



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS E AMBIENTAIS – PPGCIFA**

LUIZETE MARIA DA SILVA MAIA

**IDENTIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO E DAS
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO SETOR DE
EXPANSÃO DO DISTRITO INDUSTRIAL DE MANAUS, POR
MEIO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E DE
SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).**

**Dissertação de Pós Graduação em
Ciências Florestais e Ambientais, como
parte dos requisitos para obtenção do
título de mestre em Ciências Florestais
e Ambientais, área de concentração em
Gestão Ambiental e Áreas Protegidas.**

Manaus
2006

Ficha Catalográfica

(Catalogação na fonte pela Biblioteca Central da Universidade Federal do Amazonas-UFAM)

M217i	<p>Maia, Luizete Maria da Silva. Identificação do uso e cobertura do solo e das áreas de preservação permanente do setor de expansão do Distrito Industrial de Manaus, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e de Sistema de Informações Geográficas (SIG) / Luizete Maria da Silva Maia. – Manaus: UFAM, 2006.</p> <p>89 f.; il. color.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas/PPGCIFA, 2006.</p> <p>1. Sensoriamento remoto 2. Sistemas de Informações Geográficas 3. Mapeamento do Solo I.Título.</p> <p>CDU 528.8(811.3)(043.3)</p>
-------	--

É proibida a duplicação ou reprodução e tradução desta obra, no todo ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios (eletrônico, mecânico, gravação, fotocópia, distribuição na Web e outros), sem a autorização expressa da autora.

Contatos e informações: lmaia1@ig.com.br

Impresso em Manaus-Amazonas-Brasil.

LUIZETE MARIA DA SILVA MAIA

IDENTIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO E DAS
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO DO SETOR DE EXPANSÃO DO
DISTRITO INDUSTRIAL DE MANAUS, POR MEIO DE
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E DE SISTEMA DE
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG).

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr. Lizit Alencar da Costa, Presidente
Universidade Federal do Amazonas
Orientador

Prof^o. Dr. Francisco Adilson Hara
Universidade Federal do Amazonas

Prof^o. Dr. Carlos Moisés Medeiros
Universidade Federal do Amazonas

Manaus
2006

Ao meu Deus, pela sustentação em horas difíceis as quais aparentavam não ter solução, quando então, me mostrou que bastava n'ELE confiar.

DEDICO

À minha mãe, Nilza Oliveira da Silva Maia e ao meu pai, Thomaz da Silva Maia (*in memoriam*), pelo ensinamento da perseverança e da fé.

DEDICO.

Aos meus filhos, Larissa e Lucas.

OFEREÇO

Aos meus irmãos(ãs), cunhados(as) e sobrinhos (as).

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A SUFRAMA, que me possibilitou o desenvolvimento deste trabalho;

À Universidade Federal do Amazonas, pelos estudos oferecidos;

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da UFAM, pelos ensinamentos;

Aos meus filhos Lucas e Larissa da Silva Maia Siqueira que me acompanharam de forma brava, participativa, fiel, sabendo compreender minhas ausências, me encorajando em momentos difíceis e que de forma passiva souberam demonstrar o seu amor por mim;

À paciente orientação amiga e solidária do professor Dr. Lizit Alencar da Costa que acreditou nesta pesquisa, sugerindo caminhos e apontando direções para a conclusão deste trabalho;

Ao Dr. Paulo S. B. Cal, pelo incentivo, ombro amigo, tolerância e incentivos que me foram dispensados na busca da realização de mais este ideal;

Ao Dr. Oldemar Ianck e Dr. José Lopo de Figueiredo Filho que desde o primeiro momento souberam compreender meus ideais e sempre me apoiaram;

Ao amigo Dr. Francisco de A. da S. Furtado, que em todos os momentos que precisei sempre estive disposto a me ajudar no desenvolvimento deste trabalho, me ensinando os primeiros e principais passos para utilização dos diversos softwares adotados para o desenvolvimento desta dissertação, me fazendo compreender o verdadeiro sentido de uma grande amizade;

Ao IPAAM, que através do Centro Estadual do Usuário, me possibilitou desenvolver este trabalho me permitindo utilizar seu laboratório de informática;

Aos amigos do mestrado, em especial, Evelise, Carlos Benedito e Edjary e aos meus familiares pela caminhada ao meu lado, pelo companheirismo, apoio, solidariedade e atenção dispensada;

Aos amigos João Brito, Elizete, Claudete, Elzimar, Elizabeth, Eremita, Pedro Vargas e Adarcylne pelo apoio concedido e compreensão;

Ao Dr. Pedro Mourão, que desde o primeiro momento e de forma incondicional se dispôs a me ajudar, me transmitindo novos conhecimentos, sendo tolerante e paciente, me repassando confiança e segurança no desenvolvimento deste trabalho;

Aos meus irmãos Célia, Alberto, Nilzinha, Thomaz, Reinaldo, Nilo, Jorge, Catarina, Carlos, Alan e Clóvis pela compreensão quando das minhas ausências em momentos importantes em que nossa família esteve reunida e pelo exemplo de perseverança na busca e conquista de novos ideais.

AGRADEÇO

"É um paradoxo a Terra se mover ao redor de dois gases altamente inflamáveis.

A verdade científica é sempre um paradoxo, se julgada pela experiência cotidiana que se agarra à aparência efêmera das coisas".

Karl Marx (1818-1883)

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iv
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Estudo da Dinâmica de Ocupação do Solo	2
2.2. Sensoriamento Remoto	4
2.2.1. Aspectos Gerais	4
2.2.2. Características dos Principais Sistemas de Observação da Terra	7
2.2.3. Técnicas de Processamento Digital de Imagens	18
2.2.3.1. A Imagem Digital e Sua Estrutura	18
2.2.3.2. Principais Técnicas de Processamento Digital de Imagens	24
2.2.3.2.1. Pré-Processamento	25
2.2.3.2.2. Realce de Imagens	26
2.2.3.2.3. Classificação das Imagens	27
2.3. Área de Preservação Permanente	29
2.4. Sistema de Informações Geográficas (SIG)	30
2.4.1. Conceitos	30
2.4.2. Entrada de Dados	31
2.4.3. Estrutura de Dados	31
2.4.4. Sistema de Visualização Cartográfica	32
2.4.5. Sistema de Digitalização de Mapas	32
2.4.6. Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD)	33
2.4.7. Sistema de Análise Geográfica	33
3. OBJETIVOS	34
3.1. Geral	34
3.2. Específico	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1. Área de Estudo	35
4.2. Materiais Utilizados	38
4.3. Procedimento Metodológico	38

	Página
4.3.1. Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo	38
4.3.1.1. Processamento das Cartas	40
4.3.1.2. Georreferenciamento das Cartas	40
4.3.1.3. Classificação da Imagem CBERS	41
4.3.2. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e Conflitos de Uso	52
4.3.2.1. Obtenção das Áreas de Preservação Permanente	53
4.3.2.2. Obtenção dos Conflitos de Uso	58
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
5.1. Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo	59
5.1.1. Layer de Limite e Corte da Imagem	59
5.1.2. Classificação da Imagem CBERS-CCD	61
5.2. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e Conflitos de Uso	72
5.2.1. Base Cartográfica	72
5.2.2. Mapa Temático de Preservação Permanente	78
5.2.3. Mapa Temático de Conflitos de Uso	80
6. CONCLUSÃO	82
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84

RESUMO

O Distrito Industrial de Manaus, que surgiu com a criação da Superintendência da Zona Franca da Manaus – SUFRAMA, mesmo possuindo um planejamento com um Plano Diretor pré-estabelecido, é motivo de preocupação quanto a sua ocupação principalmente em relação à Legislação Ambiental do País. O Distrito Industrial 1 encontra-se totalmente ocupado, porém o Setor de Expansão do Distrito Industrial, que é contíguo ao Distrito 1 e dele fazendo parte, encontra-se em fase de ocupação. Com o objetivo de verificar se essa ocupação atende ao que estabelecem as Leis Ambientais, achou-se por bem proceder esse estudo. Para se atingir os objetivos estabelecidos quanto à identificação do uso e cobertura do solo e das áreas de preservação permanente com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, várias técnicas foram utilizadas. A princípio foram utilizadas as imagens do satélite CBERS – CCD, adquiridas do INPE, que primeiramente foi georreferenciada tendo como base as cartas de limite, cursos d’água e arruamento do Distrito. Posteriormente, na imagem composta pelas bandas 3, 4 e 2 do satélite CBERS, identificou-se áreas de treinamento, cujo uso e ocupação se tinha conhecimento, o que possibilitou a utilização dos algoritmos classificadores *PIPED*, *MINDIST* e *MAXLIKE*, existentes no software IDRISI Kilimanjaro. Posteriormente, após análise dos mapas temáticos obtido, se concluiu que o classificador que melhor espelhou a região estudada foi o *MAXLIKE*. Ao mapa adquirido por este método, fez-se a junção de outras informações sobre a área, como lotes ocupados por empresas e do lote destinado a uma unidade de conservação ambiental, resultando no Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo, do qual se pode obter como resultado que 50,42% de sua área é ocupada por Floresta Densa, 4,07 % por Construções, 12,12% é Área Antropizada, 31,36% é Vegetação de Regeneração e 2,03% por Ocupação Irregular. A seguir, com a utilização de recursos existentes no software ArcView e IDRISI Kilimanjaro foram executados vários procedimentos nas cartas de curvas de nível e cursos d’água, o que permitiu obter mapas nos quais se pôde concluir que, quanto à elevação do terreno em estudo, não há nenhuma área com declividade superior a 45°, que seriam as áreas com restrição de uso com base na Legislação Ambiental. Quanto ao Mapa Temático de Preservação Permanente em relação ao curso d’água, que resultou no Mapa de Conflitos de Uso, permitiu identificar que para a área total de 5.760 ha., somente a área de 97,82 ha. possui conflitos de uso. Após estes resultados concluiu-se que a imagem utilizada nestes estudos, com resolução espacial de 20 metros, que resultou no Mapa de Uso e Cobertura do Solo,

Mapa de Preservação Permanente e Mapa de Conflitos de Uso possibilitou obter de forma satisfatória resultados que são condizentes com o verificado no local, que a área com conflitos de uso é mínima em relação ao tamanho total da área da Expansão do DI e que, para setores que possuem planejamento para ocupação de áreas que estão sobre a sua responsabilidade, como é o caso da área de estudos, é perfeitamente viável que a ocupação se dê em perfeita consonância com a Legislação Ambiental em vigor, e que a SUFRAMA, que dispõe de recursos que permitem monitorar a ocupação do Setor de Expansão do DI poderá permanecer promovendo o desenvolvimento regional com a preservação da natureza.

PALAVRAS-CHAVE: Distrito Industrial; Sensoriamento Remoto; Sistema de Informações Geográficas; Mapa de Conflitos de Uso.

ABSTRACT

The Industrial District that appeared with the creation of the Supervision of the Zona Franca of Manaus - SUFRAMA, exactly possessing a planning with an daily pay-established Managing Plan, is concern reason how much its occupation mainly in relation to the Ambient Legislation of the country. The Industrial district meets busy total, however, the sector of expansion of the Industrial District, that is contiguous to District 1 and of it being part, meets in occupation phase. With the objective to verify if this occupation take care of to the one that establish the Environmental Laws, was found for good to proceed this study. To reach established objectives how much to the identification of the use and covering of the ground and the areas of permanent preservation with the use of techniques of remote sensorial and systems of geographic information, several techniques had been used. The principle had been used the images of satellite CBERS-CCD, acquired of the INPE, that first was having as base the letters of limit, water courses and arruaments of the District. Later, in the composed image for the bands, 3, 4 and 2 of satellite CBERS, identified areas of training, whose use and occupation if had knowledge what it made possible use of classifying algorithms PJPED, MINDIST and MAXLIKE, existing in software IDRISI Kilimanjaro. Later, after analysis of the gotten thematic maps, if concluded that the classifier that better inspiration the studied region was the MAXLIKE. To the map acquired for this method, it became junction of other information on the area, as busy lots for companies and of the lot destined to a unit of ambient conservation, resulting in the thematic map of use and covering of the ground, of which if it can get as resulted that 50.42% of its area are busy for Dense Forest; 4,07% for constructions; 12,12% are atrophic area; 31,36% are vegetation of regeneration and 2.03% for irregular occupation. To follow, with the use of existing resources in software ArcView and IDRISI Kilimanjaro some procedures in the letters of level curves and courses of water, what it allowed to get maps in which if can conclude that, how much to the rise of the land in study had been executed, do not have no area with superior declivity 45%, that they would be the areas with use restriction on the basis of the Ambient Legislation. How much to the Thematic Map of Permanent Preservation in relation to the water course that resulted in use conflicts, it allowed to identify that for the total area of 5.760 it has the area of 97,82 only has possess use conflicts. After this results concluded that image used in this studies, with resolution space of 20 meters, that resulted in the Map of Use and Covering of the Ground, Map of Preservation and Map of Conflicts of Use made possible to get of form satisfactory resulted that they are the same with that was verified one in the place, that the area with use conflicts is minimum

in relation to the total size of the area of the Expansion of the DI and that, for sectors that they possess planning for air occupation that they are on its responsibility, as it is the case of the area of studies, is perfectly viable that the occupation if gives in perfect accord with the Ambient Legislation in vigor and that the Suframa makes use of resources that allow to monitor the occupation of the Sector of Expansion of the DI, will be able to remain promoting the regional development with the preservation of the nature.

KEY-WORDS: Industrial District; Sensorial Remote; System of geographic information; Map of use conflicts.

1. INTRODUÇÃO

Manaus, ao longo dos últimos anos, com a criação da ZONA FRANCA DE MANAUS através da Lei Nº 3.173, de 06 de junho de 1957, que teve sua área de atuação ampliada pelo Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, vem sofrendo uma ocupação rápida e desordenada havendo uma descaracterização de sua paisagem natural.

Quando de sua criação, em face à grande demanda de área para implantação de indústrias interessadas nos benefícios fiscais, percebeu-se a necessidade de se determinar uma área para esta destinação. Após vários estudos e entendimentos foram definidas áreas que poderiam abrigar as indústrias interessadas em vir para Manaus. A primeira área definida foi a atualmente denominada, Distrito Industrial 1 (1.750 ha) e posteriormente, a área denominada Área de Expansão do Distrito Industrial (5.760 ha) estando, esta última, localizada na Zona Leste do Município de Manaus.

Esta área de expansão do Distrito Industrial vem sendo ocupada por diversos empreendimentos industriais e de serviços. No entanto, é necessário conhecer as áreas que já estão ocupadas, as que devem ser preservadas de acordo com a legislação ambiental, os conflitos de uso e ocupação existentes, possibilitando identificar os principais problemas que acenam na área em questão.

As formas de ocupação das áreas urbanas e sua dinâmica ao longo do tempo são informações importantes para a tomada de decisão pelo poder público em face às novas demandas por áreas livres para as mais variadas destinações, inclusive para uso industrial.

A análise de características, como cobertura vegetal, topografia, drenagem e tipo de solo, permitem chegar ao uso racional e adequado de um determinado espaço geográfico. Dessa maneira, determinam-se áreas de preservação de mananciais, reservas florestais, áreas agrícolas, distritos industriais e áreas de expansão urbana, para que o uso do solo obedeça às características naturais e o planejamento considere o desenvolvimento sustentado (TUCCI, 1993).

Em estudos dessa natureza começam a ser utilizadas ferramentas geotecnológicas como sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O emprego dessas novas tecnologias possibilita o uso de técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite, em forma digital ou papel, são muito importantes e úteis, pois permite avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estudos da Dinâmica de Ocupação do Solo

Segundo os arquivos bibliográficos, muitos são os estudos sobre o uso e ocupação do solo e, atualmente, para obtenção de resultados satisfatórios, possibilitando sua maior clareza, faz-se imprescindível a utilização de sensoriamento remoto, de imagens de satélite, conjuntamente com a utilização de sistemas de informações geográficas (SIG).

A imagem dos vários satélites existentes, como LANDSAT, CBERS, IKONOS, dentre outros, são utilizadas para esse fim, e a escolha de determinado satélite depende de suas características técnicas e da acurácia exigida para o resultado do estudo.

Em seu trabalho sobre utilização de imagens RADARSAT 1 para fins de mapeamento de uso e cobertura do solo em ambiente tropical úmido urbano: o caso de Manaus - Am, Brandão e Paradella (2003), concluíram que, de um modo geral, o conjunto de dados e a metodologia empregada para análise visual através de interpretação, geraram resultados satisfatórios na classificação final e que o mapa gerado, a partir da interpretação visual das imagens de radar, com apoio da composição colorida, representa o máximo de informação possível de extração com essas imagens em relação ao alvo investigado. Que a geometria de imageamento é extremamente importante na discriminação de classes no mapeamento urbano baseado em dados do radar. Que a acurácia na interpretação de imagens de radar, para uso da terra e cobertura do solo, depende de um bom entendimento dos processos de retro espalhamento e de uma avaliação da importância dos vários elementos que contribuem para tais processos.

Pereira e Santos (2005), em seu trabalho de combinação entre as bandas 3 e 4, sensor CCD e a banda 2, sensor IR-MSS do satélite CBERS, para monitoramento de área utilizada para uso agrícola e florestal no município de Pirassununga - SP, concluíram o estudo ressaltando a grande utilidade que as imagens adquiridas por sensoriamento remoto possuem, permitindo mapear as áreas de cultivos agrícolas e florestais satisfatoriamente e que a combinação entre seus sensores IR-MSS e CCD com reamostragem de sua resolução espacial de 80 para 20 metros, produzem o mesmo efeito visual, em comparação com a imagem do satélite Landsat, sensor TM, utilizando as bandas 4, 5 e 3 em falsa cor, para identificação e interpretação visual de diferentes cultivos agrícolas e florestais.

Ao utilizarem imagens do satélite CBERS e SIG para quantificar e mapear áreas cafeeiras no município de Campo do Meio - MG, Bertoldo e Vieira (2005), concluíram que a utilização de geoprocessamento permitiu obter a caracterização da cultura cafeeira na região de estudo, quantificando sua ocupação em relação às classes de relevo e unidades de solos predominantes da área e que os resultados obtidos utilizando as imagens CBERS, demonstraram que esta imagem é uma ferramenta que fornece resultados do subsídio para a estimativa de produção das áreas cafeeiras, com rapidez e baixo custo operacional.

No trabalho de estudo e análise do uso da imagem CBERS 2, sensor WFI, em conjunto com SIG, para atualização de rede hidrográfica, de parte da região metropolitana de Porto Alegre, estendendo-se até a Serra Gaúcha, Júnior et al. (2005), puderam constatar que, apesar do número pequeno de alterações e/ou retificação encontradas, pode-se dizer que a utilização das imagens WFI/CBERS 2 apresentaram resultados satisfatórios para o trabalho proposto, proporcionando melhor qualidade e fidelidade cartográfica na representação destas feições, bem como, a utilização das técnicas de cartografia digital e geoprocessamento, contribuiu decisivamente para um real avanço na obtenção de bases cartográficas confiáveis e atualizadas, para serem utilizadas no planejamento e gestão dos recursos hídricos.

Arrais et al. (2005), em seu trabalho utilizando SIG e imagens do CBERS 2 para delimitar áreas de ocupação dos solos urbanos na micro bacia de Palmas - TO, concluíram que os dados coletados possibilitou delimitar, caracterizar e quantificar as áreas de preservação permanente a confrontá-los com as áreas de uso atual e obter as áreas de uso ilegal contribuindo, com este resultado, para orientação do usos correto da terra.

No estudo utilizando imagens CBERS 2 e SIG, para análise e avaliação dos impactos ambientais da cultura da cana de açúcar na região de Ribeirão Preto - SP, Assunção et al (2005), concluíram que as imagens CBERS apresentam uma boa resposta visual e espectral para identificação das áreas de lavoura, de forma satisfatória.

Barbalho et al. (2005), em seu trabalho para testar e verificar a eficiência de um SIG com a utilização de imagens CBERS, para monitoramento da segunda safra agrícola do município de Jataí – Goiás, concluíram que as características espectrais e texturais das imagens possibilitaram identificar, com nitidez, os contornos temáticos como as áreas com cultura, a vegetação natural, os corpos d'água e os solos expostos, o que demonstrou que as imagens CBERS em combinação com o SIG são ferramentas eficientes e complementares para monitoramento e mapeamento do uso da terra, reduzindo tempo e custos envolvidos.

No estudo que testou o uso de imagens CBERS e do modelo digital de elevação do SRTM, na geração de um mosaico para a bacia hidrográfica da Baía da Guanabara – RJ, Barros et al. (2005), concluíram que, geralmente, o uso de imagem orbital, convencionalmente na forma bidimensional, possui um apelo muito grande para a maioria dos trabalhos. Como o seu trabalho apresentou imagem em 3D, o autor enfatiza que o mapa resultante obtido apresentou tal clareza na representação espacial que, dificilmente poderiam ser ignorados, e que algumas dificuldades encontradas no desenvolvimento do trabalho, quanto a resolução espacial do sensor CCD que tem resolução espacial de 20 metros havendo fortes indícios de que a resolução real é de 40 metros, não foram fatores impeditivos para a geração de produtos de qualidade.

2.2. Sensoriamento Remoto

2.2.1. Aspectos Gerais

Com a utilização do Sensoriamento Remoto é possível se obter informações sobre um objeto, área ou fenômeno através da análise de dados obtidos com um aparelho sensível que não esteja em contato direto com o alvo para o qual está direcionado (LILLESAND e KIEFER, 1994; NETO, 2000).

O sensoriamento remoto também é conceituado como uma tecnologia utilizada para estudar fenômenos e objetos na superfície terrestre, sem entrar em contato direto com o mesmo, por meio de um aparelho sensível à energia eletromagnética, denominado de sensor remoto.

Tradicionalmente, a energia medida em sensoriamento remoto é a radiação eletromagnética (REM), incluindo a luz visível, que é refletida ou emitida em vários níveis por todos os objetos naturais e sintéticos (AVERY e BERLIN, 1992). A energia eletromagnética é gerada por vários mecanismos, incluindo alterações nos níveis de Energia dos elétrons, aceleração de cargas elétricas, decomposição de substâncias radioativas e movimentação termal de átomos e moléculas (CAMPBELL, 1996). A radiação eletromagnética consiste de um campo elétrico que varia em magnitude numa direção perpendicular à direção de propagação. Além disso, um campo magnético, orientado em ângulos retos ao campo elétrico, é propagado em fase com o campo elétrico.

Os sensores remotos necessitam de uma base para seu transporte, para tanto se faz imprescindível uma plataforma. As plataformas podem ser classificadas em aerotransportadas que são constituídas pelas aeronaves e a orbital, constituída pelos satélites de alta altitude.

O sensor remoto é o instrumento utilizado para medir a radiação eletromagnética de corpos terrestres sem entrar em contato diretamente com eles.

O sensoriamento remoto tem grande importância para a área de recursos naturais e de gestão ambiental considerando que suas técnicas foram e vêm sendo desenvolvidas para possibilitar a extração de informações sobre fenômenos que ocorrem na superfície da terra. Desta maneira, esta importância pode ser avaliada em relação aos seguintes aspectos: como uma área multidisciplinar; como tecnologia evolutiva para obtenção de dados; como tecnologia evolutiva de análise de dados; como ferramenta para extração de informações; como ferramenta estratégica para um País (COSTA, 2003).

As imagens de satélites são produtos do sensoriamento remoto cada vez mais conhecidas e utilizadas. Atualmente, existem vários sistemas que coletam imagens as quais são seguidamente distribuídas aos usuários.

Para a escolha dos dados obtidos através de um satélite, duas são as características que, geralmente, predominam nessa escolha: a resolução espacial e a resolução espectral.

A resolução espacial representa a capacidade que o sensor remoto tem de enxergar objetos na superfície terrestre, representando a área mínima de visualização. A resolução espectral refere-se ao número e à largura das bandas espectrais que o sensor do satélite detecta (EASTMAN, 1998).

Dependendo da tecnologia utilizada quando da fabricação do sensor, este terá maior ou menor capacidade de detectar a radiação eletromagnética após esta entrar em contato com os componentes da superfície terrestre (NOVO, 1998).

O Sol e a Terra são duas importantes fontes naturais e contínuas de radiação eletromagnética que podem ser detectadas pelos sensores remotos, havendo outras fontes disponíveis, quer natural, quer artificial. A trajetória da radiação solar pode ser visualizada na figura 1.

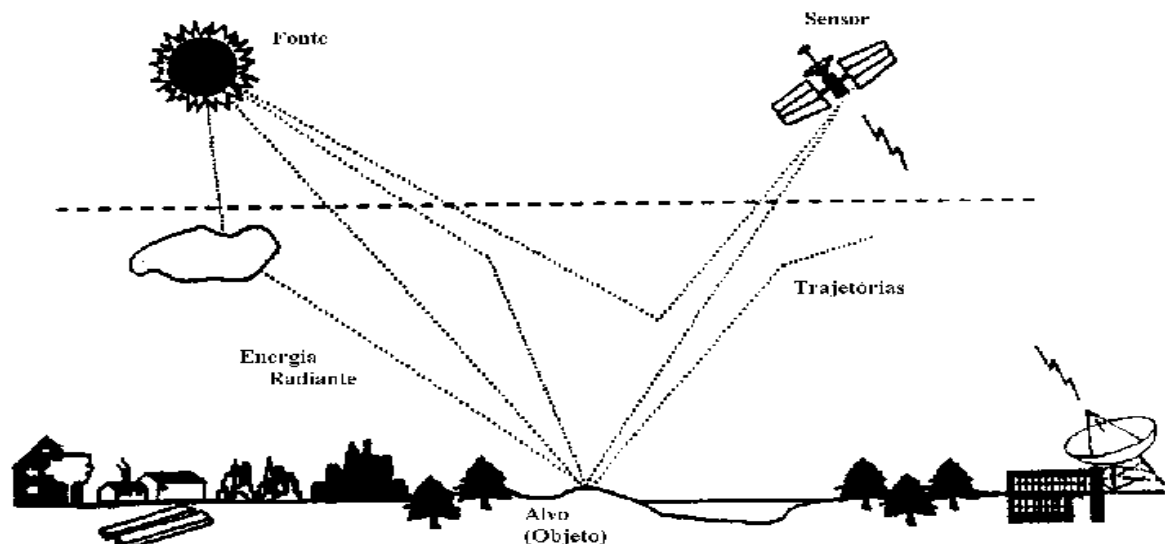


Figura 1: Trajetórias da radiação solar (Energia eletromagnética)

As fontes de radiação caracterizam-se por seu espectro de emissão ao longo do espectro de radiação eletromagnética. A radiação solar caracteriza-se pela máxima emissão na região visível do espectro. A figura 2 mostra a divisão do Espectro Eletromagnético.

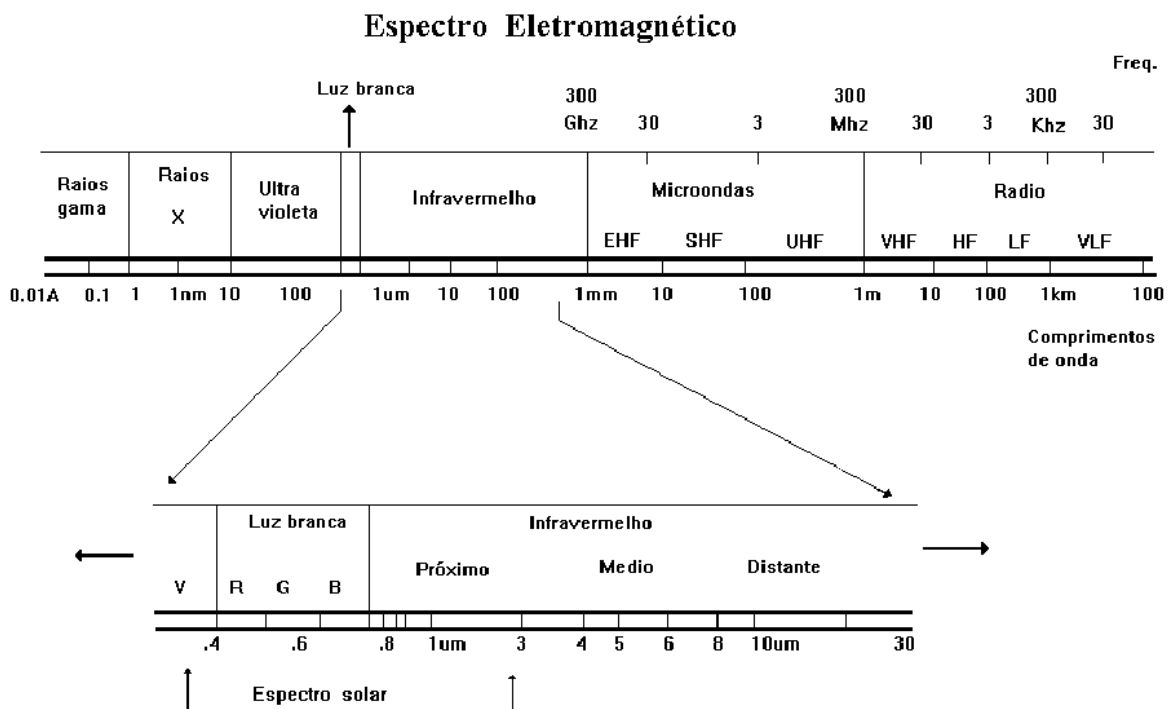


Figura 2 – Espectro Eletromagnético com as radiações conhecidas

As divisões do espectro eletromagnético são arbitrariamente definidas e, como se pode observar na figura 2, essas são as principais regiões espectrais do sensoriamento remoto, com suas janelas atmosféricas, os gases responsáveis pela absorção e a amplitude operacional dos sistemas de sensoriamento remoto mais comuns. As janelas atmosféricas referem-se às faixas de comprimento de onda que são facilmente transmitidas através da atmosfera (CAMPBELL, 1996).

