

## Estimativas de taxas de impermeabilização do solo nas bacias urbanas do município de Campina Grande-PB utilizando sensoriamento remoto.

Iana Alexandra Alves Rufino<sup>1</sup>  
Rodolfo Calado dos Santos<sup>2</sup>  
Bárbara Tsuyuguchi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Professor Adjunto UFCG/CTRN/UAEC  
(iana.alexandra@ufcg.edu.br)

, <sup>2</sup> Aluno de graduação em Engenharia Civil (iniciação científica) da UFCG/CTRN/UAEC  
(rodolfocsantos@hotmail.com)

<sup>3</sup> Eng. Civil, Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental –  
PPGECA/CTRN/UFCG.  
(barbara.tsuyu@gmail.com)

<sup>1,2,3</sup> Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais,  
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil, Campina Grande - PB, Brasil

**Abstract.** The increase of runoff volumes caused by water imperviousness, plus an inefficient urban planning and land use monitoring can be considered the main drivers of water drainage system problems. Geospatial techniques have been widely applied to prepare diagnostics and observe trends, in order to develop control measures. The land use mapping, which has a central role in these studies, can be obtained through the classification of multispectral images, using a GIS (Geographic Information System) environment. In this paper, Landsat images were used to evaluate and measure urban growth in the city of Campina Grande along 25 years period. Future scenarios are simulated using the same growing rate for short, medium and long term periods. The trends of impervious surface increasing are calculated per watershed and the analysis and results indicate some urban watersheds with high risk of saturation. Those results can support zoning restriction guidelines for the studied urban area.

**Palavras-chave:** urban runoff, land use mapping, urban planning, image classification.

### 1. Introdução

A cidade de Campina Grande, assim como outras cidades do Brasil, tem sofrido os reflexos do crescimento acelerado e desordenado de sua área urbana. Para Meierdiercks et al., (2010), pouca atenção é dada às estruturas de drenagem urbana na fase de planejamento de expansão das cidades. Com a impermeabilização do solo, segundo Tucci (2005), a água que infiltrava, passará a escoar através das superfícies impermeáveis, condutos e canais, exigindo maior capacidade de escoamento.

Na hidrologia urbana, é fundamental conhecer detalhadamente as características da ocupação da bacia hidrográfica, pois isso influi diretamente nas taxas de infiltração, que resultam na chuva excedente, que por sua vez produz a vazão dos cursos d'água. Além disso, as características fisiográficas da bacia, como área drenada, declividade e forma, e o grau de intervenções no sistema de drenagem natural, como a existência de canais, galerias, reservatórios de detenção, etc., determinam a velocidade com que a água se concentra numa determinada seção do curso d'água. Esse processo também interfere na magnitude das vazões durante as chuvas intensas. Em resumo, bacias com alto grau de impermeabilização, com alta declividade, com sistemas de drenagem muito velozes tendem a produzir vazões relativamente elevadas (São Paulo, 2012).

## 2. Caracterização da macrodrenagem da área de estudo

O escoamento superficial está diretamente relacionado à topografia e, conseqüentemente, à morfologia das bacias, uma vez que ela determina direções de fluxo e áreas de acúmulo de água. Um planejamento dos serviços de drenagem urbana eficiente depende então, de uma caracterização consistente das bacias e microbacias (macrodrenagem e microdrenagem). Ressalta-se que a delimitação em microbacias ou sub-bacias pode ser tão detalhada quanto seja necessário ao estudo. Neste trabalho é utilizada a delimitação e caracterização hidrológica realizada por Tsuyuguchi et al. (2014) e apresentada na Figura 1.

