

## **Análise da expansão urbana versus o comportamento da rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande – PB através de imagens de satélite**

Ester Luiz de Araújo<sup>1,2</sup>  
Iana Alexandra Alves Rufino<sup>1,3</sup>  
Rony Lopes Lunguinho<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CTRN  
Caixa Postal 505 – Campina Grande - PB, Brasil

<sup>2</sup> esterluiz.eng@gmail.com, <sup>3</sup> iana\_alex@uol.com.br, <sup>4</sup> lopes.rony@gmail.com

**Abstract.** The remote sensing techniques are an important instrument to analyze the urban growth. Satellite images from different dates permits to observe the dynamics of urban growth. Geoprocessing tools allied this Remote sensing techniques has been widely used in urban studies. In this context, this work studies the urban growth during 1989 until 2007 of Campina Grande city, based on images from the Thematic Mapper sensor of Landsat 5 satellite. Besides that, it is discussed the actual conditions of the water supply network like a important urban facility in any urban growth process.

**Palavras-chave:** remote sensing, urban growth, water supply network, sensoriamento remoto, expansão urbana, rede de distribuição de água.

### **1. Introdução**

Atualmente, o crescimento desordenado das cidades de grande e médio porte é um desafio para muitos estudiosos do meio urbano, pois o mesmo se dá de forma acelerada e desorganizada, trazendo problemas de ordem social, econômica e de infra-estrutura (Ferrari e Lapolli, 2000).

A expansão de áreas urbanas está diretamente ligada ao crescimento e distribuição espacial da população. Os censos demográficos produzem avaliações quantitativas sobre as populações e os mapas de densidade demográfica informam também as necessidades de infraestrutura (Costa e Alves, 2005).

O sistema de distribuição de água é um exemplo de estrutura urbana que traz grandes problemas caso não acompanhe o crescimento da cidade. Como em geral esse crescimento ocorre sem nenhum planejamento, é um desafio para as companhias de abastecimento de água atender a essas áreas de expansão.

Nesse contexto, os sensores remotos a bordo de novos satélites são cada vez mais adequados a estudos urbanos, em função do aumento do seu poder de resolução espacial, espectral e radiométrica Ferrari e Lapolli (2000). As imagens orbitais apresentam como vantagens a possibilidade de obtenção de dados num curto espaço de tempo e baixo custo, além de permitir uma visão sinótica da área de estudo proporcionada pela tomada dos dados na vertical (Pereira *et al*, 2005).

Através de imagens de satélite é possível ter uma visão mais ampla das feições de várias áreas da superfície terrestre e realizar análises temporais: as imagens podem ser processadas e analisadas de acordo com o interesse do usuário (Cavalcante *et al*, 2007).

Zhao-ling *et al* (2007) afirmam que o monitoramento da expansão urbana e a simulação da dinâmica urbana usando tecnologias de informações espaciais como Sensoriamento Remoto (SR) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são os principais aspectos das aplicações urbanas de Sensoriamento Remoto, e que, nos últimos anos muitas pesquisas foram realizadas em áreas desenvolvidas e em metrópoles, mas que pouco foi feito para médias e pequenas cidades.

Neste trabalho utilizou-se o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), *software* de geoprocessamento, que juntamente com as técnicas de sensoriamento remoto auxilia na caracterização do meio físico e sua ocupação antrópica, verificando a extensão e a intensidade do crescimento urbano.

Diante desta realidade, o presente trabalho visa apresentar o crescimento da mancha urbana da cidade de Campina Grande – PB através da comparação de imagens de satélite em diferentes datas, mostrar a expansão vertical de algumas áreas da cidade e analisar como a rede de distribuição de água está se comportando diante desse processo de expansão.

## 2. Área de Estudo

A cidade de Campina Grande - PB está localizada a 7°13'11" de latitude Sul e 35°52'31" de latitude Oeste (Figura 1), no agreste paraibano na região oriental do Planalto da Borborema. O município apresenta um relevo forte e ondulado com curvas de níveis variando de 337 m e 665 m acima do nível médio do mar.



Figura 1. Localização Geográfica do município de Campina Grande – PB.

Segundo Pereira e Melo (2008), Campina Grande é o segundo município em população do Estado e exerce grande influência política e econômica sobre as cidades circunvizinhas. Na última estimativa da população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2009 o município apresentava uma população de 383.764 habitantes.

