

## CAPÍTULO 8

---

### *Evolução temporal do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002 no município de Vitória, ES, utilizando imagens orbitais do satélite Landsat TM*

Fabíola Candido Silva Vieira  
Alexandre Rosa dos Santos

#### **8.1 Introdução**

Ao longo dos anos, percebemos que a ação agressiva do homem ao meio tem sido cada vez mais presente, destruidora e negligente, em virtude do aumento populacional e das grandes aglomerações urbanas. As ocupações desordenadas afetam diretamente a organização do espaço geográfico e, muito especialmente, o espaço urbano, que é produzido e apropriado socialmente por meio de uma fantástica estratégia dos agentes produtores e apropriadores (CAMPOS JÚNIOR, 1996). Com a cidade de Vitória, capital do Espírito Santo, tal sistemática se manteve, tendo seu espaço sido ampliado por aterros para suportar os avanços da sua ocupação. Esse tipo de adequação espacial refletiu o ritmo que o sistema capitalista imprimiu ao território da cidade, respondendo aos interesses

dos grupos economicamente ativos (CAMPOS JÚNIOR, 1996).

O uso e ocupação do solo de Vitória tiveram características históricas. A sua transformação em capital do estado visava estimular o desenvolvimento de atividades econômicas, tendo-a como um centro de polarização dominante, já que funcionaria como sede político-administrativa. Além disso, a cidade oferecia o atrativo do porto marítimo, que sempre serviu para o escoamento da produção cafeeira. A esses fatores se adiciona a presença de imigrantes oriundos do interior do Estado que, em virtude da política de erradicação dos cafezais realizada a partir da década de 60 e da falta de recursos financeiros, não puderam adquirir locais apropriados para habitação, ocupando, assim, as áreas periféricas da cidade e contribuindo para a ampliação da densidade demográfica da capital a índices alarmantes.

O processo de ocupação da Grande Vitória na década de 60 apresentava taxas de 6,9% ao ano. Vitória teve um incremento populacional de aproximadamente 50 mil pessoas na citada década, passando para uma população de 83.351 habitantes. Já toda a Grande Vitória, contando inclusive com a capital, recebeu um incremento populacional de cerca de 190 mil pessoas. Vitória continuou sendo o município mais populoso e que abrigava a população de maior renda (CAMPOS JÚNIOR, 2002).

**Tabela 8.1.** Evolução do crescimento populacional de Vitória, Grande Vitória e Espírito Santo, 1950-2000.

Período	Vitória	Grande Vitória	Espírito Santo
1950	50.922	110.931	861.562
1960	83.351	194.311	1.169.553
1970	133.019	385.998	1.599.333
1980	207.747	706.263	2.023.340
1991	258.245	1.063.293	2.598.231
2000	292.304	1.337.187	3.097.232

Fonte: IBGE, 2000.

**Tabela 8.2.** Densidade demográfica de Vitória.

<b>Período</b>	<b>População</b>	<b>Área ocupada hectares</b>	<b>Densidade hab/ha</b>
1940	42.246	280	150
1950	50.922	-	-
1960	83.351	410	208
1970	133.019	1.100	120
1991	-	-	-
2000	292.304	8.800	0.03

Fonte: FJSN, PDU de Vitória, 1979.

O processo de ocupação do território pelos migrantes aumentou nos locais de terras de baixo custo, onde os que não possuíam poder aquisitivo foram formando a periferia da cidade, invadindo as áreas marginais como morros e mangues da capital. A extensão territorial do município era pequena e o crescimento da especulação imobiliária valorizou as terras baixas, excluindo, assim, aqueles que não possuíam recursos para adquiri-las. Esse processo estimulou a ocupação dos espaços intersticiais, promovendo o aumento da mancha urbana.

Atualmente, a cidade de Vitória mantém preservado o seu papel na interação com os demais municípios, centralizando as atividades finais do complexo de intercâmbio com o exterior e dos serviços derivados de sua condição de capital do estado. Sendo principal pólo urbano do Espírito Santo, Vitória, na época deste estudo, concentrava 41% da população do estado, detinha 87% da arrecadação e, das 150 maiores empresas estaduais, 52 operavam em Vitória. Assim, dos 88 Km<sup>2</sup> de área bruta do município, quase a metade estava ocupada com grandes empreendimentos, tais como o aeroporto, a universidade, os complexos siderúrgicos e portuários da então CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão) e CVRD (Companhia Vale do Rio Doce) e o Maciço Central, reduzindo

bastante as áreas possíveis de ocupação pela malha urbana (PMV, 1996).

