

Expansão do espaço urbano do município de Campina Grande-PB a partir de técnicas de sensoriamento remoto

Madson Tavares Silva¹,
Vicente de Paulo Rodrigues da Silva¹
Stephanny Conceição Farias do Egito Costa¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Caixa Postal 10078 - 58109-970 - Campina Grande - PB, Brasil
madson_tavares@hotmail.com, vicente@dca.ufcg.edu.br,
stephanny_egito@hotmail.com

Abstract. Campina Grande, the second largest city in the state of Paraíba, is an important educational, industrial and technological center, with $-7^{\circ}13'50''$ of latitude and $-35^{\circ}52'52''$ of longitude, and an average altitude of 551 m. Mainly from 1985, its urban structure has undergone great changes, expanding, growing and demanding a transport infrastructure that encourages the flow of production, population mobility and the commercial trade with other regions. Thus, this work aims to analyze the transport – urban expansion interrelation. The methodology consisted of: a bibliographical survey to support the theoretical approach; the study and analysis of the TM/LANDSAT 5 (1989 e 2007) satellite images, available at the National Institute of Space Research (INPE) - <http://www.dpi.inpe.br>, to detect the evolution and tendency of the city area occupation; georeferenced information and representations of the city's political boundaries, as well as its districts; the road network; the land use and the geoeconomic zoning provided by the Secretary of Planning Department of Campina Grande (SEPLAN), in order to obtain information about planning and urban management. In this context, remote sensing and geoprocessing become important tools to the study of transport dynamics focused on the development of the city, considering that it is possible to obtain multitemporary images and cadastral information. In its conclusions, this work shows the relevance of transportation planning for the production and social chains in a mix of administrative management and urban growth, demonstrating that investment in the transport sector is also related to the well being and quality of life.

Palavras-chave: urbanization, transportation planning, remote sensing, urbanização, planejamento de transportes, sensoriamento remoto

1. Introdução

Nos últimos anos, muitos pesquisadores tem procurado entender as mudanças temporais e espaciais nos padrões da paisagem urbana visando obter respostas mais elucidativas sobre a dinâmica de uso do solo. A maioria dos estudos utiliza métodos para quantificar padrões através do tempo. Embora seja evidente a necessidade de abordagens complementares, que propiciem esclarecimentos sobre a dinâmica da paisagem para o gerenciamento local, poucos estudos propõem metodologias alternativas (Greenhill et. al., 2003).

A compreensão dos padrões de mudanças, de suas causas e conseqüências sócio ambientais, deverá conduzir ao aprimoramento da capacidade de predizer dinâmicas futuras e estabelecer diretrizes e ações para o gerenciamento local (Kienast, 1993). Isso é especialmente importante em área urbanas, onde os conflitos frequentemente surgem em decorrências às múltiplas demandas sociais, econômicas e ambientais (Turner, 1996).

O ordenamento territorial, no qual se inclui o planejamento do uso do solo, é um processo de apoio à administração urbanística, através do qual se elaboram modelos normativos específicos denominados planos (Pardal et al., 1993). Os planos caracterizam-se por se referirem a determinado espaço num determinado tempo de vigência, e por conterem um componente regulamentar que enquadra e possibilita o controle das intervenções sobre o território.

Neste contexto, o uso Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para o planejamento do uso do solo, vem se mostrando cada vez mais uma ferramenta poderosa e eficiente nas

diversas áreas do conhecimento. Segundo Aronoff (1989) e Bull (1994), os SIGs são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. Este tipo de ferramenta revolucionou o monitoramento e a gestão dos recursos naturais e uso do solo, devido à capacidade de análise de grande quantidade de informação de diversas origens, de forma simultânea. Não se torna portanto surpreendente que recentemente tenha havido um crescente interesse na utilização de ferramentas com recurso de SIG como um suporte de apoio à decisão (Eastman et al., 1993).

