

# PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SAMAMBAIA, GOIÂNIA-GO

Aldrei Marucci Veiga<sup>1</sup>; Bruna Ferreira<sup>2</sup> & Alexandre Kepler Soares<sup>3</sup>

## RESUMO

A produção de sedimentos caracteriza-se como uma das importantes variáveis que precisam ser determinadas em bacias hidrográficas. Na hidrologia, o entendimento do balanço hídrico é de suma importância uma vez que é a força primária que controla a dinâmica do transporte de sedimentos e nutrientes. O objetivo deste trabalho é realizar análises de calibrações do modelo hidrossedimentológico *Soil Water Assessment Tool* (SWAT) em termos de vazão e sedimento em suspensão na Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia para estimar a produção de sedimento na bacia. Foram realizadas medições de vazões e sedimentos em suspensão durante o período de Fevereiro a Dezembro de 2013 e os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica localizada na Escola de Agronomia da UFG. As análises de calibração foram realizadas no próprio *software* SWAT (interface ArcSwat). A produção de sedimento na BHCS é maior onde há predominância de urbanização pois a bacia responde rapidamente com as precipitações pois seu tempo de concentração é menor que 24 horas. Conclui que a concentração de sedimento em suspensão na bacia acompanha os picos de chuva evidenciando que a bacia está sofrendo forte ação antrópica.

## ABSTRACT

The sediment production is characterized as one of the important variables that need to be determined in watersheds. Hydrology, understanding the water balance is of paramount importance since it is the primary force that controls the dynamics of sediment transport and nutrients. The objective of this work is the analysis of calibrations hydrosedimentological model *Soil Water Assessment Tool* (SWAT) in terms of flow and suspended sediment in Fern Creek Basin to estimate the sediment yield in the basin. Streamflow and sediment measurements were performed in suspension during the period February to December 2013 and the climatic data were obtained from the meteorological station located at the School of Agronomy of UFG. The analyzes were performed calibration in SWAT own software (ArcSwat interface). The sediment production in BHCS is greater where there is predominance of urbanization since the basin responds quickly to rainfall because their attention span is less than 24 hours. Concludes that the concentration of suspended sediment in the basin follows the rainfall peaks indicating that the basin is suffering strong anthropic action.

**Palavras-chave:** Produção de sedimento; Sedimentos em suspensão; SWAT.

---

<sup>1</sup>) Serviço Geológico do Brasil / CPRM. Rua 148, n.485. Setor Marista. (62)3240 1400. aldreiveiga@cprm.gov.br

<sup>2</sup>) Universidade Federal de Goiás. Rua 10, Setor Universitário. brunaferrera@gmail.com

<sup>3</sup>) Universidade Federal de Goiás. Rua 10, Setor Universitário. aksoares@gmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de sedimentos caracteriza-se como uma das importantes variáveis que precisam ser determinadas em bacias hidrográficas. Na hidrologia, o entendimento do balanço hídrico é de suma importância uma vez que é a força primária que controla a dinâmica do transporte de sedimentos e nutrientes. A utilização da modelagem hidrológica é essencial para determinar impactos, antes mesmo da utilização da área em questão, de determinada cultura ou prática agrícola, fornecendo informações necessárias para pressupor a identificação da origem e natureza da poluição, bem como para a quantificação de sua carga (BONUMÁ, 2011).

O ciclo hidrossedimentológico ocorre concomitantemente ao ciclo hidrológico e envolve a erosão, o transporte e o depósito de partículas sólidas presentes na superfície da bacia hidrográfica. Da mesma maneira que é possível distinguir os principais fenômenos que compõem o ciclo hidrológico (interceptação, evaporação e a infiltração da água), pode-se identificar os processos que regem o deslocamento de partículas sólidas pela bacia hidrográfica (BORDAS e SEMMELMANN, 2011).

Existem atualmente diversos modelos para a predição da erosão hídrica e do transporte de sedimentos de forma integrada, destacando nessa pesquisa o *Soil and Water Assessment Tool-SWAT* (ARNOLD *et al.*, 1998).

A Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia (BHCS) é considerada uma bacia semi-urbana, tendo ainda a predominância de pastagens e está começando a ser monitorada hidrológicamente pela Universidade Federal de Goiás. A bacia atravessa a cidade de Goiânia sendo um dos afluentes do Rio Meia Ponte. Por ser uma bacia com forte ação antrópica e predominância de pastagens, supõe-se que há uma grande produção de sedimentos acarretando em possibilidade de assoreamento do córrego. Existe grande dificuldade do gestor estadual em monitorar pequenas bacias, devido a limitação de pessoal e investimento em tecnologias de medições hidrológicas. Portanto o modelo hidrológico escolhido para o estudo, SWAT, pode ser aplicado em bacias não-monitoradas, sendo um modelo contínuo, distribuído, sub-divide a bacia em unidades de respostas hidrológicas e é computacionalmente eficiente (Arnold *et al.*, 1998; Neitsch *et al.*, 2005; Minotti, 2006; Xavier, 2009; Lelis, 2001 e Galharte, 2011).

A simulação com o modelo hidrológico SWAT será aplicado na Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia (BHCS) na região de Goiânia, tendo medições de descarga líquida e descarga sólida próximas a estação meteorológica da Escola de Agronomia no campus II da Universidade Federal de Goiás.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é realizar calibrações do modelo hidrológico *Soil Water Assessment Tool* – SWAT na Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia em termos de descarga líquida (vazão) e concentração de sedimento em suspensão para estimar a produção de sedimento na bacia.

Como objetivos específicos tem-se: \*Determinar os principais parâmetros para os quais o modelo SWAT é mais sensível, no caso da Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia; \*Calibrar o modelo em relação às vazões e concentração de sedimentos em suspensão observados no Córrego Samambaia no período de 2013.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A modelagem distribuída da produção e transporte de sedimento torna-se importante na gestão ambiental, pois permite localizar espacialmente as áreas com processos erosivos mais acentuados, favorecendo a tomada de decisões locais mais eficientes. A modelagem permite estimar quantitativamente a variação na carga de sedimento provocada por alterações no uso do solo, permitindo prever o impacto de modificações na bacia, auxiliando no planejamento da rede de monitoramento sedimentométrico e na definição da frequência das campanhas de medição (SCHULTZ; SOUZA; SANTOS, 2011). Os autores citam que existem atualmente diversos modelos para a predição da erosão hídrica e do transporte de sedimentos de forma integrada, sendo:

**KINEROS** – *Kinematic Runoff e Erosion Model* (Woolhiser, Smith e Goodrich, 1990). **AGNPS** - *Agricultural Non-Point-Sources Pollution Model*. Foi desenvolvido pelo *Agricultural Research Service - ARS* do *United States Department of Agriculture - USDA* em cooperação com a Agência de Controle de Poluição de Minnesota e o *Soil Conservation Service - SCS* (YOUNG *et al.*, 1989). **WESP** - *Watershed Erosion Simulation Program* (Lopes, 1987). **WEPP** - *Water Erosion Prediction Project* (Flanagan e Nearing, 1995). **SWAT** – *Soil Water Assessment Tool* (Arnold *et al.*, 1998).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia (BHCS) é uma bacia semi-urbana localizada ao norte do município de Goiânia. A Figura 1 ilustra o contorno da bacia em imagem do Google Earth com a localização do ponto de medição e estação climatológica utilizada no estudo.

A BHCS tem área de drenagem de 31,745 km<sup>2</sup> (ou 3174,500 ha) com perímetro de 35,01 km, canal principal tem 10,27 km de comprimento. A bacia tem declividade média de 3% , é ocupada em sua maioria por pastagem, sendo que a área habitada pelo é a segunda em maior ocupação, e na sequencia posterior é ocupada pela vegetação remanescente e mata ciliar. O latossolo tem predominância em toda bacia. O clima na bacia hidrográfica é característico do tipo AW, segundo a classificação de Koeppen. Clima tropical com uma estação seca e outra chuvosa, em que todos os meses do ano tem temperatura média do ar superior a 18°C e o período chuvoso está entre os meses de Outubro a Abril.

