sedimentos para bacias ou planícies baixas e pantanosas.

elevados de matéria orgânica, acima de 5%, e características morfológicas bem desenvolvidas, sofrendo entretanto a influência local de relevo que condiciona a drenagem, com perfil desenvolvido sob a influência do lençol de água próximo à superfície.

O horizonte B, em desenvolvimento, aparece com gleização* moderada e é como que uma transição entre o A e o C de gleização profunda.

SOLOS ALUVIAIS

São solos encontrados não somente marginando rios e lagos, mas também, por vezes, constituindo calha de drenagem em áreas de topografia movimentada. Trata-se de solos em desenvolvimento, predominantemente minerais, provenientes de deposição fluvial ou do arraste da bacia hidrográfica da região. Possuem textura que pode variar superficialmente de areia a argila; estrutura fracamente desenvolvida, na primeira camada, deixando parecer a evolução de um horizonte A, ao qual seguem camadas estratificadas que geralmente não apresentam, entre si, relação pedogenética.

3.2.3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embasado no trabalho desenvolvido até o presente, o nível de informação obtido para o levantamento de solos, através da utilização de imagens do MSS do LANDSAT, é limitado por alguns fatores tais como:

- a) o material de trabalho é de pequena escala;

* *gleização - refere-se à redução do ferro do solo em condições anaeróbicas, com a produção de cores cinza azulado ou cinza esverdeado, com ou sem mosqueados e com a presença de concreção de ferro e manganês. Os óxidos de manganês, em certos solos, são comumente encontrados na forma de concreções escuras na massa do solo e localizadas normalmente abaixo da área de oxidação do ferro.*

- b) o canal 7 oferece melhores recursos para fins de mapeamento de solos para áreas totalmente cobertas por vegetação tipo floresta, como no caso da Amazônia, ao passo que o canal 5 não permite contrastes marcantes nos níveis de cinza, salvo áreas restritas onde é possível o estabelecimento de relações vegetação/solo assim como uso da terra/solo;
- c) os resultados serão melhores quanto maior for o conhecimento da área em estudo e a experiência na utilização de imagens do MSS do LANDSAT.

3.3 - CONCLUSÕES

É relevante notar que o nível de levantamento obtido está relacionado com a resolução e escala das imagens disponíveis. Em razão de tais aspectos, concluiu-se que os elementos básicos de interpretação, possíveis de serem reconhecidos, não se apresentaram com detalhes suficientes para que se pudesse elaborar um mapeamento mais detalhado.

O caráter multiespectral das imagens LANDSAT fornece meios para que se possa realizar a compartimentação de uma área qualquer, levando em consideração os aspectos da drenagem, relevo, vegetação, textura, tons, etc, para estabelecer os limites ou contatos dos diferentes tipos de solos.

Uma outra vantagem é a visão sinótica dos padrões, proporcionada pelas imagens do LANDSAT de pequena escala (1:250.000), a qual torna possível visualizar melhor os aspectos fisiográficos de áreas distintas e, desta forma, realizar uma análise integrada dos domínios pedológicos.

Entretanto, ressalta-se que os resultados dos levantamentos realizados a partir de interpretação de imagens do MSS do LANDSAT deverão ser, sempre aperfeiçoados com verificações "in loco" da área objeto do levantamento.

Conclui-se, por fim, que os canais mais utilizados para fins de levantamentos pedológicos são os canais 5 e 7, sendo que, o canal 7, proporciona melhor visualização quanto aos aspectos de drenagem, relevo, vegetação, textura, etc, os quais, por sua vez, constituem-se fatores fundamentais para o trabalho de interpretação de imagens para mapeamento pedológico. Já o canal 5, não fornece subsídios idênticos aos do canal 7 para fins de mapeamento pedológico, na Amazônia.

3.4 - RECOMENDAÇÕES

As atividades deste Projeto serviriam de base para que, a partir do desenvolvimento de programas semelhantes, a equipe venha a executar trabalhos sistemáticos de levantamento pedológico.

Ante o exposto, sugere-se a adoção das seguintes medidas:

- 1) que a atividade deste Projeto possa ter continuidade, visando o aperfeiçoamento e atualização dos conhecimentos na área de Pedologia e das técnicas de sensoriamento remoto aplicadas ao levantamento de recursos naturais;
- 2) que as imagens do sistema do MSS do LANDSAT, a serem utilizadas nos trabalhos de levantamento pedológico, principalmente os canais 5 e 7, sejam obtidas em épocas de baixa elevação solar, posto que, assim, essas imagens poderão proporcionar uma melhor visualização das variações topográficas;
- 3) que os componentes do grupo de pedologia, servidores do ITERAM, sejam integrados à equipe técnica de Identificação Fundiária da Autarquia, a fim de que, em todos os trabalhos de identificação e vistoria, participem e desenvolvam paralelamente, os trabalhos inerentes à pedologia, no campo.
- 4) finalmente, necessário se faz a realização do trabalho de campo nas áreas não visitadas, para possibilitar uma maior confiabilidade quanto à interpretação das imagens, isto porque o estabelecimento da legenda que acompanha o esboço pedológico foi elaborada com base nas informações existentes nos mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL.

BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of Remote Sensing*. Falls Church, V.II, 1975.
- BURING, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. In: AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. *Manual of photographic interpretation*. Washington, D.C., 1960. Cap. 11, App. A, p. 663 - 666.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL (DNPM). Projeto RADAMBRASIL. *Levantamento de Recursos Naturais; Folha SA-21 - Santarém, Folha SA-20 Manaus*, Rio de Janeiro, 1976.
- GOOSEN, D. Interpretation de fotos aéreas y su importancia en levantamento de suelos. *Boletim sobre suelos - FAO*, 6: 5-31, 1968.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - DEPARTAMENTO DE SENSORIAMENTO REMOTO (INPE). Curso de treinamento: introdução às técnicas de sensoriamento remoto e aplicações. São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE-1869-MD/004).
- MONIZ, A.C. *Elementos de pedologia*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975.
- RANZANI, G. *Manual de levantamento de solos*. São Paulo, USP, 1969.
- SILVA, B.N.R. da; ARAUJO, J.V.; RODRIGUES, T.E.; FALESI, I.C.; REGO, R.S. *Os solos da área Cacau Pereira - Manacapuru - Pará*. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte. Belém - Pará, 1970.
- VALÉRIO FILHO, M. *Estudo comparativo das fotografias aéreas convencionais e imagens orbitais*. São José dos Campos, INPE, 1974. Inédito.
- VALÉRIO FILHO, M.; HIGA, N.T.; CARVALHO, V.C. *Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamento de solos*. Tese de Mestrado em Sensoriamento Remoto e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1976. (INPE-912-TPT/030).
- VIEIRA, L.S. *Manual da ciência do solo*. São Paulo, Agronômica Ceres, 1976.

CAPÍTULO IV

GEOMORFOLOGIA

4.1 - METODOLOGIA

A interpretação visual de imagens do LANDSAT, referente à área de estudo, foi realizada utilizando-se imagens do MSS do LANDSAT, na escala 1:500.000 e 1:250.000, e obedeceu aos seguintes passos:

1) Levantamento da rede de drenagem.

Nesta fase do trabalho foram utilizadas as imagens do canal 7 do MSS para levantamento da drenagem principal e secundária. Os rios principais puderam ser mapeados a partir da tonalidade escura apresentada pela lâmina de água (alta absorvância neste canal), enquanto os rios menores foram identificados a partir do padrão de sombreamento de terminado por seus vales.

2) Identificação de zonas homólogas quanto à textura fotográfica

Esta identificação foi feita utilizando-se imagens do canal 7 pois, neste canal, as feições texturais são realçadas. No canal 5, não há variação de textura pois as áreas se apresentam com tonalidade escura devido à densa cobertura vegetal.

Considerando-se que o processamento das imagens apresentou problemas que dificultaram a definição das unidades, foi necessário mapeá-las diretamente sobre a imagem com lápis dermatográfico.

Durante essa fase do trabalho, foram separadas zonas texturais homogêneas que variaram de textura lisa a rugosa, havendo também ocorrência de padrão textural linear.

