

ALTERAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA DO RIACHO DO SAPO, MACEIÓ-AL

Altair Maciel de Barros^{1}; Diogo Carlos Henrique²; Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves³*

Resumo – A urbanização mal planejada é responsável por ocasionar modificações nos mecanismos naturais capazes de impactar diretamente na qualidade de vida da população. Muitos destes impactos estão relacionados à questão do uso e cobertura do solo e ao seu mau planejamento, fatores responsáveis por alterações nos componentes do ciclo hidrológico natural. Em Maceió, o crescimento urbano apresentado na década de 1980, atrelado ao déficit no planejamento da infraestrutura e ocupação urbana gerou problemas associados à drenagem de águas pluviais, notados pelo aumento na frequência das inundações. O presente trabalho pretende avaliar, através de imagens de satélite e visitas a campo, a alteração no uso e cobertura do solo ocorrida entre dois diferentes cenários de ocupação (setembro/2002 e novembro/2010) de uma bacia urbana do município de Maceió-AL, a bacia do riacho do Sapo, e o conseqüente impacto no parâmetro CN do método SCS - que estima o volume da chuva escoado superficialmente. O estudo revelou que a principal causa da impermeabilização de grandes superfícies na bacia do riacho do Sapo foi a construção de empreendimentos comerciais e que esta alteração impactou diretamente no parâmetro CN, indicando assim que a construção destes empreendimentos podem provocar aumento significativo na geração de escoamento superficial.

Palavras-chave – Drenagem urbana, uso e cobertura do solo, mudança de CN.

CHANGE OF THE USE AND LAND COVER IN THE SAPO'S CREEK BASIN, MACEIÓ-AL

Abstract – The poorly planned urbanization is responsible for causing changes in natural mechanisms able to impact on the quality of life. Many of these impacts are related to the issue of the use and land cover and its bad planning, factors responsible for changes in the components of the natural hydrological cycle. In Maceió, urban growth presented in the 1980, coupled with the deficit in infrastructure planning and urban occupation generated problems associated with storm water drainage, noted by increase in the frequency of floods. This work intends to evaluate, through satellite images and field visits, the change in use and land cover that occurred between two different scenarios of occupation (september/2002 and november/2010) of the an urban basin in the city of Maceió-AL, the Sapo's creek basin, and the consequent impact in the CN parameter of the SCS method - parameter that estimates the volume drained superficially in urban basins. The study revealed that the main cause of the waterproofing of large surfaces in the Sapo's creek basin was the construction of commercial developments and that these changes impacted directly in the CN parameter, indicating so that the construction of these ventures caused a significant increase in runoff generation.

Keywords – Urban drainage, use and land cover, change of CN.

¹ Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento (PPGRHS-UFAL), e-mail: altairmaciel@ymail.com

² Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento (PPGRHS-UFAL), e-mail: diogo.chenrique@hotmail.com

³ Professor Adjunto da UFAL, e-mail: marllus.neves@gmail.com

*Autor Correspondente

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a partir da década de 1960, a busca por melhores condições de vida promoveu uma intensa migração da população do campo para a cidade. No entanto, a dinâmica de ocupação do espaço urbano brasileiro ocorreu sem o planejamento necessário, gerando assim uma população urbana com infraestrutura inadequada. Dentre os muitos efeitos deste processo – densificação urbana atrelada ao déficit em planejamento e infraestrutura – é possível citar o excessivo parcelamento do solo e a consequente impermeabilização de grandes superfícies. Com a urbanização não planejada, a cobertura vegetal do solo é substituída por coberturas impermeáveis como telhados, estacionamento, vias e calçadas pavimentadas (Tucci, 2006).

No que concerne à drenagem urbana de águas pluviais em seu aspecto quantitativo, 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, bem como o aumento na velocidade do escoamento e a consequente redução do tempo de deslocamento, já que as superfícies impermeáveis, em geral, apresentam uma menor resistência ao escoamento do que as superfícies permeáveis (Tucci, 2006). A associação destes fatores tende a gerar altas vazões durante eventos chuvosos críticos deflagrando assim problemas urbanos como o fenômeno das inundações.