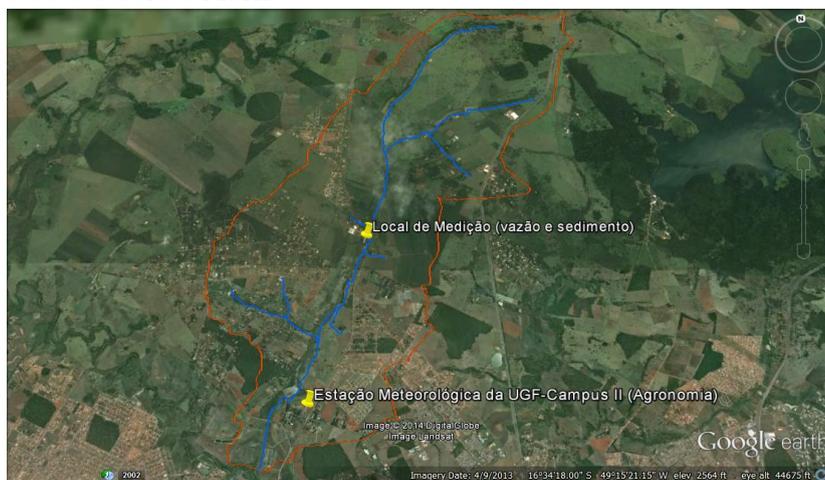


Figura 1 - Delimitação da BHCS (Fonte: imagem do Google Earth).

#### 4.2 Medição Fluviométrica

As medições de descarga líquida ou vazão foram realizadas por dois equipamentos, o ADV-Flow tracker, o ADCP-Argonaut. Para medição do nível da água, foi instalado um medidor de nível de água com *data logger*, linígrafo, que é um medidor de nível da pressão da água, em que o valor de pressão é convertido para nível de água em unidades métricas.

#### 4.3 Medição de Descarga Sólida

Pelo fato da evolução científica permitir o invento e a construção dos mais diversos equipamentos para medição da carga sólida (CARVALHO, 2008), então no presente trabalho foi utilizado o equipamento fabricado pela Teledyne Technologies Company de Modelo ISCO 6712, o qual é uma amostrador ou coletor de água.

#### 4.4 Rotina de campo

Em Fevereiro de 2013, o linígrafo foi instalado assim como o ADV-Flow tracker foi utilizado. No mês de Julho o ADCP e em setembro o ISCO foram instalados.

#### 4.5 Análises de Laboratório

Conforme Carvalho (2008), a análise do sedimento em suspensão pode ser através: \*concentração que por sua vez abrange as metodologias: -filtração; -evaporação, -tubo de remoção pela base; e a \*análise granulométrica, tem a: -pipetagem, -densímetro, -tubo de remoção pela base.

Nesse estudo, foi utilizado o método de evaporação para a determinação da concentração de sedimento em suspensão na BHCS.

#### 4.6 Curva-chave sedimentométrica

As curvas-chave de sedimento (CCS) podem ser obtidas pelo par-ordenado com valores de concentração ou de descarga sólida, seja suspensão, de arrasto ou total, e a descarga líquida. É necessário analisar preliminarmente os dados disponíveis, devendo ser eliminados os valores não consistentes, após essa análise, faz-se indispensável uma segunda análise que só será feita após os pontos serem plotados, um ponto na curva só deve ser descartado depois de analisado todos os dados que geraram aquele valor: medição de vazão, coleta, análise de laboratório e cálculos (CARVALHO, 2008).

