

Modelagem hidrossedimentológica e manejo do solo: aplicação do SWAT na bacia de drenagem experimental do córrego Barro Branco, RJ.

Christiane Stefany Brazão Pinto ¹
Nelson Ferreira Fernandes ¹
Silvio Barge Bhering ²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ
Av. Athos da Silveira Ramos, 274 – Departamento de Geografia
CEP: 21941-916 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
brazao_chris@hotmail.com, nelsonff@acd.ufrj.br

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA SOLOS
Rua Jardim Botânico, 1.024
CEP: 22460-000 – Rio de Janeiro - RJ, Brasil
silvio@cnpq.embrapa.br

Abstract. The sediment production by soil erosion process is an important hydrosedimentological process which has taken place in drainage basins. The soil erosion is directly influenced by surface hydrological processes and land management practices, through the sediment production, transport and deposition. In this work the spatial distribution of sediment yield was analyzed in the Barro Branco watershed by SWAT model.

Palavras-chave: hydrology, erosion, mathematical modeling, hidrologia, erosão, modelagem matemática.

1. Introdução

A produção, transporte, deposição e compactação de sedimentos são processos erosivos ou hidrossedimentológicos que ocorrem naturalmente; entretanto, os diferentes tipos de uso e manejo dos solos quando aplicados incorretamente, e associados à problemática da erosão nas cabeceiras de drenagem, podem acentuar tais processos, aumentando a quantidade de sedimentos acumulada no exutório de uma bacia e diminuindo a produtividade dos solos, gerando assim problemas socioeconômicos e ambientais.

As mudanças no uso da terra são amplamente reconhecidas como aceleradores da erosão hídrica, que, em excesso, nos solos produtivos, acabaria por resultar na diminuição do potencial agrícola (Montgomery, 2007). Porém, além da agricultura, deve-se atentar para a pastagem já que o gado é um importante agente de mudanças geomorfológicas devido ao pastoreio que compacta o solo, reduz a infiltração, aumenta o escoamento, a produção de sedimentos e a erosão (Trimble e Mendel, 1995).

Esse é um cenário comum à grande parte das terras do sudeste brasileiro, em particular na Região Noroeste Fluminense, onde devido aos longos períodos de exploração agrícola, e ao desconhecimento de alternativas técnicas e de práticas conservacionistas apropriadas, verifica-se acelerada degradação dos recursos naturais (solo-água-biodiversidade), resultando em uma paisagem dominada por pastagens altamente degradadas e raros fragmentos isolados de Mata Atlântica.

O uso sustentável dessas terras requer a formulação de planejamentos conservacionistas compreendendo um conjunto de tecnologias e práticas que permitam o manejo adequado do solo e da água. Para que esse planejamento seja possível, é necessário utilizar a caracterização dos atributos físicos, obtida através do monitoramento, e adicionar algumas leis empíricas e hipóteses à modelagem, que pode ser uma ferramenta eficiente para a compreensão e estudo de diversos processos físicos e químicos que ocorrem em ambiente geograficamente delimitado.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o impacto dos diferentes tipos de uso da terra e manejo dos solos na produção de água e sedimentos através da interface entre o modelo hidrossedimentológico SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) em Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS 9.3. Para tal, adotou-se como área de estudo a sub-bacia do Barro Branco, por apresentar usos múltiplos do solo e da água e degradação dos solos intensiva por inadequados manejos agrícolas, ideal para o estudo ao que se pretende.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A sub-bacia experimental do Barro Branco está localizada no município do São José de Ubá, no estado do Rio de Janeiro, possui uma área de aproximadamente 6 Km², e foi escolhida porque nela há acelerada deterioração dos recursos naturais, resultando em uma paisagem dominada por pastagens altamente degradadas, pequenas parcelas de cultivos com distribuição espacial não uniforme, sendo o principal o tomate, e fragmentos isolados de Mata Atlântica, apresentando também os mais baixos índices de desenvolvimento humano do estado, num permanente ciclo de degradação e pobreza.

