

Caracterização e monitorização das classes de uso do solo na área de intervenção do Plano de Ordenamento da orla Costeira da Costa Sul da Ilha de S. Miguel com recurso à detecção remota por satélite

Maria Gabriela Oliveira¹
Universidade dos Açores
Email: oliveira.gabi@gmail.com

Resumo

O litoral sul da Ilha de S. Miguel, abrangido pelo Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), é constituído por troços geomorfológicos distintos integrando zonas baixas, de costa alta, de arribas alcantiladas e de praias. Um eficaz planeamento da orla costeira, pressupõe a detenção de informação pormenorizada dos padrões vocacionais do solo, do uso dominante, e da capacidade da sua ocupação, tal como da tendência da evolução da linha de costa, de forma a garantir a protecção do espaço biofísico, dos recursos naturais e dos valores ambientais e paisagísticos, no quadro dos instrumentos de gestão territorial.

O recurso ao uso de imagens multiespectrais registadas pelo satélite Landsat 7 ETM+ como complemento à informação já existente na área de intervenção do POOC, vem possibilitar a identificação de elementos presentes na paisagem, a sua localização e a percepção da sua alteração ao longo dos anos. Facilita ainda a identificação de áreas prioritárias para protecção e a avaliação da evolução da ocupação dos solos à escala regional e de pormenor.

Pretende-se com o desenvolvimento do trabalho contribuir para o auxílio à tomada de decisão e cumprimento de instrumentos legais, por meio da composição de cartografia temática que possa: complementar e correlacionar a informação já existente; desenvolver a cartografia sobre a distribuição de classes de ocupação do solos (qualitativa e quantitativa); identificar as zonas sujeitas a erosão; identificar focos de instabilidade geomorfológica que conduzam á evolução natural da linha de costa.

Palavras-Chave: detecção remota, planeamento, cartografia, orla costeira.

¹

Mestranda em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental

1.Introdução

As zonas costeiras são sistemas altamente complexos, em permanente modificação, resultante da interacção de processos naturais à escala temporal e da acção do poder antropogénico recente, que por reconhecer no litoral um espaço atractivo e com potencialidades do ponto de vista do desenvolvimento social e económico, o tem assolado em larga escala. Tendo em conta o bem estar almejado pelas populações e actividades económicas mas também a elevada sensibilidade e vulnerabilidade deste espaço, é intuitivo que as zonas costeiras são zonas de conflitos, designadamente porque correspondem a zonas de fronteira quanto a eventos marinhos altamente energéticos, havendo necessidade de proteger as populações e as actividades económicas, ao mesmo tempo que se impõe a preservação das características naturais que as converteram em áreas de uma riqueza singular.

Um dos elementos que concretizam o processo de planeamento e gestão integrada das zonas costeiras, são os Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), cujos objectivos traduzem simultaneamente preocupações de desenvolvimento sustentável do litoral integrando desenvolvimento socioeconómico, valorização e protecção ambiental e defesa costeira, de acordo com as suas capacidades e do território confinante.

O POOC da Costa Sul de Ilha de S. Miguel, “têm por objecto as águas marítimas costeiras e interiores e respectivos leitos e margens, denominadas: “zona terrestre de protecção”, cuja largura máxima é de 500 m contados da linha que limita a margem das águas do mar; e “faixa marítima de protecção”, que tem como limite máximo a batimétrica dos 30 m. Como instrumento de gestão territorial, tem como objectivo e principio estabelecer regras a que deve obedecer a ocupação e uso e transformação dos solos abrangidos pelos seus âmbitos de aplicação.

A informação extraída via detecção remota constitui uma boa fonte para produzir mapas temáticos como os que representam o uso do solo, pois fornece uma reprodução da superfície da Terra que é espacialmente contínua e altamente consistente, e está disponível em várias escalas espaciais e temporais. (Foody, 2002). Permite ainda ao usuário/utilizador a aplicação de um conjunto de ferramentas matemáticas e estatísticas que através de software próprio, propõe-nos meios de alcançar os objectivos pretendidos.

