

## **Avaliação da influência da topografia urbana na distribuição de HPAs na região metropolitana de Fortaleza, Ceará**

Icaro Breno da Silva<sup>1</sup>  
Marcus Vinícius Chagas da Silva<sup>1</sup>  
Rivelino Martins Cavalcante<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR  
Universidade Federal do Ceará - CEP 60165-082 - Fortaleza - CE, Brasil  
{icarobrenos, mvcs81}@hotmail.com, ribolix@yahoo.com.br

**Abstract.** The increase in urban agglomerations added to high industrial and vehicular emissions collaborate to decrease air quality with the increased pollutants in the atmosphere. Among the variables that influence the transport and diffusion of air pollutants has become the urban topography and index building. In this way, the work aimed to assess distribution of levels of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in accordance with the density of buildings. PAHs are released into the atmosphere primarily by vehicular sources is toxic and carcinogenic, causes damages to nature and health. The study area encompasses four locations in the city of Fortaleza and metropolitan area in neighborhoods Castelão, Centro, Maracanaú and Av. Leste Oeste. The map data were obtained from the field surveys and interpretation of satellite imagery, subsidized techniques of digital image processing and GIS. A simple linear regression was performed to determine the relationship between the buildable area and the concentration of PAHs. The result found was the determination coefficient of 0.752 which indicates a strong relation between the variables. In this way, we conclude that the bigger the buildable area greatest occurrence of PAHs. This is justified due to the fact of complex topographies govern the reduction in the dispersion of air pollutants.

**Palavras-chave:** air quality, geographic information system, edification, qualidade do ar, sistema de informação geográfica, edificação.

### **1. Introdução**

O estabelecimento de sítios urbanos é a forma mais impactante de ocupação humana sobre a natureza. As mudanças nos componentes naturais ocorrem em detrimento da qualidade ambiental, a qual acarreta em consequências negativas para o meio natural e à qualidade de vida do homem (Schmidt e Nucci, 2010). Segundo Pinto et al. (2014) os grandes centros urbanos vêm sofrendo com a poluição atmosférica. Para ele, o adensamento populacional somado as elevadas emissões industriais e veiculares colaboram com a degradação da qualidade do ar devido ao aumento de poluentes na atmosfera.

As fontes poluidoras são responsáveis por emitir substâncias indesejáveis chamadas de contaminantes atmosféricos ou poluentes. Considera-se poluente qualquer substância presente no ar, que pela sua concentração possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, tornando-o inconveniente ao bem estar público, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (Damilano, 2006). Entre os poluentes mais estudados estão os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), que possuem atividade mutagênica e carcinogênica. Os mesmos são compostos orgânicos semi-voláteis encontrados tanto na fase gasosa como na forma particulada e são lançados na atmosfera principalmente pelas fontes veiculares (Guarheiro; Vasconcellos; Solci, 2011).

Segundo Damilano (2006), os poluentes atmosféricos são transportados por massas de ar até que atinjam um receptor. Porém, essas massas de ar são influenciadas por variáveis que alteram o fenômeno de dispersão, resultando numa maior ou menor concentração destes poluentes. Entre as variáveis existentes, pode-se citar o índice de edificações. As edificações são responsáveis por alterar a topografia original, o que favorece a modificação das características do vento, como: intensidade, velocidade e direção. Assim, prédios altos e

alinhados acabam por modificar o fluxo de ar, tornando susceptível a formação de espaços com baixa aeração, causando acúmulo de poluentes.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a distribuição dos níveis de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) em relação a influência da topografia urbana (baseada no índice de edificações). Nesse contexto o SIG é capaz de realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados, combinando conhecimento geral com informações específicas (Câmara; Davis; Monteiro, 2001; Longley et al., 2013).

## 2. Metodologia de Trabalho

Foram amostrados quatro locais em Fortaleza e na região metropolitana: Castelão, Centro, Avenida Leste Oeste e Acaracuzinho para a determinação dos HPAs e confecção da base cartográfica.

Os dados cartográficos para determinação das edificações foram obtidos a partir de levantamentos de campo e de interpretação de imagem de satélite, subsidiados em técnicas de processamento digital de imagem e geoprocessamento, inseridos em um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Por fim, foi realizada – em planilha eletrônica (Microsoft Excel) – uma regressão linear simples pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários para averiguar a relação entre a área edificável e a concentração de HPAs.