A análise espacial em muitos casos não se verifica, por se tratar apenas de uma informação associada a uma rede ou um espaço territorial. Porém, já existem alguns trabalhos em se procura verificar uma correlação entre o valor do dado e sua localização no espaço geográfico. Como exemplo de aplicação de um SIG na análise espacial num projeto de planejamento de transportes tem-se o plano de transportes na cidade de Bauru-São Paulo (Raia, 2000).

Forster (1994) afirma que o sensoriamento remoto surge como uma técnica alternativa e bastante eficiente para avaliar o processo de crescimento do espaço urbano. Esta técnica, aliada a outras tecnologias, fornece a possibilidade de monitorar, além do crescimento urbano, os problemas ambientais decorrentes do processo de expansão da mancha urbana.

Neste particular, o objetivo do presente artigo é identificar a tendência de crescimento e consumo do espaço urbano no município de Campina Grande - PB, com base em imagens do Mapeador Temático do Landsat 5, dados de crescimento urbano e do setor de transportes.

2. Metodologia de Trabalho

Para verificar a influência dos sistemas de transportes no crescimento e consumo do espaço urbano no município de Campina Grande - PB o estudo compreendeu as seguintes etapas: (I) Aquisição e processamento digital de imagens do Mapeador Temático do satélite Landsat 5; (II) Aquisição de bases geográficas e dados referentes as características da malha viária, densidade demográfica, mudanças referentes ao uso do solo; e (III) Análise multitemporal dos resultados por meio da integração entre as informações obtidas (Figura 1).

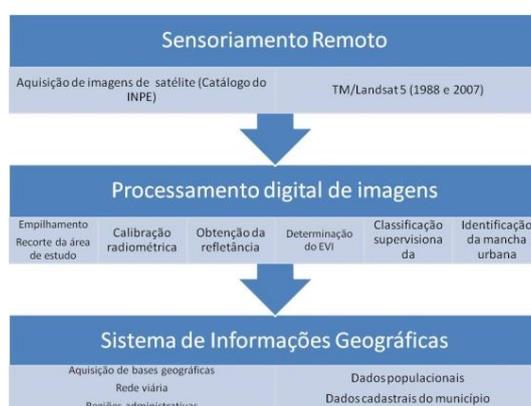


Figura 1. Fluxograma de resolução do estudo.

Caracterização da área de estudo

A sede do município de Campina Grande está situada na Mesorregião Geográfica do Agreste Paraibano, na Zona Centro Oriental da Paraíba no planalto da Borborema. A cidade de Campina Grande apresenta uma localização com certo privilégio em relação a equidistância aos principais centros do Nordeste, com 7° 13' 50" de latitude Sul e 35° 52' 52"

de longitude Oeste de Greenwich (Figura 2), distante 124 km da Capital do Estado, os principais acessos a sede do Município são as Rodovias Federais BR 230 (Transamazônica) e a BR 104, que cruzam a cidade no sentido Leste-Oeste e Norte-Sul, respectivamente; e a BR 412, que faz conexão com o Cariri e interior de Pernambuco. Campina Grande é o segundo município em população e exerce grande influência política e econômica sobre outros 57 municípios do Estado da Paraíba. Este conjunto de municípios é denominado de Compartimento da Borborema e é constituído de 5 microrregiões conhecidas como Agreste da Borborema, Brejo Paraibano, Cariris Velhos, Seridó Paraibano e Curimataú. O município de Campina Grande e sua zona urbana apresentam, respectivamente, áreas de 621 km² e 98 km², aproximadamente.