As imagens obtidas pelo satélite Landsat 7 ETM+ (27 de Novembro de 2002), constituem um pilar de informação para utilizar no estudo que se pretende levar a cabo,

pretendendo-se aplicar a classificação e monitorização do uso do solo numa área terrestre de protecção da orla costeira de S. Miguel, Açores, incluída no POOC Costa Sul, conhecendo-se à partida as condicionantes definidas para o seu uso, e que pretendemos confirmar recorrendo às 7 bandas disponíveis do sensor ETM+, de forma a produzir cartografia da ocupação dos solo, identificação de zonas sujeitas a erosão e identificação de zonas geomorfológicas de vulnerabilidade costeira.

Este trabalho será desenvolvido no âmbito do mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental.

2. Enquadramento da área de estudo

A área abrangida pelo POOC da costa sul da Ilha de S. Miguel corresponde à faixa costeira que se desenvolve desde as Feteiras, no municípios de Ponta Delgada, até à Salga, limite oeste do município de Nordeste, com uma extensão aproximada de 65 km e corresponde a 52% do litoral da ilha. Engloba uma zona de protecção terrestre, cuja largura máxima é de 500 m contados da linha que limita a margem das águas do mar e que corresponde à zona B na da figura 1.

A ocupação urbana é marcada, por uma elevada litoralização, havendo uma maior polarização neste lado da costa do que na costa norte da ilha. A população residente neste troço costeiro, era em 2001 de 35.300 indivíduos na sua maioria – 80%, residentes nos concelhos de Ponta Delgada, Lagoa e Vila Franca. (Censos 2001).

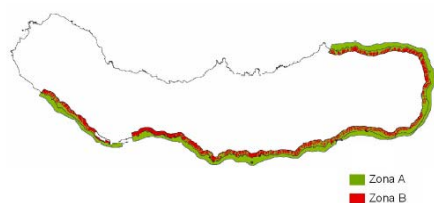


Fig. 1 – Ilha de S Miguel; área de intervenção do POOC Costa Sul

Zona a) Faixa marítima de protecção Zona b) zona marítima terrestre

A tipologia costeira da ilha embora na sua maioria seja um tipo de construção de “litoral secundário” ou seja, que o litoral deve as suas características fundamentais à actividade de agentes dinâmicos de natureza marinha, ocorrem também situações de “litoral primário” modelado por processos não marinhos.

A intensidade dos agentes forçadores marinhos variam ao longo da costa devido a fenómenos locais de deformação da agitação e da existência de algum grau de protecção



natural. As consequências dessas acções também variam em função da constituição geológica/geotécnica do interface terrestre.

Em termos de resistência geológica à dinâmica litoral, a costa sul apresenta maior vulnerabilidade sendo que a sua média de altura é 20% menos do que a média da costa norte.

Borges (1995) identificou na costa sul de S. Miguel quatro formas tipo de arribas costeiras.

Em relação ao recuo da linha de costa Borges (2003) avança com o probabilidade de 0,21m/ano no entanto tal valor tem tido oscilações ao longo dos anos como será lógico esperar uma vez que o forçamento dos agentes transformadores tem impactos energéticos diferentes dependentes da natureza, intensidade, direcção e frequência dessas acções.

3. Metodologia

Para o trabalho que se pretende realizar foi feita uma pesquisa bibliográfica em que foram exploradas questões distintas. Foi o caso de literatura relacionada com os processos ligados à geologia e geodinâmica costeira no contexto regional, levantamento de informação auxiliar relativa ao dos uso dos solos, referente à área em estudo, pesquisa de metodologias e avaliação da possibilidade de sucesso na aplicação de imagens multiespectrais, nomeadamente a utilização das imagens do satélite Landsat7 ETM+.