2.2.2. Características dos Principais Sistemas de Observação da Terra

No início da década de 1940, com o lançamento do primeiro satélite artificial, o Sputnik 1, lançado pela União Soviética, os estudos de tecnologias de obtenção de imagens orbitais se aprofundaram.

E com isso mostrou-se necessário também um maior conhecimento e domínio sobre as técnicas de utilização do sensoriamento remoto. Campbell (1996) define três formas básicas de abordagem no sensoriamento remoto, dependendo dos comprimentos de onda detectados e do objetivo do estudo. A mais simples delas consiste em registrar a reflexão da radiação solar a partir da superfície terrestre. Nesse caso é utilizada, principalmente, a energia das porções do visível e infravermelho do espectro. A claridade da atmosfera, as propriedades

espectrais dos objetos, ângulo e intensidade dos raios solares e a escolha de filmes e filtros são algumas das variáveis fundamentais na aquisição de imagens.

Uma segunda estratégia para o sensoriamento remoto é o registro de radiações emitidas (ao invés de refletidas) da superfície da terra, que são, principalmente, derivadas da energia de ondas curtas do sol que foram absorvidas e, então, reirradiadas em comprimentos de onda mais longos. A radiação emitida contém informações referentes às propriedades termais dos materiais, que podem ser interpretadas para descrever padrões de umidade, vegetação, materiais de superfície e edificações.

Uma terceira classe de instrumentos de sensoriamento remoto gera a sua própria energia e depois registra a reflexão dessa energia a partir da superfície terrestre. São os sensores denominados “ativos” por possuírem sua própria fonte de energia e serem independentes da radiação solar e terrestre. Exemplos de sensores ativos são os radares imageadores, que transmitem um sinal de microondas em direção à superfície terrestre a partir de uma aeronave ou satélite e, então, usam a energia refletida para formar uma imagem.

Alguns dos principais sistemas de observação da terra que utilizam sensoriamento remoto para obtenção de dados sobre o planeta, encontram-se demonstrados a seguir. O primeiro a ser visualizado é o LANDSAT, conforme figura 3.

a) Satélite LANDSAT.



Figura 3: satélite Landsat 5.
Fonte: <http://www.satimagens.com/satelites.htm>- março/2006.

É um satélite Americano, primeiro satélite de recursos terrestres, inicialmente se denominou ERTS-1, possui dois sensores multiespectrais o MSS (multispectral scanner) e o TM (Thematic mapper).

Da série Landsat, já foram lançados os satélites demonstrados no quadro 1.

SATÉLITE	LANÇAMENTO	FIM OPERAÇÃO	SISTEMAS SENSORES
ERTS- 1	23 / julho / 1972	05 / janeiro /1978	MSS e RBV
LANDSAT- 2	22 / janeiro / 1975	27 / julho / 1983	MSS e RBV
LANDSAT- 3	05 / março / 1978	07 / setembro / 1983	MSS e RBV
LANDSAT- 4	16 / julho / 1982	Final de 1983	MSS e TM
LANDSAT- 5	01 / março / 1984	Em operação	MSS e TM
LANDSAT- 6	03 / outubro / 1993	03 / outubro / 1993	ETM
LANDSAT- 7	1999	inativo	ETM+

Quadro 1: Série dos satélites Landsat lançados.

Fonte: <http://www.sat.cnpem.embrapa.br/satelite/> - março/2006.

O satélite LANDSAT 5 ativo há mais de 20 anos, já apresentou indícios de diminuição do sinal, no entanto, as imagens do seu sensor TM constituem um acervo considerável de dados históricos da superfície terrestre, sendo largamente empregadas em estudos geo-ambientais.

Operando a uma altitude de 705 km, num campo de visada de 14,9°, o sensor TM coleta informações espectrais em 6 bandas no visível e no infravermelho refletido e em uma banda no infravermelho termal. Sua órbita é síncrona ao sol. As principais características da série LANDSAT 5, estão demonstradas no quadro 2.

Sensor	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Faixa de Varredura	Resolução Radiométrica	Resolução Temporal
MSS Multispectral Scanner	0.5-0.6 μm	75 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	0.6-0.7 μm	75 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	0.7-0.8 μm	75 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	0.8-1.1 μm	75 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
TM Thematic Mapper	0.45-0.52 μm	30 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	0.52-0.60 μm	30 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	0.63-0.69 μm	30 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	0.76-0.90 μm	30 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	1.55-1.75 μm	30 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	10.4-12.50 μm	120 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias
	2.08-2.35 μm	30 m	185 km	8 bits (256 níveis)	16 dias

Quadro 2: Características dos sensores MSS e TM.

Fonte: <http://www.sat.cnpem.embrapa.br/satelite/spot.html> - março/2006.

b) a figura 4 mostra o satélite SPOT.



Figura 4: satélite SPOT5.

Fonte: <http://www.satimagens.com/satelites.htm>- março/2006.

É um satélite Francês, e a partir das iniciativas do Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES), entidade responsável pelas atividades espaciais na França, constituiu em 1973, em conjunto com o Instituto Geográfico Nacional (IGN), o Grupo para o Desenvolvimento da Teledetecção Aeroespacial (GDTA). As atividades desenvolvidas por este grupo foram responsáveis pela definição do projeto SPOT, em 1977. No entanto, o CNES gerencia e é o responsável pelo desenvolvimento e operação do SPOT.

O programa SPOT (Systeme Probatoire d'Observation de la Terre) foi planejado e desenhado como um sistema operacional e comercial. A França, em 1978, buscou a participação da Suécia e da Bélgica, com o objetivo de lançar vários satélites cartográficos e de recursos naturais.

O SPOT 1 foi lançado em 22 de fevereiro de 1986 na base de Gouri, na Guiana Francesa a bordo do Ariene. As primeiras imagens foram recebidas pela estação receptora de Toulouse-Ausaguel, 24 horas após o lançamento.

O SPOT 2 foi lançado em janeiro 1990, o SPOT 3 em setembro de 1993, o SPOT 4 em março de 1998 e o SPOT 5 em 2001. O quadro 3 e 4 mostram algumas características do sistema SPOT.

SÉRIE DOS SATÉLITES SPOT LANÇADOS					
Satélite	SPOT-1	SPOT-2	SPOT-3	SPOT-4	SPOT-5
Lançamento	22/02/1986	22/01/1990	26/09/1993	24/03/1998	04/05/2002
Situação Atual	Inativo (nov/2003)	Ativo	Inativo (14/11/1996)	Ativo	Ativo
Órbita	Circular, heliossíncrona e polar	Circular, heliossíncrona e polar	Circular, heliossíncrona e polar	Circular, heliossíncrona e polar	Circular, heliossíncrona e polar
Altitude	823 km	823 km	823 km	832 km	832 km
Inclinação	98°	98°	98°	98°	98°
Tempo de Duração da Órbita	101,4 min	101,4 min	101,4 min	101,4 min	101,4 min
Horário de Passagem	10:30 A.M.	10:30 A.M.	10:30 A.M.	10:30 A.M.	10:30 A.M.
Período de Revisita	26 dias	26 dias	26 dias	26 dias	26 dias
Instrumentos Sensores	HRV	HRV	HRV	HRVIR e VEGETATION	HRG, HRS VEGETATION-2

Quadro 3: Características do satélite SPOT.

Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/spot.html> - março/2006.

PRINCIPAIS INSTRUMENTOS DOS SENSORES DO SPOT					
Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
HRV (com opção de visada lateral)	PAN	0,50 - 0,73 μ m	10 m	26 dias	60 x 60 km
	XS1	0,50 - 0,59 μ m	20 m		
	XS2	0,61 - 0,68 μ m			
	XS3	0,78 - 0,89 μ m			
HRVIR	Monoespectral	0,61 - 0,68 μ m	10 m	26 dias	60 x 60 km
	B1	0,50 - 0,59 μ m	20 m		
	B2	0,61 - 0,68 μ m			
	B3	0,78 - 0,89 μ m			
	MIR	1,58 - 1,75 μ m			
HRG	PA E SUPERMODE	0,48 - 0,71 μ m	5 m	26 dias	60 x 60 km
	B1	0,50 - 0,59 μ m	10 m		
	B2	0,61 - 0,68 μ m			
	B3	0,78 - 0,89 μ m			
	SWIR	1,58 - 1,75 μ m			
HRS (gera pares estereoscópicos)	PA	0,49 - 0,69 μ m	10 m	26 dias	120 x 600 km
VEGETATION e VEGETATION-2	B0	0,43 - 0,47 μ m	1 km	24 horas	2.250 km
	B2	0,61 - 0,68 μ m			
	B3	0,78 - 0,89 μ m			
	MIR	1,58 - 1,75 μ m			

Quadro 4: Instrumento dos sensores do SPOT.

Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/spot.html> - março/2006.

c) a figura 5 mostra o satélite IKONOS.

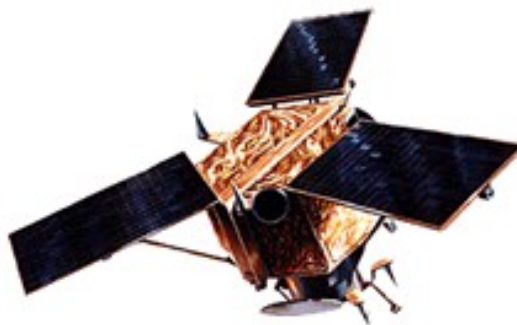


Figura 5: satélite IKONOS.

Fonte: <http://www.satimagens.com/satelites.htm>- março/2006.

O satélite IKONOS II foi lançado no dia 24 de Setembro de 1999, e está em operação desde o início de janeiro de 2000. Ele é operado pela SPACE IMAGING que detém os Direitos de Comercialização a nível mundial. Gera imagens com até 1 m de resolução espacial, sendo o precursor, dos satélites comerciais, a atingir esse nível de detalhamento. As principais características do satélite IKONOS estão demonstradas no quadro 5.

Capacidade de Varredura	Altitude	Resolução Espacial	Bandas Espectrais	Resolução Temporal	Resolução Radiométrica (Bits)
Faixas de 11km x 100km até 11km x 1000km	680 km	1m (pancromática) 4m (multiespectral)	0,45 – 0,90 (pancromática) 0,45-0,52 (azul) 0,52-0,60 (verde) 0,63-0,69 (vermelho) 0,76-0,90 (Infravermelho próximo)	2,9 dias -pancromática 1,5 dias - multiespectral	11 bits

Quadro 5: Características do satélite IKONOS.

Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/spot.html> - março/2006.

Antes do IKONOS, as imagens de satélites eram geralmente adquiridas com 8 bits (1 byte) ou 256 níveis de cinza. As imagens geradas pelo IKONOS II possuem grande resolução espacial (possibilidade de discriminar alvos de maneira fina) aliada a grande precisão

cartográfica. A precisão cartográfica de localização é obtida através do processo de georreferenciamento das imagens. Para se conseguir resolução espacial, as bandas espectrais dos sensores no visível são largas dentro do espectro da luz, permitindo uma maior penetração na atmosfera e maior poder de discriminação dos alvos terrestres, principalmente da cobertura vegetal, áreas sombreadas e de corpos d'água. O IKONOS tem capacidade de efetuar visada no sentido de sua órbita e perpendicularmente a sua órbita, aumentando a frequência de revisita e possibilitando a aquisição de par estereoscópico, utilizados para trabalhos de restituição de altimetria.

d) na figura 6 se pode observar o satélite RADARSAT.

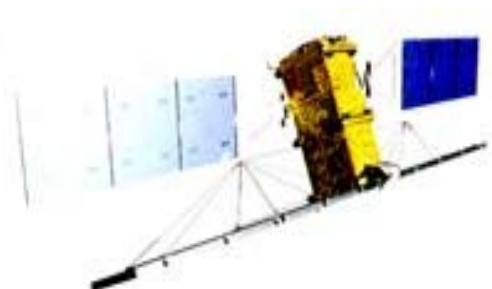


Figura 6: satélite RADARSAT.

Fonte: http://www.threetek.com.br/radarsat_2.htm - março/2006.

É um sofisticado satélite Canadense, desenvolvido pela Canadian Space Agency (CSA), com a colaboração dos Estados Unidos, através da NASA (National Aeronautics and Space Administration), que é responsável pelo seu lançamento.

O principal objetivo deste satélite é auxiliar o estudo das mudanças climáticas e dos recursos naturais renováveis. No entanto, as imagens do RADARSAT podem também ser utilizadas em vários campos de aplicação, nomeadamente na agricultura, cartografia, hidrologia, oceanografia e monitoração de zonas costeiras.

O RADARSAT possui sensor de alta tecnologia, a obtenção de imagens por parte deste satélite não se encontra dependente das condições climáticas, como da nebulosidade, como acontece com a maioria dos satélites de detecção remota com sensores ópticos, possuindo a característica particular de poder penetrar a cobertura de nuvens, atingindo áreas

não visíveis para outros sistemas de sensores e ainda, cujo sinal de Radar de retorno é afetado mais pelas características elétricas e físicas do alvo do que pela sua reflexão e padrão espectral, necessitando de técnicas especiais de interpretação e georreferenciamento.

Suas características principais como tipo de sensor, resolução espectral, modo de operação, resolução espacial, faixa de varredura e ângulo de incidência estão demonstrados no quadro 6.

Sensor	Resolução Espectral	Modo de Operação	Resolução Espacial	Faixa de Varredura	Ângulo de Incidência (graus)
SAR Syntethic Aperture Radar	5.3 GHz (5.6 cm)	Standard	25 x 28 m	100 km	20-49
	5.3 GHz (5.6 cm)	Wide-1	48-30 x 28 m	165 km	20-31
	5.3 GHz (5.6 cm)	Wide-2	32-25 x 28 m	150 km	31-39
	5.3 GHz (5.6 cm)	Fine resolution	11-9 x 9 m	45 km	37-48
	5.3 GHz (5.6 cm)	ScanSAR Narrow	50 x 50 m	305 km	20-40
	5.3 GHz (5.6 cm)	ScanSAR Wide	100 x 100 m	510 km	20-49
	5.3 GHz (5.6 cm)	Extended (H)	22-19 x 28 m	75 km	50-60
	5.3 GHz (5.6 cm)	Extended (L)	63-28 x 28 m	170 km	10-23

Quadro 6: Característica do RADARSAT.

Fonte: <http://snig.igeo.pt/ROT/rot2/radarsat.html>- março/2006.

e) na figura 7 se pode observar o satélite CBERS.

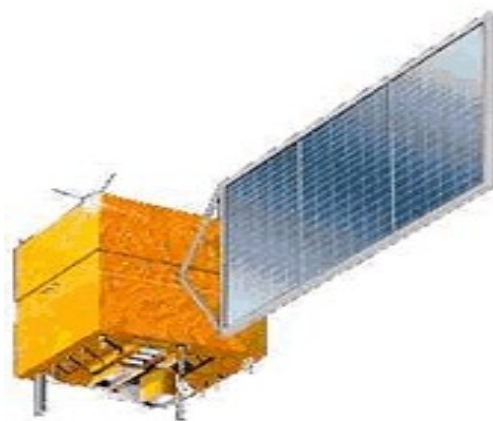


Figura 7: satélite CBERS 2.

Fonte: <http://www.satimagens.com/satelites.htm>, março/2006.

Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, resultado do consórcio do Brasil e China. Os satélites CBERS-1 e CBERS-2 fazem parte do Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais que, baseado na utilização de satélites e plataformas de coleta de dados

(PCDs) distribuídas pelo território nacional, objetiva fornecer ao país dados ambientais diários coletados nas diferentes regiões do território nacional.

As PCDs são pequenas estações automáticas, instaladas, geralmente, em locais remotos. Os dados adquiridos pelas PCDs são enviados aos satélites que os retransmitem para as estações terrenas do INPE, em Cuiabá e Alcântara. A partir daí, os dados são enviados para o Centro de Missão, em Cachoeira Paulista, onde é realizado o seu tratamento e a sua distribuição imediata aos usuários do sistema.

Os satélites orbitais CBERS-1 e 2 são equipados com câmeras para observações ópticas de todo o globo terrestre, além de um sistema de coleta de dados ambientais.

O satélite CBERS-1 está em uma órbita síncrona com o Sol a uma altitude de 778 km, completando 14 revoluções da Terra por dia. Sempre cruza o Equador às 10:30h da manhã, hora local.

Uma característica exclusiva dos satélites CBERS-1 e 2 é a diversidade de câmeras com diferentes resoluções espaciais e frequências de coleta de dados, a saber:

- Câmara Imageadora de Amplo Campo de Visada (WFI - Wide Field Imager) produz imagens de uma faixa de 890 km de largura, resolução espacial de 260 m. No período aproximado de cinco dias, obtém-se uma cobertura completa do globo.
- Câmara Imageadora de Alta Resolução (CCD - High Resolution CCD Camera), que fornece imagens de uma faixa de 113 km de largura, com uma resolução de 20 m. Esta câmera tem capacidade de orientar seu campo de visada dentro de ± 32 graus. Qualquer fenômeno detectado pelo WFI pode ser focalizado pela Câmara CCD.
- Câmara Imageadora por Varredura de Média Resolução (IRMSS – Infrared Multispectral Scanner) que tem 4 faixas espectrais e estende o espectro de observação do CBERS até o infravermelho termal. O IRMSS produz imagens de

uma faixa de 120 km de largura com uma resolução de 80 metros (160 m no canal termal). Em 26 dias obtém-se uma cobertura completa da terra.

Os parâmetros dos instrumentos imageadores do satélite CBERS são apresentados no quadro 7.

Especificações	Câmara CCD	Câmara IR-MSS	Câmara WFI
Bandas Espectrais	0,51 - 0,73 (pan) 0,45 - 0,52 (azul) 0,52 - 0,59 (verde) 0,63 - 0,69 (vermelho) 0,77 - 0,89 (infravermelho próximo)	0,50 - 1,10 (pan) 1,55 - 1,75 (infravermelho médio) 2,08 - 2,35 (infravermelho médio) 10,40 - 12,50 (infravermelho termal)	0,63 - 0,69 (vermelho) 0,76 - 0,90 (infravermelho)
Campo de Visada	8,3°	8,8°	60°
Resolução Espacial (m)	20	80 (pan)	260
Res. Temporal (Nadir):	26 dias	26 dias	3 - 5 dias
Res. Temporal (Fora do Nadir):	3 dias (+/- 32°)	-	-
Largura da Faixa Imageada	113 km	120 km	890 km
Capacidade de Visada Lateral	+/- 32°	-	

Quadro 7: Parâmetros do satélite CBERS.

Fonte: www.engesat.com.br/satelites/c-bers.htm - março/2006.

f) a figura 8 mostra o satélite QUICKBIRD.



Figura 8: satélite QUICKBIRD.

Fonte: <http://www.satimagens.com/satelites.htm>- março/2006.

A Digital Globe é uma empresa de Longmont, Colorado, EUA, que fornece imagens e informações sobre a Terra. É proprietária do satélite QuickBird, lançado em janeiro de 2002. Este satélite se caracteriza como um satélite de alta precisão que oferece imagens comerciais de alta resolução da Terra. As imagens pancromáticas e multiespectrais são planejadas para dar suporte em gerenciamento de avaliação de riscos e publicações de mapas com ênfase nas áreas urbanas.

Os principais instrumentos sensores do satélite QuickBird estão expostos no quadro

8.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Faixa Imageada
QUICKBIRD	Pancromática	450-900 nm	61 a 72 cm	1 a 3,5 dias, dependendo da latitude	(16,5 x 16,5) km
	Multiespectral (visível)	450-520 nm (azul) 520-600 nm (verde) 630-690 nm (vermelho) 790-900 nm (infravermelho próximo)	2,4 a 2,8 m		

Quadro 8: instrumentos do sensor Quickbird.

Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/quickbird.html> - março/2006.

g) a figura 9 apresenta o satélite JERS.



Figura 9: satélite JERS

Fonte: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/satelite/jers.html> - março/2006

O satélite JERS-1, lançado em 1992 pela NASDA (National Space Development Agency of Japan) deixou de operar em 1998, no entanto, representou um importante investimento do capital japonês no monitoramento ambiental do planeta, juntamente com a plataforma ADEOS que foi lançada em 1996.

O JERS-1 operou com um radar de abertura sintética (SAR) e um sensor óptico (OPS), capazes de monitorar a superfície terrestre em sua totalidade e com uma excelente resolução. O sistema óptico, operando com 8 bandas nas regiões do visível e infravermelho do espectro e capaz de gerar pares estereoscópicos, funcionou apenas parcialmente, produzindo imagens degradadas pela falta de nitidez e por listras (SABINS, 1997). O sistema SAR, no entanto, funcionou perfeitamente, adquirindo imagens com 18 m x 18 m de resolução e cobrindo uma faixa de 75 km do terreno. O JERS-1 possuía órbita síncrona ao sol, com uma inclinação de 98.5°, a uma altitude de 568 km. A sua periodicidade era de 44 dias, cobrindo todas as latitudes e longitudes. O sistema radar operava na banda L (23,5 cm), com polarização HH e ângulo de depressão igual a 55°. Nos seus aproximadamente seis anos e meio de operação o JERS-1 SAR gerou produtos que permitiram analisar e monitorar recursos naturais e o meio ambiente e desastres naturais.

Entre os exemplos mais representativos dos resultados de pesquisa alcançados através do uso desses dados estão a recuperação do potencial de minas de óleo na bacia de Turpan, na China, a avaliação sobre a real situação do desflorestamento na Floresta Amazônica e sobre o diastrofismo (deformação da crosta terrestre) causada pela atividade do vulcão Monte Iwateyama (DE COTIS, 2000).

2.2.3. Técnicas de Processamento Digital de Imagens

2.2.3.1. A Imagem Digital e Sua Estrutura

Em sensoriamento remoto orbital, um grande número de dados é usado para representar uma imagem, que podem ser manipulados no formato digital, a fim de se extrair informações destas imagens. A cada ponto imageado pelos sensores, corresponde a uma área mínima denominada "pixel" (picture cell), que deve estar geograficamente identificado, para o qual são registrados valores digitais relacionados a intensidade de energia refletida em faixas (bandas) bem definidas do espectro eletromagnético.

Para se realizar o processamento digital de imagens de dados de sensoriamento remoto, é necessário que a imagem esteja no formato digital. Existem basicamente duas maneiras de se obter uma imagem digital: (1) adquirir a imagem de sensoriamento remoto no

formato analógico (por exemplo, fotografia aérea), e então digitalizá-la; (2) adquirir a imagem de sensoriamento remoto já no formato digital.

O processo de digitalização de uma imagem não-digital ("imagem contínua") corresponde a uma discretização (ou amostragem) da cena em observação, através da superposição de uma malha hipotética, e uma atribuição de valores inteiros (os níveis de cinza) a cada ponto dessa malha (processo chamado de quantização).

Em satélites como o LANDSAT e SPOT, o sinal elétrico detectado em cada um de seus canais, é convertido ainda a bordo do satélite, por um sistema analógico/digital, e a saída enviada para as estações de recepção via telemetria. As imagens destes satélites são mostradas com um número grande de pontos (as imagens do sensor "Thematic Mapper" do satélite LANDSAT possuem mais de 6000 amostras por linha). Além disso, tais imagens têm a característica de serem multiespectrais, no sentido de constituírem uma coleção de imagens de uma mesma cena, num mesmo instante, obtida por vários sensores com respostas espectrais diferentes.

Uma imagem digital pode ser definida por uma função bidimensional, da intensidade de luz refletida ou emitida por uma cena, na forma $I(x_m, y_m)$; onde os valores de I representam, a cada coordenada espacial (x_m, y_m) , a intensidade da imagem nesse ponto. Essa intensidade é representada por um valor inteiro, não-negativo e finito, chamado nível de cinza.

Para representar uma imagem digital, usualmente se adota o sistema de coordenadas cartesianas. A figura 10 ilustra o sistema de coordenadas utilizado para representar uma imagem digital. O eixo x orienta o número de colunas, e o eixo y , o número de linhas.

No caso das imagens multiespectrais, a representação digital é mais complexa, porque para cada coordenada (x, y) , haverá um conjunto de valores de nível de cinza. Representa-se então cada "pixel" por um vetor, com tantas dimensões quantas forem as bandas espectrais.

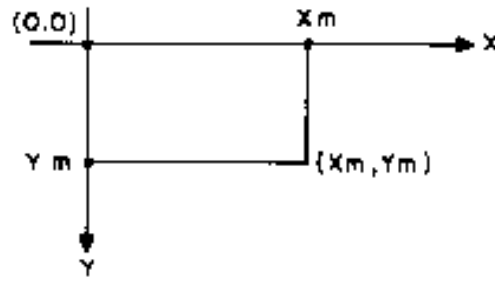


Figura 10: Gráfico de coordenadas cartesianas

Pode-se representar uma imagem por uma matriz de dados, onde as linhas e colunas definem as coordenadas espaciais do "pixel". Para isto utiliza-se um número finito de bits para representar a radiância da cena para cada "pixel".

Radiância é o fluxo radiante que provém de uma fonte, numa determinada direção, por unidade de área.

Na realidade a medida da radiância representada em cada "pixel" pelo seu nível de cinza, não é apenas a da radiação refletida pela superfície contida na cena do "pixel", mas também a radiação devida ao espalhamento atmosférico.

A quantificação da radiância contínua de uma cena é representada pelos níveis de cinza descritos na imagem digital, é dada por um número de bits por "pixel" para produzir um intervalo de radiância. Os sensores da nova geração obtêm normalmente imagens em 8 ou 10 bits (equivalente a 256 ou 1024 níveis digitais).

Na realidade o nível de cinza é representado pela radiância média de uma área relativamente pequena em uma cena. Esta área é determinada pela altitude do sistema sensor a bordo do satélite e outros parâmetros como o IFOV (Instantaneous Field Of View), que é o ângulo formado pela projeção geométrica de um único elemento detector sobre a superfície da Terra.

Os sensores remotos, tais como câmaras fotográficas e scanners óptico-mecânicos, procuram detectar as diferenças em tonalidade ou cor entre os elementos da cena imageada ou entre um objeto e o ambiente. Quando os photons refletidos ou emitidos são representados em

valores numéricos, tem-se uma imagem digital. A figura 11 demonstra a forma de obtenção da imagem em uma câmara convencional e uma câmara digital.

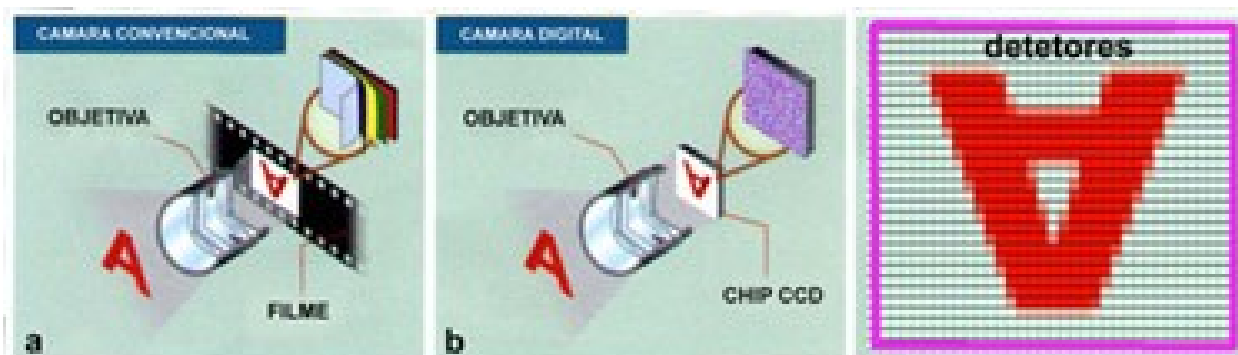


Figura 11: Câmera convencional e câmera digital CCD

A imagem digital pode ser definida como uma matriz de quadrados ou retângulos denominados pixels. Cada pixel possui 3 coordenadas: valores de x e y que definem a posição do pixel na imagem e um valor de z (número inteiro) que representa o nível de cinza ou grau de brilho, ou seja, corresponde a uma unidade de informação em termos da quantidade de energia refletida e/ou emitida pelo objeto imageado, em diferentes comprimentos de onda no espectro eletromagnético (JAGELS e TELEWSKI, 1989). Os níveis de cinza são também denominados DN's, abreviatura do termo equivalente em inglês, digital number.

O armazenamento em fita magnética ou disco das imagens digitais da maioria dos sistemas de sensoriamento remoto são usualmente quantizadas em escalas de 6, 7, ou 8 bits (AVERY e BERLIN, 1992). A escala de 8 bits tornou-se padrão para os sensores eletro-ópticos e radares imageadores. Os níveis de quantização estão relacionados à amplitude de níveis de cinza disponíveis para a construção da imagem.

Portanto, dessa forma, numa escala de 8 bits, a amplitude dos DN's varia de 0 a 255, produzindo-se 256 diferentes níveis de cinza. Por convenção cenas de baixa radiância apresentam DN's menores e mais próximos de zero, que equivale ao preto absoluto. Cenas de alta radiância apresentam DN's maiores, aproximando-se de 255, que equivale ao branco absoluto.