Para a identificação de zonas texturais homogêneas, utilizou-se uma legenda semelhante à proposta pelo Projeto RADAMBRASIL.(1978)

3) Análise de textura

A análise da textura permitiu classificar as zonas homogêneas em unidades fotogeomorfológicas. Por exemplo, um padrão de textura linear pode ser associado a restingas fluviais, enquanto um padrão de textura lisa, sem drenagem superficial, pode ser associado às áreas aplainadas que formam os divisores de cimeira da região.

As unidades de textura rugosa associaram-se a regiões caracterizadas por canais de drenagem bastante próximos, e de grande amplitude altimétrica.

Na escala 1:250.000, procurou-se subdividir mais as classes de textura em função do nível de dissecação. Desta forma, foi feita uma classificação relativa das formas em termos de sua amplitude lateral e altimétrica. Assim, sendo, cada tipo de dissecação é representado por uma letra e dois dígitos. O primeiro dígito refere-se à amplitude lateral das formas e o segundo à amplitude altimétrica. Os dígitos variam de 1 a 3, indicando valores baixos e altos, respectivamente.

As áreas de baixa dissecação, correspondentes aos interflúvios de grandes bacias, foram classificadas com letras, simbolizando a forma predominante do divisor de água.

As áreas onde se suspeitou a existência da crosta laterítica foram caracterizadas pela Letra L, associada ao nome da unidade.

Na escala 1:500.000, foram obtidas classes mais amplas, devido à limitação imposta pela escala. As unidades de textura linear foram associadas à área de planície fluvial onde ocorre a presença de restingas fluviais. A textura lisa foi associada a áreas aplainadas que formam os divisores de cimeira da região.

As áreas que apresentaram textura rugosa foram caracterizadas pela presença de canais de drenagem com pouco espaçamento.

4) Análise da tonalidade.

Este elemento, observado nas imagens do canal 7, serviu apenas para complementar a diferenciação das unidades morfológicas, obtidas a partir da análise de outros elementos da imagem.

Para a análise das tonalidades utilizaram-se imagens nos canais 5 e 7. No canal 7, pôde-se reconhecer áreas sujeitas à umidade e à laterização. A análise do canal 5 permitiu a identificação de áreas de ocupação humana, que dificultam a delimitação de determinadas feições morfológicas.

5) Análise dos padrões de drenagem.

Para o traçado dos limites das zonas de textura, muitas vezes teve-se que recorrer à análise dos padrões de drenagem, pois, na separação das unidades, deve-se considerar não só o distanciamento entre os vales mas também a direção geral da drenagem, o comprimento médio dos rios, o grau de angularidade. Estas características refletem as condições de controle estrutural da área e também auxiliam a inferência das condições atuais do terreno tais como: permeabilidade do solo, declividade, idade das formas etc.

6) Montagem do mapa geomorfológico preliminar da área de estudo.

O mapa geomorfológico preliminar da área de estudo foi montado sobre uma base planimétrica não controlada, obtida a partir da rede de drenagem da região. Sobre este mapa foram lançados os limites das unidades geomorfológicas obtidas.

O mapa obtido serviu para identificar as áreas com problemas de interpretação e que devem ser submetidas a trabalho de campo.

7. Trabalho de Campo.

A título de exemplificação dos procedimentos a serem utilizados no campo, para a verificação do mapa geomorfológico preliminar, foi feito um sobrevôo na área de estudo. Apêndice A.

Através deste sobrevôo, pôde-se ter uma visão geral da área que permitiu a identificação de locais que devem ser submetidos a um trabalho de campo mais minucioso.

4.2 - RESULTADOS

A interpretação visual de imagens LANDSAT, na escala 1:250.000, 1:500.000 permitiu a confecção dos mapas dos Apêndices E e F.

O mapa 1:250.000 (Apêndice E) apresenta uma classificação detalhada da área de estudo quando comparado com o mapa na escala 1:500.000 (Apêndice F).

As unidades mapeadas na escala 1:250.000 apresentam a dissecção do relevo tanto em termos de extensão do interflúvio quanto em termos de profundidade dos vales.

Na escala 1:500.000, a dissecção foi classificada em forte, média e fraca, levando-se em conta o entalhamento dos vales sem preocupar com as variações de extensão dos interflúvios.

Os mapas resultantes apresentam, em geral, as mesmas unidades geomorfológicas, havendo, entretanto, diferenças no posicionamento de seus limites devido à variação da escala e legenda.

As classes geomorfológicas obtidas encontram-se descritas a seguir:

PLANÍCIES FLUVIAIS

As planícies fluviais foram identificadas pela localização ao longo dos principais rios que drenam a região. Apresentam padrões de textura lineares que foram associados às marcas de sedimentação fluvial. Estas marcas foram classificadas como restingas fluviais e se caracterizam pela alternância de tonalidades claras e escuras, dispostas linearmente. Apresentam, também, numerosos corpos d'água que acompanham a disposição dos lineamentos.

Dentro da planície fluvial, foram identificadas ainda ilhas, paleoconais e lagos alongados. No canal 5, esta unidade apresenta tonalidades que variam de cinza claro a escuro, associadas à variação de cobertura vegetal e atuação humana nesta área.

De modo geral, esta área apresenta-se, no terreno, com relevo plano, vegetação de campos de várzea e mata de igapô.

PLANÍCIE FLÚVIO-LACUSTRE

De modo geral, esta unidade posiciona-se nas imediações dos grandes lagos da planície da margem esquerda do rio Solimões. Apresenta também marcas de sedimentação fluvial com direções de lineamentos diferentes da atual planície fluvial. Corresponde a depósitos lineares fluviais que represaram lagos, em fase de colmatagem ativa atual.

A planície flúvio-lacustre é cortada por furos e paranãs que subdividem os lagos através do efeito de colmatagem. Em alguns casos, quando os paranãs e furos estão iniciando o processo de subdivisão, observa-se uma forma de colmatagem do tipo delta. (DNPM, 1976).

Esta unidade apresenta limites imprecisos, uma vez que a diferenciação entre planície flúvio-lacustre e planície fluvial é problemática.

DIVISORES TABULARES

Esta unidade foi identificada pela textura lisa, no canal 7, e pela posição dentro do arranjo da rede de drenagem. Representa áreas que funcionam como grandes divisores de água, sendo classificadas pelo Projeto RADAMBRASIL como superfície de pedimentação. Devido à impossibilidade de informações de campo que confirmem a classificação desta unidade como formada por processo de pedimentação, optou-se por classificá-la apenas em função da forma.

Esta unidade, em geral, ocupa uma posição de cimeira dentro do arcabouço topográfico e funciona como dispersora de água. Seus limites são difusos, pois não apresenta ruptura topográfica que facilite sua identificação. Além disso, em alguns trechos desta unidade, há ocorrência de bruma que dificulta a sua caracterização na imagem.

ÁREA DISSECADA EM TABULEIROS

Esta unidade se distingue da anterior porque ocorre em áreas drenadas pelos rios que se dispersam em direção aos grandes rios da região, Negro, Amazonas e Solimões.

Em função da amplitude lateral e altimétrica dos divisores, esta unidade foi subdividida utilizando-se dois dígitos. O primeiro para representar o distanciamento entre os rios e o segundo para identificar o aprofundamento dos canais. Assim sendo, uma unidade de formas tabulares pode ter amplitude lateral e altimétrica pequena (1), média (2) ou grande (3) que é expressa pela combinação destes números. As unidades com média e grande amplitude altimétrica tendem a apresentar uma textura fotográfica mais rugosa.

O limite entre estas unidades não é bem definido porque sua caracterização está mais vinculada à dissecação pela drenagem do que a rupturas topográficas. Em geral, o arranjo dos elementos de textura, dentro da unidade, apresenta um certo paralelismo com direções da drenagem.

No apêndice F a dissecação tabular foi classificada como fraca, média e forte em função do grau de rugosidade apresentado na imagem.