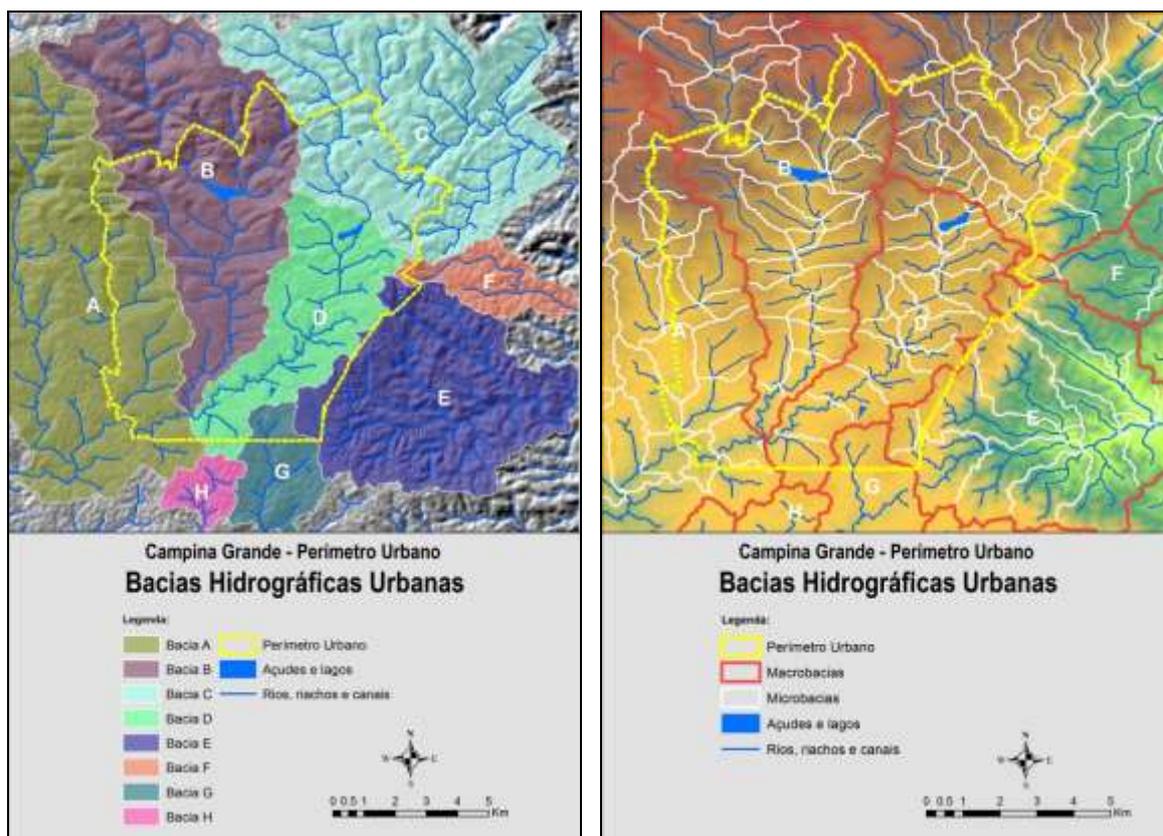


Figura 1 – (a) Bacias de Macrodrenagem e (b) Bacias de Microdrenagem de Campina Grande (Fonte: Adaptado de Tsuyuguchi et al., 2014)

## 2. Estimativas de impermeabilização a partir de sensoriamento remoto

Lillesand, *et al.* (2002) afirma que o Sensoriamento Remoto juntamente com as análises permitidas pelas geotecnologias pode auxiliar muito no monitoramento e gerenciamento do processo de urbanização. O padrão espectral presente dentro dos dados de sensores remotos para cada pixel pode ser como a base numérica para classificação das várias características espaciais.

Além disso, Sistemas de Informação Geográfica permitem a integração dos dados remotos classificados e de informações adicionais de diversas outras fontes (população, recursos naturais, etc) para apoiar a tomada de decisões relativas ao desenvolvimento urbano (Ramachandra & Kumar, 2009).

Alves (2004) reforça a relação entre a urbanização e o escoamento de águas pluviais, devido à impermeabilização decorrente e Sebusianne et.al (2011) apresentam exemplos de metodologias de quantificação e mapeamento da impermeabilização utilizando geotecnologias.

## 2.1. Seleção das imagens

Neste estudo foram utilizadas imagens do satélite americano Landsat<sup>1</sup> para a área urbana de Campina Grande e seu entorno. Os satélites da série Landsat produzem imagens da superfície terrestre desde a década de 1970. Entretanto a disponibilidade de imagens de boa qualidade para uma área urbana da extensão de Campina Grande, nem sempre é alta, devido a enorme quantidade de imagens com elevada cobertura de nuvens, o que impede, na maioria das vezes um reconhecimento automático de padrões ou até mesmo uma foto-interpretação visual das imagens.