Novo (1995) afirma que, os sistemas sensores como quaisquer equipamentos são capazes de transformar alguma forma de energia – eletromagnética, no caso do sensoriamento remoto – em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente. Ao contrário das câmeras fotográficas, que registram a radiação refletida diretamente no filme, os sensores eletro-ópticos utilizam detectores que convertem a radiação emitida e/ou refletida no espectro óptico por uma cena no terreno em sinais proporcionais elétricos usados para construir imagens bi-dimensionais. Muitos dos sensores eletro-ópticos são sistemas digitais. Estas unidades usam um conversor analógico digital, que traduz os sinais eletrônicos dos detectores em números digitais (DNs) discretos. Os principais tipos de sensores eletro-ópticos são a câmera de vídeo, a câmera vidicom e os scanners de varredura (AVERY e BERLIN, 1992).

A figura 12 mostra os níveis de aquisição de dados de sensoriamento remoto. A altitude do sensor em relação à superfície imageada também é um fator de grande interferência, não só na intensidade e qualidade do sinal, como nas formas de registro e análise dos dados.

Dependendo do tipo de transformação sofrida pela radiação detectada, se pode classificar os sistemas sensores como não-imageadores ou imageadores. Dependendo do processo utilizado na formação da imagem, estes últimos se dividem em:

- a) sistemas de quadro: a imagem da cena é adquirida em sua totalidade num mesmo instante;
- b) sistemas de varredura (scanning systems): a imagem da cena é formada pela aquisição seqüencial de imagens elementares do terreno (pixels).

Os sistemas de varredura podem ser eletrônicos ou mecânicos. Os sensores TM a bordo dos satélites da série LANDSAT têm utilizado os sistemas de varredura mecânica.

Os sistemas sensores podem, ainda, ser classificados como passivos – que detectam a radiação solar emitida ou refletida – ou ativos, que produzem sua própria radiação. Entre estes últimos encontram-se os sensores de microondas ou radares.

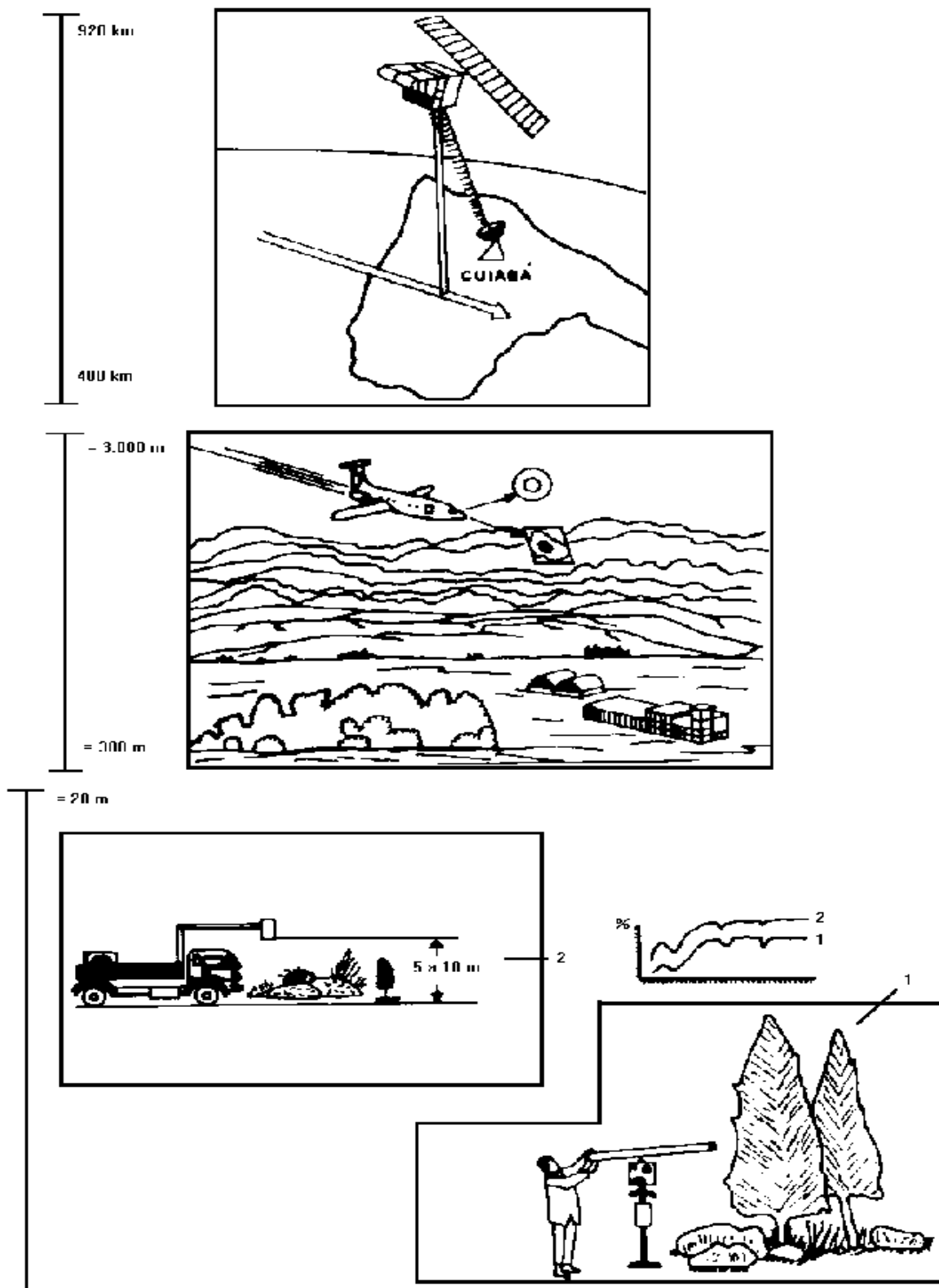


Figura 12: Níveis de Aquisição de Dados.

Os Sensores Eletro-Ópticos de Varredura (scanners eletro-ópticos) possuem um espelho rotatório ou oscilante, que “varre” uma série contígua de estreitas faixas no terreno, perpendiculares à linha de vôo. O deslocamento da plataforma faz com que novas faixas sejam recobertas por sucessivas linhas de varredura. Assim é construído um registro bi-dimensional contendo a informação refletida e/ou emitida ao longo da linha de vôo.

Na figura 13 se pode observar como se dá a obtenção das imagens por sensores de varredura.

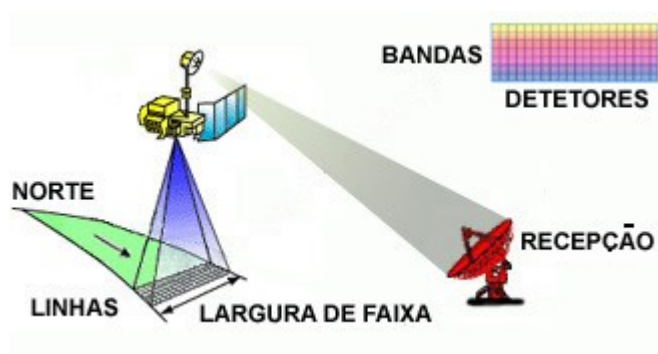


Figura 13. Varredura de um imageador orbital multibandas.

Os scanners multiespectrais são aqueles capazes de operar simultaneamente nas regiões do ultra-violeta, do visível e do infravermelho refletido e termal do espectro eletromagnético. Em se tratando de scanners montados em plataformas orbitais, durante cada varredura do espelho são recobertas múltiplas linhas de faixas no terreno (AVERY E BERLIN, 1992). Nos satélites para estudos ambientais, como, por exemplo, o LANDSAT 5, o scanner é formado pelo sensor Thematic Mapper e por 16 detectores, que são os equipamentos que efetivamente registram a energia eletromagnética para cada banda de comprimento de onda.

2.2.3.2. Principais Técnicas de Processamento Digital de Imagens

Atualmente estão disponíveis diversas imagens de satélites na forma digital, o que possibilita a utilização de técnicas de análise em computador para diversas finalidades dentre elas, a análise de uso e ocupação da terra.

Porém, antes da utilização destas imagens se faz necessário que sejam adotadas diversas técnicas para correção dos dados disponíveis visto que, geralmente, os dados obtidos

de satélites (dados brutos), podem conter erros que precisam ser retificados antes de serem usados para análise.

As técnicas de processamento de imagens digitais podem ser classificadas em três conjuntos: pré-processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação.

2.2.3.2.1. Pré-Processamento

Existem três categorias de correções que precisam ser aplicadas aos dados antes de suas análises: correção radiométrica, correção geométrica e, correção atmosférica (NOVO, 1998).

A correção radiométrica tem a finalidade de minimizar diferenças entre os níveis de cinza registrados por uma matriz de detectores, ou seja, corrigir variações nas intensidades dos pixels (valores numéricos) que são normalmente causados pelo mau funcionamento dos detectores e efeitos atmosféricos. Os programas de correção radiométrica envolvem, também, técnicas de remoção de ruídos lineares (NOVO, 1998). Vale ressaltar que, qualquer que seja a técnica de correção radiométrica, esta sempre acarretará alteração nos dados originais.

A correção ou retificação geométrica diz respeito à correção de distorções espaciais (geométricas), ou seja, a correção geométrica tem a função de reorganizar os “pixels” da imagem em relação a determinado sistema de projeção cartográfica. Estas distorções são geralmente classificadas em dois tipos: distorções sistemáticas e não sistemáticas:

- as distorções sistemáticas são causadas pelas alterações na mudança de velocidade da plataforma, mudança de velocidade do espelho de varredura, efeito de curvatura terrestre, rotação da terra e mudança na altitude da plataforma;
- as distorções não sistemáticas dizem respeito à alteração na altitude do satélite.

A figura 14 apresenta um exemplo de distorção geométrica entre uma imagem CBERS e a carta da região estudada, como se pode perceber visualmente, não há uma coincidência entre a rede hidrográfica da imagem classificada e o layer da carta de hidrografia.

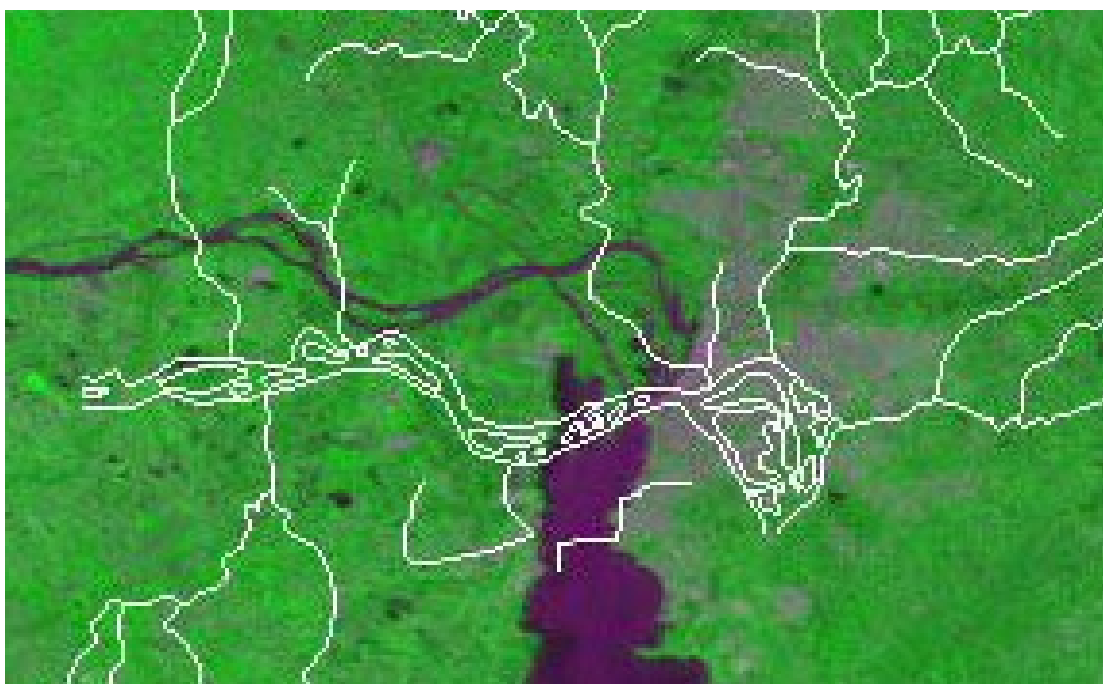


Figura 14: Imagem CBERS e a sobreposição da carta de hidrografia de parte da região de Porto Alegre/RS.

A correção geométrica pode ser obtida através de técnicas de reamostragem dos “pixels” de uma dada cena, que implica na reformatação da cena em uma determinada base cartográfica. Para esta reformatação é necessário o estabelecimento de pontos de controle terrestre (PCTs) que diz respeito a pontos na superfície da terra onde as coordenadas x e y da imagem e as coordenadas geográficas (latitudes, longitudes) de um mapa podem ser identificados com facilidade e precisão, podendo se adotar dados referentes a interseção de estradas, prédios conhecidos, corpos d’água distintos, etc. A função que relaciona a posição do ponto x e y com sua respectiva coordenada geográfica é determinada pelo método dos mínimos quadrados.

A correção atmosférica tem como objetivo a redução do efeito da interferência da atmosfera sobre os valores de nível de cinza registrados em uma determinada cena.

2.2.3.2.2. Realce de Imagens

O realce se refere à modificação das imagens com a intenção de torná-las mais apropriada à capacidade de visão humana. Este realce pode ser obtido com o aumento do

contraste da refletância dos níveis de resposta espectral capturadas pelo sensor; pela geração de composições, possibilitando uma análise visual de imagens coloridas, o que pode ocorrer a partir da simples seleção das bandas a serem usadas a procedimentos mais avançados de combinação de bandas e ampliação de imagens; e, filtragem digital que é usado para promover o realce de bordas para remover a névoa da imagem e para isolar lineamentos e tendências direcionais, dentre outros motivos. Assim, o realce é um ajuste no nível de cinza (ou cor) que produz uma imagem digital com os níveis de cinza (ou cores) alterados conforme alguma regra pré-estabelecida.

2.2.3.2.3. Classificação das Imagens

Segundo Crosta (1992), dentre os vários objetivos que o Sensoriamento Remoto possui, se pode definir como um dos principais “a identificação e a distinção das composições dos diferentes materiais superficiais, sejam eles tipos de vegetação, padrões de uso do solo, rochas e outros”. Essa distinção e identificação torna-se possível devido ao fato dos materiais superficiais terem comportamentos específicos ao longo do espectro eletromagnético, comportamentos esses que podem ser usados para identificá-los.

As imagens orbitais precisam ser analisadas e processadas para que possam oferecer informações úteis ao processo de planejamento. A classificação de imagens refere-se à interpretação de imagens de sensoriamento remoto auxiliada por computador. A classificação baseia-se na resposta espectral dos alvos em cada uma das bandas do sensor. Dessa forma transformam-se categorias espectrais em categorias informacionais (NETO, 2000).

A classificação pode ser realizada pelo analista, visualmente, ou empregando um método automático ou não-supervisionado, utilizando um algoritmo classificador. Pelo método automático, cada pixel é tratado como uma unidade individual composta de valores de brilho em várias bandas espectrais, atribuindo cada pixel a uma determinada classe, constituída de pixels já conhecidos, agrupando-os às classes com refletância espectrais mais semelhantes (CRÓSTA, 1992). A classificação automática pode ser realizada pelo método supervisionado ou não-supervisionado.

No método não-supervisionado o algoritmo separa as classes informacionais sem a interferência do analista não havendo necessidade de informação prévia sobre as classes de

interesse. A análise de agrupamento ou cluster é a lógica adotada neste tipo de classificação. Deve-se reconhecer, no entanto, que os agrupamentos que a classificação não supervisionada produz não são classes de informação, mas categorias espectrais, agrupando feições (pixel) com padrões de refletâncias similares.

No processo supervisionado o analista identifica amostras de treinamento na imagem, referentes às aquelas categorias que ele deseja separar. A partir das amostras de treinamento são procedidos cálculos estatísticos para cada classe e então o algoritmo usa uma regra estatística para agrupar os pixels às classes de informação (CRÓSTA, 1992).

No processo de classificação supervisionada, a identidade e a localização dos alvos são conhecidas, o que poderá ser identificado por visita ao campo, fotografias, mapas, etc. Assim, o usuário identificará na imagem as áreas de treinamento condizentes com a verdade de campo, tendo em vista que o uso das características espectrais dessas áreas serve para treinar diferentes algoritmos classificatórios, que envolvem cálculos de estatísticas multivariadas com parâmetros como média, desvio padrão, matriz de covariância, matriz de correlação, entre outros. O procedimento de classificação supervisionada em imagens é freqüentemente utilizado no tratamento de imagens orbitais obtidas por sensores multiespectrais. Esse procedimento consiste basicamente em dividir os vários pontos da imagem em grupos ou classes, de forma que os pontos de uma dada classe tenham características espectrais similares. O critério de similaridade a ser adotado definirá o tipo de classificador a ser empregado. Os vários métodos de classificação podem ser, de forma geral, separados em dois grandes grupos: aqueles que utilizam critérios geométricos e aqueles que utilizam critérios estatísticos. No primeiro grupo, cada ponto da imagem é classificado segundo sua distância dos demais pontos no espaço de atributos. Apesar de eficientes sob o ponto de vista computacional, tais métodos produzem erros tanto de excesso como de omissão. Por outro lado, os métodos estatísticos, apesar de mais custosos computacionalmente, produzem resultados mais confiáveis (RICHARDS, 1986; CROSTA, 1992). Na maioria das situações reais detectadas em imagens de sensoriamento remoto, o número digital (DN) dos pixels representará, na verdade, uma mistura de mais de um tipo de superfície. Isso ocorre porque, em uma área de 20 m x 20 m é bastante provável que mais de um tipo ocorra. Assim, para a área de um pixel que possui mais de um tipo de cobertura, quando de sua classificação, o seu número digital representará uma mistura da resposta das várias coberturas existentes, sendo necessário atribuir cada pixel a uma ou outra

classe dependendo de qual classe ele está mais próximo. Essa questão da proximidade ou similaridade permeará a discussão dos métodos de classificação supervisionada. Através do procedimento de classificação supervisionada, o usuário identifica alguns dos pixels pertencentes às classes desejadas e submete ao algoritmo computacional, definido segundo alguma regra estatística pré-estabelecida. Para que a classificação por máxima verossimilhança seja precisa, é necessário um número razoavelmente elevado de pixel para cada conjunto de áreas de treinamento ou interesse, número esse preferencialmente acima de uma centena (CAMPBELL, 1987). Esse número permite uma base segura para tratamento estatístico. Se utiliza, nesse caso, isolinhas ou curvas de contorno no espaço de atributos, representando a função densidade de probabilidade de pixels correspondentes às áreas de treinamento para cada classe. Na realidade, os contornos representam um ajuste baseado em distribuições normais ou gaussianas dos pixels das áreas de treinamento desconhecidos que estão bastante próximos à média de uma classe.

2.3. Área de Preservação Permanente

As áreas que devem ser preservadas em um espaço geográfico encontram-se estabelecidas na legislação ambiental brasileira. A Constituição da República Federativa do Brasil (1988 apud Vara Especializada do Meio Ambiente e de Questões Agrárias, 2004, p.3), cita, de uma forma mais abrangente, em seu Art. 225, CAPITULO VI – Do Meio Ambiente, que: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

O Código Florestal, instituído pela Lei N° 4.771, de 15/09/1965, foi o primeiro instrumento legal que definiu o termo área de preservação permanente. Ele estabelece, no seu primeiro artigo, que “as florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas como de utilidade às áreas que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade, com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem”.

Este Código define área de preservação permanente como “área protegida nos termos dos artigos 2º e 3º desta lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de

preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

Segundo o artigo 2º deste Código, consideram-se de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

- 1- de 30m (trinta metros) para os cursos d'água de menos de 10 m (dez Metros) de largura;
- 2- de 50 m (cinquenta metros) para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50m (cinquenta metros) de largura;
- 3- de 100m (cem metros) para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200m (duzentos metros) de largura;
- 4- de 200m (duzentos metros) para os cursos d'água que tenham de 200(duzentos) a 600m (seiscentos metros) de largura;
- 5- de 500m (quinhentos metros) para os cursos d'água que tenham largura superior a 600m (seiscentos metros).

E, para as nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d'água”, qualquer que seja a sua situação topográfica, um raio de 50m (cinquenta metros) de largura.

Bem como, para as encostas, cuja declividade seja superior a 45° (quarenta e cinco graus), equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declividade.

2.4. Sistema de Informações Geográficas (SIG)

2.4.1. Conceitos

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser definido como um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas (ESQUERDO et al, 2005). A aplicação dos SIGs em problemas de tomada de decisão tem se mostrado uma ferramenta poderosa e eficiente nas diversas áreas do conhecimento, uma vez que possibilita que o processo de tomada de decisão seja realizado de maneira mais fundamentada, considerando dados e informações georreferenciados.

O SIG pode ser definido como uma coleção organizada de hardware, de software, de dados geográficos e de pessoal envolvido no trabalho projetado para, eficientemente, capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e apresentar todas as formas de informações referenciadas geograficamente (NOGUEIRA et al., 1997; COSTA, 2001).

É um sistema assistido por computador para a entrada, o armazenamento, a recuperação, a análise e exposição de dados geográficos interpretados. A base de dados é composta tipicamente de um vasto número de representações espaciais, tipo de mapas, chamados layers, com valores de atributos e coordenadas conhecidas.

A composição de um SIG compreende uma variedade de elementos distintos.

2.4.2. Entrada de Dados

A composição do banco de dados talvez seja a etapa mais importante e a mais complexa na implantação de um sistema de informações geográficas e da qual depende a aplicabilidade e confiabilidade do sistema. A entrada de dados se refere ao processo de transformação dos dados analógicos para o formato digital e o posterior armazenamento no banco de dados (NETO, 2000).

O processo de entrada de dados envolve três aspectos que precisam ser considerados e relaciona-se aos tipos de dados que serão incorporados ao SIG. Ou seja, tem-se que definir o procedimento para entrada dos dados espaciais, isto é, a localização das feições e também os atributos não espaciais destas feições. Há necessidade, portanto, de se estabelecer a correspondência lógica das feições com seus respectivos atributos espaciais. Basicamente, são cinco os tipos de sistemas comumente usados para incorporar os dados aos SIGs: teclado, mesa digitalizadora, “scanners”, coordenadas geográficas e arquivos digitais já existentes como por exemplo, as imagens digitais (ARANOFF, 1989 apud NETO, 2000).

2.4.3. Estrutura de Dados

No centro do sistema está o banco de dados que trata das feições da superfície terrestre e compreende dois elementos: um banco de dados espacial descrevendo a geografia

das feições e um banco de dados de atributos descrevendo as características ou qualidade dessas feições (EASTMAN, 1998).

Os componentes espaciais de um SIG podem ser representados por meio de duas abordagens distintas que é o modelo vetorial e o modelo matricial ou “raster” (NETO, 2000). Pela abordagem vetorial, os objetos são representados por pontos e linhas que definem os seus limites. Na abordagem matricial ou “raster” o espaço é regularmente dividido em células, também denominado por pixel, geralmente quadrados. Este conjunto de células localizadas pelas coordenadas geográficas e suas respectivas colunas e linhas, são independentemente rotuladas com um valor numérico de atributo (ARANOFF, 1989 apud NETO, 2000). A área que cada célula representa define a resolução espacial do modelo e, neste caso, a resolução pode ser definida como o menor objeto que pode ser representado ou distinguível pela imagem. A operação denominada rasterização converte estruturas vetoriais para o formato matricial e o processo chamado de vetorização converte estruturas matriciais em estruturas vetoriais.

2.4.4. Sistema de Visualização Cartográfica

Este sistema permite, a partir de elementos selecionados do banco de dados, produzir mapas de saída na tela ou em alguns dispositivos de saída em meio sólido como uma impressora ou plotter.

2.4.5. Sistema de Digitalização de Mapas

Após o sistema de visualização cartográfica, o sistema de digitalização de mapas é o próximo elemento mais importante do SIG. O método mais simples de digitalização de imagem é a fixação do mapa em papel sobre uma mesa digitalizadora e dele se extrai as feições de interesse com um cursor, de acordo com os procedimentos exigidos pelo software. Outra forma é utilizar o scanner para digitalizar dados de fotografias aéreas, por exemplo. O resultado é uma imagem gráfica. O software para escanear oferece normalmente aos usuários uma variedade de formatos padrão de arquivos gráficos para exportação para um SIG. O IDRISI for Windows permite a entrada de formatos de arquivos gráficos TIF, BMP, SHAPE, etc (EASTMAN, 1998).

2.4.6. Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD)

Tradicionalmente, este termo se refere a um tipo de software que é utilizado para entrada, gerenciamento e análise de dados de atributo. Com um SGBD é possível introduzir dados de atributo como informação tabular e estatística o que possibilita extrair tabulações especializadas e sumários estatísticos para gerar novos relatórios tabulares.

2.4.7. Sistema de Análise Geográfica

O sistema de análise geográfica amplia a possibilidade de consulta a banco de dados tradicionais incluindo a possibilidade de analisar dados baseados em sua posição geográfica. No sistema IDRISI for Windows, as funções SGBD e o Sistema de Análise Geográfica são amplas e são as razões da criação deste sistema de software.

3. OBJETIVOS

3.1. Geral

Este trabalho teve como objetivo identificar as formas de uso e cobertura do solo, as áreas de preservação permanente e os conflitos de uso do setor de Expansão do Distrito Industrial de Manaus, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas (SIG), visando subsidiar ações futuras para um melhor planejamento da área de estudo.

3.2. Específico

- a) Mapear o uso e cobertura do solo do setor de Expansão do Distrito Industrial de Manaus.

- b) Identificar as áreas de preservação permanente definidas pela Legislação Ambiental e os conflitos de uso do setor de Expansão do Distrito Industrial de Manaus.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

A área onde foi realizado esse estudo foi adquirida pela Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA no ano de 1981, tendo como finalidade abrigar novos empreendimentos industriais e de prestação de serviços, considerando que o Distrito Industrial 1- área pioneira, já não apresentava condição de abrigar grandes empreendimentos face a sua ocupação em torno de 100% (cem por cento) de sua capacidade, de acordo com dados adquiridos no site www.suframa.gov.br, e consulta aos técnicos do órgão, em 2004.

É uma realidade o crescimento populacional do município de Manaus, tanto pelo aumento do número de nascimento quanto pelas populações vindas do interior e dos Estados vizinhos, atraídos pela oferta de emprego no seu pólo industrial, e neste contexto, grandes parcelas de terras têm sido ocupadas irregularmente. Em 1987 o setor de Expansão do DI, que está inserido no perímetro urbano deste município, também sofreu esse processo de ocupação irregular. Quando foram tomadas medidas para sua proteção, com a construção de cerca por toda sua extensão, uma área aproximada de 3.627 hectares, do total de 5.760 hectares, já se encontrava ocupada por famílias que se estabeleceram naquela região com o objetivo principal de desenvolver atividade agrícola.

Para a parcela da Expansão do DI que não foi ocupada por essas famílias, a SUFRAMA deu continuidade ao seu projeto inicial cujo objetivo tinha como foco principal sua destinação aos empreendimentos industriais e de serviços. Porém, em 2003, essa parcela do DI sofreu uma forte pressão para sua ocupação por famílias carentes o que veio a ser contido a tempo de se evitar sua total devastação.

Assim, o setor de Expansão do DI possui uma área destinada às empresas industriais e prestadoras de serviços havendo alguns empreendimentos já implantados e outros em fase de instalação e uma outra área ocupada por comunidades que desenvolvem atividade agrícola e ocupação irregular. Para as parcelas ocupadas pelas famílias, tanto em 1987 quanto em 2003, a SUFRAMA possui autorização para a reintegração de sua posse.

As empresas industriais e prestadoras de serviços têm interesse em se estabelecer no DI face aos incentivos concedidos pelo governo federal às empresas instaladas na área de abrangência da Zona Franca de Manaus e ainda mais pelo valor venal das terras inscritas no polígono do Distrito que atualmente equivale a R\$ 1,00/m² (um real por metro quadrado).

O presente estudo foi realizado no setor de Expansão do Distrito Industrial, localizado no Município de Manaus-AM, entre as longitudes 59°50'00" e 59°55'00" e as latitudes 2°59'00" e 3°08'00" Sul, possuindo uma área aproximada de 5.760 hectares (Figura 15). Esta região, segundo a classificação de Köppen, possui o clima quente e úmido, do tipo Af, clima tropical sem inverno, cuja temperatura média para o mês mais frio nunca é inferior a 18°C; a média da precipitação pluviométrica é de 2.000 mm por ano. As oscilações anuais de temperatura média não ultrapassam a 5 °C. A umidade relativa média do ar é sempre superior a 80%.

Sua geomorfologia inclui interflúvios tabulares, relevos de topos aplainados, separados geralmente por vales de fundo plano e eventualmente por vales em “v”, mapeados com diferentes índices de dissecação. Cobertos por vegetação da sub-região dos Baixos Platôs da Amazônia, florestas de terras baixas, com relevo dissecado e platôs. Geologicamente, predominam rochas do Grupo Barreiras: intercalações de arenitos e argilitos e subordinadamente conglomerados. Arenitos argilosos vermelhos, duros, pobremente estratificados, com estratificação cruzada, às vezes maciços, finos a média, mal classificados, contendo comumente bolas de argilas. Argilitos vermelho-tijolo e variegados, contendo variada proporção de silitos e argila, apresentam-se maciços ou laminados, ocorrendo bolsas de areia irregularmente distribuídas e gradações para arenitos moles ou duros, com fratura subconchoidal, impregnados de óxido de ferro. Conglomerados de seixo de quartzo e arenito silicado, subcarregado. O solo predominante é o Latossolo Amarelo Álico (Projeto RADAMBRASIL, 1978).

