

## **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 <sup>1,2</sup>  
Alexandre Rosa dos Santos <sup>1,3</sup>  
Antônia Brito Rodrigues Fratolillo <sup>1,4</sup>  
Rodolfo Moreira de Castro Junior <sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

29060-970 - Vitória - ES, Brasil

<sup>2</sup>fabiola.candido@zipmail.com.br

<sup>3</sup>alexsantos@npd.ufes.br

<sup>4</sup>britoantonio@hotmail.com

<sup>5</sup>rodolfo@npd.ufes.br

**Abstract.** Through techniques of remote sensing, this work has for objective to elaborate a temporary map of use and occupation of the soil of the municipal district of Vitória, ES. For that, two images of the satellite Landsat were used focused in different times, one of the year of 1994 and another of year of 2000. Through different techniques of classification of orbital images, the maps were classified, being applied different labelling in agreement with varied ash tones. He was considered the classification that better he adapted the realities of the capital capixaba in the attempt to reach the best results. The considerable increase of the population and the consequent urban gathering in the municipal district of Vitória are outstanding on those years and visible in the results.

**Keywords:** remote sensing, supervised classification, use of the soil.

**Resumo.** Por meio de técnicas de sensoriamento remoto, este trabalho tem por objetivo elaborar um mapa temporal de uso e ocupação do solo do município de Vitória-ES. Para isso, utilizaram-se duas imagens do satélite Landsat focadas em tempos diferentes, uma do ano de 1994 e outra de ano de 2000. Por meio de diferentes técnicas de classificação de imagens orbitais, os mapas foram classificados, aplicando-se rotulações diferentes de acordo com variados tons de cinza. Considerou-se a classificação que melhor se adaptou as realidades da capital capixaba na tentativa alcançar os melhores resultados. O aumento considerável da população e a consequente aglomeração urbana no município de Vitória são marcantes nesses anos e visíveis nos resultados.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, classificação supervisionada, uso do solo.

## 1. Introdução

O uso e ocupação do solo de Vitória foram sendo apropriados ao longo do tempo, pois este município foi o centro polarizador das atividades econômicas e políticas para o Estado do Espírito Santo, recebendo grande quantidade de imigrantes, que foi aumentado no período de erradicação dos cafezais. Neste período os morros e áreas periféricas da cidade foram ocupados pela população de baixa renda, que não possuía condições de obter terras baixas, já que a especulação imobiliária crescia cada vez mais. Com a forte pressão demográfica presente no município, hoje Vitória possui uma densidade demográfica de 0,3 hab/km<sup>2</sup>, e se consolida como a principal cidade do Estado, concentradora das empresas, serviços e atividades em geral.

O interesse em avaliar a evolução temporal e espacial do uso do e ocupação do solo para este município, surge devido à preocupação com a aglomeração urbana, trazendo conseqüências diretas quanto aos impactos ambientais gerados.

Utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas, este trabalho mostrará a evolução temporal e espacial do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002 para o município de Vitória.

## 2. Área de estudo

A área de estudo compreende 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 (**Figura 1**).

