

## Potencial efeito da urbanização na produção de sedimentos na bacia do rio Jacarecica - AL

Samuellson Lopes Cabral<sup>1</sup>, Rosangela Sampaio Reis<sup>2</sup> & Carlos Ruberto Fragoso Junior<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) da UFC. E-mail: [Samuellsoncabral@hotmail.com](mailto:Samuellsoncabral@hotmail.com)*

<sup>2</sup> *Professor (a) do PPGRHS do CTEC/UFAL. E-mail: [rosangelareis\\_al@hotmail.com](mailto:rosangelareis_al@hotmail.com)  
[crubertoff@hotmail.com](mailto:crubertoff@hotmail.com)*

**ABSTRACT** --- Unplanned urbanization along the river basin Jacarecica in Maceió-AL, causes major environmental impacts. The replacement of vegetated areas in urbanized areas exacerbates these impacts. However, the potential effect of these changes in sediment yield is unknown. Thus, this study aims to evaluate the production of sediment in the river basin Jacarecica into two periods: dry and wet seasons in the year 2010, checking the influence of increasing urbanization. For this, the tool was used hydrological (AGWA2) with the model KINEROS2. The results of sediment yield in the basin showed that the most productive months produced more than 120 t ha<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>, for a total of 131 t, corresponding to an area of 24.5 km<sup>2</sup> of the total area of the basin revealing so much of the basin is actually susceptible to erosion. This work shows that the model is viable KINEROS2, and its coupling to the GIS is extremely useful for the identification and analysis of the main production areas in the basin of the river sediments can be thus considered a promising tool for simulation of sediment yield in river basins in northeastern Brazil. It is hoped that this assessment will serve as a basis for the application of mitigating these impacts instruments, aiming at the environmental management of the basin

**KEY WORDS:** KINEROS, physically-based model, Jacarecica Basin

### 1 – INTRODUÇÃO

Segundo Scapin (2005), a falta de cuidados, como a retirada da vegetação, o manejo inadequado do solo e a urbanização acelerada próxima aos rios, são alguns dos fatores que trazem sérias consequências ao meio ambiente e ao homem. Os custos para a recuperação de um rio ou reservatório assoreado são extremamente altos, por isso medidas preventivas acompanhadas de um monitoramento são recomendadas.

Para uma melhor compreensão desses problemas se faz necessário o aprofundamento nos conhecimentos das áreas em fases distintas de urbanização, através do estudo hidrosedimentológico. (BELLÓ, 2004).

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

Os modelos hidrosedimentológicos fornecem estimativas que podem auxiliar a suprir a falta de informações sobre o aporte de sedimentos em bacias hidrográficas. Porém, quando dados medidos são confrontados com os resultados obtidos a partir de modelos, grandes discrepâncias são encontradas. (PAIVA, 2000).

A modelagem dos escoamentos urbanos é complexa em razão de diversos fatores, tais como: diversidade da ocupação urbana, inexistência de cadastramento atualizado da rede de micro drenagem, interfaces entre o escoamento da superfície e escoamentos em redes de canais subterrâneos de drenagem, mudanças sucessivas de regimes de escoamento, presença de resíduos sólidos e de sedimentos no escoamento. O aperfeiçoamento de técnicas de modelagem e esforços para a quantificação e a redução de incertezas nesse campo constituem-se, portanto, em elementos relevantes de desenvolvimento tecnológico (NASCIMENTO, 2003).

Sendo assim o objetivo deste trabalho é analisar o efeito da urbanização na produção espacial de sedimentos na bacia do rio Jacarecica em dois períodos, seco e chuvoso.

### 2 – METODOLOGIA

## 2.1 – Caracterização da Área de Estudo

A área da bacia hidrográfica do rio Jacarecica, localizada entre as coordenadas 35° 40' e 35° Longitude W e 9° 35' e 9° 40' Latitude S na região nordeste da cidade de Maceió (Figura 1), trata-se de uma bacia relativamente pequena drenando uma área de aproximadamente 24,5 km<sup>2</sup>. O rio principal, tem cerca de 13 km de extensão (ALAGOAS, 1998).

