



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS - IRN



MESTRADO EM
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - MEMARH

**APLICAÇÃO DO MODELO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO
AVSWAT NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA
CACHOEIRINHA – MG**

JULIO CESAR DOMINGOS PEREIRA

PROF. DR. FERNANDO DAS GRAÇAS BRAGA DA SILVA
Orientador

PROF. DR. FRANCISCO ANTÔNIO DUPAS
Co-orientador

Itajubá Agosto de 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ - UNIFEI
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS - IRN



MESTRADO EM
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - MEMARH

**APLICAÇÃO DO MODELO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO
AVSWAT NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA
CACHOEIRINHA – MG**

JULIO CESAR DOMINGOS PEREIRA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, sob orientação do Professor Dr. Fernando das Graças Braga da Silva.

Itajubá, Agosto de 2010.

Ficha Catalográfica

PEREIRA, Julio Cesar Domingos

Aplicação do modelo hidrossedimentológico AVSWAT na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG. Julio Cesar Domingos Pereira – Itajubá: Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2010.

Xp.

Orientador: Dr. Fernando das Graças Braga da Silva

Co-orientador: Francisco Antônio Dupas

Dissertação. UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá. Curso, 2010.

1. Bacias hidrográficas. 2. Erosão hídrica. 3. AVSWAT – Dissertação.

I. Silva, Fernando das Graças Braga da. II. Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI. Aplicação do modelo hidrossedimentológico AVSWAT na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG.

AGRADEMENTOS

A minha família, em especial à minha mãe Zuleika ,

que sempre acreditou nessa possibilidade apesar das dificuldades enfrentadas, lembrando sempre de cada etapa alcançada.

A minha Esposa Nádia Cristina Garcia Mendes,

que esteve sempre presente nos momentos difíceis e foi a maior incentivadora par que meu objetivo fosse alcançado com sucesso .

Ao MEC pela disponibilização de bolsas de estudo no projeto REUNI.

Ao Núcleo NUMMARH, núcleo de modelagem e simulação em meio ambiente e recursos hídricos.

Ao Laboratório de Solos – UNIFEI, por algumas análises.

A Prefeitura municipal de Santa Rita do Sapucaí-MG – Pela disponibilização das imagens do Satélite Alos utilizadas neste trabalho.

A Professora Eliane Meloni, pelo apoio no estudo de solos.

Ao Programa MEMARH, Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela oportunidade.

Aos amigos do MEMARH,

em especial a Daniel Sperandelli, Carlos Wilmer, Fernanda Paes, Hugo Baldan, José Amaro e Lucas Lopes, que contribuíram de forma muito importante em todos os momentos difíceis e alegres dessa jornada.

Aos meus orientadores,

Fernando das Graças Braga da Silva e Francisco Antônio Dupas , pela competente orientação, mas, sobretudo, pela paciência, disponibilidade, amizade e compreensão.

Aos meus amigos,

Leonardo Vieira, Ferdinando Filetto e Prof. Giovanni Rabelo (UFLA), que sempre me apoiaram e torceram por mim.

Agradeço a **DEUS**, por que somente a fé nos permite seguir em frente quando objetivo não parece possível.

Dedico esta dissertação em memória à Minha mãe Zuleika e em memória à minha avó Cleide, que sempre fizeram tudo para que eu conseguisse alcançar meus objetivos e sempre acreditaram que eu conseguiria mesmo diante das dificuldades enfrentadas no decorrer desta jornada.

“Nunca o Homem inventará nada mais simples nem mais belo do que uma manifestação da natureza. Dada a causa, a natureza produz o efeito no modo mais breve em que pode ser produzido.”

(Leonardo da Vinci)

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
I – INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo geral	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Erosão e Transporte de Sedimentos	3
2.2 Bacias Hidrográficas	8
2.3 Uso e Ocupação do solo	9
2.4 Modelos de Simulação	11
2.5 Modelos Hidrossedimentológicos para estimativa de erosão em bacias hidrográficas	15
III - MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 Localização da bacia	24
3.2 Etapas do trabalho	25
3.2.1 Material para confecção dos mapas	26
3.2.2 Confecção do mapa de elevação digital (MDT)	26
3.2.3 Confecção do mapa de uso e ocupação do solo	26
3.2.4 Confecção do mapa de solos da região	27
3.3 Obtenção de informações regionais: clima e hidrologia	27
3.4 Estudo do modelo AVSWAT	28
3.4.1 Parâmetros Climáticos	29
3.4.2 Parâmetros de Solo	30
3.4.3 Parâmetros de Uso do Solo	30
3.4.4 Unidades de Resposta Hidrológica HRU's	31

3.4.5 Curva Número	31
3.5 ArcView 3.2	32
3.6 O SIG idrisi Andes	33
3.7 Simulação de Cenários de Erosão da Região	34
V - RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 RESULTADOS OBTIDOS COM O SIG IDRISI	35
4.1.1 Modelo de elevação do terreno (MDT), com hidrografia inserida.	35
4.1.2 Mapa de declividade da região	36
4.1.3 Mapa de uso de solo da região	37
4.1.4 Mapa de solos da região	38
4.1.5 Mapas da bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha confeccionados no IDRISI.	39
4.1.5.1 Mapa de elevação do terreno da BHRC	39
4.1.5.2 Mapa de declividades da (BHRC)	40
4.1.5.3 Mapa de solos da (BHRC)	41
4.1.5.4 Mapa de Uso do Solo da (BHRC)	43
4.2 DADOS CLIMÁTICOS	44
4.3 RESULTADOS OBTIDOS COM O MODELO AVSWAT	46
4.3.1 Cenários alternativos simulados no AVSWAT	60
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	76

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Recomendações da FAO, PNUMA e UNESCO, referentes à classificação do grau de erosão hídrica.

TABELA 2: Modelos hidrossedimentológicos utilizados para processo de erosão em Bacias Hidrográficas.

TABELA 3: Postos pluviométricos utilizados.

TABELA 4: Adaptação dos usos do solo da BHRC

TABELA 5: Representatividade das declividades na área total da BHSRS.

TABELA 6: Representatividade das classes de uso do solo BHSRS.

TABELA 7: Representatividade das classes de solo na BHSRS.

TABELA 8: Representatividade das classes de altitude na BHRC.

TABELA 9: Representatividade das classes de declividade na BHRC.

TABELA 10: Representatividade das classes de solo na BHRC.

TABELA 11: Representatividade das classes de uso do solo na BHRC.

TABELA 12: Médias mensais e anuais de precipitação da Região de Santa Rita do Sapucaí de 1999 a 2008 em (mm).

TABELA 13: Distribuição das classes de perda de solo na BHRC, no mês de janeiro de 1999.

TABELA 14: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de fevereiro de 1999.

TABELA 15: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Março de 1999.

TABELA 16: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Abril de 1999.

TABELA 17: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Outubro de 1999.

TABELA 18: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Novembro de 1999.

Tabela 19: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Dezembro de 1999.

TABELA20: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, considerando a Pastagem como o uso do solo para toda a bacia em 1999.

TABELA21: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, considerando a cultura do milho como o uso do solo para toda a bacia em 1999.