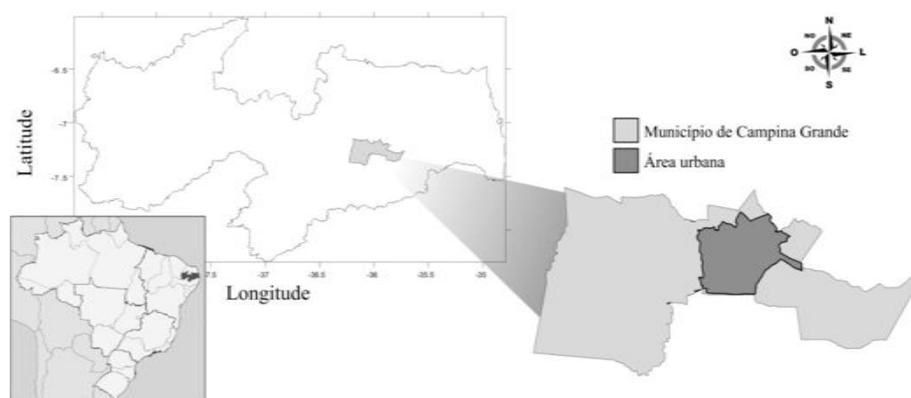


Figura 2. Localização geográfica da área de estudo.

Aspectos Socioeconômicos

O município foi criado em 1788, a população total para o ano de 2010 é de 385.276 habitantes, sendo mais de 95% na área urbana. Seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,721. Existem 2.634 leitos hospitalares, em 133 estabelecimentos de saúde, sendo 82 estabelecimentos prestadores de serviços ao SUS (Sistema Único de Saúde). O ensino fundamental tem 80.427 matrículas e o ensino médio 19.764. Presença de unidades de ensino superior. Os programas ou ações na área de geração de trabalho e renda são: incentivos para atração de atividades econômicas, benefício tributário relativo ao IPTU, benefício tributário relativo ao ISS, cessão de terras, fornecimento de infraestrutura, programa de geração de trabalho e renda e capacitação profissional. Verifica-se descentralização administrativa com a formação de conselhos nas áreas de educação, saúde, assistência social, emprego/trabalho, turismo, meio ambiente, transportes, política urbana ou desenvolvimento urbano e orçamento. Outros conselhos de política setoriais e fundo municipal nas áreas de educação, saúde, assistência social, turismo, cultura, meio ambiente e transportes. Existem centros sócio-culturais como bibliotecas públicas, museus, teatros ou salas de espetáculos, cinemas, clubes e associações recreativas, estádios ou ginásios poliesportivos, estações de rádio AM e FM, geradora de TV e provedor de Internet (IBGE, 2011).

Processamento digital de imagens

Para a realização deste estudo foram utilizadas duas imagens geradas pelo Mapeador Temático do satélite Landsat 5, compostas de sete bandas espectrais, cujas principais características estão descritas na Tabela 1. Essas imagens correspondem à passagem do Landsat 5 – TM sobre a área de estudo, nos dias 10 de julho de 1989 (Figura 3) e para o dia 29 de agosto de 2007 (Figura 4), na órbita 214 e ponto 65. Neste estudo foi utilizado o

software ERDAS 9.2, para obtenção do EVI e na construção do banco de dados geográficos e na integração de todas as informações disponíveis da área de estudo.

Tabela 1. Descrição dos canais do Mapeador Temático (TM) do Landsat 5, com os correspondentes intervalos de comprimentos de onda, coeficientes de calibração (radiância mínima - *a* e máxima - *b*) e irradiâncias espectrais no topo da atmosfera (TOA).

Banda	<i>a</i> (Wm ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹)	<i>b</i> (Wm ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹)	<i>K</i> _{λi} (Wm ⁻² μm ⁻¹)
1	-1,52	193,0	1957
2	-2,84	365,0	1826
3	-1,17	264,0	1554
4	-1,51	221,0	1036
5	-0,37	30,2	215,0
6	1,2378	15,303	-
7	-0,15	16,5	80,67



Figura 3. Imagem TM/Landsat 5 em composição das bandas (RGB345) referente à área de estudo no dia 10/07/1989.

Figura 4. Imagem TM/Landsat 5 em composição das bandas (RGB345) referente à área de estudo no dia 29/08/2007.

