

APLICAÇÃO DO MODELO SWAT NA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORURIBE / AL

Daniel Faião Rodrigues¹ & Rosângela Sampaio Reis²

RESUMO --- O modelo SWAT, desenvolvido para quantificar impactos das modificações no uso e ocupação do solo, foi utilizado para avaliar a produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Coruripe. Como dados de entrada, foram utilizadas imagens de satélite para gerar o modelo numérico do terreno e os mapas de solo e de uso e ocupação do solo. Também foram levantadas as características morfológicas e físico-químicas dos solos. Dados climatológicos necessários à implementação do modelo foram obtidos em órgãos estaduais. A erosão anual do solo foi simulada para o período de 2004 a 2006, determinando-se o volume produzido para cada tipo de uso e cobertura do solo. A produção total média de sedimentos na bacia foi 154,84 ton/ha/ano. Destacaram-se as áreas ocupadas por pastagem, que geram aproximadamente 3/4 dos sedimentos de toda a bacia. Nas áreas onde o solo tinha como cobertura a vegetação nativa ou cana de açúcar verificaram-se menores valores de produção de sedimentos. A maior produção, por unidade de área, correspondeu às áreas urbanas. Não foram levantados dados de campo para validar os resultados das simulações. Portanto, esse trabalho apresenta uma estimativa da produção de sedimentos na bacia com base em imagens de satélite e em dados hidrológicos.

ABSTRACT --- The SWAT model, developed to quantify impacts of the modification in the land use, had used to evaluate the sediments production in the Coruripe watershed. As entrance data, satellite images were used to generate the digital elevation model and the soil and land use maps. Also were acquired morphologic and physical-chemical soil characteristics. Climatologic data necessary to the model implementation was obtained in state organs. The yearly soil erosion was simulated for the period of 2004 to 2006, determining the volume produced to each land use. The average total sediments production in the watershed was 154,84 ton/ha/year. Contrast for the pasture areas that generate thereabout of 3/4 of sediments of the entire watershed. In the areas where the soil had as cover the native vegetation or sugar cane were verified less values of sediments production. The biggest sediment production, by area unit, correspond the urban areas. Field data do not was acquired to validate the simulation results. Therefore, this work presents an estimation of the sediments production in the watershed with base in satellite images and in hydrologic data.

Palavras-chave: modelagem, sedimentos, SWAT.

1) Engenheiro Civil. Aluno de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento da Universidade Federal de Alagoas. E-mail: daniel Faião@hotmail.com

2) Professora Adjunta da Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Engenharia Civil. E-mail: rosangelareis_al@hotmail.com

1 – INTRODUÇÃO

A principal causa da deterioração das terras agrícolas é a erosão dos solos, que consiste nos processos de desprendimento e arraste de suas partículas, causados pela ação da água e / ou do vento. Dentre todas as formas de erosão, a erosão hídrica é, em grande parte da Terra, a mais importante forma de erosão. Esta é causada pela chuva e pelo escoamento superficial, sendo afetada por um grande número de agentes naturais e antrópicos.

Os processos hidrológicos afetam a erosão do solo, o transporte de sedimentos erodidos, a deposição de sedimentos e as características físicas, químicas e biológicas que, coletivamente, determinam a qualidade das águas, superficiais e subterrâneas. Segundo Machado e Vettorazzi (2003), os sedimentos são os mais significativos de todos os poluentes em termos de sua concentração na água, seus impactos no uso da água e seus efeitos no transporte de outros poluentes.

Lima (2000) identifica várias práticas que prejudicam a sustentabilidade dos recursos hídricos, podendo estas práticas ocorrer em diferentes escalas. Na escala micro, ou seja, na escala da propriedade rural, a compactação, a destruição da matéria orgânica e a destruição da microbiologia do solo são alguns exemplos de conseqüências de práticas de manejo inadequado que degradam o mais importante fator hidrológico da manutenção dos recursos hídricos, que é o processo de infiltração de água no solo. Na escala meso, que é a própria escala da bacia hidrográfica, podem-se identificar outros indicadores de sustentabilidade, como por exemplo, o traçado de estradas que não leve em conta as características da bacia, sempre constitui um foco permanente de erosão, degradando tanto o potencial produtivo do solo como a qualidade da água. Finalmente, na escala macro, ou regional, um indicador de sustentabilidade dos recursos hídricos seria, por exemplo, a própria disponibilidade natural de água, a qual pode ser quantificada pelo balanço hídrico.

À medida que há maior desenvolvimento e ocupação do espaço geográfico, os problemas derivados de sedimentos aumentam tanto do ponto de vista da remoção como do ponto de vista da própria sedimentação. Contudo, existem poucos estudos e pesquisas na área de hidrossedimentologia. Isso acontece porque a maior parte das conseqüências não se dá de modo imediato, cedendo lugar à descrença ou a negligência.

De acordo com Lane *et. al.* (1992), a estimativa da erosão é fundamental para determinar as práticas adequadas de conservação do solo e também é útil para determinar seus impactos, antes da adoção na área estudada de qualquer cultura ou prática agrícola. Infelizmente, é muito oneroso e impraticável monitorar a erosão real em toda a bacia hidrográfica, daí a necessidade de prever a erosão com o uso de modelagem.

A crescente preocupação com problemas de assoreamento e poluição de cursos d'água e de reservatórios contribuiu para o desenvolvimento de modelos matemáticos que permitem avaliar o

escoamento superficial, principalmente aqueles capazes de considerar as influências do solo e da sua cobertura. Estes modelos são utilizados para a avaliação de práticas de manejo da terra, avaliação e planejamento ambientais, entre outros.

O modelo chuva-vazão do Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América é um modelo muito utilizado em projetos de engenharia, seja para o cálculo da chuva excedente ou estimativa do hidrograma de projeto. Contudo, sabe-se que o método tem como principal parâmetro o número da curva de escoamento superficial (CN). Sabe-se também que a classificação hidrológica do solo é de fundamental importância para a estimativa do CN, bem como de outros parâmetros que contribuem para a produção de sedimentos.

Assim, unindo a tecnologia da informática com o desenvolvimento de novas pesquisas de campo, torna-se possível fazer previsões cada vez mais precisas do comportamento de uma bacia hidrográfica quando da alteração de suas feições naturais.