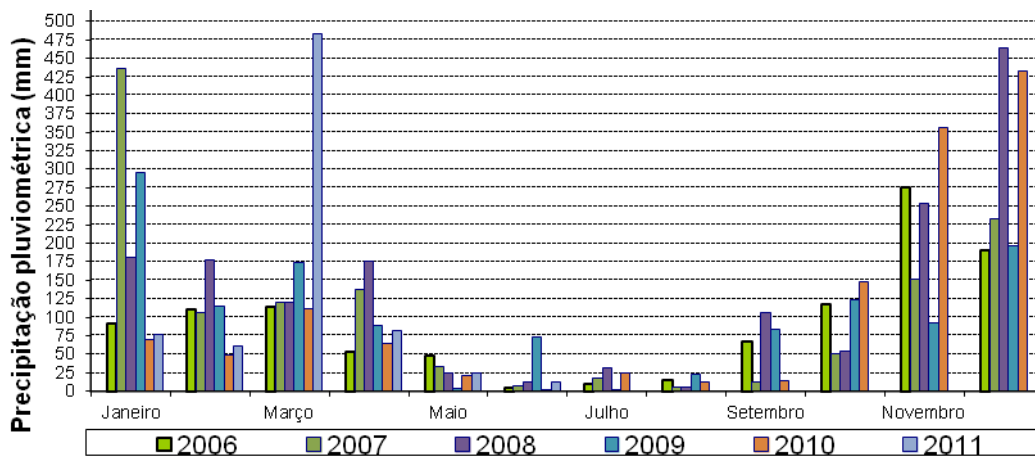
O outro fator que influenciou na escolha da bacia, além da representatividade sobre o tema abordado, é a possibilidade de obtenção de dados de monitoramento da pluviosidade, vazão fluvial e concentração de sedimentos, sendo estes dados confiáveis vindos de uma estação pluvio-fluvio-sedimentológica automática, da Embrapa Solos. Além desta estação, há também vertedouros já instalados e em funcionamento, como mostra a Figura 1.

A classificação climática da região, segundo Koppen (1948), é Aw, ou seja, clima tropical com inverno seco. Ela apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro, sendo agosto o mês mais seco. A precipitação anual na bacia hidrográfica é de aproximadamente 1.200mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso, como mostra a Figura 2. O balanço hídrico elaborado por Gonçalves *et al.* (2006) baseado na metodologia de Thornwaite e Mater, evidencia deficiência hídrica para a maior parte do ano, apenas nos meses de novembro, dezembro e janeiro há excedente hídrico.





Figura 1: Localização e fotos da estação pluvio-fluvio-sedimentológica e vertedouros instalados na bacia do Barro Branco (Fotos: Arquivo Pessoal).



Fonte: Embrapa Solos.

Figura 2: Precipitação pluviométrica mensal na sub-bacia do Barro Branco.

Quanto à caracterização edáfica, há uma predominância de dois domínios pedológicos associados às duas feições geomorfológicas regionais: as baixadas e os morros e morrotes, de acordo com Lumbreras *et al.* (2006). Nas regiões de baixadas foram identificados os Gleissolos, enquanto nas encostas e sopés há preponderância de Argissolos vermelhos e vermelho-amarelos que gradualmente dão lugar aos Nitossolos à medida que o relevo fica mais acentuado (Figura 3).

Em virtude de sua posição topográfica que condiciona um pedoambiente mais úmido, a deficiência hídrica regional é minimizada nas baixadas; onde se observa, dos locais de menor umidade para os de maior, uma diminuição da deficiência de água, aumento da deficiência de oxigênio e dos impedimentos à mecanização.