Para diferenciação da área urbana dos demais tipos de cobertura de solo para o período estudado foi utilizado o índice de vegetação EVI. Tal índice foi formulado a partir de uma combinação de outros dois índices de vegetação: o SAVI (*Soil-Adjusted Vegetation Index*; Huete, 1988) e o ARVI (*Atmosphere Resistant Vegetation Index*; Kaufman & Tanré, 1992), tendo a finalidade de atenuar os efeitos do solo e da atmosfera sobre o monitoramento da vegetação, de acordo com a Equação (1):

$$EVI = G * \frac{(NIR - Vermelho)}{(L + NIR + C1 * Vermelho - C2 * Azul)} \quad (1)$$

em que: NIR = reflectância no infravermelho próximo; Vermelho = reflectância no vermelho; Azul = reflectância no azul; C1 = coeficiente de correção dos efeitos atmosféricos para a banda do vermelho (6); C2 = coeficiente de correção dos efeitos atmosféricos para a banda do azul (7,5); L = fator de correção para a interferência do solo (1); G = fator de ganho (2,5). Os coeficientes C1 e C2 podem ser alterados de acordo com condições regionais.

A partir das cartas do EVI foi possível identificar com mais nitidez as diferentes classes de cobertura do solo, sendo então possível aplicar o processo da classificação de cada pixel. Desse modo, foram geradas duas cartas temáticas de cobertura de solo do município, tornando possível quantificar as classes temáticas nas duas datas de estudo. A quantificação das áreas das classes existentes foi obtida gerando-se um plano de informação contendo a frequência de cada classe do EVI. Para a classificação das imagens foi adotado o algoritmo da Máxima Verossimilhança (MAXVER), em que considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis de cinza das classes (Leão et al., 2007). Para o mapeamento temático do estudo em questão, quatro classes foram definidas: Água superficial, área urbana, vegetação e solo exposto. Consideraram-se áreas urbanas como as áreas que compreendem maior densidade populacional, incluindo núcleos urbanos. As Figuras 5 e 6 apresentam os produtos finais do processamento digital das imagens.

3. Resultados e Discussão

Para que se pudesse ter uma visão espacial do crescimento da mancha urbana de Campina Grande - PB, inicialmente foram produzidos mapas temáticos (Figuras 5 e 6), produto da classificação supervisionada do índice de vegetação EVI, que foi obtido a partir do processamento digital das imagens de satélite. De acordo com as Figuras 5 e 6 é possível observar a expansão da área urbana do município de Campina Grande-PB entre o período de 1989 e 2007. Observa-se maior adensamento urbano na região do entorno do Açude Velho, localizado no centro comercial da cidade, todavia as regiões sul e sudoeste apresentaram nos últimos anos maior tendência de ocupação. As Figuras 5 e 6 também permitem a análise conjunta do desenvolvimento urbano e/ou populacional do município, pois, sabe-se que a ocupação do solo é fator determinante para a caracterização do espaço urbano e diretrizes das necessidades de planejamento e infra-estrutura de transportes.