A informação que se pretende extrair e analisar relativamente ao uso e ocupação do solo, será baseada na informação disponível nas bandas espectrais da imagem obtida pelo sensor ETM+ transportado pelo satélite já referido, ponto-situação 213 034 do dia 27 de Novembro de 2002, com o sistema de referencia utm-26n. Desta imagem iremos utilizar as 7 bandas das 8 disponíveis pelo sensor. As bandas 1,a 5 e 7 com a resolução de 30 m e a banda 8 pancromática com a resolução de 15 m.

O software a ser utilizado será o Kilimanjaro da IDRISI.

4. Utilização das imagens do satélite Landsat

A missão do Landsat (Landsat Global Survey Mission) é a de captar imagens de uma forma contínua e repetida das massas continentais, das áreas costeiras, dos recifes de

coral e garantir que os dados obtidos são úteis à comunidade científica de modo a que esta possa atingir os seus objectivos de observação sobre o ambiente e a superfície terrestre. (Ervideira, A., s/d)

As imagens de alta resolução espectral como a do Landsat que associam um grande contingente de informações sobre o comportamento espectral dos alvos terrestres, detalhe geográfico e baixo custo por área recoberta, permite-nos obter cartografia a escalas regionais.

As aplicações das imagens tiradas pelo satélite Landsat através dos sensores 5-TM e ETM+ em trabalhos de monitorização ambiental são indispensáveis como ferramenta para o reconhecimento e a caracterização dos elementos geoambientais. (Souto, 2004 *fide* Souto, 2002; Mafra 2002; Grigio, 2003; Araújo 2003; Nobrega 2003; Rogério 2004)

A vantagem do sensor ETM+ é que este possui uma banda pancromática com a resolução de 15 m, sendo a resolução espectral das restantes bandas a mesma para os dois sensores.

5. Cartografia do uso e ocupação do solo com imagens de satélite

Os elementos que ocupam o solo terrestre tem comportamentos diferentes perante a radiação electromagnética. Esta resposta dos diferentes constituintes da terra está dependente das características intrínsecas dos elementos, resultando em diferentes comprimento de onda do espectro electromagnético e seguem um padrão de acordo com essas características, denominado padrão espectral. Este padrão permite caracterizar e diferenciar diferentes elementos através da detecção remota.

A classificação dos solos é um processo de identificação de padrões (classes) de valores de propriedades dos solos no domínio das propriedades específicas, definidas pelo perfil das classes. (Santos, 2005)

Desta forma, o tratamento dado às imagens de satélite permite identificar o tipo de ocupação do solo e até mesmo distinguir entre certos tipos de vegetação.

Comportamento espectral do solo

Os diferentes tipos de solo exibem curvas espectrais características. A reflectância de um solo depende das propriedades físicas e químicas dos seus componentes, do conteúdo hídrico, de matéria orgânica e de óxidos de ferro presentes, assim como da sua textura e rugosidade. (Alves, 2001)

A curva espectral dos solos é caracterizada por ter uma baixa reflectância na região do visível (bandas 1, 2 e 3) aumentando à medida que o comprimento de onda aumenta (Gonçalves, 2005 *vide* Caetano 2002)

Nas áreas costeiras destaca-se o aumento no conteúdo de humidade do solo que gera uma diminuição geral da reflectância em todos os comprimentos de onda. (Tabosa, 2006)

Comportamento espectral das superfícies de água

As superfícies de água caracterizam-se por reflectir muito pouca radiação electromagnética, principalmente nos comprimentos de onda do infravermelho próximo e médio (bandas 4 e 5). Na região do visível a reflectância depende sobretudo do material em suspensão e da sua composição. Depende também das características do fundo.