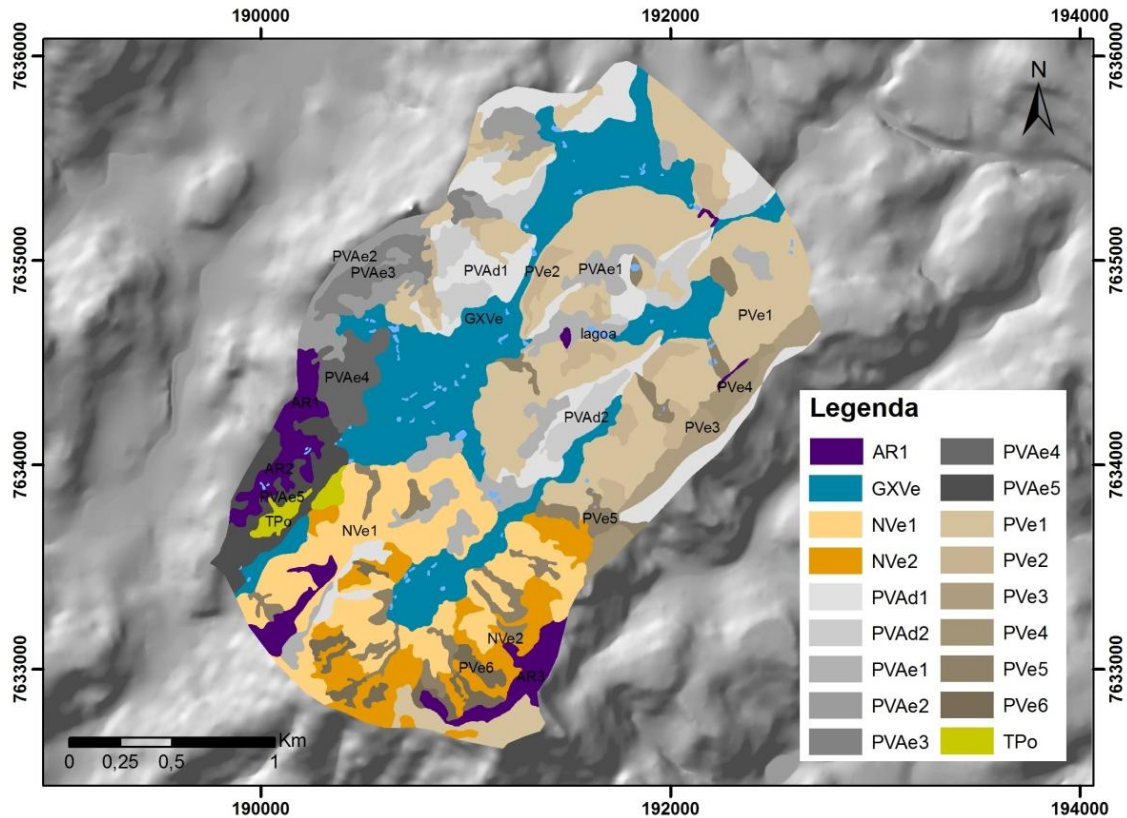


Figura 3: Mapa Pedológico da bacia do córrego Barro Branco.

2.2 Metodologia

Visando caracterizar a dinâmica hidrológica dos fluxos de água superficiais e subsuperficiais nos solos, resultantes das diferentes formas de intervenção dos sistemas de uso e manejo existentes na área, são apresentados cenários, simulados pela modelagem matemática, distribuídos tanto no espaço quanto no tempo, buscando compreender os fatores que controlam a resposta hídrica da bacia conforme descrito por Dumanski e Huffman (1981).

O modelo matemático utilizado é o SWAT2009, versão também denominada de ArcSWAT, que possui interface com o ArcGIS 9.3. As ações de caracterização do meio físico, essenciais à aplicação do modelo, são feitas a partir do mapa de solos já existente elaborado pela Embrapa Solos na escala 1:10.000; da montagem da base de dados meteorológica; da geração do modelo numérico de elevação do mapa de uso da terra atual da bacia do Barro Branco, os quais seguiram os procedimentos descritos a seguir.

A base de dados da estação pluvio-fluvio-sedimentológica automática instalada na saída da bacia foi tabulada pela Embrapa Solos e os dados foram inseridos no modelo em intervalo diário. O mapa de declividade é derivado do modelo digital de elevação (MDE) da bacia, a partir da utilização dos dados relativos às curvas de nível, com equidistância vertical de 5m, hidrografia e pontos cotados. O método escolhido para a elaboração do MDE foi baseado no ajustamento da superfície, utilizando o módulo TOPOGRID do software ARC/INFO.

O mapa de uso da terra na escala 1:10.000 foi gerado através de Processamento Digital de Imagens *Worldview-2*, datadas de 2011, com resolução espacial de 2m. Já ortorreficadas, foram inseridas no *software Definiens Developer 7.0* e, por meio da Análise Baseada em Objeto, produziu-se uma classificação supervisionada automática que passou por pequena edição manual.

