

# ADEQUABILIDADE DE FÓRMULAS DE CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EM BACIAS DO CARIRI PARAIBANO

*Caio César Rocha Almeida Souto <sup>1</sup> ; Eduardo Eneas de Figueiredo <sup>2</sup>*

*UAEC/UFCG, Av. Aprígio Veloso 882, Bodocongó, CEP 58429-140, Campina Grande, PB.*

*Fone: (83) 2101-1157. Email: caio0@msn.com, eneasef@yahoo.com.*

**RESUMO** – Diferentes fórmulas de capacidade de transporte de sedimentos acopladas ao modelo MOSSE foram testadas com dados de microbacias do cariri paraibano com o objetivo de investigar a metodologia que melhor se adéqua aquela região semiárida da Paraíba. Os resultados mostraram que a metodologia de Yalin não se adéqua a região devido as baixas lâminas do escoamento, enquanto o método de Laursen e a equação de Engelund-Hansen apresentaram resultados semelhantes e satisfatórios para as microbacias investigadas.

**ABSTRACT**– Different formulas of sediment transport capacity coupled to the MOSEE model were tested with data observed in microbasins in the semiarid cariri of the state of Paraíba aiming at investigating the best fit transport formulae to the investigated region. The results show that the equation of Yalin does not suit to the region owing to the very low height of the surface laminas, while the Laursen method and Engelund-Hansen equation showed similar and satisfactory results.

**Palavras-Chave** – Cariri paraibano; Erosão; Capacidade de transporte de sedimentos.

---

<sup>(1)</sup> Mestrando em Eng Civil e Ambiental, UFCG/Av Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó – Campina Grande/PB ([caio0@msn.com](mailto:caio0@msn.com) )

<sup>(2)</sup> Professor, PPGECA/UFCG/CTRN/ Av. Aprígio Veloso, 882 – Bodocongó - Campina Grande/PB ([eduardo@dec.ufcg.edu.br](mailto:eduardo@dec.ufcg.edu.br))

## INTRODUÇÃO

Erosão, transporte e deposição de sedimentos em cursos d'água são processos naturais, complexos tanto para medir quanto para modelar. Esses processos são acelerados pelo homem, quando o mesmo passa a ocupar as terras e intervir de forma mais intensa sobre as mesmas. Erosão é o processo de desprendimento e arraste das partículas do solo principalmente pela ação da água (erosão hídrica) (Carvalho, 1994), resultado da ação conjunta do impacto das gotas de chuva (desprendimento) e das enxurradas (arraste das partículas) provenientes das águas que não foram infiltradas ou retidas no solo.

O transporte de sedimentos em uma bacia hidrográfica depende, fundamentalmente, da capacidade do escoamento em transportar, total ou parcial, a carga de sedimentos disponível oriunda tanto do desprendimento pela chuva quanto pelo escoamento. Várias são as metodologias para o cálculo da capacidade de transporte de sedimentos pelo escoamento encontradas na literatura ainda não amplamente testadas, seja para a carga do leito (e.g., Yalin, 1963), total (e.g., Engelund & Hansen, 1967) ou ambas (e.g., Laursen, 1958), particularmente em regiões semiáridas. Segundo Alonso *et al* (1981) o transporte de sedimentos calculado com diferentes fórmulas varia significativamente fazendo com que a escolha de uma delas precise de pesquisa com base em modelagem e dados observados. No cariri paraibano, dados de escoamento e erosão do solo estão disponíveis em quantidade razoável, os quais foram recentemente utilizados (Vieira, 2011) na modelagem do escoamento e erosão do solo com o modelo MOSEE (Figueiredo, 2009) que acopla diferentes metodologias de transporte de sedimentos, a maioria ainda não investigadas. Assim, poucos modelos matemáticos distribuídos utilizam metodologias alternativas de cálculo para capacidade de transporte. O modelo MOSEE – Modelo de Simulação do Escoamento e Erosão do Solo (Figueiredo, 2009) será utilizado nesta pesquisa, o qual já foi testado na região semiárida do cariri paraibano (Vieira, 2011) e contém diferentes alternativas para a capacidade de transporte.

## ÁREA DE ESTUDO

### Bacia experimental Sumé (BES)

A Bacia Experimental de Sumé (BES) está inserida na área da Bacia Representativa de Sumé sendo parte da área superior da Bacia do Rio Paraíba (Figura 1), instalada na propriedade Fazenda Nova, no município de Sumé, Estado da Paraíba, numa latitude aproximada de 7°44' Sul e longitude 36°57' Oeste (Cadier e Freitas, 1982). Situa-se a na altura do km 118 da BR-412, entre as cidades de Sumé e Monteiro, sendo uma das regiões mais secas do Nordeste brasileiro, sendo denominada de Cariris Velhos, ou somente Cariri. De acordo com Nouvelout (1974) a Bacia de

Sumé tem características físico-climáticas semelhantes a cerca de 15% do “polígono das secas”, sendo então escolhida como representativa pelo fato de que seu solo, relevo, vegetação e clima serem semelhantes aos encontrados numa grande parte do Nordeste brasileiro (Cadier e Freitas, 1982).

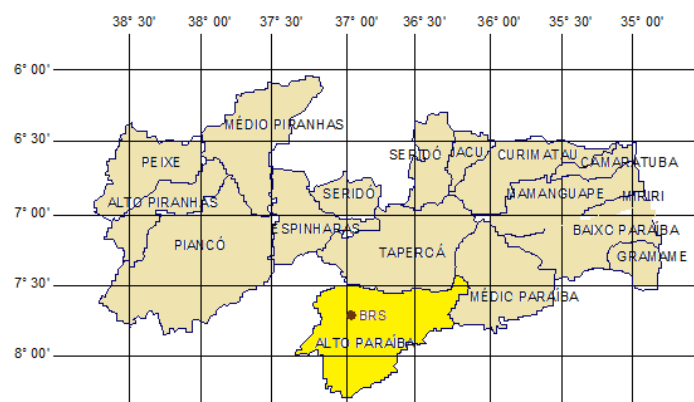


Figura 1 - Localização da BES no Estado da Paraíba. (Cruz, 2004)

## Unidades Experimentais

A Bacia Experimental é formada por quatro microbacias (Tabela 1) com áreas variando entre 0,5 a 1 ha, nas quais foram caracterizadas a topografia e a cobertura vegetal, nove parcelas experimentais de 100 m<sup>2</sup>, operadas sob chuva natural.