Na figura 15 se pode localizar a área de estudo, ou seja, o Setor de Expansão do Distrito Industrial de Manaus.

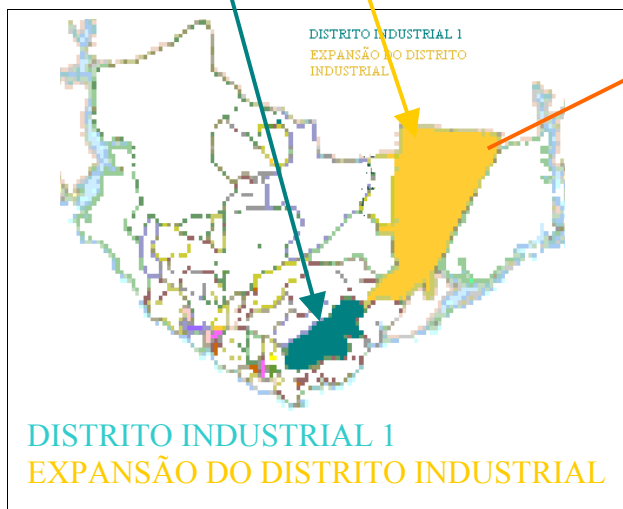
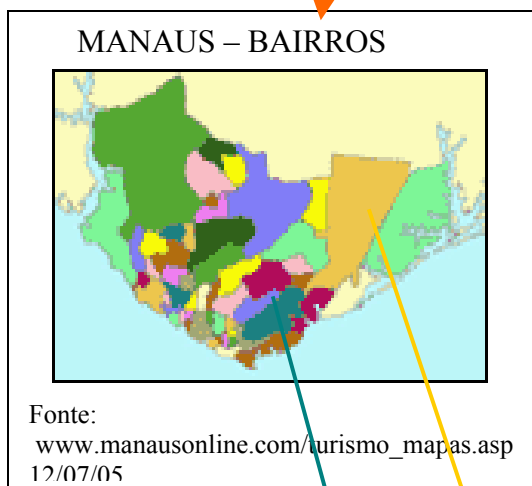
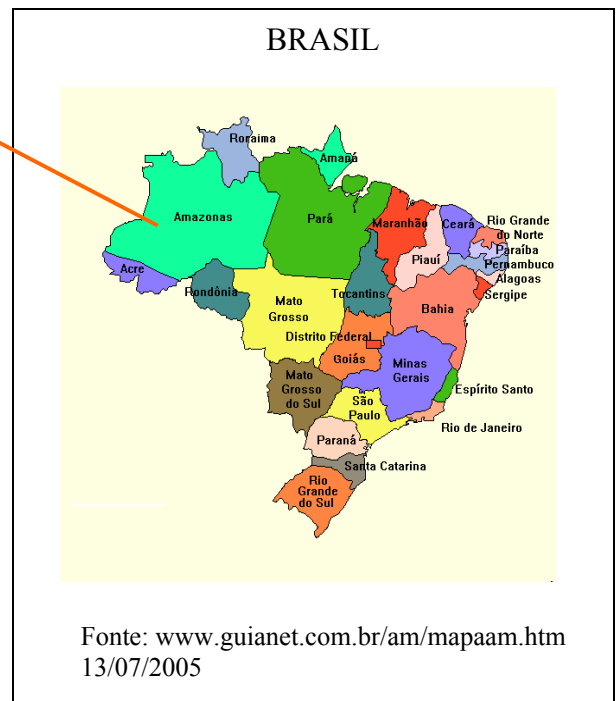


Figura 15: Localização da área de estudo em Manaus/Am

4.2. Materiais Utilizados

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados vários materiais adquiridos em diversas instituições, a saber:

- a base cartográfica na forma digital (Auto CAD 2000) foram adquiridas na COPEA/CGPRI/SPR/SUFRAMA, na escala 1: 10.000, em 2004. As cartas obtidas foram de limite, das curvas de nível, do arruamento e dos cursos d'água. Outras cartas diziam respeito às áreas ocupadas por empresas e unidade de conservação, do setor de Expansão do DI;
- os softwares de Sistema de Informações Geográficas IDRISI Kilimanjaro e Arc View 3.2;
- as imagens do satélite CBERS, datadas de 17 de agosto de 2004, correspondentes à órbita ponto 173/103, foram adquiridas do INPE (www.inpe.br) em novembro de 2004;
- LABGEO/FCA – laboratório de geotecnologias da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) – UFAM.

4.3. Procedimento Metodológico

Este trabalho foi dividido em duas etapas principais: mapeamento do uso e cobertura do solo; mapeamento das áreas de preservação permanente e conflitos de uso.

4.3.1. Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo

Na figura 16 pode ser visualizada as diferentes etapas metodológicas utilizadas na obtenção do mapa temático de uso e cobertura do solo.

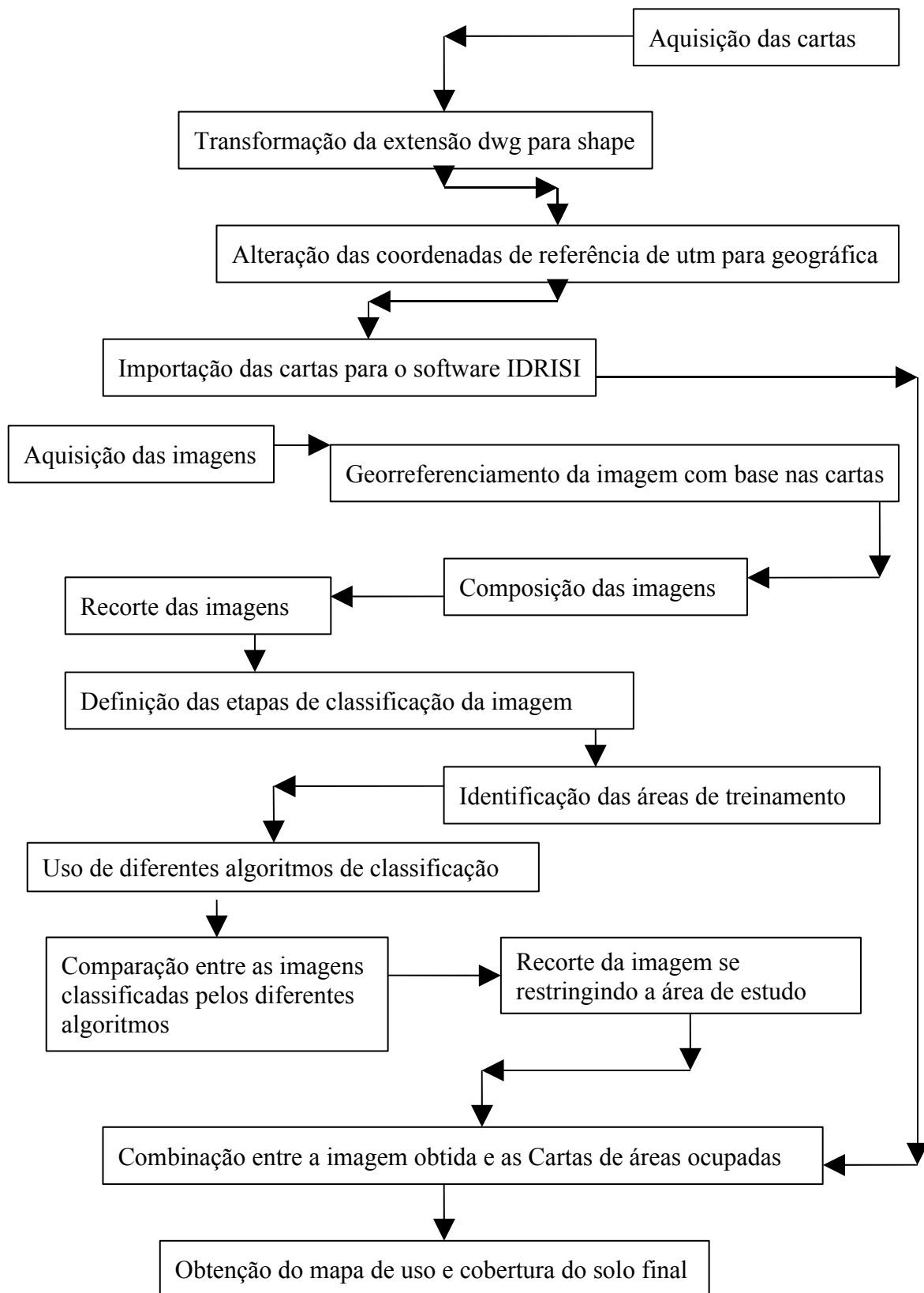


Figura 16 – Etapas da metodologia para a obtenção do mapa de uso e cobertura do solo.

4.3.1.1. Processamento das Cartas

As cartas de limite, cursos d'água (posteriormente denominada Drenagem) e vias referentes ao setor de Expansão do DI foram adquiridas no formato dwg do AutoCad. A partir de então se realizou a conversão de cada carta com dados do formato dwg (CAD) para shape (ArcView). Para tanto se utilizou a função convert shapfile do ArcView.

Posteriormente, os dados de projeção das cartas, que se encontravam em coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), foram transformados para coordenadas geográficas tendo como referência o South American Datum of 1969 - SAD 69, utilizando a extensão Projection Utility Wizard, do ArcView. As correções referentes aos dados das cartas foram realizadas se utilizando a extensão de edição do ArcView.

Após todos estes procedimentos, os arquivos estavam então, adequados para serem utilizados nos mais diversos softwares.

4.3.1.2. Georreferenciamento da Imagem CBERS

Tendo como base de referência as cartas corrigidas como anteriormente descrito, em seguida procedeu-se o georreferenciamento da imagem do satélite CBERS, composição das bandas 3, 4 e 2, data de passagem de 17 de agosto de 2004, corresponde à órbita ponto 173/103, que é um procedimento técnico, utilizando a extensão do image analysis do ArcView.

Este procedimento técnico diz respeito a reamostragem da referida imagem dentro de um sistema de coordenadas segundo a base digital escolhida, o que foi fundamental para que as informações geográficas de interesse pudessem ser extraídas com precisão.

Durante este processo de georreferenciamento utilizou-se mais de 50 (cinquenta) pontos de controle, bem distribuídos em toda a área da imagem. Os pontos de controle selecionados, foram identificados na confluência de estradas (ruas) e cursos d'água ou a

interseção de ambos, localizados concomitantemente na imagem e na carta. A reamostragem da imagem foi obtida pelo método do vizinho mais próximo e realizado através do polinômio de segundo grau, com a execução do comando image analysis do ArcView.

4.3.1.3. Classificação da Imagem CBERS

Considerando que a classificação de uma imagem é o processo de extração de informações existentes nesta imagem visando reconhecer padrões e objetos homogêneos nela identificados, ou seja, é a associação de cada pixel da imagem a um rótulo (Crosta, 1992). Vários procedimentos se fizeram necessários para se obter o Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo, os quais foram realizados em diversos softwares tendo sido concluído com a utilização do software IDRISI Kilimanjaro.

Para o início dos trabalhos observou-se a necessidade de se criar uma pasta para arquivo das cartas e dos mapas que seriam gerados a partir dos procedimentos adotados.

Para tanto, se fez necessário gerar o arquivo do Projeto com a extensão env, o que possibilitaria se trabalhar no software IDRISI Kilimanjaro. Assim, criou-se a pasta Sempublc (esta identificação é de livre escolha do usuário) como a pasta de trabalho e a pasta de dados como pasta de recursos, resultando assim no arquivo de Projetos do Distrito, a qual foi arquivada na pasta Meus Documentos do Windows Explorer.

Posteriormente, a pasta Sempublc foi adicionada ao programa com a utilização do comando Data Path/Project Environment do Idrisi Kilimanjaro. Para o New Project se localizou a pasta denominada Sempublc cuja extensão foi salva como env.

Em seguida à organização das pastas para arquivo deste trabalho, deu-se início ao processamento da imagem CBERS, iniciando com sua importação para o IDRISI Kilimanjaro através da ferramenta File –Import – Desktop Publishing Format – GEOTIFF/TIFF.

Após a importação das várias bandas, foram realizadas várias combinações entre si, com o intuito de se verificar qual a combinação que melhor apresentava as feições do local. Por fim, se adotou a combinação entre as bandas 3,4 e 2, denominada falsa cor, com contraste linear, utilizando o comando Composite, localizada na barra de ferramenta Display, conforme

figura 17. A adoção dessa composição se deu após se verificar que as demais combinações não forneciam as mesmas condições de identificação das diversas feições do local em estudo.

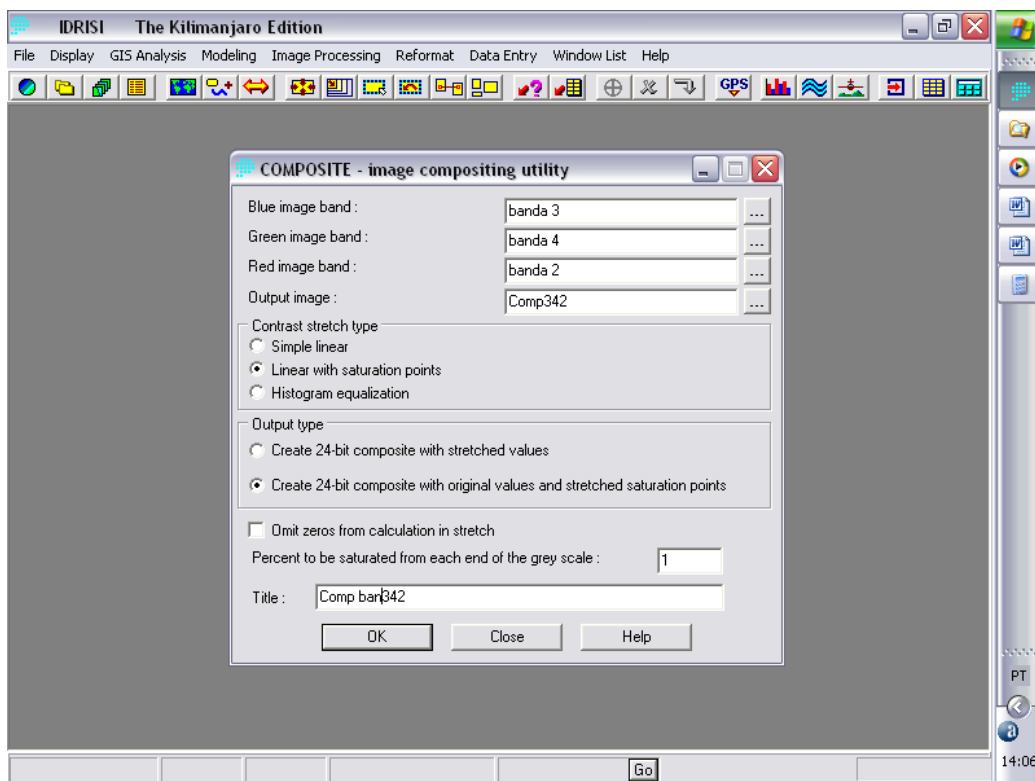


Figura 17: IDRISI Kilimanjaro – janela Composite

Como exemplo dos resultados obtidos com as diversas combinações, temos a figura 18 e a figura 19 apresentadas a seguir.

Para facilitar o manuseio e transporte dos arquivos contendo este trabalho, achou-se por bem diminuir o tamanho da cena da imagem do CBERS.

Para o recorte da área de interesse, se identificou visualmente na banda 2 do satélite CBERS (escolha aleatória) quais os vértices máximos e mínimos (linha e coluna) que compreendia a região do setor de Expansão do Distrito Industrial. Com os pontos de vértices identificados, a imagem foi “recortada”.

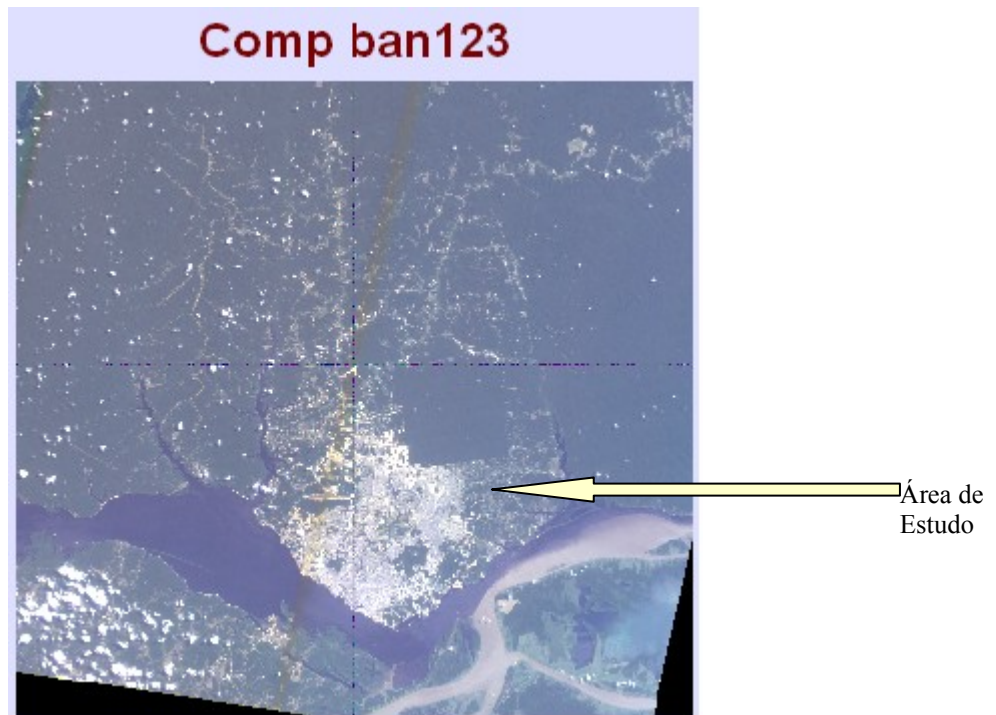


Figura 18: composição das bandas 1,2 e 3 do satélite CBERS.
Fonte da imagem: INPE/2004.

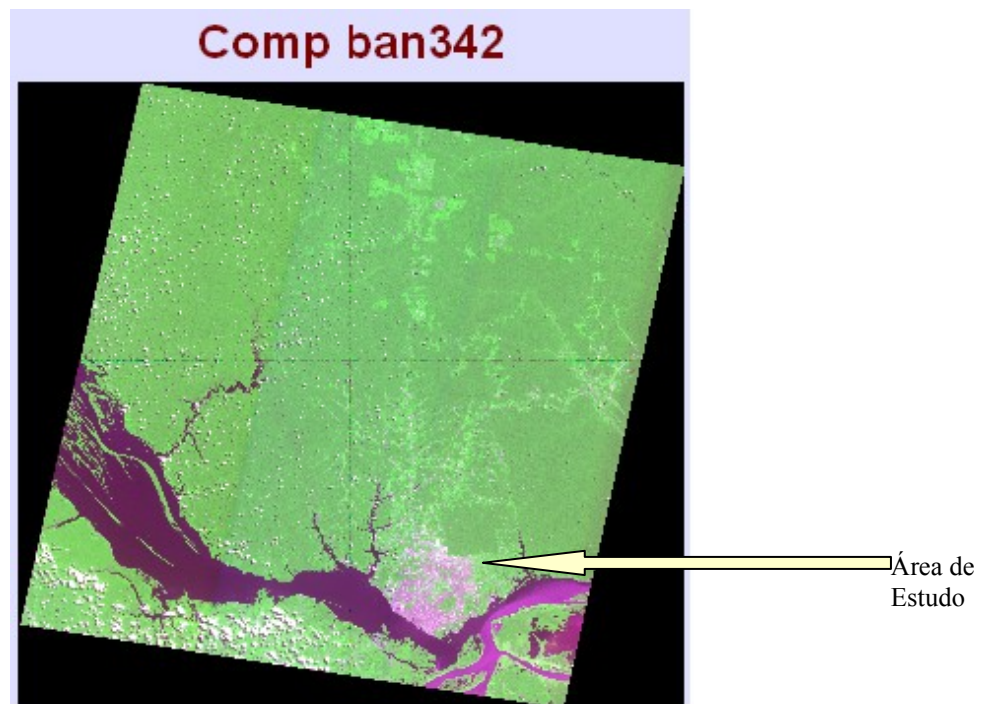


Figura 19: composição das bandas 3, 4, 2 do satélite CBERS.
Fonte da imagem: INPE/2004.

Para o recorte se utilizou a função WINDOW do comando Reformat do IDRISI Kilimanjaro, conforme figura 20. Para o recorte da imagem se fez necessário inserir no filename a composição e as bandas 3, 4 e 2 com a utilização do comando Insert layer group.

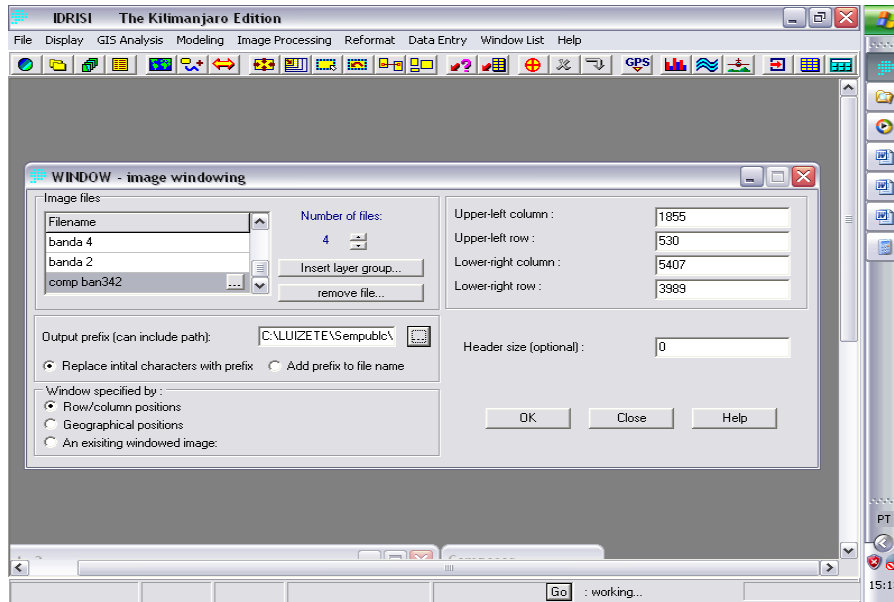


Figura 20: IDRISI Kilimanjaro – janela Window

Assim, se obteve a imagem demonstrada na figura 21.

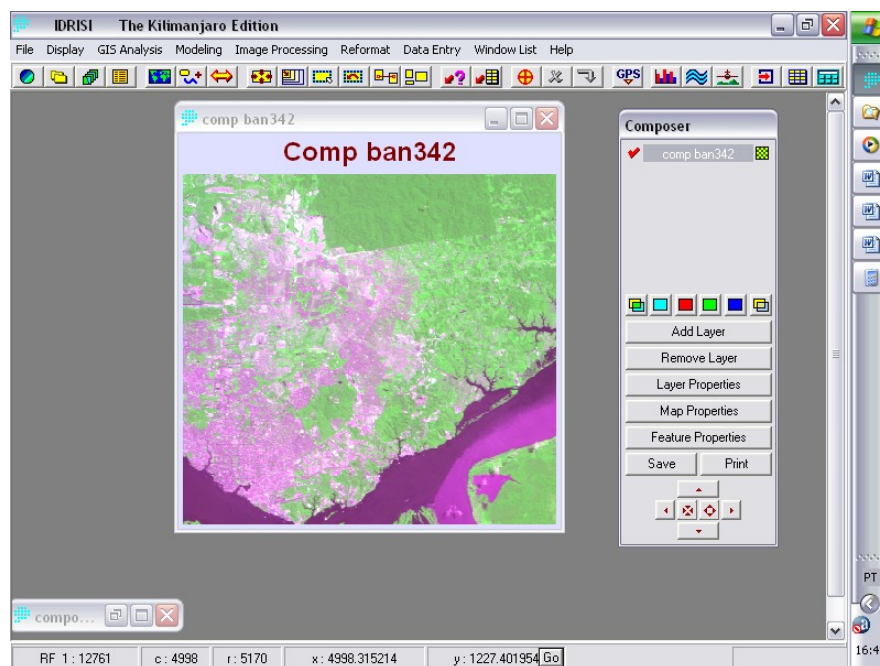


Figura 21: CBERS – recorte da composição das bandas 3, 4, 2

No processo seguinte, com a imagem exposta no IDRISI Kilimanjaro, a partir da análise visual foram coletadas áreas de treinamento (amostras) a serem utilizadas pelo classificador. Para cada polígono da área de treinamento procurou se identificar áreas com uma quantidade de pixel entre o intervalo de 6 a 10n, onde n é o número de bandas do sensor do CBERS. A escolha das áreas de treinamento ou agrupamento de pixel com refletância similar tem como objetivo possibilitar a utilização, por parte do classificador, da análise de dados multiespectrais e a aplicação de regras de decisão, baseadas em estatística, para a determinação da identidade da cobertura do solo em cada pixel da imagem, as quais devem ser compatíveis com as classes encontradas em campo. Para o caso em estudo, a princípio foram escolhidos 4 (quatro) temas para demonstração final do mapa temático. Para esse processo foram utilizados os comandos Digitize, Seve Digitized Data, conforme figura 22, para criar e salvar as áreas de treinamento, respectivamente e a função Delete Feature para excluir área de treinamento escolhida equivocadamente. Neste processo foram criados arquivos vetoriais para cada uma das classes definidas que, posteriormente, foram rasterizadas através do módulo RASTERVERTOR do comando Reformat, o que permitiu que procedimentos estatísticos fossem realizados.

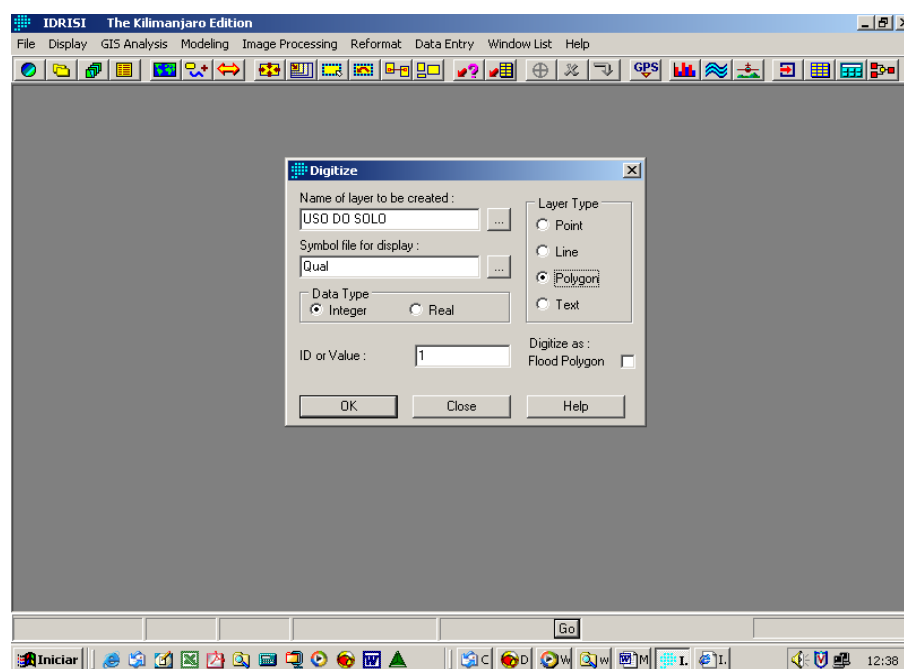


Figura 22 - IDRISI Kilimanjaro – Comando DIGITIZE

Após determinada todas as áreas de treinamento, se executou o comando MAKESIG, visualizado na figura 23, localizado no Signature Development, do Image Prozesse. A função do MAKESIG é criar assinaturas da informação contida na imagem usando os polígonos definidos nas áreas de treinamento. Estas assinaturas são utilizadas para a execução da classificação da imagem pelo método supervisionado.

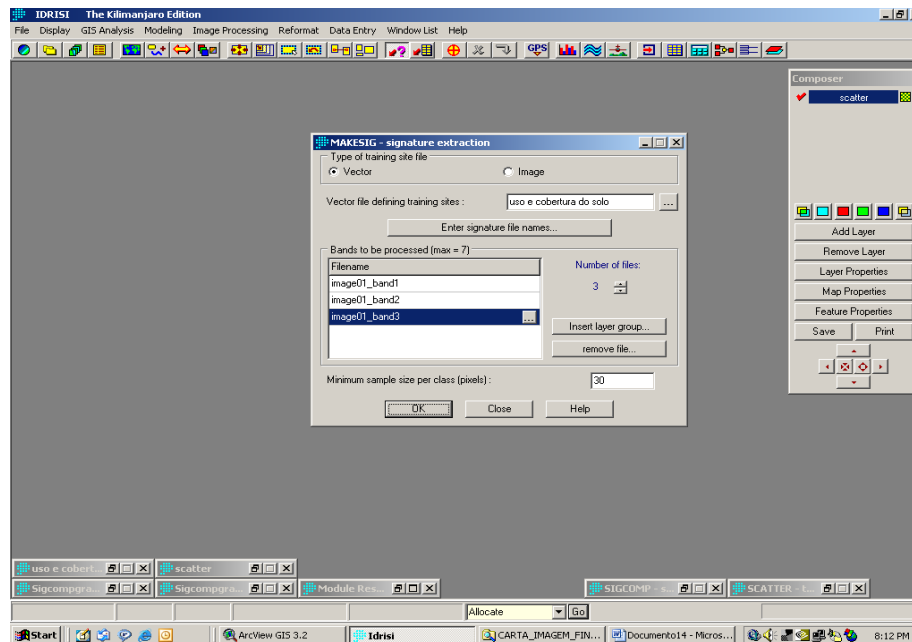


Figura 23 – IDRISI Kilimanjaro – Comando MAKESIG

Em seguida foi executado o SIGCOMP, que tem como objetivo comparar as assinaturas criadas com o MAKESIG, estando localizado no Signature Development, do Image Processing. O SIGCOMP permite que se detecte as assinaturas que são similares (figura 24).