Na hidrologia, a classificação dos solos está relacionada com os objetivos a serem alcançados: suscetibilidade à erosão e produção de escoamento. Uma vez definida a finalidade, os solos podem ser classificados segundo suas propriedades hidrológicas, se considerado independentemente da cobertura e da declividade da bacia. Todavia, os solos são mais comumente classificados segundo suas propriedades morfológicas e físico-químicas.

Observa-se que na definição dos grupos hidrológicos do solo apresentada pelo SCS, o maior enfoque está na textura do solo. A profundidade é mencionada apenas na definição dos grupos A e B, porém um limite de profundidade não é apresentado. Dessa forma, para se levar em conta outras características do solo que não estão incluídas na definição dos grupos hidrológicos do solo definidos pelo SCS, mas são importantes do ponto de vista da formação do escoamento superficial, torna-se difícil. Isso induz a maioria dos usuários do método no Brasil a considerar apenas a textura superficial do solo para enquadrá-los em um dos grupos hidrológicos usando a classificação original apresentada pelo SCS.

De acordo com a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006), a Embrapa Solos, unidade da referida empresa, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, lançou em 2006 a 2ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Trata-se de uma referência obrigatória para todos que lidam com o assunto.

Utilizando a classificação hidrológica do solo segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), o presente trabalho tem como objetivo simular a produção de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Coruripe-AL, por meio do modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tool), associado ao SIG – Sistema de Informação Geográfica.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

O rio Coruripe é um dos sistemas hídricos componentes da rede hidrográfica alagoana. Trata-se de um rio de domínio estadual, em virtude de ter todo o seu percurso inserido no território do Estado. A sua bacia hidrográfica está localizada na parte central do Estado, estando delimitada pela coordenadas geográficas 9º15' e 10º10' de latitude sul e 36º05' e 36º45' de longitude oeste. Limita-se ao norte com a bacia do rio Paraíba; a oeste com as bacias dos rios Traipu e Piauí; e a leste com as bacias dos rios São Miguel, Jequiá, e Poxim. Na foz, faz limites com as drenagens dos riachos Lagoa do Pau, ao norte, e Feliz Deserto, ao sul.

Segundo o PDRH – Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe (2000), a bacia possui uma área de drenagem de 1.562 km², abrangendo terras de treze Municípios: Arapiraca, Belém, Campo Alegre, Coité do Nóia, Coruripe, Igaci, Junqueiro, Limoeiro de Anadia, Mar Vermelho, Palmeira dos Índios, Tanque d'Arca, Taquarana e Teotônio Vilela. O principal acesso à área é feito a partir de Maceió, através da rodovia federal BR-101, que cruza a parte central da bacia no sentido norte/sul. A figura 1 ilustra a localização da bacia do rio Coruripe.

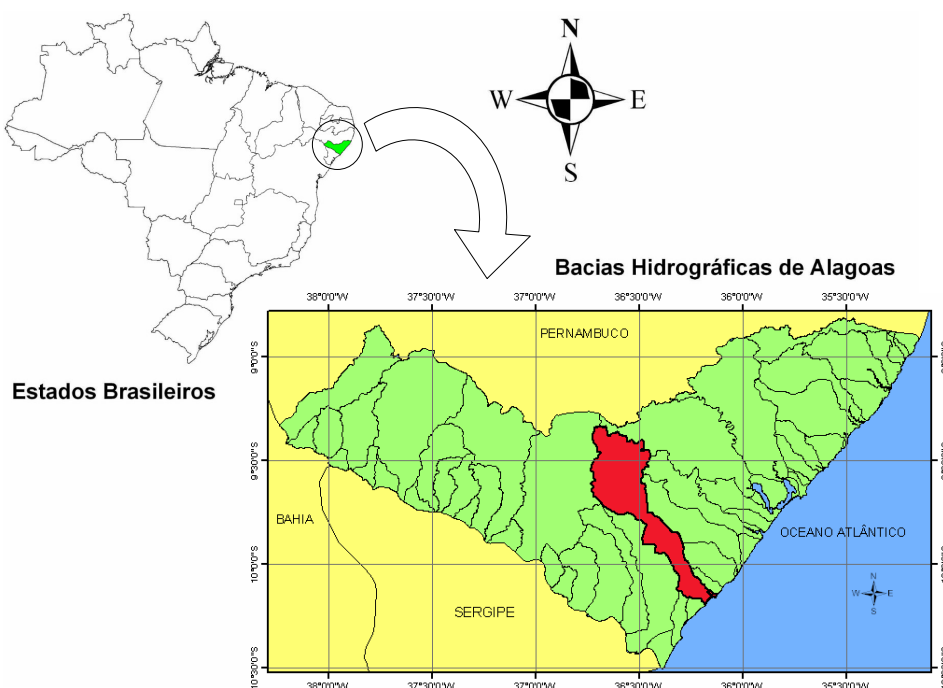


Figura 1 – Localização da bacia do rio Coruripe.

A bacia do Coruripe se caracteriza por sua forma alongada, com extensão de cerca de 140 km, e largura variando entre o mínimo de 6 km na sua parte central, até um máximo de 30 km na parte superior. O sistema hidrográfico é constituído pelo curso d'água principal, do rio Coruripe, e por diversos afluentes de pequeno porte, a maioria intermitentes, destacando-se pela margem direita os

riachos Panelas, Vitorino, Peixe e Riachão, e pela margem esquerda, os riachos Canabrava, Lunga, Passagem, Francisco Alves, Cruzes, Urutu e São José.

O rio Coruripe nasce nas proximidades do Município de Palmeira dos Índios, a uma altitude de aproximadamente 550 m e as declividades mais acentuadas ocorrem no trecho inicial, onde apresenta um desnível de 160 m em um trecho de 25 km de extensão.

A maior parte da bacia se encontra sob domínio do clima tropical úmido, com transições para um clima tropical no extremo leste, sob influência da zona litorânea, e para um clima semi-árido na parte oeste.

O regime pluviométrico da bacia se caracteriza por uma precipitação média anual da ordem de 1.100 mm, porém com grande variação espacial, oscilando entre um mínimo de 650 mm/ano na região de Arapiraca, na parte alta da bacia, e um máximo de até 1.500 mm/ano na região de Pindorama, na faixa litorânea. O trimestre mais chuvoso ocorre entre maio e julho, em praticamente toda a bacia, enquanto os meses menos chuvosos se concentram no período de verão, entre os meses de outubro a dezembro.