Tabela 1 – Características das microbacias (Cadier et al., 1983)

| Microbacias | Área (ha) | Perímetro (m) | Declividade média (%) | Cobertura Vegetal |
|-------------|-----------|---------------|-----------------------|-------------------|
| M1          | 0,62      | 398           | 7,0                   | Caatinga Nativa   |
| M2          | 1,07      | 466           | 6,1                   | Caatinga Nativa   |
| M3          | 0,52      | 302           | 7,1                   | Desmatada         |
| M4          | 0,48      | 270           | 6,8                   | Desmatada         |

## Bacia Experimental de São João do Cariri (BESJC)

A BESJC localiza-se próximo a cidade de São João do Cariri (Figura 2), no Estado da Paraíba, numa latitude aproximada de 7°25' sul e longitude 36°30' oeste, apresenta elevações que variam de 400 a 600 m acima do nível do mar, ocupa uma área de cerca de 10 km<sup>2</sup> (Santos, 2008). O município está localizado na zona fisiográfica do planalto da Borborema, na qual faz parte da mesoregião da Borborema e a microrregião do Cariri Oriental, apresentando característica de

semiaridez mais acentuada que o sertão por se situar na diagonal seca existente na superfície da Borborema.

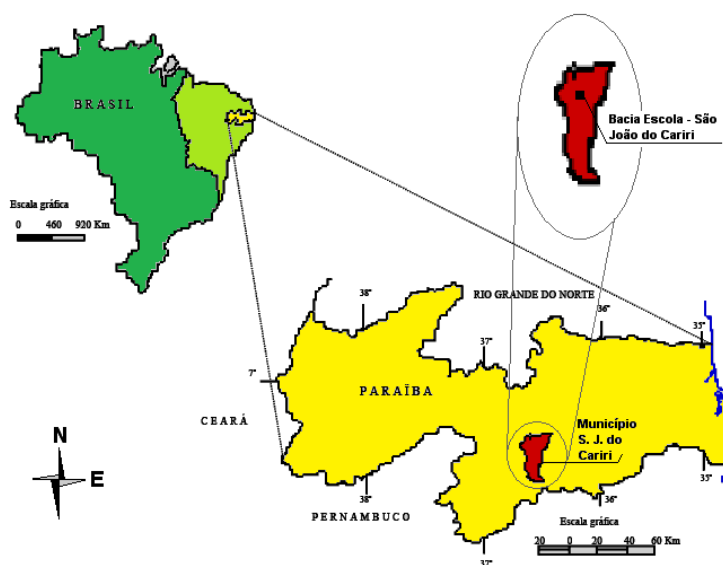


Figura 2 - Localização da Bacia Escola São João do Cariri (Vieira, 2011).

## Unidades Experimentais da BESJC

A BESJC possui duas parcelas de erosão (P1 e P2), três microbacias (M1, M2 e M3) e quatro sub-bacias (SB1, SB2, SB3 e SB4). Nesse trabalho, serão utilizados os dados de escoamento superficial e produção de sedimentos das três microbacias. As características de declividade e cobertura vegetal de cada microbacia são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Características das microbacias da BESJC (Paiva, 2008)

| Microbacias | Área (ha) | Perímetro (m) | Declividade média (%) | Cobertura Vegetal     |
|-------------|-----------|---------------|-----------------------|-----------------------|
| M1          | 0,18      | 175           | 7,5                   | Com resto de caatinga |
| M2          | 0,16      | 209           | 9,75                  | Com resto de caatinga |
| M3          | 1,63      | 533           | 6,75                  | Com resto de caatinga |

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A erosão do solo compreende o desprendimento das partículas de solo da superfície pela ação da chuva, do escoamento, do vento e da gravidade. A precipitação assume papel importante por ser o agente principal no processo de desprendimento do solo pelo impacto, enquanto que o escoamento superficial é o principal agente para o transporte, o qual depende do desenvolvimento

dos demais processos do ciclo hidrológico, eg., interceptação, evapotranspiração, infiltração e percolação.

A modelagem da erosão descreve através de modelos matemáticos os processos de desprendimento, transporte e deposição dos sedimentos (Figueiredo, 1998). Um modelo de erosão, comumente é governado por um modelo hidrológico, na qual se devem considerar as características do clima e do sistema para que ocorra uma boa representação dos processos.

A erosão é um processo natural que pode degradar o meio ambiente, sendo acelerada principalmente pela ação antrópica (Davi, 2004). A erosão em si não consiste num problema por se tratar de um processo natural, mas dependendo de outros fatores alguns problemas decorrentes da erosão podem ser citados: o assoreamento de rios e reservatórios, o aumento do risco de desertificação e a remoção da camada fértil de zonas agrícolas (Guerra *et al*, 1999).

O processo de erosão pode ser agravado tanto pela localização geográfica quanto pela concentração das precipitações em certas estações do ano. Com isso em regiões semiáridas que possuem uma fina camada superficial de solo e suas precipitações ocorrem em determinadas estações do ano possuem maior susceptibilidade à erosão (Figueiredo, 1998).

A produção de sedimentos, que se refere a carga erodida numa dada área e tempo, compreende os processos de desprendimento, transporte e deposição dos sedimentos. O desprendimento é devido principalmente as gotas de chuva, que através de sua energia cinética desprende as partículas do solo, deixando assim o material desprendido exposto a ação do vento ou escoamento. O transporte pelo escoamento pode acontecer de várias formas, dependendo das características das partículas e da capacidade do fluxo. De acordo com Simons e Sentürk (1992) as partículas pesadas são transportadas por deslizamento, rolamento ou saltação e as partículas leves são transportadas em suspensão no interior do fluxo e constituem a carga de lavagem. A capacidade de transporte de sedimentos indica a concentração de sedimentos em equilíbrio no escoamento superficial, logo, quando a concentração de sedimentos é maior que a capacidade de transporte do fluxo ocorre a deposição.

