

Uso de Sistemas de Informação Geográfica na Estimativa da Expansão Urbana e da Diminuição das Áreas de Recarga do Aquífero da Bacia Endorreica do Tabuleiro do Martins

Antonio José Pereira Almeida ¹
Kleyton Alisson da Silva Tavares ¹
José Vicente Ferreira Neto ¹

¹ Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGG
Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente - IGDEMA
Av. Lourival de Melo Mota, s/n – Tab. dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP 57072-900
tony.n12@gmail.com; kleytonkast@gmail.com; jvferreiraneto@igdema.ufal.br

Abstract. The increasing urban sprawl that Maceió (AL) experienced throughout its history and has been experiencing more accelerated in recent decades, did not follow a rational planning of soil use and occupation, which caused several problems such as the removal of vegetation and its replacement by impermeable surfaces, thereby changing the dynamics of hydrological processes existing in the region before. This paper introduces a methodological approach, supported by GeoTechnologies, to map and estimate the impermeable area and characterize the temporal evolution of urbanization in the endorheic basin of Tabuleiro do Martins, encompassing the northern portion of the city of Maceió/AL, through orbital images with different timelines. Thus, this work aims to subsidize the land planning for human settlements so as to minimize the hydrological impact that these cause.

Keywords: Impermeabilization; Endorheic basin; Geoprocessing.

1. Introdução

Com o aumento da população nos centros urbanos, as cidades têm passado por um grande desafio que é conciliar o processo de urbanização e a utilização dos recursos naturais.

O rápido processo de urbanização pelo qual as cidades passaram e que se intensificaram nas últimas décadas do século XX, fez com que ocorressem modificações rápidas e intensas no meio físico como, por exemplo, a redução drástica da taxa de infiltração ou mesmo a impermeabilização do solo.

Assim como na maioria das capitais brasileiras, nas últimas quatro décadas, Maceió experimentou um rápido processo de urbanização associado a problemas nos sistemas de infraestrutura e ocupação urbana (NEVES et al., 2007). A crescente expansão urbana que Maceió experimentou ao longo de sua história, e vem experimentando nas últimas décadas não se fez acompanhar de um planejamento racional do uso e ocupação do solo.

A região do tabuleiro, por sua vez, é considerada o principal eixo de expansão da cidade devido às características do seu sítio natural, levemente ondulado com pequenas depressões, logo, propício à urbanização (CARVALHO et al, 2010). O rápido processo de urbanização ocorrido nas últimas décadas nesta região, em particular na bacia endorreica do Tabuleiro do Martins, tem sido a causa de diversos problemas em função da deficiência de planejamento e infraestrutura. Dentre os problemas, os impactos nos recursos hídricos são os mais comumente observados, advindo da supressão da cobertura vegetal e sua substituição por superfícies impermeáveis.

Tucci (2006), explica que a modificação da cobertura do solo através de sua impermeabilização é capaz de alterar os componentes do ciclo hidrológico, provocando, por exemplo, a redução da infiltração no solo e o aumento no volume escoado superficialmente.

Muitas técnicas têm sido aplicadas para caracterizar e quantificar superfícies impermeáveis, seja através de medições por meio de mapas impressos ou mapeamento por meio de imagens de sensoriamento remoto (especialmente fotografias aéreas). Mas foi a partir da década de 1970 para 1980, que as imagens de satélite começaram a ganhar popularidade nos estudos de recursos naturais e estudos ambientais, e nas aplicações de interpretação, aplicações espectrais, e aplicações de modelação de superfícies impermeáveis (SLONECKER et al., 2001).

A necessidade da estimativa das áreas impermeáveis para os estudos que procuram relacionar a urbanização com os impactos no sistema hidrológico vem trazendo um uso cada vez mais intenso do geoprocessamento, principalmente na aplicação do sensoriamento remoto (RIBEIRO et al., 2006).