O regime térmico se caracteriza por apresentar temperaturas sempre elevadas, com média anual sempre superior a 18°C, e amplitude térmica da ordem de 5°C. A umidade relativa do ar apresenta pouca variação mensal, com valores entre 70 e 86%, e média anual de 79,3%. Os ventos sopram predominantemente nas direções E e SE, durante todos os meses do ano, com velocidades médias em torno de 3,8 m/s. Os valores da evaporação, medidos na estação de Palmeira dos Índios, apresentam uma média anual de 1.673 mm, com maiores níveis no período de verão, quando chega a atingir um máximo de 232 mm/mês. A evapotranspiração potencial apresenta valores máximos da ordem de 1.400 mm/ano na parte litorânea da bacia, na cidade de Coruripe, diminuindo no sentido da parte norte da bacia, onde atinge valores inferiores a 1.300 mm/ano na estação de Palmeira dos Índios.

2.1 – Planos de Informação

O MNT - Modelo Numérico do Terreno da região de estudo foi obtido a partir do mapeamento feito pela SRTM - Shuttle Radar Topography Mission, e a delimitação da bacia hidrográfica do rio Coruripe foi obtida através do SWAT.

Os planos de informação de solo e de uso do solo foram obtidos a partir do PDRH do Coruripe (2000), através de arquivos vetoriais, os quais foram convertidos para o formato raster com a utilização do software Idrisi.

2.2 – Dados Hidrológicos

Os dados diários de temperaturas máxima e mínima do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar foram obtidos através da estação Progresso da Usina Coruripe, cedidos pela Célula Fertirrigação / Irrigação / Drenagem do Departamento Agrícola daquela Usina, cuja série histórica se estende desde o mês de junho de 2004 até o mês de outubro de 2006.

Não foi possível obter dados de radiação solar, por essa razão esse fenômeno foi simulado pelo modelo SWAT.

Para configuração do modo de simulação do modelo SWAT é necessário que o período dos dados de precipitação coincida com o período dos dados climatológicos.

Devido a grande variabilidade temporal e espacial das chuvas na região em estudo e no intuito de refinar os resultados da simulação, foi necessário considerar o maior número possível de postos pluviométricos naquela área. Assim, depois de verificar todos os postos pluviométricos do Estado de Alagoas, buscando por dados de chuva disponíveis no período de junho de 2004 até o mês de outubro de 2006, foram selecionados os postos pluviométricos descritos na tabela 1, os quais têm influência na bacia. Foram obtidos dados diários de precipitação consistidos através do Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas da ANA - Agência Nacional de Águas.

A tabela 1 e a figura 2 ilustram, respectivamente, os postos pluviométricos que contemplam o período de estudo e a distribuição espacial dos referidos postos.

CÓDIGO	NOME	LATITUDE	LONGITUDE	ELEVAÇÃO
00936110	Atalaia	-9:30:26	-36:01:24	54
01036062	Camaçari	-10:1:53	-36:18:14	50
00935057	Marechal Deodoro	-9:42:59	-35:53:30	22
00937018	Pão de Açúcar	-9:45:09	-37:26:48	45
01036005	Penedo	-10:17:06	-36:33:23	28
01036007	Piaçabuçu	-10:24:23	-36:25:34	10
00936115	Quebrangulo	-9:19:13	-36:29:31	220
00937032	Santana do Ipanema	-9:22:22	-37:14:43	250
00936076	Traipú	-9:58:22	-37:00:12	40
00936111	Viçosa	-9:22:45	-36:14:57	300

Tabela 1 – Postos pluviométricos que contemplam o período de estudo

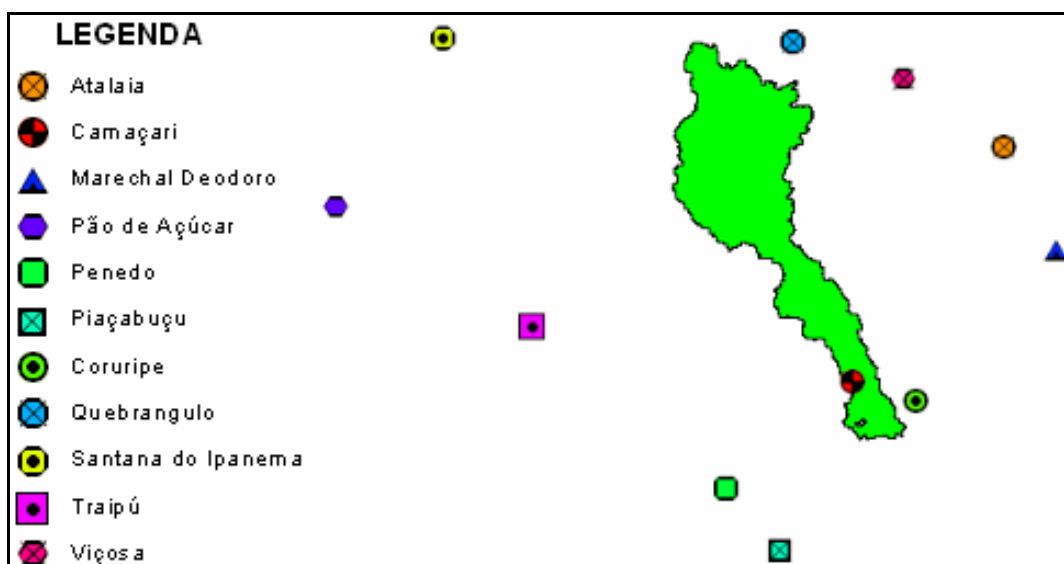


Figura 2 – Distribuição espacial dos postos pluviométricos

2.3 – Classificação do Solo

Os solos que ocorrem na bacia do rio Coruripe foram classificados pelo PDRH da bacia segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA/CNPS, 1999).

Foram constatadas 24 classes de solos contendo um grande número de associações dentre argissolos, chernossolos, espodosolos, gleissolos, latossolos, neossolos, nitossolos, organossolos e planossolos. A figura 3 ilustra a interface de edição de solos do modelo SWAT.

Figura 3 – interface de edição de solos do modelo SWAT

Para se inserir as diferentes classes de solo no modelo SWAT foram estudadas as características morfológicas e físico-químicas dos perfis selecionados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA/CNPQ, 1999).