Comportamento espectral da vegetação

A vegetação de uma forma geral, exibe um padrão característico de reflectância. Na região do visível, os pigmentos da folha são os responsáveis pela baixa reflectância. No entanto este varia conforme a espécie, e dentro da espécie tem variações de acordo com o ciclo fenológico da espécie ou na dependência de determinadas condições ambientais. O comportamento espectral da vegetação é identificado pela pouca reflectância nas bandas da região do azul (banda 1) e do vermelho (banda 3), com um pico maior na região do verde (banda 2). Com a passagem da região do visível para a região do infravermelho próximo (banda 4) há um aumento significativo de reflectância.

Quanto maior for o contraste entre a reflectância das regiões do vermelho e do infravermelho próxima maior é a vivacidade da vegetação. (CCRS, 2003)

Índice de vegetação – NDVI

Existe uma quantidade de índices de vegetação, sendo no entanto o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) um dos primeiros a ser desenvolvidos e um dos mais vulgares a serem utilizados. Consiste em transformações matemáticas desenvolvidas para quantificar a contribuição espectral da vegetação em análise multiespectral. (Gonçalves, 2005 *vide* Chen et al., 1999)

Permite-nos calcular as propriedades da vegetação de superfície e deverá ser utilizada a banda do vermelho e do infravermelho próximo.

6. Metodologia para a classificação de imagens

Segundo Caetano, *et al.* (s/d), as metodologias utilizadas baseiam-se quer na análise visual quer na classificação digital das imagens. Porém não existe uma metodologia standart para produção de cartografia de ocupação do solo com imagens de satélite.

De facto, e segundo Jensen, (1996) a maior parte dos projectos de produção cartográfica de ocupação de solo com base em imagens de satélite incluem os seguintes passos: Pré-processamento; transformação de bandas; extracção de informação temática; integração de informação auxiliar; avaliação dos mapas produzidos.

A extracção de informação temática, i.e, cartografia do solo é a fase principal do processamento e consiste na análise visual das imagens, na classificação automática e em processo semi-automático (Caetano *et al.*, s/d).

O realce da informação por sua vez contempla várias formas de processamento de imagem (PDI) e é uma etapa para a preparação para a actividade de interpretação.

Alguns processos são: Composição colorida em RGB; IHS, RGBI e HRGB; Método dos Índices (NDVI e NDWI); Análises por componentes principais (PC), razão de bandas; realce por correlação.

Para a extracção de informação foi feito um apuramento de trabalhos desenvolvidos por alguns autores que recorreram à informação disponibilizada pelas imagens do satélite Landsat, tendo-se elaborado uma tabela em que as principais bandas espectrais e processos de extração de dados são discriminadas. O objectivo é obter informação auxiliar para a utilização das bandas electromagnéticas com maior êxito na extracção dos dados espectrais e passar para a fase de classificação de imagens, já com uma margem de segurança em relação à informação extraída para a aplicação no estudo que se pretende realizar.

