

# ANÁLISE MULTITEMPORAL DA MANCHA URBANA NO ENTORNO DA AVENIDA LUÍS VIANA - SALVADOR NO PERÍODO DE 1991 A 2016

*L.J.M. Costa<sup>1</sup>, J.C. Pedrassoli<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal da Bahia, Brasil

## RESUMO

Este trabalho objetiva fazer a análise multitemporal (1991 – 2016) das alterações da mancha urbana no entorno da Avenida Luís Viana, localizada em Salvador, considerando uma vizinhança de 1,5 km a partir do eixo central da via por meio de técnicas de sensoriamento remoto e processamento digital de imagens, associando os parâmetros físicos extraídos das imagens orbitais à evolução sociodemográfica no mesmo período. Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 (TM) e 8 (OLI) dos anos 1991, 2000, 2010 e 2016. As imagens foram processadas e classificadas por supervisão através da classificação supervisionada com o algoritmo mínima distância e posteriormente comparando aos dados demográficos em software livre. Os resultados demonstraram que houve entre 1991 e 2016 um aumento de área urbanizada de 41,4 % captados pelas cenas Landsat

**Palavras chave:** mancha urbana, análise multitemporal, sensoriamento remoto, processamento digital de imagens

## ABSTRACT

This study aims to make a multitemporal (1991-2016) analysis regarding the urban stain located in the surroundings of Avenida Luís Viana, in Salvador, considering an area of 1.5 km from its main axis through techniques of remote sensing and digital processing of images, associating the physical parameters absorbed by the orbital images to social demographic evolution in the same period. Images from Landsat 5 (TM) and 8 (OLI). The images were processed and classified by supervision through the classifier Minimum Distance and later correlated to the demographic data in free software. The results have shown that there has been, between 1991 and 2016, an increase in the urban area 41,4 % captured by the scenes of Landsat

**Keywords:** urban stain, multitemporal analysis, remote sensing, digital processing of images

## 1- INTRODUÇÃO

De acordo com Florenzano (2002), a expansão da mancha urbana de uma cidade, bem como a direção do crescimento pode ser facilmente detectada por imagens orbitais. Essas imagens podem ser utilizadas para estimar a área urbana de um dado local. Devido a sua periodicidade, proporcionada pela sucessiva passagem dos satélites, torna-se mais simples acompanhar o crescimento urbano e a forma como ele se dá ao longo dos anos. Esta técnica, aliada às tecnologias de geoprocessamento, fornece a possibilidade de monitorar além do crescimento urbano, os problemas ambientais decorrentes do processo de expansão da mancha urbana. Dessa forma, através de imagens orbitais torna-se possível realizar análises da expansão do crescimento urbano, com a precisão necessária, além de ser um processo relativamente rápido, eficiente e acessível.

Essa técnica de monitoramento pode ser aplicada à cidade de Salvador, através de construções das avenidas de vale experimentou grandes transformações

em sua dinâmica espacial. Uma das avenidas de grande relevância e que alterou significativamente o sistema viário da cidade foi a Avenida Luís Viana. A avenida foi projetada para constituir em um novo vetor de expansão urbana no sentido norte da cidade. A mesma foi planejada também para servir de via alternativa de acesso ao aeroporto e criar no seu entorno novos centros econômico, político e financeiro.

Nos últimos anos, é notável a expansão urbana ao longo dessa via, o que pode ser observado por meio do surgimento de muitos empreendimentos imobiliários, shoppings centers e subtração da área verde. Com isso, o trabalho ilustra o quanto cresceu e como se deu esse processo de urbanização na região e nas suas proximidades, além também de demonstrar o uso e ocupação do solo no seu entorno, através da classificação digital das imagens de satélite. A pesquisa demonstra a evolução da mancha urbana no entorno da avenida Luís Viana, ao longo de um período de 25 anos (1991 a 2016). Para isso foram analisadas imagens dos satélites Landsat 5 (TM) e 8 (OLI) referentes aos anos de 1991, 2000, 2010 e 2016. Na

figura 1 pode-se verificar o entorno da Avenida que será objeto de estudo desse trabalho.

Figura 1 – Entorno da Avenida Luís Viana



Fonte: Elaborado pelo Autor

## 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.2 – Sensoriamento Remoto em Estudos Urbanos

A utilização de dados advindos de sensores remotos tornou-se de grande importância para estudos urbanos. Considerando que o espaço urbano está em constante alteração, o seu mapeamento é necessário para atualização das informações e conhecimento da realidade da ocupação. O mapeamento da área urbana pode ser realizado utilizando dados de sensores de média, alta e altíssima resolução espacial, a depender da aplicação. Dados cadastrais, por exemplo, demandam informações de alta e altíssima resolução espacial, enquanto estudos de evolução da ocupação e alteração antropogênica, podem demandar apenas dados de média resolução espacial.