A próxima etapa foi a execução do comando SCATTER, figura 25, que com a utilização de duas bandas do satélite CBERS criou uma imagem representando as características de um jogo de assinaturas, que pode ser útil no refinamento das características da imagem.

Após todos estes procedimentos se deu início à classificação da imagem do CBERS com a utilização dos diversos classificadores existentes no software IDRISI Kilimanjaro.

Visualização do comando SIGCOMP do IDRISI Kilimanjaro.

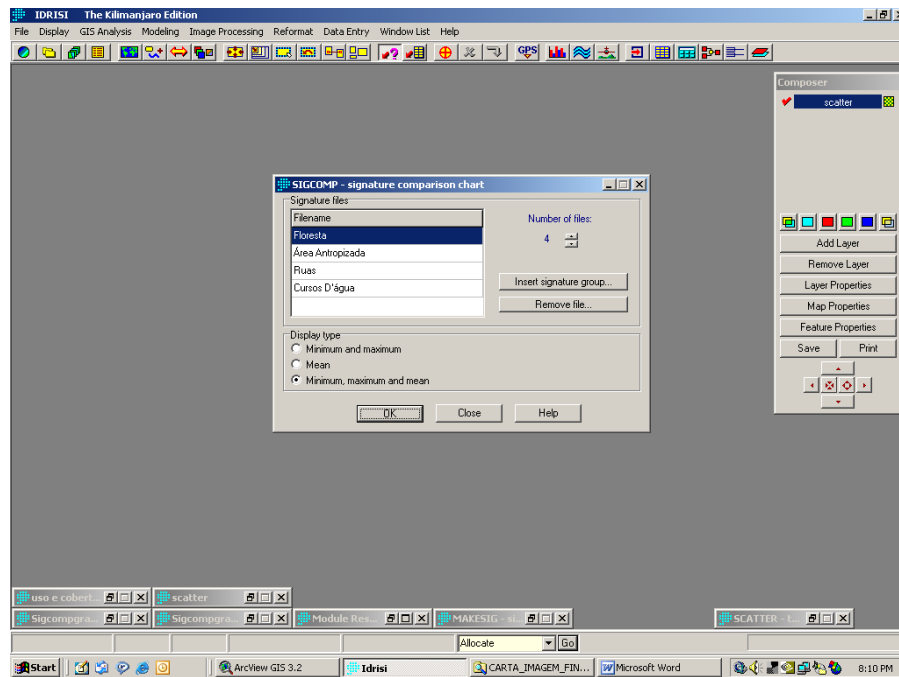


Figura 24 – IDRISI Kilimanjaro – Comando SIGCOMP

Visualização do comando SCATTER DO IDRISI Kilimanjaro.

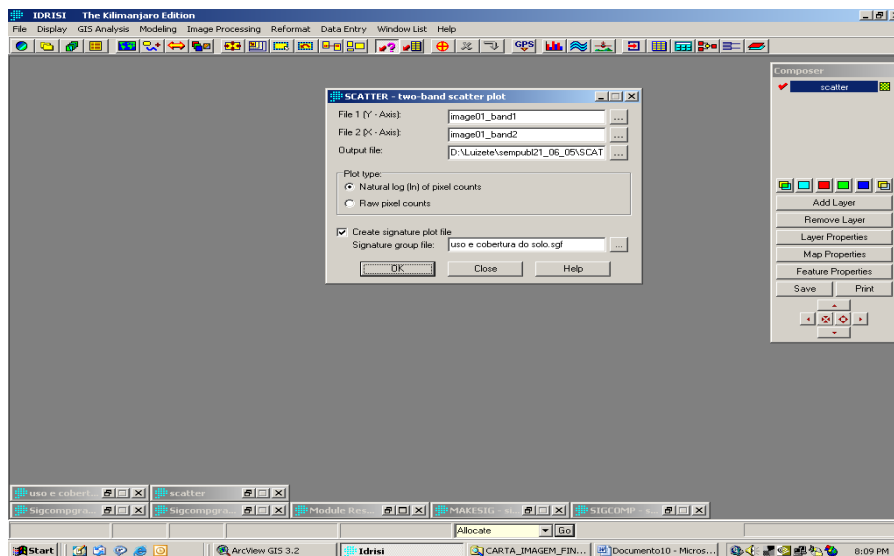


Figura 25 – IDRISI Kilimanjaro – Comando SCATTER

A primeira classificação foi executada através do comando MINDIST, conforme figura 26, localizada no Hard Classifiers do Image Processing. O MINDIST empreende uma distância mínima à classificação dos dados detectados remotamente baseados na informação contida em um jogo de assinatura. Essa distância mínima é baseada na refletância média de cada faixa para uma assinatura onde, os pixels são atribuídos à classe com o meio o mais próximo do valor desse pixel. Como resultado desse processo se obteve um mapa temático de uso e cobertura do solo.

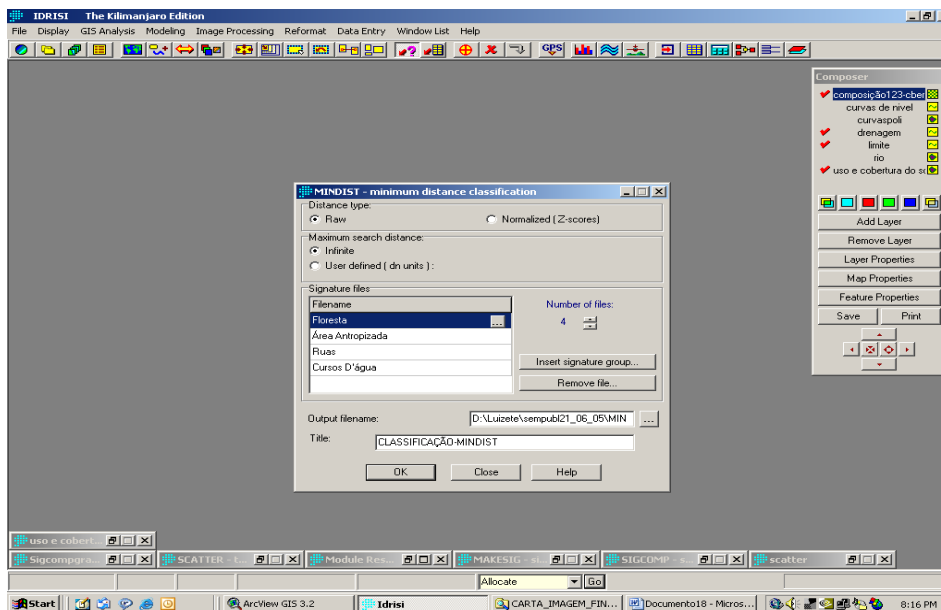


Figura 26 – IDRISI Kilimanjaro – Comando MINDIST

Um outro classificador utilizado foi o PIPED, figura 27, localizada no Hard Classifiers do Image Processing. Esse processo empreende uma classificação do paralelepípedo dos dados detectados pelo sensor remoto, baseados na informação contida em um jogo de linhas da assinatura. É o mais rápido das rotinas de classificação, porém um dos menos exatos.

O próximo classificador utilizado foi o MIXLIKE, figura 28, localizada no Hard Classifiers do Image Processing. Esse algoritmo empreende uma classificação da probabilidade máxima dos dados remotamente detectados, baseados na informação contida em um jogo de assinatura, de um determinado pixel pertencer a uma das classes especificadas, associando-o àquele cujo valor de probabilidade calculado for maior.

Visualização do algoritmo de classificação PIPED, do IDRISI Kilimanjaro.

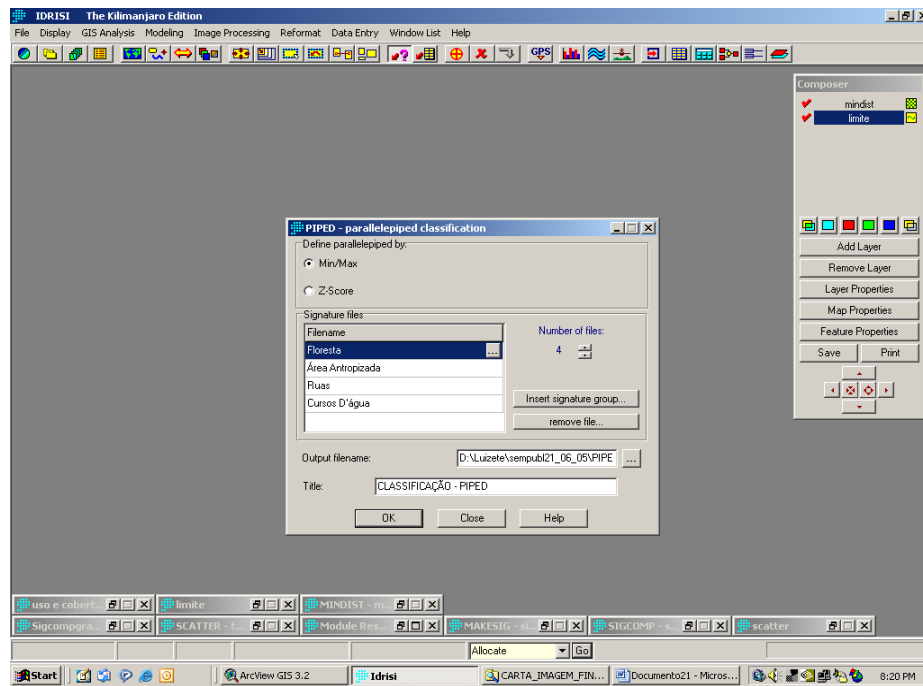


Figura 27 – IDRISI Kilimanjaro – Comando PIPED

Visualização do algoritmo de classificação MAXLIKE do IDRISI Kilimanjaro.

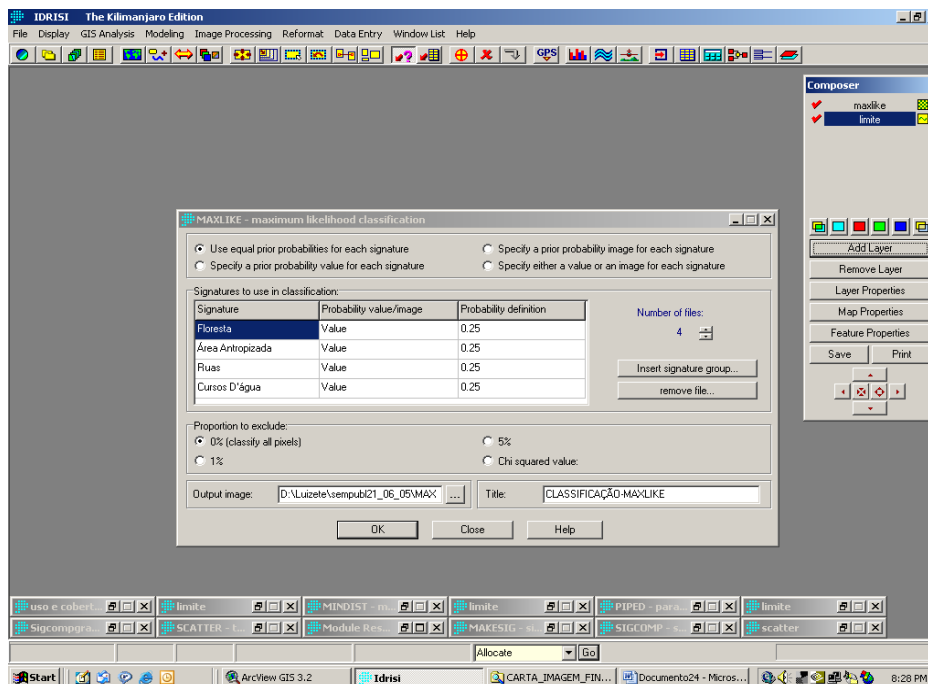


Figura 28 – IDRISI Kilimanjaro – Comando MAXLIKE

A classificação pela máxima probabilidade ou Máxima Verossimilhança é baseada na função da densidade da probabilidade associada com uma assinatura particular do local de treinamento, ou seja, a obtenção dos estimadores dos parâmetros estatísticos a utilizar no algoritmo classificador é feito a partir das áreas de treinamento identificadas na imagem de acordo com o verificado no campo. Os pixels são atribuídos à classe mais provável baseado em uma comparação da probabilidade de que cada uma das assinaturas pertence a uma classe de assinatura posterior.

De posse dos mapas temáticos de uso e cobertura do solo obtidos pelos algoritmos de classificação MINDIST, PIPED e MAXLIKE, se observou aquele que apresentou comportamento mais compatível com o verificado na área de pesquisa quando dos estudos de campo, para reconhecimento da área.

O mapa temático mais compatível com a área de estudo foi o obtido por meio da aplicação do algoritmo MAXLIKE.

Posteriormente à classificação da imagem, para a delimitação da imagem à área restrita ao setor de Expansão do Distrito Industrial, vários procedimentos foram adotados.

A começar pela transformação do arquivo do limite da área de estudo que se encontrava como arquivo de vetor o qual foi transformado para imagem raster, para tanto, foi utilizado o comando RASTERVECTOR do Reformat.

Estando, tanto a imagem resultante da classificação executada pelos diversos comandos quanto a área de delimitação da área de estudo em formato raster, se executou o comando Overlay, do Data Base Query, GYS Analysis, fornecendo como dados de entrada a imagem resultante de cada classificação e o arquivo denominado Limite da Expansão do DI, se obtendo uma imagem booleana que se denominou Mapa Booleano Expansão (MBE). Com esta operação se obteve a imagem restrita à área de estudo, sendo, a partir de então, executado as diversas operações utilizando a imagem classificada pelo método MAXLIKE.

Após a análise do mapa obtido, verificou-se que havia possibilidade de identificação mais precisa de algumas áreas cujo uso se tinha conhecimento. Para tanto, outros procedimentos foram adotados.

As cartas de identificação das áreas ocupadas pela empresa Samsung Display, Itautinga Agro Industrial, áreas ocupadas de forma irregular (invasões) e pela unidade de proteção denominada Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheira que é gerenciada pela Prefeitura Municipal de Manaus, cuja extensão encontravam-se em dwg foram importadas para o ArcView e transformadas para a extensão shape. Em seguida, todos esses arquivos foram importados para o IDRISI Kilimanjaro e transformados em imagem raster, com a utilização do comando RASTERVECTOR, do Reformat.

Depois se procedeu a combinação do Mapa Booleano Expansão com cada um desses mapas de uso com a utilização do comando overlay.

A cada execução do comando overlay, uma nova classe de uso foi acrescida ao mapa resultante (Output image), gerando um mapa final com 8 (oito) classes diferentes, ou seja, as 4(quatro) classe definidas pelas áreas de treinamento, florestas, área antropizadas, ruas e cursos d'água mais 4 (quatro) classes referentes ao usos pela Samsung, Itautinga, ocupação irregular e pela unidade de preservação.

Porém, devido a semelhanças visual entre algumas respostas espectrais e a que melhor espelham o uso atual do DI, achou-se por bem adotar um Mapa Temático de Uso e Ocupação do setor de Expansão do DI com 5 (cinco) classes. Para a alteração do número de classes obtidas, executou-se o comando RECLASS, localizado no Database Query, do GIS Analysis.

Para o registro da denominação de cada classe de uso na legenda, procedeu-se a adição dessa informação ao Mapa Temático com a função add legend category, Legend, ViewMetadata, Properties localizado no layer Properties.

Até então, o Mapa Temático se encontrava com suas cores de acordo com o obtido com a classificação da imagem do satélite CBERS. Para a alteração das cores do Mapa Temático de forma a demonstrar seu uso e cobertura de acordo com o visualizado no local, alguns procedimentos foram adotados: através da ferramenta Display localizou-se e ativou-se o comando Symbol Workshop. Ativando o Click cell to modify a janela New Symbol File foi aberta, sendo ativada a Palette e como File Name criou-se o arquivo novas cores.avl. Em seguida todas as janelas de cores que correspondiam às classes obtidas na imagem classificada foram alteradas, sendo finalmente executada a função Save As para o arquivo novas cores.avl. Para que o Mapa Temático tivesse suas cores adequadas às alterações, na janela DISPLAY Launcher ativou-se a função Raster Layer no File Type localizou-se o arquivo Mapa Temático e com o uso do Browse e o Palette File estando ativo o arquivo novas cores.avl, concluiu-se a operação clicando ok, obtendo o Mapa Temático com as cores desejadas.

Um outro recurso utilizado, após a geração do Mapa Temático, foi a quantificação de cada área de uso por meio da função AREA do Database Query, Gis Analysis.

Outras operações também foram adotadas com a utilização dos comandos EDIT, Assignh, Reclass e CROSSTAB com o intuito de se alterar dados que visualmente iriam facilitar a interpretação da imagem final.

4.3.2. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e Conflitos de Uso

Para a obtenção das áreas com restrição de uso em relação a sua declividade e em relação ao curso d'água existente, denominadas de área de Preservação Permanente, vários procedimentos se fizeram necessários como se pode observar na figura 29.

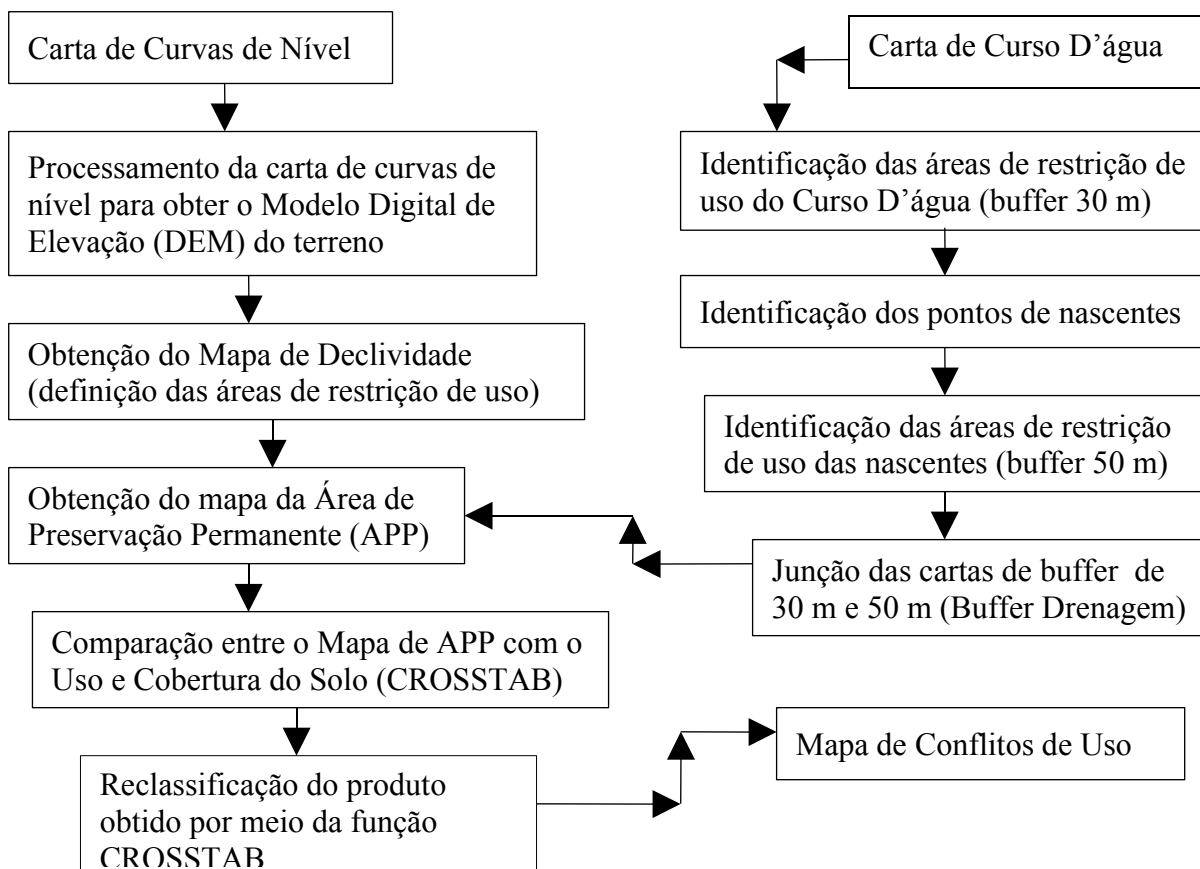


Figura 29: Etapas da metodologia para a obtenção do mapa de preservação permanente e de conflitos de uso.

4.3.2.1. Obtenção das Áreas de Preservação Permanente

A primeira etapa deste trabalho consistiu na coleta, análise, seleção e organização de todos os documentos relacionados à área de estudo, como cartas de curvas de nível, dos cursos d'água e do mapa temático de uso e cobertura do solo.

Considerando que as cartas se encontravam em coordenadas UTM - Universal Transversa de Mercator, foram adotados procedimentos que transformaram estas coordenadas para coordenadas geográficas tendo como referência o South American Datum of 1969 - SAD 69, utilizando a extensão Projection Utility Wizard, do ArcView.

Após se verificar falhas como descontinuidades nas curvas demonstrativas dos diversos níveis do terreno, foram adotados procedimentos para sua correção com a interligação dos diversos fragmentos das curvas. Para a correção dos vetores relacionados às

curvas de nível se utilizou a extensão SSIArc POLY TOPO Clean and Build Polygon do ArcView. Assim, as bases cartográficas foram adequadas para importação para outros programas que foram utilizados para se obter os mapas finais desejados.

Para a área de restrição de uso em relação a declividade do terreno, fez-se necessário, primeiramente, obter o Modelo Digital de Elevação (DEM) do terreno que é a representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real, ou seja, consiste na representação digital de uma porção da superfície terrestre. A utilização da informação gerada a partir de um DEM constitui uma grande ajuda para quem utiliza sistemas de informações geográficas (sig) afim de planejamento, pois as potencialidades destes modelos apóiam atividades de ordenamento do território, (PÉRICO et all., 2005). Para esta representação é necessário que determinadas informações relativas aos dados que se deseja obter estejam digitalizados, o que posteriormente permitirá gerar interpolações entre si, para se obter produtos tais como o mapa de declividade, perfis do terreno, etc.

Para o presente estudo, o DEM foi obtido a partir da carta digital de curvas de nível, com curvas mestras equidistantes em 20 metros. A interpolação dos dados das curvas de nível foi feita com o módulo Topogrid do ArcView. Este módulo utiliza técnica de interpolação das curvas de nível por grades triangulares, utilizando as funções Tin e Tinsurf, respectivamente. As dimensões do pixel estabelecidas para o DEM foram de 20 por 20 metros de forma a compatibilizá-lo com as imagens do satélite CBERS, cuja resolução espacial é de 20 metros.

Na modelagem da superfície por meio de grade irregular triangular, cada polígono que forma uma face do poliedro é um triângulo. Os vértices do triângulo são geralmente os pontos mostrados na superfície. Esta modelagem, considerando as arestas dos triângulos, permite que as informações morfológicas importantes, como as discontinuidades representadas por feições lineares do relevo (cristas) e drenagens (vales), sejam consideradas durante a geração da grade triangular, possibilitando assim, modelar a superfície do terreno preservando as feições geomórficas da superfície.

Um mapa de DEM deve estar associado a uma categoria do modelo numérico, onde o processo de modelagem espacial é definido por geocampos, e um geocampo numérico associa, a cada ponto do espaço, um valor real. Um mapa DEM pode ser armazenado na forma vetorial ou matricial (raster). Na representação vetorial, a topologia pode ser do tipo arco-nó, com arcos que se conectam entre si através de um nó (ponto inicial e final) ou Grade Triangula (TIN), quando os arcos se conectam através de pontos, formando uma malha triangular.

Os procedimentos descritos anteriormente foram utilizados para obtenção do DEM, a partir da carta de curvas de nível do setor de Expansão do DI, os quais foram processados no software ArcView 3.2 sendo, posteriormente, importada para o software IDRISI Kilimanjaro, considerando que os demais procedimentos seriam executados neste software. Para tanto se utilizou o comando File –Import – Desktop Publishing Format – GEOTIFF/TIFF.

Porém, quando da importação, embora o mapa estivesse anteriormente georreferenciado com sistema de projeção em coordenadas geográficas, quando da consulta ao seu banco de dados através da janela Layers Propertiers do Composer, se verificou que seu Ref System estava como plane e Ref Units como meters. Para a correção do sistema de referência, se executou o sub comando Project localizado no Reformat da barra de ferramentas, tendo como Input file name grid91 (nome dado ao arquivo) e Input reference system latlong e como Output file name o arquivo denominado grid91lat, para Reference file for output result: latlong. Para o Reference Parameters, localizado no Output Reference informacion, se adotando para os valores máximo e mínimo de X e máximo e mínimo Y, os mesmos valores para X e Y identificados no Layer Properties do Composer relativamente à composição das bandas 3, 4 e 2 do CBERS. Como resultado destes procedimentos se obteve uma imagem com seu sistema de referência da forma que desejada, ou seja, Ref System latlong e Ref Units como Degrees.

A partir da análise dos dados existentes para a identificação das áreas de preservação permanente em relação a sua declividade, viu-se a importância da determinação do Mapa de Declividade que representa a inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. Considerando um Modelo Digital de Elevação (DEM) de dados altimétricos extraídos da cartografia e traçando um plano tangente a superfície deste DEM, num

determinado ponto, a declividade neste ponto corresponde a inclinação deste ponto em relação ao plano horizontal.

Para gerar a declividade se fez necessário executar um fatiamento a partir do DEM, que consistiu em gerar uma imagem temática a partir de uma grade retangular. Os temas da imagem temática resultante correspondem a intervalos de valores de cotas. Desta forma, um plano de informação da categoria numérica originou um plano de informação de categoria temática representando um aspecto particular do modelo numérico do terreno, conseqüentemente, cada fatia foi associada a uma classe temática previamente definido no banco de dados, ou após a operação, havendo um estudo do mapa resultante, fazendo a junção dos diversos intervalos obtidos, à intervalos de declividades de interesse do operador.

Considerando que o arquivo do DEM já se encontrava no formado IDRISI, se executou o sub comando SLOPE localizado no GYS Analysis, Surface Analysis, Topographic Variables do IDRISI Kilimanjaro, que calcula a declividade ou zona de sombra a partir de um modelo contínuo de imagem de superfície ou DEM, gerando dados em porcentagens ou graus, devendo uma destas opções ser escolhida pelo operador. Com a execução desse comando se obteve o Mapa de Declividades da área de estudo. O SLOPE calcula a inclinação do terreno. A inclinação é calculada como o vetor resultante da inclinação em X e em Y, isto é, onde a \tan_slope é a tangente do ângulo que determina o máximo da declividade de um ponto em relação aos vizinhos da esquerda, direita, superior e inferior deste ponto. Se for calculado o \tan_slope multiplicado por 100 se produz uma saída em %, se for calculado o Arctan_slope se produz uma saída em graus (°). Assim, um ângulo de 45° corresponde a uma inclinação de 100% ou, para um ângulo de 90° seu percentual de inclinação se aproximará do infinito.

Para a obtenção das áreas de preservação permanente relativo à rede de drenagem levou-se em consideração ao estabelecido no artigo 2° do Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771/65), onde cita que todos os recursos hídricos apresentam sua Área de Preservação Permanente (APP) mínima, variando de acordo com a largura do seu curso e um raio de 50 (cinquenta) metros para o caso específico das nascentes. Nestes locais não são permitidos quaisquer tipos de uso, devendo permanecer preservada toda a representação que constitui seu bioma, por considerar que tais medidas evitam ou atenuam a entrada de poluentes e sedimentos, evitam a erosão e mantém o fluxo gênico da fauna e da flora, mantendo assim, a

sua diversidade biológica. Essas medidas visam preservar os biomas que esses sistemas formam considerando que os recursos hídricos são um dos constituintes ambientais mais vulneráveis aos impactos causados pela ação antrópica, principalmente, em relação ao tipo de uso do solo, predominantemente quando se utilizam extensas áreas para o desenvolvimento agrícola ou industrial.

No presente estudo, para definição das áreas de preservação relativo ao curso d'água e suas nascentes, estabeleceram-se duas regras para sua delimitação.

- a) Levando em consideração que os cursos d'água existentes na região de estudos possuem larguras inferiores a 10 metros, foram adotados 30 metros para preservação de suas áreas marginais, como estabelecido pelo Código Florestal Brasileiro.

Para a obtenção do mapa de preservação permanente relativo aos cursos d'água, executou-se o buffer de 30 metros no programa ArcView 3.2. O comando buffer permite calcular a zona tampão à volta de cada zona de alvo.

- b) Para a obtenção do mapa de preservação permanente relativo às nascentes, primeiramente procurou se identificar as nascentes existentes na sua rede hidrográfica, para tanto, para cada curso d'água existente se criou um tema de pontos identificando cada ponto de início do curso d'água como a sua nascente e em seguida se executou um buffer de 50 metros, no programa ArcView 3.2. Com este comando se definiu a área de restrição de uso de cada nascente relativamente à rede de drenagem da área de estudos.

Não foi necessário obter o mapa de preservação permanente relativo à declividade do terreno em virtude do mapeamento da declividade não apresentar área de inclinação superior a 100%.