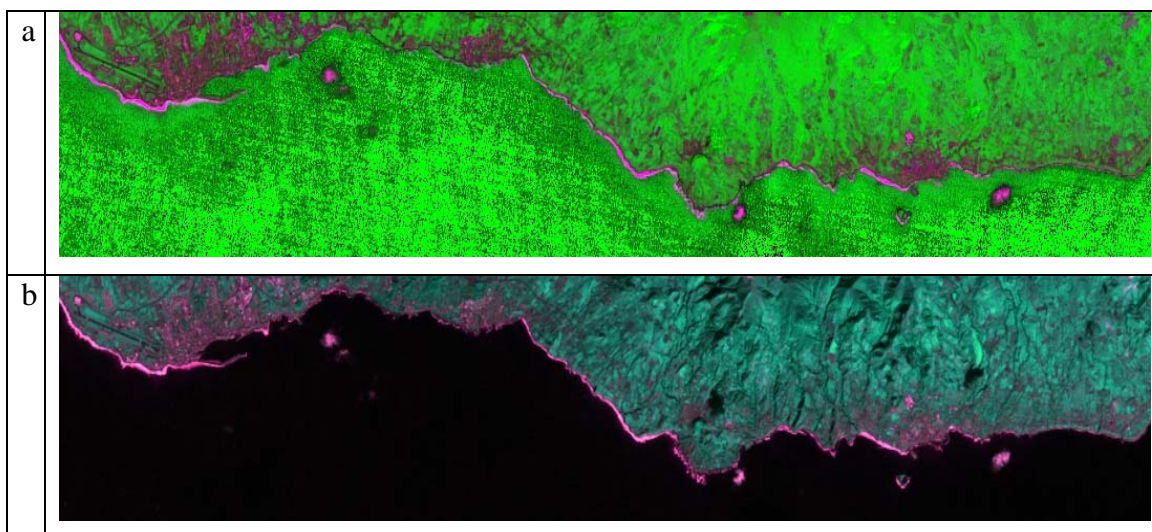


Tabela 1 – Estudos efectuados e bandas utilizadas no PDI em áreas costeiras

SENSOR	BANDAS	DESCRIÇÃO	PDI	AUTORES
5-TM ETM+	R7-G4-B3	realce do limite entre áreas emersas e áreas submersas (corpos de água)	composição RGB	Souto, 2004
ETM+	R7/1-G5/1-B4/1	R7/1-G5/1-B4/1 foi a que apresentou maior variação das unidades da paisagem	composição RGB e razão entre bandas	Souto, 2004
	R7/3-G5/3-B4/3	R7/3-G5/3-B4/3 melhorou o realce para as unidades que apresentam áreas expostas como solos, área de cultivo e dunas		
	R7/4-G5/3-B4/2	R7/4-G5/3-B4/2 diferenciação entre manguezais e diferentes espécies vegetais; realce entre dunas móveis e planícies de inundação		
	R7-G5-B3	reconhecimento de algumas unidades de uso e ocupação do solo, realçando áreas de solo exposto, cultivo temporário, tanques de salinas e carcinicultura; destacou também áreas lamosas com sedimentos em suspensão	composição RGB	
ETM+	Bandas 1, 2 e 3	realce linha costa e unidades costeiras submersas e zona de arrebentação de ondas	PC1 componentes principais selectivos (SPC)	Sousa Filho, 2005
	Bandas 5 e 7 Banda 4	realça áreas com solos expostos e discriminação da floresta costeira de manguezal da vegetação secundária sobre o planalto costeiro		
ETM+	R3-G1-R2	identificação de dois tipos de processos costeiros: corrente de retorno e frentes de superfície	composição RGB com manipulação de histograma	Noernberg, s/d
ETM+	R3-G4-R5	identificação de "feições"/unidades presentes como as condições de uso e ocupação do solo	composição RGB	Polleto, 2006
5-TM	Bandas 3, 4, 5 e 7	diferenciação entre tipos de vegetação	Composição RGB	Grinetti et al (1997)*
	Bandas 4 e 5	caracterização de tipologias estruturais - fisionómicas na Sadenha	razões de bandas e índice de vegetação	Marchetti et al (1995)*
5-TM	Bandas 3 e 4	mapeamento e monitorização de comunidades vegetais; maior distinção entre vegetação e solo exposto	NDVI	Rouse et al (1974)*
5 - TM	R1-G3-B5 e R4-G5-B7	delimitação das unidades do solo	composição RGB	Lima (1997)*
5-TM	Bandas 1, 2, 3 e 4	monitorização de regiões costeiras e caracterização de unidades subaquáticas	visualização de imagens	Evens (1998)*
	banda 1	mais penetrativa no estudo água oceânica		
	banda 2	determinação da turbidez		
	banda 3	define melhor o traçado da linha de costa		
	banda 4	realça a vegetação e as unidades topográficas		
5-TM	R4-G3-B2	deteção limite terra-mar; identificação de alguns agrupamentos de vegetação	composição RGB	Alves 2001
	R4-G5-B3	diferenciação de agrupamentos de vegetação		