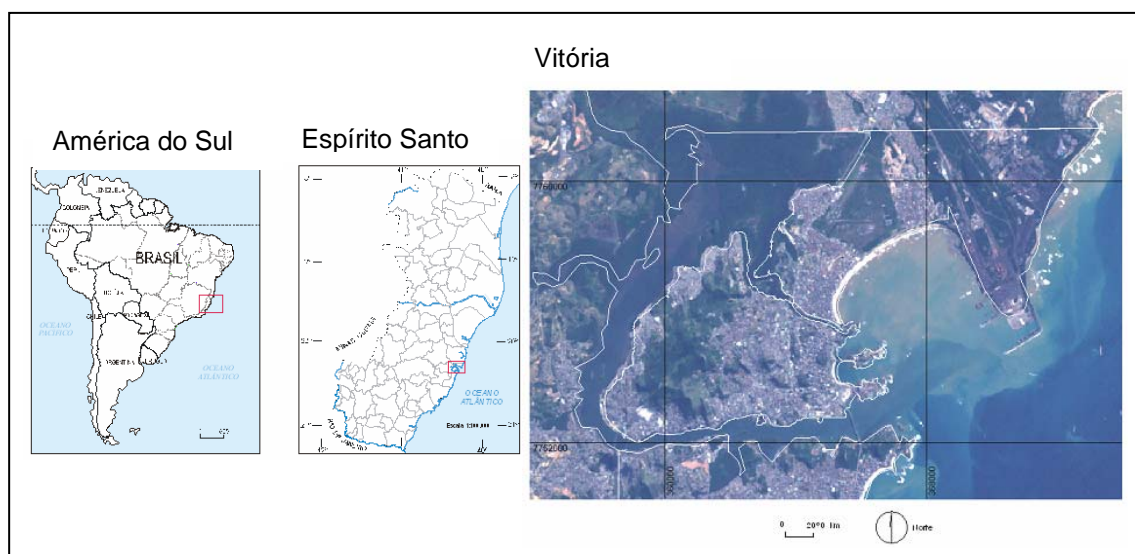


Figura 1. Localização do município de Vitória, ES.

## 3. Objetivo

Realizar a classificação supervisionada por diferentes metodologias para os anos de 1994 e 2002, testar os métodos de classificação supervisionada e analisar a evolução temporal e espacial do município de Vitória para os anos de 1994 e 2002.

#### 4. Metodologia

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 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, infra-vermelho próximo e infra-vermelho médio) foram inicialmente importadas para o formato do Sistema de Informações Geográficas *Idrisi for Windows* (EASTMAN, 1999). Posteriormente delimitou-se apenas o quadrante representativo do município de Vitória. As etapas necessárias para geração da base de dados são mostradas na **Figura 2**.

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. Dependendo do algoritmo utilizado neste procedimento, a classificação é dita supervisionada ou não supervisionada.

A classificação não-supervisionada não requer qualquer informação prévia sobre as classes de interesse. Ela examina os dados e os divide nos agrupamentos espectrais naturais predominantes presentes na imagem. O analista então identifica esses agrupamentos como classes de cobertura do solo, por meio de uma combinação de sua familiaridade com a região estudada e visitas para levantamento de verdade de campo.

Utilizou-se neste trabalho a classificação supervisionada, onde o reconhecimento dos padrões espectrais se faz com base numa amostra de área de treinamento, que é fornecida ao sistema de classificação, neste caso o aplicativo computacional a ser utilizado para tal função foi o *Idrisi for Windows 3.2* (EASTMAN, 1999).

A classificação supervisionada utiliza algoritmos, cujo reconhecimento dos padrões espectrais na imagem se faz com base na amostra de área de treinamento que é fornecida pelo sistema de classificação sugerido pelo analista. Optou-se pela mesma quantidade de classes em todos os processos classificatórios (MOREIRA, 2003).

As amostras de treinamento são um conjunto de pixels considerados mais representativos das classes de interesse (IBGE, 2001). Todas essas amostras vão constituir um conjunto de treinamento para aquela classe, definindo-lhe um padrão de comportamento.

O princípio da classificação supervisionada é baseado no uso de algoritmos para se determinar os pixels que representam valores de reflexão característicos para uma determinada classe. A classificação supervisionada é a mais utilizada na análise quantitativa dos dados de sensoriamento remoto (EASTMAN, 1999).

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 1**) baseado em trabalho de campo, foto-interpretção de imagens aéreas e análise de cartas topográficas.

Posteriormente foi realizada a classificação supervisionada por meio dos métodos: distância mínima normalizada, distância mínima bruta, máxima verossimilhança, paralelepípedo em valores mínimos e máximos e paralelepípedo desvio padrão.

A **Figura 3** mostra todas as etapas necessárias para realização da classificação supervisionada e o fluxograma de todas as etapas necessárias para a realização da classificação supervisionada para os diferentes métodos é mostrado na **Figura 4**.

Tabela 1. Classes de uso e ocupação do solo.

Atributos	Classes	Descrição
1	Água	Presença de mares, 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 significativo nessa cidade e por fazer parte de zona de proteção ambiental.
5	Solo exposto	Engloba solos descobertos e todas as áreas que não apresentem áreas verdes ou construções.
6	Sombra	Áreas escuras nas imagens ocasionadas pela ondulação do relevo e nuvens.