Considerando tais argumentos, vimos como de interesse geral realizar a avaliação temporal e espacial do uso e ocupação do solo para este município, devido à preocupação com a aglomeração urbana capaz de gerar conseqüências diretas quanto aos impactos ambientais gerados. Nesse sentido, utilizamos no procedimento metodológico o sensoriamento remoto, que pode ser definido como qualquer processo por meio do qual é coletada informação a respeito de um objeto, área ou fenômeno, sem entrar em contato com eles (EASTMAN, 1998).

A obtenção de imagens por meio do sensoriamento remoto se dá graças ao Sol que, ao emitir energia radiométrica, atinge a superfície terrestre e se propaga pelo espaço. Isso ocorre em função da teoria ondulatória, segundo a qual a radiação solar se propaga por meio de um campo eletromagnético em movimento ondulatório, em que as partículas formam o que chamamos de ondas. Estas possuem uma freqüência e um comprimento que variam, ordenando o espectro eletromagnético e resultando em diferentes regiões do espectro (MOREIRA, 2003).

O espectro eletromagnético pode ser ordenado em função do seu comprimento de onda e sua freqüência. O sol participa apenas de parte desse intervalo e pode-se observar que sua radiação emitida, denominada de espectro solar, insere-se no intervalo de 0,28 a 4 micrômetros. Dessa faixa, o olho humano só é capaz de enxergar apenas no intervalo 0,39 - 0,77 micrômetros, que é a capacidade visível no intervalo do espectro solar (IBGE, 2001). Após a imagem ser captada pelo sensor, ela é armazenada na forma digital bidimensional, resultando uma malha formada por *pixels*, unidos numa grade de coordenadas. Cada *pixel* possui um valor numérico que corresponderá à intensidade refletida da radiação

eletromagnética. É nesse processo que se formam os diversos tons de cinza possíveis, que estão inseridos no intervalo de 0 a 255 cores (variando do preto que é o nível mínimo, ao branco, o nível máximo). Cada *pixel* corresponde à região localizada, recebendo então um tom de cinza, que lhe caracteriza segundo suas especificidades (MOREIRA, 2003).

De acordo com o tipo de sensor, a imagem digital possuirá algumas características especiais, que são: *resolução espacial*, definida como a habilidade de um sensor para distinguir os objetos referentes a uma área mínima representada por um único sinal na imagem, ou seja, o sinal resultante de todas as respostas espectrais provenientes dos diferentes alvos da área, dentro do *pixel* (IBGE, 2001; MOREIRA, 2003). Na imagem LANDSAT, a resolução espacial é de 30 metros, ou seja, cada *pixel* na imagem, correspondente a uma superfície de 30m no terreno; *resolução espectral* é definida como a habilidade de separar coisas espectralmente semelhantes (IBGE, 2001). As imagens que foram utilizadas neste estudo possuem sete bandas espectrais, pois os componentes presentes na superfície terrestre respondem de forma diferente à radiação que lhes é emitida, e a reflectância dos materiais varia de acordo com o comprimento da onda, e por isso seu registro gráfico varia; *resolução radiométrica* refere-se aos níveis digitais representados por níveis de cinza possíveis numa imagem, quanto maior o intervalo entre os níveis de cinza máximo e mínimo, maior a resolução radiométrica; e *resolução temporal* refere-se à frequência com que o sensor imageia determinada área. O LANDSAT possui uma resolução temporal de 16 dias e um sistema de varredura mecânica, que oscila perpendicularmente ao deslocamento da plataforma (MOREIRA, 2003).

## 8.2 Metodologia

A área de estudo compreendeu o município de Vitória, Espírito Santo, localizada entre as coordenadas geográficas

20°14'22" e 20°19'48" latitude sul e 40°12'47" e 40°22'02" longitude oeste.

As informações vetoriais de referência utilizadas para as análises foram extraídas das cartas topográficas da região, na escala de 1:50.000 (IBGE, 1975), e base cadastral da Prefeitura Municipal de Vitória (PMV). Posteriormente, com o intuito de converter os dados analógicos para o formato digital, utilizou-se uma mesa digitalizadora. Após a digitalização iniciou-se o processo de formatação e conversão dos dados vetoriais para o formato matricial, culminando nas imagens do município e bairros de Vitória. As bandas espectrais consideradas no trabalho (azul, verde, vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio) foram inicialmente importadas para o formato do Sistema de Informações Geográficas *Idrisi for Windows* (EASTMAN, 1999). Em seguida delimitou-se apenas o quadrante representativo do município de Vitória. O fluxograma de todas as etapas necessárias para a geração da base e dados é mostrado na Figura 8.1.