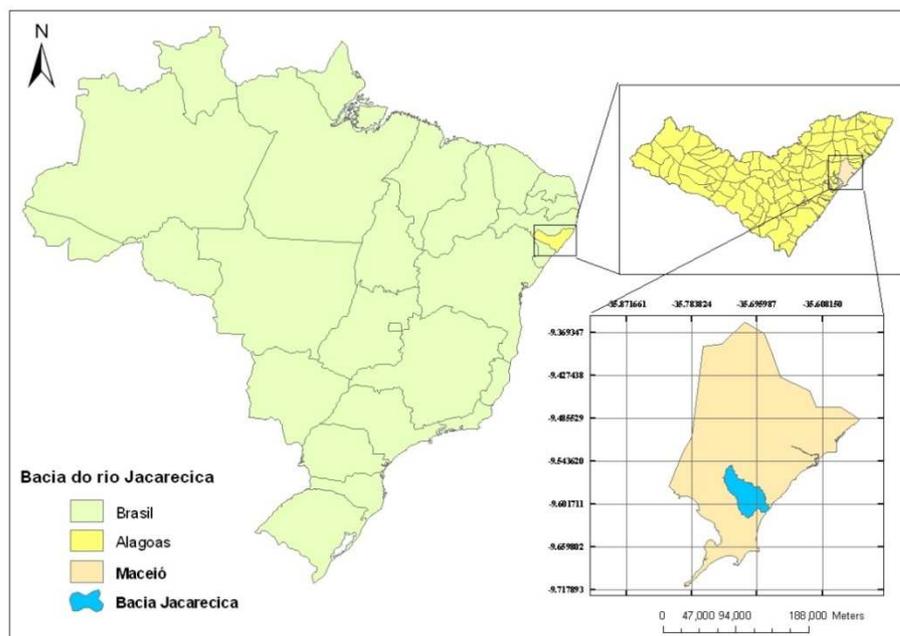


Figura 1 – Localização da bacia do rio Jacarecica.

## 2.2 – Dados do Modelo KINEROS 2

### 2.2.1 – Modelo Numérico de Terreno (MNT)

Para a bacia do rio Jacarecica o MNT foi gerado com base na carta topográfica da Prefeitura Municipal de Maceió, com uma escala de 1:2.000. Os dados foram preparados para o formato DBF, os quais foram inseridos no ArcGIS 9.2 (*Tool-Add XY Data*) onde com auxílio da extensão *3-D Analyst* os pontos foram interpolados para gerar um grid com células de 10 m de resolução. A interpolação adotada foi o método do inverso da distância.

### 2.2.2 – Uso e Cobertura da Terra

Foi utilizado uma imagem do satélite LANDSAT 5 do sensor Thematic Mapper (TM), em composição RGB (*Red, Green e Blue*) com data de passagem de 08 de janeiro de 2010, às 12:15 h (horário local) na órbita 214 e ponto 67, a qual foi utilizada neste trabalho para classificação da cobertura do 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: (I) Vegetação, (II) Área Urbana e (III) Solo Exposto. O classificador utilizado foi o da distância de Mahalanobis que usa estatísticas para cada classe, porém, ele supõe que a covariância das amostras são iguais.

### 2.2.3 – Tipos de Solo

Para essa etapa da modelagem, optou-se por utilizar os dados de tipos solo já disponíveis pelo AGWA2. Para utilização em regiões fora do território dos EUA, a opção que o AGWA2 fornece corresponde ao mapa de solo da FAO, dado esse utilizado na bacia do rio Jacarecica.

## 2.2.4 – Precipitação

Neste estudo foram utilizados dados de precipitação dos postos do INMET e da SEMARH, localizados em áreas de influência da bacia do rio Jacarecica. A Tabela 1 mostra as coordenadas dos postos pluviométricos utilizados neste estudo.

**Tabela 1** – Distribuição dos postos pluviométricos de interesse do estudo.

POSTO	LATITUDE	LONGITUDE
Maceió (Jacarecica - SEMARH)	-9.6215	-35.6957
Maceió (UFAL-INMET)	-9.5511	-35.7678

## 2.3 – Métodos

### 2.3.1 – Modelagem Hidrossedimentológica

O modelo utilizado foi o KINEROS2, que é um modelo vazão-erosão, usado para estimar o escoamento superficial e a produção de sedimentos em bacias urbanas e rurais. O escoamento é representado por um modelo cinemático, distribuído e de base física, que usa uma rede de planos e canais que representam os cursos d'água na bacia. Sendo assim, a bacia é representada por uma cascata de planos e canais. As equações diferenciais que descrevem o escoamento superficial, o transporte de sedimentos e a deposição de sedimentos nesses planos e canais, são resolvidas pela técnica de diferenças finitas.

### 2.3.2 – Componente de Infiltração

O componente de infiltração utilizado no KINEROS2 permite uma redistribuição de água no solo, incluindo a recuperação da capacidade de infiltração durante os intervalos entre as chuvas, determinando as taxas de infiltração durante e após esse intervalo sem chuva. A taxa de infiltração  $f_c$  é uma função da lâmina acumulada de infiltração  $I$  e de alguns outros parâmetros que descrevem as propriedades de infiltração no solo como: condutividade hidráulica saturada efetiva  $K_s$  (m/s), valor efetivo do potencial de capilaridade  $G$  (m), porosidade do solo  $\phi$ , e índice de distribuição dos tamanhos dos poros  $\lambda$ . Há também um parâmetro opcional ( $C_v$ ), que descreve a variação aleatória espacial da condutividade hidráulica saturada do solo, assim como um parâmetro que representa a porcentagem de rochas,  $ROCK$ . O modelo utiliza também uma variável da saturação relativa inicial do solo  $S_i$  ( $m^3/m^3$ ), cujo valor é dado por  $\theta_i/\phi$ , onde  $\theta_i$  é o índice de umidade inicial do solo. O cálculo da taxa de infiltração  $f(c)$  (m/s) é feito pela seguinte equação (SMITH & PARLANGE, 1978):