Os dados com os níveis de HPAs foram fornecidos pelo Laboratório de Avaliação de Contaminantes Orgânicos (LACOr) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR).

### 2.1. Dados Raster

Devido a sua alta resolução espacial, foram adquiridas recortes de imagens georreferenciadas do satélite *QuickBird* (Figura 1), compondo uma cena correspondente à área urbana da cidade de Fortaleza e parte da região metropolitana. No estudo, foi adotado como sistema de coordenadas geográficas o SAD69 (*South American Data 1969*) e o sistema de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator).



Figura 1. Imagem do satélite *QuickBird*, georreferenciada, da área urbana de Fortaleza.

### 2.2. Vetorização

O processo de vetorização (Figura 2) se deu no programa ArcMap 10.1 onde foram representadas as fronteiras dos objetos considerando a sua topologia em linha ou polígono. Para isso, a imagem *QuickBird* utilizada no estudo serviu como referência e base para a vetorização das geometrias (arquivos vetoriais) que integram o banco de dados geográficos. Para a validação e atualização dos dados foram utilizadas imagens do *software* Google Earth e levantamentos de campo. Assim, sobre a imagem de satélite já registrada e georreferenciada,

procedeu-se a vetorização de quadras, edificação e arborização como demonstrado na Figura 2.

Os dados vetoriais ou arquivos vetoriais foram gerados a partir do processo de vetorização. Para isso, as entidades do mundo real (quadras, edificação e arborização) passaram para o universo matemático (conceitual) no formato de linha e polígono. No modelo conceitual os dados geográficos foram definidos a partir do modelo de objetos (geo-objetos), onde o espaço geográfico é povoado por uma coleção de objetos identificáveis que existem independentemente de qualquer definição. Por fim, passa-se do universo matemático para o universo de representação, onde as entidades serão mapeadas gerando o produto final: o mapa temático.

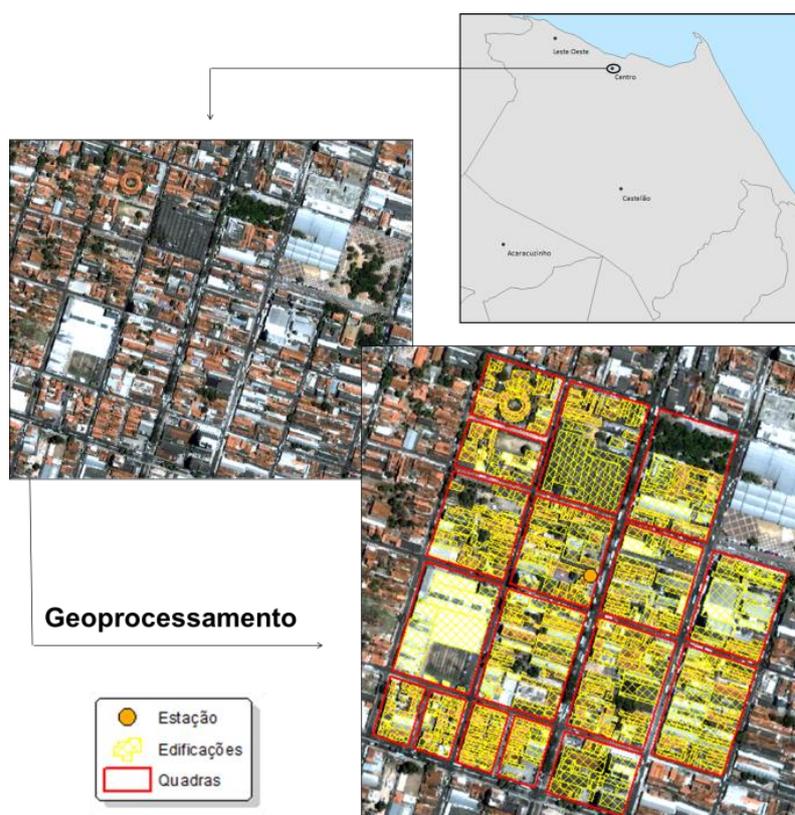


Figura 2. Vetorização de edificações e quadras na imagem de satélite *QuickBird*.

### 2.3. Reta de regressão

Para Reis (2008), a tomada de decisões sobre determinada variável é facilitada quando se é possível uma relação entre esta e outra variável cujo comportamento é conhecido. Para que isso ocorra é necessário que exista, entre as duas, uma relação de causa-efeito, isto é, que a variação de uma possa ser atribuída a variação da outra.

