

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO JACARECICA

Samuellson Lopes Cabral¹, Rosangela Sampaio Reis²

1 – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, São José dos Campos, SP, Brasil, e-mail: samuellsoncabral@hotmail.com;

2- Universidade Federal de Alagoas, Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Maceió, AL, Brasil, e-mail: rosangelareis_al@hotmail.com

Artigo recebido em 09/08/2012 e aceito em 11/07/2015

RESUMO

O uso e a cobertura do solo influencia diretamente a produção de sedimentos, despertando preocupação quanto à necessidade de compreender os processos hidrossediementológicos em bacias urbanas. Sendo assim esse trabalho tem como objetivo calcular a concentração de sedimentos em suspensão na bacia hidrográfica do rio Jacarecica, em Maceió, Alagoas, verificando a influência do uso e da cobertura do solo. Para a classificação dos usos e cobertura do solo na bacia foi utilizado imagem do sensor TM do LANDSAT 5 e classificação supervisionada, sendo identificados solo exposto, área urbana e vegetação. Foram realizadas medições de vazões e coletas de sedimentos em suspensão durante o segundo semestre de 2010 e aplicado o Método Igual Incremento de Descarga para cálculo da concentração do sedimento em suspensão e análise das amostras em laboratório por meio de filtragem. Os resultados mostra que a concentração de sedimentos em suspensão está diretamente ligada aos usos na bacia urbanos e de solo exposto com as áreas urbanizadas apresentando maior contribuição de sedimentos no rio, com valores na ordem de até 0,70 mg/L.

Palavras-chave: transporte de sedimentos; urbanização; SIG.

INFLUENCE OF LAND USE AND OCCUPANCY OF THE PRODUCTION OF RIVER BASIN SEDIMENTS JACARECICA

ABSTRACT

The process of erosion, which is accelerated by unplanned urbanization and caused by the uncontrolled growth of cities, can cause serious problems to sediment transportation in rivers. The better the understanding of transport mechanisms and the evaluation of sediment load transported, the greater the chance of effective diagnosis for the solution or mitigation of problems associated with the deposition of sediments. This article presents the results of a solid material analysis in the Jacarecica river basin during the year of 2010. This basin is located at the city of Maceio, Alagoas, and is undergoing urbanization, achieving 24.5 km² in area. Campaigns were carried out for sampling and laboratory analysis to determine the concentration of suspended sediment in the water course, as well as its uses and land cover. The results have shown that the concentration of suspended sediment is directly related to the land usage around the basin, with urban areas having greater contribution to the increase of sediment deposition on the river, with values up to 0.70 mg / L.

Keywords: sediment transport; urbanization; GIS.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o conhecimento dos processos hidrológicos e sedimentológicos em pequenas bacias hidrográficas urbanas também passaram a ser importante, uma vez que a utilização dos recursos hídricos disponíveis cresceu juntamente com a população, pois a urbanização provoca modificação substancial no ciclo hidrológico. A disponibilidade de séries de dados medidos de vazões, bem como a avaliação de transporte de sedimentos, de pequenas e médias bacias hidrográficas é muito pequena, com exceção de poucos trabalhos de pesquisa, mas de duração limitada (Cabral, 2013).

A compreensão relativa aos processos hidrológicos é fundamental em estudos ambientais, na gestão dos recursos hídricos e em projetos de obras hidráulicas (Zanetti et al., 2009). A bacia hidrográfica tem-se revelado importante unidade espacial utilizada para gerenciar as atividades de uso e a conservação dos recursos naturais, sobremaneira nas situações atuais de grande pressão sobre o ambiente, em função do crescimento populacional e do desenvolvimento (Pissara *et al.*, 2004).

A expansão das zonas urbanas pode provocar alterações nas condições das bacias hidrográficas, modificando o regime hidrossedimentológico da região. Quando o planejamento urbano está associado a uma regulamentação legal que discipline a ocupação urbana, os problemas decorrentes da erosão e consequente assoreamento dos corpos de água tendem a diminuir. Entretanto, o panorama atual está distante do ideal e as alterações ocorrem em ritmo acelerado.

