

Metodologia da geração de dados de entrada e aplicação do modelo SWAT para bacias hidrográficas brasileiras

Emílio Graciliano Ferreira Mercuri¹
Flávio Deppe¹
Marciel Lohmann¹
Kauem Simões¹

¹ Instituto Tecnológico SIMEPAR
Caixa Postal 19100 – 81.531-980 – Curitiba – PR, Brasil
{emilio, deppe, marciel, kauem}@simepar.br

Abstract. One of the main problems related to the environmental systems is the excess of sediments and pollutants generated by the watersheds that drain to the rivers, lakes and to the sea. This phenomenon, that is part of the natural process of transfer of mass that would occur independently of the human activities; however, it can occur in an artificial and accelerated way, provoked by changes in the land use of the drainages basins. This paper presents the methodology of an integrated system of environmental modeling, starting from the impacts provoked by the changes in the soil and in the use of the soil of the drainages basins and their effects in water resources, in Brazilian watersheds. The changes in the environmental parameters are related, qualitatively and quantitatively, to the occupation of these watersheds. The modeling system integrates GIS (Geographic Information Systems) with Hydrology. In this paper, the model SWAT (Soil and Water Assessment Tool) is used to simulate the impacts provoked by the changes in the forest area of the drainage basin on the runoff and underground drainage, and consequently on the sediments production. The aim of the work is to create one methodology of making inputs of soils, especially Brazilian soils, to use in the model. There are shown some equations that can be used to characterize soils that are not the defaults of the SWAT. This methodology can improve the quality of the results of the model and can show that the distributed models in hydrology can help the decision makers to predict environmental variability of erosion and the quality of water resources.

Palavras-chave: SWAT, sensoriamento remoto, solos, hidrologia.

1. Introdução

A erosão é um processo natural de desagregação, decomposição, transporte e deposição de materiais de rochas e solos que vem agindo sobre a superfície terrestre desde os seus princípios. Contudo, a ação humana sobre o meio ambiente contribui exageradamente para a aceleração do processo, trazendo como conseqüências, a perda de solos férteis, a poluição da água, o assoreamento dos cursos d'água e reservatórios e a degradação e redução da produtividade global dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Entende-se por erosão o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos de rocha, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo ou organismos.

Os processos hidrológicos afetam a erosão do solo, o transporte de sedimentos erodidos, a decomposição de sedimentos e as características físicas, químicas e biológicas que, coletivamente, determinam a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Os sedimentos são, provavelmente, o mais significativo 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 (Brooks et al., 1991).

Segundo Chaves (1991), a crescente preocupação com problemas de assoreamento e poluição de cursos d'água e de reservatórios contribuiu para o desenvolvimento de modelos matemáticos que prevêm o aporte de sedimentos em pontos específicos da bacia hidrográfica. Estes são utilizados para a avaliação de práticas de manejo da terra e avaliação e planejamento ambientais. A estimativa da erosão é essencial para determinar as práticas adequadas de conservação do solo e é útil para determinar impactos, antes mesmo da adoção na área de determinada cultura ou prática agrícola. Infelizmente, é muito dispendioso e

impraticável monitorar a erosão em toda a bacia hidrográfica, daí a necessidade de prever a erosão com o uso de modelagem.

Os modelos hidrológicos e de qualidade da água vêm sendo desenvolvidos para prever o impacto da agricultura e do uso e ocupação do solo na qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) são empregados na criação do banco de dados para esses modelos, pois são destinados à aquisição e ao tratamento de dados referenciados espacialmente.

A modelagem hidrológica e SIG's têm evoluído para o ponto em que as vantagens de cada sistema podem ser totalmente integradas dentro de uma poderosa ferramenta de análise em bacias hidrográficas (Machado, 2002). A flexibilidade do SIG integrado no modelo hidrológico Soil and Water Assessment Tool – SWAT oferece novas perspectivas para o estabelecimento e implementação de políticas ambientais com o objetivo de reduzir o impacto de atividades antrópicas sobre bacias hidrográficas.

