

## **RELAÇÃO ENTRE ÁREA IMPERMEÁVEL E DENSIDADE DEMOGRÁFICA COM A APLICAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO DE DADOS**

LUCAS FERREIRA MELO MACHADO<sup>1\*</sup>, RENATA CRISTINA DOS SANTOS PINHEIRO MACHADO<sup>2</sup>, RICARDO DE ARAGÃO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Me. em Engenharia Civil, Prof. das Faculdades Integradas de Cacoal, Cacoal-RO, lucas.civil@yahoo.com.br;

<sup>2</sup>Graduada em Engenharia Civil, UFS, São Cristóvão-SE, renataeng.pinheiro@gmail.com;

<sup>3</sup>Dr. em Engenharia Civil, Prof. da UFCG, Campina Grande-PB, ricardoaragao@yahoo.com.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017  
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** Em Aracaju – SE, a estimativa do crescimento populacional, de 2010 para 2016, foi de 12%. Como decorrência deste considerável crescimento, tem-se o aumento desenfreado do número de construções, estas, quando não controladas e não legalizadas, tendem a impermeabilizar o solo do local, reduzindo ou extinguindo a capacidade de infiltração do solo, no que se refere às águas das chuvas, além de alterar o ciclo da água (decorrente de um maior escoamento superficial). Em contrapartida, estão sendo desenvolvidos métodos visando controlar esta situação, como utilizar imagens de satélite fazendo uso de programas de geoprocessamento de dados, como o SPRING 5.5.0 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. No presente estudo, uma imagem foi classificada quanto a impermeabilização do solo referente a dois bairros de Aracaju, Grageru e Jardins, como resultado, foram encontrados valores de 83,6% de área impermeável para o bairro Grageru e de 66,2% para o bairro Jardins, após, as informações obtidas foram relacionadas com suas densidades demográficas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geotecnologias, percentual de área impermeável, densidade demográfica.

### **RELATIONSHIP BETWEEN IMPERVIOUS AREA AND DEMOGRAPHIC DENSITY USING GEOPROCESSING OF DATA**

**ABSTRACT:** In Aracaju - SE, the estimation of population growth, from 2010 to 2016, was 12%. As a result of this considerable growth, increasing rampant number of constructions, these, when uncontrolled and not legalized, tend to insulate the local soil, reducing or extinguishing the infiltration capacity of the soil, as regards the rainwaters, in addition to modifying the water cycle (resulting from increased surface runoff). However, methods are being developed in order to control this situation, how to use satellite images making use of GIS data programs, as the SPRING 5.5.0 developed by the National Institute of Space Research. The present study, an image was classified in relation to soil waterproofing for two districts of Aracaju, Grageru and Jardins, as a result, the values of the impervious area were 83.6% for the Grageru district and 66.2% for the Jardins district, then, the information obtained was related with their demographic densities.

**KEYWORDS:** Geotechnology, percentage of impervious area, demographic density.

### **INTRODUÇÃO**

A revolução industrial, iniciada no Brasil em 1930, impulsionou um crescimento desenfreado da população nas capitais e grandes cidades. Porém, ao contrário do que ocorreu em países de maior desenvolvimento, esta revolução não produziu uma maior qualidade de vida para a população. As indústrias não criaram um número de empregos suficientes para absorver, como mão de obra, a população originada nas áreas rurais. Como consequência, este contingente adicional referente aos novos habitantes começou a ocupar as periferias destas cidades, muitas vezes sem infraestrutura adequada (saúde, sanitária e de drenagem), em condições sub-humanas (Azevedo, 2010).

O acelerado aumento na densidade demográfica (relação entre a população e a área de território, em habitantes/hectare) nas últimas décadas, contribuiu para a formação das regiões metropolitanas, porém estas foram formadas sem planejamento e controle satisfatório. Construções foram executadas de modo desordenado, impermeabilizando áreas necessárias para a drenagem das cidades, reduzindo ou suprimindo a capacidade de absorção do solo e alterando o ciclo da água, em decorrência de um maior escoamento superficial (Tucci, 2007; IBGE, 2017).

Em Aracaju – SE, de acordo com o IBGE (2017), há uma estimativa de crescimento populacional de 12%, considerando o período entre o último censo em 2010 até janeiro de 2016. Sendo reflexo disso o aumento da ocupação, muitas vezes não autorizada, de regiões significativas da cidade como os bairros Grageru e Jardins.