De acordo com Foster (1982), os processos de desagregação, transporte e deposição dos sedimentos ocorre em áreas planas e em canais. Logo a erosão origina-se nos planos e canais. Existem três tipos básicos para erosão nos planos: erosão laminar ou em camadas, erosão em sulcos e a erosão em ravinas. Na erosão laminar a remoção dos sedimentos ocorre através da retirada de uma fina camada do solo, podendo abranger uma grande área. A erosão em sulcos ocorre quando o escoamento se concentra em caminhos preferenciais, provocando o aparecimento de pequenos sulcos nos quais irão concentrar o fluxo. Já a erosão nos canais ocorre devido à força de cisalhamento do fluxo, que age nas suas superfícies laterais e no seu leito. Segundo Carvalho (1994)

a erosão fluvial explica a formação dos rios e da rede de drenagem, podendo resultar no aprofundamento e alargamento do leito dos rios.

A carga de sedimentos em rios caracteriza-se pela heterogeneidade de partículas, podendo ser de vários tipos, formas e tamanhos. O tipo de partícula é determinado por sua densidade, a sua forma pelo seu coeficiente de esfericidade e o tamanho por seu diâmetro (Vieira, 2011).

A carga do leito corresponde aos sedimentos que se originam na ação erosiva da água sobre as margens e o fundo do leito, enquanto que a carga de sedimentos originada nas vertentes é denominada de carga em suspensão.

De acordo com Simons e Sentürk (1992), o transporte de sedimentos pelo escoamento pode ocorrer de várias maneiras, sendo dependente do fluxo e das características das partículas. As partículas mais leves são transportadas no interior do fluxo, e constituem a carga em suspensão, já as partículas mais pesadas são transportadas da seguinte forma: a) Por Arrasto - quando as partículas escorregam ou rolam longitudinalmente no curso d'água; b) Por Saltação – quando as partículas pulam ao longo do curso d'água por efeito da correnteza ou impacto com as outras partículas. A capacidade de transporte de sedimentos corresponde à concentração de sedimentos em equilíbrio no fluxo superficial.

A deposição de sedimentos ocorre quando no fluxo tivermos uma quantidade de partículas suspensas maior que a capacidade de transporte de sedimentos do fluxo. Esse fenômeno tem sua ocorrência aumentada em áreas onde a velocidade do fluxo é bastante reduzida (Sousa, 2007).

Os sedimentos disponibilizados através do desprendimento por meio da precipitação e escoamento superficial serão transportados dependendo da capacidade de transporte do fluxo. Uma avaliação entre a capacidade de transporte e a disponibilidade de sedimentos deve ser realizada, uma vez que o sedimento disponível a ser transportado pelo rio principal requer o desenvolvimento de equações da capacidade de transporte do fluxo, com intuito de analisar se a carga de sedimentos transportada será total ou parcial.

Existem na literatura diversos métodos que estimam apenas a carga de sedimentos de fundo, outros, a carga em suspensão, obtendo-se pela soma, a descarga total de sedimentos. Alguns métodos são usados para estimar a quantidade de sedimentos transportada de maneira indireta, isto é, fazem uso de parâmetros hidráulicos da corrente na seção do rio considerada para estas medições e levam em conta também, as características do material amostrado no leito do rio. Outros métodos consideram ainda para estimativa da quantidade de sedimentos, além dessas medidas, a medida direta da concentração de sedimentos em suspensão na seção considerada (Paiva e Paiva, 2001).

O valor da descarga sólida depende de muitas variáveis, mas a maioria das fórmulas foi desenvolvida com base em uma ou duas grandezas predominantes, tais como descarga de água, profundidade média do escoamento, a velocidade média do fluxo, declividade da superfície d'água,

tensão de cisalhamento, potência da corrente, tamanho e gradação da partícula. É muito difícil simultaneamente incorporar todas estas variáveis e desenvolver uma função de transporte de sedimentos. Logo, até meados da década de 1950, os métodos da estimativa da descarga de material de fundo eram enquadrados em um dos três enfoques a seguir: equações do tipo Du-Boys, baseada em uma relação com a tensão de cisalhamento; equações do tipo Schoklistsch, baseadas em uma relação de descarga e equações do tipo Einstein, baseadas em considerações estatísticas das forças de sustentação.

A seleção da fórmula mais adequada é de grande importância para o cálculo preciso da descarga sólida dos cursos d'água e estuários, já que as fórmulas de material do leito (carga total) calculam a descarga total sem considerar a descarga de material fino em suspensão, que representa a maior parte da descarga total de sedimentos. Logo a escolha de uma metodologia de cálculo para descarga de sedimentos deve ser bastante criteriosa, já que os resultados muitas vezes não são satisfatórios (Carvalho, 1994).

## O MODELO

O modelo MOSEE - Modelo de Simulação do Escoamento e Erosão do Solo (Figueiredo, 2009) é uma versão aperfeiçoada do modelo MOFIPE - Modelo de Base Física para Simulação hidrossedimentológica em Pequena Escala (Davi, 2004), tendo sido compilado em Fortran G77. A primeira versão do modelo foi desenvolvida para simular o escoamento e erosão em pequenas escalas, na qual a bacia era considerada homogênea, precipitação espacialmente uniforme e sistema de canais insignificantes. A versão atual leva em conta a distribuição espacial das precipitações, simula o escoamento em escala de bacia hidrográfica dividida em sub-bacias, leva em consideração a interceptação vegetal, a evapotranspiração e o fluxo vertical e horizontal no interior do solo, no processo de geração e propagação do escoamento e na erosão do solo. Os parâmetros das manchas horizontais de solo e do perfil vertical do solo, limitado a três camadas, são estabelecidos com base na textura do solo.