O SWAT (Soil and Water Assessment Tool) é um modelo matemático de parâmetro distribuído (quando as variáveis e parâmetros do modelo dependem do espaço e/ou tempo) que permite um número de diferentes processos físicos serem simulados em bacias hidrográficas com o objetivo de analisar os impactos das alterações no uso do solo sobre o escoamento superficial e subterrâneo, produção de sedimentos e qualidade da água.

O SWAT considera a bacia dividida em sub-bacias com base no relevo, solos e uso da terra e, desse modo, preserva parâmetros espacialmente distribuídos da bacia inteira e características homogêneas dentro da bacia (DI LUZIO et al., 2002).

O modelo opera em passo de tempo diário e é capaz de simular longos períodos, para computar os efeitos das variações de manejo no uso e ocupação do solo.

Machado & Vettorazzi (2003) aplicaram o modelo SWAT para simular a carga de sedimentos produzida pela microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins, em Piracicaba (SP), no biênio 1999/2000. Os resultados obtidos na simulação da produção de sedimentos foram comparados aos dados observados em um posto hidrossedimentométrico, localizado no terço superior da microbacia, utilizando o Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe (COE) e o desvio dos dados simulados em relação aos observados (Dv). Para as condições específicas da microbacia do Ribeirão dos Marins, os resultados obtidos na simulação da produção de sedimentos pelo modelo, após a calibração, foram de 0,83, para o COE, e de -3,2 %, para o Dv, indicando um bom ajuste dos dados simulados comparados aos dados observados.

A maior limitação ao uso desses modelos é a dificuldade em trabalhar a grande quantidade de dados que descrevam a heterogeneidade dos sistemas naturais e a escassez destes dados em bacias brasileiras, principalmente dados que são entradas do modelo SWAT. O tipo de solo e o uso do solo são os dados de SIG que se tem a maior dificuldade de se gerar.

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma metodologia de geração de dados de entrada para a simulação hidrológica com foco nos tipos de solos a serem utilizados no modelo.

2. Metodologia de trabalho

Para a caracterização dos solos utilizadas na modelagem hidrológica foram utilizadas uma série de parametrizações para alguns tipos de solos brasileiros. Apesar da grande heterogeneidade quanto aos tipos de solos brasileiros, a caracterização sumária das classes de solo foi dividida em 12 classes primárias, como descrito a seguir.

2.1 Areias Quartzosas – (AQ)

Esta classe compreende solos minerais arenosos, hidromórficos ou não, normalmente profundos ou muito profundos, essencialmente quartzosos, virtualmente destituídos de minerais primários, pouco resistentes ao intemperismo.

Possuem textura nas classes areia e areia franca, até pelo menos 2 metros de profundidade, cores vermelhas, amarelas ou mais claras. São solos normalmente muito pobres, com capacidade de troca de cátions e saturação de bases baixas, freqüentemente álicos e distróficos.

2.2 Cambissolo (C)

Solos minerais não hidromórficos, com horizonte A sobre horizonte B incipiente (não plíntico), ou seja, um horizonte pouco evoluído, no qual apenas se manifestam as características de cor e/ou estrutura, sem contudo haver outras características indicadoras de maior evolução, tais como B textural, B latossólico, B espódico ou horizonte plíntico.

São solos pouco profundos a rasos, com pequena diferenciação de horizontes, ausência de acumulação de argila, textura franco-arenosa ou mais fina (mais argilosa), cores normalmente amareladas e brunadas. Quando derivados de rochas cristalinas (gnaiesses, granitos, migmatitos, xistos, filitos etc.) de um modo geral apresentam materiais primários facilmente decomponíveis no interior de sua massa.

A textura é média ou argilosa, podendo ter cascalhos.

2.3 Glei Pouco Húmico – (HGP)

Solos minerais hidromórficos, com horizontes glei abaixo do horizonte superficial (A ou H com menos de 40 cm) e cores de redução (normalmente cinzentos ou azulados), em decorrência da presença de ferro em sua forma reduzida (Fe+2).