Assim, tiveram-se como unidades de análise as medições dos níveis de HPAs amostrados em Fortaleza e na região metropolitana e, como variável independente, o índice de edificação. Estabelecidas as variáveis dependentes e independentes, ajustou-se – em planilha eletrônica (Microsoft Excel) – uma reta de regressão pelo método dos mínimos quadrados com o objetivo de buscar uma relação entre as variáveis citadas.

A relação entre duas variáveis pode ser descrita matematicamente como mostrado na Equação 1:

$$Y = a + b X + e \tag{1}$$

Onde:

- Y representa a variável explicada (dependente);

- X representa a variável explicativa (independente);
- e representa uma variável residual que inclui outros fatores explicativos de Y que não foram incluídos em X e ainda erros de medição;
- a e b são constantes: a seria a intercepção da reta com o eixo vertical e b o declive da reta.

O poder explicativo da reta de regressão é dado pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que varia sempre entre 0 e 1. Tal coeficiente é interpretado como sendo a proporção de variação de Y explicada pela variável X.

#### 2.4. Trabalho de Campo

Para a atualização dos arquivos vetoriais foram realizadas idas a campo para cada área amostral. Para cada uma delas foram utilizados: GPS, imagens de satélite em folha A4, fita métrica, câmera fotográfica e caderneta de campo. Os pontos de GPS eram marcados na esquina de cada quadra para um posterior alinhamento dos dados vetoriais. Eram marcados também, em cada quadra, as edificações que serviam como chave de interpretação na imagem, sempre classificando-as em detrimento do número de pavimentos que a mesma apresentava. Em seguida, eram medidos com a fita métrica os lotes das chaves de interpretação. Os pontos eram marcados no limite do lote a fim de estar dentro da faixa de erro, do GPS, de 3 metros de raio. Junto com a marcação, anotava-se o número do ponto na caderneta e o número de sua respectiva foto.

### 3. Resultados e Discussão

As concentrações de HPAs e o índice de edificação de cada área amostral são apresentados na Tabela 1. Nota-se que o centro apresentou o maior índice de edificação, com 53,52% de área edificável, sendo também a área com maior concentração de HPAs, com uma média de 0,283 (ng/m<sup>3</sup>). Já em relação aos resultados encontrados com o procedimento de regressão simples (Figura 3), encontrou-se um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,7528, comprovando que existe uma forte correlação entre as duas variáveis analisadas – onde aproximadamente 75,2% da variação da concentração de HPAs é explicada pela variação da área edificável – o que explica os resultados encontrados no centro da cidade. Por fim, foram elaborados os mapas temáticos (Figura 4) a partir dos arquivos vetoriais, demonstrando como as edificações distribuem-se ao longo das áreas de estudo.

Tabela 1. Níveis de concentração de HPAs e índice de edificação dos pontos amostrais

Ponto Amostral	Média HPA (ng/m <sup>3</sup> )	%
Castelão	0,2	34,40
Centro	0,283	53,52
Leste Oeste	0,208	47,74
Maracanaú	0,173	25,62

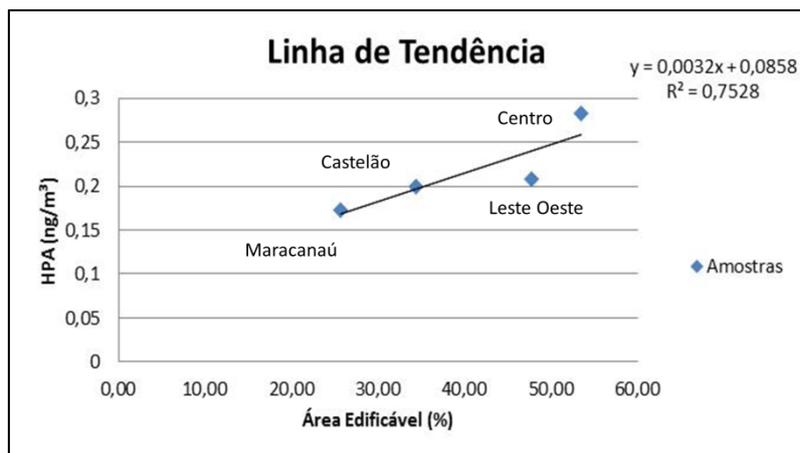


Figura 3. Linha de tendência correlacionando as variáveis: HPAs e Área edificável.