O conhecimento da produção de sedimentos em bacias hidrográficas é extremamente importante no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Tais informações são fundamentais no dimensionamento e operação de obras hidráulicas, interferindo decisivamente nos custos de implantação e manutenção de tais sistemas. Os custos envolvidos no seu monitoramento são bastante elevados por essa razão são escassas as informações medidas a campo, em especial em pequenas bacias (Bellinaso e Paiva, 2007).

Conforme Belló (2004) a urbanização sem planejamento e sem controle pode ocasionar efeitos catastróficos do ponto de vista ambiental. O processo de urbanização, e a mudança de uso e ocupação do solo ocasionam grandes mudanças nos processos hidrológicos e sedimentológicos, provocando assim um desequilíbrio no ciclo hidrológico local e regional.

As modificações naturais e artificiais na cobertura vegetal das bacias hidrográficas influenciam o seu comportamento hidrológico. Essas alterações produzem os mais variados impactos sobre o meio ambiente e a disponibilidade dos recursos hídricos (TUCCI, 1998).

Segundo Cabral (2011), a bacia do rio Jacarecica sofre com processos de degradação desde a nascente até a sua foz, observando-se a ocorrência de urbanização sem planejamento, com ocupação de encostas. A erosão dos talwegues ocorre pela concentração do escoamento, em regiões de alta declividade, e pela falta de proteção das superfícies, contribuindo para o assoreamento da foz. O crescimento desordenado da cidade ao longo da parte alta da bacia é outro fator de grande impacto ambiental.

Sendo assim este estudo tem como objetivo avaliar à influência do uso e da cobertura do solo no regime sedimentológico, quantificando a concentração de sedimentos em suspensão na bacia do rio Jacarecica, no ano de 2010.

MATERIAL E MÉTODOS

A bacia hidrográfica do rio Jacarecica, está localizada entre as coordenadas 35° 40' e 35° Longitude W e 9° 35' e 9° 40' Latitude S, na parte nordeste da cidade de Maceió, Alagoas (Figura 1) e drena uma área de 24,5 km². O rio principal tem 13 km de extensão e a pluviosidade média anual é de 1654 mm, com meses mais chuvosos de abril a julho. A bacia do rio Jacarecica apresenta uma declividade média em torno dos 6,5 % contendo elevações na cota 90 m próxima as nascentes.



Figura 1: Localização da bacia do rio Jacarecica.

Escolha dos Pontos de Controle

Foi realizada feita uma visita detalhada na bacia do rio Jacarecica, no município de Maceió em Alagoas, para a escolha dos pontos de medições dos parâmetros de interesse do estudo. Foram levados em consideração para a escolha das seções: fácil acesso, áreas que não inuntem com facilidade, seção do rio bem definida, características do uso e cobertura do solo, topografia, existência de sinais perceptíveis de degradação dos solos e impactos provenientes das mudanças da vegetação original. Para isso alguns equipamentos como: máquina fotográfica digital e GPS (GARMIN/ modelo: GPS map 60C) foram levados para uma melhor localização dos pontos de medições. Após esse levantamento foram determinados quatro pontos para análise sedimentológicas. A Tabela 1 fornece os dados da localização dos postos de medições dos parâmetros de vazão e sedimentos ao longo da bacia do rio Jacarecica.

Tabela 1: Localização dos postos selecionados para o estudo.

Posto	Localização	Latitude	Longitude	Área de Contribuição (km ²)
Posto 1	Benedito Bentes	9.334 S	35.440 W	0, 15
Posto 2	Via Expressa	9.343 S	35.432 W	6, 65
Posto 3	Serraria	9.353 S	35.425 W	7, 95
Posto 4	Jacarecica	9.362 S	35.415 W	18, 0

Uso e Cobertura da Terra

Utilizou-se imagem do satélite LANDSAT 5 do sensor Thematic Mapper (TM), em composição Red, Green and Blue (RGB), datada de 08/01/2010, às 12h15, horário local, na órbita 214 e ponto 67, que foi utilizada neste trabalho para classificação da cobertura, conforme uso do solo.

A partir do software de Processamento Digital de Imagens utilizado - ERDAS 9.1, foi realizada a classificação supervisionada. Foram identificadas três classes de cobertura de solo: vegetação, área urbana e solo exposto.