Na classificação de dados digitais, os alvos do universo passaram a ser chamados de classes. Cada pixel na imagem é rotulado de acordo com a ocupação do solo. A classificação de imagens orbitais pode ser efetuada de forma supervisionada e não supervisionada. Neste estudo, optou-se pela classificação supervisionada. Moreira (2003) afirma que a classificação supervisionada utiliza algoritmos cujo reconhecimento dos padrões espectrais na imagem se faz com base numa amostra de área de treinamento que é fornecida ao sistema de classificação pelo analista. Segundo o autor, a categorização (rotulação) dos níveis de cinza é feita utilizando algoritmos estatísticos (programas computacionais) de reconhecimento dos padrões espectrais.

A primeira etapa para a realização da classificação supervisionada foi a geração do mapa vetorial das amostras de treinamento. Este processo permitiu a digitalização em tela

das classes de uso e ocupação do solo (tabela 3) baseado em trabalho de campo, foto-interpretação de imagens aéreas e análise de cartas topográfica.

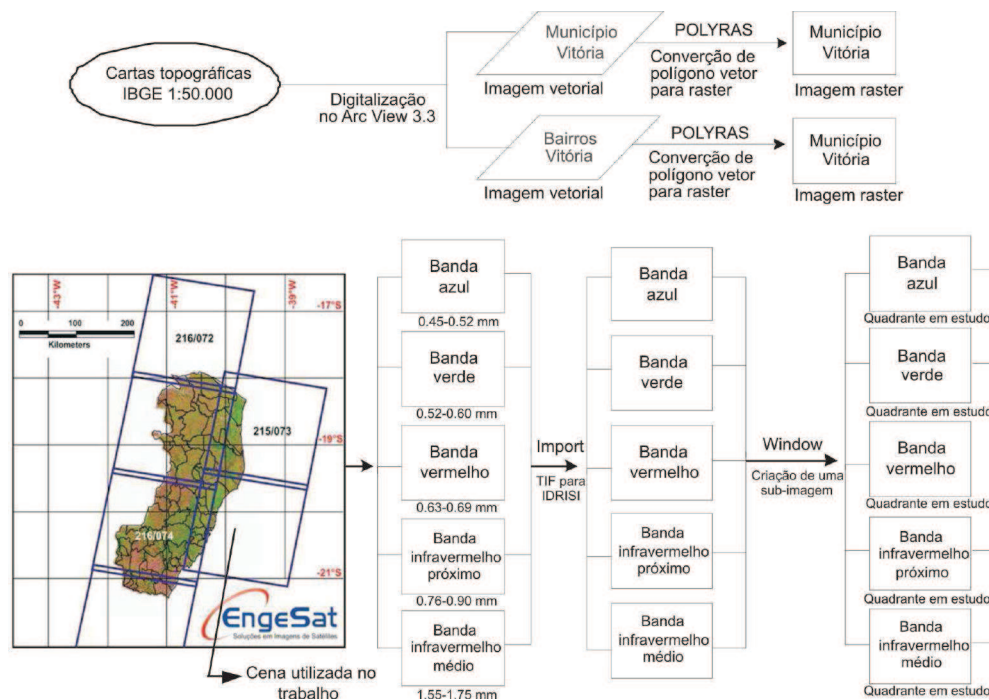


Figura 8.1. Fluxograma das etapas necessárias para a geração da base de dados.

Tabela 8.3. Classes de uso e ocupação do solo.

Atributos	Classes	Descrição
1	Água	Presença de marés, rios e reservatórios.
2	Vegetação	Caracteriza-se como todas as regiões verdes visíveis, excetuando o mangue.
3	Área urbana	Inclui-se toda área construída, ou seja, presença de concreto.
4	Mangue	Diferenciou-se mangue de vegetação pelo fato de ser bastante significante nessa cidade e por fazer parte de zona de proteção ambiental.
5	Solo exposto	Engloba solos descobertos e áreas que não apresentem áreas verdes ou construções.
6	Sombra	Áreas escuras nas imagens ocasionadas pela ondulação do relevo e nuvens.

