

CAPÍTULO A12

ANÁLISE DE IMAGENS DE SATÉLITE

12.1 Análise de Imagens de Satélite realizada no Estudo

12.1.1 Dados Utilizados na Análise

(1) Dados Existentes

Foram utilizados, no máximo possível, os dados levantados durante o 1º Trabalho no Brasil, que ocorreu de abril a junho/2000, tais como Mapas de Relevo (1:100.000), de Solos (1:250.000), de Vegetação, de Sistema Hidrográfico, e de Limites Municipais, entre outros.

(2) Dados de Satélite

A Área do Estudo, com uma superfície de 22.365 km², situa-se na região amazônica que possui constantes nuvens. Assim, dados obtidos somente do LANDSAT/TM não são suficientes para identificar as situações atuais de áreas degradadas na Área do Estudo. Foram necessários os dados complementares do RADARSAT/SAR e do NOAA/AVHRR, que não são afetadas pelas nuvens.

a. Dados do LANDSAT/TM

Os dados do LANDSAT/TM possuem excelentes características em leitura de vegetação, sendo portanto adequados para a identificação de situações atuais de áreas degradadas (Fig.A12.1-1).

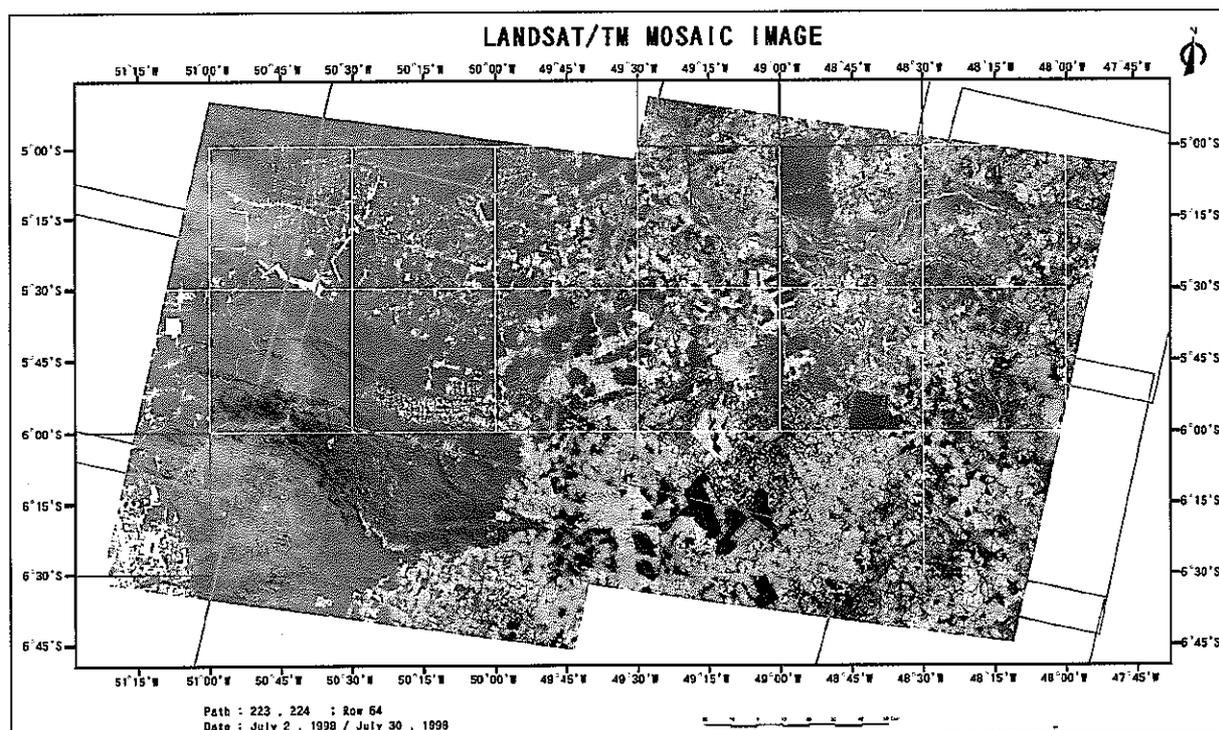


Fig. A12.1-1 Mapa da Cobertura do LANDSAT/TM

Tabela A12.1-1 Dados do LANDSAT/TM Utilizados

Path	Row	Data da Imagem	Volume de Nuvens	Observação
223	64	11/07/1984	* em média : 10%	Banda 1 : má qualidade
224	64	21/07/1985	** U/L:50%, U/R:20 % L/L:30%, L/R:30%	
223	64	17/07/1986	** U/L:10%, U/R:10% L/L: 0%, L/R:10%	
224	64	24/07/1986	** U/L: 0%, U/R: 0% L/L:20%, L/R: 0%	
223	64	02/08/1992	em media : 10%	
224	64	30/07/1994	* em média : 10%	com "line noise"
223	64	02/07/1998	* em média : 10%	
224	64	25/07/1998	* em média : 10%	
223	64	07/07/2000	* em média : 10%	
224	64	12/06/2000	* em média : 10%	

Obs. 1 : Para as colunas com (*), o volume de nuvens foi calculado considerando os dados do TM, devido a inexistência de observação no "Archive Data".

Obs. 2 : Para as colunas com (**), cada uma das siglas U/L, U/R, L/L e L/R indica uma posição de um quarto da imagem.

U/L: Upper/Left, U/R: Upper/Right, L/L: Low/Left e L/R: Low/Right.

b. Dados do RADARSAT/SAR

Os dados do RADARSAT/SAR possuem um alto nível de resolução, sendo adequados para a leitura de estruturas artificiais, os relevos superficiais e os corpos d'água da Terra (Fig.A12.1-2).