A escolha dessa imagem é justificada por ser a única disponível com pouca presença de nuvens, e resolução aceitável de 30 x 30 m, além da dificuldade de encontrar imagens recentes e que represente bem o estágio da bacia do rio Jacarecica, no ano do estudo.

Amostragem de Sedimentos em Suspensão

A coleta dos dados utilizados no desenvolvimento deste trabalho foi realizada entre os meses de Junho a Dezembro de 2010. Foram utilizadas quatro seções de monitoramento, localizadas na bacia do rio Jacarecica. Em cada campanha, foram realizadas medição de vazão que foram feitas utilizando molinete fluviométrico e a partir dos dados de rotação do molinete utilizou-se o software VANE versão 2.0/2004 desenvolvido por Fragoso Júnior et al. (2003), que fornece através de processos de integração numérica os dados de vazão (a partir das coletas de campo) e os perfis de velocidade na seção do canal, e a coleta de sedimentos pontualmente, com a retirada de amostras para a análise de sedimentos em suspensão. Para a coleta de sedimentos em suspensão, utilizou-se um amostrador integrador na vertical do tipo US-DH-48 com haste a vau e bico de 3/16. As amostras foram analisadas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LSA), e os instrumentos de mediação utilizados foram do Laboratório de Hidráulica, ambos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas.

O método de amostragem utilizado nesse trabalho foi integração na vertical pelo Método Igual Incremento de Descarga (IIL) seguindo a metodologia da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2000). As amostras das várias verticais de uma mesma seção são homogeneizadas no laboratório ou no campo, de forma a obter-se uma única amostra, denominada composta (CARVALHO, 1994).

Numa etapa seguinte, a solução água/sedimento é separada passando-a através de um papel de filtro, pré-pesado (P(i)), de malha conhecida. A recomendação internacional é a utilização de filtros com malha de no mínimo 0,45 μm em material de fibra de vidro. Após a filtração de um volume conhecido de amostra, os filtros são secados em estufa, a 100 - 110°C por até uma hora, sendo em seguida pesados novamente (P(f)). A diferença entre P(i) e P(f) é a concentração do Material Sólido em Suspensão (MSS), que para um volume conhecido de amostra é então obtida em mg/L.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uso e Cobertura da Terra

As quantificações percentuais de cada uma das categorias consideradas estão apresentadas na Tabela 2. A parte alta e média da bacia apresenta maiores percentuais de área

de solo exposto e áreas urbanizadas. A vegetação ainda é predominante na bacia, entretanto verificou-se um percentual maior dessa cobertura na parte baixa da bacia.

Tabela 2: Uso e Cobertura da terra na bacia do rio Jacarecica

Usos	Área (km²)	Porcentagem (%)
Vegetação	12,75	51,93
Solo Exposto	0,56	2,28
Área Urbana	11,24	45,78
Total	24.5	100

A Figura 3 apresenta o mapa de uso e cobertura do solo da bacia do rio Jacarecica, em Maceió-AL, após a classificação utilizando geoprocessamento, podemos observar uma grande área de ocupação urbana (45,78%, Tabela 2), (condomínios, residências, etc), e uma área de solos expostos, o que contribui diretamente para o aumento tanto do escoamento superficial quanto da produção de sedimentos ao longo da bacia, principalmente nos Postos 2 e 3.

Segundo Peplau (2005), o antropismo está presente em praticamente toda a área da bacia do rio Jacarecica, considerada como sendo do tipo periurbana.

Entretanto, vale ressaltar que a resolução da imagem do satélite LANDSAT 5, de 30 x 30m, utilizado neste trabalho, dificultou o detalhamento das áreas de interesse sobre a bacia.

Concentração de Sedimentos em Suspensão

Na Figura 4 que representam a concentração de sedimentos em suspensão *versus* o período sazonal. Pode-se observar que houve uma variação sazonal bem significativa da concentração de sólidos totais em suspensão ao longo da campanha de campo.

Os maiores valores foram observados na época chuvosa, entre junho e julho, enquanto que a partir de setembro houve uma diminuição nos valores de concentração de sedimentos, devido principalmente à diminuição das precipitações.

As diferenças das concentrações obtidas nas análises apresentam uma relação direta com o uso do solo, visto que áreas que sofrem impactos ambientais produzem maior concentração de sedimentos em suspensão ao longo do rio, (Cabral et al., 2013).