$$f_c = K_s \left( 1 + \frac{\alpha}{e^{\alpha I / B} - 1} \right) \quad (1)$$

onde  $B = (G + h)(\theta_s - \theta_i)$ , combinando os efeitos do potencial efetivo de capilaridade,  $G$ , profundidade do fluxo,  $h$  (m), e da capacidade de armazenamento de água do solo,  $\Delta\theta = (\theta(s) - \theta(i))$ , onde  $\theta_s$  é a umidade de saturação do solo ( $m^3/m^3$ ). O parâmetro  $\alpha$  representa o tipo de solo; quando  $\alpha$  se aproxima de 0 para areia, a Eq. (1) aproxima-se à equação de Green-Ampt; e quando  $\alpha$  se aproxima de 1 para um solo franco bem uniforme a Eq. (1) representa a equação de infiltração de Smith-Parlange (Smith & Parlange, 1978). Sugere-se que a maioria dos tipos de solo é melhor representada por um valor de  $\alpha$  igual a 0,85.

O valor efetivo do potencial de capilaridade,  $G$ , é dado pela seguinte expressão:

$$G = \int_{-\infty}^0 \frac{K(\psi)}{K_s} d\psi \quad (2)$$

onde  $\Psi$  é o potencial mátrico do solo (m).

O modelo de infiltração também leva em consideração a recuperação da capacidade de infiltração do solo, a qual ocorre em períodos em que não há precipitação, ou em períodos em que a precipitação não produz escoamento, geralmente quando a intensidade de precipitação é inferior à permeabilidade do solo. A equação utilizada no modelo para o cálculo da variação da umidade do solo nestes períodos é:

$$\frac{d\theta_o}{dt} = \frac{\Delta\theta_{io}}{I} \left[ r - K_i - \left( K(\theta_o) + \frac{\beta \cdot p \cdot K_s \cdot \Delta\theta_{io} \cdot G(\theta_i, \theta_o)}{I} \right) \right] \quad (3)$$

onde:

$\Delta\theta_{io} = \theta_o - \theta_i$  é diferença de umidade do solo acima e abaixo da frente de molhamento;

$I$  é a lâmina de infiltração acumulada (m);

$r$  é a taxa de entrada de água na superfície do solo durante a redistribuição de água no solo, a qual pode ser menor do que a permeabilidade  $K_s$ , negativa (devido à evaporação) ou zero; O parâmetro  $\beta$  é um fator de forma dado por:

$$\beta = \frac{1}{Z(\theta_o - \theta_i)} \int_0^z (\theta - \theta_i) dz = 0,85 \quad (4)$$

$Z$  é a profundidade da frente de molhamento;

$p$  é um fator efetivo de profundidade ( $p = 2$  para  $r = 0$ ;  $p = 1,5$  para  $0 < r < K_s$ ;  $p = 3$  para  $r < 0$ ); e  $G(\theta_i, \theta_o)$  é o valor efetivo do potencial de capilaridade na frente de redistribuição de água (m).

Nos períodos, onde a umidade do solo está abaixo da umidade de saturação, a equação utilizada para calcular a condutividade hidráulica do solo é (BROOKS & COREY, 1964):

$$K(\theta) = K \left( \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^{3 + \frac{2}{\lambda}} \quad (5)$$

onde:

$\theta$  é a umidade do solo no período de redistribuição de água;

$K_s$  é a permeabilidade efetiva do solo (m/s);

$\theta_r$  é a umidade residual do solo;

$\theta_s$  é a umidade do solo na saturação; e

$\lambda$  é o parâmetro de distribuição do tamanho dos poros (parâmetro de Brooks e Corey).

Maiores detalhes sobre o modelo de redistribuição de água no solo, utilizado no modelo KINEROS2, podem ser obtidos em SMITH et al. (1993) e CORRADINI et al. (1994).