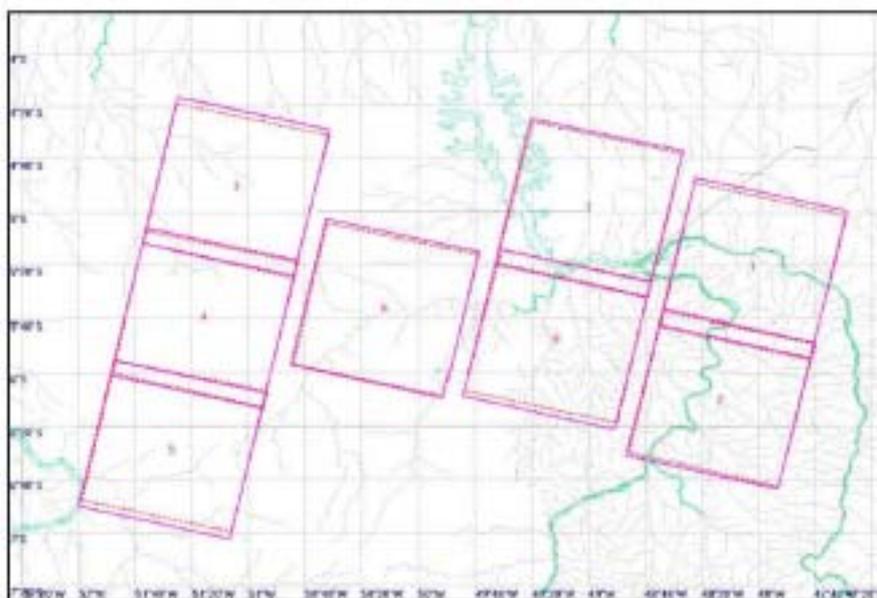


Fig. A12.1-2 Mapa da Cobertura do RADARSAT

Tabela A12.1-2 Dados do RADARSAT/SAR utilizados

No.	Órbita *	Modo do Sensor	Data da Imagem	Coordenada Central da Imagem	Incidência / Banda / Onda Polarizadora
1	24693(D)	Standard3	28/07/2000	5:20S / 48:00W	33,97° / C Band / HH
2	24693(D)	Standard3	28/07/2000	6:11S / 48:12W	33,97° / C Band / HH
3	24736(D)	Standard3	31/07/2000	4:50S / 51:02W	33,97° / C Band / HH
4	24736(D)	Standard3	31/07/2000	5:40S / 51:14W	33,97° / C Band / HH
5	24736(D)	Standard3	31/07/2000	6:30S / 51:25W	33,97° / C Band / HH
6	24836(D)	Standard3	07/08/2000	5:34S / 50:09W	33,97° / C Band / HH
7	24936(D)	Standard3	14/08/2000	5:48S / 49:10W	33,97° / C Band / HH
8	24936(D)	Standard3	14/08/2000	4:57S / 48:58W	33,97° / C Band / HH

Obs.: * A Órbita (D) indica o endereço da cobertura, que corresponde a "Path/Row" dos dados do Landsat/TM.

(iii) Dados do NOAA/AVHRR

O satélite NOAA é possível de captar mais de uma imagem por dia. Além disso, os seus dados são adequados para serem submetidos ao processo de eliminação das nuvens.

Tabela A12.1-3 Dados do NOAA/AVHRR utilizados

No. Do Satélite	Órbita *	Data e Hora da Imagem (GMT)
NOAA-9	8002	02/07/1986 18:11
NOAA-9	8115	10/07/1986 18:27
NOAA-9	8284	22/07/1986 17:58
NOAA-9	8283	29/07/1986 18:24
NOAA-9	8510	07/08/1986 18:28
NOAA-9	8679	19/08/1986 18:00
NOAA-9	8792	27/08/1986 18:15
NOAA-11	19715	22/07/1992 18:34
NOAA-11	30369	16/08/1994 19:42
NOAA-14	23312	09/07/1999 17:44

Obs.: * A Órbita indica o endereço da cobertura, que corresponde a "Path/Row" dos dados do Landsat/TM.

12.1.2 Metodologia de Análise

(1) Processamento Preliminar dos Dados de Satélite