O uso de imagens com resolução espacial moderada vem constantemente se aprimorando e não teve seu uso suprimido pelo advento das imagens orbitais de altíssima resolução espacial. Isto reflete um dos pilares básicos do uso do Sensoriamento Remoto: a escolha do tipo de imagem a ser utilizada é função do problema ou processo a ser analisado, e não o oposto. (PEDRASSOLI, 2016)

Em imagens com resolução espacial média (10-50 m), a mancha urbana se distingue por apresentar altos valores de reflectância na faixa do visível, sendo relativamente mais fácil separá-la das principais coberturas encontradas na superfície terrestre. Entretanto ainda assim pode-se confundir a mancha urbana com outras coberturas. Uma alternativa para superar a limitação da resolução espectral nas aplicações urbanas é a exploração visual da imagem (análise qualitativa). As técnicas de interpretação permitem incorporar outros elementos além dos dados espectrais, como a forma, brilho, cor, textura, localização, análise de contexto, assim como também, o conhecimento que o analista possui da área de estudo. (SOUZA, 2012)

## 3 - JUSTIFICATIVAS E RELEVÂNCIAS

A Avenida Luís Viana é considerada atualmente uma das vias mais importantes de Salvador. Segundo Azevedo (2012), devido a sua localização e extensão, a avenida Luís Viana é atualmente um grande, senão o maior eixo de expansão urbana no vetor norte, e ao mesmo tempo, de articulação entre os elementos que estruturam o espaço urbano cotidiano.

A Avenida abriu, juntamente com suas vias secundárias, a possibilidade de ocupação de uma área equivalente a aproximadamente  $\frac{1}{4}$  do território municipal, incluindo seu entorno. Se constituindo na época como uma das maiores reservas de terrenos ociosos para ocupação, uma vez que as outras regiões da cidade já se encontravam muito ocupadas. A avenida constitui-se como um vetor importante, tanto de ligação com a Região Metropolitana de Salvador como linha de conexão ao centro de Salvador, por exemplo através da implantação do metrô ao longo dela.

O trabalho se justifica pela necessidade de conhecer as mudanças espaço-temporal ocorridas na região da Avenida Luís Viana. A análise desse crescimento urbano através de imagens orbitais se justifica de forma clara, pois a obtenção da mesma ocorre de forma gratuita, possibilita a obtenção da variação temporal de um dado fenômeno, com resolução espacial adequada para a diferenciação das classes de uso aqui propostas.

## 4- METODOLOGIA

### 4.1. – Área de Estudo

A área escolhida para essa investigação metodológica compreende a Avenida Luís Viana e seu entorno considerando um buffer de 1,5 km a partir do eixo central da via. Abrange cerca de 6,7% da área territorial oficial do município de Salvador, ou seja, possui uma área total de 46, 56 Km<sup>2</sup>.

A Avenida Luís Viana foi planejada pelo urbanista Lúcio Costa e teve sua primeira faixa entregue em 1971, sendo duplicada em 1974. Inicialmente, foi projetada para desafogar o trânsito e a ocupação urbana do centro da cidade, dando um melhor ordenamento à expansão urbana. Com isso, o objetivo era retirar os órgãos governamentais que se localizavam em grande parte no comércio e centraliza-los no CAB – Centro administrativo de Salvador.

Face à necessidade de garantir uma expansão urbana ordenada e disciplinada, corrigindo as distorções que já se manifestam e preparando a cidade para as novas exigências previsíveis a curto e médio prazos, a solução adotada foi fixar um novo polo urbano fora do atual perímetro da cidade, com força de atração suficiente para provocar o deslocamento de parcela considerável das atividades atualmente concentradas no antigo núcleo de Salvador. (KERTÉSZ, 1974, p. 320) Apud OLIVEIRA (2015). Além disso, a paralela serviu para valorizar os terrenos de muitos especuladores e proprietários de grandes glebas na região.

Após quase 50 anos de implementação da Avenida, verificou-se a substituição de vazios urbanos por uma grande extensão da infraestrutura viária e urbana. Os vazios urbanos foram sendo ocupados por diversas faculdades, colégios, concessionárias, supermercados, shoppings centers e um elevado número de empreendimentos de alto padrão. Azevêdo (2012) cita que com o passar do tempo a avenida perdeu a sua razão de ser, já que agora a mesma passava a ser um novo foco de congestionamentos, excessos de empreendimentos e devastação exacerbada dos recursos ambientais que lá existiam. Na figura 2 e 3 é possível visualizar a avenida em seu período de construção e como ela se encontra atualmente.