### 2.3.3 – Fluxo nos Planos

Visto em uma escala muito pequena, o fluxo nos planos é um processo tridimensional extremamente complexo. Numa escala maior, entretanto, pode ser visto como um processo unidimensional, governado pelas equações de Saint-Venant. As simplificações das equações de Saint-Venant, para o caso de uma onda cinemática, não preservam todas as suas propriedades, tais como as utilizadas em modelos difusos, os quais consideram os efeitos de jusante sobre o escoamento proveniente de montante, e como nos modelos hidrodinâmicos, onde se consideram as equações de Saint-Venant em sua forma geral, ou seja, incluindo os termos que representam a gravidade, o atrito, a pressão e a inércia do fluxo (TUCCI, 1998). O modelo utiliza o conceito da onda cinemática em que a equação da quantidade de movimento das equações de Saint-Venant se simplifica para a forma:

$$Q' = ah^m \quad (6)$$

em que,  $Q'$  é a descarga por unidade de largura ( $m^2/s$ ) e  $h$  é o volume de água armazenado por unidade da área (m). Os parâmetros  $a$  e  $m$  são dados por:  $a = S^{1/2}/n$  e  $m = 5/3$ , onde  $S$  é a declividade e  $n$  é o coeficiente de rugosidade de Manning.

A Eq. (6) é utilizada juntamente com a equação da continuidade:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q'}{\partial x} = q'(x,t) \quad (7)$$

onde  $t$  é o tempo (s),  $x$  é a distância ao longo do sentido, e  $q'(x,t)$  é o excesso de precipitação (m/s).

Substituindo, a Eq. (6) na Eq. (7), obtém-se:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + amh^{m-1} + \frac{\partial h}{\partial x} = q'(x,t) \quad (8)$$

As equações de onda cinemática são resolvidas no modelo KINEROS usando um esquema implícito de diferenças finitas definido em quatro pontos, em relação ao espaço e ao tempo.

### 2.3.4 – Condições de Fronteira

A profundidade de fluxo na fronteira a montante dos elementos deve ser especificada para solucionar a Eq. (8). Se essa fronteira fizer parte do divisor de águas da bacia, a condição de fronteira será:

$$h(0,t) = 0 \quad (9)$$

Se um plano estiver contribuindo a montante para outro plano, a condição de fronteira será:

$$h(0,t) = \left[ \frac{a_u h_u(L,t)^{m_u} W_u}{aW} \right]^{\frac{1}{m}} \quad (10)$$

onde  $h_u(L,t)$  é a profundidade na fronteira inferior do plano contribuinte no tempo  $t$ ,  $L$  é o comprimento e  $W_u$  é a largura do plano contribuinte,  $a_u$  é o parâmetro declividade/rugosidade do plano contribuinte,  $m_u$  é um expoente referente ao plano contribuinte, e  $a$ ,  $m$  e  $W$  são referentes ao plano a jusante.

### 2.3.5 – Recessão e Microtopografia

A microtopografia do relevo pode ter grande importância na forma do hidrograma (Woolhiser et al., 1996). O efeito é mais pronunciado durante a recessão, quando a parte do solo coberta pelo fluxo de água determina a oportunidade para a perda de água pela infiltração. O modelo trata este relevo supondo que na sua geometria existe uma elevação máxima, e que a área coberta por água varia linearmente com a diferença entre este valor e o nível de água. A geometria da microtopografia é determinada especificando dois parâmetros que representam o espaçamento médio (parâmetro *spacing*) entre os picos e o valor médio (parâmetro *relief*) desses picos nessa microtopografia.

### 2.3.6 – Fluxo nos Canais

A equação da continuidade para um canal com entrada lateral de fluxo é:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(x,t) \quad (11)$$

onde  $A$  é a área da seção transversal ( $m^2$ ),  $Q$  é a vazão no canal ( $m^3/s$ ), e o  $q(x,t)$  é o fluxo lateral por unidade de comprimento do canal ( $m^2/s$ ). A relação entre a vazão no canal e a área de sua seção após a simplificação da onda cinemática é dada por:

$$Q = aR_h^{m-1} \cdot A \quad (12)$$

onde  $R$  é o raio hidráulico (m),  $a = S^{1/2}/n$  e  $m = 5/3$ , onde  $S$  é a declividade e  $n$  é o coeficiente de rugosidade de Manning.

As equações de fluxo para os canais são resolvidas por uma técnica implícita definida em quatro pontos similar àquela para o fluxo nos planos, com a diferença que a incógnita agora é a área  $A$  e não a profundidade do fluxo  $h$ , e que as mudanças geométricas devido à variação da profundidade devem ser consideradas.

### 2.3.7 – Modelagem da Erosão nos Planos e Canais

A equação geral que descreve a dinâmica dos sedimentos dentro do fluxo é a equação de balanço de massa, similar àquela para o fluxo de água (BENNETT, 1974):

$$\frac{\partial(AC_s)}{\partial t} + \frac{\partial(QC_s)}{\partial x} - e(x,t) = q_s(x,t) \quad (13)$$

onde  $C_s$  é a concentração de sedimento no fluxo ( $m^3/m^3$ ),  $Q$  é a vazão hidráulica ( $m^3/s$ ),  $A$  é a área da seção transversal do plano ou canal ( $m^2$ ),  $e$  é a taxa de erosão do solo ( $m^2/s$ ) e  $q_s$  é taxa de entrada lateral de sedimento no fluxo nos canais ( $m^3/s/m$ ).