São mal ou muito mal drenados, encharcados, ocorrendo em áreas baixas, com textura variável de média a muito argilosa, argila de atividade baixa ou alta, saturação de bases normalmente baixas, por vezes álicos e, menos freqüentemente, com alta saturação de bases.

Invariavelmente se desenvolvem a partir de sedimentos do Quaternário Recente, geralmente aluvionares.

2.4 Latossolo Vermelho-Escuro – (LE)

Compreende solos minerais não hidromórficos, com horizonte B latossólico, de cores vermelho-escuras, vermelhas ou bruno-avermelhado escuras, com teores de Fe₂O₃ (proveniente do ataque sulfúrico) entre 18 e 8% nos solos argilosos ou muito argilosos, normalmente inferiores a 8% nos solos de textura média. A atração magnética é fraca ou inexistente.

São muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e média. Os solos mais oxidicos, de textura argilosa ou muito argilosa, possuem baixa densidade aparente (0,84 a 1,03 g/cm³) e porosidade muito alta ou alta, com valores variando de 62 a 70%, indicando boas condições físicas. Nos solos de textura média, a densidade aparente é maior (da ordem de 1,30 - 1,34 g/cm³) e a porosidade é média, (46 a 48%).

2.5 Latossolo Vermelho-Amarelo – (LV)

Solos minerais não hidromórficos, com horizonte B latossólico, cores normalmente vermelhas a vermelho-amareladas, com teores de Fe₂O₃ (proveniente do ataque sulfúrico) iguais ou inferiores a 11% e, normalmente, acima de 7%, quando os solos são argilosos ou muito argilosos e não concrecionários. São solos que não apresentam atração magnética.

São profundos ou muito profundos, bem drenados, com textura argilosa, muito argilosa ou média. Os solos de textura argilosa ou muito argilosa e de constituição mais oxidica, possuem baixa densidade aparente (0,86 a 1,21 g/cm³) e porosidade total alta a muito alta (56 a 68%). Os solos de textura média, normalmente, possuem densidade aparente pouco maior e porosidade total média.

2.6 Planossolo – (PL)

Solos minerais, hidromórficos ou não, com mudança de textura abrupta entre o A, ou o E e o horizonte B textural, com alta densidade aparente (1,72 - 1,94 g/cm³), cores de redução e/ou mosqueados, decorrentes de drenagem imperfeita ou má.

São solos rasos ou de profundidade média, com permeabilidade lenta abaixo da superfície, em decorrência da porosidade total muito baixa (30,0 - 35,0%). Isto favorece o encharcamento temporário a que estão sujeitos, em consequência da situação topográfica baixa que ocupam, nas áreas receptoras das águas provenientes dos terrenos de cotas mais elevadas. Em contraposição ao período em que permanecem molhados, durante a época seca estes solos tornam-se duros a extremamente duros e usualmente fendilham-se no horizonte Bt. São solos predominantemente com argila de atividade alta, ocorrendo também solos com argila de atividade baixa.

2.7 Plintossolo – (PT)

Solos minerais hidromórficos ou com séria restrição de drenagem, tendo como característica principal a presença de horizonte plíntico dentro de 40 cm da superfície, ou a maiores profundidades quando subsequente a horizonte E, ou abaixo de horizontes com muitos mosqueados de cores de redução, ou de horizontes petroplínticos.

São solos imperfeitamente ou mal drenados, tendo horizonte plíntico de coloração variegada, com cores acinzentadas alternadas com cores avermelhadas e intermediárias entre estas. O horizonte plíntico submetido a ciclos de umedecimento e secagem, após rebaixamento do lençol freático desidrata-se irreversivelmente, e tornando-se extremamente duro quando seco.