Por esta razão, a densidade demográfica, quando é relacionada aos valores de área impermeável, tem sido utilizada por muitos gestores para identificar e prever com um certo grau de antecipação o impacto gerado pela impermeabilização sobre a drenagem urbana para uma determinada área da cidade, podendo-se planejar o crescimento das cidades e conter aglomerações em áreas de risco (Tucci, 1992; Reis et al., 2011).

Para estudar locais com risco de enchentes e inundações, novos métodos estão sendo desenvolvidos e aplicados, como por exemplo a análise de imagens captadas em satélites, estas, de alta definição, são analisadas em programas de geoprocessamento de dados, podendo-se obter valores para as quantidades de áreas impermeáveis existentes, levando a uma maior precisão nos resultados.

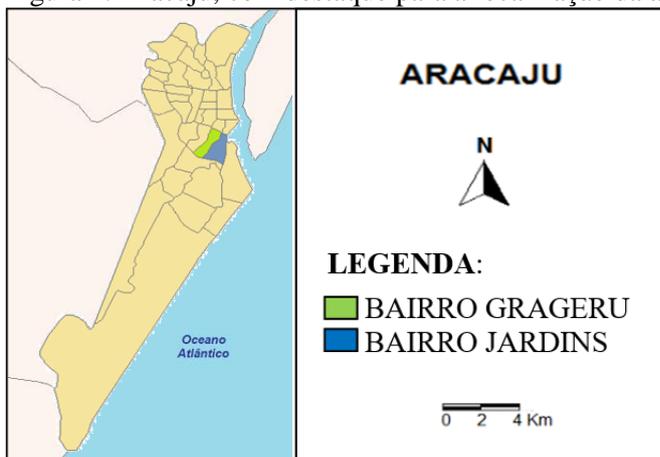
## MATERIAIS E MÉTODOS

A área escolhida para análise compreende os bairros Grageru e Jardins, localizados em Aracaju, capital do estado de Sergipe, no nordeste brasileiro. O bairro Grageru possui população predominantemente de classe média e média alta, é localizado na zona Sul da cidade, possui uma mistura equilibrada de residências e edifícios. Sua ocupação residencial surgiu em 1926, no governo do então presidente da província, Maurício Graccho Cardoso. O fato de ter boa localização e infraestrutura tornou o bairro um dos mais valorizados, o preço médio dos imóveis é de duzentos mil reais (Oliveira, 2014).

O bairro Jardins foi criado no início da década de 90, fruto de uma parceria público-privada que investiu no desenvolvimento de uma região antes ocupada apenas por manguezais. Após as transformações do bairro através das construções, foi criada, em 1998, a lei de número 2.666 que determinou os limites do bairro. O que impulsionou seu crescimento e o caracterizou foi a construção de um shopping center (Oliveira, 2014).

A escolha destes bairros, para a pesquisa, foi dada pelo fato de que a região possui crescimento de sua população. Novos condomínios e loteamentos são lançados e construídos com constância, possuindo ocupação residencial mista, uni e multifamiliar. A localização dos bairros pode ser observada na Figura 1.

Figura 1. Aracaju, com destaque para a localização da área de estudo.



Fonte: adaptado de Reis et al. (2012).

Para o levantamento, foi analisada uma imagem multiespectral (captada pelo satélite Quickbird), Figura 2, cedida pela Empresa Municipal de Obras e Urbanização de Aracaju, EMURB. Mesmo estando em uma só imagem, os dois bairros foram analisados separadamente, o bairro Grageru, com seus 17 setores censitários, e o bairro Jardins, com seus 8 setores censitários, segundo o Censo 2010 (IBGE, 2016).

Figura 2. Imagem multiespectral, com destaque para a área de estudo.



Fonte: imagem cedida pela EMURB (2013).

As áreas impermeáveis foram obtidas, a partir da imagem georreferenciada, utilizando o programa SPRING 5.5.0 (INPE, 2017). Foram identificadas e quantificadas as áreas impermeáveis, para cada bairro, de acordo com a seguinte ordem: Área particular (1) – telhados, pisos aparentes e toda edificação particular; Área pública (2) – calçadas e pavimentações; Área descampada (3) – área sem edificações e sem vegetação; Área com vegetação (4); Área com água (5).

Foram selecionadas amostras para cada identificação. Há a necessidade de selecionar um maior número de amostras para áreas como particular e pública, visto que existem diversos tipos de edificações e pavimentações diferentes.