É neste contexto que se insere o município de Maceió. 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. Alagamentos e deslizamentos de encostas são realidades recorrentes que descrevem a fragilidade relacionada ao saneamento da capital, principalmente durante as épocas chuvosas. Associado a este déficit na infraestrutura, a ocupação desordenada e sem controle do poder público submete a população ao risco durante eventos críticos, ocasionando perdas humanas e materiais para o município (Neves *et al.*, 2007).

Frente a esta problemática, o presente trabalho apresenta uma avaliação da modificação do uso e cobertura do solo ocorrida entre dois diferentes cenários de ocupação (setembro/2002 e novembro/2010) numa bacia urbana do município de Maceió, a bacia do riacho do Sapo. Para o estudo, foram utilizadas imagens de satélite disponíveis para os dois cenários e interpretação visual das imagens visando à classificação do uso e cobertura do solo segundo o método proposto pelo *Service Conservation Soil* (SCS) e à obtenção do principal parâmetro associado à geração do escoamento superficial do método, o fator *Curve Number* (CN).

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo é a bacia hidrográfica do Riacho do Sapo, uma sub-bacia da bacia hidrográfica do riacho Reginaldo. A bacia do riacho do Sapo está localizada, em sua maior parte, na região plana e costeira do município de Maceió, onde apresenta pequenas declividades bem como seu exultório, na cota 3,5 m. O seu relevo também apresenta regiões planas e elevadas de tabuleiro, com cota máxima na cabeceira de 64,2 m, e por uma região de transição entre as duas formações que corresponde a encostas íngremes (MACEIÓ, 1999).

O riacho do Sapo está canalizado, iniciando-se no bairro do Jacintinho, numa região com topografia acidentada e densamente ocupada conhecida como Grotta do Cigano, e apresenta seu exultório no bairro do Poço, onde o riacho despeja suas águas no riacho Reginaldo (conhecido neste

local como riacho Salgadinho). Seu percurso tem 4,4 km, drenando quatro bairros (Jacintinho, Mangabeiras, Jatiúca e Poço) e com uma área total de 2,1 km².

Ainda com relação à rede de drenagem da bacia, nota-se que o riacho do Sapo não apresenta cursos d'água naturais afluentes, sendo toda contribuição advinda de galerias pluviais de microdrenagem. Nele há diversos problemas típicos de canais urbanos, como grande despejo de águas residuárias oriundas de ligações clandestinas às galerias. Esta realidade, aliada ao fato do canal correr a céu aberto em quase toda sua extensão causa grande impacto visual, visto que o mesmo passa por locais de grande circulação na cidade como um dos maiores *shoppings* do município (Pimentel, 2009).

3. METODOLOGIA

Como o presente trabalho pretende avaliar a alteração do uso e cobertura do solo e também no parâmetro CN do método SCS, e visto que o CN é determinado principalmente por três condicionantes: uso e cobertura do solo, o grupo hidrológico do solo e a condição de umidade antecedente do solo. Para o desenvolvimento do estudo, foram delineadas quatro etapas de trabalho: caracterização de uso e cobertura do solo; caracterização dos grupos hidrológicos do solo; determinação da umidade antecedente do solo; e determinação do fator CN.

3.1. Caracterização de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica

Para caracterização do uso e cobertura do solo da bacia do riacho do Sapo, foram utilizadas imagens históricas obtidas por meio de satélite para as datas de setembro/2002 e novembro/2010 disponibilizadas gratuitamente pelo programa *Google Earth*. Visando a elucidar dúvidas na caracterização realizada através da imagem de satélite para a situação de novembro/2010, foi utilizada a ferramenta “*Street View*” do programa, capaz de proporcionar uma visualização panorâmica (360° na horizontal e 290° na vertical) de grande parte da bacia. As imagens fornecidas por esta ferramenta foram obtidas a partir de fotografias capturadas ao nível do solo em novembro de 2011 pela Google Inc., sendo, portanto, consideradas representativas para o cenário de 2010. Além destas duas metodologias, para uma melhor percepção da real situação da ocupação existente na bacia e para reconhecimento do uso e cobertura do solo em regiões não abrangida pela ferramenta “*Street View*”, foram realizadas campanhas de visitas a campo em toda a bacia.