Nesse contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o geoprocessamento se tornam poderosas ferramentas de apoio para produzir informações que possam subsidiar o planejamento de uso e ocupação do solo de modo a minimizar o impacto hidrológico em áreas como a da bacia endorreica do Tabuleiro do Martins, (figura 1). Constituem impacto hidrológico, principalmente a redução na infiltração e a consequente diminuição da recarga dos sistemas aquíferos, reduzindo os níveis de exploração das águas subterrâneas e comprometendo a disponibilidade hídrica da região, até mesmo para o abastecimento da população.

Partindo desse pressuposto, este trabalho tem como objetivo estimar a área impermeável e caracterizar a evolução temporal da urbanização da bacia endorreica do Tabuleiro do Martins, a fim de subsidiar o planejamento da ocupação do solo pelos assentamentos humanos de modo a minimizar o impacto hidrológico que estes provocam.

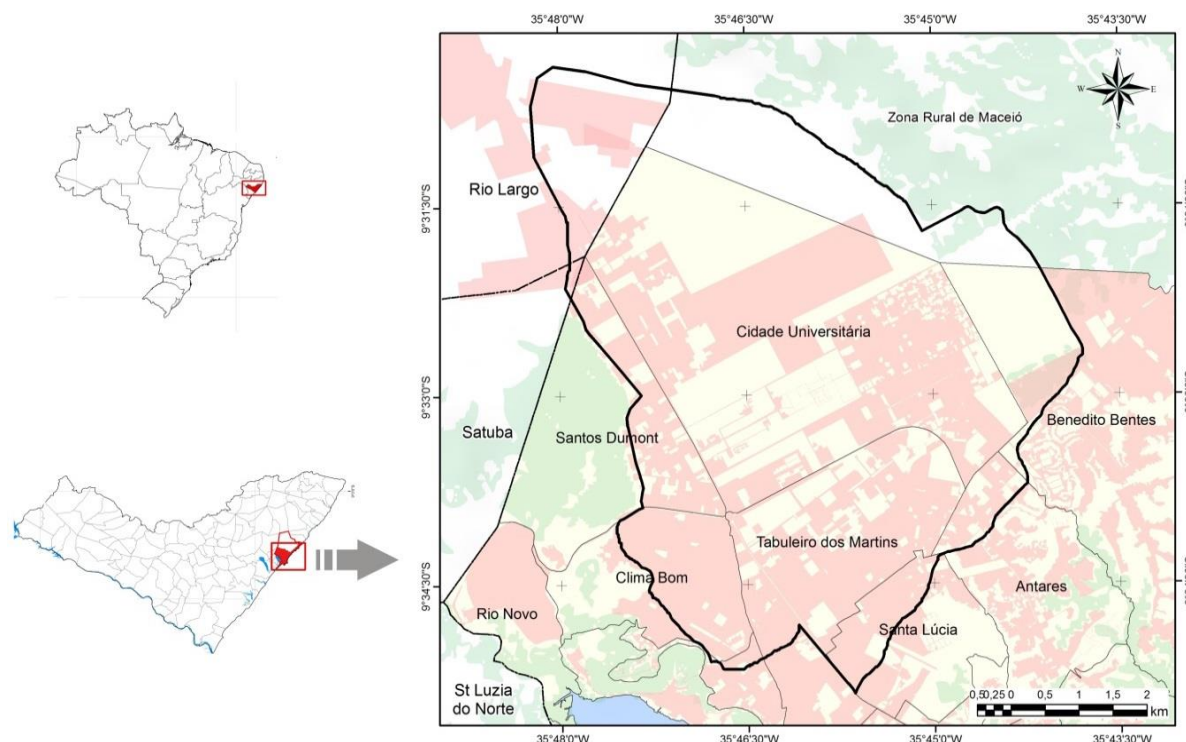


Figura 1 – Localização da área de estudo, bacia endorreica do Tab. do Martins, Maceió-AL.
Organização – Antonio J. P. Almeida (2015)

2. Procedimentos Metodológicos

O estudo foi desenvolvido na bacia Endorreica do Tabuleiro do Martins, localizada na região norte da área urbana do Município de Maceió, e ocupando uma área de 49,8 km². Ela é do tipo “Bacia Fechada”, termo usado para designar grandes depressões naturais, formando

bacias sem exutório, com retenção do escoamento superficial nas áreas mais baixas. Para a delimitação da bacia foi utilizado um mapa elaborado por Ferreira Neto (2004).