No modelo atual considera-se que a precipitação varia espacialmente, a interceptação sendo dependente do tipo de vegetação, a evapotranspiração ocorrendo apenas entre eventos de precipitação (durante a precipitação o ar está saturado não ocorrendo evapotranspiração), o escoamento superficial sendo gerado quando a intensidade da precipitação é maior do que a capacidade de infiltração do solo ou quando a camada superficial de solo está saturada. A erosão do solo devido à precipitação (impacto das gotas de chuva) e ao escoamento (tensão de cisalhamento do fluxo) ou ambos, e o transporte dos sedimentos se baseia na capacidade de transporte pelo fluxo,

que é modelado por diferentes métodos presentes na literatura (Engelund & Hansen, 1967; Yalin, 1963; Laursen, 1958).

### **Componentes do modelo**

O modelo MOSSE possui duas componentes básicas:

- 1) Uma componente de fluxo onde são simulados os processos de precipitação, evapotranspiração, infiltração, interceptação, percolação, escoamento superficial, escoamento sub-superficial, escoamento subterrâneo e propagação do escoamento.
- 2) Uma componente de erosão onde simula-se os processos de erosão pela chuva e pelo escoamento, capacidade de transporte pelo fluxo, transporte e deposição de sedimentos.

## **MODELAGEM E RESULTADOS**

### **Bacia experimental de sumé**

Foram modeladas as quatro microbacias (M1, M2, M3, M4), informando ao programa em arquivos específicos suas características tais como, altitudes máximas e mínima, extensões de trechos de rios de cada microbacia e textura do solo. As proporções de cobertura vegetal e de rochas foram fixadas respectivamente em 0,8 e 0,05 para áreas vegetadas e para áreas desmatadas ambas foram fixadas em zero. Com base na modelagem de Figueiredo (1998), a capacidade de armazenamento da folhagem em áreas semiáridas foi adotada como 0,5 mm, sendo este valor adotado para interceptação neste trabalho. A largura dos todos os trechos de rios foi fixada em 0,5m. Dados de evaporação potencial observados em tanques evaporimétricos foram considerados no cálculo da evapotranspiração potencial com coeficiente de consumo unitário. A tensão do solo foi calculada através da equação de Saxton et al (1986). A capacidade de infiltração foi calculada através de uma equação potencial ajustada a partir da curva de capacidade de infiltração experimental.

Não foi considerada a contribuição subterrânea para o escoamento total devido aos solos estudados serem bastante rasos e com baixa capacidade de armazenamento, não havendo ocorrência de lençol subterrâneo. O método convexo do SCS (McCuen, 1982) foi utilizado como procedimento para propagação do escoamento com tempo de concentração determinado pelo método de Kirpich



que depende do comprimento e da declividade da bacia. O coeficiente de Manning foi fixado em  $n = 0,02$  para os canais de microbacia desmatadas e  $n = 0,03$  para os canais de microbacias vegetadas.

### Modelagem da Erosão do solo

Após a modelagem do escoamento, e com os coeficientes de erosividade pela chuva e pelo escoamento calibrados por Vieira (2011), foram escolhidos os métodos de Engelund-Hansen (1967), Yalin (1963) e Laursen (1958) todos inseridos no MOSEE para realizar a comparação entre as diferentes metodologias de capacidade de transporte de sedimentos, comparando os dados de erosão observadas e calculadas dos anos 1984, 1985 e 1986 ( Figuras 3a, 3b, 4a, 4b, 5a, 5b, 6a, 6b, 7<sup>a</sup>, 7b) .

Os resultados para os diversos métodos são apresentados graficamente a seguir:

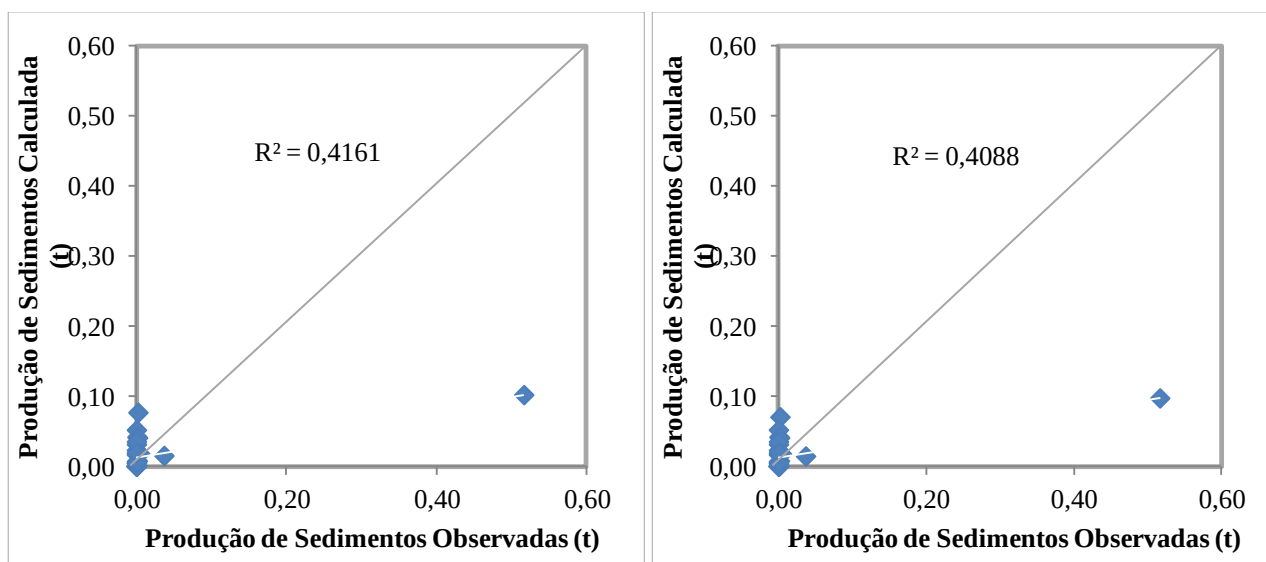


Figura 3a e Figura 3b – Erosão observada e simulada em M1 para as metodologias de Engelund-Hansen e Laursen, respectivamente (1986).