Nos planos, a erosão é modelada como sendo composta por dois componentes principais: a erosão provocada pelo impacto das gotas de chuva no solo, e pela erosão (ou deposição) hidráulica, resultado da interação entre a força de cisalhamento do fluxo e a tendência das partículas de solo no fluxo se depositarem sob efeito da força da gravidade. A erosão resultante é o somatório da taxa da erosão provocada pelo impacto das gotas de chuva  $e_s$  e da erosão hidráulica  $e_h$ :

$$e = e_s + e_h \quad (14)$$

A erosão por impacto das gotas de chuva é estimada pela seguinte expressão (MEYER & WISCHMEIER, 1969):

$$e_s = c_f e^{-c_h h} i^2 \quad (15)$$

na qual  $i$  é a intensidade da precipitação (m/s), o  $c_f$  é um coeficiente a ser determinado experimentalmente ou por calibração, que está relacionado às propriedades do solo e da superfície, e  $e^{-c_h h}$  é um fator que representa a redução na erosão por impacto das gotas de chuva devido ao aumento da lâmina d'água. O parâmetro  $c_h$  representa a efetividade do amortecimento da superfície da água, fixado no modelo como sendo igual a 656. A erosão hidráulica ( $e_h$ ) é estimada como sendo linearmente dependente da diferença entre a capacidade de transporte do fluxo (concentração de equilíbrio) e a concentração real de sedimento, e é dada pela equação:

$$e_h = c_g (c_m - c_s) A \quad (16)$$

onde  $c_m$  é a concentração de equilíbrio na capacidade de transporte,  $c_s = c_s(x, t)$  é a concentração real de sedimentos no fluxo, e  $c_g$  é um coeficiente da taxa de transferência de sedimentos ( $s^{-1}$ ), e é calculado por:

$$C_s = C_0 \frac{v_s}{h} se C_s \leq C_m (\text{erosão}) \text{ ou } C_s = \frac{v_s}{h} se C_s > C_m (\text{deposição}) \quad (17)$$

onde  $c_0$  é um coeficiente que reflete à coesão do solo e  $v_s$  é a velocidade de queda da partícula (m/s).

O modelo KINEROS utiliza a fórmula de capacidade de transporte de Engelund e Hansen (1967), com a inclusão de um limite crítico do valor da potência unitária do fluxo  $\Omega = uS$  (*Unit Stream Power*) igual a 0,004 m/s, onde  $u$  é a velocidade do fluxo (m/s) e  $S$  é a declividade, para estender a sua aplicabilidade a fluxos rasos. A equação para o cálculo da concentração de sedimentos na capacidade de transporte é a seguinte:

$$c_m = \frac{0,05}{d(S_s - 1)^2} \sqrt{\frac{S * h}{g} (\Omega - 0,004)} \quad (18)$$

onde  $g$  é a aceleração da gravidade ( $m/s^2$ ),  $S_s$  é a densidade relativa do sedimento, igual a 2,65,  $d$  é o diâmetro do sedimento (m),  $h$  é a profundidade do fluxo (m) e as outras variáveis já foram definidas anteriormente.

A velocidade de queda da partícula é calculada pela seguinte equação:

$$v_s^2 = \frac{4}{3} \frac{g(S_s - 1)d}{C_D} \quad (19)$$

onde  $C_D$  é o coeficiente de arrasto da partícula, que é uma função do número de Reynolds, e é calculado pela seguinte expressão:

$$C_D = \frac{24}{R_n} + \frac{3}{\sqrt{R_n}} + 0,34 \quad (20)$$

onde  $Rn$  é o número de Reynolds, calculado como  $Rn = v_s d / \nu$ , onde  $\nu$  é a viscosidade cinemática da água. A velocidade de queda da partícula é encontrada resolvendo simultaneamente as equações (19) e (20).

A simulação do transporte de sedimentos para os canais é realizada de maneira semelhante à simulação do transporte de sedimentos nos planos. A principal diferença nas equações é que a erosão por impacto das gotas de chuva é desprezada, e o termo  $q_s$  torna-se importante na representação da entrada de fluxo lateral.

## 2.4 – Calibração do Modelo

A bacia do rio Jacarecica foi discretizada em 85 elementos, dos quais 52 são planos e 21, canais. Cada elemento plano foi definido levando-se em consideração a homogeneidade das características dos solos e da declividade média, e as linhas de fluxo.

Foram utilizados dados diários observados de precipitação dos postos da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Jacarecica, localizados na área de influência da bacia, sob responsabilidade do Instituto de Meteorologia e da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Alagoas. O modelo foi calibrado para que os resultados de vazão obtidos se aproximassem das vazões observadas realizadas em campanhas de campo.