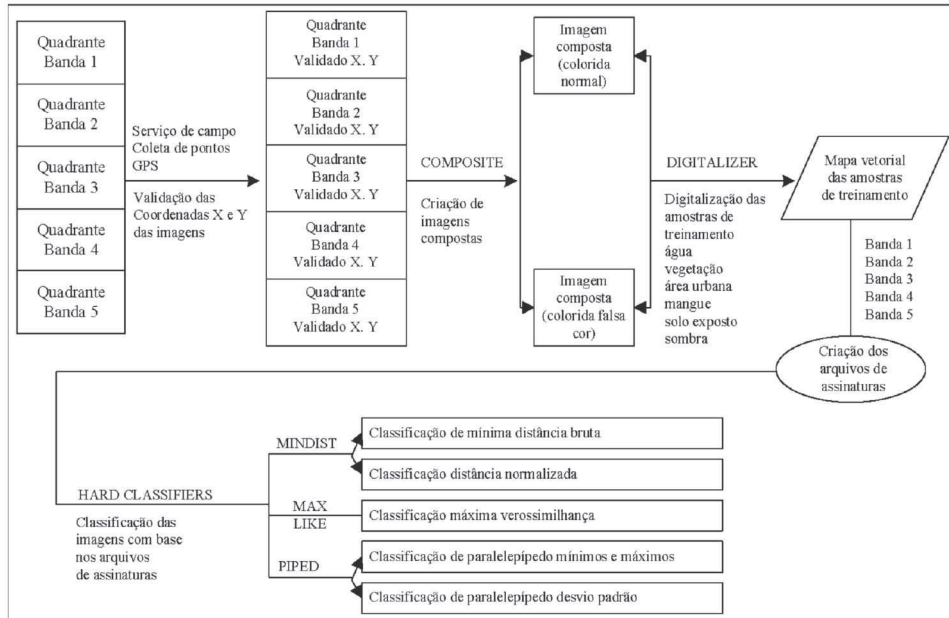
Para efeito de comparação utilizaram-se diferentes metodologias de classificação supervisionada, cujo objetivo foi encontrar a que melhor representasse a realidade do município. No entanto, em virtude do espaço que nos é aqui reservado, apresentaremos somente os resultados obtidos como os seguintes métodos: mínima distância normalizada e máxima verossimilhança.

No método de mínima distância, se tomou como referência, para cada classe, um ponto no espaço multidimensional definido pela média estatística de cada banda espectral considerada. O algoritmo associa cada *pixel* desconhecido à classe cuja média está mais próxima (IBGE, 2001). Cada *pixel* dentro e fora das áreas de treinamento é avaliado e assinalado à classe a qual ele tem a maior probabilidade de pertence.

O método máxima verossimilhança possui uma área de treinamento, em que selecionamos na imagem, com o cursor áreas, modelos dos *pixels* que sejam representativos para cada alvo do uso do solo (MOREIRA, 2003). Depois de selecionar todas as classes preestabelecidas, o aplicativo computacional, por meio de cálculos específicos de equi-probabilidade, adequa os demais *pixels* desconhecidos ou não classificados às classes. Este método se adequa às elipses, de forma que a localização, a forma e tamanho da elipse refletem a média variância e covariância de duas variáveis (IBGE, 2001). O grande problema desta classificação é obter amostras de *pixels* puros, representativos de cada classe espectral. É sabido que a resposta espectral de um alvo contida numa área do terreno nunca é homogênea e exclusiva daquele alvo. Geralmente ela é mascarada pela resposta espectral proveniente da superfície de fundo ou de outros alvos dentro da área (EASTMAN, 1999).

O fluxograma de todas as etapas necessárias para a realização da classificação supervisionada para os diferentes métodos é mostrado na Figura 8.2.