Sobre os dados obtidos de satélite, foram realizadas as correções de coordenadas e de radiação, para que os dados de satélite possam ser submetidos à análise. Foram feitos os ajustamentos das formas através da correção geográfica entre as "scenes" e o ajustamento dos níveis de luminosidade através da correção de radiação. Também foi realizada a correção geométrica de precisão entre as imagens de diferentes datas, para que os dados de uma imagens possam ser sobrepostos em dados de outro data. Como o resultado, foi alcançada a precisão de 3 a 4 "pixels" ou até menos, podendo confirmar a aplicabilidade dos dados corrigidos na elaboração do Mapa de Condições Atuais de Áreas Degradadas em escala de 1:100.000.

(2) Processamento para Eliminar as Nuvens

Sobre os dados do LANDSAT/TM de 1986, amplamente afetados pelas nuvens, foi efetuado o processamento para eliminar as nuvens através do uso de 10 "scenes" obtidas do NOAA/AVHRR.

(3) Processamento do Mosaico

Para possibilitar a correção geométrica de precisão, foram selecionados 20 pontos GCP de cada "scene" (cerca de 1 a 2 pontos GCP de cada carta) a partir do mapa de relevo em escala de 1:100.000. Desde que conseguimos obter somente o mapa de relevo antigo, os pontos GCP foram estabelecidos em localidades provavelmente pouco acidentadas.

(4) Sobreposição dos Dados Existentes nas Imagens de Satélite

Nas imagens de satélite, foram sobrepostos os dados dos mapas de relevo (1:100.000), de solos (1:250.000), de vegetação, do sistema hídrico e dos limites municipais.

(5) Sintetização das Cores das Imagens de Satélite

Foi feita a sintetização das cores, através de combinação das bandas do LANDSAT/TM, e os tipos de objetos são classificados através da leitura a olho nu.