Como a caracterização visa à determinação do fator CN do método SCS, as categorias referentes ao uso e cobertura do solo foram definidas com base na classificação adotada pelo *Soil Conservation Service* em seu manual TR-55 (USDA, 1986). Esta classificação foi adaptada à bacia do riacho do Sapo visto que nem todas as categorias propostas pela agência americana se aplicam à bacia em estudo. Desta forma, a classificação do uso e cobertura do solo ficou estabelecida segundo onze categorias: bosques ou zonas florestais, espaços abertos e relvados, pastagens ou terrenos em más condições, zonas residenciais com lotes inferior a 500m², zonas residenciais com lotes de 1000m², zonas industriais, zonas comerciais, estacionamento, estradas de terra, estradas de paralelepípedos e estradas de asfalto.

As imagens de satélite fornecidas pelo *Google Earth* apresentam resolução suficiente (em torno de 1 m) para visualizar e diferenciar edifício, residência, asfalto, vegetação, solo nu e outras tipologias de uso e cobertura do solo. Este fato, associado à pequena dimensão da bacia em estudo, possibilitou a realização da classificação de uso e cobertura do solo a partir da interpretação visual das imagens, proporcionando um mapeamento mais preciso da bacia.

3.2. Caracterização dos grupos hidrológicos do solo

Em 2005, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) realizou um levantamento detalhado dos solos de Maceió, resultando na elaboração de um mapa pedológico da cidade. De posse deste mapa e através da localização da bacia no mapa, foi possível classificar os tipos de solo encontrados na bacia do riacho do Sapo. Os tipos encontrados foram: Neossolo Quartzarênico (AQ) – solos minerais derivados de sedimentos arenoquartzosos do Grupo Barreiras e sedimentos marinhos apresentando textura arenosa; Latossolo Amarelo (LA2 e LA3) – solos desenvolvidos principalmente de sedimentos do Grupo Barreiras com textura predominantemente média/argilosa; e Associação de Argissolos Amarelo e Vermelho-Amarelo (PA1 e PA2) – ambos os solos são desenvolvidos principalmente de sedimentos do Grupo Barreiras, sendo que o argissolo amarelo apresenta textura variando de arenosa/média até média/muito argilosa e já o argissolo vermelho-amarelo exibe uma textura média/argilosa.

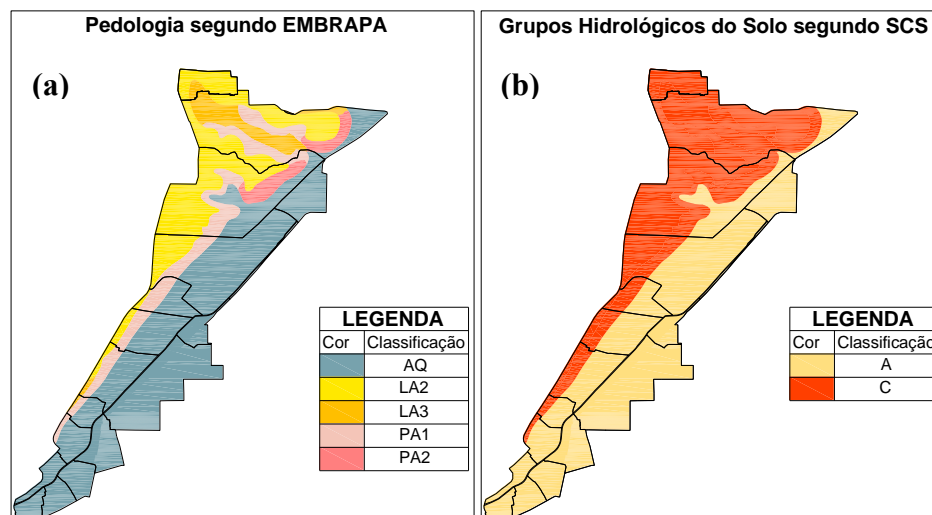


Figura 1 - (a) Mapa da classificação pedológica proposta pela EMBRAPA (2005) adaptada à bacia do Riacho do Sapo. (b) Mapa dos grupos hidrológicos do solo proposta pelo método SCS adaptada à bacia do Riacho do Sapo.