2.8 Podzólico Vermelho-Amarelo – (PV)

Solos minerais não hidromórficos, com horizonte B textural não plíntico e distinta individualização de horizontes no que diz respeito à cor, estrutura e textura, a qual é mais leve no A (mais arenosa) e mais pesada (mais argilosa) no B, com cores variando de vermelho a amarelo e teores de Fe₂O₃ normalmente menores que 11%.

São profundos a pouco profundos, moderadamente a bem drenados, com textura muito variável, porém com predomínio de textura média no A e argilosa no horizonte Bt, com presença ou não de cascalhos. Solos com textura arenosa no A e média no B, ou somente argilosa ou média ao longo do perfil, são menos freqüentes.

2.9 Solos Aluviais – (AE)

Solos minerais não hidromórficos, pouco evoluídos, formados em depósitos aluviais recentes, nas margens de curso d'água. Apresentam apenas um horizonte A sobre camadas estratificadas, sem relação pedogenética entre si.

Devido à sua origem de fontes as mais diversas, estes solos são muito heterogêneos quanto à textura, que pode variar num mesmo perfil entre as diferentes camadas, ou também heterogêneos quanto às outras propriedades físicas e, no que diz respeito às propriedades químicas, podem ser tanto eutróficos, como distróficos ou álicos. A atividade da argila varia de alta a baixa.

2.10 Solos Litólicos – (R)

São solos minerais, não hidromórficos, pouco desenvolvidos, muito rasos ou rasos (2 cm até a rocha), com horizonte A sobre a rocha ou sobre horizonte C, sendo que estes horizontes apresentam, geralmente, fragmentos de rocha.

São de textura variável, freqüentemente arenosa ou média cascalhenta, ocorrendo textura argilosa e raramente siltosa. São também heterogêneos quanto às propriedades químicas, podendo ser álicos, distróficos ou eutróficos, com capacidade de troca de cátions variando de baixa a alta.

2.11 Solos Concrecionários – (SC)

Esta unidade de mapeamento engloba solos concrecionários lateríticos que podem ser incluídos em diversas classes, principalmente nas dos podzólicos concrecionários, plintossolos concrecionários e latossolos concrecionários.

A dificuldade na separação das diversas classes de solos concrecionários, durante o mapeamento, fez com que solos de classes diferentes fossem mapeados indistintamente como solos indiscriminados concrecionários.

2.12 Solo Orgânico – (HO)

Os solos orgânicos ou organossolos são corpos naturais que ocorrem em turfeiras, como resultado de acúmulo de restos vegetais que ocorrem em ambientes de saturação contínua de água e da insuficiente circulação de oxigênio. Dependendo do grau de decomposição do material orgânico, ocorre a menor ou maior ocorrência de camadas fíbricas, hêmicas e sápricas. Onde a alternância destes pode ser um indicativo de variação nas condições de degradação do material orgânico ou do material vegetal primário.

3. Resultados e Discussão

O banco de dados de solo requer informações das características físico-hídricas de cada classe de solo, como os grupos de saturação (HYDGRP), a profundidade da raiz (SOL_ZMX), porosidade (ANION_EXCL), profundidade da camada (SOL_Z), densidade aparente (SOL_BD), capacidade de água no solo (SOL_Z), densidade aparente (SOL_BD), erodibilidade (USLE_K), albedo (SOL_ALB), carbono orgânico (SOL_CBN), e percentagem de argila, silte, areia e seixo. As 12 classes de solo principais que foram consideradas, são: areia quartzosa (AQ), solo aluvial (AE), cambissolo (C), glei pouco húmico (HGP), latossolo vermelho-escuro (LE), latossolo vermelho-amarelo (LV), planossolo (PL), plintossolo (PT), podzólico vermelho-amarelo (PV), solos litólicos (R), solos concrecionários (SC) e solo orgânico (HO).