TABELA 22: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, considerando Mata como a ocupação do solo em toda a BHRC 1999.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1: Localização da área de estudo na bacia hidrográfica de Santa Rita do Sapucaí, Pereira e Paes (2009).
- FIGURA 2: Fluxograma das etapas do trabalho.
- FIGURA 3: Esquema do funcionamento do AVSWAT, Di Luzio, 2002.
- FIGURA 4: Integração de componentes de base de dados espacial e atributos pelo IDRISI Andes (Eastman, 2006).
- FIGURA 5: Modelo de elevação do terreno (MDT) da BHSRS – M.G.
- FIGURA 6: Mapa de declividade da BHSRS – MG.
- FIGURA 7: Mapa de uso do solo da BHSRS – MG.
- FIGURA 8: Mapa de solo da BHSRS – MG.
- FIGURA 9: Mapa de elevação do terreno (MDT) da BHRC – M.G.
- FIGURA 10: Mapa de declividades da (BHRC) - MG
- FIGURA 11: Mapa de solos da (BHRC) - MG
- FIGURA 12: Mapa de Uso do Solo da (BHRC) - MG
- FIGURA 13: Cenário 1 de perda de solos na BHRC no mês de janeiro de 1999.
- FIGURA 14: Cenário 2 de perda de solos na BHRC no mês de fevereiro de 1999.
- FIGURA 15: Cenário 3 de perda de solos na BHRC no mês de março de 1999.
- FIGURA 16: Cenário 4 de perda de solos na BHRC no mês de abril de 1999.
- FIGURAS 17 E 18: Cenário 5 e 6 de perda de solos na BHRC nos meses de maio e junho de 1999.
- FIGURAS 19 E 20: Cenário 7 e 8 de perda de solos na BHRC nos meses de julho e agosto de 1999.
- FIGURA 21: Cenário 4 de perda de solos na BHRC no mês de setembro de 1999.
- FIGURA 22: Cenário 10 de perda de solos na BHRC no mês de outubro de 1999.
- FIGURA 23: Cenário 11 de perda de solos na BHRC no mês de novembro de 1999.
- FIGURA 24: Cenário 11 de perda de solos na BHRC no mês de novembro de 1999.
- FIGURA 25: Valores de precipitação média mensal para o ano de 1999 na BHRC.
- FIGURA 26: Valores médios mensais de escoamento superficial para o ano de 1999 na BHRC.
- FIGURA 27: Cenário 13 de perda de solos na BHRC, considerando o uso do solo total na BHRC como Pastagem.

FIGURA 28: Cenário14 de perda de solos na BHRC, considerando a cultura do milho como sendo o uso do solo total na BHRC.

FIGURA 29: Cenário15 de perda de solos na BHRC, considerando mata a ocupação total do solo na BHRC.

FIGURA 30: Cenário15 de perda de solos na BHRC, considerando Latossolo o único solo presente na BHRC.

FIGURA 31: Cenário15 de perda de solos na BHRC, considerando Podzólico Vermelho-Amarelo o único solo presente na BHRC.

RESUMO

Perda de solo por erosão em bacias hidrográficas são uma realidade inevitável, devido às suas características naturais que contribuem para a ocorrência de tal fato, porém é importante ressaltar que diversos são os fatores que influenciam no aumento dessas perdas, entre os quais pode-se destacar as atividades antrópicas, a forma de uso do solo por exemplo, pode influenciar diretamente nos valores de perda de solo por erosão hídrica obtidos em qualquer estudo, independentemente do método utilizado. Neste trabalho procurou-se estimar os valores de perda de solo por erosão hídrica para a bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG, com o auxílio de SIG'S e do modelo matemático hidrossedimentológico *AVSWAT - Soil and Water Assessment Tool*. Para a realização das simulações o modelo considera a bacia subdividida em HRU'S - unidades de resposta hidrológica com base no modelo de elevação do terreno (MDT) e exige informações de solo e uso do solo, bem como informações específicas de clima da região na qual a bacia de estudo está inserida, como precipitação, umidade relativa, velocidade do vento, entre outros. Foram efetuadas simulações com o intuito de estimar a perda de solo por erosão hídrica mensal na BHRC no ano de 1999 e simulações utilizando cenários hipotéticos: mata, pastagem e cultura do milho para ilustrar a influência do uso do solo nos valores de perda encontrados. Os resultados obtidos com o modelo AVSWAT demonstram a sua aplicabilidade para este tipo de estudo, embora a falta de alguns dados climáticos e de um mapa de solo mais detalhado tenham imposto alguns limites para as simulações.

Palavras Chave: Bacia Hidrográfica, Erosão Hídrica, AVSWAT

ABSTRACT

Loss of soil erosion in watersheds are an unavoidable reality, due to their natural characteristics that contribute to the occurrence of such fact, but it is important to note that several factors are influencing the increase of these losses, among which we can highlight human activities, the form of land use for example, can directly influence the values of soil loss by erosion obtained in any study, regardless of method used. In this work we tried to estimate the soil loss by water erosion for the catchment area of the Ribeirão da Cachoeirinha-MG, with the aid of GIS and mathematical model hydrosedimentological AVSWAT - Soil and Water Assessment Tool. To perform the simulations, the model considers the watershed divided into HRU's - units of hydrological response based on the type of terrain elevation (MDT) and requires information on soil and land use as well as specific information on regional climate in which the study basin is located, as precipitation, relative humidity, wind speed, among others. Simulations were performed in order to estimate the soil loss by erosion in the BHRC monthly in 1999 and simulations using hypothetical scenarios: forest, pasture and maize to illustrate the influence of land use in the loss values found. The results obtained with the SWAT model to demonstrate its applicability to this type of study although the lack of some climatic data and a more detailed map of soil were a limit to the simulations.

Keywords: watershed, water erosion, AVSWAT.

1 – INTRODUÇÃO

O uso inadequado dos solos agrícolas pode ser encarado como um dos principais responsáveis pela perda gradual da sua capacidade produtiva e a poluição dos recursos hídricos por sedimentos e poluentes de origem difusa, por esse motivo, para identificar áreas com problemas de poluição difusa em bacias hidrográficas, modelos estão cada vez mais sendo utilizados.

A utilização de métodos de informações referentes aos diversos usos do solo e de possíveis impactos que podem ocorrer nos recursos hídricos de uma bacia de drenagem é de grande importância e contribui para a compreensão das implicações de cada opção de manejo dos sistemas.

A modelagem matemática vem se mostrando uma ferramenta importante para os estudos e projetos nas mais variadas áreas de atuação da engenharia, o que possibilita ao pesquisador fazer estimativas e simulações, chegando a conclusões que o auxiliam na proposição de soluções diversas.

Os modelos matemáticos evoluem a cada dia e neles são criadas interfaces que possibilitam a entrada de dados de outros programas, tais como: tabelas, mapas georreferenciados, imagens de satélite entre outros. Desta forma, em Recursos Hídricos, estes podem ser úteis para se abordar aspectos de qualidade da água, solo, topografia, condições de cobertura do solo entre outros.

A aplicação de um modelo hidrossedimentológico pode permitir a realização de simulações de diferentes cenários de uso em uma bacia, podendo assim, constituir importante contribuição para o planejamento da mesma pelo respectivo comitê de bacia, onde alternativas de uso poderão ser simuladas e medidas e, dessa forma, determinadas previamente para a preservação da mesma.

No presente trabalho será aplicado o modelo hidrossedimentológico AVSWAT à Bacia do Ribeirão da Cachoeirinha-MG, com a finalidade de estimar a perda de solo por processos de erosão e transporte de sedimentos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Simular e quantificar a perda de solo por processos de erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da cachoeirinha-MG, através da aplicação do modelo hidrossedimentológico AVSWAT.