Segundo Nearing (2007), essas diferenças entre valores de produção de sedimento para bacias hidrográficas são atribuíveis à instrumentação, morfologia de bacia, grau de incisão do canal e cobertura vegetal.

Figura 3: Mapa de Uso e Cobertura da terra da bacia do rio Jacarecica.

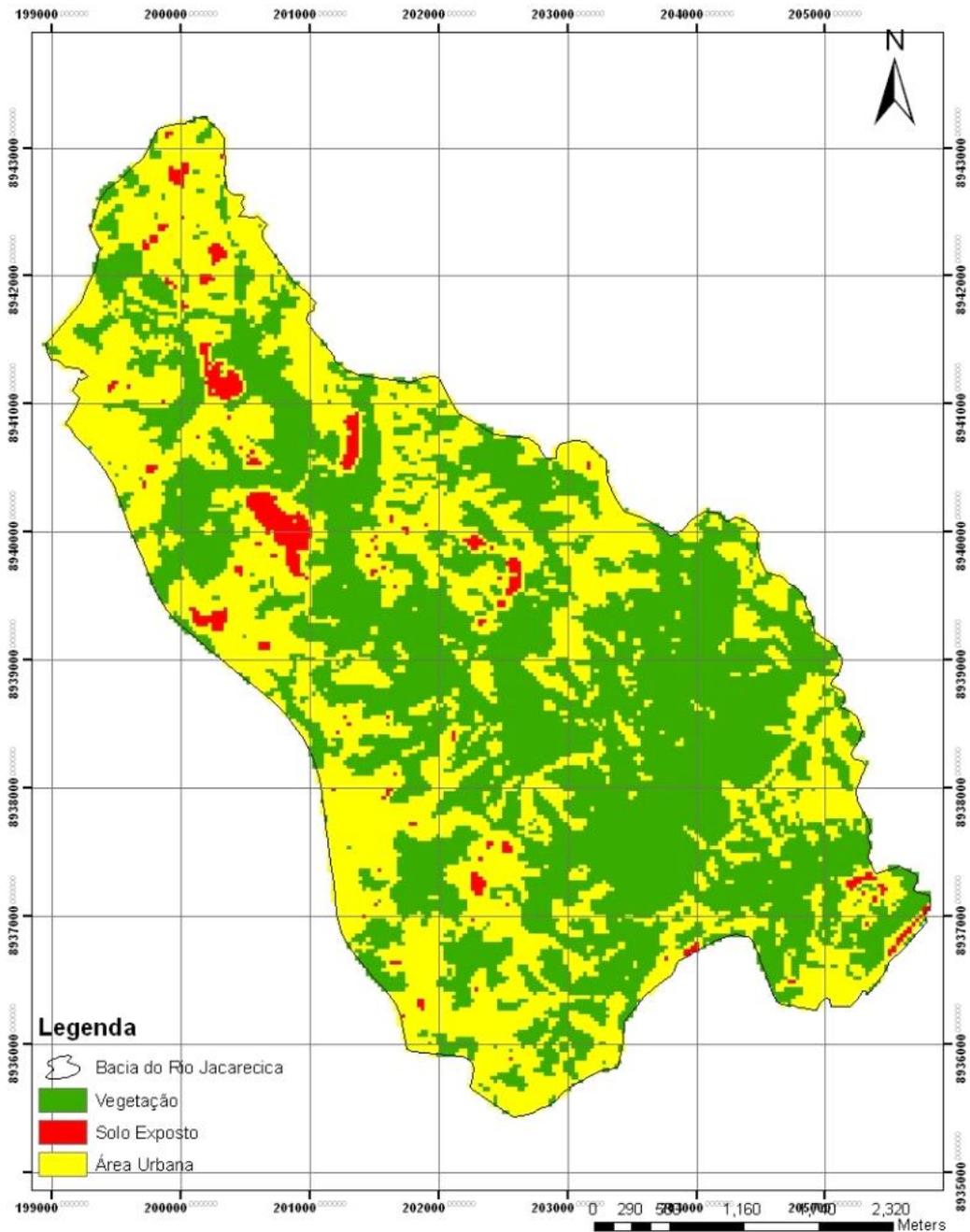
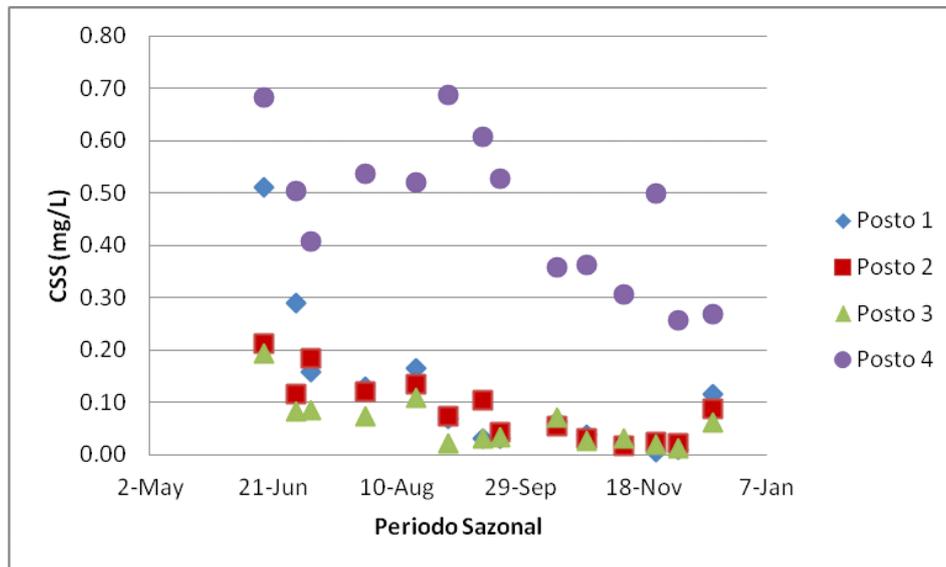