O aumento populacional do município ao longo das últimas décadas, ocasionou mudanças na organização do espaço urbano. Muitas vezes, essa mudança ocorre espontaneamente, na ausência de um adequado planejamento (Cordão, 2009).

O serviço de abastecimento de água da cidade é feito pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). O reservatório que abastece o sistema é o Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão) que pertence à bacia hidrográfica do rio Paraíba.

A rede de distribuição de água da cidade de Campina Grande é abastecida por três adutoras (500, 700 e 800 mm), conta com 16 reservatórios em operação, possui uma capacidade de reserva de 59.270 m<sup>3</sup> e aproximadamente 540 km de comprimento (Cordão, 2009).

### 3. Metodologia

#### 3.1 Aquisição de Imagens

Para a realização deste trabalho foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 5 (*Land Remote Sensing Satellite*), sensor TM (*Thematic Mapper*), em datas distintas, uma da década de 80 e outra dos anos 2000.

As imagens utilizadas foram adquiridas no catálogo *on-line* disponível no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE (2010).

A data de coleta das imagens e a órbita/ponto das mesmas podem ser vista na Tabela 1.

Tabela 1. Data de coleta das imagens

Órbita/Ponto	Data de passagem
214/65	10/07/1989
214/65	29/08/2007

#### 3.2 Georreferenciamento das imagens

O georreferenciamento das imagens do Landsat5/TM dos anos de 1989 e 2007 foi realizado no SPRING, versão 5.0.6 do INPE e no seu aplicativo IMPIMA. Este processo foi dividido em oito etapas: (i) criação do banco de dados, (ii) criação do projeto, (iii) criação dos modelos de dados, (iv) criação de planos de informações, (v) transformação de imagem \*.TIFF em arquivo \*.SPG, (vi) registro de imagem, (vii) criação de pontos de controle e (viii) importação de arquivos SPG.

No processo de georreferenciamento foi utilizado como referência a carta de Campina Grande, SUDENE (1970), escala 1:100.000, obtida no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AES/A). A imagem da cidade disponível no GoogleMaps também auxiliou no processo de georreferenciamento.

#### 3.3 Aplicação de Composições

De acordo com MORAES (1996) a energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição denominada de espectro eletromagnético.

A energia eletromagnética é o meio através do qual os dados dos objetos são transmitidos ao sensor transformando-se através da sua frequência, intensidade e polarização em informação. As interações entre a radiação eletromagnética e os objetos variam ao longo do espectro eletromagnético Rocha (2000). O espectro eletromagnético representa a distribuição da radiação eletromagnética, por regiões, segundo o comprimento de onda e a frequência Florenzano (2002).

Neste trabalho foram realizadas composições coloridas de forma a realçar o máximo possível a zona urbana diferenciando-a do seu entorno. Diante disto, a partir das imagens dos canais do visível foram realizadas composições do tipo *falsa cor*, e aplicados contrastes lineares para aumentar a nitidez das imagens para interpretações visuais da mesma. A composição aplicada foi 321 (Banda 3 no Red, Banda 2 no Green e Banda 1 no Blue).

#### 3.4 Delimitação da Zona Urbana

A Zona Urbana foi delimitada através do processo de edição vetorial do *software* SPRING. Através da mancha urbana determinada pela composição aplicada foi possível digitalizar o perímetro e gerar um arquivo poligonal shapefile e determinar sua área.