Os dados de solo foram obtidos através do Levantamento Detalhado de Solos da Usina Coruripe (1995) e de Jacomine *et. al.* (1975).

Para as classes de solo constituídas por uma associação de solos, foi considerada apenas a fração mais representativa da respectiva classe para sua implementação no modelo SWAT.

2.4 – Definição da Distribuição de Solo e Uso e Ocupação do Solo

Antes de proceder à simulação no modelo SWAT, é necessário determinar a distribuição das HRU's da bacia com base na distribuição de solo e uso e ocupação do solo. Com isso o usuário pode especificar os critérios a serem usados na distribuição de solo e uso e ocupação do solo. Uma ou mais combinações podem ser criadas para cada sub-bacia. As HRU's podem ser usadas para estimar a variação das condições hidrológicas entre sub-bacias.

Subdividir a bacia em áreas com combinações únicas de solo e uso e ocupação do solo permite ao modelo refletir as diferenças na evapotranspiração e em outras condições hidrológicas para várias culturas agrícolas e solos. No modelo SWAT o escoamento superficial é simulado separadamente para cada HRU e computado para obter o escoamento total da bacia. Isso aumenta a precisão e dá uma descrição física muito melhor ao balanço hídrico.

Neste trabalho foi utilizada a opção de HRU's múltiplas. A sensibilidade para a categoria de uso e ocupação do solo foi de 5% e para a categoria de tipo de solo foi de 10%. Esses percentuais representam uma boa sensibilidade para o modelo, o qual desconsideram apenas as porções menos representativas das categorias nas sub-bacias.

3 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 – Modelo Numérico do Terreno

O MNT obtido para a bacia do rio Coruripe é apresentado na figura 4, onde pode ser observado que as maiores altitudes situam-se na cabeceira da bacia com 550 m, decrescendo para o nível do mar, em sua foz no oceano atlântico. A área de drenagem da bacia foi calculada em 1.986, 71 km². A área de cobertura do MNT deve ser maior que o da bacia para evitar problemas de interpolação para o modelo ao definir as sub-bacias e a rede de drenagem.

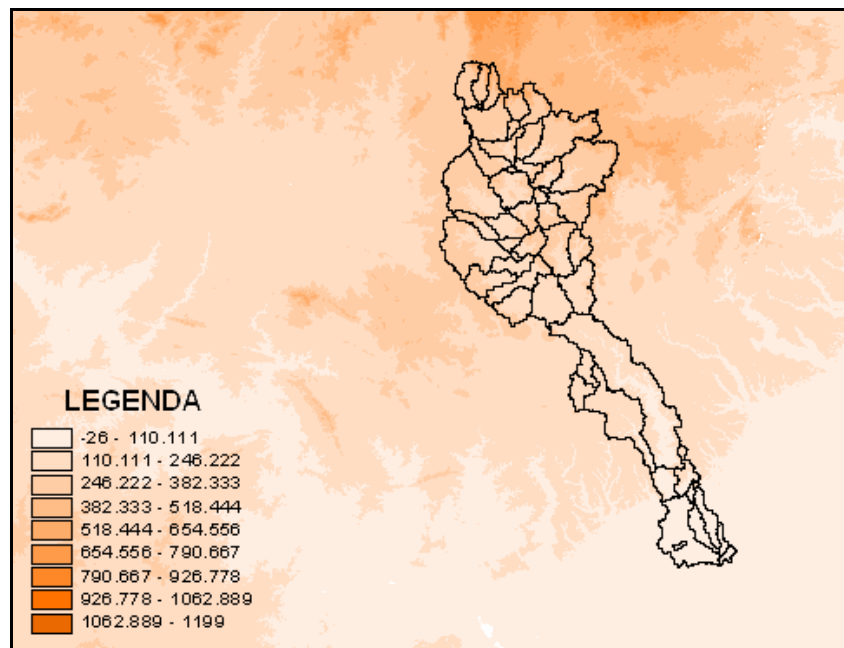


Figura 4 – Modelo Numérico do Terreno da bacia do rio Coruripe

3.1.1 Delimitação da Bacia

De posse do MNT da área de estudo foi possível fazer a delimitação automática da bacia através do modelo SWAT. A interface de delimitação automática do modelo está ilustrada na figura 5. Foram geradas 49 sub-bacias bem como a rede de drenagem da bacia. A figura 6 ilustra (a) a delimitação da bacia do Coruripe gerada pelo SWAT e (b) as sub-bacias com a rede de drenagem.