#### 4.7 Modelo hidrossedimentológico - SWAT

O modelo SWAT foi desenvolvido pelo *Agricultural Research Service* (ARS) (Arnold *et al.*, 1998) nos Estados Unidos com o objetivo de analisar os impactos gerados pela alteração do uso do solo em bacias hidrográficas. O modelo faz uma modelagem matemática de parâmetros distribuídos e que simula os fenômenos físicos do ciclo hidrológico em uma bacia associados ao uso do solo, como o escoamento superficial e subterrâneo, produção de sedimentos e qualidade da água (SRINIVASAN e ARNOLD, 1994). Conforme Neitsch *et al.* (2005), o SWAT é modelo de base física que requer informações quanto ao clima, propriedade do solo, topografia, vegetação e práticas de manejo da terra. Esta primeira característica denota sua capacidade de simulação em bacias sem monitoramento, ou seja, sem calibração, favorecendo resultados realistas. Utiliza dados normalmente disponíveis, é modelo contínuo no tempo favorecendo as simulações de longos períodos, até 150 anos (Winchell, 2007). O SWAT sub-divide a bacia hidrográfica em sub-bacias denominadas de Unidades de Respostas Hidrológicas – HRU's. Cada unidade hidrológica apresenta características homogêneas tanto no uso do solo quanto nas suas características pedológicas.

Segundo Neto (2011), o modelo SWAT faz a integração com o software SIG compartilhando os dados integrados. Logo, constata-se que o modelo requer necessariamente três diferentes arquivos geoespaciais: modelo digital de elevação, mapa de tipo de solo e mapa de cobertura do solo. Dados tabulares referentes às condições climáticas também são requisitos básicos para a simulação de uma determinada bacias através do modelo. É através da interface ArcSWAT

que os dados geoespaciais são convertidos em informações para a execução do modelo. O modelo geoespacial ArcSWAT é uma extensão para ArcGIS-ArcView (ESRI –Environmental Systems Research Institute) utilizado como ferramenta de pré e pós processamento de dados para a execução do modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A série temporal diária de 2003 a 2013 da estação climatologia da UFG no campus II foi utilizado no SWAT. As Figuras 2 e 3 mostram as chuvas no período de 2003 a 2013 e as chuvas *versus* cotas medidas na seção respectivamente.

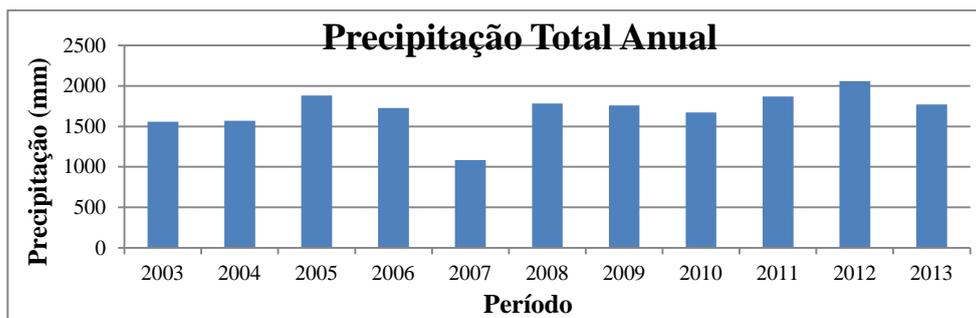


Figura 2- Precipitação anual total do período de 2003 a 2013 para a BHCS.

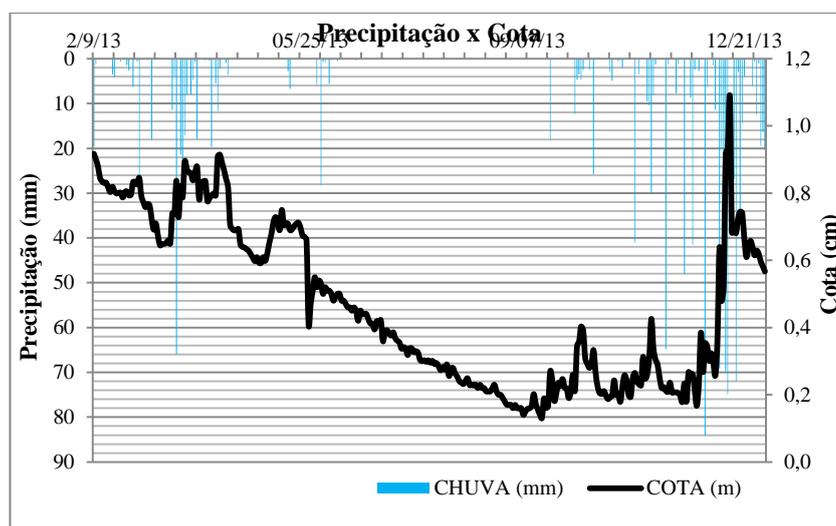


Figura 3- Gráfico de precipitação *versus* cota para a BHCS.