ÁREA EM COLINAS - É caracterizada por textura rugosa, indicando pequena amplitude lateral entre os vales. O arranjo das feições texturais é multidirecional, indicando a presença de uma drenagem de padrão dendrítico que, devido à pequena extensão de seus canais, não pôde ser mapeada através da imagem.

No terreno, esta unidade corresponde a colinas com dimensões diversas. A variação da amplitude lateral e altimétrica também é expressa pela combinação de dois dígitos, seguindo o critério exposto para a unidade anterior.

Estas unidades apresentam limites mais facilmente definidos devido, principalmente, ao arranjo dos elementos texturais.

4.3 - CONCLUSÃO

A utilização de imagens do MSS do LANDSAT permitiu a identificação de grandes unidades de formas de acumulação e dissecação. Entretanto, a subdivisão destas unidades, baseada na análise qualitativa da textura, é bastante discutível e sua confirmação dependeria da coleta de dados em campo e de uma análise quantitativa das feições texturais e da rede de drenagem.

Para uma melhor análise da região acima citada, poderão ser utilizadas técnicas de interpretação automática de dados multiespectrais do satélite LANDSAT. Estas técnicas reduzem a subjetividade existente na interpretação visual de dados.

4.4 - RECOMENDAÇÕES

O mapa geomorfológico de uma área pode ser utilizado para orientar sua ocupação racional. Na região amazônica, devido à densa cobertura da mata, as informações geológicas e pedológicas, obtidas a partir de dados de sensoriamento remoto, são derivadas, em grande parte, das análises das feições de relevo evidenciadas pelas imagens. Desta forma, um mapa geomorfológico pode ser utilizado como fonte de informação para levantamento de outros recursos naturais.

Além disso, a análise das unidades de relevo podem fornecer uma primeira idéia sobre as limitações da natureza topográfica ao desmatamento. Como existe uma relação entre rugosidade, na imagem, e dissecação do relevo e como para uma mesma amplitude altimétrica áreas mais dissecadas apresentam declividades mais elevadas (Christofolletti, 1974), pode-se utilizar o grau de rugosidade da imagem como um indicador de áreas com inclinação de vertentes desfavorável ao desmatamento.

Em geral, a área em estudo apresenta pouca limitação de natureza topográfica para o desmatamento pois o relevo é caracterizado por declividades fracas. Entretanto, estudos realizados no município de Paragominas demonstraram que, com a retirada da mata, a ação mecânica das águas pluviais provoca a decapitação do horizonte A_0 , rico em matéria orgânica, mesmo em áreas com declividades baixas (Santos et al, 1980). Assim sendo, deve-se tomar cuidado no desmatamento generalizado de grandes extensões de terra.

Em áreas de topografia aplainada, que correspondem aos divisores de água, podem ocorrer concreções ferruginosas que, se expostas após o desmatamento, tornam inviável a ocupação agrícola.

O estudo sazonal da planície fluvial, através da utilização de imagens sequenciais do LANDSAT, permite a identificação de zonas inundáveis, bem como do período mais provável de submersão. Com isto, pode-se sugerir a época e a área mais favorável para o cultivo, adequando o calendário agrícola às condições hidrológicas da região.

BIBLIOGRAFIA

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo, USP, 1974.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAMBRASIL (DNPM).
Levantamento de Recursos Naturais; Folha SA-21 Santarém, Folha SA-20
Manaus. Rio de Janeiro, 1976.

SANTOS, A.P.; NOVO, G.M.L.M.; DUARTE, V. *Exemplo de aplicação de dados
do sistema LANDSAT no estudo das relações entre compartimentação to
pográfica e qualidade de pastagem no município de Paragominas (PA).*
São José dos Campos, INPE, Jun. 1980. (INPE-1756-RPE/145).

CAPÍTULO V

GEOLOGIA E PLANEJAMENTO DE RODOVIAS

5.1 - METODOLOGIA

Inicialmente foi preparada uma base planimétrica da área, extraída das imagens do MSS do LANDSAT na escala de 1:250.000, contendo a drenagem e a localização da sede dos municípios, sobre esta base planimétrica, foram lançados os dados geológicos fotointerpretados, obtidos a partir destas imagens MSS, nos canais 5 e 7, na mesma escala.

De um modo geral, toda unidade individualizada na fotogeologia apresenta um padrão característico de tons de cinza. O arranjo ordenado destes tons e das texturas próprias destas unidades, relacionadas entre si, define estruturas particulares a cada uma dessas unidades geológicas. Entre as estruturas mais importantes estão: drenagem, morfologia, lineamentos, relevo, densidade e natureza da cobertura vegetal.

Através desse procedimento, pode ser definido o comportamento de cada unidade fotogeológica, definida dentro do esboço geológico, nas imagens LANDSAT:

UNIDADE Q

A unidade Q apresenta um comportamento característico que permite sua rápida identificação nas imagens do MSS do LANDSAT:

- Existência de grande número de meandros, abandonados ou não, que podem ser bem observados no canal 7, com tons de cinza muito escuros, devido à alta absorção da radiação incidente pela água, neste canal.

- Abundância de lagos de tamanhos variados, observados principalmente no canal 7, em tons muito escuros.
- Vegetação de porte variado, mas sempre menor que o porte da vegetação de áreas de "terra firme", o que é bem observado no canal 7, através dos tons de cinza, que variam de muito claros, nas áreas diretamente atingidas pela inundação, a pouco mais escuros, nas zonas menos atingidas. Estes tons mais claros, no canal 7, estão relacionados à resposta conjunta vegetação/solo, o que, em contrapartida, não pode ser observado em "terra firme", onde a vegetação de alto porte não permite a participação do solo na resposta refletida.

UNIDADE TQ

Apresenta cobertura vegetal extremamente desenvolvida, o que lhe confere tons de cinza muito escuros, no canal 5, devido à alta absorção da radiação pela clorofila, no intervalo de comprimento de onda correspondente a este canal.

É praticamente impossível a observação da drenagem secundária implantada nesta unidade no canal 5. No canal 7, onde a absorção da radiação pela água é muito grande, esta drenagem é melhor observada, salientando um relevo bastante plano, com poucos interflúvios e pequena dissecação.

UNIDADE TK

É praticamente impossível a separação entre as unidades TQ e TK no canal 5, uma vez que ambas estão sob a mesma cobertura vegetal de alto porte, que mascara toda a estrutura e implica tons extremamente escuros, quase negros. Porém, no canal 7, pode-se observar claramente o contato entre essas unidades ao longo do rio Manacapuru, onde se passa da pequena dissecação da unidade TQ para a intensa dissecação da unidade TK, que apresenta enorme quantidade de interflúvios, muito bem definidos, sugerindo relevo um pouco mais acidentado.

As estruturas fotográficas que melhor permitem a individualização da unidade TK são os lineamentos de orientação NW que muitas vezes condicionam a drenagem principal e secundária. Esta característica é apresentada pelo rio Negro, na área abrangida por este projeto. Estes lineamentos podem estar relacionados a sistemas de fraturas e de falhamentos.

5.2 - RESULTADOS

As unidades individualizadas nas imagens do LANDSAT podem ser diretamente correlacionadas a unidades geológicas:

UNIDADE Q - ALUVIÕES

Corresponde aos aluviões holocênicos compostos por areias, siltes e argilas, inconsolidados, relacionados à sedimentação recente e a atual. Nas planícies fluviais, aparecem, sob a forma de terraços aluvionários, condicionados às calhas dos rios e suas planícies de inundação.

UNIDADE TQ - FORMAÇÃO SOLIMÕES

Corresponde a sedimentos inconsolidados, depositados em ambiente flúvio-lacustre, pertencentes à Formação Solimões, composta, principalmente, por argilitos e, secundariamente, siltitos e arenitos.

A unidade TQ (Formação Solimões) aparece ocupando uma área limitada a norte pelos rios Manacapuru e Solimões, e a leste pela rodovia Br 319. Mais para leste dessa rodovia, sua presença se restringe a algumas faixas isoladas, entre os rios mais importantes.