Para se trabalhar com um único arquivo relativo à área de preservação permanente da rede de drenagem, fez-se a junção dos temas referentes às restrições de uso da própria rede e suas nascentes, utilizando o comando UNION TWO THEMES do ArcView 3.2, ou seja, se executou a união dos dois arquivos referentes aos pontos de nascentes com suas zonas de restrições (buffer de 50 metros) e cursos d'água e suas restrições (buffer de 30 metros)

conjuntamente, resultando no mapa da Área de Preservação Permanente final (APP Vetorial), existente no setor de Expansão do Distrito Industrial.

Todos os procedimentos adotados com relação à identificação das áreas de preservação permanente se deram estando as cartas em coordenadas UTM. A adoção do comando `Inport`, `Software-Specific Formats`, `ESRI Formats`, `SHAPEIDR`, do IDRISI, possibilitou migrar o arquivo da Área de Preservação Permanente (APP) para o IDRISI, já transformando sua extensão para coordenadas geográficas `latlong`, no momento da importação.

Estando o arquivo APP no formato vetorial, para transformá-lo em arquivo raster, o que viria a permitir sua utilização em combinação com outros temas, se executou o sub comando `RASTEVECTOR` localizado no comando `Reformat` do IDRISI, obtendo-se o APP raster final.

4.3.2.2. Obtenção dos Conflitos de Uso

Após a junção do mapa de preservação permanente (APP RASTER) e do mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo, por meio do comando `OVERLAY`, se obteve o mapa demonstrativo da sobreposição da APP em relação às outras classes de uso, denominado de Mapa Temático da Área de Preservação Permanente, que, após a utilização do sub comando `RECLASS` e `AREA`, se chegou à identificação de 2 (duas) classes de uso assim definidas:

- 1 – área de preservação permanente;
- 2 – outros usos.

A seguir se utilizou o comando `CROSSTAB` do IDRISI o que permitiu se obter Mapa de Conflitos de Uso final, demonstrando a interseção da APP com cada uso e cobertura identificado na área de estudo. Com a nova aplicação do sub-comando `AREA` foi possível quantificar essa interseção entre as áreas de uso e a APP.

Para uma melhor visualização, achou-se por bem alterar as cores do Mapa de Conflitos de Uso e sua respectiva legenda, a qual foi correlacionada às mesmas cores

adotadas para a legenda do Mapa de Uso e Cobertura do Solo, o que veio a facilitar a interpretação dos resultados obtidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo

Para obtenção do Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo do Setor de Expansão do DI vários procedimentos se fizeram necessários, desde a identificação do material técnico necessário para se atingir o objetivo estabelecido até a adoção do melhor algoritmo classificador existente no software utilizado para desenvolver o estudo.

5.1.1. Layer de Limite e Corte da Imagem

As figuras 30, 31 e 32 mostram, respectivamente, o layer de limite da área do setor de expansão do DI, cena completa da órbita/ponto 173/103 de uma imagem CBERS-CCD e o primeiro recorte desta imagem, composta pelas bandas 3, 4 e 2.

Na figura 30 se tem a carta de delimitação da área de estudos.

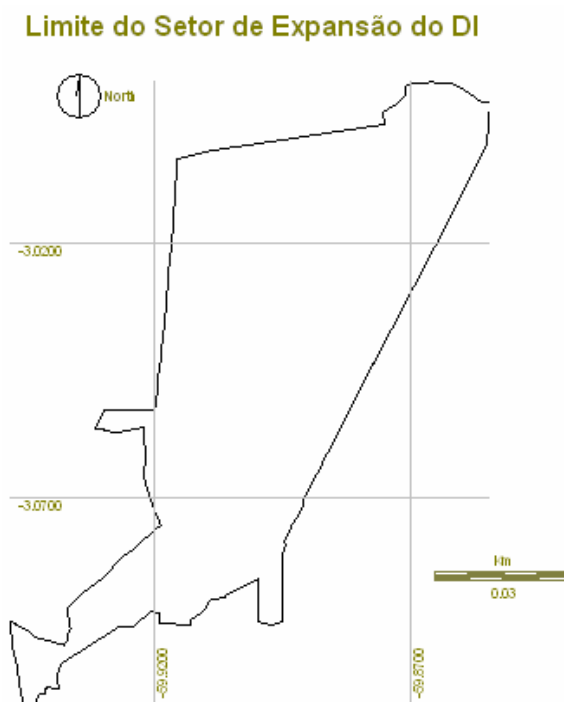


Figura 30: Carta do limite do Setor de Expansão do DI.
Fonte: SUFRAMA, 2004.

Na figura 31 observa-se a cena do satélite CBERS – CCD, incluindo a área de estudo.

Comp - CBERS-CCD

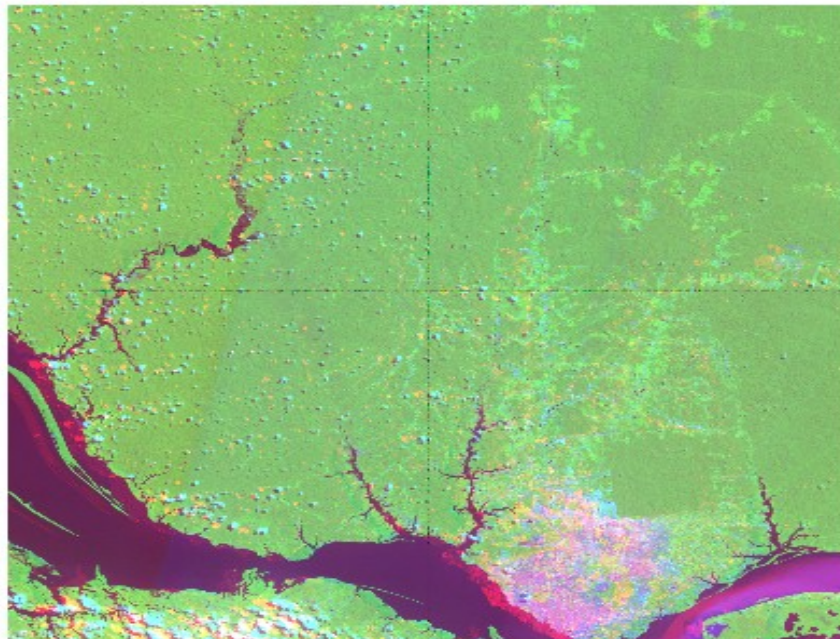


Figura 31: Cena do satélite CBERS-CCD, órbita ponto 173/103.
Fonte: INPE, 2004.

Na figura 32 se pode observar o primeiro recorte da composição das bandas 3, 4 e 2 do CBERS.

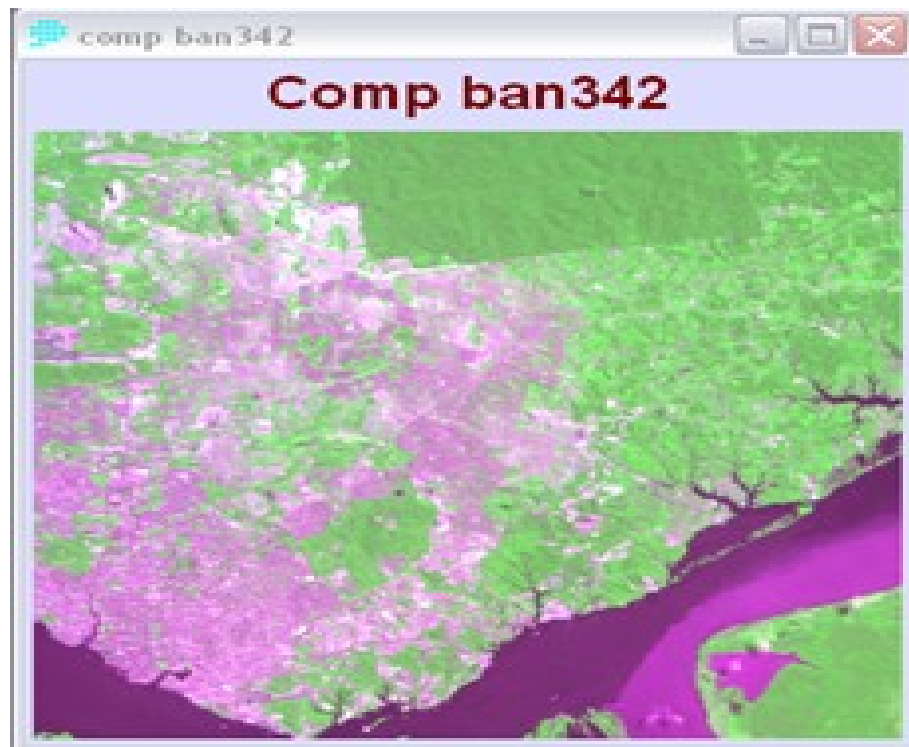


Figura 32: 1º recorte da composição das bandas 3, 4 e 2 com a utilização do comando Window do IDRISI Kilimanjaro.

O recorte da imagem, restrita a área de estudo, somente foi efetuada após todos os procedimentos imprescindíveis para identificação do mapa de uso e cobertura do solo, incluindo a execução de 3 (três) algoritmos classificadores existentes no software IDRISI Kilimanjaro, quais sejam, PEPED, MINDIST e MAXLIKE.

5.1.2. Classificação da Imagem CBERS-CCD

Estando as imagens já georreferenciadas e no IDRISI, procedeu-se a sua composição obtendo-se a combinação entre as bandas 3, 4 e 2 como a que melhor possibilitou visualizar as feições da região de estudo.

A seguir foram identificadas visualmente e delimitadas na imagem, as áreas de treinamento cujo uso e cobertura eram conhecidos. Essas áreas de treinamento foram identificadas como área com cobertura em vegetação (florestas), área antropizada, arruamento e cursos d'água, como demonstrado na figura 33.

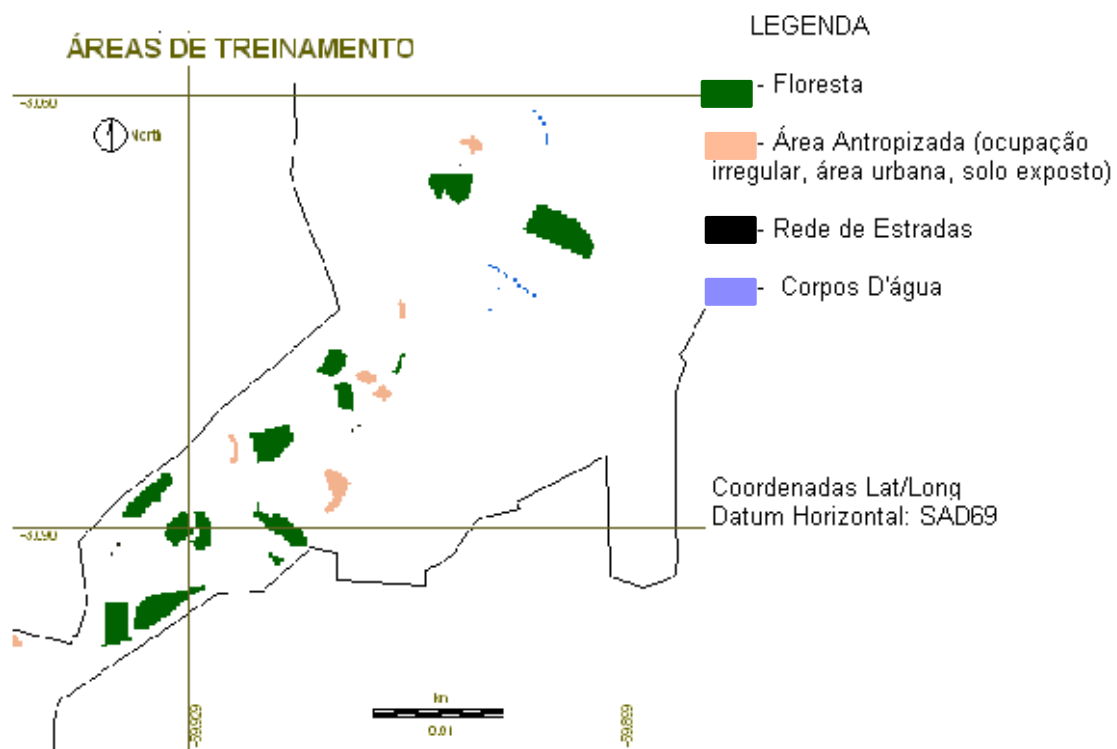


Figura 33: Áreas de Treinamento – comando DIGITIZE do IDRISI Kilimanjaro.

Após a identificação na imagem das diversas áreas de treinamento, foram aplicados diversos algoritmos classificadores existentes no IDRISI, com o intuito de se obter uma imagem cujo uso e cobertura do solo melhor espelhasse a situação da área de estudo por ocasião da passagem do satélite.

Os classificadores adotados foram o MINDIST, PIPED e MAXLIKE, existentes no software IDRISI Kilimanjaro. Posteriormente a adoção desses classificadores, procedeu-se a delimitação da imagem à área restrita ao Setor de Expansão do DI, com a adoção do comando OVERLAY, se obtendo os mapas demonstrados nas figuras 34, 35 e 36.

O resultado obtido com o comando MINDIST está demonstrado na figura 34.

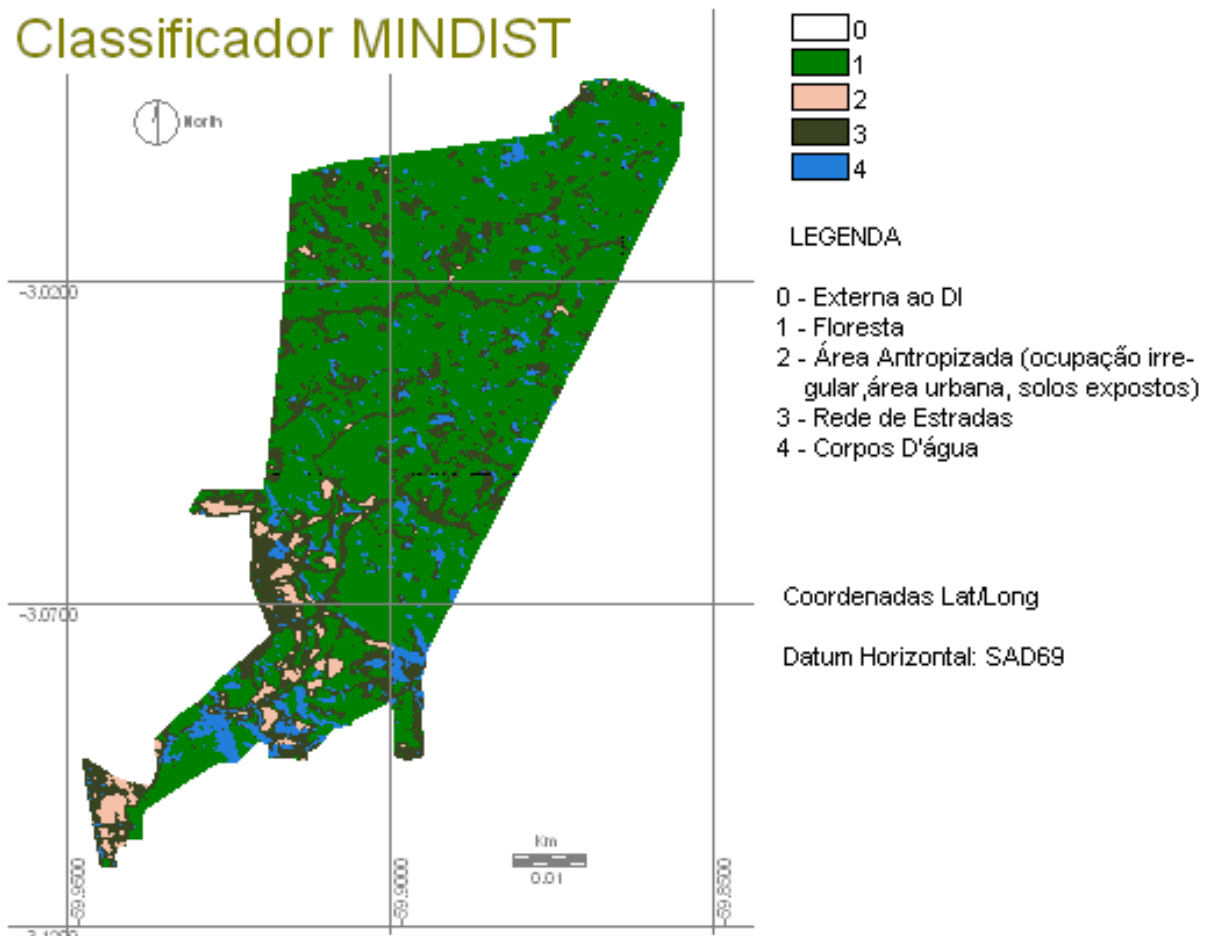


Figura 34: Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo obtido com o algoritmo MINDIST do IDRISI Kilimanjaro

O mapa temático resultante da classificação com a utilização do comando Mindist do IDRISI Kilimanjaro, que classifica a imagem empreendendo uma distância mínima à classificação dos dados detectados por sensor remoto, baseados em um jogo de assinatura espectral, ofereceu como resultado um mapa que, quando comparado a outros mapas temáticos obtidos por outros métodos apresentou um maior conflito entre algumas respostas espectrais havendo um maior agrupamento entre áreas de usos diferentes, como é o caso da cobertura identificada como Floresta, Ruas e as Áreas Antropizadas.

O resultado obtido com a aplicação do algoritmo PIPED do IDRISI Kilimanjaro encontra-se demonstrado na figura 35.

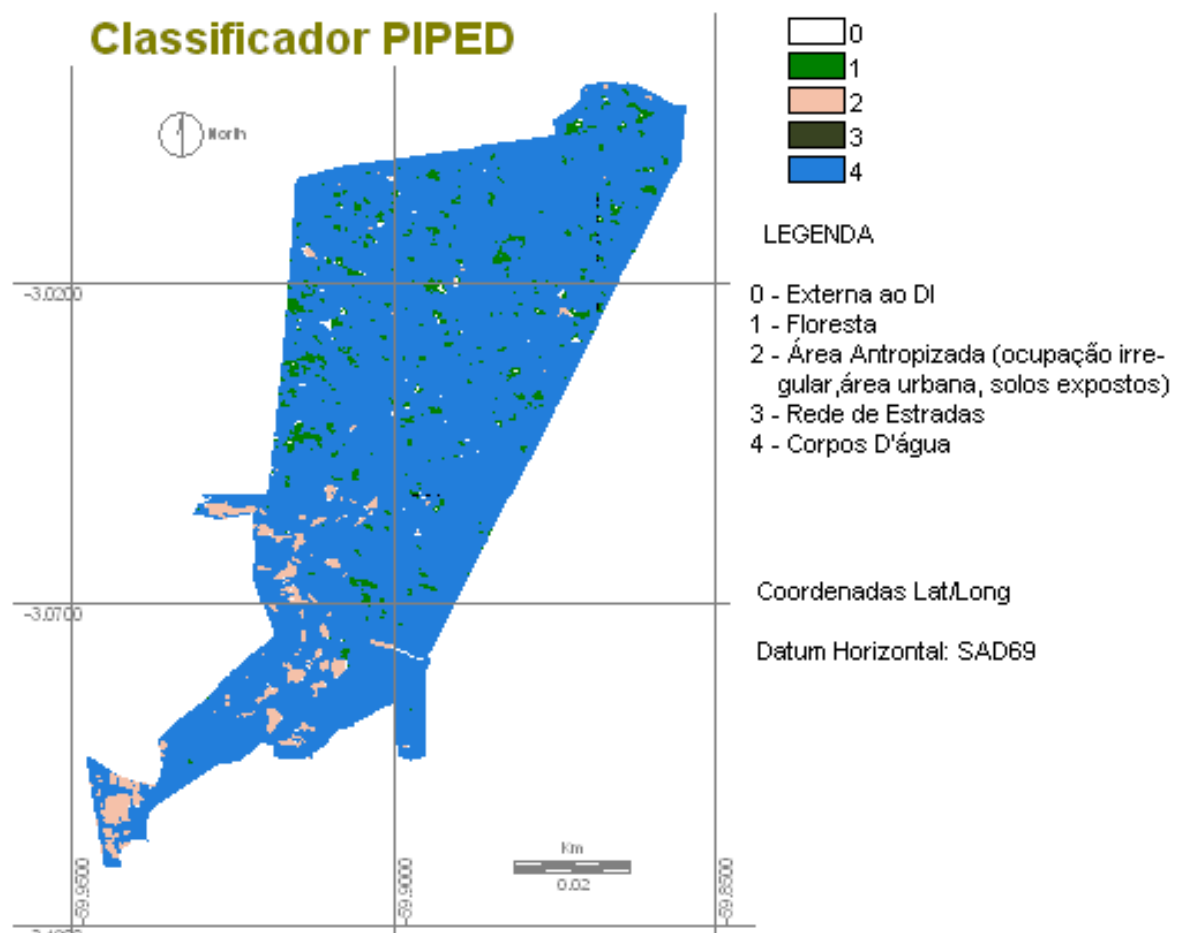


Figura 35: Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo obtido com o algoritmo PIPED do IDRISI Kilimanjaro.

O mapa temático resultante da classificação com a utilização do comando PIPED do IDRISI Kilimanjaro, que obtém a imagem final empreendendo a classificação dos paralelepípedos de dados detectados pelo sensor remoto, baseado na informação contida em um jogo de linhas de assinatura espectral, resultou em uma imagem que confunde a região delimitada pelos cursos d'água e a região definida como Floresta, cuja cobertura vegetal, na realidade, é bastante expressiva.

O mapa temático obtido com a utilização do algoritmo classificador MAXLIKE do IDRISI Kilimanjaro encontra-se demonstrado na figura 36.

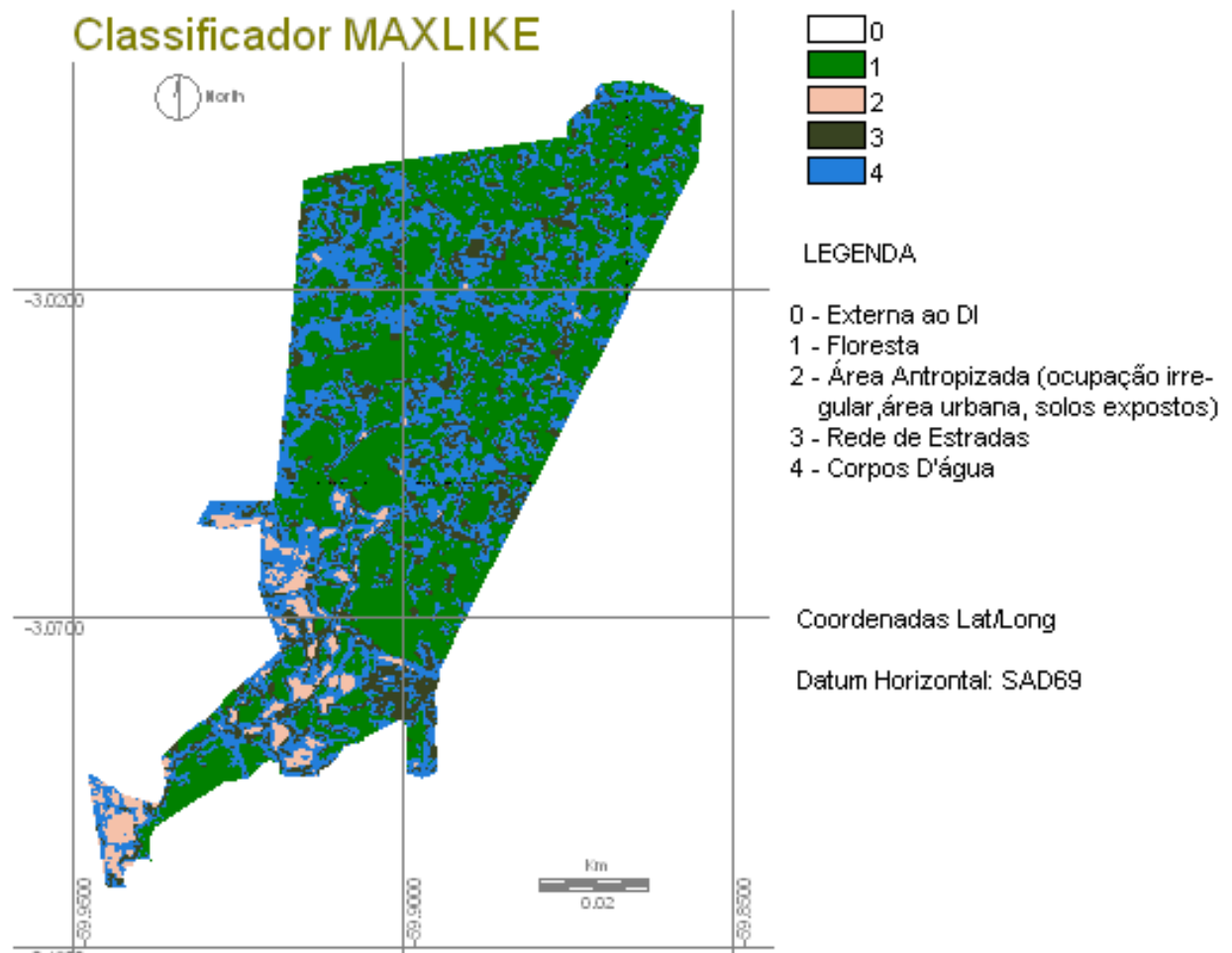


Figura 36: Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo obtido com o algoritmo MAXLIKE do IDRISI Kilimanjaro.

Os diversos procedimentos adotados para obtenção do mapa temático final permitiram observar que o método de classificação que melhor espelhou o uso e cobertura do

solo na região estudada foi a classificação pela máxima verossimilhança – MAXLIKE, que compreende uma classificação da probabilidade máxima dos dados detectados pelo sensor remoto, baseado na informação contida em um jogo de assinaturas, de um determinado pixel pertencer a uma classe específica.

Isto é, quando se comparou os 3 (três) mapas obtidos pelos diversos algoritmos e as classes de uso verificadas no local, se pôde verificar que o algoritmo que possibilitou obter a delimitação mais precisa para os diferentes usos foi o algoritmo Maxlike (Figura 36), visto que o mapa temático obtido pelo algoritmo Mindist (Figura 34) apresenta um mapa confuso havendo uma agregação de áreas com usos divergentes, como é o caso de áreas antropizadas e as áreas com cobertura vegetal, demonstrando que houve uma confusão na junção dos pixels com intervalos de resposta espectral divergentes o mesmo tendo acontecido com mapa obtido pelo algoritmo Piped (Figura 35) que também apresenta uma convergência da áreas de usos diferentes para a classe identificada nas áreas de treinamento como curso d'água, demonstrando que o classificador juntou, equivocadamente, uma grande quantidade de pixels de diferentes respostas espectrais em uma classe que não condiz com a realidade.

De posse do mapa temático obtido pelo algoritmo Maxlike, para um resultado ainda mais acurado, achou-se por bem acrescentar a este mapa outras informações existentes sobre a região, tais como os lotes de terra cujo uso e ocupação se tinham conhecimento, quais sejam, lotes ocupados por empresas, área de ocupação irregular e a unidade de conservação localizada naquele polígono, classificada como Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheira, para que o Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo final, viesse a espelhar o uso e ocupação da área o mais próximo possível à real situação verificada quando da época da passagem do satélite, setembro de 2004.

Para tanto, com a utilização do comando OVELAY do IDRISI Kilimanjaro, se adicionou as cartas de delimitação das áreas ocupadas pela empresa Samsung, Itautinga, reserva Sauim-Castanheira e ocupação irregular ao Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo, como demonstrado na figura 37.

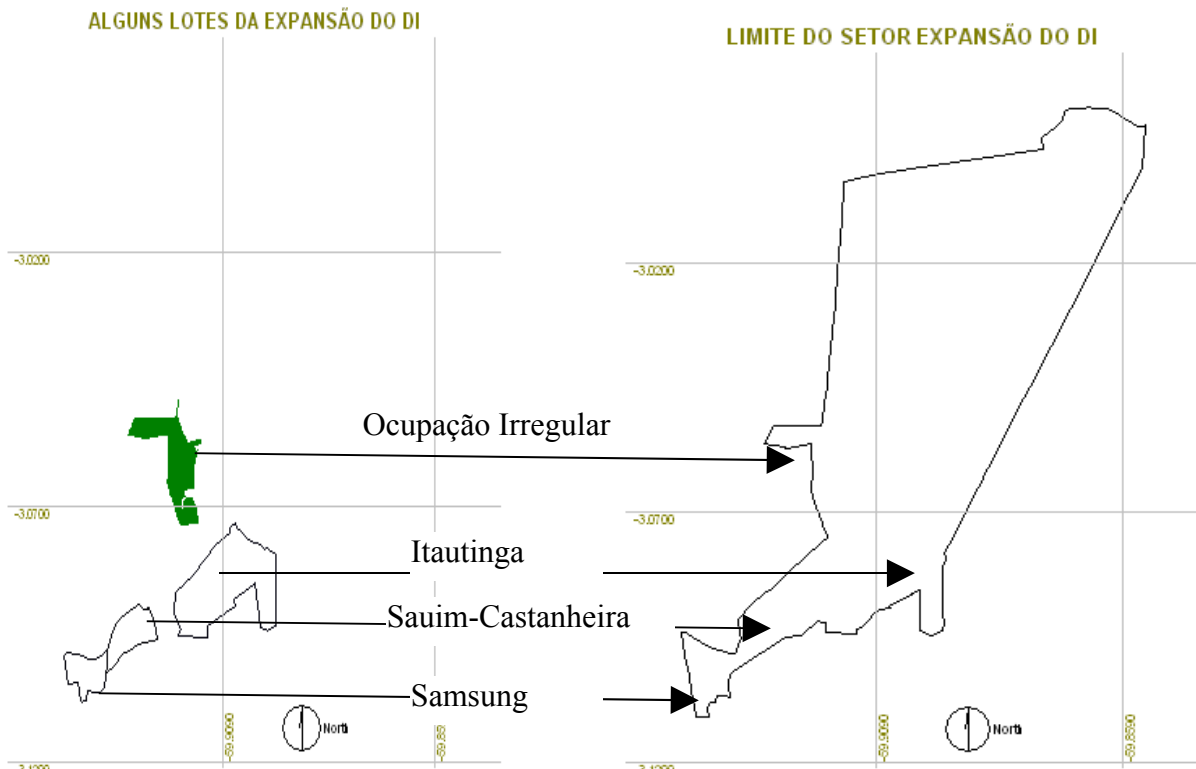


Figura 37: polígonos das ocupações conhecidas adicionadas ao mapa temático obtido pelo comando maxlike.