A limitação das áreas foi executada através de recortes nas imagens para cada setor censitário, dos bairros Grageru e Jardins individualmente, de acordo com as informações fornecidas pelo Censo de 2010 (IBGE, 2016).

Para verificar possíveis correções, necessárias pela presença de nuvens na imagem e edificações de diferentes cores, foram feitas visitas em campo, seguidas da correção dos pontos divergentes.

A área considerada impermeável (AI) foi encontrada somando as porcentagens encontradas para as áreas 1, 2 e 5 (Equação 1). A soma das porcentagens 3 e 4 representam a área com permeabilidade.

$$AI = P1 + P2 + P5 \text{ (Equação 1)}$$

onde: P1 corresponde a porcentagem de “área particular”; P2 corresponde a porcentagem de “área pública”; P5 corresponde ao percentual de “área com água”.

A densidade demográfica (relação entre a população fixa local e a área de território) foi determinada com base na quantidade de habitantes, obtida no censo mais recente - Censo 2010 (IBGE, 2016), e da área para cada setor censitário.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

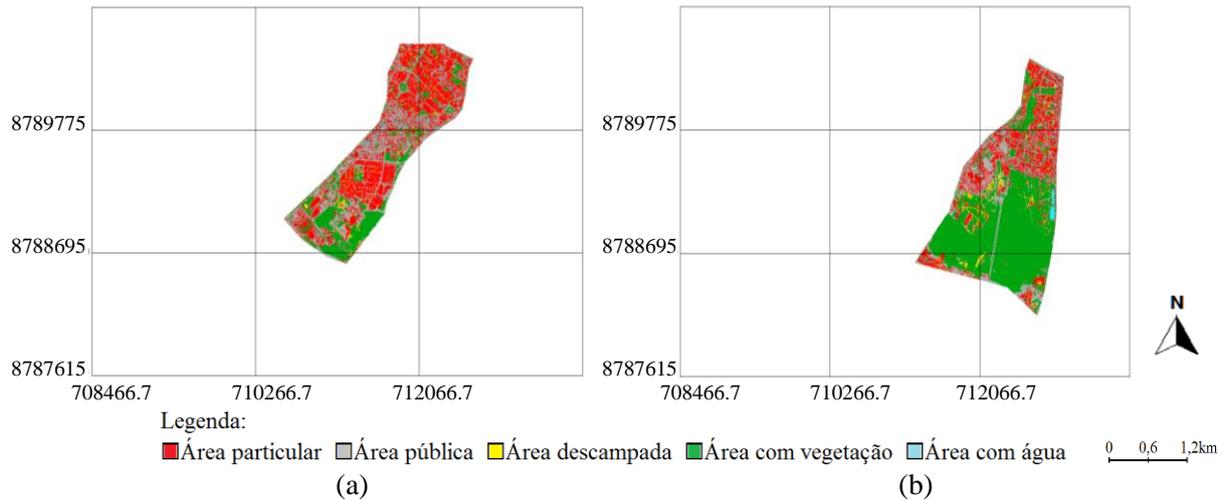
O bairro Grageru é um bairro mais antigo, está praticamente urbanizado em sua totalidade, podendo-se comprovar isso com o valor médio de área impermeável para todo o bairro, de 83,6%. Analisando cada um dos 25 setores censitários individualmente, o menor percentual de área impermeável da região encontrado foi de 32% e o maior foi de 97,4%. A densidade demográfica

mínima obtida foi de 0 hab./ha, em um setor censitário formado apenas por fábricas e loja, a máxima obtida foi de 116 hab./ha.

Quanto aos valores do percentual de área impermeável para o bairro Jardins apresentou uma taxa média de 66,2 % de área impermeável. E, para cada um dos 8 setores censitários, o menor valor foi de 15% e o maior foi de 85,8%. Os valores de densidade demográfica obtidos foram: 2 hab./ha, o menor valor e 33 hab./ha como maior valor. O bairro Jardins foi criado nos anos 90 e possui uma urbanização que pode ser considerada “recente”, sendo cobijada por construtoras.

A Figura 3 corresponde a imagem após passar pelo processo de identificação das áreas.

Figura 3. Identificação das áreas (por cores) para cada setor censitário dos bairros: (a) Grageru e (b) Jardins.