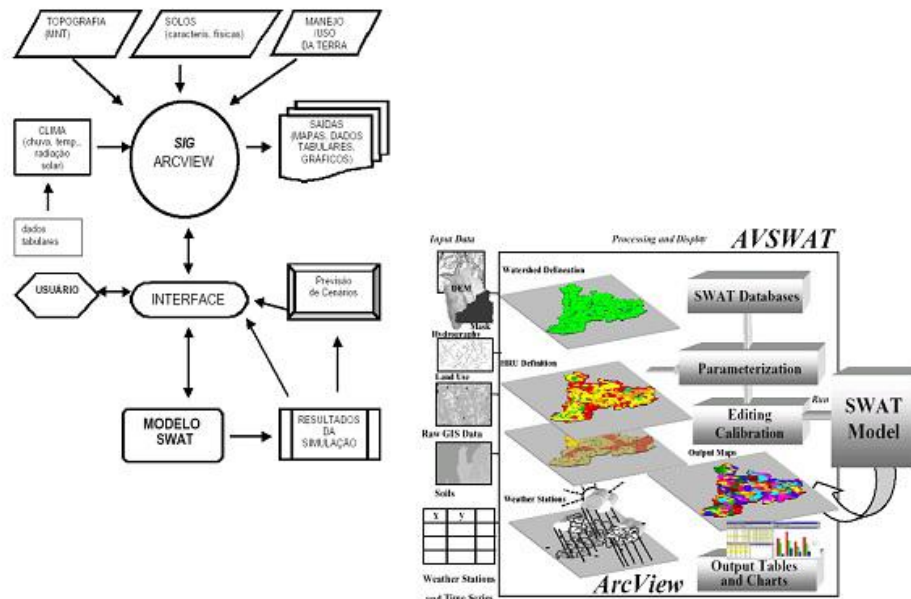


Figura 4: Procedimentos para geração da base de dados e simulações do modelo SWAT via SIG segundo Machado (2002).

3. Resultados e discussões

Após a inserção dos dados topográficos, a primeira etapa do modelo, as sub-bacias foram calculadas com área mínima de 16 ha, as quais tiveram de ser ajustadas para 7 ha devido à análise visual que comparou a drenagem gerada pelo modelo e a drenagem das cartas topográficas, como mostra a Figura 5; ou seja, para uma melhor adequação à escala local de trabalho proposta.

Através da integração dos dados pedológicos, de uso da terra e de declividade, foi possível gerar as Unidades de Resposta Hidrológica, que são fundamentais para o modelo definir onde há maior produção de sedimentos. Os dados de erosividade das chuvas são empregados de acordo com Lombardi Neto e Moldenhaeur (1992) e estão sistematizados e organizados com as ferramentas de sistemas gerenciadores de banco de dados disponíveis numa base de dados exclusiva da Embrapa Solos.

O passo seguinte é a entrada dos dados agrometeorológicos diários (Figura 6), e a partir de então o modelo conta com os parâmetros hidrológicos, pedológicos e climatológicos necessários para gerar os diferentes cenários, como mostra os mapas e os dados representativos da distribuição espacial e temporal da produção de sedimentos da bacia na Figura 7, a qual utiliza-se do Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe para validação.

Percebe-se que, nesta região, os agricultores contribuem para o aumento da erosão com a irrigação das culturas que é feita de forma manual e ineficiente, com o uso de mangueiras acopladas a bombas. A água que abastece esse sistema vem de pequenos reservatórios que se formam artificialmente nas baixadas, pelo represamento indiscriminado dos córregos e que foram inseridos no modelo; o que contribui para degradação dos recursos hídricos.

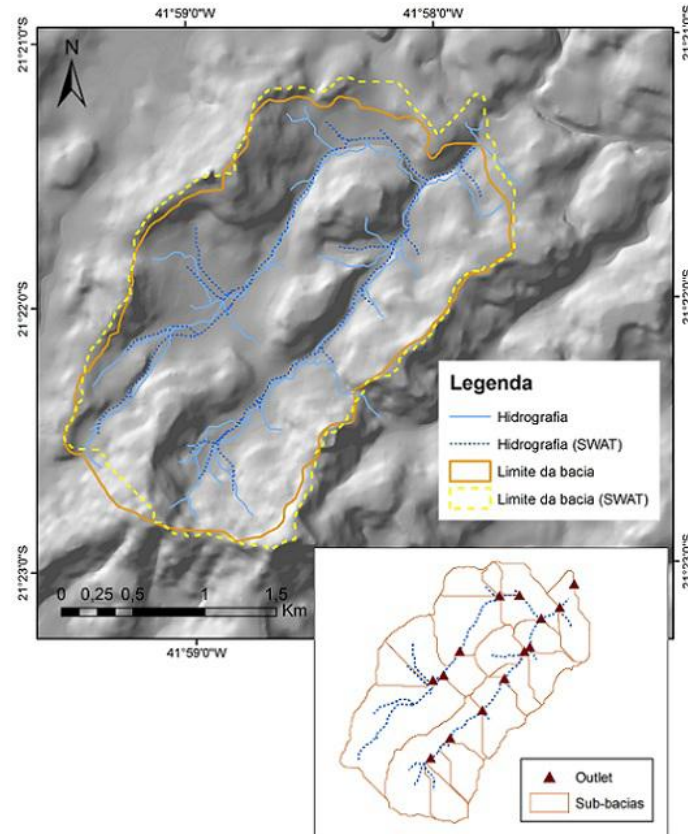


Figura 5: Comparativo do limite e da hidrografia gerados pelo modelo SWAT com o obtido previamente em cartas topográficas.