1.1.2 Objetivos específicos

- Construir tabelas com informações climáticas organizadas e específicas da Região de influência da Bacia Hidrográfica de Santa Rita do Sapucaí – MG, onde está inserida a bacia hidrográfica do ribeirão da cachoeirinha-MG;
- Construção dos mapas de solos, uso do solo, modelo digital do terreno e mapa com a descrição hidrográfica da bacia de Santa Rita do Sapucaí – MG;
- Construir cenários quantificando a perda de solo por erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Ribeirão da cachoeirinha-MG, através da aplicação do modelo hidrossedimentológico AVSWAT.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, é apresentada a revisão de literatura realizada, abrangendo os termos abordados pelo presente trabalho. No item 2.1, são apresentadas abordagens que envolvem os processos de erosão e transporte de sedimentos, onde são ressaltados alguns fatores reconhecidamente relevantes para o agravamento dos processos estudados. No item 2.2, procura-se conceituar o termo Bacia hidrográfica e a sua importância como unidade espacial a ser utilizada para gerenciar as atividades de uso e conservação dos recursos naturais, que estão diretamente ligados à proposta deste trabalho. O item 2.3 disserta sobre a influência do uso e ocupação do solo, aliado a topografia, na susceptibilidade do solo à erosão e, conseqüentemente, no transporte de sedimentos. O item 2.4 apresenta os principais modelos de simulação encontrados na literatura, as vantagens e desvantagens de sua utilização, bem como da importância da disponibilidade de dados para um bom resultado na simulação. O item 2.5 aborda os modelos hidrossedimentológicos para a estimativa de erosão em bacias hidrográficas, apresentando alguns dos principais modelos encontrados na literatura.

2.1- Erosão e transporte de Sedimentos

O ciclo hidrossedimentológico até pouco tempo não despertava interesse similar ao dispensado ao ciclo hidrológico, porém a gestão integrada dos recursos hídricos, dos riscos de degradação dos solos, dos leitos dos rios e dos ecossistemas fluviais e estuarinos, ou de contaminação dos sedimentos por produtos químicos, são pontos que requisitaram a reconsideração dessa postura, exigindo maior atenção aos problemas que podem resultar das modificações do ciclo hidrossedimentológico natural (BORDAS; SELLMELMANN, 2001).

Os termos erosão e sedimentação envolvem os processos de erosão, transporte e deposição de partículas sólidas, usualmente chamadas de sedimentos. Esses processos têm estado ativos ao longo do tempo geológico e têm auxiliado no modelo do relevo do mundo contemporâneo. Atualmente, a erosão, o transporte e sedimentação podem causar sérios problemas de engenharia, bem como ambientais (CARVALHO et al., 2000). A produção e a deposição de sedimentos em uma bacia hidrográfica dependem fundamentalmente de suas características naturais como chuvas, tipos de solo,

topografia, densidade de drenagem, cobertura vegetal e área de drenagem e ainda de influências antrópicas como o uso e ocupação do solo, uso da água, alterações no curso de água, entre outros (LIMA et al.; 2001).

De acordo com Adreoli et al. (2003), existem duas formas em que a fonte de poluentes pode atingir um corpo de água:

- Poluição Pontual: os poluentes atingem o corpo hídrico de forma concentrada. Como lançamento de esgotos coletados, lançamentos industriais, chorume de aterros canalizados, entre outros.

- Poluição Difusa: os poluentes adentram o corpo hídrico, distribuídos ao longo de sua extensão e são de difícil avaliação. Incluem: resíduos sólidos espalhados por terrenos baldios, ruas e calçadas; poluentes atmosféricos sedimentados sobre o solo; os dejetos animais e biocidas (inclusive agrotóxicos) presentes nas áreas agrícolas, os sedimentos gerados pela erosão, entre outros.

O desenvolvimento urbano é um exemplo de atividade que produz aumento significativo na frequência de inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água. Na fase de desenvolvimento, o aumento na produção de sedimentos na bacia hidrográfica é significativo, devido às construções, limpezas de terrenos para novos loteamentos, construção de ruas, avenidas, rodovias, entre outros (VENDRAME; LOPES, 2005). Além disso, os sedimentos têm sido considerados como um compartimento de acumulação de poluentes a partir da coluna de água, devido as altas capacidades de sorção e acumulação associadas, em que as concentrações tomam várias ordens de grandeza maiores do que nas águas correspondentes, possibilitando o seu uso como um bom indicador de poluição ambiental, tanto atual como remota, possibilitando ainda o conhecimento das principais fontes de poluição dentro de um determinado sistema aquático (JESUS et al., 2004).

Juntamente com a modernização da agricultura, através de técnicas inadequadas às condições tropicais, surgiram os desmatamentos da vegetação nativa, retirando a cobertura vegetal do solo e tornando-o mais susceptível à erosão (SOUZA, 2005). É importante ressaltar também que, se efetuados de forma inadequada, os tratos culturais, o preparo mecanizado do solo, muitas vezes contribuem para a maior suscetibilidade do solo à erosão hídrica, o que facilita a formação de enxurradas que levam boa parte do solo fértil e sedimentos para dentro dos cursos de água aumentando o assoreamento do mesmo, ou até mesmo contribuindo para inundações de áreas a jusante. Além disso,

pode-se também ressaltar a ocupação da bacia para fins de moradia, o desenvolvimento de vilarejos que acabam se tornando pequenas cidades com grandes áreas impermeabilizadas, que facilitam o escoamento superficial e dão maior velocidade a este escoamento.

O aumento da taxa de sedimento transportado para os corpos de água (rios e reservatórios) prejudica a qualidade das águas superficiais, além de servir como veículo para outros poluentes que se encontram adsorvidos a estes. Quando se atinge a insuficiência dos corpos receptores em transportar sedimentos, estes depositam-se em canais de irrigação, rios, estuários, reservatórios, portos, reduzindo sua capacidade hidráulica.

Segundo Souza et al. (2006), as características de quantidade e qualidade dos sedimentos transportados aos rios, além de informar sobre as características e/ou estado da bacia hidrográfica, apresentam grande relevância para a manutenção de ecossistemas, planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, seja para análise de viabilidade de intervenção antrópica para abastecimento ou irrigação, ou para dimensionamento de obras hidráulicas. O conhecimento das características dos sedimentos gerados em cada bacia hidrográfica e transportados pelos corpos de água se apresenta, portanto, como meta pertinente ao desenvolvimento adequado de políticas de gestão de recursos hídricos.

O escoamento das águas da chuva carrega materiais orgânicos e inorgânicos em suspensão e solúveis aos mananciais, aumentando significativamente sua carga de poluentes (BOLLMANN; MARQUES, 2006).

Para Santos et al. (2007), a erosão hídrica, de uma forma geral é considerada um dos principais processos responsáveis pela degradação física do solo, uma vez que, desagrega e transporta as partículas com maior facilidade. O processo erosivo consiste no carreamento dos sais minerais, o que ocasiona a perda das propriedades nutritivas do solo, e dos sedimentos, responsável pelo surgimento de sulcos, ravinas ou voçorocas e pelo assoreamento dos rios.

Para Sangoi (2008), por mais que a erosão, transporte e deposição de material erodido em leitos de cursos hídricos seja comprovadamente um processo natural, a utilização indevida do solo tem uma contribuição altamente negativa principalmente no estudo de bacias hidrográficas onde a atividade de mineração de pedras preciosas estão presentes. Os processos de medição e coleta de informações em campo são de grande

importância, uma vez que permitem avaliar, ao longo do tempo, os impactos dessas atividades sobre a produção, transporte e deposição de sedimentos nos leitos dos cursos de água situados a jusante.

O transporte de sedimentos pode causar, pelas partículas em suspensão, a degradação da qualidade de água para os usos humanos (consumo, atividade industrial e agrícola, além da recreação); além de impedir a penetração da luz e calor, reduzindo a atividade da fotossíntese necessária à salubridade dos corpos de água e alterar a vida aquática. Ainda, o sedimento do leito pode prejudicar a navegação ou elevar o nível de água provocando enchentes locais mais frequentemente. No entanto, existe um efeito benéfico. Por exemplo, os sedimentos carregam nutrientes, fertilizando terras já formadas e ainda, dependendo da concentração de sedimentos, permite transportar microrganismos ou matéria orgânica que melhora a fauna fluvial, conforme Carvalho (1994) apud Lopes et al (2007). Ainda segundo Carvalho (1994), 70% a 90% de todo o sedimento transportado pelos cursos de água ocorrem no período de chuvas, principalmente durante as chuvas intensas.

