

4 – MATERIAL

O material utilizado para a realização deste estudo consiste de:

- 1) - Imagens de satélite Landsat MSS, TM e ETM+;
- 2) - Cartas produzidas pela Junta de Investigações do Ultramar (JIU, 1962-1963); mapa de ocupação dos solos produzido pelo Gabinete da Planificação Costeira da Guiné-Bissau (UICN & MDRA-DGFC, 1993); e mapa produzido por Silva (1997);
- 3) - Programas de computador: *Land Cover Classification System* (LCCS) (Di Gregorio & Jensen, 2000; Di Gregorio *et al.*, 2000), ER Mapper 6.4 (Earth Resource Mapping, 2003), Idrisi Kilimanjaro (Clark Labs, 2003), ENVI 3.2 (Research Systems Inc., 1999), CART (Breiman *et al.*, 1984; Steinberg & Colla, 1997), ArcView 3.2 (Environment Systems Research Institute Inc. (ESRI), 1996), ArcGis 9 (ESRI, 2005) e STATISTICA 6 (Start Soft Inc., 2001);
- 4) - Equipamento de recolha de coordenadas geográficas no terreno, *Global Positioning System* GARMIN, ETREX.

4.1 - IMAGENS LANDSAT MSS, TM E ETM+

No final de década de 1960, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) desenhou o primeiro projecto dedicado exclusivamente a observação dos recursos naturais terrestres. Em 23 de Julho de 1972, lançou nos Estados Unidos um primeiro satélite da série ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*). Esta família de satélites, denominada Landsat a partir do segundo lançamento em 22 de Janeiro de 1975, constituiu um projecto fundamental em detecção remota.

Devido à boa resolução dos seus sensores e ao carácter global e periódico das observações que realizam, faz com que seja usado por muitos especialistas de diferentes áreas em todo o mundo. A primeira geração, Landsat MSS, compreendem três satélites: Landsat 1, Landsat 2 e Landsat 3 (este lançado em 05 de Março de 1978) que usavam um conjunto de três câmaras de vídeo RBV (*Return Beam Vidicon*) e um conjunto de varrimento multiespectral MSS (*Multispectral Scanner*).

O sensor MSS capta a radiação electromagnética da superfície terrestre em quatro bandas espectrais (tabela 2). Cada banda tem uma resolução espacial de aproximadamente 80 m, e uma resolução radiométrica de 6 *bits*, ou 64 níveis digitais.

Em 1982 estes satélites de primeira geração foram substituídos por uma nova geração de satélites Landsat TM, da qual fazem parte os satélites Landsat 4 (lançado em 16 Julho de 1982) e Landsat 5 (lançado em 1 de Março de 1984). Nestes, as câmaras RBV foram substituídas por um novo explorador de varrimento, denominado TM (*Thematic Mapper*), especialmente desenhado para a cartografia temática, que continha um maior número de detectores por bandas (16 para canais não térmicos *versus* 6 para MSS).

Esta diferença em relação ao MSS faz aumentar o tempo de pausa (*dwell time*), proporcionando uma melhoria significativa na integridade geométrica e radiométrica dos dados. A resolução espacial do TM é de 30 m nos canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7 e de 120 m no canal 6 (tabela 3). A resolução radiométrica é de 8 *bits* – 256 níveis digitais.

Após o insucesso do lançamento do Landsat 6, no dia 7 de Abril de 1999, foi lançado o satélite Landsat 7, surgindo assim a terceira geração de satélites. Este satélite apresenta-se com um novo sensor a bordo denominado ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). Entre as principais melhorias técnicas em comparação com o Landsat 5, podem destacar-se a adição de uma banda espectral (banda pancromática) com uma resolução de 15 m, melhorias nas características geométricas e radiométricas, e aumento da resolução espacial da banda térmica para 60 m. Estas melhorias tecnológicas permitem qualificar o Landsat 7 como sendo o satélite mais interessante para a aquisição de imagens de satélite com aplicações directas até a escala de 1:25 000, principalmente em áreas rurais, mesmo em grandes extensões de território.