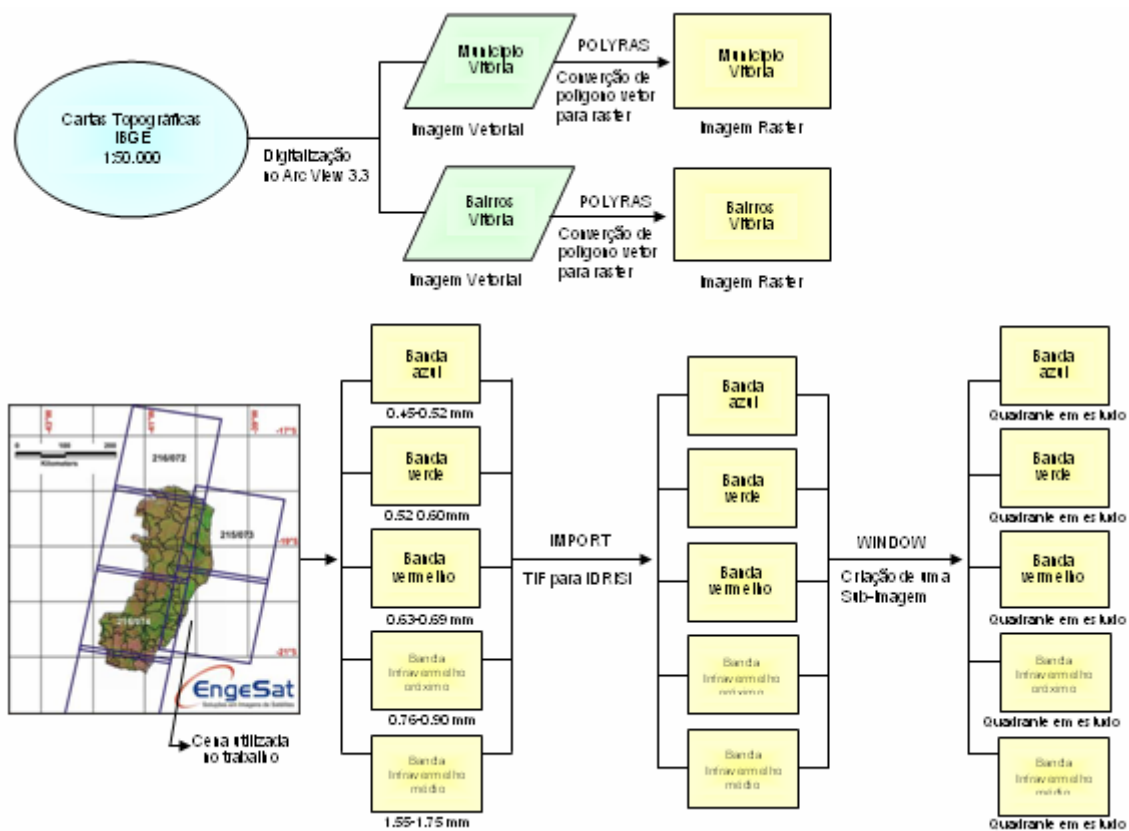


Figura 2. Fluxograma das etapas necessárias para a geração da base de dados.

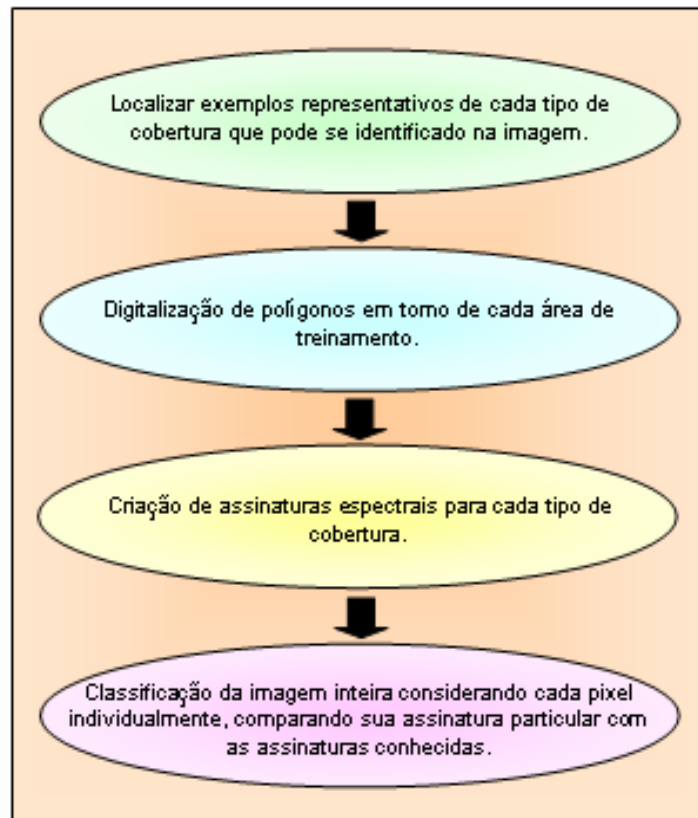


Figura 3. Etapas necessárias para a realização da classificação supervisionada.