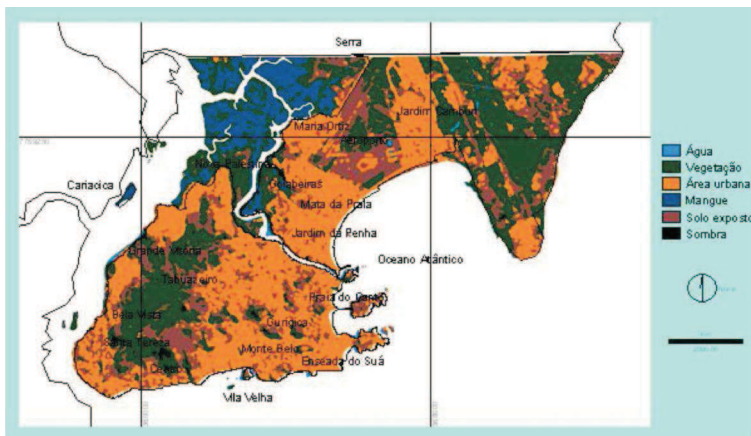


**Figura 8.2.** Fluxograma das etapas necessárias para classificação supervisionada.

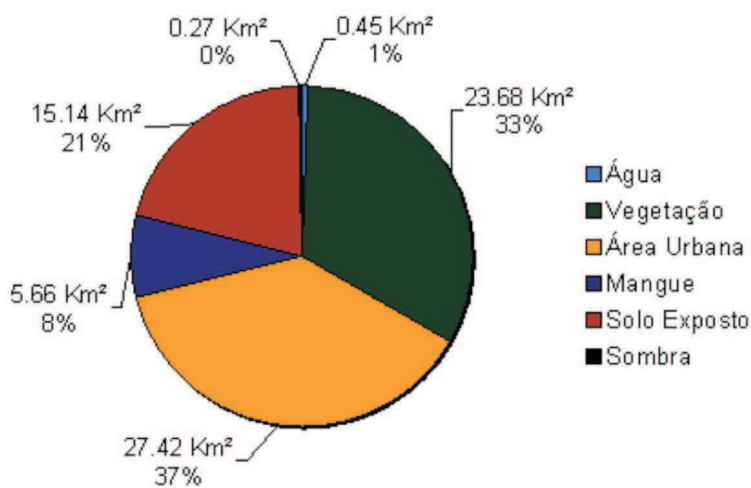
### 8.3 Resultados e discussão

Os resultados da classificação supervisionada apresentaram respostas bastante significativas quanto à realidade do município. Cada classificação apresentou diferenciais distintos, mesmo que pouco visíveis. Assim como já era esperado, muitas classificações não foram de boa qualidade, resultando em erros grotescos, fora da realidade do município. Nas duas épocas em estudo, o método de classificação supervisionada que apresentou os melhores resultados foi o da distância mínima normalizada, onde se observou a menor quantidade de erros ou falhas, mostrando maior homogeneidade das classes (Figuras 8.3, 8.4, 8.7 e 8.8), e o método da máxima verossimilhança (Figuras 8.5, 8.6, 8.9 e 8.10) que, não obstante, apresentou pequenas falhas, como a existência de mangue

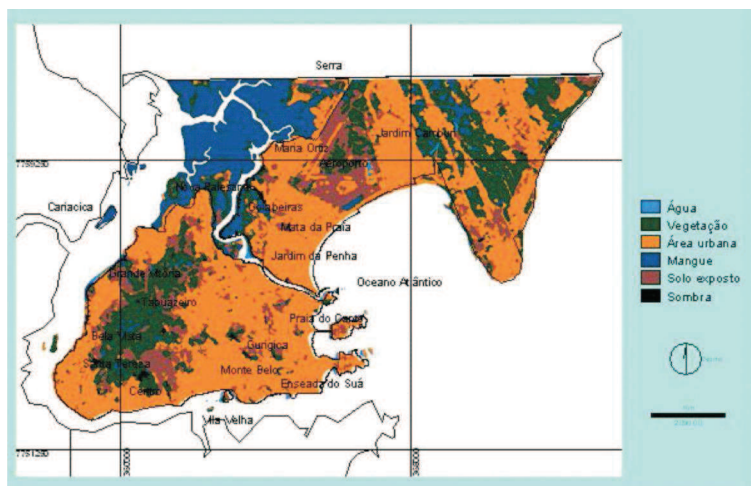
no alto do maciço central. Este grau de erro já era esperado, pois a resposta espectral de mangue e vegetação é bastante parecida.



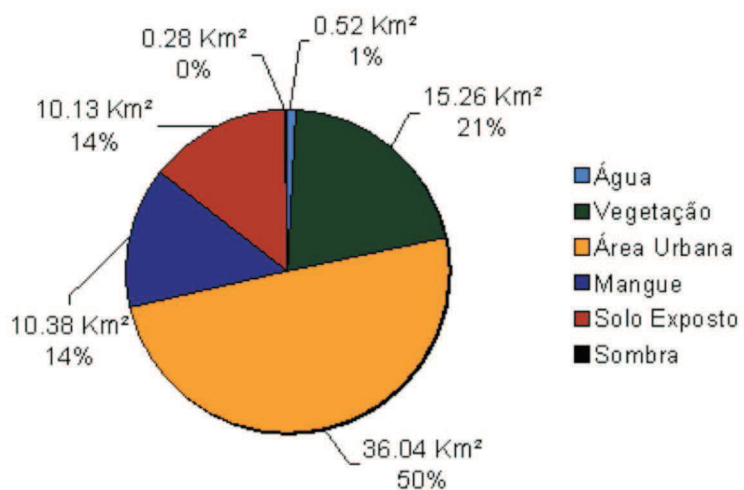
**Figura 8.3.** Uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de distância mínima normalizada para o ano de 1994.