A partir do mês de maio as chuvas vão ficando mais escassas e as cotas vão diminuindo apesar de haver chuva no final desse mês, logo porém as cotas decresceram consideravelmente. No período chuvoso o nível d'água do córrego aumenta até cota máxima média de pouco mais de 1 metro, mesmo assim o local de medição é bem "encaixado" e não há transbordamento da calha do córrego.

Na Figura 4 percebe que as concentrações de sedimentos em suspensão medidos tem acompanhado as cotas medidas.

Na Figura 5 ilustra a produção de sedimento nas sub-bacias, expressa em toneladas por área de cada sub-bacia.

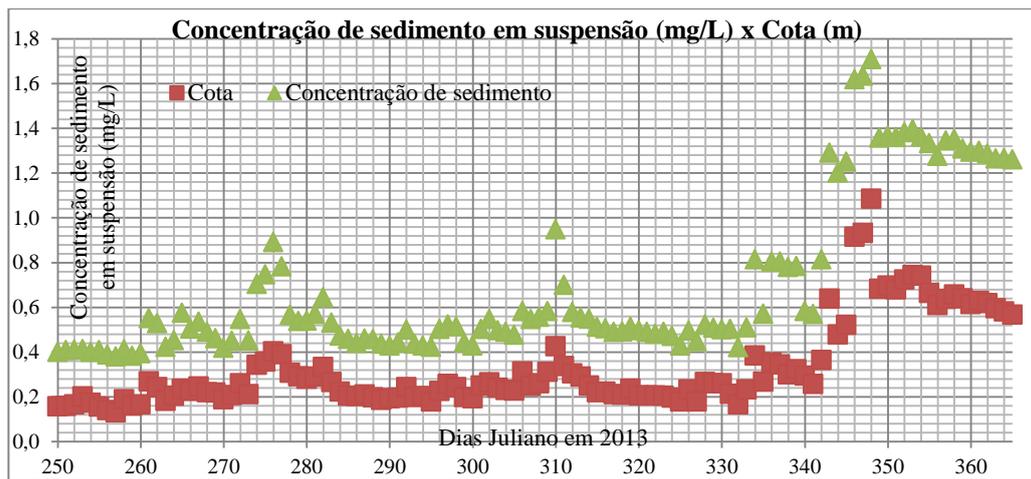


Figura 4- Gráfico da concentração de sedimento *versus* cotas medidas a partir do dia juliano de 250 em 2013 (a partir de 07 de Setembro de 2013).

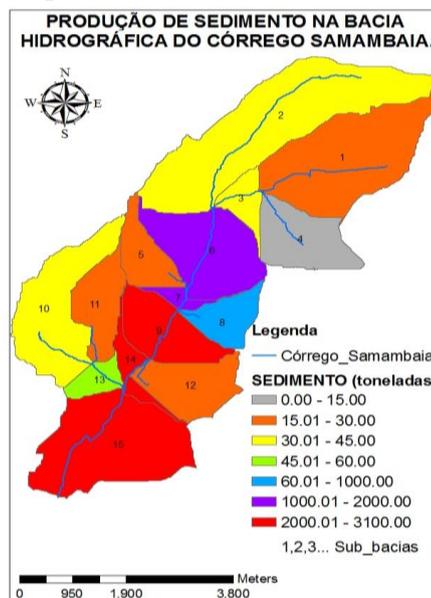


Figura 5- Produção de sedimento em cada sub-bacia do Córrego Samambaia.