Portanto, o conhecimento da dinâmica e da qualidade do sedimento transportado é de fundamental importância para estudos na bacia hidrográfica, projetos de obras hidráulicas e estudos ambientais. Quaisquer manejos dos recursos naturais necessitam uma avaliação precisa em relação aos aspectos sedimentológicos, com vistas ao desenvolvimento sustentável (LOPES et al. 2007).

Para Silva & Lima (2007), o transporte de sedimentos pela água é regido pela relação entre a capacidade de carreamento do escoamento e a força necessária para deslocar as partículas sólidas disponíveis em seu curso. As partículas mais finas e leves, como as argilas e siltes, precisam de menos energia que as partículas de areia para serem carreadas. Escoamentos muito velozes e turbulentos possuem grande capacidade de carreamento de sedimentos, sendo pouco seletivos, ou seja, deslocam sedimentos finos e grossos. À medida que a velocidade do escoamento diminui, o transporte de sedimentos se torna mais seletivo; assim, os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos são dependentes da granulometria do material particulado presente na bacia.

Segundo CARNELLOSI(2007) os sedimentos são colocados em movimento ou têm seus movimentos alterados sempre que ocorrem modificações no leito do rio ou na

bacia hidrográfica. Surgem, então, dois tipos de movimento de material nos escoamentos fluviais:

- Sedimentos originários do leito do rio, que podem ser transportados por arraste ou em suspensão. No movimento por arraste, as partículas rolam, deslizam ou executam pequenos saltos, umas sobre as outras, mantendo um contato quase permanente com o leito do rio, ao passo que em suspensão, a partícula desloca-se com a massa fluída, sem contato com o leito do rio;

- Sedimentos oriundos de lavagem da bacia pelo escoamento superficial, gerando o movimento conhecido como o do tipo carga de lavagem (wash-load). Esses sedimentos são mais finos que os sedimentos do leito do rio e são transportados em suspensão, ao longo do rio, por grandes distâncias.

De acordo com Xavier (2009), “a quantidade de sedimentos transportada pelos rios, além de informar sobre as características e ou estado da bacia hidrográfica, é de fundamental importância para o planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos de uma região, seja para análise da viabilidade de utilização da água para abastecimento e irrigação, ou para o cálculo da vida útil de reservatórios”.

A Tabela 1 apresenta as recomendações da FAO, PNUMA e UNESCO, referentes à classificação do grau de erosão hídrica.

Tabela 1: Classificação do grau de erosão hídrica

Perda de Solo (ton/ha.ano)	Grau de Erosão
<10	Nenhuma ou baixa
10 -50	Moderada
50-200	Alta
>200	Muito Alta

Fonte: Almorox (1994) apud Costa (2009)

A Tabela 1 tem grande utilidade quando se quer quantificar as áreas com altos índices de perda de solo por erosão hídrica em uma bacia hidrográfica, de maneira que se possa tomar decisões e quantificar a erosão, o que faz a diferença no momento de justificar a necessidade de elaboração de um projeto de gestão e planejamento do uso e ocupação de uma bacia hidrográfica.

2.2 - Bacias hidrográficas

Uma bacia hidrográfica é o conjunto de meios hídricos cujos cursos (ou leitos) se interligam. É um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus tributários (afluentes, sub afluentes etc). A formação da bacia hidrográfica ocorre através dos desníveis dos terrenos que direcionam os cursos de água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas. E é essa tendência que a água tem em seguir uma determinada orientação dada pelo relevo e pelo efeito da gravidade que pode ser chamada de bacia hidrográfica. A Bacia Hidrográfica pode ser definida ainda como o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. Nas depressões longitudinais, verifica-se a concentração das águas das chuvas, isto é, do lençol de escoamento superficial, dando o lençol concentrado, os rios (GUERRA, 2003).

Em função de suas características naturais, as bacias hidrográficas têm se tornado importantes unidades espaciais utilizadas para gerenciar atividades de uso e conservação dos recursos naturais, principalmente nas situações atuais de grande preocupação sobre o ambiente em função do crescimento populacional e do desenvolvimento (MORO, 2005).

Uma etapa importante do gerenciamento ambiental de uma bacia hidrográfica é entender os processos que estão direta ou indiretamente relacionados ao comportamento hídrico da mesma. O ciclo hidrossedimentológico é um desses processos, responsável pela remoção, transporte e deposição de sedimentos. A movimentação dos sedimentos, ocasionada pelo escoamento superficial, entre outros processos, pode provocar a perda ou redistribuição de grandes quantidades de massa de solo na área da bacia. Tal fato pode contribuir para a alteração do ciclo hidrossedimentológico, o que interfere nas possibilidades de uso e ocupação, conservação e conseqüentemente no gerenciamento dessa bacia hidrográfica.

As principais falhas observadas no gerenciamento dos recursos hídricos geralmente são resultados da ausência de estudos com o objetivo de avaliar e discutir alternativas para efetuar a caracterização do balanço hídrico e delimitar áreas de ocupação e uso do solo em função da fragilidade ambiental de uma bacia hidrográfica. Estes estudos podem fornecer amparo técnico para uma gestão mais eficiente e determinar até que ponto pode-se explorar os recursos de uma bacia sem correr o risco

de degradá-la. Uma contribuição, para as mudanças que se fazem necessárias com relação ao uso e preservação dos recursos hídricos em uma bacia de drenagem, consiste no desenvolvimento de estudos baseando-se em modelagem matemática. A aplicação da técnica possibilita determinar a ocorrência de eventos significativos, porém, cuidados devem ser tomados para não superestimar ou subestimar os fenômenos naturais (PACHECHENIK 2005).

Para Xavier (2009), o conceito de bacia de drenagem como um sistema hidrogeomorfológico é amplo e define a bacia de drenagem como uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial e podem se desenvolver em diferentes dimensões, podem ser divididas em sub-bacias de drenagem, dependendo do ponto de saída considerado ao longo do seu canal coletor.

Neves (2010) afirma que o conceito adotado para a delimitação da bacia de drenagem tem que garantir que a área escolhida integre todos os processos envolvidos no objetivo da análise e que esta deve apresentar relevante grau de homogeneidade, possibilitando que as estratégias, ações e conclusões gerais possam contemplar toda a área delimitada.

2.3 - Uso e Ocupação do Solo

O uso e ocupação do solo de maneira desordenada em uma bacia hidrográfica acarretam danos ao meio ambiente e conseqüentemente a degradação dos recursos hídricos, isso devido às atividades antrópicas.

Hilu (2003) ressalta que as diferentes formas do uso da terra, tais como desmatamento e práticas agrícolas em que a conservação do solo não é considerada são fatores condicionantes da erosão, sempre vinculados ao uso e manejo do solo. Os problemas não só frente à erosão são sérios, pois levam ao comprometimento dos recursos naturais, pela degradação dos solos, acúmulo de sedimentos e da qualidade das águas.

De acordo com Casagrande (2005), a produção e transporte de sedimentos são processos degradantes diretamente relacionados ao uso do solo em bacias hidrográficas, que apesar de ser um processo natural ocorrido devido à ação das chuvas, tem sido acelerada de acordo com o tipo exploração exercida sobre o solo, alterando não somente

a paisagem, mas também as características físicas do regime de escoamento em bacias hidrográficas. Os processos de erosão e sedimentação trazem problemas tanto nas áreas de retirada do material, pela lixiviação da camada fértil das áreas agrícolas de onde provém boa parte dos sedimentos, como também nas áreas de deposição dos sedimentos, afetando a vida útil de obras hidráulicas e muitas vezes inviabilizando a construção das mesmas.