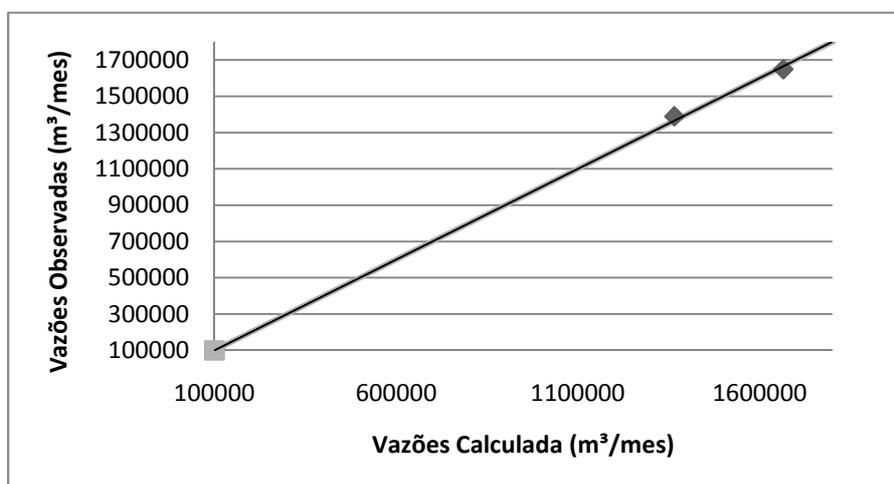
Alguns dos parâmetros do modelo exercem maior influência sobre os processos de escoamento e erosão, como os valores da condutividade hidráulica ( $K_s$ ), da capilaridade ( $G$ ) e porosidade ( $\Phi$ ). No presente trabalho, os valores dos parâmetros foram estabelecidos por meio do AGWA através das tabelas da FAO relacionadas com o tipo de solo a determinação dos valores de parâmetros ficou a cargo do modelo AGWA, resultando nos dados listados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Valores dos parâmetros usados no estudo.

Parâmetros	Símbolo	Planos	Canais
Capilaridade média do solo	G	272,73	101
Condutividade hidráulica	$K_s$	4,76	210
Porosidade	$\Phi$	0,44	0,44

Na Figura 2 são apresentados os escoamentos acumulado mensais observados e calculados no período chuvoso na bacia do rio Jacarecica em Maceió-AL, referente aos meses de junho e julho. Vale ressaltar que a quantidade de dados não foram suficientes para validar a calibração. Entretanto o ajuste nos mostra a tendência de que o modelo respondeu razoavelmente ao escoamento em períodos de chuva, onde ocorre a maior taxa de produção.

A escolha dos períodos chuvosos na análise e comparação dos resultados das simulações se deu pelo fato de que o modelo só responder ao escoamento em períodos de chuva. Nos períodos secos, só há contribuição do escoamento de base pelo aquífero, tendo em vista que não foi adicionado ao modelo o escoamento de base.



**Figura 2** – Comparativo das vazões observadas e calculadas nos meses de junho e julho de 2010.

### 3 DESCOBERTAS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Modelagem da Produção de Sedimentos

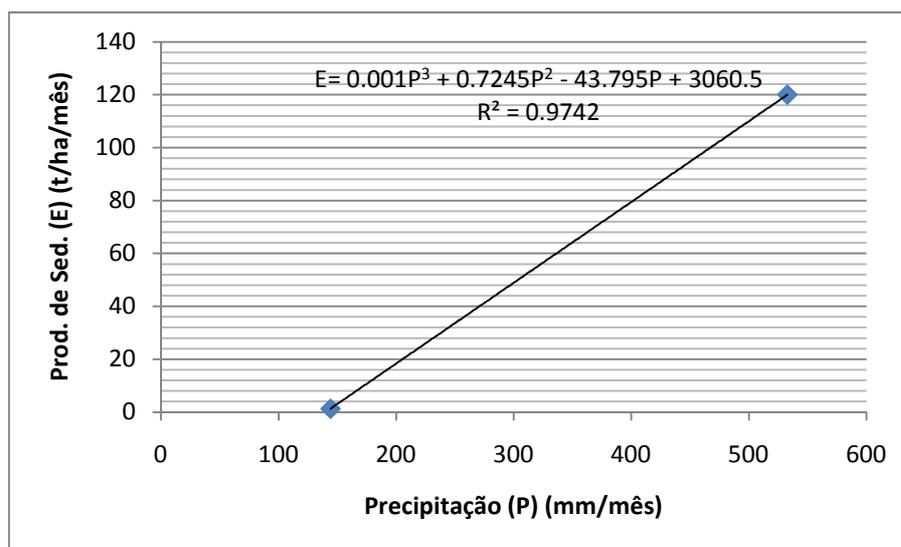
Após a calibração do modelo foram estimados a produção de sedimentos da bacia do rio Jacarecica para dois meses fevereiro e junho (seco e chuvoso) de 2010, (Tabela 3).