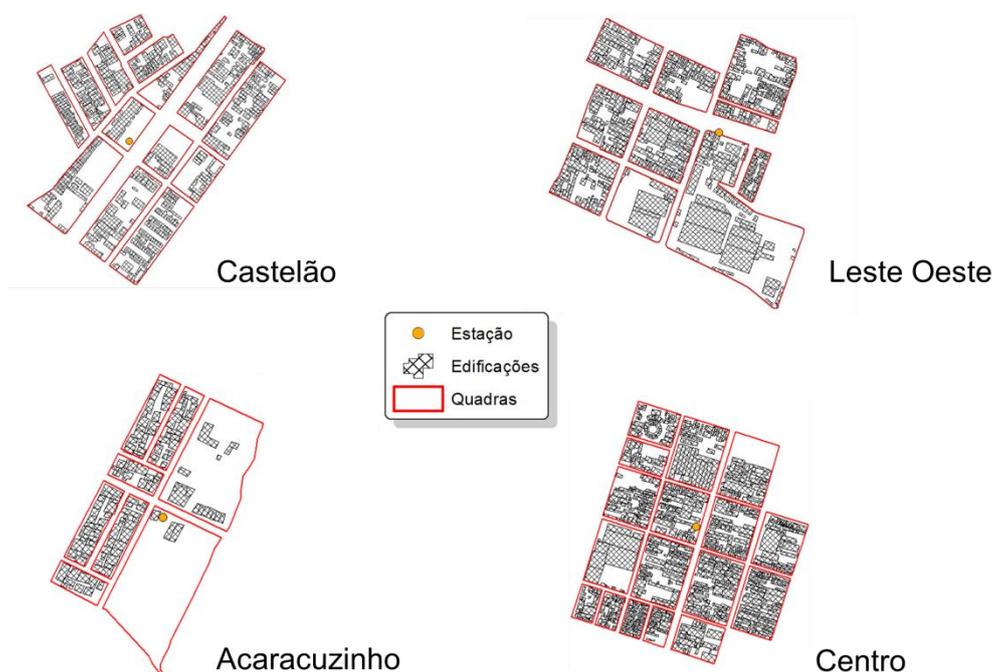


Figura 4. Dados vetoriais da área de estudo.

#### 4. Conclusões

Ao averiguar a relação entre a distribuição dos níveis de HPAs e o índice de edificação, verificou-se uma relação positiva entre ambas e conclui-se que quanto maior o índice de edificação, mais elevados serão os níveis de HPAs. Isso é justificado devido ao fato da morfologia urbana condicionar a circulação atmosférica ocasionando a diminuição na dispersão de poluentes, causando o acúmulo destes.

Durante a continuidade do trabalho, serão acrescentados mais dez pontos amostrais, com o objetivo de melhorar os resultados estatísticos. Espera-se também acrescentar mais variáveis que influenciam na dispersão e concentração dos poluentes, como dados de arborização, velocidade e direção do vento.

#### 5. Referências Bibliográficas

Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M.V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em 12 out. de 2014.

Damilano, D. C. R. **Estudo da Influência da Poluição Atmosférica e Das Condições Meteorológicas na Saúde em São José dos Campos.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006. 44 p. (INPE-14042-PRE/9216).

Guarieiro, L. L. N.; Vasconcellos, P. C.; Solci, M. C. Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão. **Rev. Virtual de Quim.**, v. 3, n. 5, p.434-445,2011.

Longley, P. A.; Goodchild, M. F.; Maguire, D. J.; Rhind, D. W. **Sistemas e ciência da informação geográfica.** Porto Alegre: Bookman, 2013. 540 p.

Pinto, J. P.; Martins, L. D.; Sabino, F. C.; Amado, I. R.; Solci, M. C. Caracterização de MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> em ar ambiente de estacionamento fechado de estabelecimento comercial em Londrina-Paraná. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 6, n. 2, p. 1-7,2014.

Reis, E. **Estatística descritiva.** Lisboa: Sílabo, 2008. 245 p.

Schmidt, E.;Nucci, J. C. Avaliação da qualidade ambiental urbana do bairro de Santa Felicidade, Curitiba/PR. **Rev.Geografia: Ensino e Pesquisa**, v. 14, n. 2,p.51-61, 2010.