Os procedimentos empregados tiveram como objetivo principal a produção de informações, acerca da evolução da expansão urbana, para a posterior análise da relação dessas informações com níveis de impermeabilidade.

A primeira etapa foi a obtenção de dados cartográficos (bases cartográficas e mapas digitais geoprocessados); sensoriamento remoto (imagens de satélite e fotografias aéreas) e levantamentos de campo.

Para estimar a área impermeável e caracterizar a evolução temporal da urbanização, foram utilizadas imagens com diferentes espaços temporais. As imagens utilizadas foram: fotografias aéreas verticais, do ano de 1988 (levantamento executado pela Aerodata S.A.) na escala de 1:17.500; e imagens orbitais digitais dos anos de 2002 e 2013 (sensor Quickbird) com resoluções espaciais de 0,60 metros.

A etapa seguinte foi realizar o processamento digital das imagens, no qual as informações foram trabalhadas por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e um sistema para processamento digital de imagens, onde as imagens tiveram que passar por um pré-processamento.

O primeiro passo dessa etapa foi o georreferenciamento das imagens não georreferenciadas, as fotografias aéreas, tomando como referência as imagens de satélite georreferenciadas e ortorretificadas, por meio de pontos de controles. O segundo passo foi realizar a correção atmosférica nas imagens de satélite, a fim de mitigar os efeitos atmosféricos sobre as imagens; e, por fim, foi realizado um realce nas imagens, com o objetivo de melhorar a qualidade visual das mesmas e, dessa forma, facilitar a sua interpretação.

A seguir, ocorreu o procedimento de classificação digital das imagens nas datas propostas (1988, 2002 e 2013). Devido as imagens apresentarem uma alta resolução espacial, procurou-se utilizar a técnica de processamento digital de imagens denominada classificação orientada a objetos. Este método subdivide a imagem em regiões homogêneas significativas baseadas não somente em propriedades espectrais, mas também na forma, textura, tamanho e outras características topológicas (BENZ et. al, 2004).

Após a segmentação e classificação das imagens, foram realizados os trabalhos de interpretação e categorização das classes de uso e ocupação do solo, direcionando-as para identificação das áreas impermeabilizadas. Estas classes foram separadas em dois grupos que buscassem estabelecer regiões que se correspondessem:

- Áreas permeáveis: caracterizadas por áreas de vegetação, tais como: jardins, gramados, árvores e plantações e solo exposto.
- Áreas impermeáveis: telhados, pátios pavimentados, vias com pavimentação asfáltica e calçamento.

Ao final dos trabalhos de interpretação e classificação foi possível obter os mapas e estimar as áreas impermeáveis dos anos de 1988, 2002 e 2013, permitindo, dessa forma, caracterizar e correlacionar a impermeabilização com a evolução da urbanização nas datas definidas.

3. Resultados e Discussões

Análise Espaço-Temporal das Áreas Impermeáveis

A bacia em estudo teve seu início de ocupação por conjuntos habitacionais a partir de 1970 e encontra-se ainda em evolução, apresentando alguns terrenos desprovidos de construções e áreas ocupadas pelo cultivo da cana de açúcar. De 1970 a 2013 a bacia endorreica do Tabuleiro do Martins teve sua área impermeabilizada triplicada, o que prejudicou a percolação das águas pluviais, gerando alagamentos nas vias principais do bairro.

Os índices de impermeabilização da bacia endorreica foram determinados levando-se em consideração as áreas construídas, edificações e a pavimentação de ruas e calçadas, verificadas ao longo dos anos analisados. A ocupação física ocorreu preferencialmente nas áreas com altitudes mais baixas, ou seja, nas áreas com os maiores riscos de alagamentos.