A metodologia proposta é uma análise das diferenças entre duas cenas de duas datas diferentes, de forma a obter uma taxa de impermeabilização para período compreendido entre os dois momentos imageados. Uma vez que esta taxa é estabelecida, ela pode ser calculada para diferentes datas considerando-se uma função linear simples. A região de Campina Grande apresenta alta nebulosidade em quase todos os dias do ano, o que acarreta uma alta cobertura de nuvens na maioria das imagens. Utilizando uma máscara retangular envolvendo o perímetro urbano da cidade, todas as cenas do acervo Landsat foram examinadas e verificadas para permitir a seleção de imagens representativas das últimas décadas. As duas cenas escolhidas estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Cenas Landsat utilizadas

Órbita	Ponto	Satélite	Data	Fonte
214	65	Landsat 5	10/07/1989	GLOVIS/ NASA
214	65	Landsat 8	04/01/2014	GLOVIS/ NASA

## 2.2. Processamento Digital das imagens

Foram realizadas classificações supervisionadas das duas imagens no software ArcGIS (ESRI). Para a operação de classificação foi utilizado o classificador de máxima verossimilhança (*maximum likelihood classification*) e três classes de uso do solo foram escolhidas: Vegetação, Urbanização e Solo Exposto. A classificação supervisionada foi feita através da metodologia do treinamento que consiste em utilizar amostras para “treinar” o algoritmo de classificação a entender os padrões das imagens. As amostras de cada classe foram escolhidas a partir de: (i) informações existentes acerca da área de estudo, entre elas: a interpretação visual da composição colorida 543, (ii) o conhecimento de colaboradores que residem no município, (iii) comparações com imagens existentes no visualizador Google Earth, e (iv) aferições visuais através de imagens de alta resolução dos anos de 2005 e 2010 disponibilizadas pela prefeitura municipal.

Apesar das datas das imagens de alta resolução diferirem das imagens Landsat, através das diferenças observadas, algumas informações puderam também ser extraídas. Outras imagens dos respectivos anos analisados foram utilizadas para realizar o preenchimento em áreas em que pequenas nuvens impediam a classificação de uso. As Figuras 2 (a) e 2 (b) são o resultado da aplicação desta metodologia.

## 3. Cenários futuros de impermeabilização

Uma vez classificadas as imagens, estas podem ser quantificadas em termos de classes de ocupação do uso do solo para cada data analisada. Com relação ao perímetro urbano considerado (baseado na delimitação de bairros do IBGE, 2010), temos que em um intervalo de tempo de 25 anos, houve um aumento de 21,11% da área impermeabilizada. Calculando-se

<sup>1</sup> As imagens Landsat podem ser adquiridas e acessadas a partir de diversos portais no mundo inteiro. O Portal GLOVIS é um dos mais utilizados (<http://glovis.usgs.gov/>) e é mantido pelo serviço geológico americano (USGS).

o aumento da impermeabilização com esta mesma taxa para períodos de 4, 8 e 20 anos, têm-se os valores apresentados na Tabela 2.