Dentre os tipos de degradação, o aporte de sedimentos aos corpos de água se destaca, pois a quantidade dos sedimentos produzidos na bacia e transportada pelos rios é determinante na qualidade dos recursos hídricos e nas perdas de nutrientes. Nesse sentido é de suma importância o seu conhecimento e sua quantificação para proceder um planejamento e aproveitamento adequados de uma bacia hidrográfica. Os danos causados pelos sedimentos dependem da qualidade e da natureza destes, os quais estão relacionados com os processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos. Associada ao transporte de sedimentos está a poluição dos rios por matéria orgânica, metais pesados, fertilizantes, agrotóxicos, entre outros, (CARNELLOSI, 2007).

Para Freitas et al. (2007), as necessidades do aumento de produção e de acomodação da população têm provocado mudanças e conflitos no uso das terras, determinando a necessidade de se identificar estratégias e diretrizes que equilibrem os diferentes interesses que regem a ocupação do espaço. O elevado crescimento demográfico, a expansão desordenada da malha urbana e a escassez das terras férteis e recursos hídricos, entre outros, requerem a existência de documentos que permitam orientar a ocupação do território de forma harmoniosa com a vocação natural do ecossistema. Desta forma, torna-se importante aproveitar a aptidão natural das terras para melhor extrair e utilizar os recursos existentes de forma a satisfazer as necessidades econômicas atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações. Para tanto, deve-se compreender as limitações físicas do ambiente e o processo decorrido de ocupação dentro das necessidades e demandas da população. A partir desse conhecimento é possível projetar cenários futuros e buscar uma racionalização adequada do meio físico.

De acordo com Sangoi (2008), o levantamento do uso do solo é de grande importância, na medida que os efeitos do mau uso causam deterioração do ambiente. Os processos de erosão, as inundações, os assoreamentos desenfreados de reservatórios e cursos de água, são conseqüências do mau uso deste solo.

2.4 - Modelos de simulação e aspectos gerais de modelos clássicos de erosão em bacias hidrográficas

Os modelos de simulação têm grande versatilidade na comparação de alternativas, permitem projeções temporais, incorporam as relações de variáveis simples e de extrema complexidade.

Segundo Tucci (1998), na prática, não existem modelos puramente distribuídos, pois muitas vezes são utilizadas discretizações numéricas que, de alguma forma, torna o modelo distribuído em modelo concentrado numa pequena subdivisão da bacia, caracterizando-se assim o modelo hidrológico semi-distribuído.

De acordo com Lacroix (2002), a discretização determinará a incorporação da variação espacial das características significantes do ponto de vista hidrológico dentro da bacia hidrográfica.

De um modo geral, a falta de informação é a restrição importante e constante para a avaliação adequada dos modelos numéricos, inclusive no que diz respeito aos padrões espaciais das predições de erosão (Jetten et al. 2003) e à robustez do modelo em termos de intervalos de confiança.

Um dos modelos de predição da erosão de origem hídrica mais conhecido é o método centrado na Equação Universal de Perda de Solos (USLE). Devido à simplicidade dos parâmetros envolvidos e da facilidade de ser implementada de forma distribuída, a Equação Universal de Perda de Solo, vem sendo bastante utilizada, apesar do caráter eminentemente empírico, o que implica em resultados restritos às condições de calibragem do ponto de vista quantitativo. Como modelo empírico apresenta dificuldades em generalizar os resultados, o que inviabiliza sua utilização em muitas regiões, porém o modelo é bastante didático para que sejam entendidos os processos erosivos de vertentes. A USLE segundo WISCHEMEIER & SMITH, (1961) foi desenvolvida pelo U.S.D.A.(Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) que tem a seguinte forma:

$$Y = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Onde:

Y = Perda anual de solo calculada por unidade de área, em (t/ha.ano);

R = Fator chuva – índice de erosão pela chuva, expresso em (MJ/ha.mm/h);

K = Fator de erodibilidade do solo, em t/ha/(MJ.mm);

LS = Fator conjunto de comprimento e declividade do solo, (adimensional);

C = Fator de uso e manejo do solo, (adimensional);

P = Fator de práticas conservacionistas, (adimensional).

Esta equação pode superestimar a produção de sedimentos, uma vez que fornece a produção bruta de sedimentos, que é a erosão total ocorrida no solo ou o sedimento disponível a ser transportado pelo escoamento superficial. Em vista disso, na aplicação desta equação, leva-se em consideração o conceito de taxa de condução de sedimentos (“Sediment delivery ratio – SDR”) definida por uma relação entre a produção bruta de sedimentos, sendo a produção efetiva de sedimentos caracterizada pelos sedimentos produzidos pela erosão que chegaram até a seção de referência da bacia (Costas, 2003).

A modelagem dos processos hidrossedimentológicos (hidrológicos e erosivos) está, necessariamente, condicionada à existência de dados climáticos, sendo a precipitação a principal variável necessária para a modelagem dos processos de erosão hídrica. Na simulação contínua dos processos hidrológicos e erosivos para longos períodos de tempo, o modelador depara-se com grandes dificuldades, visto não dispor na maioria das vezes, de séries longas de registro de dados climáticos com a qualidade desejada. Para superar esta dificuldade, comum aos cinco continentes do planeta, desenvolveram-se, nas últimas décadas, diversos modelos de geração de dados de clima como sejam a precipitação (quantidade, intensidade, duração), temperatura, radiação solar e vento (velocidade e direção). Para o alcance deste objetivo, é conveniente que se disponha de registros de dados climáticos de grande precisão (no mínimo, valores diários) correspondentes a um período recomendável de 30 anos (normal climatológica) (MATA-LIMA, 2005). Dos geradores de clima desenvolvidos, o CLIGEN (Nicks *et al.*, 1995) apud (MATA-LIMA, 2005) é dos mais recentes e evoluídos, produzindo dados climáticos que podem ser usados para diferentes fins e em diferentes modelos, hidrossedimentológicos (e.g., o WEPP, EPIC, SWRRB, AGNPS e CREAMS).

PAIVA (2006) ressalta que apesar da grande variedade de modelos existentes, muitas vezes encontra-se dificuldades na escolha do modelo e posteriormente da obtenção de dados suficientes, que possam estar à altura da estrutura do modelo proposto, permitindo assim que, das simulações, sejam obtidos resultados satisfatórios.

De acordo com Tavares (2006), dentre os muitos modelos que tentam exprimir a ação dos principais fatores que exercem influência nas perdas de solo pela erosão hídrica, estão os modelos conceituais distribuídos que simulam os diversos processos no ciclo hidrossedimentológico. Partindo desse princípio, Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) podem ser empregados na criação do banco de dados, uma vez que os (SIG's) podem dividir grandes áreas heterogêneas em pequenas unidades hidrologicamente homogêneas, sobre as quais se emprega o zoneamento. Concluída a análise, deverão surgir conhecimentos necessários a um melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis na bacia em estudo, possibilitando o fornecimento de subsídios concretos a órgãos públicos e/ou privados, objetivando uma caracterização ambiental sustentável que indicará as áreas favoráveis ou não à ocupação humana, face às variáveis ambientais predominantes na área em estudo.

Para Santos et al. (2007), modelos computacionais ou técnicas de simulação de chuvas em parcelas de erosão podem ser utilizadas para estimar a produção de sedimentos em bacias hidrográficas sem dados de erosão. Esses métodos são amplamente usados para suprir a falta de dados pluviométricos e avaliar a influência de sua intensidade e duração na erosão dos solos.