**Tabela 3** - Produção total de sedimentos calculada no exutório da bacia do rio Jacarecica, em Maceió-AL.

MÊS	PRECIPITAÇÃO (mm/mês)	SEDIMENTOS (t.ha <sup>-1</sup> .mês <sup>-1</sup> )
FEVEREIRO	144,2	1,34
JUNHO	532,8	120
<b>Total</b>	<b>677</b>	<b>121,3</b>

A relação entre a precipitação média mensal e a produção de sedimentos mensal calculada está apresentada na Figura 3. O coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,97$ ) foi satisfatório, quando comparado com outros trabalhos da literatura.

Por exemplo, Kalin et al (2003) em duas bacias experimentais em Cincinnati, num total de 40 eventos, obteve para o coeficiente de determinação de Nash-Sutcliffe valores variando 0,38 a 0,54, considerados por eles como satisfatórios.



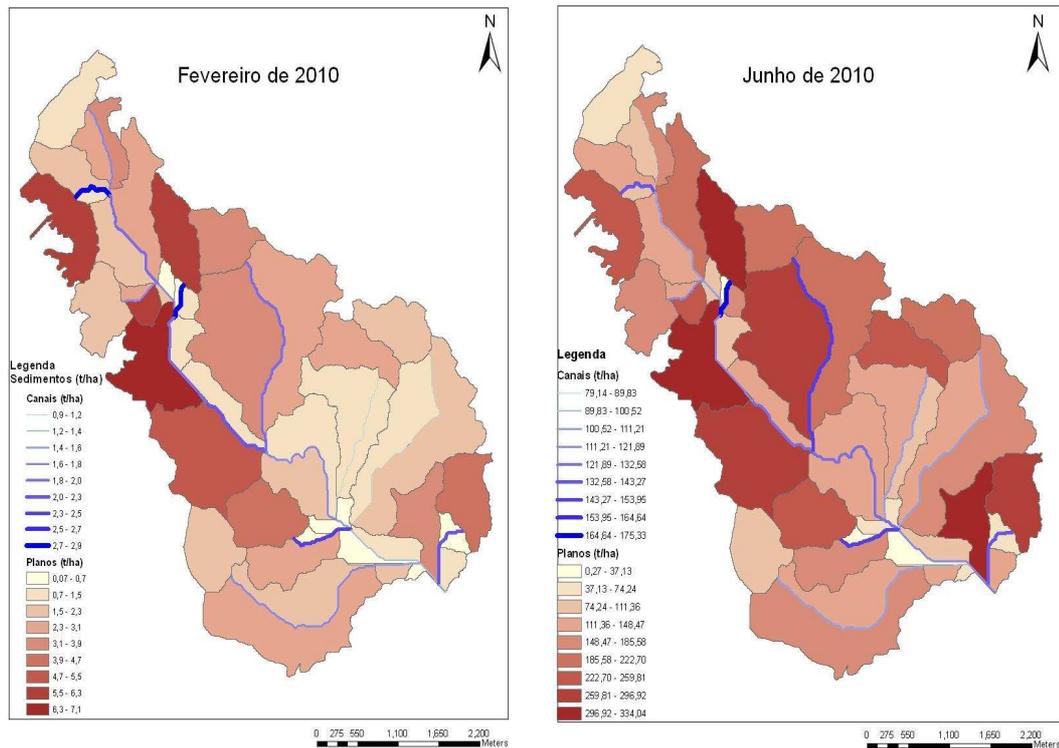
**Figura 3** – Relação entre a precipitação média mensal e a produção de sedimentos mensal calculada.

Fevereiro apresentou um índice pluviométrico acima da média climatológica, na ordem de 144,2 mm onde se tem em média índices climatológicos de 111 mm.

Como esperado o modelo representou bem a distribuição espacial da produção de sedimentos na bacia.

Áreas dos planos a montante, localizadas na parte média da bacia, tiveram maior produção de sedimento.

A Figura 4 apresenta a distribuição espacial da produção de sedimentos da bacia do rio Jacarecica para os meses de fevereiro e junho de 2010 respectivamente.



**Figura 4** – Resultados da modelagem da produção de sedimentos para os meses de fevereiro e junho de 2010, na bacia do rio Jacarecica.

Pode-se observar que as áreas que apresentam menos produção de sedimentos na bacia são as áreas com vegetação predominante, localizadas principalmente na parte nordeste da parte baixa da bacia.

Sendo assim, o mês de fevereiro teve uma produção de sedimentos na ordem de  $1,34 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$  para uma precipitação na ordem de 144,2 mm.

Para o mês de junho, o modelo KINEROS2 simulou a produção de sedimentos ao longo da bacia do rio Jacarecica como mostra a Figura 4.