3.1 Grupos Hidrológicos

De acordo com o U.S. Natural Resource Conservation Service (NRCS Soil Survey Staff, 1986), os solos são classificados em quatro grupos hidrológicos (A, B, C e D) em função dos valores de condutividade hidráulica (mm/h) de cada classe de solo nos seus distintos horizontes, onde:

- Grupo hidrológico A – solos com alta taxa de infiltração, condutividade hidráulica saturada >150 mm/hr, solos constituídos de areias grossas e excessivamente drenados. Estes solos têm alta taxa de transmissão de água (baixo runoff pontencial);
- Grupo hidrológico B – solos com moderada taxa de infiltração, condutividade hidráulica saturada entre 5 e 150 mm/hr, solos constituídos de sedimentos moderadamente grossos a moderadamente finos, e moderadamente bem drenados. Estes solos têm moderada taxa de transmissão de água;
- Grupo hidrológico C – solos com baixa taxa de infiltração, condutividade hidráulica saturada entre 1 e 5 mm/hr, com textura moderadamente fina a fina, que impedem o movimento da água nos horizontes. Estes solos têm baixa taxa de transmissão de água (alto runoff potencial);

- Grupo hidrológico D – solos com baixíssima taxa de infiltração, condutividade hidráulica saturada menor 1mm/hr, são solos potencialmente argilosos com altíssimo runoff potencial, esses solos tem baixíssima taxa de transmissão de água.

3.2 Características granulométricas e texturais do solo

As percentagens de argila, silte, areia e seixo foram classificadas de acordo com o USDA, conforme a tabela (01).

Tabela 1- Classificação granulométricas do solo.

Classificação granulométrica	
cascalho	> 2 mm
areia	2 a 0,05 mm
silte	0,05 a 0,002 mm
argila	0,002 mm

A fração de porosidade (ANION_EXCL) é definida pela relação entre o volume ocupado pelos poros e o volume total do solo (Reichardt, 1990). Como é difícil de medir o volume de poros a fração de porosidade foi estimada através da densidade do solo, equação 1.

$$ANION_EXCL = 1 - (\rho_b / \rho_s) \quad (1)$$

Onde ρ_b é a densidade do solo ou aparente, ou seja, é a densidade das partículas na presença de ar, e ρ_s é a densidade real das partículas sem ar.

O valor 2,65 g/cm³ para a densidade das partículas é utilizado como padrão pelo SWAT, mas este foi adotada apenas nos casos em que não havia o dado para a classe de solo. A densidade aparente ou do solo geralmente é calculada durante os levantamentos de campo, onde $\rho_b = m/v$.

A textura do solo foi obtida através da utilização do triângulo de classificação textural do solo. Este sistema foi desenvolvido pelo U.S. Department of Agriculture e U.S. Soil Conservation Service. Neste sistema a porcentagem relativa das três partículas dimensiona as categorias a serem consideradas. As três categorias de partículas são areia, silte, e argila.

Para o banco de dados de solo fez-se necessário adicionar as características físicas dos solos de uma bacia exigidas pelo modelo SWAT, que são elas:

- SNAM é a classificação do solo (nome dados a cada classe)
- NLAYERS é o número layers de informação (números de horizontes)
- HYDGRP é o grupo de mínima saturação hidráulica (A, B, C e D)
- SOL_ZMX é a profundidade máxima de solo que a raiz alcança (mm)
- ANION_EXCL é a fração de porosidade do solo (fração)
- SOL_Z é a profundidade de cada horizonte (mm)
- SOL_BD é a densidade do solo (g/cm
- SOL_AWC é a capacidade de água do solo (mm/mm)
- SOL_K é a condutividade hidráulica saturada (mm/hr)
- SOL_CBN é o conteúdo de carbono orgânico do solo (% peso solo)
- CLAY é a porcentagem de argila no solo (% peso solo)
- SILT é a porcentagem de silte no solo (% peso solo)
- SAND é a porcentagem de areia no solo (% peso solo)
- ROCK é a porcentagem de cascalho no solo (% volume)
- SOL_ALB é o albedo do solo (fração)

USLE_K é a fator de erodibilidade do solo (0,013 t.m2.hr/m3.t.cm)

O resultado dos parâmetros para os 12 solos está descrito abaixo na tabela 2. Os outros parâmetros foram estimados por equações de acordo com o que foi descrito na literatura mencionada.