Tabela A12.1-4 Tipos e Efeitos das Cores Sintetizadas de Imagens do LANDSAT/TM

Sintetização das Cores (Combinação das Bandas TM)	Descrição
Imagem em Falsa Cor (Band 4, Band 3 e Band 2)	São expressas em : (a) vermelho para florestas, (b) rosa para áreas de cultivo com produtos agrícolas, pastos, gramas, (c) azulado para várzeas, roças após a colheita de arroz, (d) azul para corpos d'água, (e) esbranquiçado para áreas urbanas e desnudadas, (f) branco para nuvens e neve.
Imagem em Cor Natural (Band 3, Band 4 e Band 2)	Coberturas vegetais são expressas em cores quase naturais.
Imagem em Falsa Cor infravermelho médio (Band 4, Band 5, Band 3)	Método mais propício para identificação das espécies florestais, facilitando a leitura da distinção entre latifólio e conífero.
Imagem em Cor Natural infravermelho médio (Band 5, Band 4, Band 3)	São expressas em : (a) verde escuro para floresta conífera, (b) verde claro para floresta mista, (c) marrom para floresta latifólio ao redor de topo de montanhas.

(6) Processamento de Análise através do Método Estatístico e Numérico

Através do método estatístico e numérico, as áreas foram classificadas em grupos com características semelhantes. E comparando esses resultados da análise com as imagens sintetizadas, foram extraídas as áreas que apresentaram as características mais prováveis dos objetos pretendidos. Por último, foi realizado o processamento múltiplo utilizando os outros métodos, para avaliar e confirmar os resultados da extração.

Tabela A12.1-5 Método Estatístico e Numérico e seus Efeitos

Método	Descrição
NDVI : Índice de Vegetação de Diferença Normalizada "Normalized Difference Vegetation Index"	Método que permite classificar com facilidade as áreas de cobertura vegetal, solos e corpos d'água de acordo com parâmetros obtidos de bandas 4 + 3 / 3 + 4
"Cluster Class Method"	Método sem "professor" pelo qual classifica os espectros semelhantes em 256 classes, utilizando todas as Bandas menos a Banda 6. A classificação em 256 classes permite a definição detalhada. Além disso, cada classe é subdividido em categorias de características de objetos prováveis, através da comparação da imagem com a distribuição do classe.
"Tussled Cup Method"	Método de analisar os principais ingredientes, pelo qual é feita a sintetização de imagens com ingredients característicos tais como corpos d'água, áreas com cobertura vegetal e áreas urbanas (desnudadas), através do uso das 6 bandas. É altamente aplicável na a classificação geral de corpos d'água, áreas urbanas e áreas com cobertura vegetal.
"Most Likelihood Method"	Método com "professor" pelo qual classifica e extrai os espectros mais próximos ao volume estatístico obtido, tendo os objetos possíveis de leitura prévia como a "área de treinamento"

(7) Leitura Preliminar dos Tipos de Cobertura da Terra

Como a etapa da leitura preliminar dos tipos de cobertura da terra, foram classificados provisoriamente em 8 tipos da cobertura das terras, através do uso do NDVI.

Tabela A12.1-6 Classificação Preliminar em 8 Tipos segundo os Valores NDVI

Classificação Provisória	Cor Expressa da Banda	Valores NDVI	Banda 5	Banda 4	Banda 3
Rio / Lago	Azul	-0.688 a -0.148	13 a 38	5 a 15	0 a 13
Banco de areia / Areal	Branco	-0.156 a -0.086	115 a 148	90 a 119	230 a 255
Área urbana / Estrada	Rosa	-0.234 a -0.242	41 a 89	54 a 85	91 a 135
Áreas Desnudadas	Rosa Esbranquiçada	0.227 a 0.445	40 a 51	66 a 85	101 a 123
Várzea	Laranja	0.227 a 0.445	17 a 23	51 a 67	53 a 79
Pastos	Amarelo	0.383 a 0.563	21 a 32	84 a 105	77 a 91
Floresta Aberta	Verde-Amarelo	0.563 a 0.672	19 a 28	74 a 116	62 a 90
Floresta Densa	Verde	0.453 a 0.718	14 a 21	45 a 94	38 a 66

Nesta tabela, observa-se que a parte da mesma faixa dos valores NDVI é repetida em outros grupos de áreas. Portanto os valores NDVI foram atribuídos para cada cor, como descrito na tabela abaixo, através do uso das "Shade Colors" habilitadas para uma expressão detalhada.