UNIDADE TK - GRUPO BARREIRAS E ARENITO MANAUS

Corresponde a arenitos com granulação fina a grossa, coloração branca, rósea e vermelha, às vezes conglomeráticos e com concreções características. Ocorrem ainda argilitos e siltitos. Inclui o Arenito Manaus, que aflora em pedreiras, na forma de arenitos silicificados, extremamente duros, de coloração esbranquiçada e róseo - avermelhada, quando o cimento

silicoso apresenta impurezas de óxido de ferro.

A unidade TK ocupa toda área localizada a norte dos rios Manacapuru e Solimões e a leste da Br 319, onde aflora entre faixas alongadas e esparsas na unidade TQ.

5.3 - CONCLUSÕES

A experiência obtida a partir da interpretação fotogeológica das imagens do MSS do LANDSAT, da área abrangida por este projeto, permitiu que se chegasse a algumas conclusões, com respeito à sua utilidade, tendo em vista os objetivos inicialmente propostos, ou seja: o traçado de rodovias de penetração e a indicação preliminar de áreas favoráveis à ocorrência de minerais.

As ocorrências minerais de interesse econômico, já conhecidas na área, restringem-se a materiais de utilização na construção civil, tais como areia e argila para fabricação de tijolos e telhas, arenito, que, por ser extremamente duro, tem larga aplicação na forma de blocos, placas de revestimento para decoração, além de lateritas ferruginas utilizadas na pavimentação de rodovias.

A contribuição que poderia ser dada pelo presente trabalho, com respeito a essas ocorrências minerais, seria no sentido de orientar projetos específicos, partindo-se de uma abordagem regional, uma vez que se poderia chegar à ampliação das reservas conhecidas, através do estudo detalhado de áreas de comportamento análogo às aquelas de reconhecido interesse econômico.

Para o traçado de rodovias de penetração, devem ser levados em consideração alguns aspectos que influem diretamente no custo e qualidade da obra. Uma rodovia deve acompanhar, sempre que possível, os divisores de água, evitando grandes movimentos de terra na forma de cortes e aterros, além de obras de arte de grande porte, o que resulta em menor custo final da obra. O traçado de uma rodovia deve sempre levar em consideração o tipo de terreno sobre o qual se implantará o leito da es

trada, bem como a abundância e proximidade de material de boa qualidade para revestimento ou pavimentação.

Buscando-se, através da interpretação das imagens do MSS do LANDSAT, as condições ideais para a construção de rodovias de penetração, algumas importantes conclusões podem ser obtidas:

- A unidade TK parece preencher melhor as condições ideais para o traçado da diretriz de uma estrada, já que apresenta um padrão de drenagem bem definido, o que facilita a localização dos divisores de água. Além disso, a unidade TK apresenta, na sua constituição, materiais que melhor se enquadram nas características técnicas para a construção e pavimentação de rodovias (solos lateríticos arenosos ou argilosos, areias e arenito). A unidade TK é melhor discriminada no canal 7 das imagens do LANDSAT.
- As unidades TQ e Q devem ser evitadas, sempre que possível, no traçado da diretriz das estradas, uma vez que são constituídas predominantemente de material argiloso, que não é indicado para a preparação da infra-estrutura da estrada.
- A unidade Q (aluviões) pode apresentar problemas de afundamento ou ruptura, nos aterros, devido à falta de consolidação do material que a constitui. As unidades TQ e Q são também melhor discriminadas no canal 7 das imagens do LANDSAT.

5.4 - RECOMENDAÇÕES

A partir das conclusões obtidas neste trabalho, pode-se sugerir o uso das imagens do LANDSAT como ferramenta de grande utilidade no planejamento da ocupação de novas áreas, através da implantação de rodovias de penetração. Para ilustrar este procedimento, foi projetada uma rodovia, ligando os municípios de Manacapuru a Novo Ayrão, dentro da área deste Projeto, apresentando várias características, obtidas através da interpretação das imagens do LANDSAT, como se segue:

- Toda sua extensão está sobre rochas da unidade TK, com diretriz bem definida sobre os divisores de água, e com abundância de material de boa qualidade para revestimento e pavimentação.
- Aproveitamento de 15 Km já abertos, com leito carroçável, ligando Manacapuru à Fazenda Agro-Industrial Manacapuru Ltda. (incentivada pela SUDAM),
- Ligação a Manacapuru, e portanto a Manaus, de outros empreendimentos agro-industriais, que podem ser observados no canal 5 das imagens LANDSAT, na forma de áreas desmatadas de até 2 Km².

Outra sugestão que este trabalho pode deixar, no campo dos transportes, é no sentido de otimizar o tempo de percurso nas hidrovias, pelo estudo da rede de drenagem, que é muito bem observada no canal 7 das imagens do LANDSAT, orientando a abertura de canais encurtando distâncias.

CAPÍTULO VI

ESTUDO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DE IMAGENS DO LANDSAT NA CARTOGRAFIA

6.1 - APRESENTAÇÃO

Tendo em vista a dimensão do espaço físico do Estado do Amazonas e o tempo que se empregaria para a obtenção de informações referentes a este espaço, pelos métodos convencionais de levantamento, estudou-se a viabilidade da utilização das imagens do MSS e do RBV da série LANDSAT em Cartografia no Estado do Amazonas.

O estudo foi realizado na escala de 1:250.000, e pôde-se avaliar as vantagens e as desvantagens da utilização dessas imagens.

6.2 - DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE

Para a elaboração da base cartográfica, fez-se necessária uma pesquisa na documentação da área problema e como resultado obteve-se:

- cartas preliminares do Projeto RADAM em 1:250.000;
- recobrimento aerofotográfico na escala de 1:100.000 em áreas isoladas;
- apoio geodésico em áreas próximas a Manaus e ao longo dos rios Solimões e Madeira;
- apoio suplementar já programado;
- levantamento aerofotogramétrico na escala de 1:5.000 da área urbana e de expansão da cidade de Manaus;
- cartas na escala de 1:50.000 de Manaus e na escala de 1:100.000 da região a leste do Careiro.

6.3 - METODOLOGIA

A metodologia foi definida em função dos recursos disponíveis no ITERAM, da situação cartográfica do Estado e dos objetivos desse Instituto no campo da cartografia.

A metodologia escolhida foi a do transporte gráfico que tem como função a atualização de documentos já existentes. No caso do Amazonas, como já existem Folhas RADAM cobrindo todo o Estado e carência de pontos de apoio, qualquer serviço que se necessite executar depende preliminarmente de apoio básico o que acarreta custos elevados e um período longo de operação, tornando-se inviável no atual contexto. Utilizar as Folhas RADAM para a definição de pontos de apoio também não é viável, pois existem grandes deformações devido aos mosaicos e à escassez de controle, o que leva à transferência dos erros do RADAR para a imagem do satélite.

Como a Folha RADAM já atende perfeitamente aos objetivos do trabalho, a metodologia permitirá também a atualização destas folhas, necessitando dos seguintes requisitos:

- Imagens BULK nos canais 5 e 7;
- Identificação de pontos comuns na imagem e no mapa das áreas que serão atualizadas;
- Processo gráfico na operação.

Neste procedimento, a imagem é compartimentada em setores com os pontos de controle definidos em cada setor.

As transformações são realizadas isoladamente, podendo-se usar para isso equipamentos aerofotogramétricos convencionais.

Assim sendo, limita-se o uso das imagens MSS à atualização das Folhas RADAM.

6.4 - RESULTADOS ESPERADOS

Como produto final esperado, o Estado do Amazonas teria todas as folhas RADAM atualizadas, na escala 1:250.000 na projeção UTM, embora não controladas devido à falta de apoio geodésico na região.

6.5 - CONCLUSÕES

Vários aspectos relacionados com as vantagens e desvantagens do uso das imagens do LANDSAT em Cartografia devem ser enfatizados.

Vantagens:

- Recobrimento de todo o Estado com 83 imagens do MSS de cada canal, o que torna este sistema menos oneroso em relação a qualquer outro processo de recobrimento.
- Recobrimento de todo o Estado a cada 18 dias, o que significa a obtenção do produto a curto prazo. Desta forma, pode-se ter vinte imagens de uma mesma área no decorrer de um ano, incluindo algumas que, possivelmente, possam ser prejudicadas pela cobertura de nuvens.
- Cada imagem do MSS, abrangendo uma área de (185 x 185) Km, em quatro faixas espectrais diferentes, possibilita a identificação de fenômenos específicos a cada canal e a elaboração de cartas temáticas.