Tabela 2- Características físicas das classes de solo após reclassificação (BALDISSERA, 2005).

Classes:	AE	AQ	HGP	PL	PT	R	SC	LE	LV	PV	C	HO
NLAYERS	4	4	4	4	4	2	3	5	4	3	5	4
HYDGRP	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
SOL_ZMX	1400	1500	1300	1500	730	800	1200	940	1500	1300	1100	800
ANION_EXCL	0.33	0.37	0.39	0.26	0.34	0.4	0.33	0.3	0.38	0.32	0.47	0.4
SOL_Z1	130	180	80	220	100	50	250	110	360	200	300	100
SOL_BD1	1.6	1.7	1.4	1.7	1.69	1.6	1.6	1.6	1.5	1.7	1.6	1.6
SOL_AWC1	1.4	0	1	0.3	0.18	0.15	0.8	0	0.3	0.4	0.15	0.18
SOL_K1	32.5	90	12.5	90	90	12.5	12.5	90	12.5	90	12.5	12.5
SOL_CBN1	1.7	0.5	2.8	0.7	1.31	0.4	2.4	0.8	1.1	1.3	1.4	8.14
CLAY1	13.7	7.2	26.4	9.6	18.2	17.2	16.2	12.6	30.3	11.7	36.3	26
SILT1	56.7	14.9	71.5	39.4	27.6	29.4	32.1	9.4	16	18.1	18	31
SAND1	29.6	77.9	2.1	51	54.2	53.4	51.7	78	53.7	70.2	93.4	43
ROCK1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOL_ALB1	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
USLE_K1	0.16	0.14	0.31	0.18	0.15	0.17	0.13	0.12	0.13	0.14	0.05	0.13
SOL_EC1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOL_Z2	530	340	450	530	270	300	530	290	760	550	600	300
SOL_BD2	1.6	1.6	1.5	1.7	1.51	1.6	1.7	1.5	1.7	1.7	1.4	1.7
SOL_AWC2	1.2	0.1	0.1	0.3	0.15	0.15	1	0.1	0.3	0.4	0.18	0.15
SOL_K2	12.5	90	5	40	12.5	12.5	12.5	90	12.5	90	12.5	12.5
SOL_CBN2	0.5	0.4	0.7	0	0.39	0.6	1.5	0.5	0.2	0.6	0.6	13.95
CLAY2	13.3	10.8	37.8	16.6	20.2	24.7	33.3	14.5	29.8	18.8	34	22.36
SILT2	46	8.6	56.3	40.1	27.8	25.6	33.3	5.6	14.3	17.2	35.7	26.42
SAND2	40.7	80.6	5.9	43.3	52	49.7	33.4	79.9	55.9	64	30.3	51.22
ROCK2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOL_ALB2	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
USLE_K2	0.18	0.12	0.3	0.18	0.17	0.16	0.13	0.1	0.14	0.15	0.16	0.12
SOL_EC2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOL_Z3	960	670	750	1140	520	300	1200	670	1210	1300	800	500
SOL_BD3	1.5	1.6	1.6	1.9	1.4	1.6	1.8	1.7	1.7	1.7	1.4	1.7
SOL_AWC3	1.4	0.2	0.7	0.3	0.35	0.15	0.5	0	0.4	0.7	0.18	0.15
SOL_K3	12.5	90	40	40	12.5	12.5	90	90	12.5	12.5	12.5	12.5
SOL_CBN3	1.3	0.3	0.3	0.2	0.32	0.6	0.6	0.3	0.5	0.3	0.4	15.7
CLAY3	23	10.3	25.6	19.8	26.7	24.7	15.5	19.8	29.5	20.8	28.4	22.38
SILT3	68.1	15.6	62.4	41.5	27	25.6	24.6	9.4	13.8	18.3	37.7	21.36
SAND3	8.9	74.1	12	38.7	46.3	49.7	59.9	70.8	56.7	60.9	33.9	56.26
ROCK3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOL_ALB3	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0	0.15
USLE_K3	0.27	0.15	0.26	0.18	0.16	0.16	0.17	0.13	0.14	0.16	0.17	0.12
SOL_EC3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOL_Z4	1400	1500	1300	1500	730	800	0	940	1500	0	1100	800
SOL_BD4	1.5	1.6	1.7	1.9	1.52	1.3	0	1.4	1.6	0	1.8	1.5
SOL_AWC4	1.4	0.2	0.5	0.3	0.27	0.18	0	0	0.4	0	0.18	0.18
SOL_K4	12.5	90	12.5	40	12.5	12.5	0	12.5	12.5	0	40	12.5