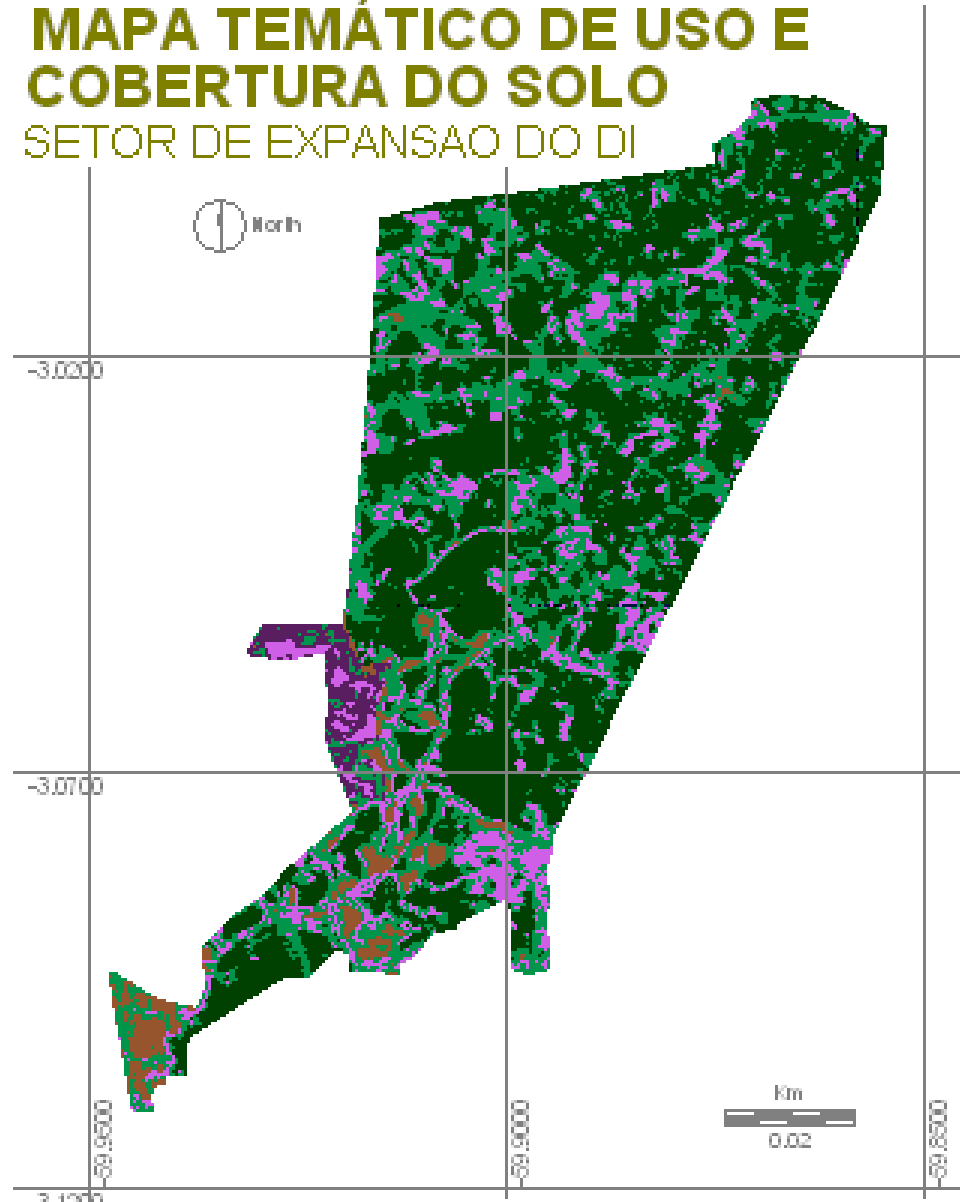
O Mapa Temático de Uso e Ocupação do Solo no setor de Expansão do DI obtido de acordo com o anteriormente descrito encontra-se demonstrado na figura 38.

As classes de uso e cobertura do solo do setor de expansão do DI foram finalmente identificadas como áreas de Floresta Densa, Construções, Área Antropizada, aqui incluídas as áreas com solo exposto, área utilizadas para agricultura familiar e que se encontram expostas, margem dos igarapés (cursos d'água), etc., Vegetação de Regeneração que são as áreas em regeneração com cobertura vegetal recente também identificadas como capoeira, e, Ocupação Irregular que é a área ocupada por famílias à revelia da SUFRAMA.

As classes de uso e cobertura resultantes da classificação da imagem CBERS-CCD encontram-se demonstradas nas fotos identificadas nas figuras 39 a 43.

MAPA TEMÁTICO DE USO E COBERTURA DO SOLO

SETOR DE EXPANSÃO DO DI



LEGENDA

- 0 - Área Ext ao DI
- 1 - Floresta Densa
- 2 - Construções
- 3 - Área Antropizada (solo exposto, área agrícola, margem dos igarapés)
- 4 - Vegetação de Regeneração (capoeira)
- 5 - Ocupação Irregular

	Ha	%
1 -	2907.68	50.42
2 -	234.69	4.07
3 -	692.82	12.12
4 -	1812.50	31.36
5 -	112.31	2.03

Total	5760.00	100

Coordenadas Lat/Long
Datum Horizontal: SAD69

Figura 38: Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo referente ao Setor de Expansão do Distrito Industrial de Manaus.

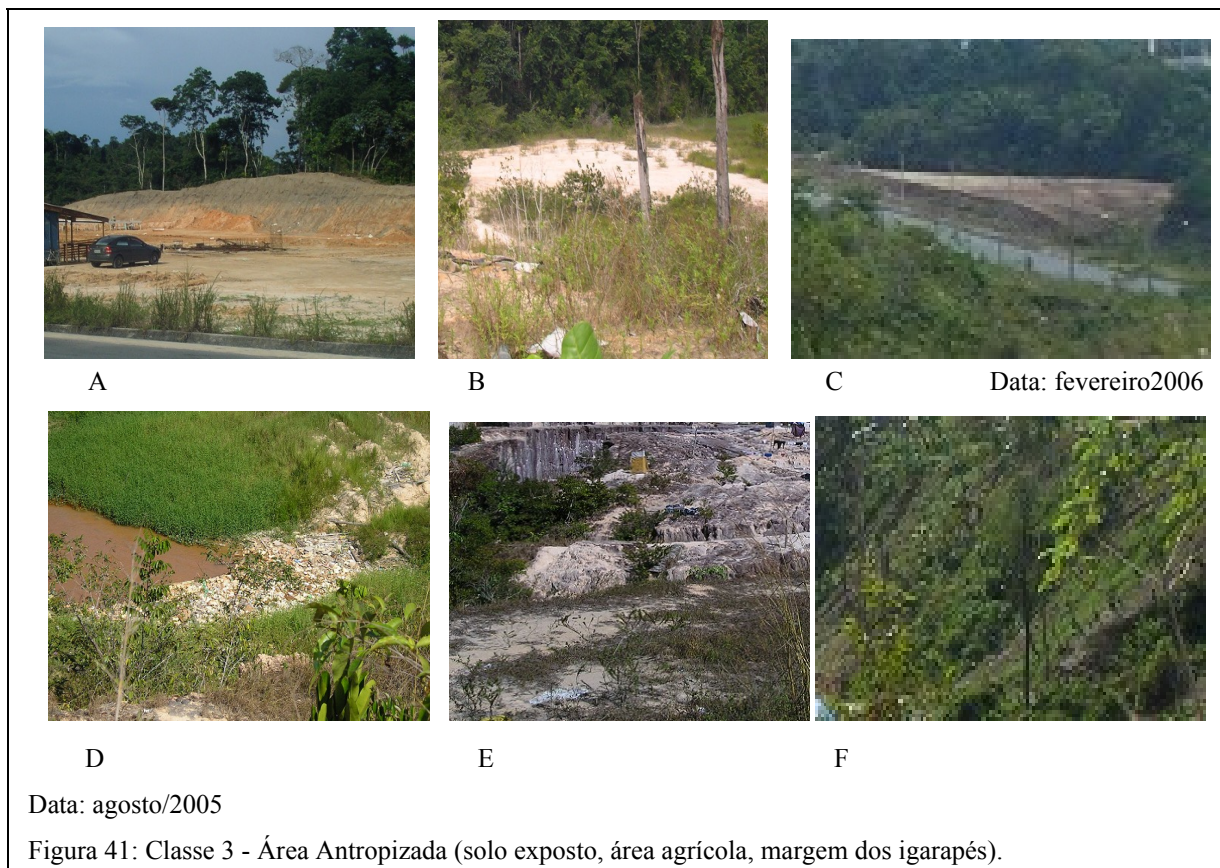
A figura 39 demonstra a classe de uso identificada no Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo do Setor de Expansão do DI de Manaus como Floresta Densa.



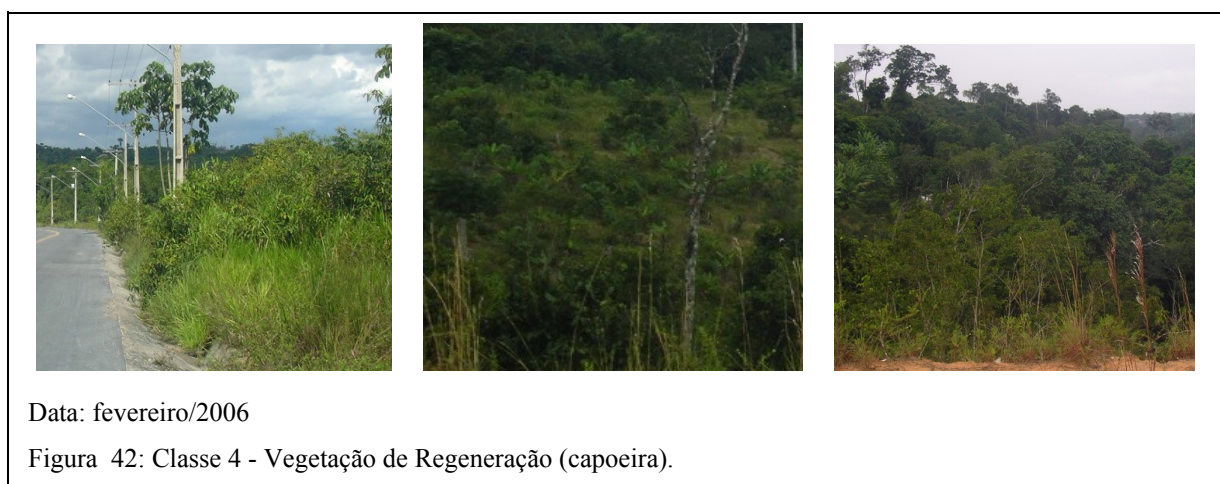
A figura 40 demonstra a classe identificada como Construções.



A figura 41 demonstra a classe de uso identificada como Área Antropizada onde A- identifica uma área terraplenada resultando em solo exposto, B e C- solo exposto, D- margem de igarapés, E- solo exposto em erosão, e F- agricultura familiar.



A classe identificada como Vegetação de Regeneração, figura 42, se refere às margens das vias ou área anteriormente utilizada para agricultura.



A classe de Ocupação Irregular demonstrada na figura 43 diz respeito à ocupação por famílias, ação praticada à revelia da SUFRAMA.



Como se pode observar no Mapa Temático, figura 38, as áreas identificadas como Floresta Densa são bastante expressivas, quantitativamente, 50,42%. Esta realidade se deve a alguns fatores, a saber: a instabilidade da economia da região amazônica, relativamente a permanência dos incentivos concedidos através do modelo Zona Franca de Manaus, o que criou certo receio de novas empresas em se estabelecerem no DI por um determinado tempo. Após a sua prorrogação até o ano de 2023 pela Emenda Constitucional N° 42, de 19/12/2003, a demanda por área para implantação de novos empreendimentos vem crescendo consideravelmente. Outra razão que impedia a instalação de novos empreendimentos na

Expansão do DI diz respeito a falta de infra estrutura relativamente a conclusão da rede de energia elétrica em todas as suas vias, serviço que veio a ser retomado em 2003 e encontra-se em fase de conclusão.

As regiões identificadas como de Construção, 4,07%, referem-se às áreas utilizadas pelas empresas industriais/prestadoras de serviços que estão implantadas no setor de Expansão do DI.

As feições identificadas como Área Antropizada, 12,12%, dizem respeito às áreas ao longo das vias de tráfego (ruas) as quais foram utilizadas como jazida para retirada de solo para ser utilizado em serviços de terraplenagem do próprio DI; áreas utilizadas para a atividade de agricultura e que foram abandonadas recentemente, quando outras áreas foram utilizadas para o mesmo fim; alguns trechos ao longo dos cursos d'água; as áreas utilizadas para implantação de novos empreendimento industriais ou de empresas prestadoras de serviços quando, muitas das vezes, a área do lote reservado às novas empresas têm toda a sua camada vegetal retirada no momento de preparação do terreno, serviço precedente a construção do complexo proposto em seu projeto de engenharia e construção.

A região identificada como Vegetação de Regeneração, 31,36%, diz respeito às áreas que tiveram sua camada vegetal retirada anteriormente quer por atividade agrícola, por abertura de ruas e que estão em fase de regeneração, estando incluída nesta classificação as áreas gramadas.

A ocupação da Expansão do DI apresenta uma outra realidade que são as áreas identificadas como Ocupação Irregular 2,03%, (invadida em 2003), que embora tenha havido o parecer da Justiça Federal favorável à sua reintegração ao patrimônio da SUFRAMA, permanece ocupada, face à intenção do Estado e da SUFRAMA, em encontrar uma outra área para a qual esses ocupantes possam ser transferidos, numa tentativa de se resolver de forma humana esse problema social que é a falta de moradia para os trabalhadores de baixa renda.

Quanto às áreas já ocupadas e em vias de ocupação, tem-se a destacar a necessidade de se manter em vigilância tanto pela SUFRAMA quanto pelos órgãos ambientais

responsáveis pelas licenças ambientais quando de sua ocupação, com o intuito de manter a sua área de preservação permanente intocada, visto que a legislação ambiental estabelece quais áreas devem ser preservadas o que tem um facilitador para sua fiscalização visto que na própria autorização de uso concedida pela SUFRAMA, Termo de Reserva de Área e suas respectivas Normas Técnicas, já estabelecem que 30% da área concedida para implantação de cada empreendimento, deve ser preservada.

5.2. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e Conflitos de Uso

Para a obtenção das áreas de preservação permanente e conflitos de uso vários procedimentos se fizeram necessários, indo desde a organização das cartas de curvas de nível e dos cursos d'água, com a utilização de alguns software, até a combinação dessas cartas com o mapa temático de uso e cobertura do solo, o que viria possibilitar identificar as áreas de uso correto e as áreas com uso em conflito com a legislação ambiental brasileira.

Para a identificação das Áreas de Preservação Permanente (APP) em relação à rede de drenagem da área de estudos, levou-se em consideração a carta de curso d'água. Para a identificação da APP em relação à declividade da área de estudo, levou-se em consideração a carta topográfica com curvas de nível de 20 em 20 metros, utilizada para identificar declividades superiores a 45°.

5.2.1. Base Cartográfica

As cartas de curvas de nível e cursos d'água obtidas junto à SUFRAMA, se encontravam em formato dwg do CAD. Para que fosse possível seu processamento em outros softwares fez-se necessário sua alteração para o formato shape com a utilização do Arc View e posteriormente, sua importação para o IDRISI Kilimanjaro.

Para obtenção da área de preservação permanente em relação à inclinação do terreno utilizou-se a carta digital de curvas de nível demonstrada na figura 44.

A figura 44 demonstra a carta de curvas de nível do Setor de Expansão do DI.



Figura 44: Carta de Curvas de Nível do setor de Expansão do DI.

Para se atingir o objetivo quanto a identificação de área de preservação permanente quanto a declividade do terreno, um dos procedimentos necessário foi a obtenção do modelo digital do terreno, conforme demonstrado na figura 45.

A figura 45 representa o modelo digital de elevação do terreno identificando, por cores, cada intervalo das curvas de nível do Setor de Expansão do DI.

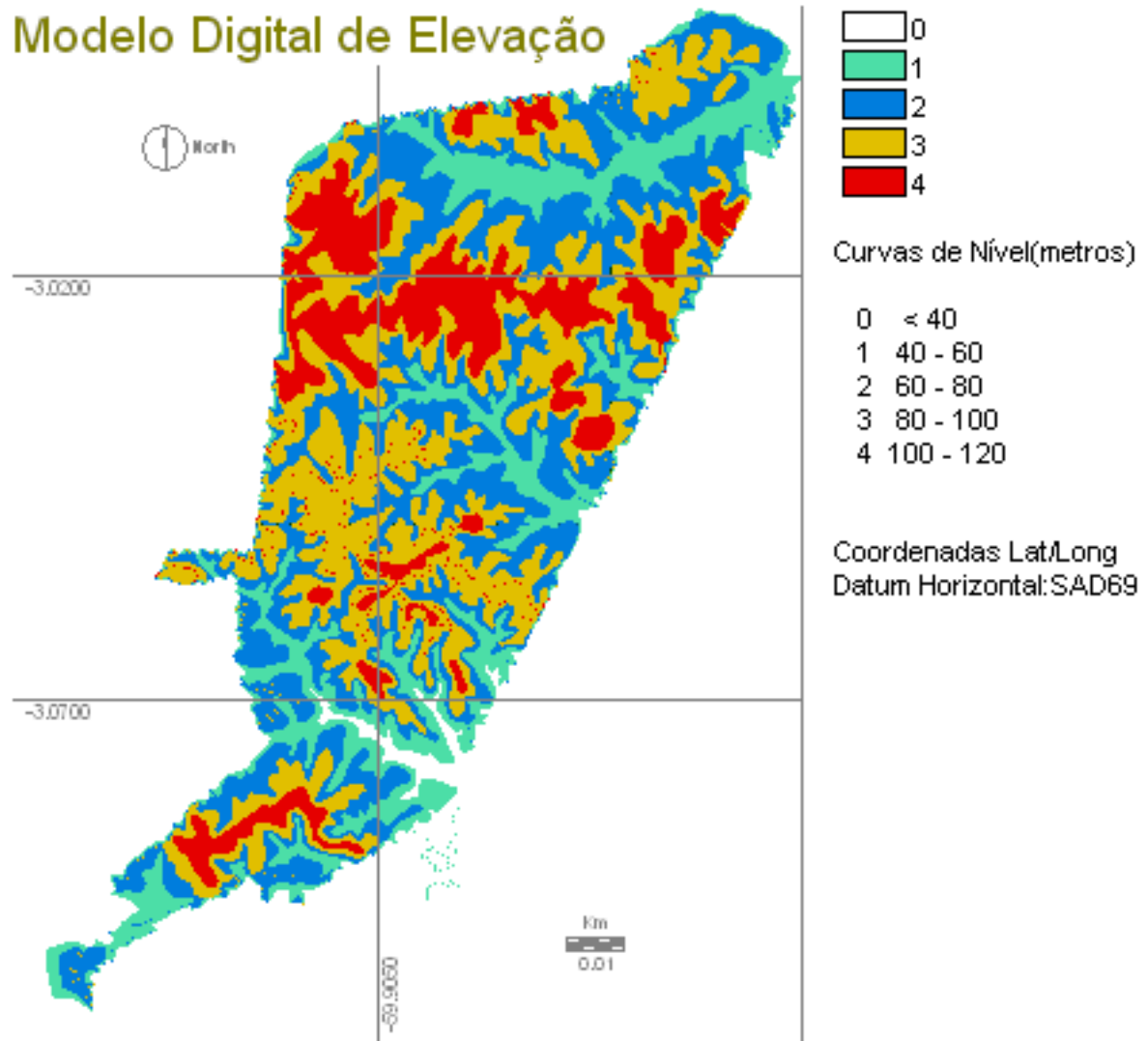


Figura 45: Mapa do modelo digital de elevação do setor de Expansão do DI.

Posteriormente se obteve o mapa de declividades, figura 46, cujo resultado demonstra que não há necessidade de se restringir seu uso uma vez que não foi identificada nenhuma área com inclinação superior a 45° , ou seja, no setor de expansão do DI não se identificou nenhuma área com declividade superior a 100%.

A figura 46 representa a declividade do terreno, identificada a partir da carta de curvas de nível do Setor de Expansão do DI.

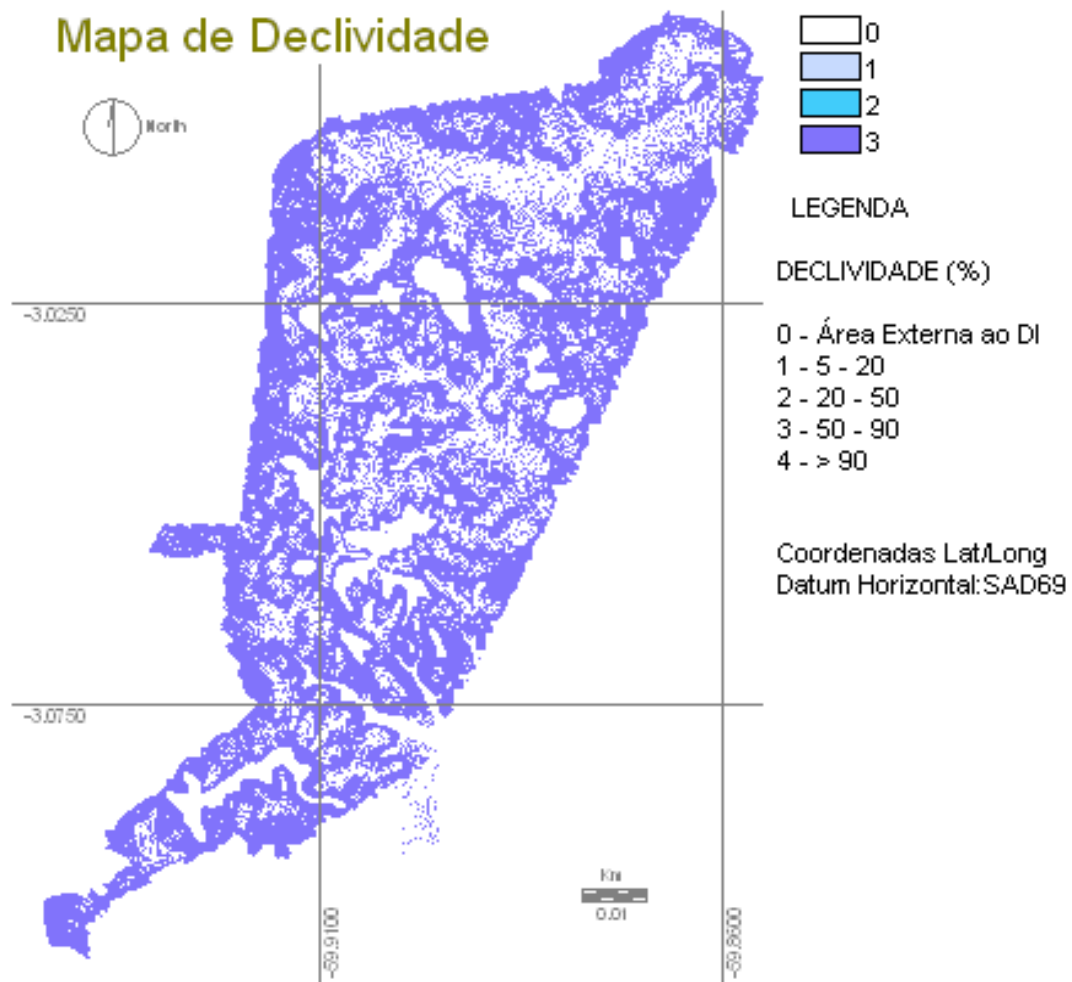


Figura 46: Mapa de Declividade do setor de Expansão do DI.

Para a identificação da área de preservação permanente em relação ao curso d'água, figura 47, primeiramente se buscou delimitar as áreas com restrição de uso baseado na legislação ambiental brasileira.

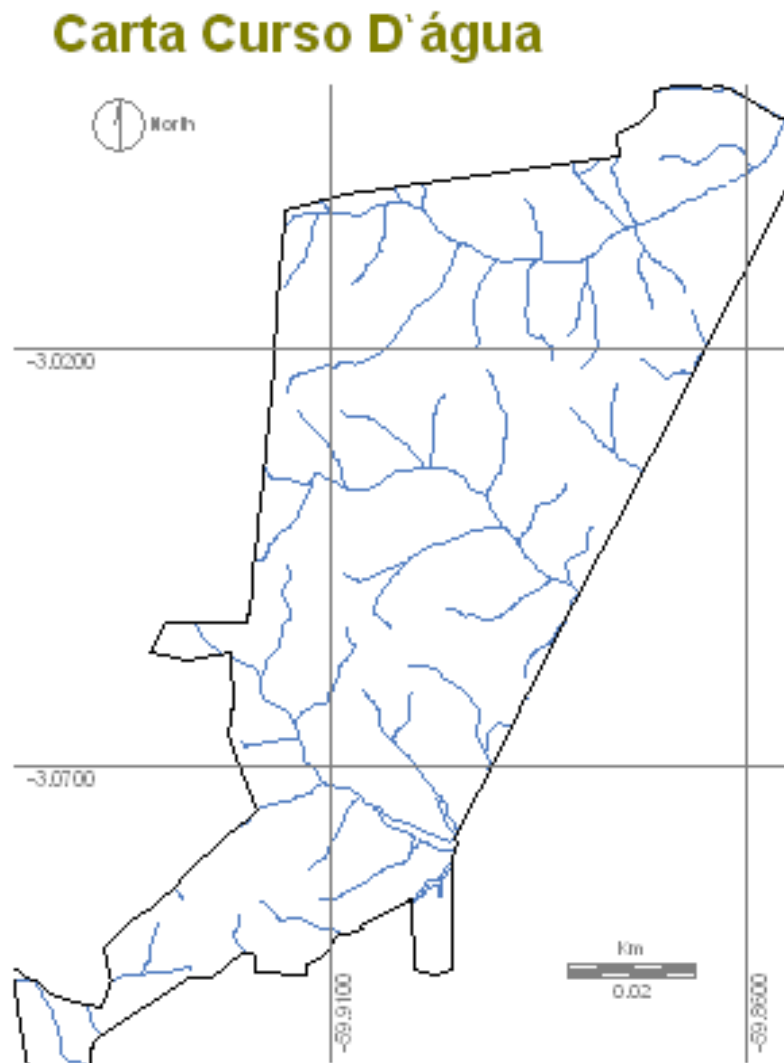


Figura 47: Carta Cursos D'água do setor de Expansão do DI.

Para tanto, a partir da carta do curso d'água procurou se identificar as nascentes existentes no local de estudo. Essa identificação levou em consideração que para cada curso d'água existe uma nascente em seu ponto extremo de montante. Assim, se obteve a carta de nascentes como se pode verificar na figura 48.

A figura 48 apresenta os pontos de nascentes do Setor de Expansão do DI.

Pontos de Nascentes

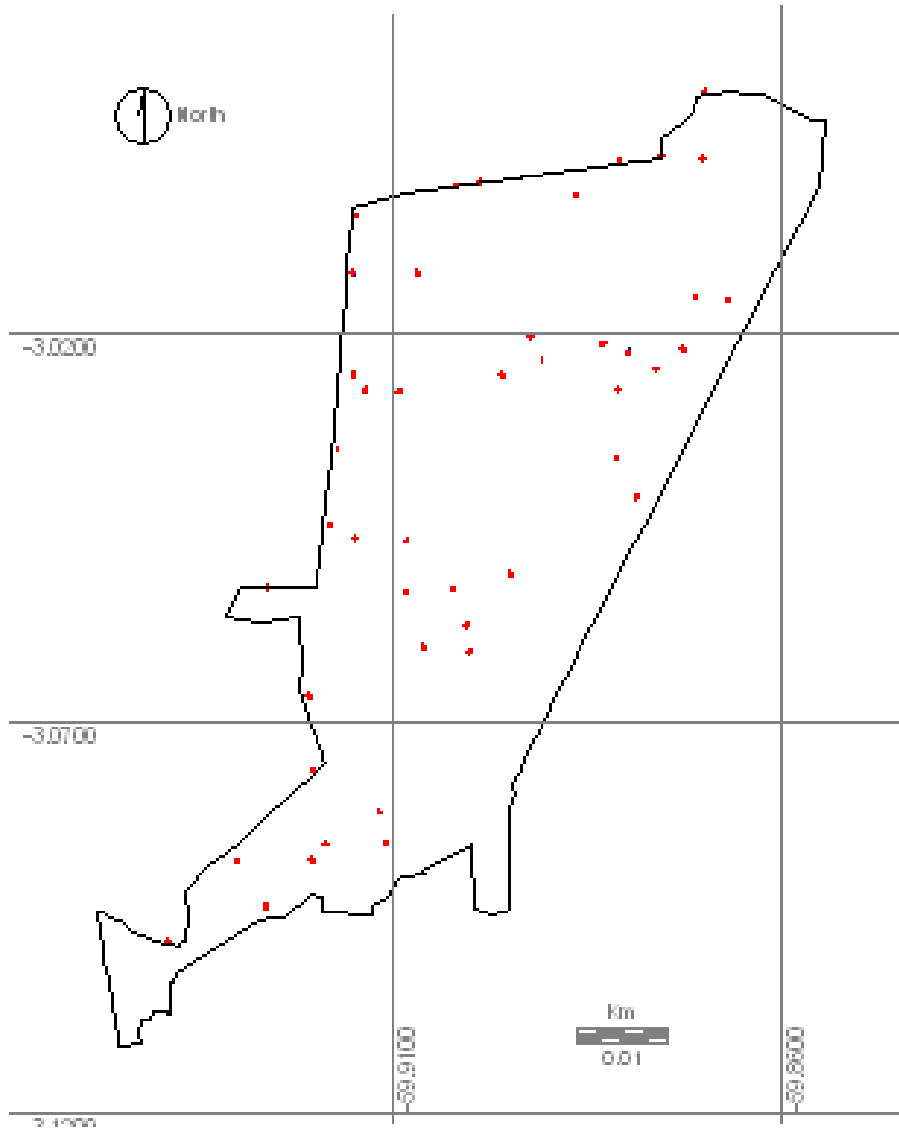


Figura 48: Ponto de Nascentes do Curso D'água do setor de Expansão do DI.