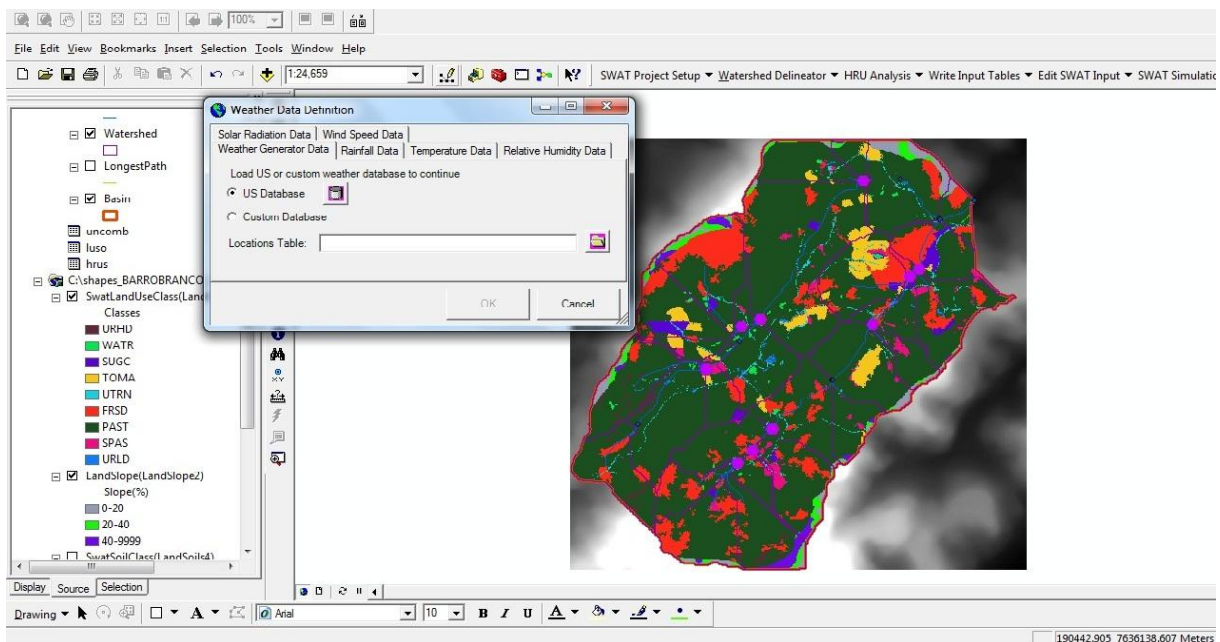


Figura 6: Interface SWAT2009 para inserção de dados meteorológicos e hidrossedimentológicos.