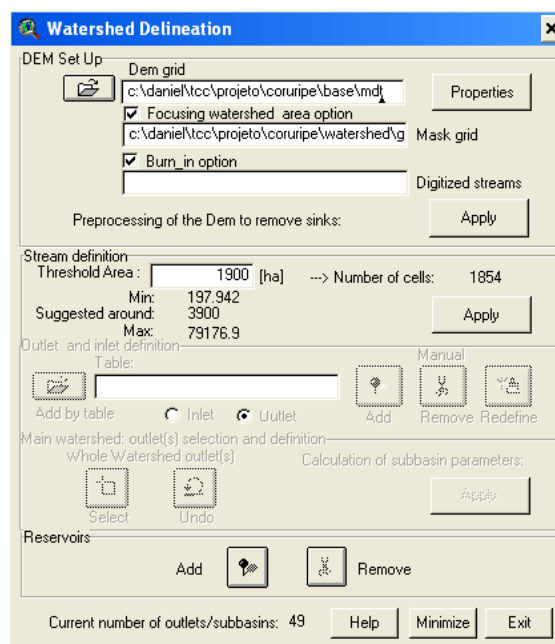


Figura 5 – Interface de Delimitação Automática do SWAT

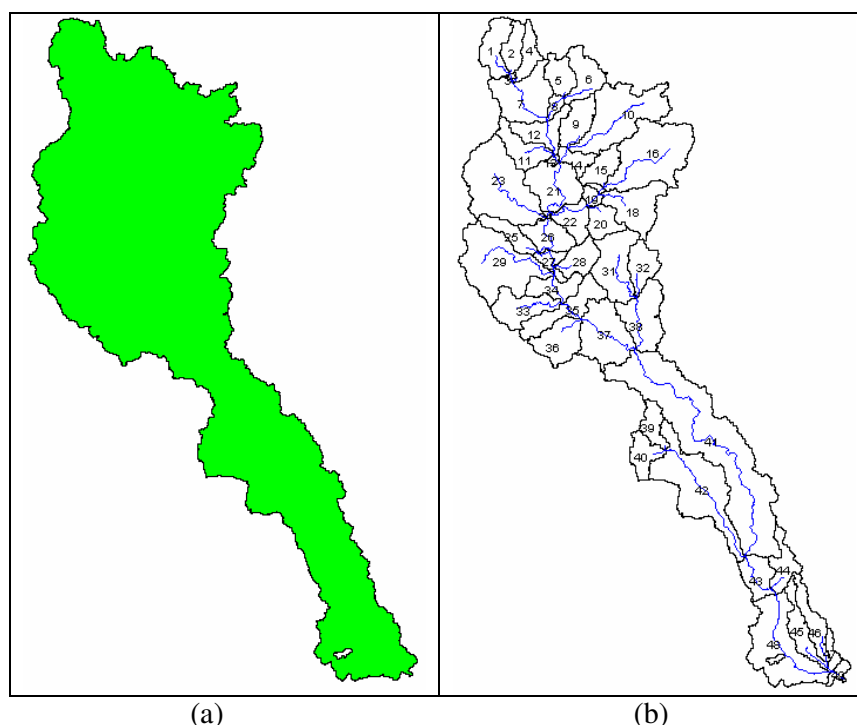


Figura 6 – (a) delimitação da bacia gerada pelo SWAT; (b) sub-bacias com a rede de drenagem

Pode-se observar uma pequena falha encontrada ao sul da bacia, na sub-bacia número 48. Essa falha deve-se do fato de a base de dados da NASA utilizada para gerar o presente MNT ter sido obtido da primeira versão do SRTM, a qual não foi editada. Existe a segunda versão do SRTM, com os dados editados, entretanto, não estão disponíveis ao público.

Todavia essa falha é desprezível na simulação de produção de sedimentos visto que, neste trabalho, o modelo não considera pequenas porções de área, utilizando-se a representatividade das maiores porções.

3.2 – Uso e Ocupação do Solo

Para análise do uso e ocupação do solo foram consideradas as culturas mais relevantes para a simulação do modelo.

A distribuição do uso e ocupação do solo na bacia do rio Coruripe em relação a sua área de drenagem está representada na tabela 2. A figura 7 ilustra a distribuição espacial e o histograma de uso e ocupação do solo gerado pelo SWAT.

Ocupação	%	Ocupação	%
Pastagem	63,58	Área Urbana	0,55
Cana de Açúcar	13,87	Corpos d'Água	0,25
Vegetação	11,12	Outros Usos	0,97
Área Agrícola	9,67		

Tabela 2 – Distribuição do uso e ocupação do solo na bacia

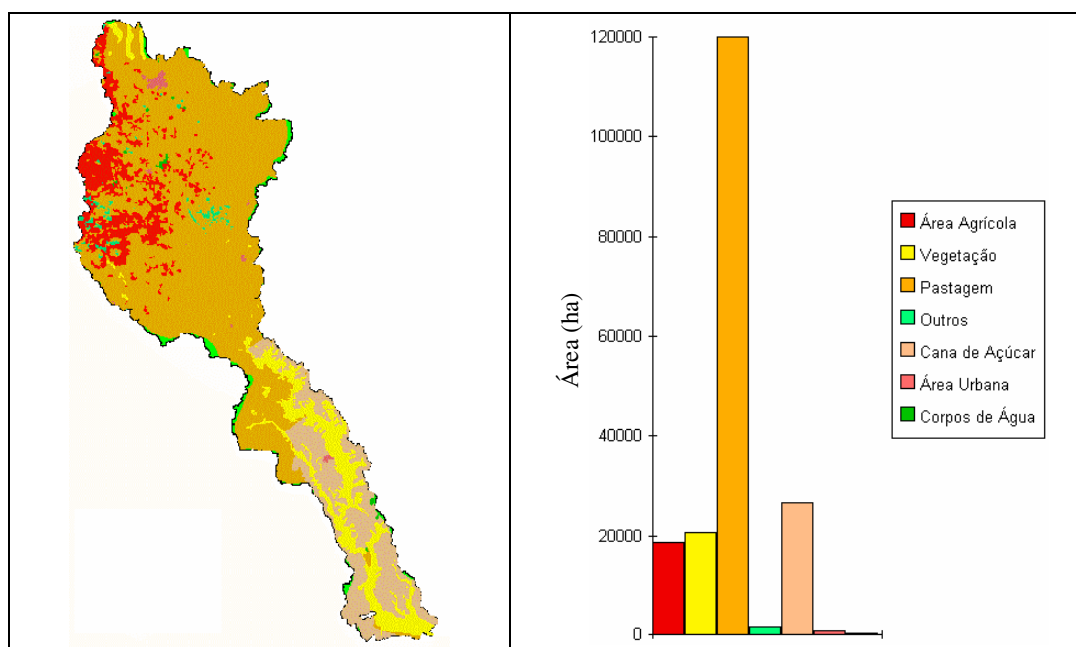


Figura 7 – Distribuição espacial e histograma de uso e ocupação do solo na bacia do rio Coruripe.

Pode-se observar que a área da bacia ocupada por pastagem é no mínimo 4 vezes maior que qualquer outro tipo de ocupação de solo, representando quase que 2/3 da totalidade da área bacia. Esse resultado ilustra que devem ser adotadas boas práticas de conservação e manejo do solo no sentido de se reduzir a produção de sedimentos, principalmente nas áreas ocupadas por pastagem.

3.2.1 Solo

Para análise do solo foram considerados os solos descritos no PDRH da bacia do Coruripe (2000). A distribuição dos solos na bacia do rio Coruripe em relação a sua área de drenagem está representada na tabela 3. A figura 8 ilustra a distribuição espacial e o histograma de solos gerado pelo SWAT.

Solo	%	Solo	%	Solo	%
EK1	0,98	LVe2	10,49	PVe1	2,87
GX1	2,46	NV1	3,19	RLe1	1,65
LAd1	4,74	NX1	0,93	RLed1	2,08
LAX1	6,42	PAd1	7,22	SXe1	4,39
LVAe1	12,24	PAd3	6,61	SXe2	3,14
LVe1	3,17	PAd5	7,86	SXe3	19,74

Tabela 3 – Distribuição dos solos na bacia do rio Coruripe.