Figura 4: Concentração de sedimentos em suspensão amostrados nas campanhas de campo no Rio Jacarecica



Através da análise da Figura 5, que representa a concentração de sedimentos em suspensão *versus* vazão no rio Jacarecica, percebe-se que a CSS se manteve basicamente na mesma faixa de grandeza para os locais amostrados, entre 0.01 e 0.30 mg/L para todos os postos, com exceção do posto 4 que ficou na ordem de grandeza entre 0.25 e 0.70 mg/L, durante todo período do estudo.

A relação entre a vazão e a concentração de sedimentos em suspensão – CSS apresenta padrões temporais complexos durante o período de chuva, governado pela geomorfologia, uso e manejo do solo e precipitação. Este fato tem implicações relevantes no entendimento e na descrição dos processos erosivos e de produção de sedimentos em bacias, padrões que podem ser avaliados pelas características entre a CSS e a vazão.

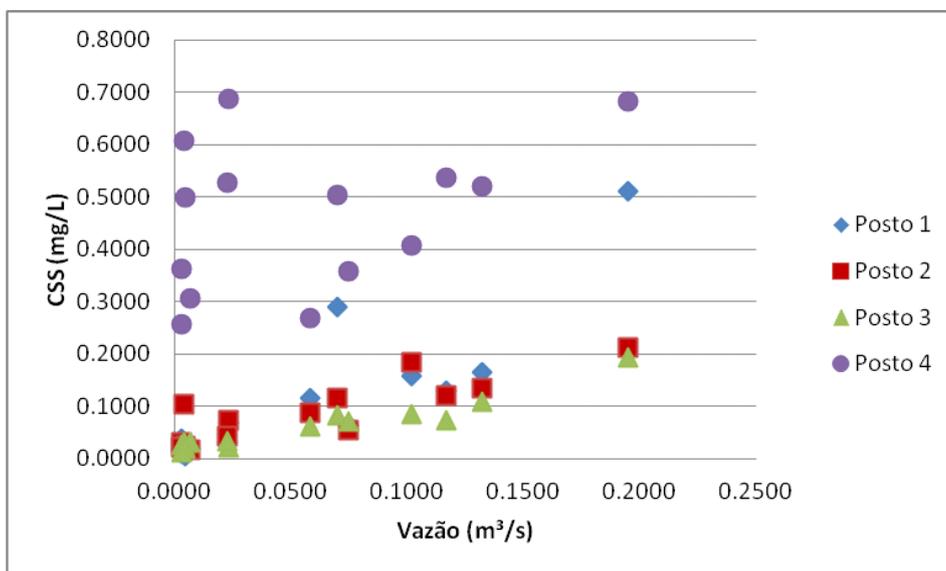
Observa-se que os usos do solo na bacia influenciaram diretamente tanto na produção de sedimentos quanto na vazão. Podemos observar que as vazões são diretamente proporcionais à área drenagem e a concentração de sedimentos em suspensão em toda bacia do rio Jacarecica