A utilização de modelos matemáticos na pesquisa de erosão é fundamental, uma vez que as equações de perda de solo habilitam o planejador a projetar dados experimentais de erosão para localidades e condições não diretamente representadas nas pesquisas. Existem modelos complexos, inclusive determinísticos, para estimar erosão, mas que requerem um grande número de informações. Na ausência dos dados necessários, a aplicação dos modelos torna-se pouco confiável (WEILL; SPAROVEK, 2008).

Tucci (1998) apud Sangoi (2008) ressalta que a utilização de modelos matemáticos do tipo hidrológico é baseada em três condições fundamentais: (i) objetivos do estudo, (ii) dados históricos disponíveis e (iii) metodologia proposta. O objetivo do estudo define o grau de precisão desejado para a representação dos fenômenos que ocorrem na bacia hidrográfica. Em contrapartida, esta precisão depende da quantidade e da qualidade dos dados disponíveis para aferir a metodologia. Assim, o modelo hidrológico é escolhido de acordo com o objetivo do estudo, que definirá o nível de precisão desejado. Pode-se dizer o mesmo para modelos hidrossedimentológicos.

Nas últimas décadas, modelos distribuídos de base física têm sido intensamente utilizados em estudos de avaliação do comportamento e impactos das mudanças do uso do solo e suas influências nos processos de escoamentos superficial e subterrâneo, desprendimento, transporte e deposição de sedimentos em bacias hidrográficas. Recentemente, modelos hidrossedimentológicos de base física vêm sendo cada vez mais aplicados na medição e na estimativa da produção de sedimentos (Figueiredo & Bathurst, 2002) apud (SILVA; SANTOS, 2008) em escalas cada vez maiores, trazendo significativas contribuições para a gestão dos recursos hídricos. Nos últimos anos, o número de estudos hidrossedimentológicos desenvolvidos no Brasil aumentou consideravelmente devido ao fato da relevância dada a esse tema, por diversos pesquisadores, no País e no exterior.

De acordo com UZEIKA.T (2009), pode-se dizer que a modelagem é uma forma prática, rápida e barata de se simular cenários futuros dos recursos naturais, possibilitando a proposição de soluções para contornar uma situação subsequente indesejada.

Segundo Xavier (2009), uma das mais importantes vantagens da utilização de modelos matemáticos está na possibilidade da elaboração de cenários, o que permite a alteração das configurações dos parâmetros de entrada do modelo para a obtenção de condições virtuais, levando a uma visualização antecipada de conseqüências futuras, causadas por determinados fatores hipoteticamente inseridos.

Outra importante vantagem da utilização de simulação de cenários, destacada por MACHADO,R.E.; et al. (2003), está associada a seu baixo custo. Na maioria das aplicações, o custo de executar um programa computacional é muito menor do que o correspondente custo relativo à investigação experimental. Esse fato tem maior importância à medida que o problema real estudado apresenta maiores dimensões e complexidade (como uma bacia hidrográfica), além dos custos operacionais mais elevados relativos às pesquisas de campo.

De acordo com Xavier (2009), “dentre os muitos modelos que tentam exprimir a ação dos principais fatores que exercem influência nas perdas de solo pela erosão hídrica, estão os modelos conceituais distribuídos que simulam os diversos processos no ciclo hidrossedimentológico.

Embora sejam discutidas muitas limitações com relação à equação universal de perda de solo, esta ferramenta é ainda a mais utilizada, principalmente devido à

facilidade de aplicação. Para ilustrar isto, destaca-se o trabalho de Silva et. al. (2010) que aplicou a equação universal associada a programas de SIG e a USLE 2D para estudos na Fazenda Canchim da Embrapa em São Carlos S.P.

2.5- Modelos hidrossedimentológicos para estimativa de erosão em bacias hidrográficas.

O grande número de modelos de poluição não pontual existente atualmente reflete o avanço dessa tecnologia. Existem muitos modelos de poluição não pontual, cada um deles com vantagens e deficiências, as quais devem ser consideradas na escolha de acordo com a necessidade do usuário e as características da área de estudo.

Santos (2001) diz que os modelos erosivos são importantes do ponto de vista da sedimentometria principalmente porque:

- Possibilitam localizar espacialmente as áreas com processos erosivos mais acentuados, favorecendo a tomada de decisão com medidas locais e mais eficientes, pois atingem a fonte do problema;

- Possibilitam a predição quantitativa no tempo e no espaço do transporte de sedimentos, facilitando assim o planejamento da rede de monitoramento sedimentométrico e a frequência das campanhas de medição;

- Possibilitam estimar variações na carga de sedimentos devido a alterações no uso do solo previstas no futuro, seja com a finalidade de manejo de bacias, seja para avaliar impactos de determinados usos agrícolas.

Algumas desvantagens podem ser observadas na aplicação de modelos de simulação, entre elas estão: dificuldade de encontrar dados disponíveis e representativos para o desenvolvimento e calibração do modelo; ou então, o emprego de relações simplificadas entre as variáveis intervenientes, devido à complexidade dos fenômenos representados ou por limitações computacionais; difícil incorporação de fatores, como por exemplo os sociais; e ainda, a possibilidade de induzir o processo de decisão.

Existem diversos modelos matemáticos hidrológicos e hidrossedimentológicos que podem ser encontrados na literatura científica mundial, vale ressaltar que os modelos empíricos são os mais usados no planejamento conservacionista, pela sua simplicidade e disponibilidades de dados. Dentre os modelos empíricos a Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) é a que possui maior divulgação em estudos de predição de perdas de solos (Wischmeier & Smith, 1978), principalmente pela

facilidade de manejo de dados e baixo custo (Molnar & Julián, 1998; Sánchez, 2002; Silva et al., 2004).

A Tabela 2, apresentada por Silva & Crestana (2004) ilustra alguns modelos hidrossedimentológicos utilizados para processo de erosão em bacias hidrográficas, como uma forma de ilustrar a evolução na utilização e desenvolvimento de novos modelo a partir da USLE.

Tabela 2- Modelos hidrológicos e hidrossedimentológicos utilizados para processo de erosão em bacias hidrográficas, Fonte: JETTEN et al (1999) apud Silva e Crestana (2004).

Modelo (Abreviatura)	Nome	Autor e Ano
USLE	Universal Soil loss Equation	Wischmeier and Smith (1978)
ANSWERS	Areal Non-point Source Watershed Environmental Response Simulation	Beasley et al. (1980)
EPIC	Erosion – Productivity Impact Calculator	Williams (1985)
AGNPS	Agricultural Non-point Pollution Source	Young et al. (1987)
CREAMS	Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems	Knisel (1991)
WESP	Watershed Erosion Simulation Program	Lopes (1987)
GLEAMS	Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems	Knisel (1991)
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation	Renard et al. (1991)
SWAT	Soil and Water Assessment Tool	Arnold et al. (1993)
MIKE - SHE		Refsgaard and storm (1995)
CHDM	Catchment Hydrology Distributed Model	Lopes (1995)
KINEROS2	Kinematic runoff and Erosion Model	Smith et al. (1995)
EROSEM	European Soil Erosion Model	Morgan et al. (1998)
EROSION3D	3D Erosin Model	Schimidt et al. (1999)
LISEN	Limburg Soil Erosion Model	Jetten and De Roo (2001)
TOP MODEL		Beven and freer (2001)
SLURP	Semi-distributed Land Use- based Runoff Process	LACROIX et al (2002)
WEPP	Water Erosion Prediction project	Flanagan et al. (2001)
IMPIERO	Agricultural soil Erosion Evaluation Model	Lieznar & Nearing (2003)

Baseado em Silva & Crestana (2004), Silva et. al (2005), Silva et. al (2006) e em Neves (2010), são descritos os modelos a seguir:

A USLE (1978) apresenta, como vantagem, a facilidade em seu uso e obtenção dos dados de entrada. A partir da concepção da USLE, vários modelos de predição de erosão foram desenvolvidos, entre eles: AGNPS (Agricultural NonPoint Source Pollution Model), criado por Young et al., 1989), SWAT (Soil and Water Tool) criado por Arnold & Allen, 1996, a versão mais atual AVSWAT(Arcview Soil and Water Tool) no qual o ARCVIEW é incorporado, Silva & Crestana (2006) e Crestana et al. (2007). A seguir são apresentados alguns desses modelos.