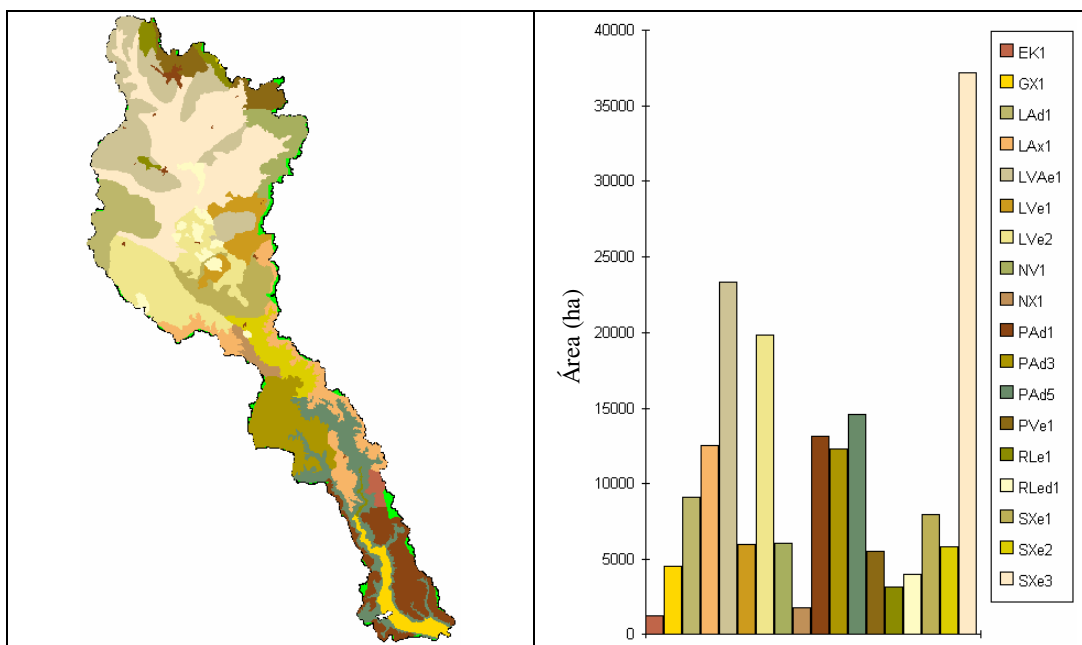


Figura 8 – Distribuição espacial e histograma de solos na bacia do rio Coruripe.

Pode-se notar na figura 8 uma grande ocorrência do solo classe SXe3 no terço superior da bacia, seguido do solo LVAe1, também no terço superior da bacia e do solo LVe2, no terço médio da bacia. As 3 classes de solo localizam-se na parte mais a montante da bacia, onde as declividades normalmente são mais acentuadas. Entretanto, os dois primeiros possuem relevo plano a suave ondulado; o terceiro possui relevo suave ondulado e ondulado. Daí percebe-se que a declividade dos solos de maior representatividade na bacia é relativamente pequena. Considerando que a declividade do terreno é um dos grandes fatores que influem na erosão do solo, pode-se concluir que este parâmetro não tem grande influência naquela região, devendo-se preocupar, portanto, com o uso e a ocupação da superfície.

3.3 – Simulação da Produção de Sedimentos

As simulações ora representadas foram para erosão anual, em toneladas por hectare por ano na bacia, para o período de 2004, 2005 e 2006.

As médias dos valores simulados para erosão das 49 sub-bacias, em toneladas por hectare por ano (ton/ha/ano), para o período de 2004 a 2006 encontram-se na tabela 4.

Além da tabela 4, também foram gerados mapas ilustrativos que representam a produção de sedimentos simulado, em toneladas por hectare por ano (ton/ha/ano), em cada uma das sub-bacias nos anos de 2004, 2005 e 2006, bem como a média dos sedimentos produzidos nesse período. Os referidos mapas estão ilustrados nas figuras 9 e 10.

Sub-Bacia	Sedimento	Sub-Bacia	Sedimento	Sub-Bacia	Sedimento	Sub-Bacia	Sedimento
1	3,987	14	1,108	27	6,019	40	2,096
2	3,064	15	0,954	28	6,191	41	5,248
3	0,651	16	3,702	29	3,010	42	5,852
4	3,095	17	0,962	30	2,100	43	2,598
5	5,758	18	4,043	31	3,736	44	2,227
6	3,646	19	2,928	32	5,038	45	1,209
7	2,847	20	2,313	33	2,615	46	1,960
8	1,110	21	5,033	34	3,228	47	0,576
9	0,966	22	5,846	35	3,734	48	2,298
10	4,057	23	2,623	36	4,832	49	0,718
11	2,204	24	1,164	37	10,636	TOTAL = 154,84	
12	1,190	25	2,614	38	5,306		
13	0,848	26	5,693	39	1,205		

Tabela 4 – Erosão média (ton/ha/ano) simulada para as sub-bacias, de 2004 a 2006.