Para facilitar o entendimento da evolução, os resultados são representados segundo duas classes: área impermeabilizada e área permeável, como descritas nos procedimentos metodológicos. No ano de 1988, a área impermeabilizada da bacia compreendia apenas residências e algumas poucas indústrias localizadas no Distrito Industrial, totalizando 4,85 km² (figura 2). Nesse período, a área impermeabilizada começa a expandir-se em direção ao aeroporto, com a construção de alguns conjuntos habitacionais. No entanto, mesmo com uma significativa área ocupada por residências, as áreas permeáveis ainda eram altas, ao fato das vias não serem calçadas ou asfaltadas, salvo as principais avenidas. Boa parte da área permeável era ocupada pelo plantio da cana de açúcar.

No ano de 2002, observa-se um grande aumento da área impermeabilizada devido à construção de novos loteamentos e edificações nos bairros Cidade Universitária, Clima Bom e Santos Dumont. As antigas áreas ocupadas, no bairro do Tabuleiro do Martins, intensificaram-se, aumentando as áreas impermeabilizadas com o calçamento e asfaltamento das vias (figura 2), totalizando 13,2 km². De 1988 a 2002 todos os bairros apresentaram um aumento da urbanização e novas indústrias foram instaladas no distrito industrial.

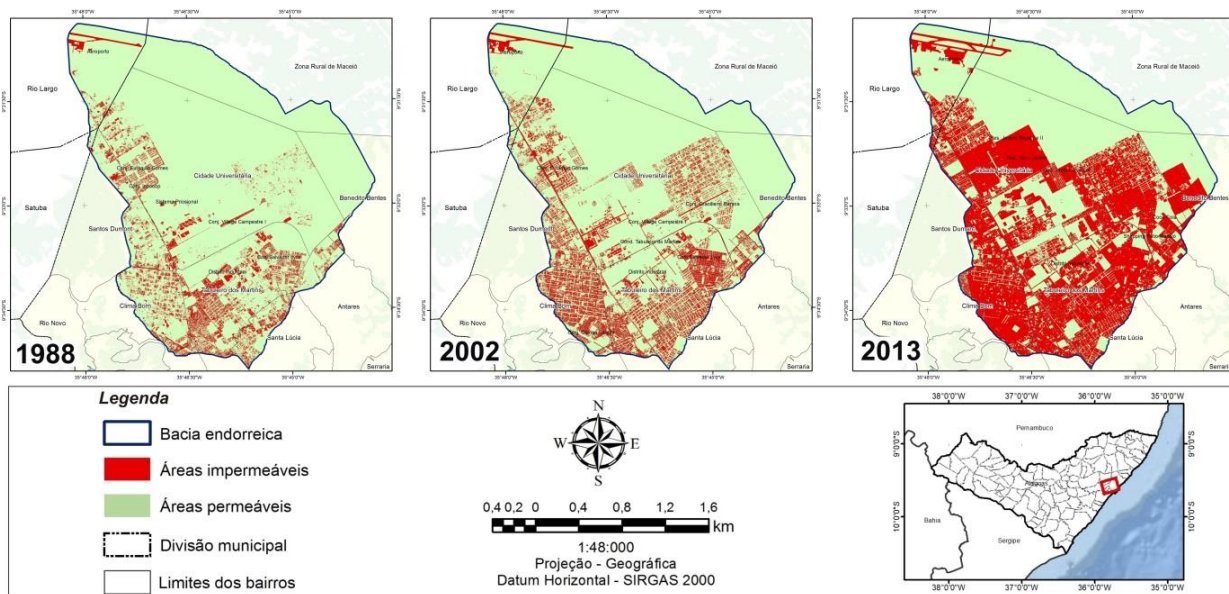


Figura 2 - Áreas impermeabilizadas na bacia endorreica nos anos de 1988, 2002 e 2013.