Buscando identificar as áreas de preservação permanente com relação a rede de drenagem deu-se prosseguimento à metodologia sendo executado o comando buffer de 30 metros para a rede de drenagem e o buffer de 50 metros para as nascentes, de acordo com o estabelecido pela legislação ambiental brasileira. O comando buffer permite calcular a zona tampão à volta de cada zona de alvo.

A seguir fez-se a junção das duas cartas, ou seja, a junção da carta de nascentes e a carta do curso d'água, já com a identificação de suas respectivas áreas de preservação permanente, resultando em um único arquivo como demonstrado na figura 49.

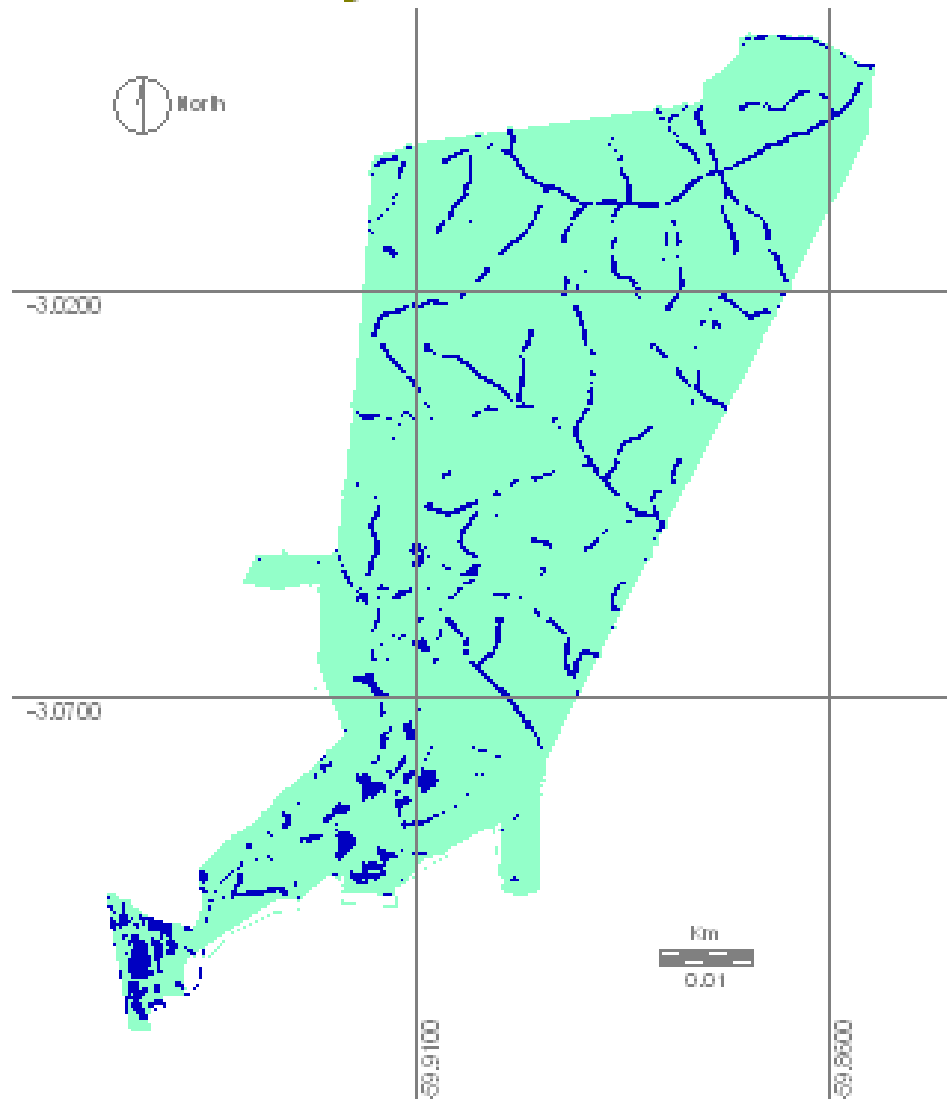


Figura 49: Buffer da Rede de Drenagem do setor de Expansão do DI.

5.2.2. Mapa Temático da Área de Preservação Permanente

Para obtenção do Mapa Temático de Preservação Permanente procedeu-se o cruzamento do mapa de buffer de drenagem com o mapa de uso e cobertura do solo, com a utilização do comando OVERLAY do IDRISI Kilimanjaro. A seguir se executou o comando RECLASS, resultando no mapa demonstrativo da APP e demais usos, conforme figura 50.

MAPA TEMÁTICO DA ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE



- 0 Área Externa ao DI
- 1 Área de Preservação Permanente (APP)
- 2 Outros Usos

1 - APP - 452,94 Ha - 7,86%

2 - Outros Usos - 5.307,06 Ha - 92,14%

Coordenadas Lat/Long
Datum Horizontal: SAD69

Figura 50: Mapa Temático de Preservação Permanente (APP raster).

Segundo o resultado obtido no Mapa Temático da Área de Preservação Permanente, figura 50, que consistiu em uma área de 452,94 hectares para APP ou 7,86% de um total de 5.760 hectares, que é expresso de forma visual e de forma quantitativa, quando se fez uso dos recursos existentes no software de SIG se percebeu que os caminhos adotados no desenvolvimento deste estudo atingiu de forma satisfatória seus objetivos, bem como, sugerindo ainda que há tempo de se controlar a ocupação do DI, buscando conciliar ocupação espacial dos seus espaços com o que prescreve a Lei Ambiental, prevenido para que as futuras gerações possam usufruir de boa qualidade ambiental da região.

5.2.3. Mapa Temático de Conflitos de Uso

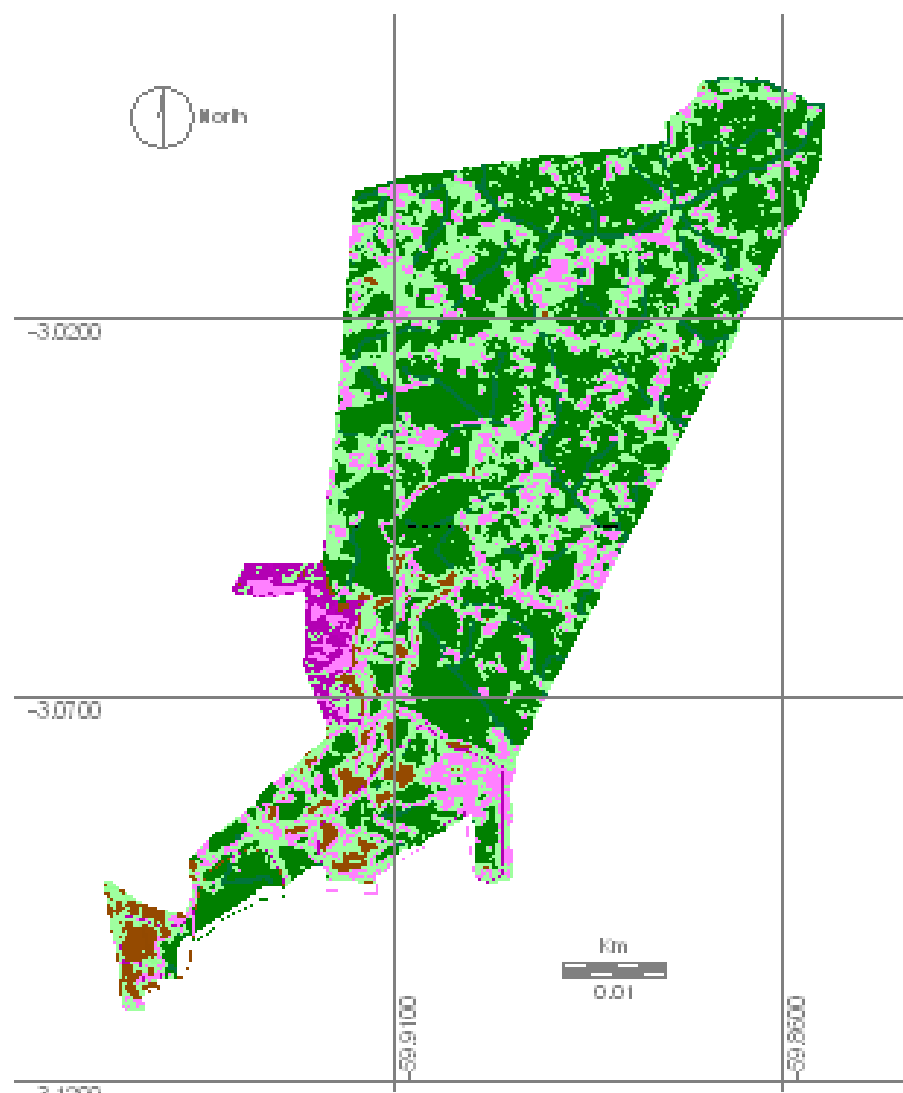
Um outro comando utilizado foi o CROSSTAB, onde se executou o cruzamento do mapa da APP (buffer de drenagem) com o Mapa Temático de Uso e Cobertura do Solo, resultando no Mapa Temático de Conflitos de Uso. A utilização deste comando possibilitou se obter, de forma visual e quantitativa, as áreas com uso adequado ou com conflitos de uso, como se pode verificar na figura 51 e no quadro 9.

Para obtenção dos dados expostos no quadro 9, fez-se necessário a utilização do sub comando ÁREA – Gys Analysis, do IDRISI Kilimanjaro.

APP x MAPA TEMÁTICO DE USO E COBERTURA DO SOLO		
ITEM	ÁREA(ha)	LEGENDA
1	-	0 0 – área externa ao DI
2	-	1 0 – nulo
3	2425,86	0 1 - nulo
4	266,98	1 1 – APP/floresta densa
5	155,35	0 2 – nulo
6	10,50	1 2 - APP/construção
7	612,51	0 3 - nulo
8	74,02	1 3 – APP/área antropizada
9	1468,24	0 4 – nulo
10	136,46	1 4 – APP/vegetação de regeneração
11	105,30	0 5 - nulo
12	13,30	1 5 – APP/ocupação irregular
CONFLITOS	97,82	APP/construção/área antropizada/ocupação irregular

Quadro 9: Quantificação dos conflitos de uso.

MAPA DE CONFLITOS DE USO



	0 0	-
	1 0	14,42
	0 1	2.425,86
	1 1	266,98
	0 2	155,35
	1 2	10,50
	0 3	612,51
	1 3	74,02
	0 4	1.468,24
	1 4	136,46
	0 5	105,30
	1 5	13,30

COLUNA ESQUERDA :

0 - Vazio (externo ao DI)

1 - Área de Preservação Permanente (APP)

COLUNA DIREITA:

0 - Área Externa ao DI

1 - Floresta Densa

2 - Construções

3 - Área Antropizada (solo exposto, área agrícola, margem dos igarapés)

4 - Vegetação de Regeneração (capoeira)

5 - Ocupação Irregular

Figura 51: Mapa de cruzamento entre os temas Uso e Cobertura do Solo e Área de Preservação Permanente.

Os conflitos de uso identificados nos itens 4 e 10 sugerem uma situação regular por ser interseção da área de preservação permanente do curso d'água com área de floresta densa e de vegetação de regeneração.

Para o conflito referente ao item 6, se observa a possibilidade de correção para as futuras ocupações considerando que a SUFRAMA possui um Plano Diretor e Normas Técnicas que norteiam a ocupação de seus lotes, onde já se estabelecem como área de preservação para cada unidade em ocupação o equivalente a no mínimo, 30% (trinta por cento) de cada lote.

Quanto aos conflitos de uso referente aos itens 8 e 12, estes se mostram mais preocupantes, por ser resultado de ocupações desordenadas, lideradas por grupos de interesses escusos, em que, como se observa em outras regiões do País, são de difícil prevenção, no entanto, face à realidade da área em estudo, por ser protegida por cercas, por ser patrulhada diuturnamente, pode se vislumbrar a possibilidade de monitoramento de sua ocupação futura e que as áreas já ocupadas irregularmente retornem ao patrimônio da Autarquia, até mesmo, por possuir um parecer da justiça favorável a sua reintegração.

A comparação da área de 97,82 hectares, identificada no Mapa Temático de Conflitos de Uso, figura 51, em relação a APP de 452,94 hectares identificada no Mapa Temático da Área de Preservação Permanente, figura 50, relativamente ao uso e cobertura do solo da área de estudo na data da coleta dos dados quando da passagem do satélite CBERS em 2004, demonstra que para um percentual de 21,60% de uso inadequado, mesmo assim, ainda há tempo de se adequar seu uso em obediência ao que preceituam as Leis Ambiental, principalmente se for levado em consideração que a SUFRAMA possui um Plano Diretor que norteia a ocupação regular do Distrito Industrial de Manaus.

6. CONCLUSÃO

- As classes de uso e cobertura do solo, identificadas neste trabalho, são compatíveis com as áreas identificadas no campo.

- A utilização de técnicas de sensoriamento remoto utilizadas neste trabalho mostrou-se eficiente na determinação do mapeamento de uso e cobertura do solo.
- O uso da imagem CBERS, sensor CCD, com resolução espacial de 20 metros, permitiu diferenciar de forma eficiente as diferentes formas de uso e cobertura do solo encontradas na área de estudo.
- As imagens do satélite CBERS, utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho, em conjunto com SIG, permitiram obter de maneira rápida e eficiente o mapa da área de preservação permanente (buffer de drenagem) do setor de Expansão do DI, que era um dos objetivos deste trabalho.
- As áreas de conflitos de uso, que resultou em 97,82 hectares, sugere que há tempo para se monitorar a ocupação da área de estudo, se evitando maiores conflitos para sua ocupação futura.
- O SIG-IDRISI permitiu obter, por meio de seus eficientes módulos para georreferenciamento e de classificação digital do uso do solo, a identificação de uso e cobertura do solo da área de estudo, de forma rápida e eficiente e, conseqüentemente, das áreas de uso conflitantes. Constatou-se ainda que, as ferramentas do sistema de informações geográficas são necessários, essenciais e imprescindíveis para obtenção desses resultados, fornecendo agilidade e rapidez em sua obtenção.
- Com os resultados deste trabalho, pode-se afirmar que o objetivo do trabalho foi alcançado com êxito, visto que o mapa temático obtido apresentou uma boa correlação com a realidade de campo.

Algumas recomendações sugeridas para futuros trabalhos de pesquisa são que:

- a partir dos dados obtidos nesta pesquisa se dê prosseguimento a este trabalho tendo como objetivo planejar a recuperação das áreas degradadas e a manutenção das áreas de preservação permanente do DI;

- seja adotada a análise multitemporal do uso e cobertura do solo na área de estudos, com o emprego de imagens de satélites mais recentes, de alta resolução espacial (Ikonos, Quick Bird) e uso de SIG, com o intuito de monitorar a ocupação da área;
- seja desenvolvido um sistema de monitoramento e acompanhamento da ocupação da área, o que virá a permitir que antes da retirada total da camada vegetal de um lote em ocupação, haja uma orientação para o respeito aos 30% de preservação, como previsto nas Normas Técnicas do DI;
- seja elaborado um plano de fiscalização mais efetivo para os novos empreendimentos, os quais devem prever em seus projetos de paisagismo a utilização adequada e em número de espécies florestais regionais suficientes para compensar as espécies retiradas quando da implantação dos novos empreendimentos.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABREU, G. F. **Sensoriamento Remoto Aplicado na Classificação da Cobertura do Solo de uma Bacia Hidrográfica**. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2000.

AGUIAR, A. P. D. **Utilização de Atributos Derivados de Proporções de Classes Dentro de um Elemento de Resolução de Imagem ("Pixel") na Classificação Multiespectral de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Tese de M. Sc. INPE, São José dos Campos, S.P. 1991.

ARRAIS, S. F. D.; MARTINS, A. K. E.; MARTINS, I. C. M. **O Uso de Imagens CBERS -2 Para Delimitar Áreas de Ocupação dos Solos Urbanos. A Microbacia do Córrego Santa Bárbara, Palmas – TO**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE, p. 783-788.

ASSUNÇÃO, V. S.; KONO, E. C.; FRIGERIO, R.; LOPES, L. T. **Utilização de Imagem CBERS-2 na Análise e Avaliação dos Impactos Ambientais da Cultura da Cana-de-Açúcar da Região de Ribeirão Preto – SP**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 789-795.

AVERY, T. E.; BERLIN, G. L. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation**. 5. ed.. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1992. 472 p.

BARBALHO, M. G. S.; SILVA, A. L. M.; ARAÚJO, M. A.; FERREIRA, R. A. F. **Imagens CBERS para o Monitoramento da 2ª Safra Agrícola de 2004 – Município de Jataí – Goiás.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE, p. 805-809.

BARROS, R. S.; CRUZI, C. B. M.; JÚNIOR, N. A. C.; MENDEL, G. C.; GONÇALVES, U. S.; CUNHA, T. D. **Geração de Mosaico e Blocos Diagramas Através do Uso de Imagens CBERS e DEM SRTM – Estudo de Caso na Bacia da Baía de Guanabara, RJ.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE, p. 819-826.

BASTOS, E. F. de; BUENO, L. da S.; LAPOLLI, E. M. **Unidades Geoambientais Subsidiando o Mapeamento das Classes de Uso e Ocupação do Solo da Ilha de Santa Catarina.** Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, abril 2003, INPE, p. 1725 – 1732.

BATISTA et al. **Uso de Sensores Remotos a Bordo de Satélites e Aeronaves na Identificação e Avaliação de Áreas de Culturas para Fins de Previsão de Safras.** Relatório INPE -1229-NTC/103. São José dos Campos. SP. 1978. 33p.

BERTOLDO, M. A.; VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; SOUZA, V. C. O.; SANTOS, N. B. **Uso de imagens CBERS Para Avaliação de Áreas Cafeeiras no Município de Campo do Meio, Minas Gerais.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE, p. 835-841.

BRANDÃO, W. S.; PARADELLA, W. R. **Uso de Imagens RADARSAT-1 para Fins de Mapeamento de Uso da Terra e Cobertura do Solo em Ambiente Tropical Úmido Urbano:O Caso de Manaus, Estado do Amazonas.** Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte, Brasil, 2003, INPE, p. 2177 - 2184.

BRASIL. **Ministério da Agricultura. Comissão Nacional de Coordenação do Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas,** 1987. p.60.

BRITES, R. S. et al. **Comparação de Desempenho Entre Três Índices de Exatidão Aplicados a Classificações de Imagens Orbitais.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, VIII, 1996, Salvador, CD ROM.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to Remote Sensing,** Virginia Polytechnic Institute, the Guildford press, 1987. New York , pp. 551.

CAMPBELL, J. B. **Introduction to Remote Sensing.** 2nd. Ed. New York: The Guilford Press, 1996. 622 p.

CHEN, S. C. **Contribuição dos Dados de Satélite no Sistema de Previsão de Safras.** São José dos Campos: INPE, 1990. 7p. (INPE-5087-PRE/1595).

CONGALTON, R.G. **A Comparison of Sampling Schemes Used in Generating Error Matrices for Assessing the Accuracy of Maps Generated From Remotely Sensed Data.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Bethesda, 54, 1669-1671, 1992.

COSTA, L. A. da. **Proposta de Zoneamento de Áreas Rurais Utilizando Sistemas de Informações Geográficas**. Viçosa, Minas Gerias. 2001. 124p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais).

COSTA, L. A. da. **Sensoriamento Remoto para Fins Florestais**. Apostila da Disciplina Sensoriamento Remoto. Manaus: Departamento de Ciências Florestais / Universidade Federal do Amazonas, 2003. 125p.

COSTA, S. M. F. da; CINTRA, J. P. **Proposta de Estudo de Áreas Metropolitanas: Um Modelo Utilizando as Tecnologias de SIG e de Sensoriamento Remoto**. E-mail: sandra@univap.br, 2001.

COUTINHO, A. C. **Segmentação e Classificação de Imagens LANDSAT-TM Para o Mapeamento dos Usos da Terra na Região de Campinas**, São Paulo. 1997. 130p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Biociências da Universidade Federal de São Paulo, 1997.

CROSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**, I.G/UNICAMP - Campinas. S.P., Brasil. 1992.

CURRAN, P. J. **The Semivariogram in Remote Sensing: An Introduction**. Remote Sensing or Environment, v. 24, pp. 493-507. 1988.

DAVIS, C. **Uso de Imagens em GIS**. Revista Fator GIS. Ano 5, nº 20. 1997.

EASTMAN, J. R. IDRISI: **Exercícios Tutoriais. Editor da versão em português**, Heinrich Hasenack. Porto Alegre, UFRGS – Centro de Ecologia, 1998. 225p.

Emenda Constitucional Nº. 42, de 19 de dezembro de 2003 – (...); Prorroga por dez anos o prazo fixado no art. 40 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias da Constituição Federal de 1988.

ESQUERDO, J. C. D. M.; NERY, L. A.; ROCHA, J. V.; JÚNIOR, J. Z. **Uso de Sistemas de Informação Geográfica Para o Suporte à Decisão: Um Exemplo de Aplicação**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE, p. 2649-2655.

FONTANA, D. C.; BERLATO, M. A.; HAERTEL, V. **Evolução do Índice de Vegetação Global no Oeste do Estado do Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.4, n.2, p117.

HASENACK, H.; WEBER, E. **Análise de Alternativas de Traçado de um Gasoduto Utilizando Rotinas de Apoio à Decisão em SIG**. In: GIS Brasil 98 – IV Congresso. Anais. Curitiba-Pr. Site – file://E:\gis98\palestra\03\471.htm , acesso em 24/10/2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Revista Brasileira de Estatística – RBE**. Ano 49. Número 191, p.55-84.1988.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Primeira divisão de Geociências do Nordeste - **Manual Técnico de Uso da Terra**, Número 7, Rio de Janeiro, 1999.

JAGELS, R.; TELEWSKI, F.W. Computer-aided Image Analysis of Tree Rings. In: COOK, E. R.; KAIRIUKSTIS, L. A. (Eds.) **Methods of Dendrochronology** – Applications in the environmental sciences. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 1989.

Jornal of Photogrammetry and Remote Sensing, v.49, n.6, p. 21-26, 1994. **Accuracy assessment in cotton acreage estimation using Indian remote sensing satellite data.**

JÚNIOR, C. B.; FARIA, S. D. **Estudo e Análise do Uso de Imagens do Satélite CBERS-2 - Sensor WFI para Atualização da Rede Hidrográfica - Escala 1:1.000.000.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. Abril 2005. INPE, p. 843-848.

JÚNIOR, J. Z.; GU, X. F.; GUYOT, G.; LAMPARELLI, R.; BEZERRA, P. C. **Pré-Processamento das Imagens de Satélite;** Caderno de Informações Georreferenciadas – CIG; **ISSN 1415-5869;** Volume 1 - Número 1 (1996) - Artigo 7.

Legislação Ambiental Brasileira, Vara Especializada do Meio Ambiente e de Questões Agrárias – VEMAQA, 5ª Edição - Manaus/AM, Editora e Gráfica Ziló, 2004.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote Sensing and Image Interpretation.** 3 rd. Edit. Crawfordsville: John Wiley and Sons, 1994, 750 p.

LIOTTE, S. V.; MACEDO, A. B.; PEDRO, M. F. **Utilização de Técnicas de Geoprocessamento Para Apoio ao Planejamento Físico-Territorial do Município de Pariqueira-Açu/SP.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2659-2666.

MARTIN, L. R. G.; HOWARTH, P. J.; HOLDER, G. H. **Multispectral Classification of Land Use at the Rural-Urban Fringe Using SPOT Data.** Canadian Journal of Remote Sensing, v. 14, n. 2, pp. 72-79. 1988.

NETO, A. S. **Subsídio para Elaboração do Plano de Manejo do Parque Nacional Grande Sertão Veredas Por Meio de Um Sistema de Informações Geográficas,** Viçosa, Minas Gerais. 2000. 98p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais).

NOGUEIRA, R. N.; SIVEIRA, R. J. C. da; PEREIRA, R. S. **Georreferenciamento de Mapas Temáticos e Imagens de Satélite no Aplicativo IDRISI.** Revista Brasileira de Agrociências, v. 3, n° 3. P 99-106. 1997.

Normas Técnicas do Distrito Industrial Marechal Castelo Branco, Ministério da Integração Regional, Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA, 1994.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto Princípios e Aplicações. 2ª edição.** São Paulo – SP. Ed. Edgard Blücher Ltda, 1998. 309p.

PEREIRA, B. C. C. C.; SANTOS, R. F. dos. **Caderno de Informações Georreferenciadas – CIG** : Vol. 1 – Número 3 - 1999 – Artigo 1, <http://www.cpa.unicamp.br/revista/cig1n3a1.html>, 22/10/2004.

PEREIRA, P. F. C.; ARCE, E. C.; RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, J. C. **Aplicaciones agrícolas y Forestales de las Bandas 3 y 4 del Sensor CCD en Combinación con la Banda 2 del Sensor IR-MSS del Satélite CBERS**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia – Brasil. Abril 2005. INPE. P. 857-864.

PEREIRA, R. S. **Interpretação Automática de Imagens Aplicada ao Planejamento Rural**. In: Congresso Florestal Estadual, 7, 1992, Nova Prata - RS. Anais. 2 v. p. 1191-1210.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; Rempel, C. **O Uso de Técnicas de Geoprocessamento na Avaliação de Áreas Críticas com Atividade Suinícola**. Revista Internacional de Ciência y Tecnología de La Información Geográfica, n° 5, p. 9-19. SIN: 1578 – 5157, 2005.

Projeto RADAMBRASIL, Ministério da Minas e Energias – Secretaria Geral – Amazônia Legal, 1978.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis: an introduction**. Berlin: Springer-Verlag, pp. 281. 1986.

RODRIGUES, M. **Introdução ao Geoprocessamento**. In: Anais do I Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo, SP, pp.1-26. 1990.

SABINS, F.F. **Remote sensing: principles and interpretation**. São Francisco : W.H Freeman.1997.

SÉRGIO, C.; ARMINDO, A. A. J.; ZACARIAS, X. B.; LINCOLN, G. C.; EDSON, L. P. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Uso da Terra em Microbacias Hidrográficas**. Botucatu – SP. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.2, p.431-435. 2004.

SILVEIRA, E. M. de O.; CARVALHO, L. M. T. de; SILVA, A. M. da. **Uso Conflitivo do Solo nas Áreas de Preservação Permanente do Município de Bocaina de Minas /MG**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE, p. 1673-1680.

TEIXEIRA, S. G.; FILHO, P. W. M. S. **Utilização de Imagens CBERS-2 com Modelo Digital de Elevação SRTM Para Estudos Costeiros na Ilha de São Luís (MA)**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. Abril 2005. INPE, p. 1115-1117.

TELLO, J. C. R. **Fitossociologia das Comunidades Vegetais de uma Topossequência da Reserva Florestal Adolpho Ducke**. Manaus – Brasil. Ver. UA. Série: Ciências Agrárias, v. 6, n° 1/2, p. 45.1997.

TRENTIN, G.; WACHHOLZ, F.; TRENTIN, A. B.; FILHO, W. P. **Utilização de Imagem CBERS –2 na Análise do Uso da Terra no Município de Severiano de Almeida/RS**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. Abril 2005. INPE, p. 1123-1125.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH, 1993. cap.1, p.25-33; cap.22, p.849-75.

VALENTE, O.F.; CASTRO, P.S. **A Bacia Hidrográfica e a Produção de Água**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.9, p.54-6, 1983.

VENTURIERI, A.; FIGUEIREDO, R. de O.; WANTRIN, O. dos S.; MARKEWITZ, D. **Utilização de Imagens Landsat e CBERS na Avaliação da Mudança do Uso e Cobertura da Terra e seus Reflexos na Qualidade da Água em Microbacia Hidrográfica do Município de Paragominas, Pará**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia - Brasil. Abril 2005. INPE, p. 1127-1134.

WEBSTER, R.; CURRAN, P. J.; MUNDENN, J. W. **Spatial Correlation in Reflected Radiation Form the Ground and its Implications for Sampling and Mapping by Ground-based Radiometry**. Remote Sensing of Environment, 29, pp. 67-78. 1989.