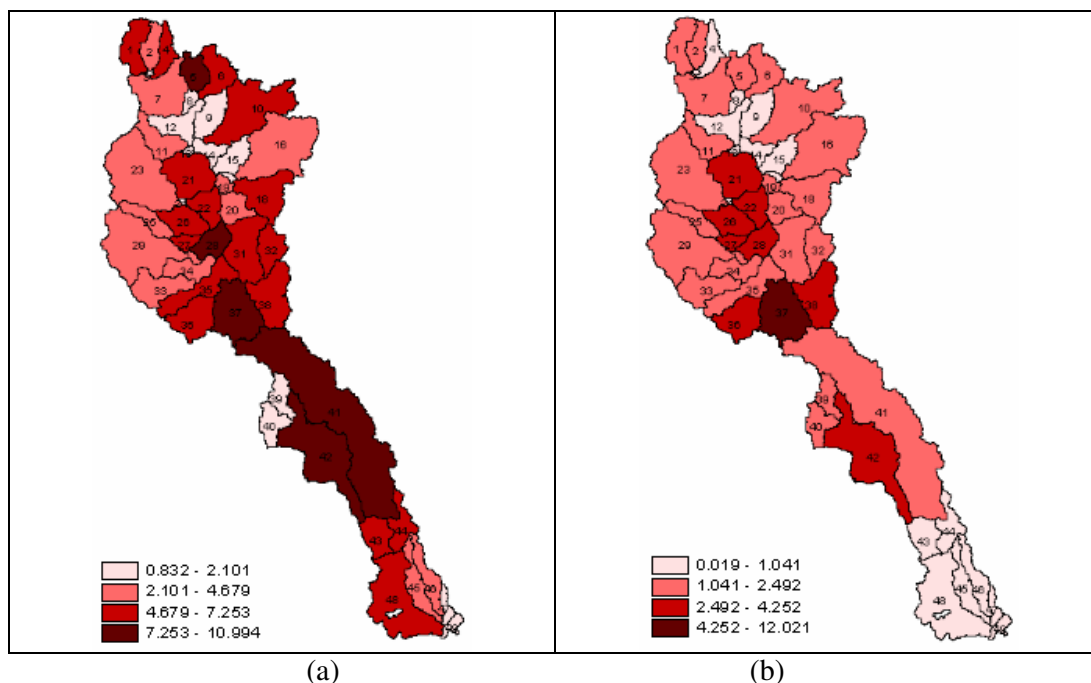


Figura 9 – Produção de sedimentos simulado nos anos de (a) 2004 e (b) 2005.

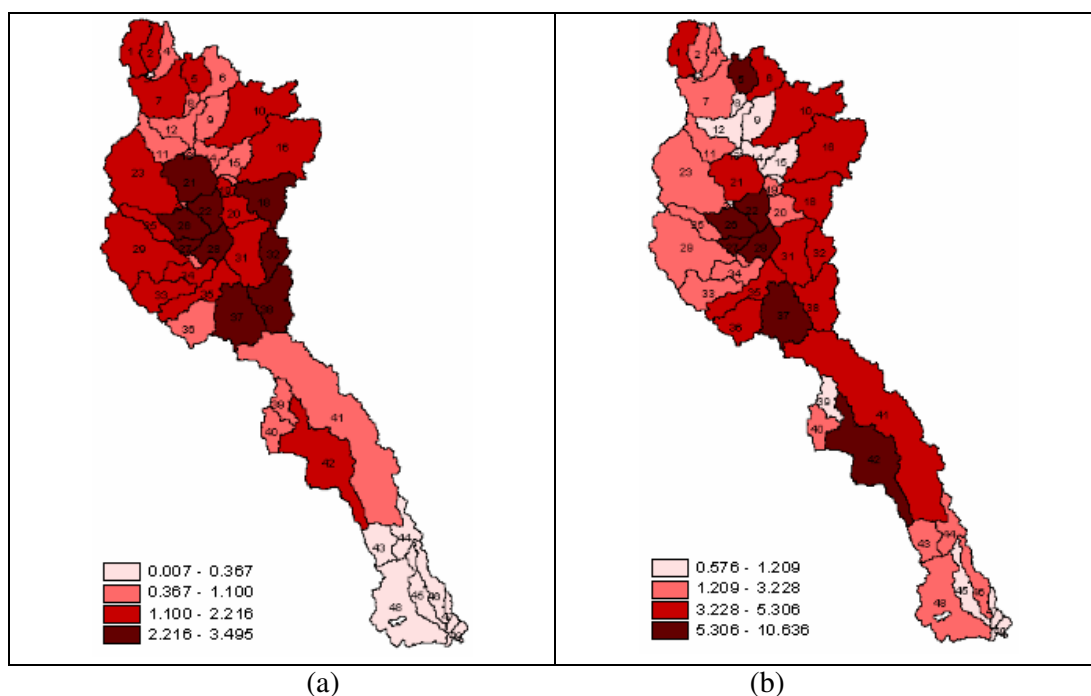


Figura 10 – Resultado da simulação da produção de sedimentos (a) em 2006 e (b) média entre 2004 a 2006

Considerando a média dos 3 anos de simulação, destacou-se a sub-bacia 37, que gera pouco mais de 10,0 ton/ha/ano de sedimentos. As 7 sub-bacias com maior volume de sedimentos gerados foram, em ordem decrescente: 37, 28, 27, 42, 22, 05 e 26, representados com a cor mais escura na figura 10 (b), com uma média de 6,57 ton/ha/ano.

As sub-bacias que geram maior volume de sedimentos estão localizadas no terço médio e no terço superior da bacia. Em geral, a região de menor produção de sedimentos corresponde à sua foz.

Ressalta-se que este modelo não considerou as descargas pontuais das usinas existentes na bacia, as quais contribuem significativamente no aumento da concentração de sedimentos em suspensão à jusante do rio Coruripe, visto que as referidas usinas estão localizadas em sua metade inferior.

3.4 – Análise da Simulação

A produção total média de sedimentos em toda a bacia do rio Coruripe é de 154,84 ton/ha/ano, distribuídos de acordo com a tabela 5. A figura 11 ilustra a produção de sedimentos nas diversas ocupações do solo da bacia.

Ocupação	Erosão (ton/ha/ano)	Erosão %
Área Agrícola	15,58	10,10
Vegetação	9,56	6,20
Pastagem	115,19	74,70
Outros	1,33	0,86
Cana de Açúcar	11,16	7,24
Área Urbana	1,38	0,89

Tabela 5 – Distribuição da produção de sedimentos na bacia do rio Coruripe.

Observa-se da figura 11 que a erosão que ocorre nas áreas de pastagem é muito superior à erosão que ocorre nas demais áreas de ocupação do solo da bacia, seguida das áreas agrícolas, da cana de açúcar e das vegetações. As áreas urbanas e outras ocupações geram uma produção de sedimentos desprezível na bacia.

A ocupação da área de pastagem é de 63,85% da área de drenagem da bacia, entretanto, a produção de sedimentos que ocorre nesse tipo de ocupação de solo é de 74,70% do total de solos erodidos na mesma região. Ao se considerar a taxa de erosão em relação à ocupação do solo, observa-se que para áreas de pastagem, essa taxa é de 1,17.

A taxa de erosão é a razão entre o percentual de produção de sedimentos e o percentual de área ocupada na bacia por um dado tipo de cobertura de solo. A taxa de erosão representa o volume de sedimentos produzido, por unidade de área, por um dado tipo de cobertura do solo. A tabela 6 ilustra a taxa de erosão em relação à ocupação do solo para toda a bacia.

Quanto maior for a taxa de erosão, maior será a produção de sedimento, por unidade de área, de um determinado tipo ocupação de solo.