Os satélites Landsat TM e ETM+ estão a uma altitude de 705 km e são caracterizados por órbitas repetitivas, circulares e heliosíncronas, i.e., passam à mesma hora solar em qualquer ponto terrestre observado. Podem adquirir imagens numa área que se estende desde 81° N até 81° S e em todas as longitudes do globo terrestre. A órbita do satélite é realizada em aproximadamente 99 minutos, permitindo-lhe dar 14 voltas à Terra por dia, sendo a cobertura total do nosso planeta efectuada em 16 dias. A órbita é descendente, ou seja de norte para sul, e o satélite cruza a linha do Equador entre 10:00 e 10:15 (hora local) em cada passagem.

Nas tabelas 2 e 3 estão apresentadas as diferenças de resolução espectral e espacial entre os sensores MSS do Landsat 1, 2 e 3, TM do Landsat 4 e 5 e ETM+ do Landsat 7.

Tabela 2 – Características Espectrais do sensor MSS

Bandas		Região Espectral (μm)
Landsat 1,2 e 3	Landsat 4 e 5	
MSS4	MSS1	0.5 - 0.6 (verde)
MSS5	MSS2	0.6 - 0.7 (vermelho)
MSS6	MSS3	0.7 - 0.8 (infravermelho próximo)
MSS7	MSS4	0.8 - 1.1 (infravermelho próximo)

Apesar de ter uma superfície bastante inferior à de uma cena de Landsat, a área em estudo está incluída em duas cenas de satélite por se localizar em zona de confluência de duas trajetórias do mesmo. Assim, para a realização deste trabalho foram utilizadas e processadas 2 imagens por ano estudado. A cena *Path 204/Row 052* do Landsat TM e ETM+ e a cena *Path 219/Row 052* do Landsat MSS cobrem grande parte da área em estudo, mas para a região nordeste é necessária a cena *Path 203/Row 052* (TM e ETM+) e a cena *Path 218/Row 052* (MSS). Dado que o estudo é baseado numa análise do coberto do solo em várias datas (1953, 1973, 1986, 1994, 2000 e 2003), utilizou-se um total de dez imagens Landsat, sendo duas MSS de 1973, quatro TM (duas de 1986 e duas de 1994) e quatro ETM+ (duas de 2000 e duas de 2003). Algumas destas imagens (203/052 de 1986, 204/052 de 2000, 204/052 de 2003 e 203/052 de 2003) fazem parte de um lote disponibilizado gratuitamente na internet pela *Global Land Cover Facility* (GLCF) da Universidade do Maryland (E.U.A.) através do site <http://glcf.umiacs.umd.edu/>. As restantes imagens (218/052 e 219/052 de 1973, 204/052 de 1986, 203/052 de 1994, 204/052 de 1994, 203/052 de 2000) foram adquiridas ao distribuidor europeu dos produtos Landsat. Na tabela seguinte estão descritas as datas, sensores e cenas das imagens utilizadas neste trabalho.

ALTERAÇÕES DO COBERTO DO SOLO NA MATA DO CANTANHEZ (GUINÉ-BISSAU) DE 1953 A 2003

Tabela 3 – Características Espectrais dos sensores TM e ETM+ adaptada do Vicens *et al. in* Garay & Dias (2001)