O ANSWERS (1980) (Area Non-point Source Watershed Environmental Response Simulation, (Beasley & Huggins, 1982), baseado em eventos, parâmetros distribuídos, foi desenvolvido para simular a ação da agricultura como uso principal em bacias hidrográficas (NEVES, 2010).

O modelo EPIC (1985) é um modelo de simulação contínua (pode ser usado para uma seqüência de eventos), desenvolvido para avaliar os efeitos da erosão de solo na produtividade. Entretanto, seu uso tem sido estendido para as mais variadas aplicações relacionadas com meio-ambiente em geral. O modelo é aplicado para áreas de até 100 ha e é fortemente baseado na USLE. O modelo oferece seis opções de cálculo de erosão incluindo a USLE e outras cinco variações. É um modelo que assume ser a erosão ocorrente em uma área espacialmente homogênea (clima, solos, e uso da terra são homogêneos) e de inclinação uniforme, desprezando as variações espaciais (NEVES, 2010).

O modelo AGNPS (Agricultural Non-Point Source, Young et al., 1987) é baseado em eventos e simula o escoamento supreficial, sedimentos e nutrientes transportados em bacias hidrográficas agrícolas. Esses modelos foram desenvolvidos para prever o impacto da agricultura na qualidade das águas superficiais e subterrâneas (NEVES, 2010).

O modelo WESP (1987) representa um modelo físico, de parâmetro distribuído, de evento orientado, não linear. É capaz de prever mudança de topografia, superfície de rugosidade, propriedades do solo e geometria dos canais de fluxo. Os fluxos no solo e nos canais são considerados unidimensionais e descritos por aproximações de ondas cinemáticas. A oscilação e variação espacial dos processos de erosão e deposição na superfície e fluxo nos canais são considerados dinamicamente como um processo

simultâneo e a rede de erosão e deposição é obtida pelo balanço de massa. A bacia é representada por uma geometria simplificada formada por planos e canais. Cada plano é representado por valores médios de comprimento, largura, inclinação e rugosidade e representa o fluxo por zona de solo. Cada canal é identificado pela sua geometria (trapezoidal ou triangular ou retangular), superfície e plano de declividade, espessura de fundo e coeficiente de rugosidade. O modelo WESP tem três grandes componentes: um componente hidrológico este processa a entrada de histogramas de chuva; o componente de escoamento superficial; erosão e componente de depósito (NEVES, 2010).

O GLEAMS (1991) (Groundwater loading Effects of Agricultural Management Systems, Leonard et al., 1987), é um modelo de simulação desenvolvido para áreas experimentais para avaliar o movimento de pesticidas agrícolas dentro e através da zona radicular das plantas.

A equação RUSLE (1991) (Revised USLE) foi desenvolvida como uma atualização da USLE com o principal objetivo de melhorar o desempenho da USLE. A RUSLE utiliza os mesmos fatores da USLE, diferenciando-se somente na precisão dos valores do fator erosividade das chuvas e do fator K, que utiliza como parâmetro para seu cálculo a umidade dos solos.

O modelo SWAT (1993) foi desenvolvido para predizer o impacto a longo prazo, de práticas de manejo do solo sobre a qualidade da água e sedimento e produção agrícola, em bacias hidrográficas de larga escala, com variações nos tipos de solos, uso e cobertura do solo e condições de manejo.

O AVSWAT-2000 Versão 1.0 (DI LUZIO et al., 2002), é uma extensão desenvolvida para o software de Sistema de Informação Geográfica ArcView e uma interface gráfica para o modelo SWAT. Na literatura Brasileira, encontram-se disponíveis poucos trabalhos de aplicação do modelo AVSWAT em bacias hidrográficas. Que se tenha conhecimento, em todos eles, apenas os módulos de uso do solo, clima e cobertura vegetal foram processados, gerando unicamente resultados de erosão na bacia hidrográfica de interesse.

O modelo CHDM (1995) usa parâmetros espacialmente distribuídos, ou seja, considera o sistema hidrológico como uma unidade heterogênea. As variações na vegetação, topografia, solos e uso da terra são levadas em conta ao invés de valores médios. Outra característica importante do CHDM é a simulação baseada em eventos (NEVES, 2010).

O KINEROS (1995) é um modelo físico orientado a evento e que descreve os processos de interceptação, infiltração, escoamento superficial e erosão em pequenas bacias urbanas e rurais. A bacia é representada por uma cascata de planos e canais. As equações diferenciais parciais que descrevem o fluxo nos planos e canais, a erosão e o transporte de sedimento são resolvidos pelo método das diferenças finitas. A variação espacial da precipitação, da infiltração, do escoamento e dos parâmetros da erosão pode ser considerada. Este modelo pode ser usado para determinar os efeitos, no hidrograma e no sedimentograma de uma seção qualquer, de possíveis mudanças nas características da bacia, tais como: urbanização de uma área, construção de reservatórios, desmatamento, dentre outros. O KINEROS2 é uma versão melhorada do modelo KINEROS, e traz como diferencial a redistribuição da umidade do solo durante a chuva e a capacidade de comportar mais de um pluviógrafo.

O modelo EUROSEM (1998) possui uma estrutura modular que simula o transporte de sedimentos pela água gerada por uma série de superfícies planas uniformes interligadas. Cada módulo representa um processo físico (interceptação, evaporação, etc) através de uma série de equações matemáticas. Este modelo exclusivamente simula eventos unitários de chuva durante tempos curtos (1 minuto) e é aplicado a escala de resolução. Um dos problemas associados a modelos baseados na representação física é o elevado número de parâmetros e variáveis exigidas. O Eurosem requer um numero superior a 30 parâmetros para cada elemento espacial a ser modelado. Outro problema é a escala temporal (minutos) adotada, o que exige um número significativo de informações climáticas (NEVES, 2010).

O Modelo LISEM (2001) simula o transporte de sedimentos e os aspectos hidrológicos durante e imediatamente após um único evento de chuva em pequenas bacias. O modelo tem sido usado em bacias entre 10 a 300 ha. O LISEM é construído para simular os efeitos do uso do solo e medidas de conservação. Os processos básicos incorporados ao modelo são escoamento superficial, interceptação, depósito em micro depressões, infiltração, movimento vertical de solo. Este modelo físico é totalmente integrado com um sistema de informações geográficas (NEVES, 2010).

O modelo TOPMODEL (2001) é baseado fundamentalmente nas características topográficas da bacia hidrográfica, buscando reproduzir o comportamento hidrológico considerando as variáveis condicionantes de forma distribuída. Seu uso tem sido bastante difundido, principalmente devido a sua habilidade de considerar informação

distribuída na bacia em uma estrutura relativamente simples, além da utilização de poucos parâmetros de calibração.

O modelo SLURP (2002) é um modelo hidrológico semi-distribuído que simula os principais processos do ciclo hidrológico (evaporação, transpiração, infiltração, etc). O modelo divide a bacia em um número de unidades espaciais baseado na classificação do uso da terra e propriedades fisiográficas. Para cada unidade é simulado um balanço hídrico para estimar quantitativamente os elementos do ciclo hidrológico. Cada unidade é então inter-relacionada através do escoamento superficial (runoff). O modelo tem sido aplicado para a determinação de diferentes componentes do ciclo hidrológico como evaporação do solo e transpiração (NEVES, 2010).