Figura 1 - Avenida Luís Viana em fase de construção



Fonte: Arquivo correio (2014)

Figura 3- Avenida Luís Viana atualmente



Fonte: Atarde (2016)

#### 4.2 -Materiais

##### a) Imagens *Landsat 5 e 8*:

Imagens adquiridas gratuitamente através do USGS – Disponível para downloads em: (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

##### b) Dados vetoriais:

Alguns dados vetoriais foram utilizados para a elaboração da pesquisa. Abaixo estes estão descritos com as suas respectivas fontes de dados:

- Eixo Viário de Salvador – SEFAZ;
- Limite Municipal – SEI;
- Limites dos bairros de Salvador – Adquiridos pelo projeto QualiSalvador-UFBA;

- Limite Unidade da Federação – Disponível para download no site do IBGE ([http://downloads.gov.br\\_geociencias.htm](http://downloads.gov.br_geociencias.htm));

#### 4.4. –Seleção das imagens orbitais

Inicialmente procedeu-se a seleção das imagens orbitais, disponíveis no site do USGS- *United States Geological Survey* de forma gratuita para *download*. Para ter acesso aos dados é apenas necessário um breve cadastro no site. A escolha das imagens ocorreu segundo alguns pré-requisitos:

- Imagens orbitais de satélite que possuíssem séries históricas disponíveis;
- Pouca ou nenhuma nuvem sobre a área de estudo (abaixo de 10%);
- Preferência por intervalos de aproximadamente 10 anos entre cada imagem;
- Ângulo de elevação solar com valores maiores que 30°;

De acordo com esses pré-requisitos estabelecidos, foram selecionadas as imagens listadas na tabela 1

Tabela 1 – Relação das características das imagens selecionadas

Satélite/Sensor	Data	Órbita/Ponto	Inclinação Solar
Landsat 5-TM	23/07/1991	215/69	39.345
Landsat 5-TM	31/07/2000	215/69	42.679
Landsat 5-TM	09/06/2010	215/69	42.967
Landsat 8- OLI	13/09/2016	215/69	57.931

Fonte – Elaborado pelos autores

#### 4.5. – Classificação Digital

Uma vez tendo a área de estudo delimitada, para a interpretação visual das imagens e visando identificar os diferentes usos da área de estudo, foram feitas diferentes combinações de bandas para a caracterização multitemporal do entorno da Avenida Luís Viana. Este procedimento foi efetuado para todas as imagens dos anos monitorados (1991, 2000, 2010 e 2016).

Além disso, procedimentos como definição da projeção geográfica e tratamento de brilho e contraste das imagens também foram feitos, visando aumentar o contraste visual entre as classes e possibilitando a identificação das amostras de treinamento com maior eficiência. O Datum utilizado para o projeto foi o SIRGAS 2000, com a projeção em UTM e a Zona 24 Sul, onde está localizada a área de estudo.

O processo de classificação de imagens pode ser dividido em duas etapas: o treinamento e a classificação. Na etapa do treinamento, procedeu-se a seleção das amostras de pixels (conjuntos de pixels) na imagem, de modo a fornecer ao programa, os critérios necessários para a identificação de cada classe. Buscou-se selecionar uma mesma quantidade de

amostras para cada classe e nas diferentes imagens de cada ano.

Foram identificadas as seguintes classes de uso e cobertura da terra para a região de estudo, para serem classificadas:

1. Água - A área de estudo apresenta pequenas porções de água, como por exemplo a lagoa do ao Parque de Pituauçu;
2. Dunas- As dunas encontradas no entorno da Avenida Luís Viana são parte das dunas pertencentes ao Parque Metropolitano Lagoas e Dunas do Abaete;
3. Ocupação urbana não residencial- Refere-se às regiões de ocupação não residencial, como shoppings e centro comerciais;
4. Ocupação urbana residencial - Correspondem as áreas de utilização intensiva, estruturada por edificações residenciais e sistema viário. Compreendendo assim toda ocupação urbana;
5. Solo Exposto- Refere-se às regiões que apresentam solo exposto. Correspondente na maioria das vezes a áreas que estão sendo preparadas para futuras construções.
6. Vegetação – Essa classe engloba todas as áreas de vegetação da área de estudo, sendo considerada tanto vegetação densa quanto rasteira.
7. Eixo da via – Refere-se ao eixo da via de estudo, considerando-se um buffer 500 metros a partir do eixo principal. Não foi realizado classificação nele.