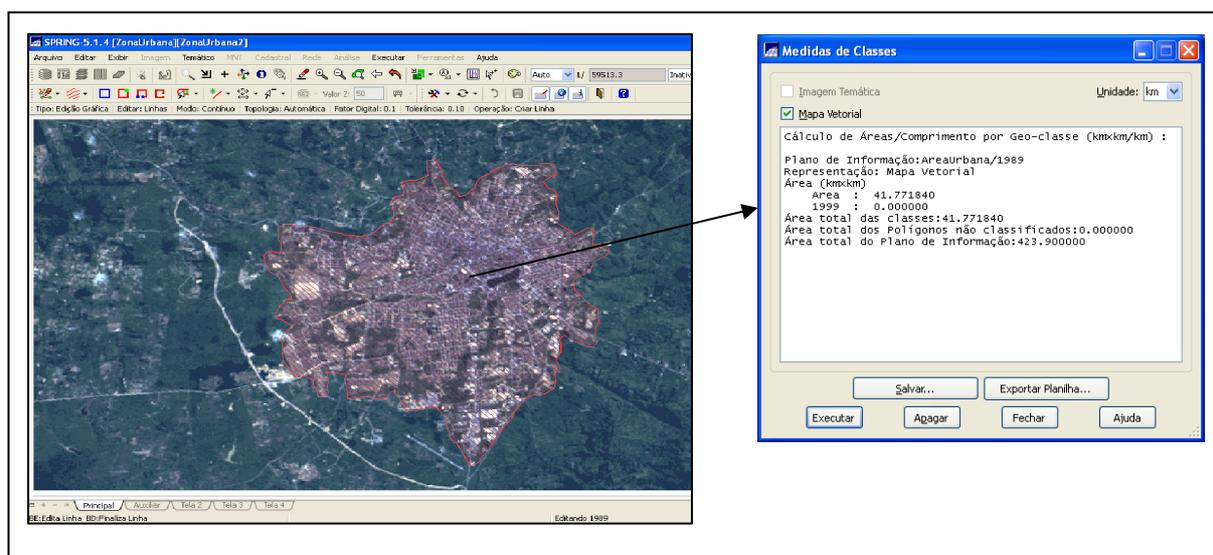


Figura 3. Determinação da Área Urbana

### 3.5. Principais anéis da rede geral de água

A rede de distribuição de água da cidade possui aproximadamente 540 km comprimento com diâmetros variando de 50 a 800 mm e conta com 16 reservatórios em operação que totalizam uma capacidade de reserva de 59.270 m<sup>3</sup>, cada reservatório atende uma determinada área de influência. Os dados dos principais anéis da rede geral foram obtidos junto a CAGEPA em formato impresso na escala 1:15.000 Cordão (2009) e foram digitalizados para serem utilizados. Na figura 4a pode-se observar os principais anéis da rede geral de água e na figura 4b as áreas de influência dos reservatórios em operação.

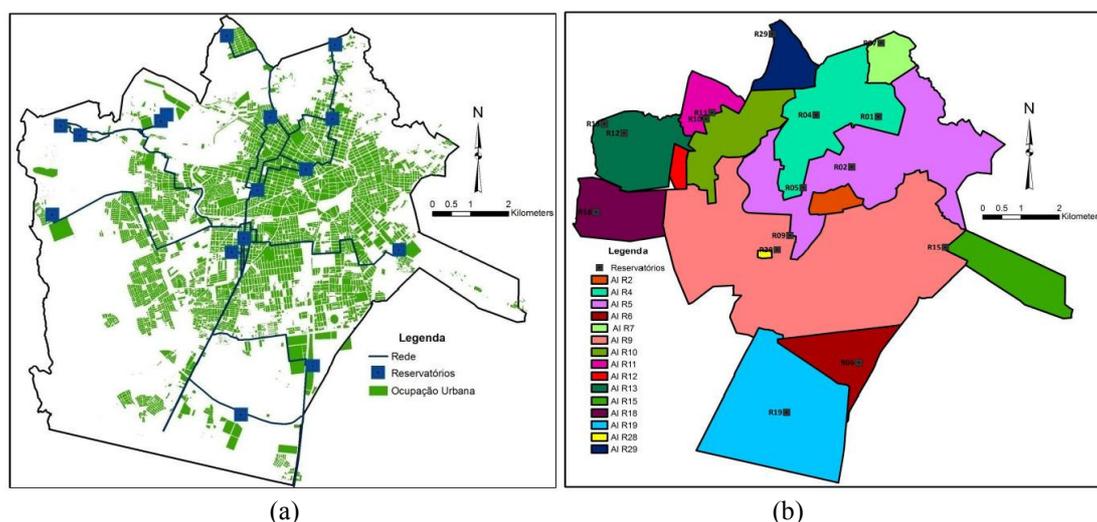


Figura 4 – (a) Principais anéis da rede e localização dos reservatórios em operação; (b) Áreas de influência dos reservatórios. Fonte: Cordão (2009).

## 4. Resultados e discussões

A cidade de Campina Grande tem apresentado como em grande parte das cidades do país, um rápido e desordenado crescimento ao longo das últimas décadas. Nos últimos anos, o crescimento da cidade tem apresentado um caráter misto, ou seja, expansão da macha urbana,

caracterizado pelo crescimento horizontal e grande número de novos edifícios residenciais em muitas áreas da cidade, reflexo do crescimento vertical.

Na figura 5 pode-se perceber o crescimento da mancha urbana ao longo de duas décadas e na tabela 2 os valores de área urbana para os anos de 1989 e 2007.