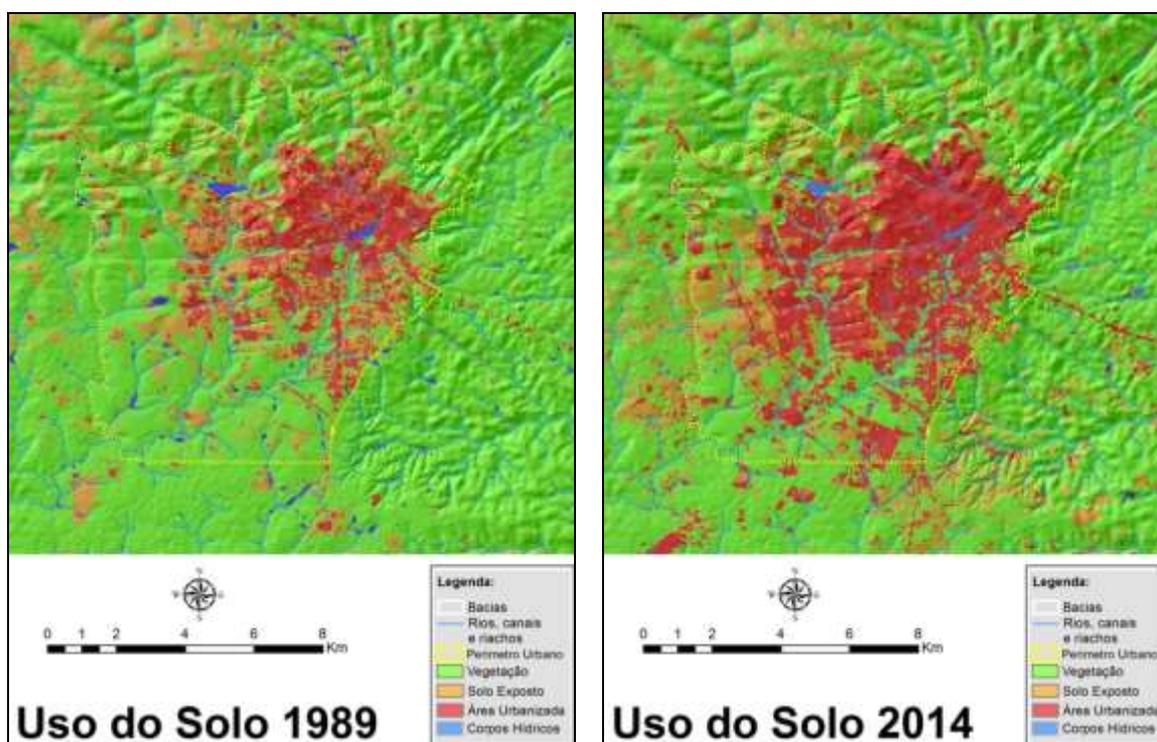


Figura 2 – Imagens do satélite Landsat dos anos de 1989 (a) e 2014 (b) referentes a 25 anos de expansão urbana no município de Campina Grande

Tabela 2 – Estimativa de percentual de área impermeabilizada para períodos de 4, 8 e 20 anos

1989 (%)	2014 (%)	4 ANOS (%)	8 ANOS (%)	20 ANOS(%)
19.86	40.97	44.35	47.73	57.86

Considerando-se as projeções de crescimento populacional estabelecidas neste estudo para a macrodrenagem da área urbanizada do município, observa-se a situação apresentada na Figura 2. A partir de uma operação de *Overlay* (sobreposição) simples, é possível observar as diferentes taxas de impermeabilização de cada bacia ao longo de 25 anos. Para a obtenção dos valores diferenciados para cada bacia, uma tabulação cruzada entre as áreas impermeabilizadas e as áreas referentes às bacias foi realizada e os valores calculados para cada Bacia hidrográfica para os períodos das imagens (1989 e 2014) são apresentados na Tabela 3.

A **bacia D** é a bacia com maior área impermeabilizada e que sofreu maiores alterações no uso do solo no tocante ao aumento da área urbanizada. Considerando os períodos de simulação de 4, 8 e 20 anos têm-se os resultados apresentados na Tabela 4. Observa-se que para cada bacia hidrográfica é considerado um aumento (taxa) diferenciado da área impermeável baseado nos valores calculados e apresentados na Tabela 3.

Tabela 3– Áreas impermeabilizadas em cada bacia hidrográfica para os anos de 1989 e 2014. Destaque para a bacia D com maiores índices de impermeabilização nos últimos 25 anos

Bacia	Área Impermeabilizada em 1989 (%)	Área Impermeabilizada em 2014 (%)	Aumento da área Impermeabilizada em 25 anos (%)
A	1.38	7.24	5.86
B	10.54	25.48	14.94
C	7.99	11.33	3.34
D	32.16	56.85	24.69
E	1.58	5.68	4.1
F	2.00	4.78	2.78
G	2.64	20.52	17.88
H	0.07	8.01	7.94

Tabela 4 - Áreas impermeabilizadas em cada bacia hidrográfica para os períodos de 4, 8 e 20 anos. Destaque para a bacia D com maiores chances de saturação da área impermeabilizada