Como o enquadramento dos solos de bacias urbanas nos grupos hidrológicos do método SCS é realizado segundo a textura apresentada pelo solo (USDA, 1986), o tipo de solo encontrado na bacia que apresentou textura arenosa (AQ) foi enquadrado na classe hidrológica de solo A do método SCS, enquanto os solos de textura média/argilosa (LA2, LA3, PA1 e PA2) foram enquadrados na classe hidrológica de solo C (Figura 1).

3.3. Determinação da umidade antecedente do solo

Visto que o trabalho foi desenvolvido apenas para efeito de estimativa do acréscimo no volume escoado superficialmente através da avaliação de um único parâmetro do método SCS – o CN, foi adotada uma condição média de umidade antecedente do solo da bacia (AMC II), situação em que o solo corresponde à capacidade de campo.

Em suma, para determinação do valor médio do CN de cada sub-bacia da bacia do riacho do Sapo, foram consideradas onze categorias de uso e cobertura do solo, dois grupos hidrológicos de solo (A e C) e uma condição média de umidade antecedente do solo da bacia (AMC II). A Tabela 1 apresenta os valores de CN empregados segundo as condições adotadas. Esta tabela é um recorte da tabela proposta pelo *Soil Conservation Service* e constante no manual TR-55 (USDA, 1986).

Tabela 1 - Valores de CN para bacias urbanas adotados neste trabalho (Fonte: USDA, 1986. Adaptado).

Utilização ou cobertura do solo	Grupo Hidrológico	
	A	C
Pastagens ou terrenos em más condições	53,5	80
Bosques ou zonas florestais	35,0	73,5
Espaços abertos e relvados	44,0	76,5
Zonas Comerciais e de escritórios	89,0	94,0
Zonas Industriais	81,0	91,0
Zonas residenciais com lotes < 500 m ²	77,0	90,0
Zonas residenciais com lotes = 1000 m ²	61,0	83,0
Parque de estacionamento	98,0	98,0
Ruas asfaltadas	98,0	98,0
Ruas de paralelepípedos	76,0	89,0
Ruas de terra	72,0	87,0

3.4. Determinação do fator CN

Baseado nas informações apresentadas e na Tabela 1, o CN médio de cada sub-bacia foi calculado através da ponderação pela área do CN de cada tipologia de uso e cobertura do solo associada ao grupo hidrológico do solo por meio da Equação 1.

$$CN = \frac{\sum CN_i \cdot A_i}{A} \quad (1)$$

onde:

CN – CN médio da sub-bacia;

CN_i – CN de cada tipologia de uso e cobertura do solo associada ao grupo hidrológico do solo;

A_i – parcela da sub-bacia que apresenta o CN_i (m²);

A – área total da sub-bacia (m²).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Modificação do uso e cobertura do solo da bacia do riacho do Sapo

A análise interpretativa das imagens de satélite da bacia do riacho do Sapo possibilitou a elaboração dos gráficos de barras da Figura 2 que apresenta o parcelamento do solo na bacia para os dois cenários segundo a classificação de uso e cobertura do solo considerada neste trabalho. Avaliando a figura, é possível observar que, nas duas situações, a bacia apresentava perfis semelhantes no tocante à predominância nas tipologias de uso e cobertura do solo responsáveis pela impermeabilização da superfície - zonas residenciais, industriais, comerciais, parques de estacionamentos e estradas em geral.

Em 2002, a soma destas tipologias era responsável por ocupar uma parcela de 69% da área total da bacia, enquanto que, em 2010, 77% da bacia apresentava superfície impermeabilizada, ou seja, mais de ¾ da bacia. Estes percentuais também demonstram que o crescimento urbano ocorrido entre os anos de 2002 e 2010 representou um aumento médio de superfícies impermeáveis de 1% ao ano em toda bacia do riacho do Sapo, ou ainda, 21 hectares por ano.