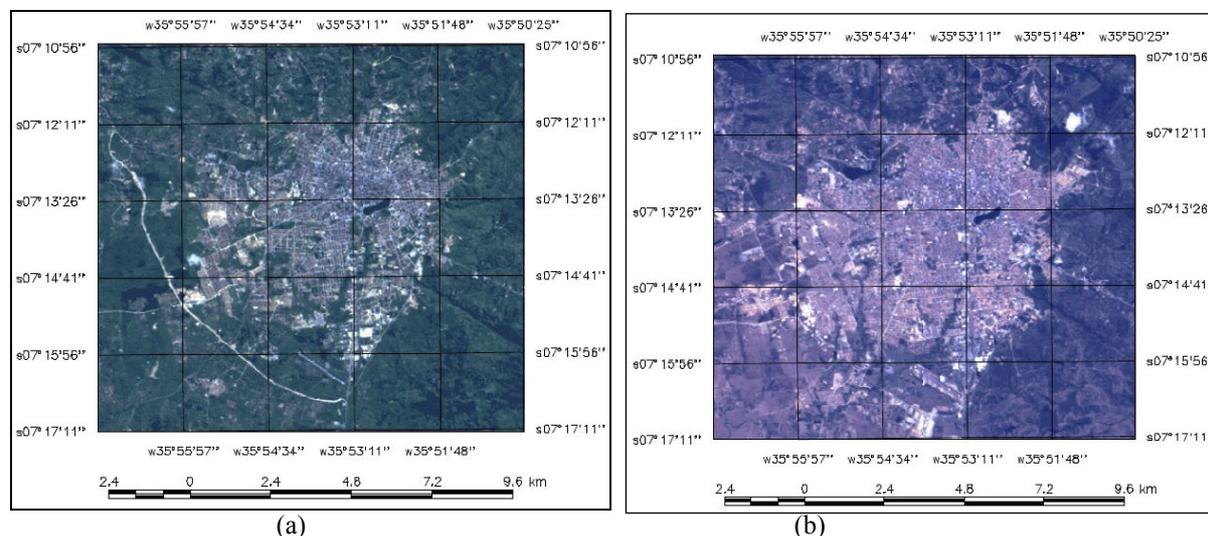


Figura 5. Mancha urbana da cidade de Campina Grande – PB, (a) Ano: 1989; (b) Ano: 2007

Tabela 2. Área urbana da cidade de Campina Grande – PB para os anos de 1989 e 2007.

<i>Ano</i>	<i>Área Urbana (km<sup>2</sup>)</i>
1989	44.069
2007	59.989

Camboim e Bonates (2010), afirma que o fato de Campina Grande ser uma dos principais pólos tecnológicos do país e um importante centro educacional do Nordeste pode ter influenciado o atual processo de verticalização da área urbana campinense. Na figura 6 pode ser observado os principais edifícios altos da cidade, reflexo do processo de verticalização.

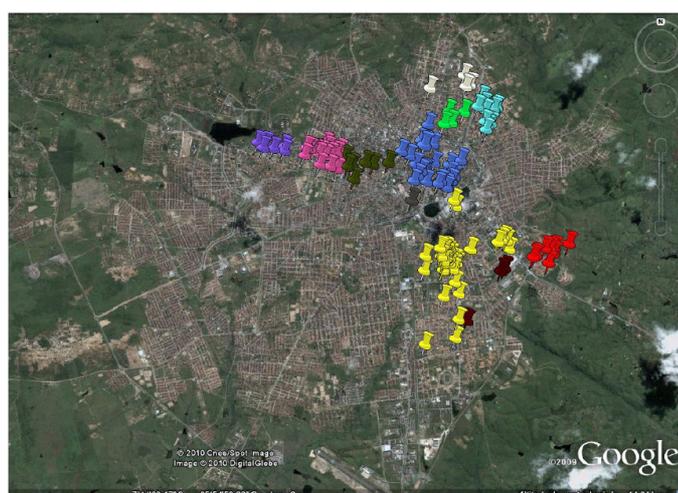


Figura 6. Área urbana de Campina Grande – PB com os principais edifícios altos da cidade. Fonte: Camboim e Bonates (2010)

Além do espalhamento da cidade e de alguns vetores de crescimento facilmente identificados, a figura 7 apresenta a grande quantidade domicílios do tipo “CASA”, apresentado no censo 2000. Sabe-se que a partir das informações do Censo 2010, este

“retrato” da tipologia dos domicílios estará completamente diferente, haja vista a grande quantidade de edifícios na cidade de Campina Grande (Figura 6) que já pode ser visualizadas nos estudos iniciais de Camboim e Bonates (2010).