Desvantagens:

- Ausência de informações altimétricas.
- Incompatibilidade do formato das imagens com a articulação das folhas topográficas na escala de 1:250.000.
- Limitação quanto ao cadastramento técnico, devido não só ao fornecimento de posições relativas, como também à incompatibilidade de escala; parâmetros que só serão possíveis de contornar com serviços topográficos.

6.6 - RECOMENDAÇÕES

Os levantamentos da rede de drenagem nas imagens do MSS, correspondente ao canal 7, e do sistema viário, das cidades, vilas e povoados, no canal 5, possibilitam o conhecimento mais apurado da atual situação da ocupação do Estado.

Em vista disto, recomenda-se sua utilização preferencial na elaboração de mapas que visem:

- Uma melhor distribuição populacional, através da criação de novas sedes municipais e núcleos urbanos.
- Demarcação dos limites municipais, já que as imagens do MSS, correspondentes aos canais 5 e 7, fornecem abundância de acidentes geográficos, que definem tais limites.
- Planejamento de um sistema viário racional que venha atender a todas as atividades direcionadas ao desenvolvimento dessas novas localidades.
- Acompanhamento dos cronogramas físicos inerentes a quaisquer projetos desta natureza, além de se poder controlar a existência dos campos de pouso não homologados, por se tratar de informação nãtida nas imagens devido à grande reflectância de solo desmatado.

Tratando-se de órgãos estaduais, aos quais é vetada a possibilidade de realizar mapeamento topográfico regular, que por lei é da competência da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército e da Fundação IBGE, nada impede se utilizar a documentação existente para desenvolvimento de atividades cartográficas, atualizando-as, quando necessãrio, através do uso das imagens orbitais do MSS e do RBV, obtidas pelo INPE.

APÊNDICE A

PLANO DE SOBREVÔO NO RECONHECIMENTO

2019

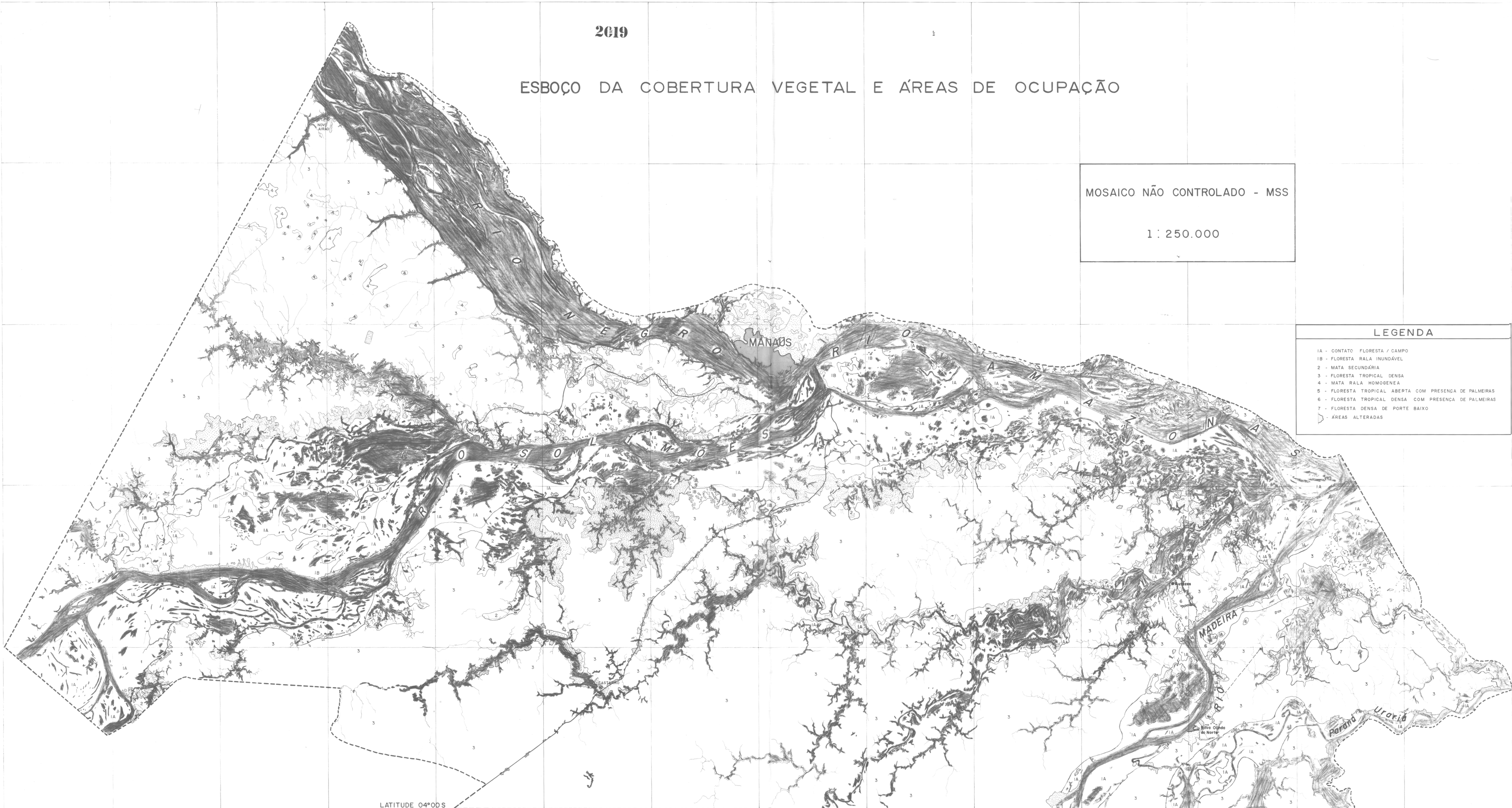
ESBOÇO DA COBERTURA VEGETAL E ÁREAS DE OCUPAÇÃO

MOSAICO NÃO CONTROLADO - MSS

1 : 250.000

LEGENDA

- 1A - CONTATO FLORESTA / CAMPO
- 1B - FLORESTA RALA INUNDÁVEL
- 2 - MATA SECUNDÁRIA
- 3 - FLORESTA TROPICAL DENSE
- 4 - MATA RALA HOMOGENEA
- 5 - FLORESTA TROPICAL ABERTA COM PRESENCIA DE PALMEIRAS
- 6 - FLORESTA TROPICAL DENSE COM PRESENCIA DE PALMEIRAS
- 7 - FLORESTA DENSE DE PORTE BAIXO
- 8 - ÁREAS ALTERADAS