Nos dois cenários, a parcela mais representativa da bacia corresponde à zona residencial com lotes inferiores a 500 m², que ocupava 39% da área total da bacia em 2002 e 35% em 2010. De fato, avaliando-se as imagens de satélite, é possível notar que este tipo de ocupação está bem

distribuído por toda a bacia, apresentando focos nas áreas próximas ao exultório e à esquerda do canal do riacho do Sapo onde a topografia plana propicia a ocupação por residências e, principalmente, um foco marcante nas áreas próximas à cabeceira onde há uma ocupação irregular de regiões com topografia acidentada, conhecida como Grota do Cigano. Esta última, é uma região de grande concentração de residências com área inferior a 500 m². Segundo o mapeamento realizado, esta região está contida principalmente nas sub-bacias 1 e 2, apresentando uma área total de aproximadamente 32 ha (15% da área total da bacia) praticamente inalterada entre os dois cenários - sem apresentar expansão ou redução. Toda esta área corresponde a mais de 40% da ocupação do tipo residência com área inferior a 500 m² de toda bacia do riacho do Sapo.

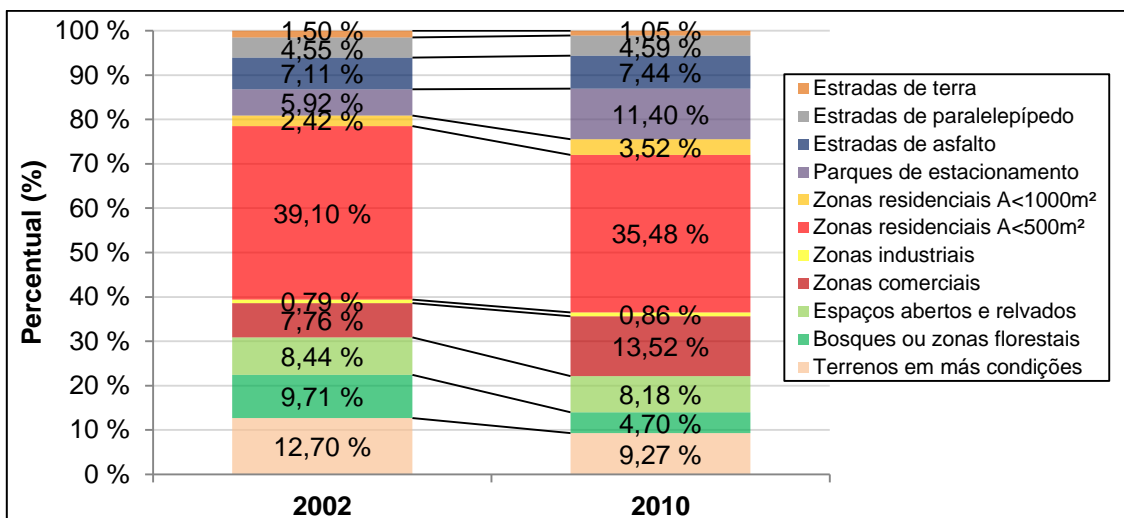


Figura 2 - Alteração no uso e cobertura do solo na bacia do Riacho do Sapo entre os anos de 2002 e 2010.

O gráfico da Figura 2 demonstra também que os aumentos mais acentuados na bacia ocorreram nas tipologias de zonas comerciais e parques de estacionamentos que quase duplicaram os seus percentuais. Enquanto que a redução mais notável ocorreu nas áreas compostas por bosques ou zonas florestais que reduziu seu percentual a menos da metade. Estes fatos não ocorreram de forma desconexa. Entre os cenários estudados, os dois fatos se sucederam principalmente devido à construção e ampliação de grandes estabelecimentos comerciais que, ao ocuparem regiões da bacia substituíram superfícies antes permeáveis por coberturas impermeáveis.

Avaliando esta alteração sob o âmbito das sub-bacias, observa-se que este fato ocorreu de forma mais alarmante em duas delas, nas sub-bacias 3 e 6. No caso da sub-bacia 3 houve um aumento significativo nos percentuais de zonas comerciais, mais que triplicando entre os dois cenários, indo de 3% em 2002 para 10% em 2010. Também o percentual de estacionamento mais que quadruplicou neste período, indo de 2% em 2002 para 10% em 2010. Este crescimento de superfícies impermeáveis ocorreu em detrimento de superfícies permeáveis, vindo a parcela correspondente a bosques ou zonas florestais reduzir a apenas 1/3 de sua parcela inicial, caindo de 24% em 2002 para 8% em 2010. Observando a imagem de satélite na região da sub-bacia 3 é possível notar que a principal alteração ocorrida entre os cenários (2002 e 2010) responsável pela redução na superfície permeável foi construção de um estabelecimento comercial com área total de 4,50 ha que removeu uma cobertura vegetal densa existente em 2002, sendo substituída por um telhado e um amplo pátio de estacionamento.