Dentre os diferentes tipos de classificações existentes, para a realização desta pesquisa optou-se por classificação supervisionada, pixel a pixel, com a utilização do algoritmo Mínima Distância. Devido à classificação não supervisionada ser uma técnica com precisão baixa na definição das classes de uso e ocupação, adotou-se a classificação supervisionada através da identificação de tipos de cobertura da terra de acordo com os padrões de resposta espectral dos objetos alvos. Foi utilizado para todo o procedimento da classificação o complemento *Semi-Automatic Classification Plugin* no software QGIS.

#### 4.5. – Mapeamento do uso e do solo da área de estudo

Após finalizada a classificação de todas as imagens parte-se para o cálculo das áreas dos polígonos resultantes de cada classe de uso, em cada uma das imagens classificadas. Através do software, realizou-se o tratamento dos dados e a extração de valores de área para cada período.

### 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Então, foi possível obter, também, com o resultado da classificação, a quantificação das classes de uso e ocupação do solo em cada um dos anos trabalhados, que são expressos na tabela 2. A tabela demonstra os valores encontrados em km<sup>2</sup> e suas

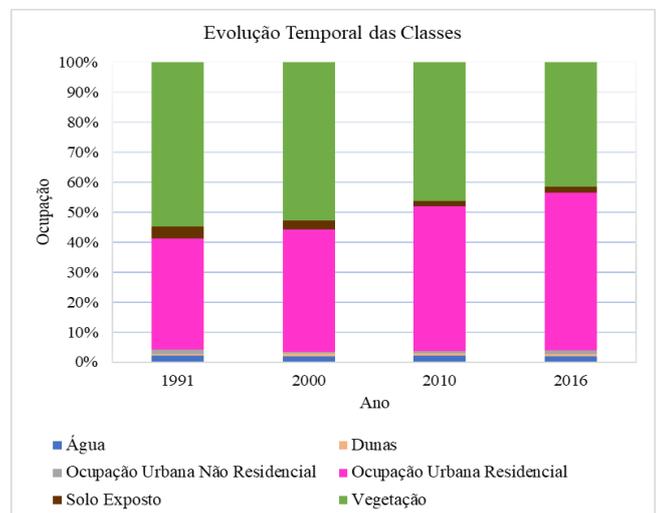
respectivas porcentagens em relação a área total de estudo (46, 56 Km<sup>2</sup>).

Tabela 2 – Quantificação do uso e ocupação por classes

CLASSES	1991		2000		2010		2016	
	ÁREA (km <sup>2</sup> )	%						
1.Água	1,0	2,1	0,8	1,8	1,0	2,2	0,8	1,8
2.Dunas	0,3	0,6	0,5	1,0	0,3	0,7	0,4	0,9
3.O. U Não-residencial	0,6	1,4	0,2	0,5	0,3	0,7	0,5	1,1
4.O. U. Residencial	16,8	37,1	18,5	40,9	21,8	48,2	23,7	52,6
5.Solo exposto	1,8	4,1	1,3	2,9	0,9	1,9	0,9	2,1
6.Vegetação	24,8	54,8	23,9	52,8	20,9	46,2	18,7	41,6

Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 2 – Evolução temporal das classes



Fonte- Elaborado pelo Autor

Inicialmente, fazendo uma análise das ocupações das classes na área de estudo, fica evidente, que a ocupação predominante no entorno da Avenida Luís Viana é a ocupação urbana residencial e a vegetação, que juntas, em todos os anos, representam um percentual de mais de 90% da área total.

Pode-se ser feita também uma análise com relação a distribuição espacial dessas classes, que revela a concentração de áreas de vegetação no entorno dos cursos d'água, onde se configuram provavelmente, em locais de reserva, a exemplo do Parque Metropolitano de Pituauçu, um dos principais pontos da cidade com remanescente de Mata Atlântica. Na tabela 3 é possível visualizar os valores de taxa de aumento de cada classes ao longo dos anos.