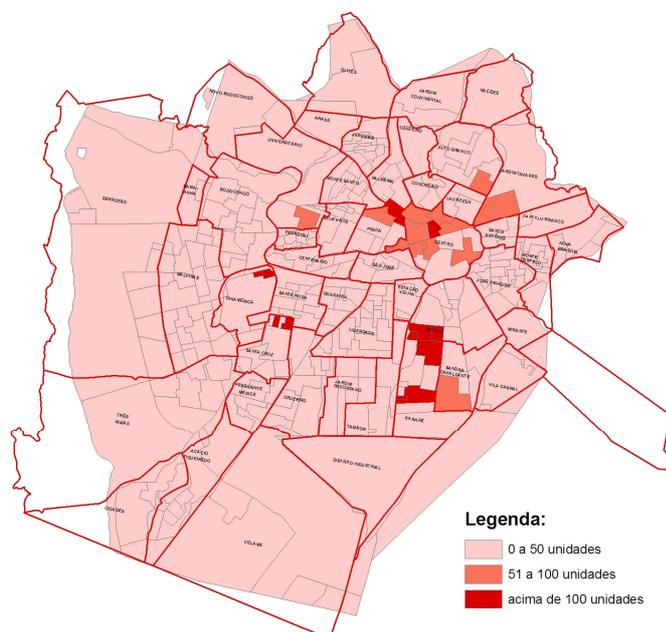


Figura 7. Número de domicílios do tipo apartamento em 2000.

O crescimento desordenado da cidade pode gerar uma série de problemas relacionados à infra-estrutura, entre estes problemas está a capacidade da rede de distribuição de água, estrutura urbana vital ao desenvolvimento de qualquer cidade.

Através da Figura 8, é possível notar que a área urbana do município esta aumentando rapidamente e que este crescimento pode não ser acompanhado pela rede de distribuição de água da cidade, fato que pode comprometer o atendimento a demanda de água nas áreas de expansão.

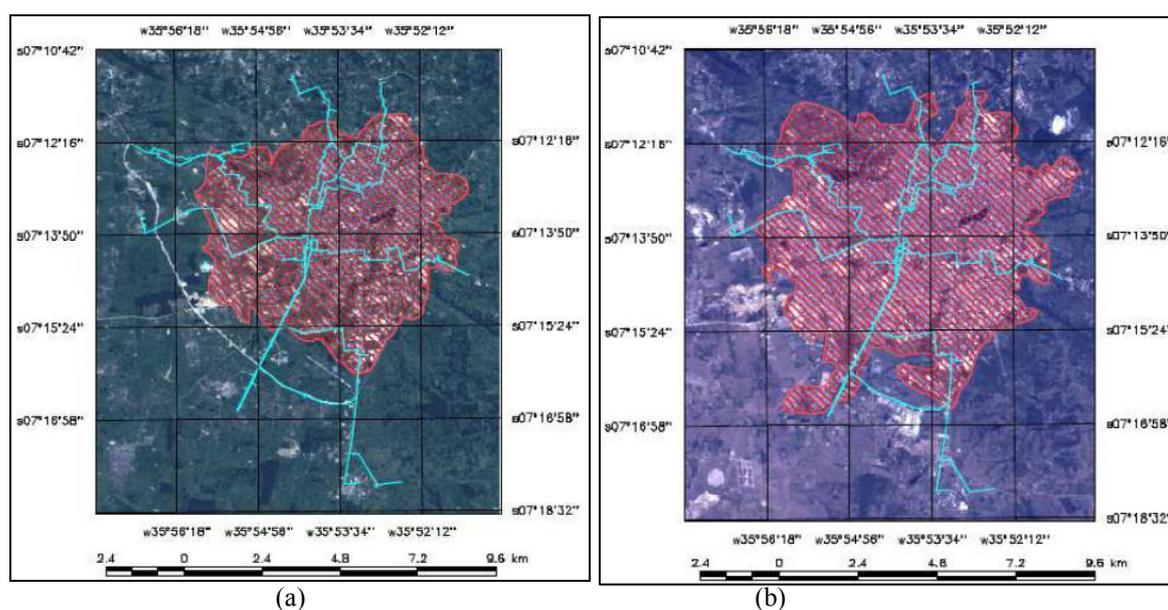


Figura 8. Área urbana e rede de condutos principais de Campina Grande – PB, (a) Ano: 1989; (b) Ano: 2007

Outro fator que pode comprometer o atendimento a demanda pela rede de distribuição de água é o adensamento provocado pelo alto índice de verticalização em algumas áreas da cidade. Com os dados do censo 2010 e pesquisas de campo será possível analisar quais os reservatórios e as partes da rede de distribuição de água serão comprometidas no atendimento a demanda devido ao processo acelerado de verticalização.