SOL_CBN4	0.6	0.2	0.3	0	0.21	0.76	0	0.3	0.4	0	0.4	3.14
CLAY4	27.7	13.2	21.5	16.2	32.7	32	0	24	35.6	0	26.8	55.27
SILT4	67.4	15.2	57.3	35.7	29.9	35	0	11.1	15.9	0	43.7	24.56
SAND4	14.95	71.6	21.2	48.1	37.4	33	0	64.9	48.5	0	29.5	20.16
ROCK4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOL_ALB4	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0	0.15	0.15	0	0.15	0.15
USLE_K4	0.25	0.15	0.21	0.18	0.16	0.16	0	0.14	0.14	0	0.18	0.11
SOL_EC4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SOL_Z5	0	0	0	0	0	0	0	1500	0	0	1170	0
SOL_BD5	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	1.4	0
SOL_AWC5	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.18	0
SOL_K5	0	0	0	0	0	0	0	12.5	0	0	12.5	0
SOL_CBN5	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.3	0
CLAY5	0	0	0	0	0	0	0	23.8	0	0	27	0
SILT5	0	0	0	0	0	0	0	9.8	0	0	39.3	0
SAND5	0	0	0	0	0	0	0	66.4	0	0	33.7	0

4. Conclusões e Agradecimentos

Este trabalho encontra-se ainda em fase inicial e ainda necessita de resultados mais elaborados e calibrados principalmente em relação aos tipos de solo. Infelizmente não existem dados e mapas precisos para o Brasil a respeito dos parâmetros de solo utilizados no SWAT. Os agradecimentos são feitos para o Instituto Tecnológico SIMEPAR pela concessão da bolsa para o desenvolvimento do estudo.

5. Referências Bibliográficas

- BALDISSERA, G.C. Aplicabilidade do modelo de simulação hidrológica SWAT (Soil and Water Assessment Tool), para a bacia hidrográfica do Rio Cuiabá/MT. Cuiabá, 2005. 144p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Mato Grosso.
- BROOKS, K.N.; FFOLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M. & THAMES, J.L. Hydrology and the management of watersheds. Ames, Iowa State University Press, 1991. 392p.
- CHAVES, H.M.L. Análise global de sensibilidade dos parâmetros da Equação Universal de Perda de Solo Modificada (MUSLE). R. Bras. Ci. Solo, 15:345-350, 1991.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de Solos. – Brasília : Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- DI LUZIO, M.; SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J.G.; NEITSCH, S.L. Arcview Interface for Swat2000. *User's Guide*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Usda Agricultural Research Service, 2002.
- MACHADO, R.E.; VETTORAZZI, C.A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica de ribeirão dos marins (SP). R. Bras. Ci. Solo, 27:735-741, 2003.
- MACHADO, R.E.; VETTORAZZI, C.A.; XAVIER, A.C. Simulação de cenários alternativos de uso da terra em ma microbacia utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. R. Bras. Ci. Solo. 27:727-733, 2003.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Soil Conservation Service. Hydrology. National Engineering handbooks. Washington: USDA, 1986 (Section 4).