Organização – Antonio J. P. Almeida (2015)

Em 2013, as áreas ocupadas pela urbanização são similares ao ano de 2002, permanecendo praticamente a mesma configuração (Figura 2), salvo alguns novos condomínios e loteamentos nos bairros Cidade Universitária e Benedito Bentes. Porém, mesmo não apresentando uma expansão urbana significativa, observa-se o adensamento das áreas impermeáveis, devido ao asfaltamento das vias públicas, calçamento dos quintais e calçadas das moradias e, ocupação das áreas verdes. As áreas de plantio de cana de açúcar passam a ser substituídas por novos loteamentos. Este adensamento foi responsável pelo aumento da área impermeável, totalizando 20,30 km², o que corresponde aproximadamente a 41% da área da bacia.

Pelo exposto, pode-se inferir que a impermeabilização do solo, pela ocupação urbana, reduziu a área de infiltração, o que pode ampliar o volume de escoamento superficial, provocando o aumento da frequência e da magnitude dos problemas de inundação, durante os períodos chuvosos. Neste contexto, a figura 3 exhibe a evolução das áreas impermeabilizadas na extensão da bacia endorreica, revelando suas direções principais e padrões.

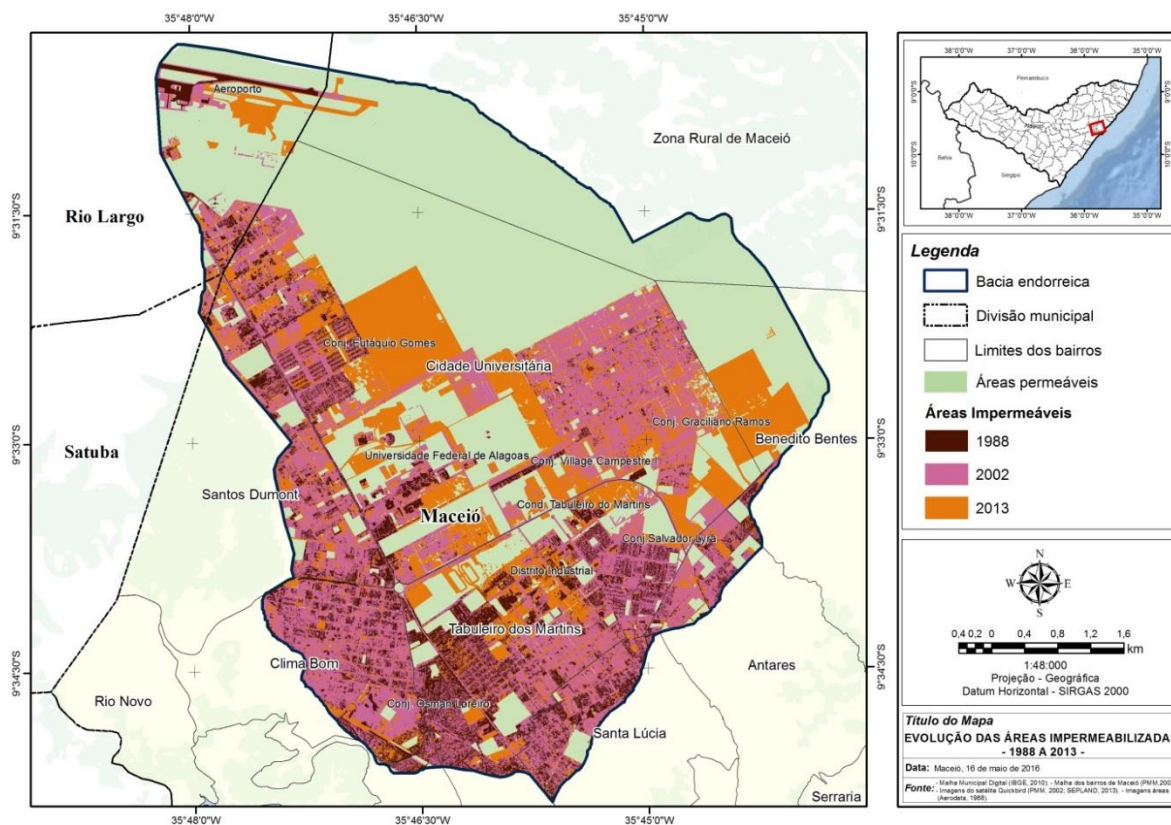


Figura 3 - Evolução das áreas impermeáveis da bacia Endorreica do Tabuleiro do Martins
Organização – Antonio J. P. Almeida (2015)

De acordo com Peplau (2005), essa região tem propensão natural para a ocorrência de alagamentos, ao fato de ser uma bacia sem saída natural das águas pluviais, que se acumulam no seu interior. Para agravar mais a situação, o processo de urbanização não considerou o grau de risco de inundação dos diversos locais da bacia, de forma que ocorreu ocupação urbana em locais de grande risco de inundação. Como exemplo, a construção do Distrito Industrial Luiz Cavalcante (DILC) na área de menor cota da bacia (PEDROSA, 1996).

Segundo Pedrosa (1996) a região onde se encontra a bacia, com exceção de algumas ruas, não possui sistema de drenagem de águas pluviais, portanto, a maioria das águas pluviais escoam naturalmente sobre a sua superfície, até a parte mais baixa da bacia, onde estão localizadas três lagoas, inseridas na região do Distrito Industrial, Conjunto Habitacional Salvador Lyra, e no Graciliano Ramos.