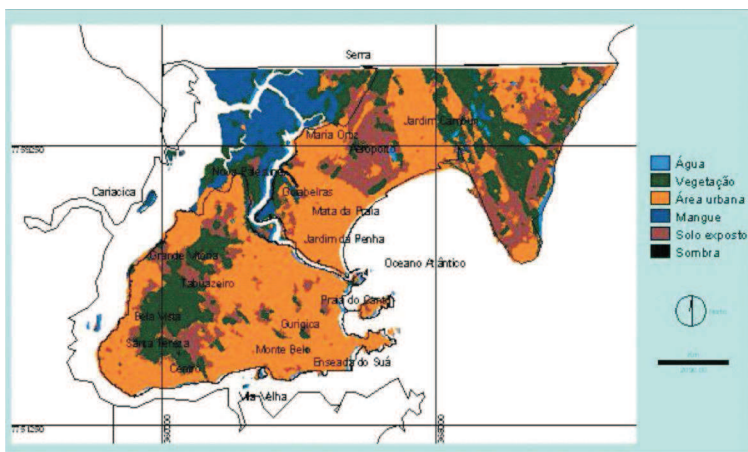
**Figura 8.4.** Área e porcentagem das classes para a classificação de uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de distância mínima normalizada para o ano de 1994.



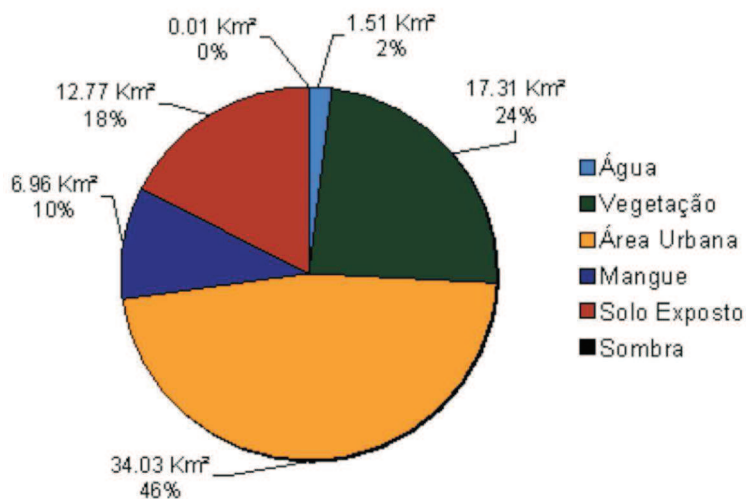
**Figura 8.5.** Uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de máxima verossimilhança para o ano de 1994.



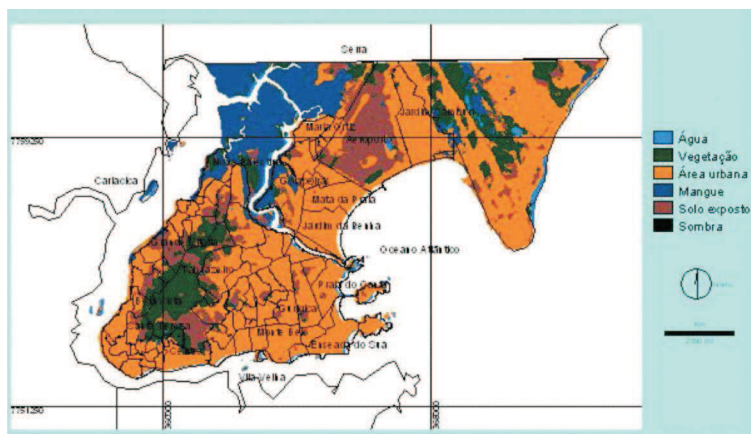
**Figura 8.6.** Área e porcentagem das classes para a classificação de uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de máxima verossimilhança para o ano de 1994.