A sub-bacia 6 apresentou alteração ainda maior. O seu percentual de impermeabilização atingiu 19% entre 2002 e 2010, o maior aumento dentre todas as sub-bacias, superior ao dobro do

aumento médio ocorrido na bacia do riacho do Sapo. Nesta sub-bacia ocorreu um situação semelhante à sub-bacia 3: aumento considerável nos percentuais de zonas comerciais e parques de estacionamento em detrimento das regiões de bosques ou zonas florestais e terrenos em más condições, ambos reduzidos a apenas 1/3 da parcela ocupada inicialmente.

4.2. Modificação do fator *Curve Number* (CN) na bacia do riacho do Sapo

Através da metodologia descrita, foi obtido o fator CN para as 18 sub-bacias da bacia do riacho do Sapo para os anos de 2002 e 2010. O gráfico de barras da Figura 3 descreve a alteração os CNs das dezoito sub-bacias para cada um dos cenários estudados. Observa-se que as sub-bacias que apresentaram maior alteração no valor do CN foram as mesmas que sofreram maior alteração no percentual de área impermeável, destacando-se as sub-bacias 3 e 6. Conforme visto anteriormente, a introdução de tipologias de uso e cobertura do solo capazes de promover alta impermeabilização teve reflexo direto na elevação do CN destas sub-bacias. Destaca-se também que esta alteração nos CNs das duas sub-bacias ocorreu na mesma ordem da alteração de seus percentuais de área impermeável, sendo a sub-bacia 6 a que sofreu maior acréscimo na impermeabilização e também no valor do CN, elevando-se cerca de 9,5 unidades.

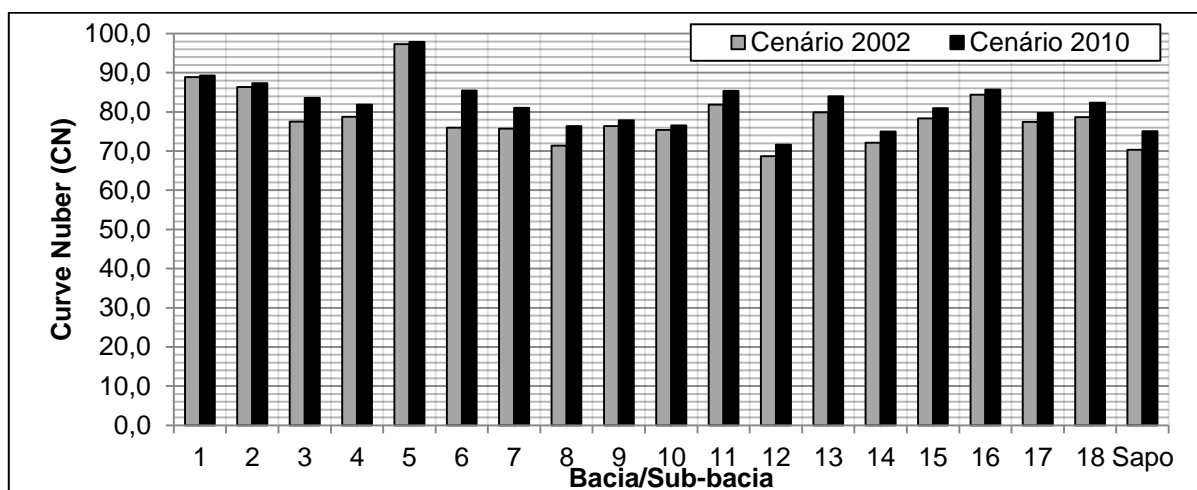


Figura 3 - Comparação dos CNs da bacia do riacho Sapo e de suas sub-bacias para os anos de 2002 e 2010.