Para solucionar o problema dos alagamentos na bacia do Tabuleiro do Martins, notadamente no DILC, foi gradativamente implantado o Projeto de Macrodrenagem do Tabuleiro do Martins. A implantação do sistema de macrodrenagem tinha, também, o objetivo de amenizá-los por meio de lagoas artificiais de retenção, mas este sistema não se mostrou totalmente eficiente, pois, enquanto a bacia infiltra naturalmente as águas, o Sistema de macrodrenagem as redireciona, em parte, para bacias hidrográficas vizinhas, reduzindo a recarga dos aquíferos (FERREIRA NETO et al, 2004).

O processo de impermeabilização fez com que as águas das chuvas fossem impedidas de se infiltrarem no solo. Estudo do impacto da urbanização na década de 90, sobre as águas subterrâneas na região, estimou em 30% do total precipitado a taxa média de infiltração (CAVALCANTE, 1992). O escoamento superficial da área de estudo direcionava as águas para as depressões naturais, de onde parte evaporava e parte infiltrava no solo, recarregando os sistemas aquíferos. A região apresentava alta taxa de infiltração. As imagens do ano de 1988 mostram que a bacia apresentava uma pequena área impermeável, quando comparada aos anos posteriores.

Estudos mais recentes (Ferreira Neto et al., 2004; Conceição, Souza e Ferreira Neto, 2003; Ferreira Neto et al., 2002), mostram que o rebaixamento do lençol freático nessa região tem aumentado em consequência da redução dos volumes infiltrados e também das taxas de exploração dos poços tubulares que captam as águas subterrâneas.

Desta forma, podemos afirmar que a urbanização ocorrida na bacia endorreica alterou a taxa média de infiltração ao longo do período observado, decorrente do aumento das áreas impermeáveis.

4. Considerações Finais

Todos os dados obtidos através deste estudo sobre o processo de impermeabilização do solo da bacia Endorreica do Tabuleiro do Martins, evidencia a falta de um planejamento adequado que minimize os impactos decorrentes da ocupação do solo e da expansão urbana.

Verificou-se que os resultados trouxeram informações sobre a geração das áreas impermeáveis nas datas definidas (1988, 2002 e 2013), podendo auxiliar o planejamento do uso e da ocupação do solo provocados pela urbanização, de modo a minimizar o impacto hidrológico.