A produção de sedimento está maior no exutório da bacia, e observa-se que onde há glebas com vegetação remanescente ocorre redução de sedimento, o contrário acontece nas áreas com predominância de urbanização e pastagem. Por exemplo, na sub-bacia 4, onde está concentrada a menor produção de sedimento, após a calibração o valor obtido de sedimento foi de 14,0323 toneladas em toda a área desta, e é nesta que está o maior percentual de vegetação remanescente em relação a urbanização e pastagem por área, ou seja, a porcentagem de vegetação nessa sub-bacia é maior que a soma do percentual de pastagem e urbanização os quais são os tipos de ocupação de solo que podem produzir grande parte do sedimento em uma determinada bacia.

As sub-bacias 9, 14 e 15 são as que apresentam maior produção de sedimento, sendo 3023,43 toneladas; 2930,96 toneladas e 2892,92 toneladas respectivamente, e nessas a ocupação que gera

maior quantidade de sedimento (urbanização e pastagem) ocupam mais de 60% do total de cada sub-bacia.

## 6. CONCLUSÕES

Análises de calibração do modelo hidrossedimentológico SWAT para a bacia do Córrego Samambaia, em Goiânia-GO, foram realizadas neste trabalho. Para tanto, foi definido um ponto de monitoramento contínuo de descarga líquida (vazão) e de descarga sólida (concentração de sedimento em suspensão). As medições foram efetuadas no período de fevereiro a dezembro de 2013 e envolveram diferentes tipos de equipamentos (linígrafo, ADCP de fundo, ADV, e coletor automático de água ISCO).

Inicialmente, a simulação no SWAT apresentou valores superestimados nos picos de escoamento superficial e subestimou as vazões mínimas. Entretanto, e após a análise de sensibilidade, os picos foram minimizados e as vazões mínimas apresentaram valores mais ajustados aos valores medidos.

A produção de sedimento na BHCS é maior onde há predominância de urbanização pois a bacia responde rapidamente com as precipitações pois seu tempo de concentração é menor que 24 horas. Conclui que a concentração de sedimento em suspensão na bacia acompanha os picos de chuva evidenciando que a bacia está sofrendo forte ação antrópica, com isso sugere que sejam tomadas medidas mitigadoras para que a expansão urbana não degrade a bacia tornando difícil a recuperação, pois é mais fácil e menos oneroso cuidar antes que a bacia esteja toda degradada do que após esse processo.

Para outros trabalhos a serem realizados na Bacia Hidrográfica do Córrego Samambaia, recomenda-se que o uso e ocupação da bacia sejam mais detalhados, e que, com o avanço do monitoramento, mais de um ano hidrológico seja utilizado nas calibrações do modelo SWAT-CUP.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil / CPRM e a Universidade Federal de Goiás / UFG pelo apoio e fomento a execução e conclusão desta pesquisa.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMNS, J. R. **Large-area hydrologic modeling and assessment: Part I. Model development** J. American Water Resour. Assoc. 34(1): 73-89. 1998

BONUMÁ,N.B.; REICHERT,J.M.; MINELLA,J.P.; BARROS,C.A.P.; RODRIGUES,M.F.; BUARQUE,D.C. Capítulo 17: **Simulação da vazão e da produção de sedimentos utilizando o modelo SWAT**. Engenharia de Sedimentos na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento / Associação Brasileira de Recursos Hídricos; organizadores: Jorge Enoch Furquim Weneck Lima e Walszon Terlizzie Araújo Lopes.- Brasília, 2011.

BORDAS,M.P.; SEMMELMANN,F.R. **Elementos de engenharia de sedimentos**. In: TUCCI,C.E.M. "Hidrologia: ciência e aplicação". 2.ed. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS; ABRH, 2001. P.915-43.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. 2ª ed., rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

FLANAGAN, D.C. e NEARING, M.A.(1995). USDA-Water Erosion Prediction Project: **Hillslope Profile and Watershed Model Documentation**. NSERL Report No. 10. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory. West Lafayette, Indiana.

GARBOSSA,L.H.P.;VASCONCELOS,L.R.C.;LAPA,K.R.;PINHEIRO,A. **The use and results of the Soil and Water Assessment Tool in Brazil: A review from 1999 until 2010**. International SWAT Conference & Workshops, 2011.