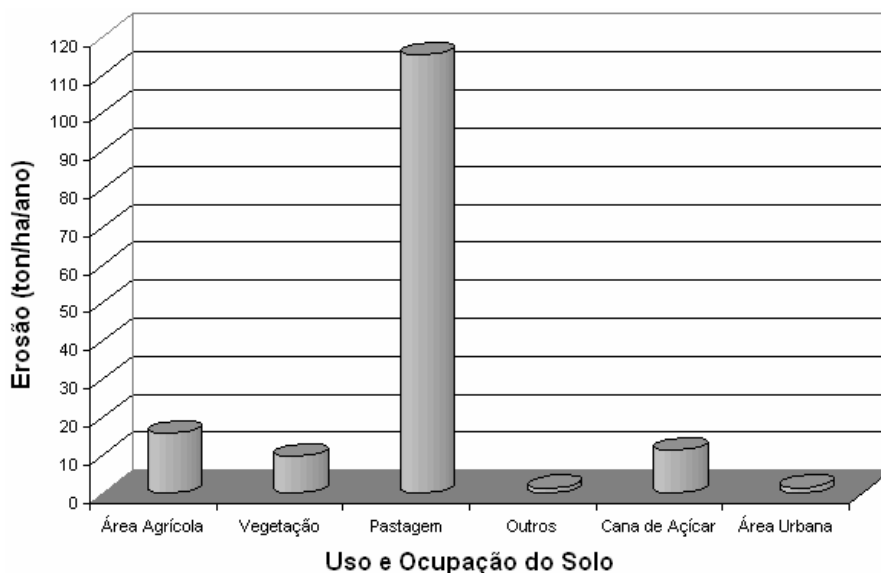


Figura 11 – Produção de sedimentos nas ocupações do solo da bacia

Ocupação do Solo	Erosão na Bacia (%)	Área da Bacia (%)	Taxa de Erosão
Área Agrícola	10,10	9,69	1,04
Vegetação	6,20	11,13	0,56
Pastagem	74,70	63,85	1,17
Outros	0,86	0,97	0,89
Cana de Açúcar	7,24	13,83	0,52
Área Urbana	0,89	0,54	1,65

Tabela 6 – Taxa de erosão em relação à ocupação do solo da bacia

4 – CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na simulação permitem inferir que:

- A maior taxa de erosão corresponde à ocupação por áreas urbanas (1,65). Embora sua representatividade na bacia seja muito pequena, há de se dar alguma atenção a estas áreas, pois são as que mais produzem sedimentos por unidade de área e estão mais intimamente ligadas ao habitat humano.
- As áreas agrícolas, que representam aproximadamente 10% da área total da bacia, têm taxa de erosão próxima da unidade, que é relativamente alta, somente sendo superada pelas áreas urbanas e por pastagem. Maiores cuidados acerca de práticas de conservação e manejo do solo são necessários nestas áreas.
- Entretanto, a grande preocupação se dá nas áreas ocupadas por pastagem, que são predominantes e responsáveis por 3/4 de toda a produção de sedimentos na bacia. Esse tipo de ocupação requer grandes cuidados em termos de práticas de conservação e de manejo do solo.
- Segundo os resultados das simulações, a ocupação de solo por vegetações nativas e por cana de açúcar parece ser favorável à bacia em termos de menor produção de sedimentos (taxa de erosão na ordem de 0,5), quando comparados às áreas de pastagem e áreas urbanas.
- Os outros tipos de ocupação do solo têm pouca influência na produção de sedimentos, pois ocupam uma parcela muito pequena da bacia e sua taxa de erosão é menos significativa (0,89).

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Sistema de Informação Geográfica - SIG é uma ferramenta versátil e, na maioria das vezes, indispensável à elaboração de projetos relacionados às áreas de recursos hídricos e de meio ambiente e permitem o manuseio das grandes bases de dados envolvidas nos projetos.

O SWAT é um modelo robusto, bastante complexo e de grande aplicabilidade. É uma importante ferramenta para a simulação de erosão e de transporte de sedimentos e nutrientes em bacias hidrográficas. Sua utilidade não é apenas acadêmica e serve de amparo científico para soluções de problemas ambientais em bacias hidrográficas.

A quantidade de dados de entrada exigidos pelo modelo é bastante ampla e, quando bem aplicado, obtém-se uma boa qualidade dos resultados obtidos, que incentiva a aplicação da modelagem, visto que os dados obtidos podem ser bastante satisfatórios no meio prático.

Não se encontram na literatura informações suficientes de dados hidrológicos necessários para melhorar a precisão dos resultados deste trabalho. O Estado de Alagoas ainda não dispõe de um

banco de dados satisfatório para esse objetivo, principalmente no que diz respeito a séries históricas de dados de sedimentos.

Finalmente, é possível obter resultados bastante precisos, entretanto, são necessários estudos mais detalhados sobre classificação dos solos, dados hidrológicos com séries históricas mais extensas e mais distribuídos espacialmente, dados observados de produção de sedimentos e de vazão e dados de descargas pontuais das usinas locais. Com isso o modelo seria previamente calibrado com dados reais, o que possibilitaria a criação dos mais diferentes cenários passíveis de simulação.

BIBLIOGRAFIA

“Levantamento Detalhado de Solos da Usina Coruripe: Fazenda Progresso” – Anexo I: Perfis e Boletins Analíticos (1995).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006), *Home Page* <<http://www.embrapa.br>>, consultado em dezembro de 2006.

JACOMINE, P.K.T., CAVALCANTI, A.C., PESSÔA, S.C.P., SILVEIRA, C.O. (1975), *“Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas”*. Recife, EMBRAPA, Centro de Pesquisas Pedológicas.

LANE, L.J.; Renard, K.G.; Foster, G.R. e Laflen, J.M (1992). *“Development and application of modern soil erosion prediction technology”*. Austr. Soil Res., Vol 30, pp 893-912.

LIMA, W.P. (2000), *“Importância das Florestas para a produção de água”*. in Simpósio Sobre Recuperação da Cobertura Florestal da Bacia do Rio Corumbataí, 2000, Piracicaba: IPEF, ESALQ, pp 8-13.

MACHADO, R. E. e VETTORAZZI (2003), *“Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins (SP)”*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Vol 27, pp 735-741.

PDRH – Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe (2000).