Pode-se afirmar também que o presente estudo é uma demonstração objetiva das vantagens de se utilizar tecnologias relativas aos Sistemas de Informações Geográficas, para determinar impactos ambientais causados por um adensamento urbano, bem como a impermeabilização sem o devido planejamento.

7 – Referências Bibliográficas

ALENCAR, A. P. A. de. **A Expressão das Desigualdades Urbanas: Análise Espacial da Distribuição da Infra-Estrutura na Cidade de Maceió, Alagoas**. 2007. 214 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

BENZ, U.; HOFMANN, P.; WILLHAUCK, G.; LINGENFELDER, I.; HEYNEN, M. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 58, n.3-4, p.239-258, 2004.

CARVALHO, L. M.; CAVALCANTI V. R.; SILVA J. D. N. **Expansão urbana versus planejamento em área de bacia endorreica: o bairro Cidade Universitária, Maceió (AL)**, In: 4º congresso luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável. 2010, Faro – Portugal. Anais...Faro: Pluris 2010.

CARVALHO, L. M.; ROBALINHO, V. C. **Urbanização e drenagem: o caso da bacia endorreica de Maceió-AL**. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2010, Fortaleza. Anais...Recife: SRHN, 2010. p. 1-20.

CAVALCANTE, A.T., WANDERLEY, P.R. de M. & LIMA, R.C. de A. **As reservas dinâmicas dos sistemas aquíferos Barreiras e Barreiras/Marituba a partir da análise das hidrógrafas dos rios Pratagy, Messias e Remédios. Maceió-Alagoas**. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 1992, Recife. 1992, Anais... Recife: SRHN, 1992.

CONCEIÇÃO, J. da; SOUZA, J. C. O. de; e FERREIRA NETO, J. V. **Monitoramento do rebaixamento do lençol freático na região do Tabuleiro do Martins – Maceió / AL**. In: XIV Encontro Nacional De Estudantes De Geografia, 2003, Goiânia. Anais... Goiânia: ENEG, 2003.

FERREIRA NETO, J. V.; SANTOS, R. J. Q. dos; LIMA, R. C. de A. Os Recursos Hídricos da Área do Tabuleiro do Martins – Maceió/AL. In: ARAÚJO, Lindemberg Medeiros de. (Org.) **Geografia: espaço, tempo e planejamento**. Maceió: Edufal. 2004, 320 p.

FERREIRA NETO, J. V.; SANTOS, R. J. Q.; CAVALCANTE, A. T. e WANDERLEY, P. R. M. **Gerenciamento dos recursos hídricos da bacia evapométrica do Tabuleiro do Martins – Maceió/AL**. In: IV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2002, Maceió. Anais... Maceió: SRHN, 2002.

NEVES, M. G. F. P.; SOUZA, V. C. B.; PEPLAU, G. R.; SILVA JÚNIOR, R. I.; PEDROSA, H. T. S.; CAVALCANTE, R. B. L. **Características da bacia do Riacho Reginaldo em Maceió-AL e suas implicações no escoamento superficial**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. Anais... São Paulo: SBRH, 2007.

PEDROSA, V. A. **O controle da urbanização na macrodrenagem de Maceió: Tabuleiro do Martins**. 1996. 139 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Faculdade de Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

PEPLAU, G. R. **Influência da variação da urbanização nas vazões de drenagem na Bacia do Rio Jacarecica em Maceió-AL**. 2005. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

RIBEIRO, R. A.; AYMONE, J. L. F.; LEÃO, S. Z. **Aplicação do Geoprocessamento no estudo da impermeabilidade urbana**. In: IX Encontro de Modelagem Computacional, 2006, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: CEFET/MG e IRRJ/UERJ, 2006.

SLONECKER, E. T., JENNING, D.; GAROFALO, D. Remote sensing of impervious surface: A review. **Remote Sensing Reviews**, 20, 227–255. 2001.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: Rebouças, A. da C. et al (org.). **Águas doces no Brasil**. 3ª Edição. São Paulo: Escrituras, 2006. 717 p.