Tabela A12.1-7 Valores NDVI Corrigidos

Tipos	Shade Color	Valores NDVI
Rio / Lago	Azul	até -0.242
Banco de areia / Areal	Branco	-0.242 a -0.172
Área urbana / Estrada	Vermelho	-0.172 a -0.094
Áreas Desnudadas	Roxo	0.094 a 0.180
Várzea	Marrom	0.180 a 0.336
Pastos	Amarelo	0.336 a 0.484
Floresta Aberta	Verde-Amarelo	0.484 a 0.547
Floresta Densa	Verde	acima de 0.547

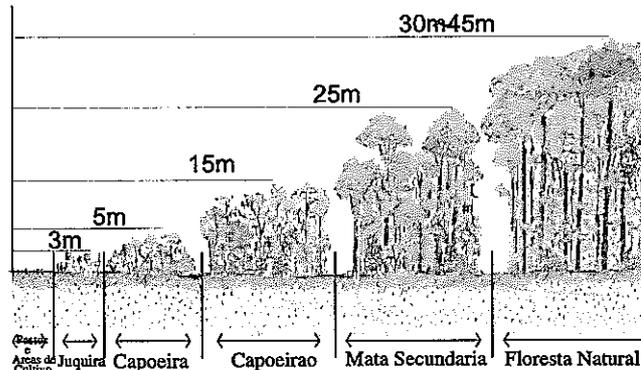
(8) **Análise da Tipificação de Áreas Degradadas**

As áreas degradadas a ser utilizada no Mapa de Condições Atuais de Áreas Degradadas foi tipificadas como descrita na tabale abaixo, baseada na classificação de cobertura da terra obtida na leitura preliminar.

Tabela A12.1-8 Tipificação de Áreas

Tipo de Áreas	Cor que expressa cada tipo
Rio / Lago	Azul
Banco de areia / Areal	Cinza
Área Urbana	Vermelho
Estrada	Preto
Áreas Desnudadas	Bege
Pastos	Rosa
Juquira	Roxo
Capoeira	Rosa Avermelhada
Capoeirão	Amarelo
Mata Secundária	Verde-Amarelo
Floresta Natural	Verde Escuro

Degradadas e Cores Expressivas



(9) **Primeiro Trabalho de Classificação (Extração de Corpos D'Água, Banco de Areia, Áreas Urbanas e Estruturas Artificiais)**

- Foram extraídos os supostos corpos d'água de cada uma das imagens do NDVI, do Cluster Class e do Tussled Cup.
- Os supostos corpos d'água extraídos foram sobrepostos e, as partes coincidentes foram definidas como os corpos d'água.
- As restantes partes, ou seja, os supostos corpos d'água menos as partes consideradas como os corpos d'água, foram submetidas à leitura a olho nu para extrair os corpos d'água adicionais.
- Os bancos de areia foram determinados a partir da imagem do "Cluster Class".

- e. As áreas urbanas e as estradas foram copiadas das imagens de Cor Natural e da Cor Natural do infravermelho médio.