LATITUDE 04°00'S

APÊNDICE B

ESBOÇO DA COBERTURA VEGETAL E ÁREAS DE OCUPAÇÃO

APÊNDICE C

FORMAS ESPONTÂNEAS DE ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO, OBTIDAS DAS
IMAGENS DO RBV/LANDSAT

2019

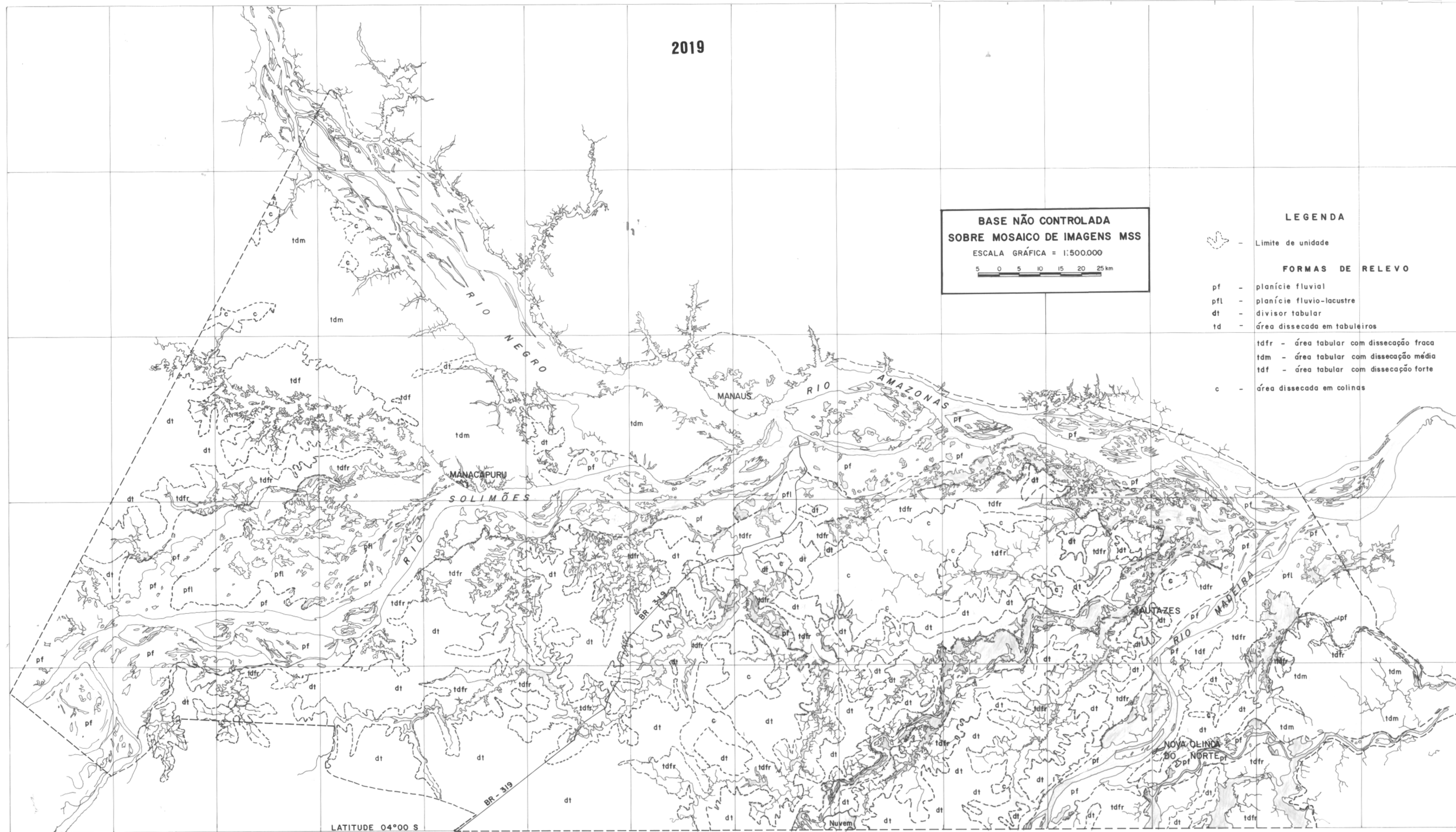
BASE NÃO CONTROLADA
SOBRE MOSAICO DE IMAGENS MSS
ESCALA GRÁFICA = 1:500.000
5 0 5 10 15 20 25 km

LEGENDA

- Limite de unidade

FORMAS DE RELEVO

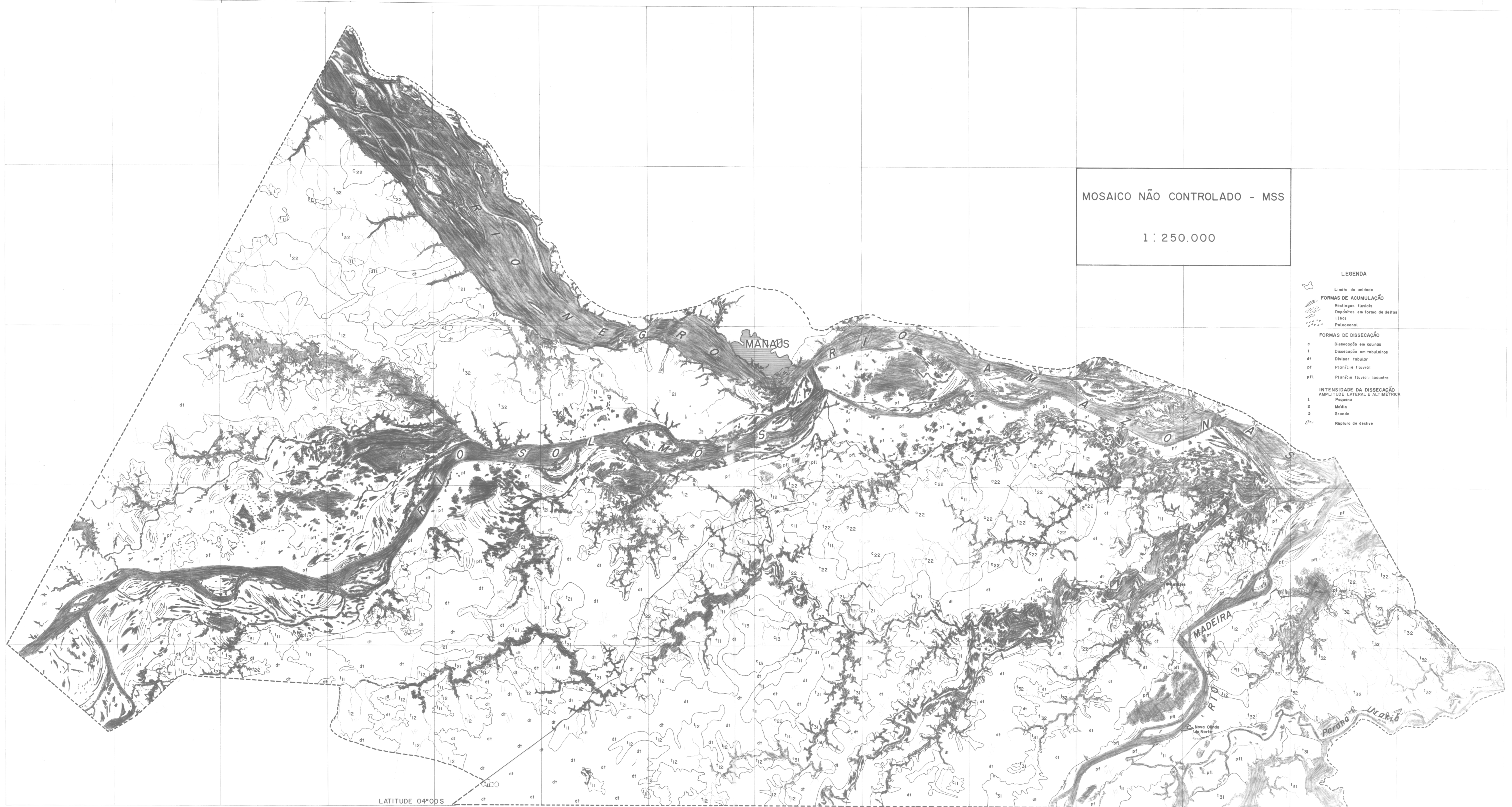
- pf - planície fluvial
- pfl - planície flúvio-lacustre
- dt - divisor tabular
- td - área dissecada em tabuleiros
- tdfr - área tabular com dissecção fraca
- tdm - área tabular com dissecção média
- tdf - área tabular com dissecção forte
- c - área dissecada em colinas



LATITUDE 04°00 S

APÊNDICE D

ESBOÇO PEDOLÓGICO



MOSAICO NÃO CONTROLADO - MSS
1 : 250.000

- LEGENDA**
- Limite de unidade
 - FORMAS DE ACUMULAÇÃO**
 - Restingas fluviais
 - Depósitos em forma de deltas
 - Ilhas
 - Paleocanal
 - FORMAS DE DISSECAÇÃO**
 - Dissecação em colinas
 - Dissecação em tabuleiros
 - Divisor tabular
 - Planície fluvial
 - Planície flúvio-lacustre
 - INTENSIDADE DA DISSECAÇÃO
AMPLITUDE LATERAL E ALTIMÉTRICA**
 - 1 Pequeno
 - 2 Médio
 - 3 Grande
 - 3^{err} Ruptura de declive