Tabela 3 – Taxa de aumento das classes

CLASSES	Taxa de aumento (%)			
	1991-2000	2000-2010	2010-2016	1991-2016
1.Água	-13,65	20,39	-18,54	-15,31
2.Dunas	61,89	-28,08	25,53	46,15
3.O. U Não-residencial	-61,15	34,6	51,72	-20,66
4.O. U. Residencial	10,47	34,6	8,74	41,41
5.Solo exposto	-31,87	17,72	9,6	-48,7
6.Vegetação	-3,55	-12,59	-10,61	-24,63

Fonte – Elaborado pelo Autor

Por meio das análises dos produtos obtidos da classificação, pode-se concluir que, ao longo dos anos estudados, a classe que mais se expandiu foi a ocupação urbana residencial. O crescimento foi de 6,942 km<sup>2</sup>, ou seja, se considerarmos que a área inicial da ocupação urbana em 1991 era de 16,763km<sup>2</sup>, este crescimento representaria 41,4% em relação a ocupação urbana ocupada em 1991. E também esse crescimento em área corresponde a 15,35% da área total de estudo (45,238km<sup>2</sup>).

A classe que mais diminuiu foi a classe de vegetação cujo declínio foi de 6,10 km<sup>2</sup> de 1991 para 2016, que corresponde a um valor de 24,6% quando comparado com a vegetação inicial em 1991. E representa um declínio de 13,48% em relação a área total do entorno da avenida.

No ano de 1991 a classe de ocupação urbana residencial ocupava uma porcentagem de 37,1% da área total e a vegetação ocupava uma área total de 54,8%. Já no ano de 2016, a ocupação urbana residencial representava 52,6% da área total enquanto que a vegetação ocupava 41,6%. No caso do solo exposto, houve redução de 0,9 km<sup>2</sup> em área ou aproximadamente 48,7% do seu valor de 1991.

As demais classes tiveram uma variação em área relativamente pequena ao se comparar com as com a vegetação e a ocupação urbana residencial. Ou seja, são classes que mantiveram baixa variabilidade temporal ou variabilidade cíclica, tais como a água (onde a cobertura por vegetação sazonal sobre a lâmina d'água interfere, bem como períodos de estiagem) e as dunas, cuja variação nesta escala também pode estar associada a fatores naturais, ainda que seja perceptível o aumento da pressão externa em seu entorno.

Ao analisar a variação em área do solo exposto, vegetação e área urbana residencial nota-se que o crescimento na área urbana correspondeu basicamente a redução nas áreas verdes e de solo exposto, o que é plausível já que as áreas novas construídas vieram, em sua maior parte, de solos virgens. Por fim, um resultado não esperado foi o decréscimo na ocupação urbana não residencial pois o esperado era um acréscimo em área desta classe pois a quantidade de shoppings, hospitais e outras edificações do mesmo tipo aumentou no intervalo de tempo considerado de 1991 a 2016. O que pode estar significativamente associada à confusão do classificado

em áreas de alto albedo, como tetos de indústrias e shoppings, solo exposto e dunas (especificamente nesta área de estudo).

Além disso fica evidente que a década compreendida entre 2000 e 2010 significou a transição da área para uma região de maioria urbanizada, já que a área de ocupação urbana supera a área vegetada neste intervalo. Esta observação é significativa do ponto de vista da inter-relação entre as mudanças registradas pelas imagens e os processos sócio-político-econômicos no mesmo período, de crescimento econômico no Brasil.

## 6 – CONCLUSÃO

O uso de técnicas de processamento digital de imagens e de sensoriamento remoto, se mostrou eficiente no estudo das alterações da mancha urbana no entorno da avenida Luís Viana. A coleta de amostras de treinamento e o uso do algoritmo mínima distância resultaram em mapas de uso e ocupação do solo, que tornou possível então a quantificação da área ocupada por cada classe, atendendo assim as necessidades dessa pesquisa. A partir da quantificação de cada classe foi possível identificar o percentual ocupado por cada uma delas, seu percentual de aumento com relação a área total de estudo e o seu percentual de aumento ou diminuição com relação a sua área ocupada no ano anterior.

O crescimento da mancha urbana no entorno da Avenida Luís Viana foi de 41,4% em 2016 comparado a 1991. Esse aumento da ocupação urbana pode ter se dado devido à localização estratégica da avenida, próximo ao aeroporto Internacional de Salvador, Centro Administrativo da Bahia, além da grande oferta imobiliária local, dentro outros fatores físicos que podem ter possibilitado esse crescimento.

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVÊDO. M. C. M. **Planejamento urbano de Salvador: A avenida Paralela e o CAB**. 2012. 108f. Mestrado em planejamento territorial e desenvolvimento social – Universidade Católica de Salvador. Salvador, 2012.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MENESES P. R; ALMEIDA T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília, Unb, 2012.

USGS. Disponível em < <https://earthexplorer.usgs.gov/> >. Acesso em 21 de fev. 2017.