(10) Segundo Trabalho de Classificação (Extração de Áreas Florestais)

- a. Os corpos d'água e os bancos de areia, definidos anteriormente, foram mascarados em cada uma das imagens originais.
- b. A partir da imagem mascarada, a classificação do "Cluster Class" foi calculada.
- c. Baseado no resultado do cálculo, a imagem do "Cluster Class" foi dividida em duas partes, ou seja, as áreas florestais e as não florestais e, foram produzidas as duas imagens, sendo que cada uma tem um tipo de áreas mascaradas.
- d. De acordo com as imagens mascaradas, a imagem original foi dividida em duas imagens, ou seja, uma imagem das áreas florestais e outra das não florestais.
- e. Na imagem das áreas florestais, foram estabelecidas as "áreas de treinamento" de floresta natural, mata secundária, capoeirão, capoeira e juquira para realizar a classificação pelo método "Most Likelihood".

(11) Terceiro Trabalho de Classificação (Extração de Áreas Degradadas)

- a. As supostas florestas naturais foram extraídas das imagens do NDVI e do Cluster Class.
- b. Nestas supostas florestas naturais foram sobrepostas as partes classificadas como a floresta natural na imagem das áreas florestais pelo método "Most Likelihood" e, as partes coincidentes foram definidas como a floresta natural.
- c. As supostas matas secundárias foram extraídas da imagem do Cluster Class.
- d. Nestas suposta matas secundárias foram sobrepostas as partes classificadas como a mata secundária, pelo método "Most Likelihood", na imagem das áreas florestais e, as partes coincidentes foram definidas como a mata secundária.
- e. Os supostos capoeirões foram extraídos da imagem do Cluster Class.
- f. Nestes supostos capoeirões foram sobrepostos as partes classificadas como capoeirão, pelo método "Most Likelihood", nas imagens das áreas florestais e das não florestais e, as partes coincidentes foram definidas como capoeirão.
- g. As supostas capoeiras foram extraídas da imagem do Cluster Class.
- h. Nestas supostas capoeiras foram sobrepostas as partes classificadas como capoeira, pelo método "Most Likelihood", nas imagens das áreas florestais e das não florestais e, as partes coincidentes foram definidas como capoeira.
- i. As supostas juquiras foram extraídas da imagem do Cluster Class.
- j. Nestas supostas juquiras foram sobrepostas as partes classificadas como juquira, pelo método "Most Likelihood", nas imagens das áreas florestais e das não florestais e, as partes coincidentes foram definidas como juquira.
- k. Os supostos pastos foram extraídos da imagem do Cluster Class.
- l. Nestes supostos pastos foram sobrepostas as partes classificadas como pastos, pelo método "Most Likelihood", na imagem das áreas não florestais e, as partes coincidentes foram definidas como pastos.
- m. As supostas áreas desnudadas foram extraídas da imagem do Cluster Class.
- n. Nestas supostas áreas desnudadas foram sobrepostas as partes classificadas como as áreas desnudadas, pelo método "Most Likelihood", na imagem das áreas não florestais e, as partes coincidentes foram definidas como as áreas desnudadas.
- o. As partes restantes indefinidas foram claclassificadas através da análise de comparação com as diferentes imagens de cores sintetizadas, ficando extraídas da imagem do Cluster Class.

(12) Quarto Trabalho de Classificação (Extração de Informações de Infra-Estrutura)