Regiões Espectrais	TM 4 e 5			ETM+ 7			Aplicabilidade
	Bandas	Compr. de Onda (µm)	Resol. (m)	Bandas	Compr. de Onda (µm)	Resol. (m)	
Azul	TM1	0.45 - 0.52	30x30	ETM1	0.45 - 0.52	30x30	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos barimétricos
Verde	TM2	0.52 - 0.60	30x30	1TM2	0.52 - 0.60	30x30	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água
Vermelho	TM3	0.63 - 0.69	30x30	ETM3	0.63 - 0.69	30x30	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação e aquelas sem vegetação (solo a descoberto, estradas e áreas urbanas). Apresenta bom contraste entre diferentes tipos de coberto vegetal (floresta, mangal, savanas, etc.. Permite a análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de outros loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
Infravermelho próximo	TM4	0.76 - 0.90	30x30	ETM4	0.76 - 0.90	30x30	Os corpos de água absorvem muita energia nesta banda e ficam escuros, permitindo cartografar a rede de drenagem e delineamento de corpos de água. A vegetação verde, densa e uniforme, reflecte muita energia nesta banda, e é facilmente identificável. Sensível à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre a geomorfologia, solos e geologia. Serve para cartografar áreas ocupadas com vegetação que foram queimadas. Permite também a identificação de áreas agrícolas.
Infravermelho médio	TM5	1.55 - 1.75	30x30	ETM5	1.55 - 1.75	30x30	Sensível ao teor da humidade das plantas, servindo para a observância do "stress" na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.
Infravermelho Térmico	TM6	10.42 - 12.50	120x120	ETM6	10.42 - 12.50	60x60	Sensível aos fenómenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
Infravermelho médio	TM7	2.08 - 2.35	30x30	ETM7	2.08-2.35	30x30	Sensível à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre geomorfologia, solos e geologia. Esta banda serve para identificar minerais com iões hidroxilos.
Pancromática				ETM8	0.52-0.90	15x15	

Tabela 4 – Sensores, Datas e Cenas das imagens utilizadas

Ano	Sensores	Cena TM/ETM (203/052)	Cena TM/ETM (204/052)	Cena MSS (218/052)	Cena MSS (219/052)
1973	MSS	-	-	09/03/73	10/03/73
1986	TM	11/02/86	18/02/86	-	-
1994	TM	22/04/94	13/04/94	-	-
2000	ETM+	30/04/00	20/03/00	-	-
2003	ETM+	01/01/03	24/01/03	-	-

4.2 – CARTAS TOPOGRÁFICAS E DO COBERTO DO SOLO

Utilizaram-se as folhas de Bedanda, Cacine, Cacoca, Guileje e Ilha de Caiar da série 1:50000 da “Carta Topográfica da Guiné Portuguesa”. Esta carta foi produzida pela JIU, com base em cobertura aerofotográfica 1:30000 dos anos 50 do século passado (JIU, 1962-1963). O sistema de projecção é o Universal Transverse Mercator (UTM) folha NT28. Estas cinco cartas cobrem a área em estudo. Na tabela 5 está apresentada a informação associada a cada carta e na figura 16 as cartas que cobrem a área em estudo.

Tabela 5 – Informação das cartas produzidas pela JIU utilizadas

Cartas	Foto Aérea	Levantamento	Edição
Bedanda	3/53	1956	?
Cacine	4/56	1960	1963
Cacoca	4/56	1960	1962
Guileje	3/53	1956	?
Ilha de Caiar	4/56	1959	1963

Utilizaram-se também o mapa de coberto do solo produzido pelo Gabinete da Planificação Costeira da Guiné-Bissau – célula SIG (UICN-MDRA-DGFC, 1993) com base em imagens Landsat TM e amostragem no terreno; e o mapa de delimitação cartográfica dos Grandes Maciços Florestais de Cantanhez, produzido por Silva (1997).

ALTERAÇÕES DO COBERTO DO SOLO NA MATA DO CANTANHEZ (GUINÉ-BISSAU) DE 1953 A 2003

- 1 – Bedanda (Folha nº XXI-2-c)
- 2 – Guileje (Folha nº XXI-1-c)
- 3 – Ilha de Caiar (Folha nº XXI-2-a)
- 4 – Cacine (Folha nº XXI-2-b)
- 5 – Cacoca (Folha nº XXI-1-a)