LELIS,T.A. **Modelagem do escoamento superficial e perda de solo na Bacia do Ribeirão São Bartolomeu, na Zona da Mata de Minas Gerais, utilizando o simulador SWAT**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Viçosa, MG. 2011.178p.

LOPES, V. L. (1987). **A numerical model of watershed erosion and sediment yield**. *RBGF-Revista Brasileira de Geografia Física Recife-PE*, Vol.2, n.03, set-dez, 2009, 01-19. Santos, L. L. 18 Tucson, 148 p. PhD. Dissertation, University of Arizona.

MINOTTI, R.T. **Abordagens qualitativa e quantitativa de micro-bacias hidrográficas e áreas alagáveis de um compartimento do Médio Mogi-Superior/SP** Tese de Doutorado Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2006. Área: Ciências da Engenharia Ambiental.

NEITSCH,S.L.; ARNOLD,J.G.; KINIRY,J.R.;WILLIAMS,J.R. **Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation**. Versão 2005, Janeiro,2005.

NETO, J.G.C. **Simulação hidrossedimentológica da Bacia do Riacho dos Namorados com o modelo SWAT**. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande-PB. Fevereiro 2011.

PAIVA,F.M.L. **Estudo comparativo entre três modelos de base física na Modelagem Hidrossedimentológica em microbacias na região semi-árida Paraibana**. Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB, 2008. 208p.

RIEBE, C. S.; KIRCHNER, J. W.; GRANGER, D. E.; FINKEL, R. C. **Minimal climatic control on erosion rates in the Sierra Nevada, California**. *Geology*, v. 29, no. 5, p. 447-450. 2001.

ROVEY, E. W.; WOOLHISER, D. A.; SMITH, R. E. **A distributed kinematic model of upland watersheds**. Fort Collins, Colorado State University, 52p. Hydrologic Papers 93. 1977

SALLES, F.A. **Calibração e validação do modelo SWAT para a predição de vazões na bacia do Ribeirão Pipiripau**. Dissertação de mestrado em ciências florestais. Publicação PPG EFL. DM-172/2012, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília-UNB, Brasília, DF, 114p.

SCHULTZ, G.B.; SOUZA, R.M.; SANTOS, I. Capítulo 19: **Simulação da produção e transporte de sedimentos com o modelo SWAT: Aplicação na Bacia do Altíssimo Rio Negro**. Livro: Engenharia de Sedimentos na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento / Associação Brasileira de Recursos Hídricos; organizadores: Jorge Enoch Furquim Weneck Lima e Walszon Terllizzie Araújo Lopes.- Brasília, 2011.

SRINIVASAN, R. & ARNOLD, J.G. **Integration of a basin-scale water quality model with GIS**. Water Res. B., 30:453-462, 1994.

WINCHELL, M.; SRINIVASAN, R.; LUZIO, M.; ARNOLD, J. (2007). **ArcSWAT Interface for SWAT 2005 – User’s guide**. Temple: Blackland Research Center, Soil and Water Research Laboratory. 436p.

WOOLHISER, D. A., SMITH, R. E.; GOODRICH, D. C. **KINEROS: A Kinematic Runoff and Erosion Model: Documentation and User Manual**. U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-77, 130 pp.1990.

YOUNG, R.A., ONSTAD, C.A., BOSCH, D.D., ANDERSON, W.P. **Agricultural Non-Point Source Pollution Model. AGNPS user’s guide**. Morris, Minnesota. USDA-ARS. 1994.

YOUNG, R.A., ONSTAD, C.A.; BOSCH, D.D.; ANDERSON, W.P. “AGNPS: A nonpoint source pollution model for evaluating agricultural watersheds”. *Journal of Soil and Water Conservation*, 44(2), 168-173. 1989.

XAVIER, F.V. **Contribuições metodológicas ao estudo da produção e distribuição espacial de sedimentos na Bacia Hidrográfica do Rio Manso utilizando o modelo AVSWAT**. Dissertação de mestrado em Física Ambiental. Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental. Cuiabá-MT, 2009, 166p.