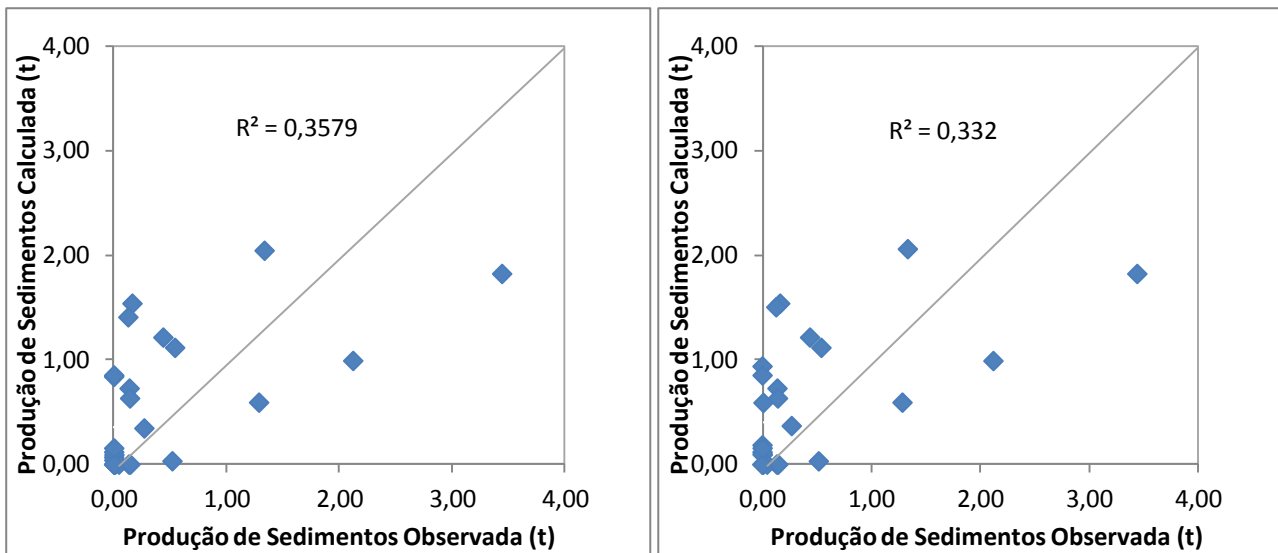
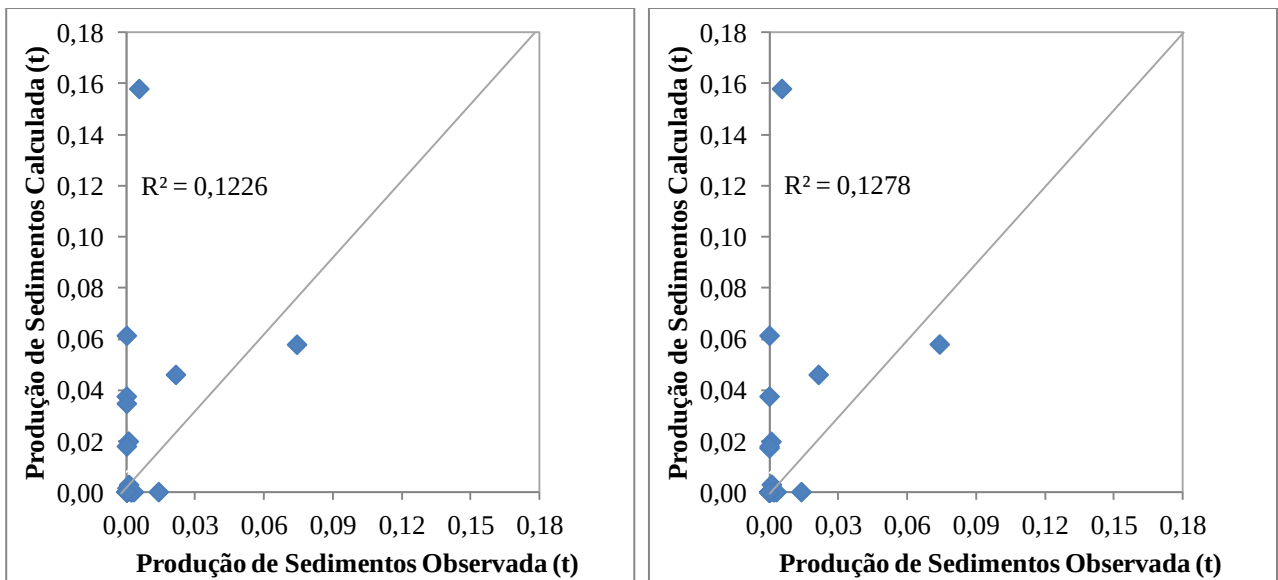
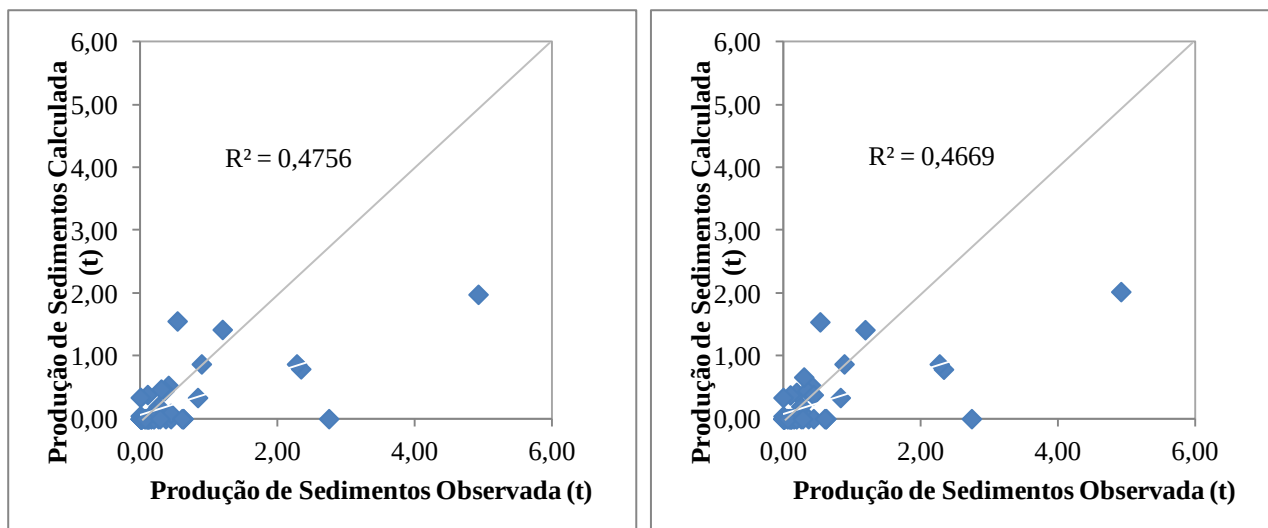