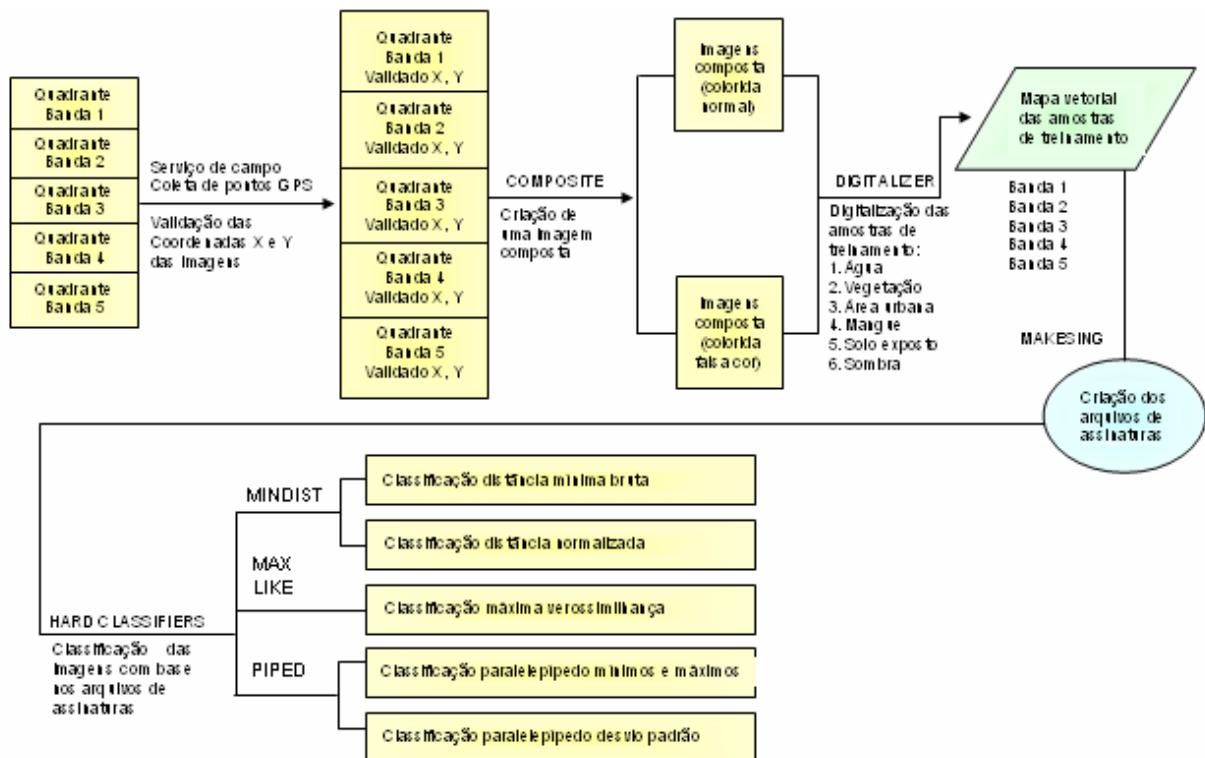


Figura 4. Fluxograma das etapas necessárias para realização da classificação supervisionada.

## 5. Resultados e discussões

### 5.1. Classificação supervisionada para o ano de 1994

De todos os métodos de classificação supervisionada testados, o que apresentou os melhores resultados foi o da distância mínima normalizada (**Figura 5**), onde observamos a menor quantidade de erros ou falhas, mostrando maior homogeneidade das classes. Em segundo lugar, destacou-se o método da máxima verossimilhança, mas que 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.