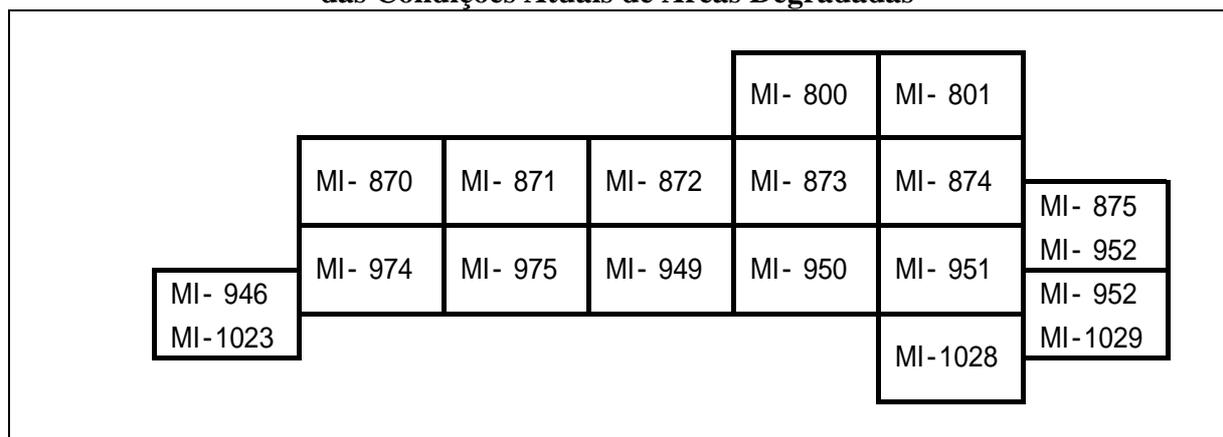
- a. As áreas definidas foram compostas e receberam as cores atribuídas a cada tipo da classificação. Depois, foram sobrepostas as áreas urbanas e as estradas.
- b. Além disso, foram sobrepostos os dados vetoriais dos limites municipais e dos rios, levantados durante o Primeiro Trabalho no Brasil.

(13) Output do Mapa Preliminar das Condições Atuais de Áreas Degradadas

O resultado da classificação foi compilado em cada categoria e, foi sobreposto na imagem do mosaico. O Mapa Preliminar das Condições Atuais das Áreas Degradadas tem as seguintes especificações.

- a. Escala : 1:100.000
- b. Datum : WGS-84 (World Geographic System)
- c. Método de Projeção do Mapa : Universal Transversa
- d. Configuração de Cartas : 16 Cartas

Fig. A12.1-3 Configuração das Cartas que Compõem o Mapa Preliminar das Condições Atuais de Áreas Degradadas



12.2 Verificação do Mapa Preliminar das Condições Atuais de Áreas Degradadas

(1) Observação dos GCP ("Ground Control Point")

Foi realizado o trabalho de observação de campo, com o uso do GPS, nas localidades adequadas para servir como pontos de referência. Neste trabalho de campo foram registradas a latitudes e a longitude junto com a condição de cada localidade. Estas localidades são denominadas como GCP (Ground Control Point). O resultado da observação dos pontos GCP foi utilizado para o ajuste de coordenadas geográficas no Mapa Preliminar.

Os pontos GCP foram selecionados considerando seguintes itens.

- a) A localidade fácil de ser identificada na imagem de satélite.
- b) A localidade cuja condição seja difícil de ser transformada no decorrer do tempo.
- c) A distribuição dos pontos GCP espalhada com a igual densidade em cada carta.

(2) Verificação do Mapa Preliminar das Condições Atuais de Áreas Degradadas

Para efetuar a verificação do Mapa Preliminar das Condições Atuais de Áreas Degradadas, foram selecionados os 30 pontos estratégicos, os quais foram submetidos à verificação comparativa com os resultados da leitura. Para o efeito da verificação, os pontos estratégicos foram fotografado, as quais foram utilizadas como uma referência para corrigir os critérios da leitura.

- a. Verificação da tipificação de áreas degradadas : A tipificação utilizada no Mapa Preliminar foi conferida com as condições locais.
- b. atualização das informações infra-estruturais : Foram verificadas as estradas, ferrovia, pontes, linha de alta tensão, balsas, etc.
- c. Verificação das informações referentes aos limites municipais : Foram verificadas as coordenadas dos limites municipais.

(3) Resultado da Verificação do Mapa Preliminar

Como o resultado da verificação do Mapa Preliminar, realizada através de estudos de campo, observa-se as seguintes tendências :

a. Tipificação de Áreas Degradadas

Nas áreas classificadas como Áreas Desnudas e Floresta Natural no Mapa Preliminar, foi observada alguma forma de atividade antrópica. Portanto as áreas destes dois tipos, de fato, tendem a ser incluídas em Pastos e Floresta Explorada respectivamente. Por outro lado, as áreas consideradas como Floresta Natural inclui, na realidade, as áreas com predominância de babaçu em grande proporção. Quanto a estas áreas de babaçuzal, é necessário estudar a possibilidade de classificá-las como Babaçuzal, através da análise complementar, tendo o babaçu como "professor".