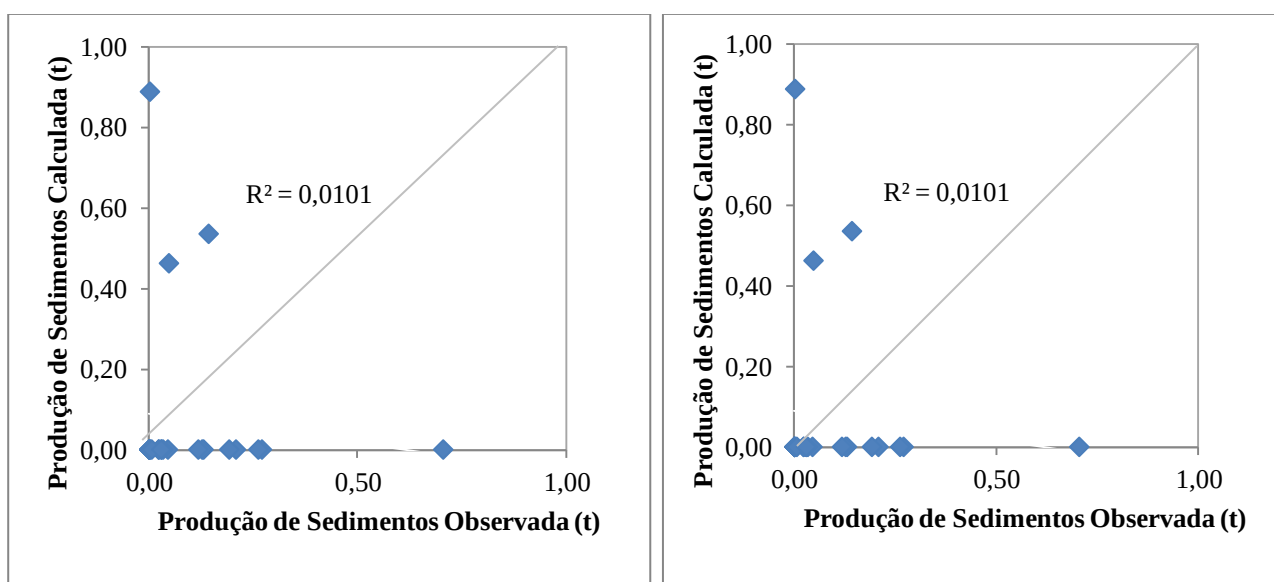
Figura 4a e Figura 4b - Erosão observada e simulada em M4 para as metodologias de Engelund-Hansen e Laursen, respectivamente (1986).



Figuras 5a e 5b - Erosão observada e simulada em M2 para as metodologias de Engelund-Hansen e Laursen, respectivamente (1985).



Figuras 6a e 6b - Erosão observada e simulada em M3 para as metodologias de Engelund-Hansen e Laursen, respectivamente (1985).



Figuras 7a e 7b - Erosão observada e simulada em M3 para as metodologias de Engelund-Hansen e Laursen, respectivamente (1984).

## Bacia Experimental de São João do Cariri

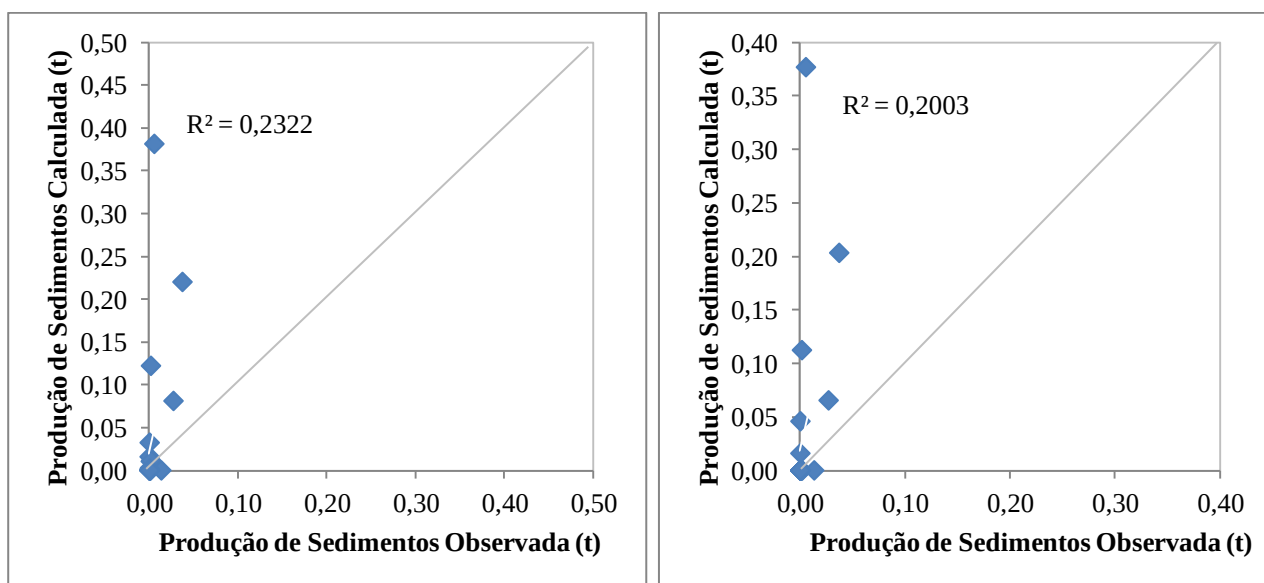
Foram modeladas as três microbacias (M1, M2, M3), da mesma forma que as unidades experimentais utilizadas em Sumé, tendo sido informado em arquivos específicos as características tais como, extensão dos trechos, altitudes, textura dos solos, etc. O valor da capacidade de armazenamento da folhagem foi adotado assim como em sumé 0,5 mm. A proporção de cobertura vegetal foi fixada em 20% para M1 e em 40% para M2 e M3; e a proporção de cobertura de rochas foi fixada em 2% para todas a microbacias. As largura dos trechos dos rios foi fixadas em 0,5 m. As