APÊNDICE E

ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO 1:250.000

2019

ESBOÇO GEOLÓGICO

MOSAICO NÃO CONTROLADO - MSS

1 : 250.000

LEGENDA

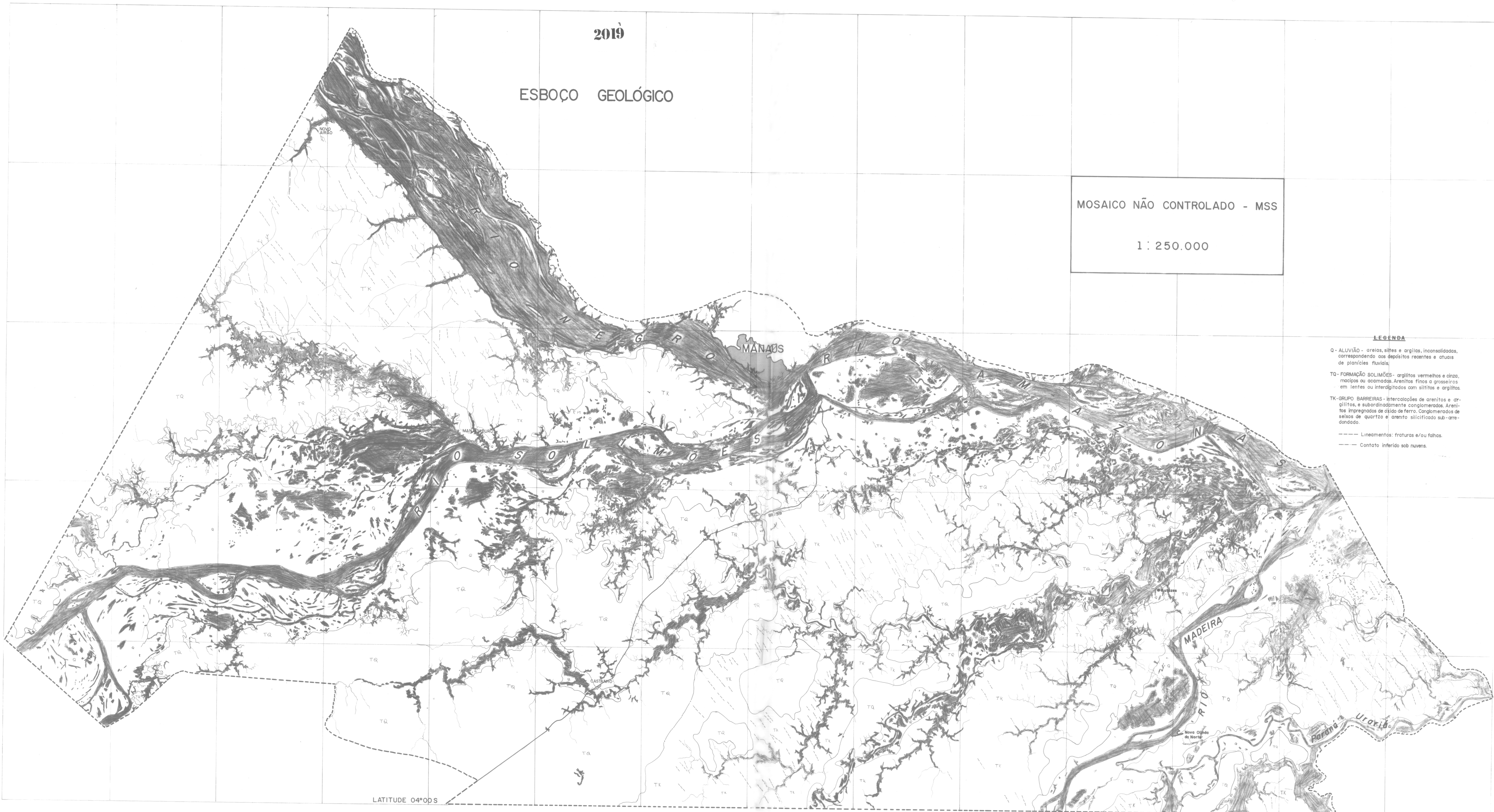
Q - ALUVIÃO - areias, siltes e argilas, inconsolidadas, correspondendo aos depósitos recentes e atuais de planícies fluviais.

TQ - FORMAÇÃO SOLIMÕES - argilitos vermelhos e cinza, maciços ou acamados. Arenitos finos a grosseiros em lentilhas ou interdigitados com silteitos e argilitos.

TK - GRUPO BARREIRAS - intercalações de arenitos e argilitos, e subordinadamente conglomerados. Arenitos impregnados de óxido de ferro. Conglomerados de seixos de quartzo e arenito silicificado sub-arredondado.

--- Lineamentos: fraturas e/ou falhas.

--- Contato inferido sob nuvens.