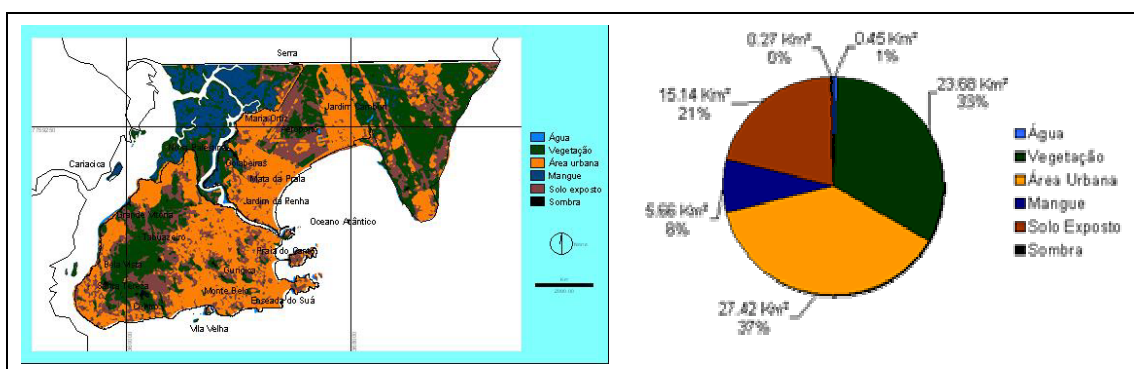


Figura 5. Uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de distância mínima normalizada, para o ano de 1994.

### 5.2. Classificação supervisionada para o ano de 2002

Ao analisarmos os resultados da classificação supervisionada para o ano de 2002, observou-se que houve muitas semelhanças em relação à classificação de 1994. Assim como os resultados para aquele ano, os métodos de classificação que representaram melhor a realidade do município foram o da distância mínima normalizada (**Figuras 6**) e o da máxima verossimilhança. Para o método da distância mínima, observa-se uma predominância das classes de área urbana (46%) e vegetação (24%).

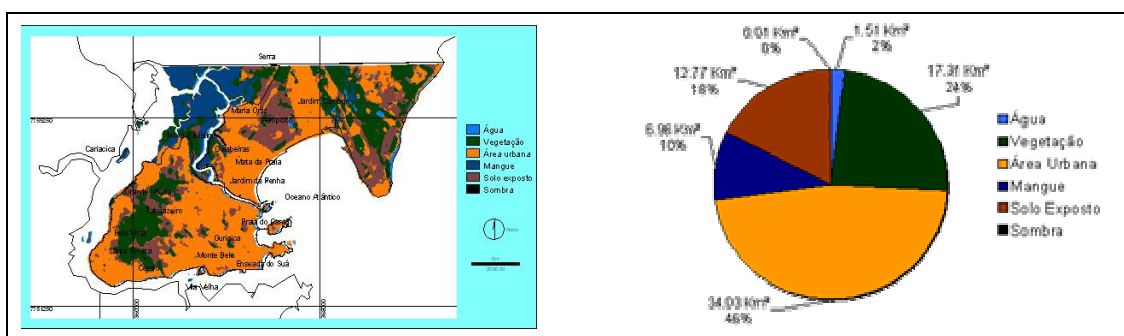


Figura 6. Uso e ocupação do solo do município de Vitória, ES, usando o método de classificação supervisionada de distância mínima normalizada, para o ano de 2002.

### 5.3. Evolução temporal do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002

A evolução temporal do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002, para o município de Vitória, determinada pelos diferentes métodos de classificação supervisionada pode ser observada nas **Figuras 7A, 7B, 7C, 7D e 7E**.

No gráfico da distância mínima normalizada (**Figura 7A**), a vegetação diminuiu drasticamente, diminuindo em 8.76%, fruto da constante ocupação populacional em direção dos 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, promovidas pela PMV. O solo exposto diminuiu em 3.26%, devido a aglomeração na cidade, e o interesse de ocupar todos os locais disponíveis.

No gráfico de máxima verossimilhança (**Figura 7B**), 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%.

Os resultados da evolução temporal do uso e ocupação do solo quantificado pelos métodos da classificação supervisionada, distância mínima bruta, paralelepípedo mínimos e máximos e paralelepípedo desvio padrão não apresentaram resultados satisfatórios, como podem ser observados nas **Figuras 7C, 7D e 7E**, respectivamente.

## 6. 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.

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.