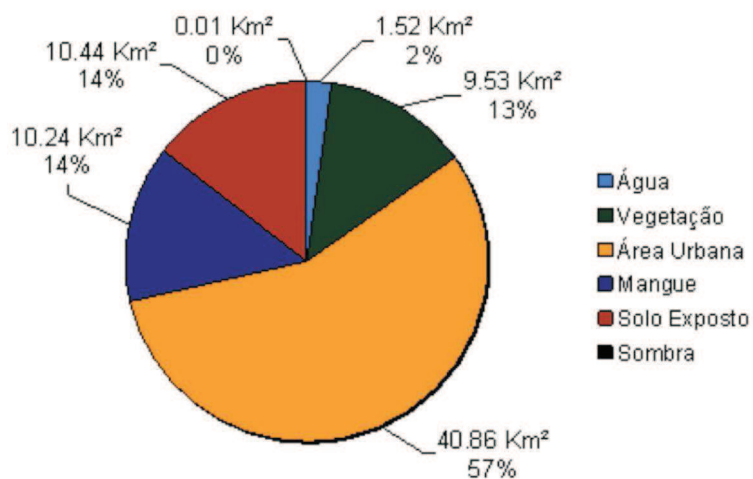
**Figura 8.7.** Uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de distância mínima normalizada para o ano de 2002.



**Figura 8.8.** Área e porcentagem das classes para a classificação de uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de distância mínima normalizada para o ano de 2002.



**Figura 8.9.** Uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de máxima verossimilhança para o ano de 2002.

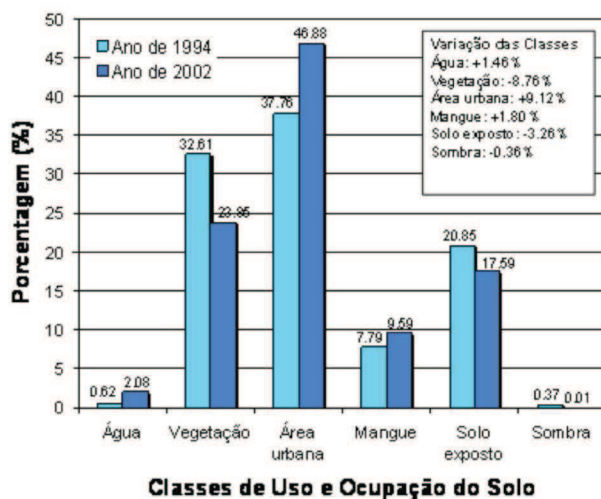


**Figura 8.10.** Área e porcentagem das classes para a classificação de uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de máxima verossimilhança para o ano de 2002.

A evolução temporal do uso e ocupação do solo nos anos de 1994 e 2002, para o município de Vitória, determinada pelos métodos de classificação supervisionada normalizada e máxima verossimilhança, pode ser observada nas Figuras 8.11 e 8.12.

No gráfico da discriminação normalizada, a vegetação diminuiu drasticamente a uma taxa percentual de 8,76%, fruto da constante ocupação populacional em direção aos morros e encostas da capital. A área urbana aumentou em 9,12%, graças ao crescimento urbano que a cidade passou nestes últimos oito anos em estudo. O mangue teve sua vegetação aumentada em 1,80%, devido à intensa atividade de proteção ambiental promovida pela Prefeitura Municipal de Vitória. O solo exposto diminuiu em 3,26%, devido à aglomeração na cidade, e o interesse de ocupar todos os locais disponíveis.

No gráfico de máxima verossimilhança, vemos que a vegetação também diminuiu em 7,89%, devido ao desmatamento ocorrido no município neste intervalo de tempo. A área urbana aumentou 6,64%. Já o manguezal diminuiu 0,20% e o solo exposto aumentou 0,43%.



**Figura 8.11.** Comparação por porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002, do método de classificação supervisionada de distância mínima normalizada.

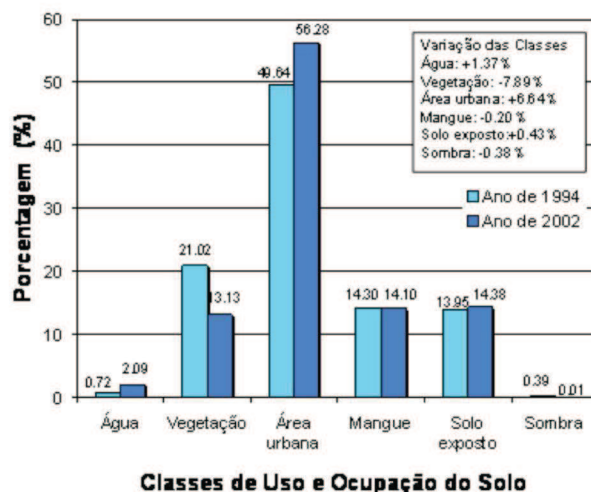


Figura 8.12. Comparação por porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002, do método de classificação supervisionada de máxima verossimilhança.