demais metodologias utilizadas para o cálculo da capacidade de infiltração, tensão do solo, evapotranspiração, etc., foram as mesmas adotadas na BES, assim como os diversos parâmetros.

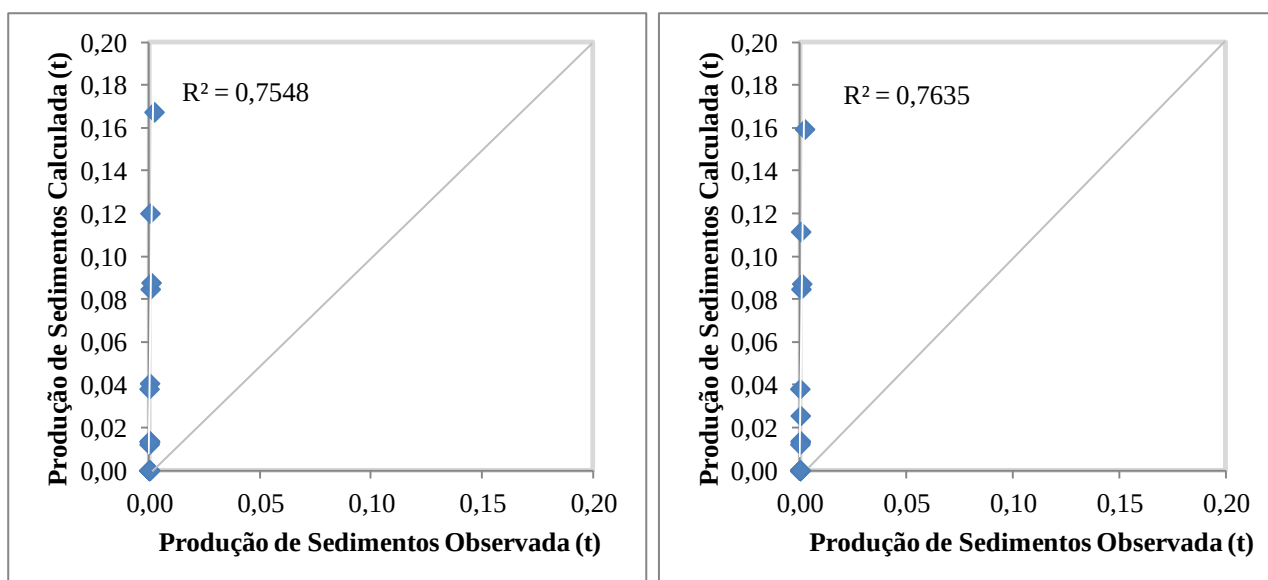
Assim como em Sumé, não foi considerada a contribuição subterrânea devido às mesmas características apresentadas na BES. Utilizou-se o método convexo SCS (McCuen, 1982) para cálculo da propagação do escoamento com o tempo de concentração calculado por Kirpich em função do comprimento e declividade da bacia. O coeficiente de Manning foi fixado em 0,03 para os canais nas três microbacias.

### Modelagem da erosão

Assim como a modelagem da erosão realizada na BES, os coeficientes de erosividade pela chuva e do escoamento foram calibrados por Vieira (2011). E para o cálculo da capacidade de transporte de sedimentos foram escolhidos os métodos de Engelund-Hansen (1967), Yalin (1963) e Laursen (1958), com intuito de buscar a metodologia que melhor se adapte à região semiárida do cariri paraibano. As figuras abaixo apresentam os resultados do ano de 2002 (Figuras 8a, 8b, 9a e 9b).



Figuras 8a e 8b - Erosão observada e simulada em M1 para as metodologias de Engelund-Hansen e Laursen, respectivamente (2002).



Figuras 9a 9b - Erosão observada e simulada em M2 para as metodologias de Engelund-Hansen e Laursen, respectivamente (2002).

## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados foram analisados com base na comparação de erosão do solo, com dados observados e calculados das diversas metodologias de cálculo da capacidade de transporte de sedimentos (Engelund-Hansen, 1967; Yalin, 1963 e Laursen, 1958) nas microbacias de Sumé para os anos de 1984 a 1986, e nas microbacias de São João do Cariri para os anos de 2002 a 2004. Nas microbacias de Sumé, os resultados demonstraram que a metodologia de Yalin (1963) não se adéqua a região já que seu resultados de erosão calculados foram zero para todas as quatro microbacias nos anos de 1984, 1985 e 1986, devido a tensão de cisalhamento crítica ser maior ou igual a tensão de cisalhamento do fluxo. Já as metodologias de Engelund-Hansen (1967) e Laursen (1958), apresentaram valores de erosão do solo equivalentes, haja vista que ambas as metodologias calculam a descarga total de sedimentos. Os gráficos apresentados anteriormente indicam que os valores de erosão calculados por ambas as metodologias possuem uma correlação de moderada á fraca com os valor da erosão observada, tendo o valor de  $R^2$  máximo menor que 0,5 e mínimo maior que 0, podendo, no entanto, serem considerados satisfatórios os resultados. Nas três microbacias de São João do Cariri, os resultados demonstraram que a metodologia de Yalin (1963), assim como ocorreu em Sumé não se adéqua a região, já as metodologias de Engelund-Hansen (1967) e Laursen (1958), apresentaram uma correlação de forte á moderada com valor máximo de 0,76 para M2 e mínimo de 0,3 para M3, e assim como para a bacia de Sumé apresentaram valores praticamente iguais e satisfatórios.