A Figura 3 mostra ainda que sub-bacias como a 4, 13 e 18, apesar de terem apresentado pequenos percentuais de impermeabilização, todos inferiores a 5%, apresentaram acréscimos no valor do CN da ordem da sub-bacia 11 que, por sua vez, sofreu aumento de 10% na impermeabilização. Este fato está associado principalmente à substituição da cobertura do solo entre as tipologias impermeáveis que ocorreu nas sub-bacias 4, 13 e 18 e ao tipo de solo que elas apresentam. Nestas, a parcela de zonas comerciais aumentou em detrimento de zonas residenciais. Como as bacias estão localizadas na região de planície costeira da bacia, onde há solo arenoso, o valor do CN se eleva consideravelmente de 77 para 89. Já a sub-bacia 11 possui 36% de sua área localizada sobre solos argilosos. Observa-se assim que as impermeabilizações na cobertura do solo em regiões que apresentam solo arenoso, provocam modificações mais notáveis no valor CN do que em regiões de solos argilosos. Isto significa também que, sob a ótica da drenagem urbana, é preferível uma expansão urbana em áreas que naturalmente já são mais impermeáveis, mas deve-se restringir expansão em áreas mais permeáveis.

Ainda observando a Figura 3, no que se refere à variabilidade do CN, verifica-se valores extremos no que diz respeito ao CN da sub-bacia 5 (97 em 2002 e 98 em 2010, aproximadamente). Esta é uma sub-bacia atípica que apresenta uma pequena área (0,59 ha) que drena apenas o volume

de água gerado num trecho de uma avenida, apresentando praticamente tipologias impermeáveis de uso e cobertura do solo: estacionamento e estradas de asfalto. Esta sub-bacia apresenta o maior percentual de impermeabilização dentre todas as sub-bacias e este fato promoveu um valor de CN bastante elevado.

5. CONCLUSÕES

Através da análise temporal recente de diferentes cenários de uso e cobertura do solo da bacia do Riacho do Sapo, evidenciou-se um aumento nas superfícies impermeáveis, apesar da bacia já apresentar uma alta parcela de impermeabilização do solo em seu cenário inicial (2002), superior a 2/3 de sua área. Por abranger parte da área comercial do município de Maceió, também marcada por regiões de grande densidade populacional, a bacia urbana do riacho do Sapo experimentou no período de oito anos estudados um aumento considerável nas tipologias de uso e cobertura do solo associadas à construção de grandes estabelecimentos comerciais, capazes de promover alta impermeabilização do solo. Estas ações foram ainda mais preocupantes tendo em vista que, na maioria dos casos, estes estabelecimentos ocuparam regiões permeáveis da bacia, que apresentam maior capacidade de infiltração e, em alguns casos, com cobertura vegetal capaz de promover uma maior interceptação e retenção das águas da chuva.

Visando a obter informações acerca do grau de impermeabilização e da capacidade de geração de escoamento superficial para cada sub-bacia foi calculado o fator CN, principal parâmetro indicador do volume infiltrado do método SCS, verificando-se valores superiores a 68 para todas as dezoito sub-bacias da bacia do riacho do Sapo. Além disto, algumas sub-bacias apresentaram aumentos consideráveis nos valores do CN entre os cenários estudados, como as sub-bacias 3 e 6, indicando grandes modificações no uso e cobertura do solo.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (2005). *Diagnóstico Ambiental do Município de Maceió*. Anexo I-f. Levantamento Semidetalhado de Solos.
- MACEIÓ (1999). *Base Cartográfica Oficial da Prefeitura Municipal de Maceió*.
- NEVES, M. G. F. P.; SOUZA, V. C. B.; PEPLAU, G. R.; SILVA JÚNIOR, R. I.; PEDROSA, H. T. S.; CAVALCANTE, R. B. L. (2007). Características da bacia do Riacho Reginaldo em Maceió-AL e suas implicações no escoamento superficial. In *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, Nov. 2007.
- PIMENTEL, I. M. C. (2009). *Avaliação quali-quantitativa do Riacho Reginaldo e seus afluentes*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL.
- TUCCI, C. E. M. (2006). Água no meio urbano. In *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Org. por Rebouças, A. C.; Braga, B. e Tundisi, J. G., Escrituras Editora, 3ª ed. São Paulo, pp. 399-432.
- USDA (United States Department of Agriculture) (1986). *Urban hydrology for small watersheds*. Technical Release, n.55. Washington D. C.