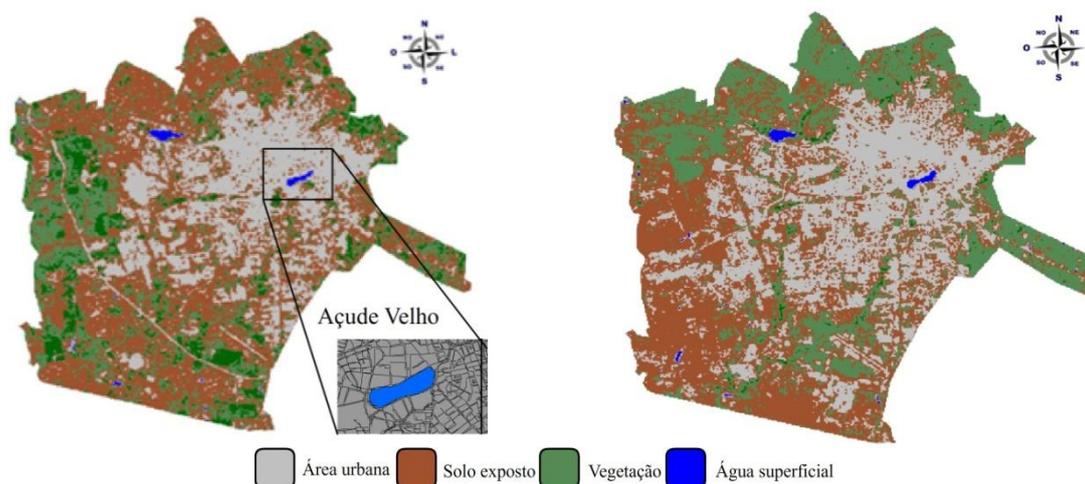


Figura 5. Mapa temático da ocupação do solo referente à área de estudo no dia 10/07/1989.

Figura 6. Mapa temático da ocupação do solo referente à área de estudo no dia 29/08/2007.

Observa-se pela Tabela 2 a evolução da população do município de Campina Grande - PB para o período de 1970 a 2008. Em 1970, a população era de 197.802 habitantes com uma densidade demográfica na área urbana de 1.729,35 hab.km⁻²; já para ano de 2008 estes mesmos indicadores são de 381.422 hab. e 3.700,57 hab.km⁻². Com isso é possível observar que a população praticamente duplicou no período de 40 anos. Tal crescimento é justificado

pela forte atratividade da cidade, exercida por sua função de pólo regional, em razão de sua posição geográfica estratégica de entreposto entre a Região do Cariri, o Sertão e o Litoral paraibano, e por ser, essa cidade, um centro universitário e tecnológico de destaque. As correntes imigratórias de população da área rural, muito presentes até início dos anos 80, também impulsionaram o crescimento da sua mancha urbana registrando-se intensa e rápida transformação a partir nos anos 1970 de glebas rurais em loteamentos urbanos na periferia da cidade com variações bastante significativas nas diversas localidades que compõem sua malha urbana, típica de uma estrutura sócio-espacial segregada (Carvalho & Scocuglia - 2008).

Tabela 2. Evolução da população da área urbana do município de Campina Grande – PB.

Ano	Nº habitantes	População Urbana (hab.)	Hab. urbano/km ²
1970	197.802	85,68%	1.729,35
1980	247.964	92,07%	2.329,60
1991	326.307	94,23%	3.137,54
1996	344.730	94,28%	3.316,44
2000	355.331	94,98	3.443,81
2007	371.060	95,03%	3.598,15
2008	381.422	95,08%	3.700,57
2010	385.276	-	-

Fonte: IBGE - Censo Demográfico, 1970/1980/1991/1996 e 2007 (*contagem populacional)

A dinâmica na ocupação do espaço é verificada pela Figura 7, que representa o esquema da expansão do município de Campina Grande-PB entre os anos de 1918 (em destaque) e 2007. Verifica-se, primeiramente, que a ocupação se deu em torno do Açude Velho, em função da disponibilidade de uma fonte de água para as atividades humanas e após nove décadas a mancha expandiu-se de forma a alcançar cerca de 98km². Dados da Secretaria de Planejamento de Campina Grade (SEPLAN, 2010) refletem o quadro urbano do município caracterizado pela acelerada e desarticulada ocupação do território passando em 1980 de apenas 03 grandes favelas para a atual existência de 38 áreas de habitação precária, 739 cortiços, com um déficit habitacional de mais de 12.000 moradias e inúmeros parcelamentos irregulares caracterizados pelo uso e ocupação desordenada do solo, comprometimento ambiental do território, ocupação inadequada de áreas de proteção e deterioração da estrutura urbana existente.