*citados por Alves (2001)

7. Resultados



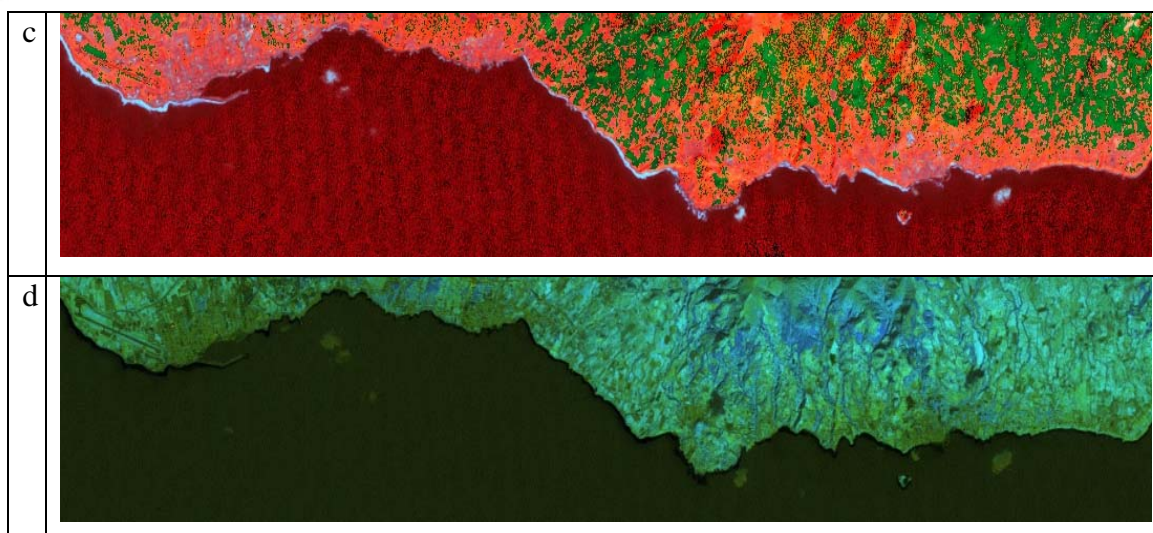


Figura 2 - Corte da imagem ETM+ da costa sul de S. Miguel: troço Ponta Delgada – Ponta Garça a) R3-G1-B2 b) R3-G4-B5 C) R7-G5-B3 d) R7/3-G5/3-B4/3

As quatro composições coloridas seleccionadas pela autora, segundo o PDI sugeridos pelas metodologias da tabela 1 confirmam a descrição de dados obtidos pelos autores. Para a) de facto pode-se constatar a influencia dos processos costeiros junto à costa da ilha.

Em b) destaque das zonas urbanas: Ponta Delgada, Lagoa e Vila Fraca (a rosa) e tal como previsto destaque da forma topográfica do troço. Em c) reconhecimento de algumas unidades do solo e identificação de turbidez junto à costa. Em d) podemos verificar a nitidez da linha de costa e a azul, solo exposto e linhas de água.

8. Considerações finais

Pode-se confirmar que a imagem escolhida é adequada para o presente estudo pois permite realçar diferentes tipos de informação, ficando no entanto a escolha da forma como se haverá de manipular as bandas dependente do interesse do investigador. Neste sentido, o passo seguinte que será a classificação dos padrões e produção de mapa temático, exigirá um método misto entre a classificação supervisionada e não supervisionada, querendo isto significar, que havendo algum conhecimento do terreno poderemos definir classes na imagem. Porém a figura 2 c) apresenta-nos um grande número de classes de solo o que exigirá que se proceda à fase de treino, em que o

analista terá de definir classes amostrais e utilizar os algoritmos classificadores – classificação não supervisionada.