Bacia	2014 (% de área impermeabilizada)	2018 (% de área impermeabilizada)	2022 (% de área impermeabilizada)	2034 (% de área impermeabilizada)
A	7,24	8,18	9,12	11,93
B	25,48	27,87	30,26	37,43
C	11,33	11,86	12,40	14,00
D	56,85	60,80	64,75	76,60
E	5,68	6,34	6,99	8,96
F	4,78	5,22	5,67	7,00
G	20,52	23,38	26,24	34,82
H	8,01	9,28	10,55	14,36

#### 4. Considerações Finais

Observa-se através dos valores encontrados para as bacias analisadas, que em um curto, médio e longo prazo (4, 8 e 20 anos) poderá haver um aumento da área impermeável concomitantemente ao decréscimo de áreas vegetadas, se o processo de urbanização da cidade seguir a tendência observada na análise comparativa das imagens landsat para um período de 25 anos.

Campina Grande apesar de não enfrentar ainda graves problemas de alagamentos por não possuir falésias, ou encostas íngremes que provoquem deslizamentos em períodos chuvosos, já apresenta congestionamentos e problemas diversos de mobilidade urbana, típicos de cidades de médio porte. Estes problemas são agravados em períodos chuvosos, tanto pela ineficiência do sistema de drenagem existente, quanto pelo aumento da velocidade de escoamento das águas de chuva que tendem a escoar rapidamente para áreas mais baixas e planas, as quais também já se encontram impermeabilizadas por causa do crescimento acelerado da cidade.

A análise e quantificação do processo de urbanização por bacia é de relevante importância ao planejamento da drenagem devido ao fato da impermeabilização interferir fortemente sobre o escoamento de águas pluviais.

Apesar da média resolução espacial das imagens dos Satélites Landsat, a análise temporal de evolução urbana, apresenta-se como um instrumento valioso para análise de tendências de impermeabilização da cidade, uma vez que o acervo de imagens existentes permite a observação de uma dinâmica temporal que ultrapassa duas décadas, o que em uma bacia de drenagem é um recorte temporal bastante representativo.

Portanto, pretende-se com este estudo, dar melhores subsídios para ações preventivas e de planejamento da cidade, ampliando-se a discussão no âmbito do manejo de águas pluviais urbanas no município, de forma a estabelecer metas de curto, médio e longo prazo a serem atingidas, mediante o estabelecimento de ações específicas, que envolvam tanto medidas estruturais como não estruturais, fazendo-se uso do princípio de uma drenagem sustentável.

## 5. Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa PIBIC; à CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

## 6. Referências

Alves, C. A. **Estimativa da área impermeável dentro da bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio (Porto Alegre/RS) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. Dissertação. Mestrado em Sensoriamento Remoto. Universidade de Porto Alegre. 2004

Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. 4 ed. New York: John Wiley & Sons, 2002. 724 p.

Meierdiercks, K. L.; James A. S.; Mary, L. B.; Andrew J. M. **Analyses of urban drainage network structure and its impact on hydrologic response**. Journal of the american water resources association, vol. 46, No. 5, p. 932-943, outubro/2010.

Prado, R. B. **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos-USP. São Carlos,SP, 2004.

Ramachandra, T.V and Kumar, Utam. Geoinformatics for Urbanization and Urban Sprawl pattern analysis. In: Koshi, Pani & Mohapatra et al (org.). **Geoinformatic for Natural resources Management**.(Capítulo 19). Nova Science Publishers, 2009.

São Paulo (cidade). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamentos** (Volume 2). São Paulo: SMDU, 2012.

Sebusiani, H. R. V.; Bettine, S.C. **Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana**. Rev. Bras. de Gestão e Desenvolvimento Regional - G&DR. v. 7, n. 1, p. 256-285, Taubaté, SP, Brasil, 2011.

Tucci, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Rio Grande do Sul: Ministério das Cidades, 2005.

Tusuyuguchi, Bárbara B; Rufino, Iana A.A. e Santos, Rodolfo C. **Estudos de delimitação de microbacias urbanas no Município de Campina Grande – PB**. Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Natal, ABRH:2014.