É importante salientar que a vazão e a CSS também sofre influência direta dos processos de ligação entre calha e vertente e da variabilidade temporal das fontes de sedimentos que, por sua vez, está intimamente relacionada com as características da precipitação (Collins *et al.*, 2010; Minella *et al.*, 2007; 2008; Walling, 2005). O comportamento dos sedimentos suspensos nos rios é função, também, das condições de energia do escoamento superficial e da disponibilidade de energia para o seu transporte. Essas condições são extremamente variáveis

entre os eventos, o que condiciona a processos de geração e transporte de sedimentos, também variáveis no tempo e no espaço.

Os maiores valores de concentração de sedimentos em suspensão foram observados na parte média da bacia nos postos 2 e 3 e 4 com valores médios de 0, 1269 mg/L, 0, 0992 mg/L, e 0, 6532 mg/L, respectivamente. Em algumas áreas temos exemplos desses impactos ambientais, ocorrido na parte média da bacia, localizados a montante dos postos 2 e 3, com extração de argila, saibro e urbanização sem planejamento.

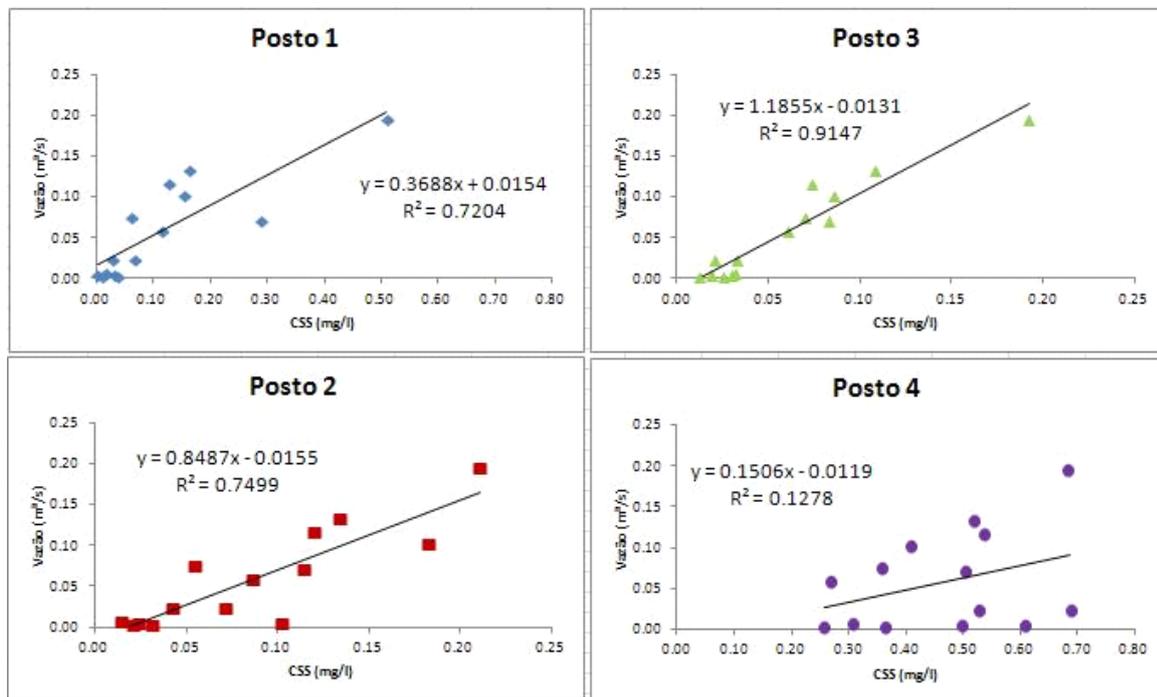
Figura 5: Concentração de sedimentos em suspensão *versus* vazão no Rio Jacarecica



A Figura 6 apresenta as correlações entre a CSS e a vazão para todos os postos do estudo. O posto 3 localizado na parte média da bacia, foi o que apresentou melhor correlação com um fator de correlação de $R^2=0.91$, seguido pelos postos 2 e 1 com $R^2=0.74$ e $R^2=0.72$ respectivamente. O posto 4 foi o que apresentou a menor correlação entre os postos com um fator de correlação de $R^2=0.12$.