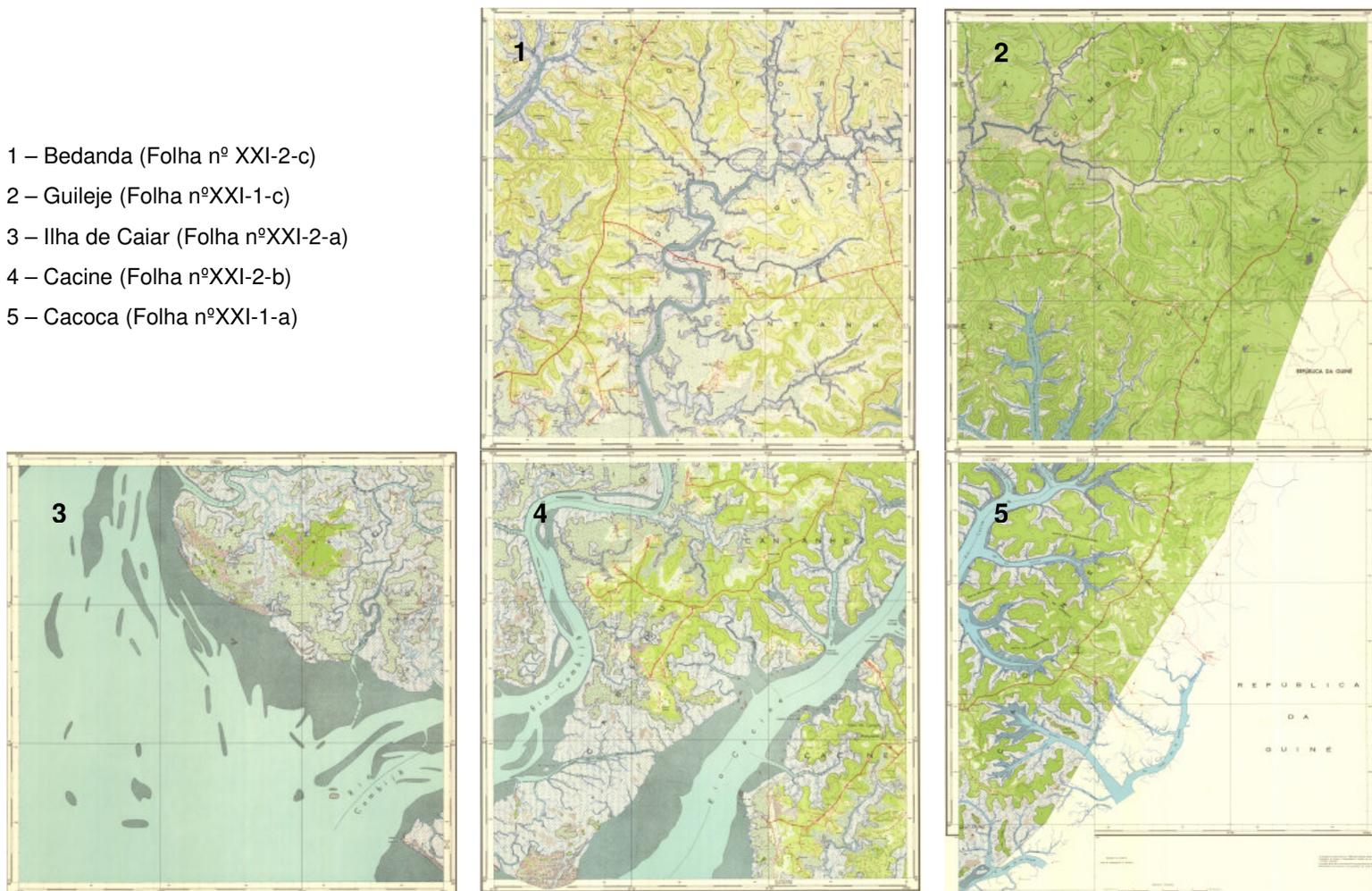


Figura 16 – Folhas da série 1:50000 que cobrem a área em estudo

4.3 – PROGRAMAS UTILIZADOS

O programa LCCS (*Land Cover Classification System*) foi utilizado para a definição de classes de legenda, permitindo uma definição hierárquica de classes de coberto de solo com base nas características estruturais e funcionais da vegetação. As imagens de satélite foram processadas e analisadas com ajuda dos programas ER Mapper 6.4, Idrisi Kilimanjaro e ENVI 3.6. O programa CART foi utilizado para gerar o algoritmo de classificação. Os programas ArcView 3.2, Idrisi Kilimanjaro e ArcGis 9 foram utilizados para a análise SIG e quantificação das alterações do coberto de solo. Para o tratamento estatístico dos dados utilizou-se o programa STATISTICA 6.