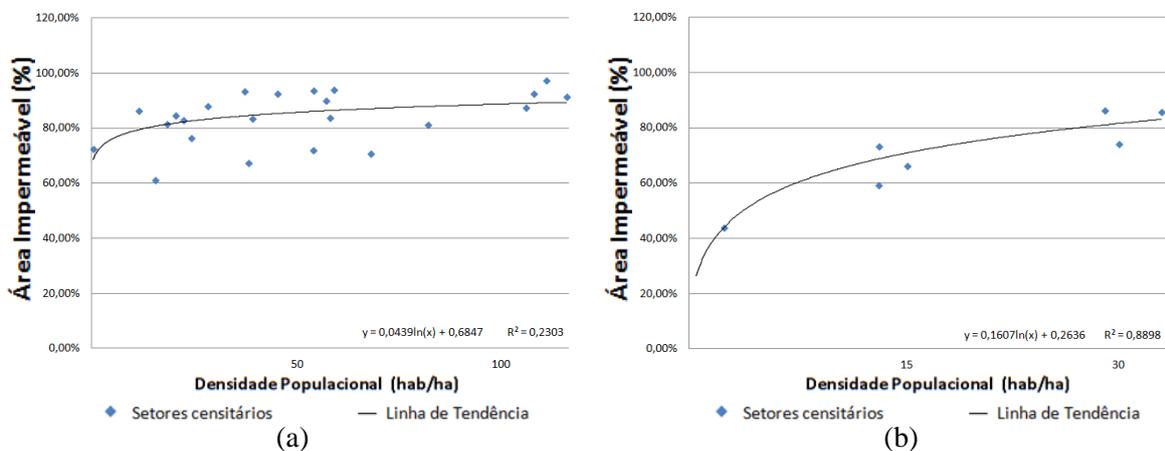
Ao se relacionar a porcentagem da área impermeável à densidade demográfica, para os setores censitários, é obtida uma curva para cada bairro (Figura 4), chamada de “curva de tendência”, e, para cada curva, uma equação de ajuste (Equação 2 e 3).

$$y = 0,0439 \ln(x) + 0,6847 \text{ (Equação 2)}$$

$$y = 0,1607 \ln(x) + 0,2636 \text{ (Equação 3)}$$

onde: y refere-se ao percentual de áreas impermeáveis; x refere-se à densidade demográfica (habitantes/hectare).

Figura 4. Curvas de tendência da relação do percentual de área impermeável com a densidade demográfica os bairros: (a) Grageru e (b) Jardins.



## CONCLUSÕES

O bairro Grageru, por possuir maior urbanização, se mostrou com uma área impermeável média bem superior ao bairro Jardins, 83,6% contra 66,2%. Como pode-se observar há ainda uma grande área neste último disponível para a drenagem, esta é cobiçada por grandes construtoras visando seus empreendimentos habitacionais.

Esse percentual explica também a frequência de enchentes e alagamentos, nos picos anuais de chuvas. Os valores identificados de área impermeável podem ser utilizados em trabalhos posteriores visando estimar a vazão de escoamento, devendo-se, para isso, considerar afinidades entre as áreas.

É necessário desenvolver um plano diretor de drenagem contemplando, não apenas a área estudada, mas, toda a cidade de Aracaju – SE. Sendo necessário também, por parte do poder público, uma fiscalização mais intensa, com o uso de imagens de satélite e programas de georreferenciamento de dados, como o SPRING 5.5.0. Sendo feitos com regularidade pode-se prever e impedir problemas futuros de drenagem.

## REFERÊNCIAS

- Azevedo, E. B. de. Patrimônio industrial no Brasil. Revista Arquitetura e urbanismo, v.1, n.33, p.11-22, 2010.
- EMURB, Empresa Municipal de Obras e Urbanização de Aracaju. 2013. Disponível em: <<http://www.aracaju.se.gov.br/emurb/>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=280030>>. Acesso em: 9 de fevereiro de 2017.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Divisão de Processamento de Imagem – DPI. 2017. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2017.
- Reis, V.; Gois, D.; Barbosa, E.; Souza, H.T.; Souza, R.M. Fotoindicação como método comparado de avaliação de mudanças ambientais em remanescentes florestais e áreas urbanas de Sergipe. Revista Sociedade & Natureza, v. 24, n. 13, 2012.
- Tucci, C. E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepções. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n.2, 1992.
- Tucci, C. E. M. Inundações urbanas. ABRH / RHAMA. Porto Alegre, v. 11, 2007. 393 p.
- Oliveira, T. A história do seu bairro. 2014. Disponível em: <<http://www.cinform.com.br/historiadosbairros/>>. Acesso em 9 de novembro de 2016.