No que tange à identificação das áreas susceptíveis ao processo de erosão, os resultados mostram que as áreas localizadas na parte alta da bacia foram as que mais contribuíram para o processo de erosão se comparadas com as regiões inseridas na parte sul da bacia, o que pode ser explicado pelo fato das maiores declividades se localizarem na parte alta da bacia.

Figura 6: Correlação da CSS versus vazão dos postos estudados.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A influência dos tipos e usos como a urbanização e os solos expostos nos processos de produção de sedimentos ao longo da bacia foi bem evidenciada na escala espaço-temporal para o ano analisado, verificando que os planos com esses tipos de cobertura da terra produzem mais sedimentos ao longo do ano. Já a vegetação, predominante, principalmente na parte baixa da bacia, intercepta tanto o escoamento quanto a produção de sedimentos.

A bacia do rio Jacarecica apresenta fatores que promovem uma elevada produção de sedimentos a nível urbano, podendo gerar efeitos diretos sobre a drenagem urbana, como assoreamento, indicando a necessidade de adoção de práticas conservacionistas para a região.

REFERÊNCIAS

BELLINASSO, T. B.; PAIVA, J. B.D.; Avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica semi-urbana de encosta. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 12 n.4, p.169-181, 2007.

BELLÓ, S. L. Avaliação do impacto da ocupação urbana sobre as características hidrossedimentométricas de uma pequena bacia hidrográfica de encosta. 2004. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

- CABRAL, S.L., REIS, R.S., FRAGOSO JR. C.R., Potencial efeito da urbanização na produção de sedimentos mediante uso de um modelo hidrossedimentológico acoplado a um SIG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2013.
- CABRAL, S.L. Avaliação dos processos sedimentológicos na bacia do rio Jacarecica, em Maceió-AL. Maceió, Universidade Federal de Alagoas, 2011. 130p. (Dissertação de Mestrado). 2011.
- CARVALHO, N. O.; FILIZOLA, N. P.; SANTOS, P. M. C. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Brasília: ANEEL, 2004.
- COLLINS, A. L.; WALLING, D. E.; STROUD, R. W.; ROBSON, M.; PEET, L. M. Assessing damaged road verges as a suspended sediment source in the Hampshire Avon catchment, southern United Kingdom. *Hydrological Processes*, v.24, p.1106–1122, 2010.
- FRAGOSO JÚNIOR, C. R.; BUARQUE, D. C.; SOUZA, R. C. Desenvolvimento de um modelo computacional para cálculo de parâmetros hidráulicos de um curso d'água. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba Anais... Curitiba, 2003.
- PEPLAU, G. R. Influência da variação da urbanização nas vazões de drenagem da bacia do rio Jacarecica em Maceió/AL. 2005. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, 2005.
- MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; CLARKE, R. T.; REICHERT, J. M. Estimating suspended sediment concentrations from turbidity measurements and the calibration problem. *Hydrological Processes*, v.22, p.1819–1930, 2008.
- MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H.; REICHERT, J. M.; SANTOS, D. R. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1637-1646, 2007.
- NEARING, M. A. et al. Sediment yields from unit-source semiarid watersheds at walnut gulch. *Water Resources Research*, v. 43, W06426, 2007.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.297-305, 2004.
- WALLING, D. E. Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Science of the Total Environment*, v. 344, p.159-184, 2005.
- TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre. Ed. da UFRGS: ABRH, 1998. p.669.
- ZANETTI, S. S.; SILVA, J. M. A.; SOUSA, E. F.; OLIVEIRA, V. P. S.; ALMEIDA, F. T. Modelagem hidrológica em microbacia hidrográfica Parte I: Aprimoramento do modelo HidroBacia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.429-434, 2009.