## Referências

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

IBGE. **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. 2ª ed. Viçosa, MG, 2003.

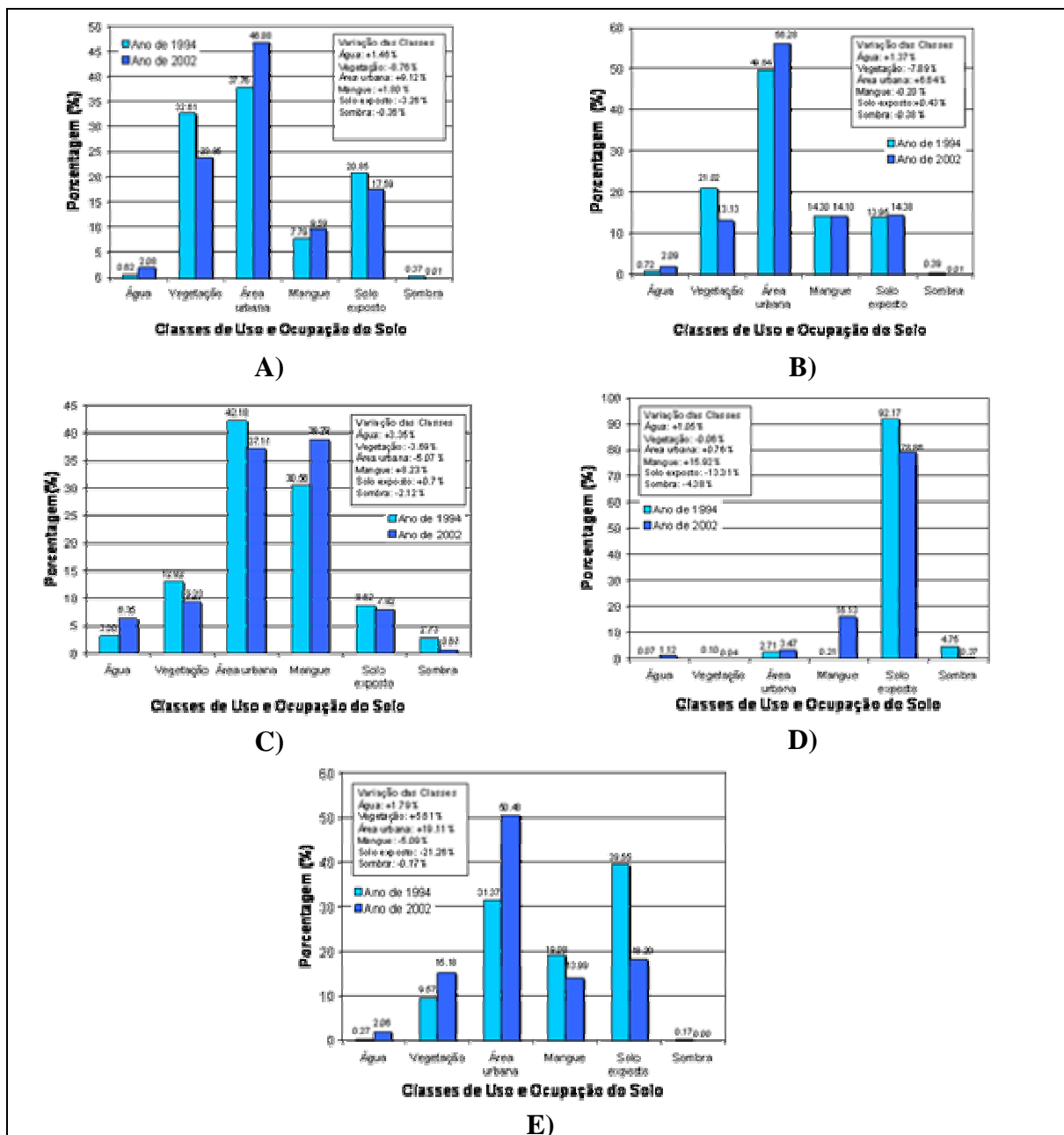


Figura 7. Comparação por porcentagem das classes de uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002 do mapa de classificação supervisionada determinado por diferentes métodos: A) distância mínima normalizada, B) máxima verossimilhança, C) mínima distância bruta, D) paralelepípedo baseado em valores mínimos e máximos e E) paralelepípedo baseado no desvio padrão.