## 5. Considerações Finais

As técnicas de sensoriamento remoto juntamente com os Sistemas de Informações Geográficas têm apresentado bons resultados em estudos no meio urbano, especialmente em análises de crescimento das cidades.

Através dos resultados das análises de expansão urbana é possível realizar o planejamento da cidade, tendo em vista a ampliação dos serviços de infra-estrutura, principalmente a rede de distribuição de água.

Diante do estudo realizado para a cidade de Campina Grande e em consulta a especialista é possível notar que a rede de distribuição de água existente ainda atende a demanda atual, entretanto, em virtude do contínuo crescimento da cidade, tanto horizontal quanto vertical, pesquisas mais detalhadas com simulação de cenários de expansão e análises de comportamento da rede de distribuição atual nas novas condições de demanda seria um importante instrumento na avaliação dos impactos da expansão urbana nos serviços de infra-estrutura da cidade.

## 6. Referências

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – GEO Portal. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoport>>. Acesso: out. 2010.

Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by objectoriented data modeling. **Computers & Graphics**, v. 3, n 20, p. 395 – 403, 1996.

Camboim, I. L. M. Bonates, M. F. As dinâmicas do processo de verticalização: a reinvenção da paisagem urbana de Campina Grande – PB. In: VII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, Brasil, outubro de 2010, UFCG. C&T e Desigualdades Regionais no Brasil, 2010. v. I.

Cavalcante, V. R.; Sobrinho, F. C. M.; Júnior, A. F. S. Estudo do crescimento urbano no município de Goiânia-GO por meio de ferramentas de geoprocessamento com ênfase em sensoriamento remoto. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - INPE, 2007. p. 5143-5150. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2006/11.08.19.35/doc/5143-5150.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2010.

Cordão, M. J. S. Modelagem e otimização da disposição espacial de unidades de reservação em redes de distribuição de água utilizando geotecnologias. 2009. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2009.

Costa, A. N.; Alves, M. G. Monitoramento da expansão urbana no município de Campos dos Goytacazes – RJ, utilizando geoprocessamento. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Goiânia, Brasil, 16 - 21 abril 2005, INPE. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - INPE, 2005. p. 3731-3738. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.17.48/doc/3731.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2010.

Ferrari, F. B. ; Lapolli, É. M. Uma proposta de avaliação da expansão urbana na ilha de santa catarina utilizando técnicas de sensoriamento remoto. In: IX Simposio Latinoamericano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial - SELPER, 2000, Puerto Iguazú. Anais do IX Simposio Latinoamericano de Percepción

Remota y Sistemas de Información Espacial - SELPER, 2000. p. 1500 – 1506. Disponível em: <<http://www.selper.org/trabajos/uso028.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2010.

Florenzano, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos, 2002. 93 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). Disponível em : <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 18 out. 2010.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: outubro de 2010.

Moraes, E. C. Fundamentos de Sensoriamento Remoto. In: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São Paulo: UFV, 2000. 319 p.

Pereira, M. N.; Gonçalves, C. D. A. B.; Souza, I. M.; Garcia, S.; Portela, A. G.; Almeida, C. M.; Rosemback, R.; Florenzano, T. G. Uso de imagens de satélite como subsídio ao estudo do processo de urbanização. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005. 39 p. (INPE-12912-RPQ/251).

Pereira, S. S.; Melo, J. A. B. Gestão dos resíduos sólidos urbanos em Campina Grande/PB e seus reflexos socioeconômicos. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional - G&DR**, v. 4, n. 4, p. 193-217, 2008.

Zhao-ling, H. U.; Pei-jun, D.U.; Da-zhi, G. U. O. Analysis of urban expansion and driving forces in Xuzhou city based on remote sensing. **Journal of China University of Mining & Technology**, v. 17, n. 2, p. 267 – 271, 2007.