Os mapas temáticos de densidade demográfica da área urbana do município de Campina Grande-PB (Figuras 8 e 9) para o período de 1991 a 2007, respectivamente, refletem a tendência de ocupação do espaço que em sua maior parte está localizada na periferia.

De modo geral, observa-se que os bairros próximos ao centro comercial da cidade apresentam maior taxa de densidade demográfica que variam entre 8000 a 16000 hab.km⁻², todavia para o ano de 2007 (Figura 9) é notória a tendência de ocupação para os bairros periféricos, justificada principalmente pelas atividades de trabalho, educação, lazer, saúde, entre outros.

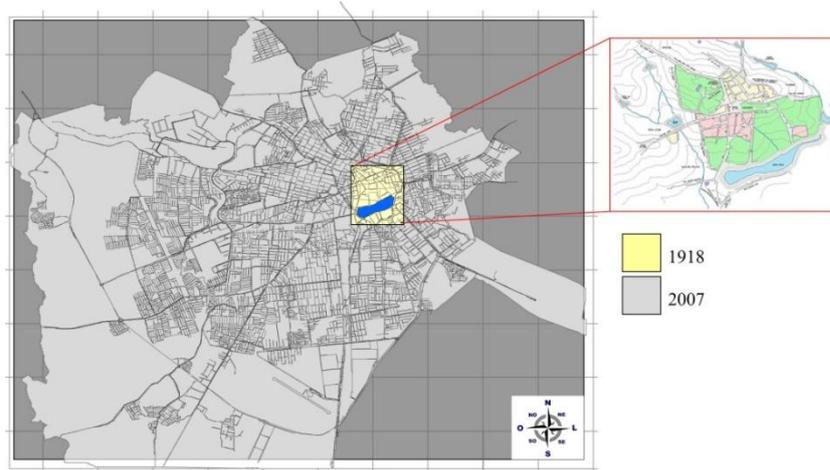


Figura 7. Esquema da expansão do município de Campina Grande – PB.

Esse fato é verificado para o bairro Acácio Figueiredo, próximo ao pólo industrial da cidade, que apresentava taxa de densidade demográfica de 0 a 8000 hab.km⁻² no ano de 1991 enquanto este mesmo índice está entre 16000 a 24000 hab.km⁻² para o ano de 2007. Em geral, zonas com maior densidade demográfica necessitam da implantação de novas vias ou reestruturação das existentes para que a malha viária seja capaz de proporcionar mobilidade e acessibilidade das zonas produtoras para as atrativas de viagens.

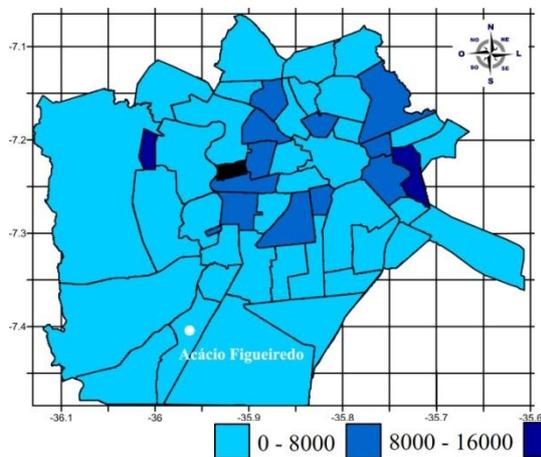


Figura 8. Densidade demográfica da área urbana do município de Campina Grande-PB, segundo dados de 1991.
Fonte: SEPLAN - PMCG