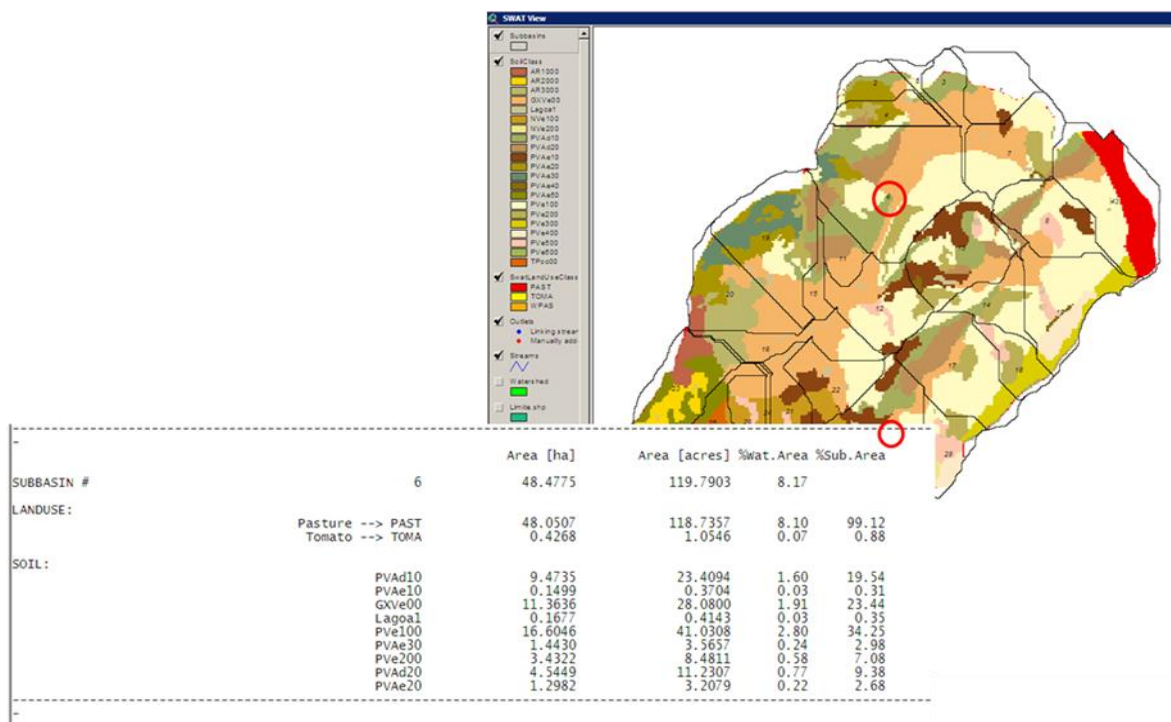


Figura 8: Exemplo de simulação hidrossedimentológica no SWAT.

4. Conclusões

Os resultados, embora preliminares, indicam que o modelo matemático SWAT é uma importante ferramenta na adoção de técnicas adequadas de uso e manejo da água e do solo devido aos parâmetros que ele utiliza e também pela possibilidade de trabalhar com mapas em escala de detalhe e em bacias com áreas diversas.

A divisão da bacia do Barro Branco em sub-bacias demonstrou que a qualidade do modelo digital de elevação (MDE) é adequada ao trabalho proposto, e a posterior divisão em Unidades de Resposta Hidrológica (URHs) traz uma melhor caracterização dos processos erosivos na bacia, com base nos mapas de uso da terra e de solos.

A análise dos processos erosivos e a adoção de técnicas adequadas serão baseadas na criação de cenários alternativos obtidos na modelagem, tendo como premissas o ajuste do uso atual identificado; com ajustes em função das restrições ambientais e técnicas de manejo de solo e água adequados.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao pesquisador Alexandre Ortega, e à equipe da Embrapa Solos, pela coleta e processamento dos dados hidrossedimentológicos.

Referências Bibliográficas

Bhering, S.B. **Influência do manejo do solo e da dinâmica da água no sistema de produção do tomate de mesa: subsídios a sustentabilidade agrícola do noroeste fluminense**. 2007. 211 p. Tese (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2007.

Gonçalves, A.O.; Fidalgo, E.C.C.; Bastos, C.L. **Caracterização climática do município de São José de Ubá, Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 95).

Köppen, W. **Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra**. New Jersey: Climatology, 1948. 104p.

Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantina**, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

Lumbreras, J.F.; Naime, U.J.; Motta, P.E.F.; Palmieri, F.; Carvalho Filho, A.; Baruqui, A.M.; Calderano, S.B.; Fidalgo, E.C.C.; Moreira, D.M.; Abreu, M.B. Solos da Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos, Municípios de São José de Ubá e Itaperuna – RJ. In: Workshop de Integração de Informações Obtidas no Âmbito do Projeto PRODETAB Aquíferos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. CD-ROM. 2005.

Marchioro, E. **Modelagem hidrosedimentológica na bacia do córrego Santa Maria: Subsídios à aplicação de práticas de conservação de água e solo no Noroeste Fluminense**. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008

Montgomery, D. R. Soil erosion and agricultural sustainability. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America. v. 104, 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17686990>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

SWAT. **Soil and Water Assessment Tool: user's manual**. Version 2009. Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Draft, W. Disponível em: <<http://swatmodel.tamu.edu/>>. Acesso em 12 fev. 2012.

Trimble, S.W.; Mendel, A.C. The cow as a geomorphic agent—a critical review. **Geomorphology**, v. 13, p. 233–253, 1995.