Um das considerações a referir, é que das imagens obtidas (fig.2), já detemos informação sobre a continuidade do padrão do solo a partir dos 500 m da linha de costa. A extensão da monitorização e classificação do uso do solo a montante da linha definida pelo POOC fará todo o sentido pois trata-se de sistemas que poderão ter algum significado na compreensão dos processos de alteração do solo.

9. Referencias bibliográficas

- *Borges, P. (1995) Contribuição para o conhecimento geológico do Litoral de S. Miguel (Açores). Ponta Delgada, Açores: Universidade dos Açores, Relatório de provas PAI, 168 pp (não publicado)
- *CCRS, (2003). Fundament of Remote Sensing. Canadian Center for remote sensing
- *Chen, Z., Elvidjge, C., Groenveld, D. (1999). Vegetation change detection usig high spectral resolution vegetation indices. In Remote Sensing Change Detection: Environmental Monitoring method and Applications, Taylor and Francis. London. Pp 181-190
- Alves, A.L.(2001). Cartografia temporal e análise geoambiental da dinâmica da foz do Rio Piranhas-Acu, Região de Macau-RN, com base em imagem Landsat 5-TM. Dissertação de mestrado em Geodinâmica. Natal, Brasil
- Borges, P. (2003) Ambientes litorais nos grupos Central e Oriental do Arquipélago dos Açores: Conteúdos e dinâmica de Microescala. Ponta Delgada, Açores, Universidade dos Açores, Dissertação para obtenção de grau de Doutor em Geologia
- Caetano, M., Santos, T. e Gonçalves L. (s/d) Cartografia de Ocupação do solo com imagens de satélite: estado da arte
- Correia, M.M. (2003). Monitorização temporal do uso do solo no estuário do Tejo. Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestre em Gestão dos Recursos Biológicos. Universidade de Evora
- Dias, J.M. (s/d). Gestão Integrada Das Zonas Costeiras: Mito Ou Realidade?. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa
- Ervideira, A., (s/d) Classificação temática da imagens Lansat recorrendo ao software Ecognition. Dissertação apresentada para obtenção do grau de m em Engenharia Geográfica e Geoinformática. Universidade de Lisboa
- Figueiredo, D. (2005) .Conceitos Básicos de sensoriamento remoto

- Foody, G.M. (2002). Status of land cover accuracy assessment. *Remote Sense of Environment* 80 (2002) 185-201
- Gonçalves, R.F.A., (2005). Cartografia multi-escala de alterações de coberto vegetal com imagens de satélite. Dissertação de mestrado em SIG. Universidade Nova de Lisboa
- Jensen, J.R. *Introductory digital images processing: a remote sensing perspective* . 2nd edition. Upper Saddle River: Prendice Hall 1996
- Kuhn, C. (2005). *Análise sistémica das transformações de uso do solo como suporte à decisão para o planeamento de unidades de conservação.*
- Morton, B., Britton, J.C. e Martins, A.M.F. (1998). *Ecologia Costeira dos Açores.* Sociedade Afonso de Chaves. Ponta Delgada
- Santos, R.L., Quintanilha, J.A. e Fukumori, I. (2005). *Os solos e o sensoramento remoto: o uso de imagens Landsat 7 ETM para mapeamento dos horizontes coesos dos Tabuleiros Costeiros da Bahi.* Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2749-2757.
- Souto, M. V.S. (2004) Análise multitemporal dos elementos geoambientais da região da Ponta do Tubarão, área de influência dos campos petrolíferos de Macau e Serra, município de Macau/RN. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte
- Tabosa, W.F., Amaro, V.E. e Vital, H. (2006). Análise do ambiente costeiro e marinho, a partir de produtos de sensoriamento remoto na região de São Bento do Norte, NE Brasil. *Revista Brasileira de Geofísica* (2007) 25 Supl.1: Pag 37-48
- Tenedório, J.A e Rocha, J. (2005). Apontamentos de detecção remota. Lisboa
- www.azores.gov.pt/srea/censos2001

* bibliografia não consultada