O total precipitado ao longo do mês de junho de 2010, na ordem de 532,8 mm superou a média climatológica para o referente mês, um valor bem elevado se comparado com os 298,3 mm referente à climatológica na região. A produção total de sedimentos ao longo dos planos chegou a  $334 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ .

Vale ressaltar que os transportes de sedimentos ao longo dos canais se deu em áreas principalmente na parte média e baixa da bacia, e o maior percentual de escoamento se deu no nordeste da parte média da bacia e no nordeste e sudoeste na parte baixa da bacia.

O sedimento calculado no exutório da bacia do rio Jacarecica no mês de junho de 2010 produziu um montante na ordem de 120 toneladas, sendo este o mês com a maior taxa de sedimento.

Áreas com erosão também são bem representadas pelo aumento de produção de sedimentos e escoamento ao longo do mês de junho de 2010, na bacia.

Vale ressaltar que ainda há vegetação predominante na parte média e principalmente baixa da bacia, no lado leste. Essa vegetação tem um papel importante no transporte de sedimentos, pois age como uma barreira impedindo que o sedimento se deposite no curso do rio.

Do mesmo modo Maeda (2008) verificou que os resultados obtidos pelo modelo SWAT/AGWA permitiram comprovar a grande importância da cobertura vegetal na conservação do solo e na prevenção dos problemas relacionados, como o assoreamento dos rios. O modelo também possibilitou a localização das áreas aonde o processo de degradação do solo vem ocorrendo de forma mais intensa e, conseqüentemente, onde os cuidados visando manejos mais sustentáveis deverão ser priorizados.

#### 4 – CONCLUSÕES

A influência dos tipos de 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 integração entre o Kineros2 e o AGWA2 é uma ferramenta significativa na modelagem da produção de sedimentos e na espacialização dos resultados, para identificação das principais áreas susceptíveis ao processo erosivo da bacia do rio Jacarecica.

A utilização da ferramenta AGWA2 com a integração do modelo hidrológico KINEROS2 com o ArcGIS mostrou-se de grande auxílio pela automatização dos processos de entrada de dados que permite a modificação de cenários para previsões futuras.

A calibração do modelo foi razoavelmente satisfatória tendo em vista que os parâmetros adotados foram observados em bacias de características semelhantes a da bacia do rio Jacarecica.

#### 5 – AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas (PPGRHS/CTEC/UFAL), pelo apoio dado e a CAPES/FAPEAL pela concessão da bolsa durante o curso de mestrado.

A Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Alagoas (SEMARH-AL), pelos dados de precipitação disponibilizados.

#### 6 – REFERÊNCIAS

ALAGOAS. Secretaria de Infra-estrutura de Alagoas – SEINFRA. **Adequação do Projeto Básico de Macro Drenagem do Grande Tabuleiro – Maceió/AL – Estudo da Calha do Riacho Jacarecica – Estudos Hidrológicos.** Maceió, p.126, 1998.

BELLINASSO, T. B. **Monitoramento hidrossedimentométrico e avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica urbana de encosta.** Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Universidade Federal de Santa Maria, p.43,58 e 95, 2002.

BELLÓ, S. L. **Avaliação do Impacto da Ocupação Urbana Sobre as Características Hidrossedimentométricas de Uma Pequena Bacia Hidrográfica de Encosta.** 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

BENNETT, J. P. Concepts of mathematical modeling of sediment yield. **Water Resources Research**, v.10, n.3, p. 485-492, 1974.

BROOKS, R. H.; COREY, A. T. **Hydraulic properties of porous média.** Colorado: State Univ.: Fort Collins. 1964. (Hydrol. paper, n. 3)

CABRAL, S. L. **Avaliação dos Processos Sedimentológicos na bacia do rio Jacarecica, em Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, 2011.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA, N. P.; SANTOS, P. M. C. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL, 2000.

MAEDA, E. E. **Influência das mudanças do uso e cobertura da terra no escoamento superficial e produção de sedimentos na região da Bacia do Alto Rio Xingu**. 2008. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.

NASCIMENTO, N.O. **Prospecção tecnológica. recurso hídricos**: Anexo II – c - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Belo Horizonte: UFMG, 2003. p. 42.

NEARING, M. A.; NICHOLS, M. H.; STONE, J. J.; RENARD, K. G.; SIMANTON, J. R. **Sediment yields from unit-source semiarid watersheds at Walnut Gulch**, Water Resour, 2007.

PAIVA, E. M. C.; PAIVA, J. B. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

PEPLAU, G. R. **Influência da variação da urbanização nas vazões de drenagem da Bacia do Rio Jacarecica em Maceió/AL** – Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Engenharia Civil, 2005.

SMITH, R. E.; PARLANGE, J. Y. A parameter-efficient hydrologic infiltration model. **Water Resources Research**, v. 14, n. 3, p. 533-538, 1978.