## COSIDERAÇÕES FINAIS

A grande experiência, obtida através do estudo do escoamento superficial e erosão do solo na região do cariri paraibano, é de grande importância seja quanto a coleta de dados ou a modelagem e simulação discutidos nesse trabalho. Os resultados simulados para as unidades experimentais da BES e BESJC foram satisfatórios e apresentaram valores para erosão do solo de moderados a fracos. As metodologias de Laursen e Engelund-Hansen se mostram adaptáveis à região apresentando valores simulados semelhantes para todas as microbacias em todos os anos simulados. Já a metodologia de Yalin mostrou-se inadequável para região apresentando os valores de erosão simulados iguais a zero em virtude das baixas lâminas do escoamento superficial. Logo, os resultados reforçam a necessidade de base de dados confiáveis observados na região, para o desenvolvimento de novos trabalhos e a instalação de novas bacias experimentais que possam representar bem as diversas regiões brasileiras. Para uma avaliação mais completa é necessário à utilização de diversas metodologias de cálculo da capacidade de transporte de sedimentos para que se possa analisar qual ou quais metodologias descrevem melhor o processo de erosão e transporte de sedimentos da região.

## BIBLIOGRAFIA

### a) Livro

CADIER, E. FREITAS, B. J. (1982). *Bacia Experimental de Sumé: Primeira Estimativa dos Recursos de Água*. Recife, SUDENE. 195p.

CADIER, E. FREITAS, B.J., e Leprun, J.C. (1983). *Bacia Experimental de Sumé - Instalação e Primeiros Resultados*. Série Hidrologia No. 16, SUDENE, Recife-Pe, Brazil. p. 89.

CARVALHO, N. O. (1994). *Hidrossedimentologia Prática*. Rio de Janeiro, CPRM, 372p.

FOSTER, G.R. (1982). *Modeling the Erosion Process*. In: Haan, C.T.; Johnson, H. P. e Brakensiek, D.L., Ed. *Hydrologic Modeling os Small Watersheds*, St. Joseph, American Society Agricultural Engineers, p. 297-380.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (2001) (Org). *Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas*. Porto Alegre: ABRH, 2001, p.531p.

GUERRA, A. J. T., A. S., BOTELHO, R. G. M. (1999). “*Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*”. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

SIMONS, D. B. & SENTÜRK, F. (1992). *Sediment Transport Technology*. Fort Collins, Water Resources Publications. 807 p.

b) Artigo em revista

ALONSO, C. V., NEIBLING, W. H. e FOSTER, G. R. (1981). “*Estimating Sediment Transport Capacity in Watershed Modeling*”. Trans. Am. Soc. Agric. Engrs., 24(5), 1211-1220, 1226.

LAURSEN, E.M. (1958). “*The Total Sediment Load of Streams*”. Journal. Hydr. Div. ASCE, 54(HY1) 1-36.

SAXTON, K.E., RAWLS, W.J., ROSEMBERGER, J.S. and PAPENDICK, R.I. (1986). “*Estimating generalized soil-water characteristics from texture*”. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 50, 1031-1036.

YALIN, M.S. (1963). “*An Expression for Bedload Transportation*”. Journal of the Hydraulics Division., Proc. ASCE, 89(HY3):221-250.

c) Teses, dissertações e Monografias

CRUZ, E. S. (2004). *Estudo dos Impactos do Uso do Solo Através da Modelagem da Geração do Escoamento Superficial e Erosão do Solo na Região do Cariri Paraibano*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Área de Recursos Hídricos.

DAVI, H. H. R. C.(2004). *Um Modelo para Simulação Hidrossedimentológica em Pequena Escala*. Dissertação de mestrado, UAEC/CCT/UFCG.

ENGELUND, F. & HANSEN, E. (1967). *A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams*. Teknisk Vorlag, Copenhagen.

FIGUEIREDO, E. E. (1998) *Scale effects and land use change impacts in sediment yield modelling in a semi-arid region of Brazil*. PhD Thesis, Dept. of Civil Engineering, University of Newcastle upon Tyne, England.

FIGUEIREDO, E.E.(2009). *MOSESS\_2D. A model for runoff and soil erosion prediction at the catchment scale*. Projeto de pós-doutoramento. University of Sheffield, UK.

NOUVELOT, J. F. (1974). *Planificação da Implantação de Bacias Representativas: Aplicação à Área de SUDENE*. SUDENE, Recife.

PAIVA, F. M. L. (2008) *Estudo Comparativo entre Três Modelos de Base Física na Modelagem Hidrossedimentológica em Microbacias na região Semi-árida Paraibana*. Dissertação de Mestrado. UAEC/CTRN/UFCG.

SANTOS, L. L. (2008). *Modelagem Hidrossedimentológica e Avaliação Comparativa de Três Modelos em Pequenas Sub-Bacias na Região Semi-Árida Paraibana*. Dissertação de Mestrado. UAEC/CTRN/UFCG

SOUSA, G. (2007). *MODFIPE – Um modelo Distribuído de Base Física para Simulação do Escoamento e Erosão do Solo*. Dissertação de Mestrado. UAEC/CTRN/UFCG.

VIEIRA, Z. C. (2011). *Modelagem do escoamento e erosão sob diferentes condições de chuva e uso do solo em bacias do Cariri Paraibano com o modelo distribuído MOSEE*. Dissertação de Mestrado. PPGECA/UFCG – Campina Grande, PB.

**AGRADECIMENTOS** - Os autores agradecem ao CNPQ pelo apoio financeiro.