Tabela A12.2-1 Resultado da Verificação de Estudos de Campo em comparação com o Mapa Preliminar

Classificação	Resultado da Verificação
Rio / Lago	Precisão de bom nível.
Banco de Areia	Precisão de bom nível.
Área Urbana	Um pátio de depósito de madeiras de grande escala estava considerado como a Área Urbana.
Estrada	Precisão de bom nível, exceto uma estrada difícil de ser identificada devido ao fato de estar coberta pela floresta secundária.
Áreas Desnuda	A maior parte analisada como as Áreas Desnudas era de Pastos. Na realidade, as Áreas Desnudas apenas existem nos morros onde os solos foram retirados.
Pastos	A maior parte analisada como as Áreas Desnudas era de Pastos.
Juquira	As áreas de pequena ocupação na imagem, com as partes analisadas como Pastos, Juquira e Capoeirão espalhadas em pontinhos, tendem a ser Juquira.
Capoeira	Precisão de bom nível.
Capoeirão	A maior parte analisada como Floresta Explorada era de áreas incluídas em Capoeirão. Por outro lado, nas áreas analisadas como Floresta Natural, foram observadas também as áreas de babaçuzal.
Floresta Explorada	A maior parte analisada como Floresta Natural era de Floresta Explorada, exceto as áreas de babaçuzal.
Floresta Natural	Floresta Natural propriamente dita existe somente nas áreas de reservas.

b. Atualização das Informações Infra-Estruturais

Foram atualizadas as seguintes informações infra-estruturais contidas no Mapa Preliminar.

Tabela A12.2-2 Verificação Local para Atualização do Mapa Preliminar

Informações Infra-Estruturais	Atualização Realizada
Estrada	As principais estradas foram classificadas em Pavimentada e Não Pavimentada.
Ferrovia	Quanto à região onde a ferrovia e a linha de alta tensão estão instaladas paralelamente, os erros de leitura foram corrigidos.
Linha de Alta Tensão	Os erros de leitura, na imagem, entre a ferrovia e a linha de alta tensão foram corrigidos.
Pontes	Foi confirmada a existência das principais pontes.
Balsas	Foi confirmada a disponibilidade de travessia pela balsa no caso de inexistência da ponte.

c. Verificação das Informações referentes aos Limites Municipais

Os Limites Municipais são configurados normalmente pela linha central dos rios e das estradas. Porém os Limites Municipais sobrepostos no Mapa Preliminar não coincidem com os referidos rios e as estradas devido à transformação deles com o decorrer do tempo. Através da discussão com a SECTAM, chegamos a conclusão de adotar os Limites Municipais determinados pela legislação, omitindo a correção da transformação pelo efeito do tempo.

12.3 Elaboração do Mapa das Condições Atuais de Áreas Degradadas

(1) Levantamento de Dados Adicionais

Foram levantados os dados adicionais referentes às áreas de reservas e dos assentamentos.

(2) "Layout" do Mapa das Condições Atuais de Áreas Degradadas

O "layout" do Mapa foi determinado como abaixo descrito, através da discussão mantida com o setor responsável da SECTAM.

- a. Escala : 1:100.000
- b. Datum : WGS-84
- c. Método de Projeção do Mapa : Universal Transversa
- d. Configuração das Cartas : 16 cartas em todo
- e. Códigos das Cartas : MI-800 a MI-952/MI-1029
- f. Tamanho das Folhas : A1 -Papel H.G. Photo
- g. Órgãos Relacionados : Governo do Estado do Pará, SECTAM, JICA
- h. Símbolos : Estrada, Ferrovia, Divisa Municipal, etc.