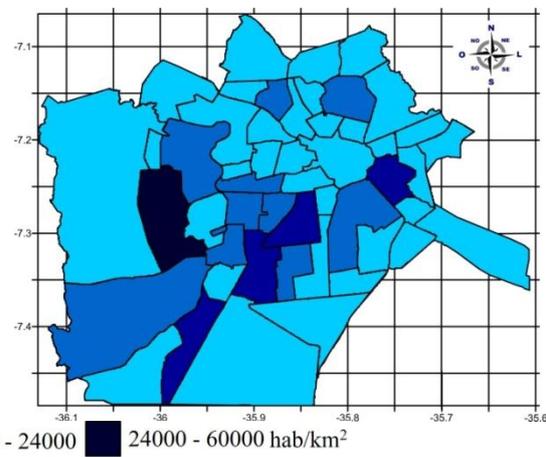


Figura 9. Densidade demográfica da área urbana do município de Campina Grande-PB, segundo dados de 2007.
Fonte: SEPLAN - PMCG

4. Conclusões

A tendência de consumo do espaço urbano deve ser analisada anteriormente a intervenções no sistema de transportes, tendo em vista que quanto mais acelerado for o crescimento da população, mais rápido os instrumentos viabilizadores de mobilidade se tornarão defasados, trazendo então, apenas soluções a curto prazo.

Agradecimentos: Ao CNPq, pela bolsa de Doutorado ao primeiro autor.

Referências Bibliográficas

- ARONOFF, S. Geographic Information Systems. WDL. Publications, Canada. 1989.
- BULL, G. Ecosystem Modelling with GIS. *Environmental Management*, 18(3): 345-349, 1994.
- CARVALHO, M. J. F.; SCOCUGLIA, J. B. Novos discursos, velhos problemas: políticas urbanas e planejamento em Campina Grande-PB (1970-2005). *Revista Alpharrabios*, v.02, n.01, p.1-15, 2008
- EASTMAN, J. R.; JIN, W.; KYEM, P.A.K.; TOLEDANO, J. GIS AND DECISION MAKING,. IN. *Explorations in geographic information system technology*. Genebra: UNITAR, v.04, pp.112, 1993.
- FORSTER, B. C. An examination of some problems and solutions in urban monitoring from satellite platforms. *International Journal of Remote Sensing*, v.06, n.01, p.139-151, 1994 .
- GREENHILL, D. R.; RIPKE, L. T. HITCHMAN, A. P.; JONES, G. A.; WILKINSON, G.G. Characterization of Suburban Areas for Land Use Planning Using Landscape Ecological Indicators *Sensing*. v.41, n.09, p.2015-2021, 2003.
- HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. *International Agrophysics*, v.04, n.04, p.367-376, 1988.
- IBGE (2011). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 20 fev. 2011.
- IBGE (2000). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Setores censitários de 2000. Disponível em : <www.ibge.gov.br> Acesso em: 15 fev. 2011.
- IBGE (2008). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Contagem da população para o ano de 2008. Disponível em: <www.ibge.gov.br> Acesso em: 15 fev. 2011.
- KAUFMAN, Y. J.; TANRE, D. Atmospheric resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS. *IEEE. Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 30, p. 261-270, 1992.
- KIENAST, F. Analysis of historic landscape patterns with a Geographical Information System – a methodological outline. *Landscape Ecology*. v.08, p.103–118, 1993.
- LEÃO, C.; KRUG, L. A.; KAMPEL, M.; FONSECA, L. M. G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. *Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR)*, Florianópolis: INPE, p. 939-946, 2007.
- PARDAL, S.; CORREIA, P.V.D.; LOBO, M.C. Normas Urbanísticas. Vol III. Lisboa: DGOT-UTL. 1993.
- RAIA, A. A. J. Acessibilidade e Mobilidade na estimativa de um índice de potencial de viagens utilizando Redes Neurais Artificiais, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000
- SEPLAN (2010). Secretaria de Planejamento do Município de Campina Grande - PB. Disponível em: <<http://seplan.pmcg.pb.gov.br/>> Acesso em: 20 fev. 2011.
- TURNER, M.G., WEAR, D.N. AND FLAMM, R.O. Landscape ownership and land-cover change in the southern Appalachian highlands and the Olympic Peninsula. *Ecololy. Appl.* v.06, p.1150–1172, 1996.