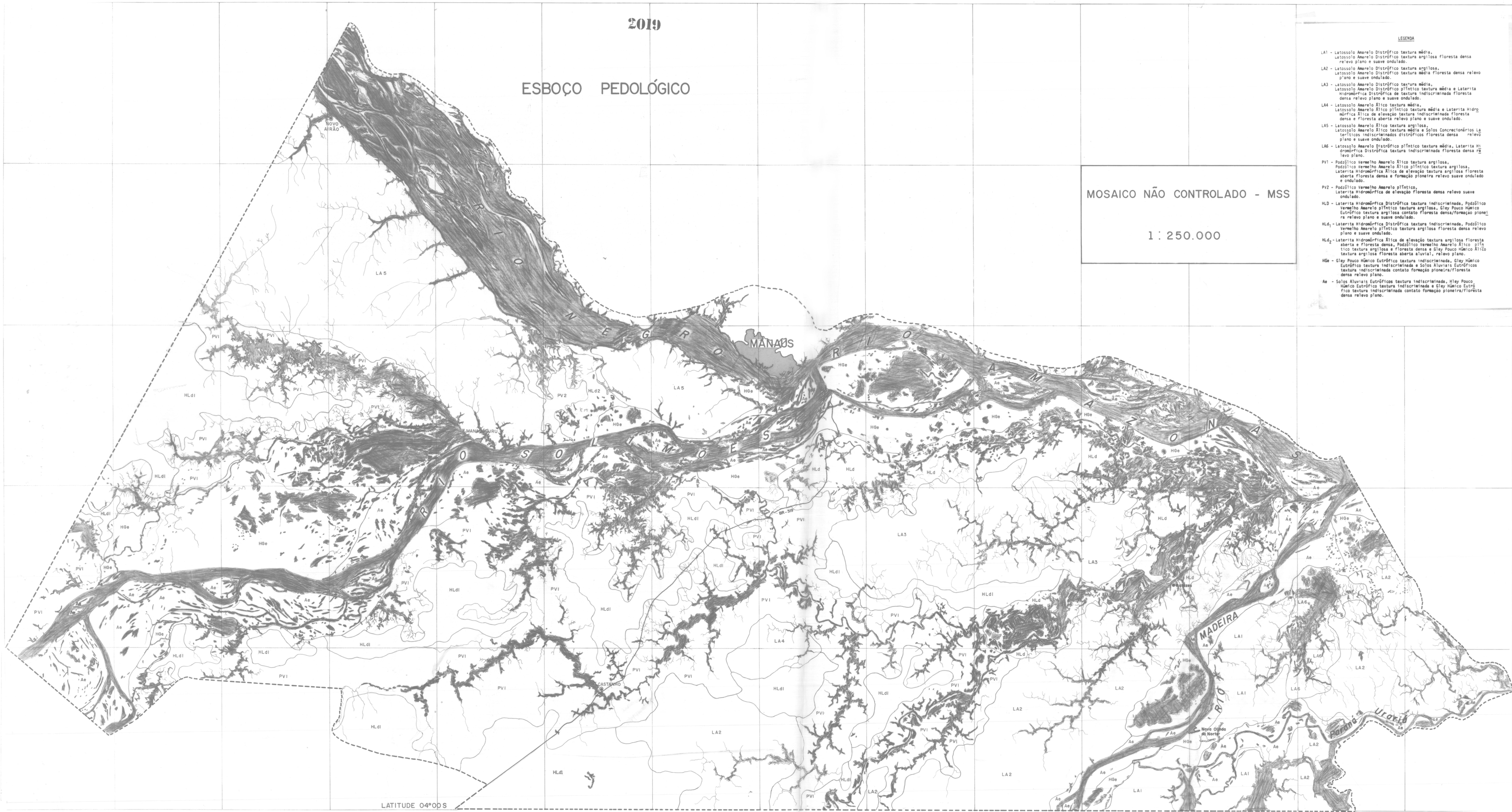
LATITUDE 04°00'S

APÊNDICE F

ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO 1:500.000

2019

ESBOÇO PEDOLÓGICO



MOSAICO NÃO CONTROLADO - MSS
1 : 250.000

- LEGENDA**
- LA1 - Latossolo Amarelo Distrófico textura média, Latossolo Amarelo Distrófico textura argilosa relevo plano e suave ondulado.
 - LA2 - Latossolo Amarelo Distrófico textura argilosa, Latossolo Amarelo Distrófico textura média floresta densa relevo plano e suave ondulado.
 - LA3 - Latossolo Amarelo Distrófico textura média, Latossolo Amarelo Distrófico plintico textura média e Laterita Hidromórfica Distrófica de textura Indiscriminada floresta densa relevo plano e suave ondulado.
 - LA4 - Latossolo Amarelo Álico textura média, Latossolo Amarelo Álico plintico textura média e Laterita Hidromórfica Álica de elevação textura Indiscriminada floresta densa e floresta aberta relevo plano e suave ondulado.
 - LA5 - Latossolo Amarelo Álico textura argilosa, Latossolo Amarelo Álico textura média e Solos Concrecionários Latéticos Indiscriminados distrópicos floresta densa relevo plano e suave ondulado.
 - LA6 - Latossolo Amarelo Distrófico plintico textura média, Laterita Hidromórfica Distrófica textura Indiscriminada floresta densa relevo plano.
 - PV1 - Podzólico Vermelho Amarelo Álico textura argilosa, Podzólico Vermelho Amarelo Álico plintico textura argilosa, Laterita Hidromórfica Álica de elevação textura argilosa floresta aberta floresta densa e formação pôneira relevo suave ondulado e ondulado.
 - PV2 - Podzólico Vermelho Amarelo plintico, Laterita Hidromórfica de elevação floresta densa relevo suave ondulado.
 - HLD - Laterita Hidromórfica Distrófica textura Indiscriminada, Podzólico Vermelho Amarelo plintico textura argilosa, Gley Pouco Húmico Eutrófico textura argilosa contato floresta densa/formação pôneira relevo plano e suave ondulado.
 - HLd - Laterita Hidromórfica Distrófica textura Indiscriminada, Podzólico Vermelho Amarelo plintico textura argilosa floresta densa relevo plano e suave ondulado.
 - HLd - Laterita Hidromórfica Álica de elevação textura argilosa floresta aberta e floresta densa, Podzólico Vermelho Amarelo Álico plintico textura argilosa e floresta densa e Gley Pouco Húmico Álico textura argilosa floresta aberta aluvial, relevo plano.
 - HGe - Gley Pouco Húmico Eutrófico textura Indiscriminada, Gley Húmico Eutrófico textura Indiscriminada e Solos Aluviais Eutrópicos textura Indiscriminada contato formação pôneira/floresta densa relevo plano.
 - Ae - Solos Aluviais Eutrópicos textura Indiscriminada, Gley Pouco Húmico Eutrófico textura Indiscriminada e Gley Húmico Eutrófico textura Indiscriminada contato formação pôneira/floresta densa relevo plano.

LATITUDE 04°00'S

APÊNDICE G

ESBOÇO GEOLÓGICO

|W60°30'

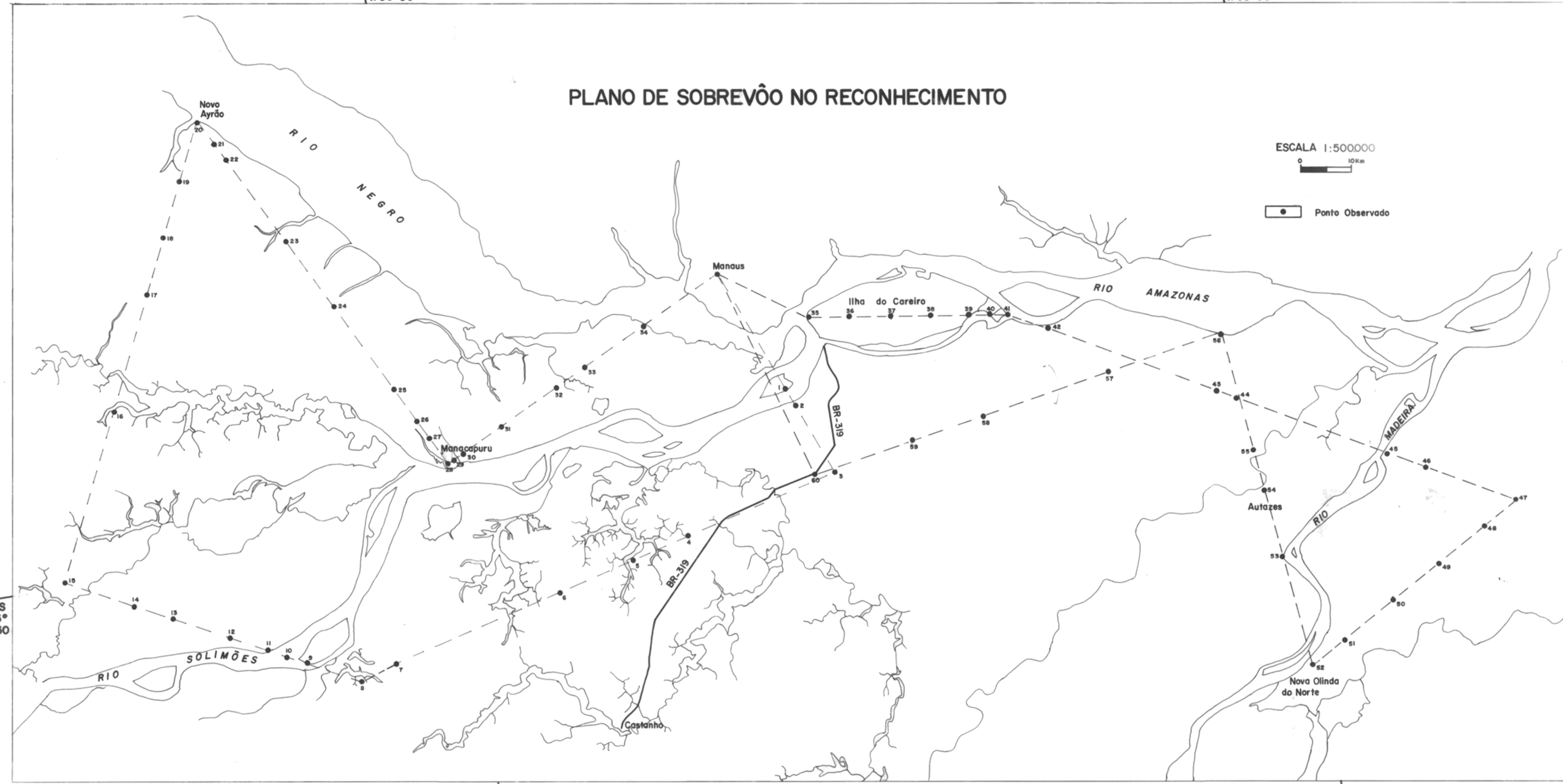
|W59°00'

PLANO DE SOBREVÔO NO RECONHECIMENTO

ESCALA 1:500000



● Ponto Observado



|S 3° 30'

|S 3° 30'

|W 60° 30'

|W 59° 00'