#### 8.4 Conclusões

A classificação supervisionada utilizando imagens de satélite LANDSAT para os anos de 1994 e 2002 representou de maneira adequada a evolução temporal e espacial do uso e ocupação do solo nesse intervalo de tempo.

A utilização de diferentes metodologias de classificação supervisionada resultou numa grande variação do uso e ocupação do solo para a área em estudo.

O aplicativo *Idrisi for Windows* foi de grande importância para a realização deste estudo, mostrando-se ser uma ótima ferramenta para a manipulação de imagens matriciais, permitindo que sejam criadas metodologias de acordo com o interesse do autor, além de possibilitar boa resolução e visualização dessas imagens.

De todos os métodos de classificação supervisionada, os que apresentaram os resultados mais satisfatórios foram os da

distância mínima normalizada e o da máxima verossimilhança, ambos representando com maior acurácia o uso e ocupação do solo.

A metodologia utilizada demonstrou eficiência, possibilitando-nos comprovar a evolução e crescimento da população de Vitória, com aumento da sua área urbana e diminuição da vegetação existente. Este fato possibilitou o entendimento do aumento dos impactos ambientais existentes na capital capixaba.

A elaboração dos mapas permitiu um maior entendimento da organização espacial do município, com maior ocorrência da classe de área a área urbana, mostrando resquícios de vegetação em locais isolados no alto das elevações e concentrada no maciço central, sob proteção ambiental.

A preservação do manguezal é de grande importância, pois se observou que sua área aumentou, trazendo prosperidade para as vidas que naquele ambiente se desenvolvem.

Apesar de ter alcançado os objetivos propostos, este trabalho pode ser realizado utilizando-se imagens de satélites que possuem maior resolução espacial como, por exemplo, o *Ikonos*, que possui resolução espacial de um metro.

Utilizando metodologias e técnicas modernas, podem-se realizar bons estudos, possibilitando melhor compreensão da organização social, econômica e política do município de Vitória.

## 8.5 Referências

ALENCAR, A. B. **Planejamento urbano e uso do solo.** Revista Econômica do Nordeste do Brasil S.A. Fortaleza, v. 17, n° 2, p. 273-282, abr./jun. 1986.

CAMPOS JÚNIOR, C. T. de. **A construção da cidade: formas de produção imobiliária em Vitória.** Vitória: Ed.



Flor e Cultura, 2002.

\_\_\_\_\_. **O novo arrabalde.** Vitória, PMV/Secretaria Municipal de Cultura e Turismo, 1996.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows.** Versão 2.0. Worcester, MA: Clark University, 1999.

FAYET, C. M. **Desenvolvimento dos aglomerados urbanos: localização e uso do solo.** Revista Fundação Jones dos Santos Neves. Governo do Estado do Espírito Santo. Vitória, ES, ano I, n° 3, p. 4-8, jul./set. 1978.

Fundação Jones dos Santos Neves (FJSN). **Plano Diretor Urbano de Vitória.** Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo, 1979.

IBGE. **Dados históricos do Censo.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>. 2003>. Acesso em jan. 2004.

\_\_\_\_\_. **Atlas geográfico escolar.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao processamento digital de imagens.** Rio de Janeiro, 2001.

\_\_\_\_\_. **Carta topográfica de Vitória.** Rio de Janeiro, 1975.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** Ed. UFV. 2.ed. Viçosa, MG, 2003.

NETTO, J. S. M., MENEZES, P. R. (Org.). **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais.** Brasília, DF: Ed. UNB/EMBRAPA., 2001.

Prefeitura Municipal de Vitória. **Plano diretor urbano de Vitória.** Vitória. Lei n° 3158/84,

1984.

\_\_\_\_\_. **Plano diretor urbano de Vitória.** Vitória: Prefeitura Municipal de Vitória. Lei n°

4167/94, 1994.

\_\_\_\_\_. **Vitória do Futuro: plano estratégico da cidade 1996-2010.** Vitória: Secretaria Municipal de Planejamento, 1996.

SUZUKI, J. C. **Aglomerados urbanos no Brasil: a expansão da rede urbana. In: Associação dos Geógrafos Brasileiros.** Revista Paranaense de Geografia. Santa Catarina, n. 4., 1999. Disponível em <<http://www.agbcuritiba.hpg.ig.com.br/Revistas/Rpg3/5julio.htm>>. Acesso em jan. 2004.