O modelo WEPP (2001) é também um modelo distribuído, que simula um evento individual ou vários eventos de forma contínua, capaz de estimar a erosão ou a deposição de solo numa bacia. Este modelo é baseado nos princípios físicos dos processos inerentes à erosão do solo (física do solo, crescimento de plantas, infiltração e hidráulica do escoamento). Este modelo também considera os efeitos das mudanças de uso do solo e também modela a variabilidade espacial e temporal dos fatores que afetam os processos hidrológicos e da erosão que ocorrem em uma encosta (NEVES, 2010).

O IMPIERO (2003) é um modelo híbrido baseado em redes neurais desenvolvidos para prever a vulnerabilidade, redução da produtividade e estratégias ótimas de manejo para parcelas agrícolas. A deposição de material não é considerada, devido à complexidade do processo de erosão do solo e inter-relação dos parâmetros do tipo EUPS escolhido como tradicional na análise e avaliação do solo e técnicas empíricas de modelagem avançada (NEVES, 2010).

Com o objetivo de identificar e avaliar os impactos das atividades agrícolas nos processos erosivos, Crestana e Souto (2000) utilizaram o AGNPS e as técnicas de SIG na determinação de áreas potenciais de produção de sedimentos, em uma microbacia hidrográfica nas reais condições de uso e manejo de solo.

Kalin et al. (2003) realizaram a estimativa de vazão e produção de sedimentos acoplado um SIG ao modelo KINEROS, com a sobreposição dos mapas físicos da bacia para a obtenção das redes de fluxo, do delineamento da área de drenagem e da declividade média para a parametrização automatizada de parâmetros físicos de duas microbacias experimentais, mas não demonstraram os resultados obtidos em mapas temáticos.

De acordo com o trabalho desenvolvido por Silva (2004), relativo ao PRODOC-CAPES/PPG-SEA – EESC/USP (2004) foram estudados limites de tolerância de perda de solo sob o ponto de vista da qualidade da água em Bacias do Rio Mogi Guaçu com abordagem ambiental. Para tanto, utilizou-se, no referido projeto, o modelo AVSWAT em todos os seus módulos, principalmente o módulo de fertilizantes e pesticidas. Este mesmo autor realizou recentemente outros trabalhos com o uso deste modelo, dos quais pode-se citar:

Silva et.al. (2004) apresentaram uma reunião de modelos e formulações para análise de erosão de solos em bacias hidrográficas voltados ao planejamento ambiental.

Zhang & Jørgensen (2005), aplicaram o modelo SWAT para avaliar o ponto regional de reduções de poluição de nitrogênio, Fósforo e enxofre, para melhorar as práticas de gestão na Dinamarca.

Silva et. al. (2005), avaliaram a perda de solo em sub-bacias hidrográficas da região de Descalvado a partir do modelo AVSWAT.

Destaca-se também o trabalho de Silva (2005) que aborda o relatório de um pós doutoramento no sentido de estudos de tolerância ambiental de perda de solo em bacias hidrográficas. Avalia-se que tal trabalho tem certo pioneirismo neste tipo de estudo.

Silva et. al. (2006) realizaram trabalho para a estimativa de perda de solo com o uso do modelo AVSWAT para bacias da região de Luís Antônio – SP, 2006. Em tal trabalho, realizaram-se simulações com o referido modelo, estabelecendo-se cenários de perda de solos com diferentes coberturas .

Silva & Crestana (2006) realizaram determinações iniciais de correlações entre transporte de sedimentos e parâmetros de qualidade de água em bacias hidrográficas. Tal estudo foi realizado para a fazenda Canchim em São Carlos – S.P e trata-se de estudo pioneiro no sentido de tentativa de se relacionar parâmetros de qualidade de água e de sedimentos.

Para Santos et. al. (2007), a utilização de modelos hidrossedimentológicos é particularmente importante devido à escassez de dados hidrológicos em períodos contínuos e de extensão temporal suficiente para o desenvolvimento de estudos hidrológicos. Estes modelos, devidamente validados e calibrados a partir de série de dados observados de escoamento superficial e erosão, constituem-se numa importante fonte de conhecimento da variação ao longo do tempo das vazões e da produção de sedimentos em bacias hidrográficas.

Nos últimos anos mais aplicativos concentraram nas direções regionais, nas identificações de poluentes de origem com base nos resultados da simulação. Condições assumidas, podem avaliar a poluição regional de fontes difusas induzidas, por exemplo, pelas alterações climáticas. A agricultura foi identificada como o principal contribuinte da poluição de origem difusa do recurso de água da bacia Heihe no Rio Amarelo (Cheng et al, 2007).

Silva et al. (2007) estimaram a produção de sedimentos usando dois modelos de perdas de solo acoplados em um SIG, um de base empírica a EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER e SMITH, 1978), e outro de base física o KINEROS – Kinematic Runoff-Erosion Model (WOOLHISER et al., 1990). Este estudo teve como objetivo avaliar a aplicabilidade desses modelos em bacias hidrográficas na costa litorânea do Nordeste do Brasil. Os resultados obtidos em ambos os modelos foram considerados satisfatórios para a bacia estudada.

LOPES (2008) aplicou o AVSWAT em sete bacias experimentais na região do Alto do Rio Negro – SC. Na bacia Nativa 1 (N1) evidenciou melhora no coeficiente de NASH de -0,59 para 0,42 realizando a calibração manual seguida da automática. A mesma autora comparou duas bacias com o mesmo tamanho, porém com diferentes manejos do solo (agricultura e vegetação nativa) e mostrou o menor escoamento superficial na bacia de vegetação nativa.

Para Mamed et al. (2008) a compreensão dos processos hidrossedimentológicos nas bacias hidrográficas, incluindo a produção de sedimentos nas vertentes, o transporte na rede de drenagem e a consequente deposição em reservatórios, é pré-requisito para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

A simulação de padrões de poluição de origem difusa agrícolas em relação à cultura é um dos traços fortes de erosão do Modelo Hidrossedimentológico SWAT.

Ultimamente, as aplicações de modelos hidrossedimentológicos vem sendo incorporadas ao sistema de informações geográficas (SIG), para representar espacialmente os dados obtidos da modelagem, sobretudo na produção de mapas temáticos e para auxiliar as análises espaciais, através do cruzamento de dados tabulares e de informações geográficas, ajudando assim, o processo de análise geoespacial (Silva & Santos, 2008).

Para Santos (2009), modelos hidrossedimentológicos, que possam considerar os efeitos das mudanças de uso do solo, vêm sendo cada vez mais utilizados por

pesquisadores em seus estudos. Os modelos de base física, principalmente aqueles que simulam os processos da erosão pela chuva, são ferramentas muito úteis para os tomadores de decisão e órgãos gestores, visto que, uma vez parametrizados, os modelos poderão ser utilizados para a previsão de escoamento superficial e a produção de sedimentos devido a um evento de precipitação, o que auxiliaria na gestão de corpos de água. Neste contexto, este trabalho insere-se da direção de aplicação de uma metodologia em bacias do sul de Minas Gerais, com suas particularidades. Avalia-se que a principal contribuição está no sentido do pioneirismo deste tipo de estudo na região.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – Mapa de localização da bacia da área de estudo

A Figura 1 ilustra a localização do conjunto de bacias do que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí, dentro do estado de Minas Gerais. Percebe-se que, além do município de Santa Rita do Sapucaí, os municípios de Natércia, Cachoeira de Minas e Piranguinho têm participação dentro dos limites da bacia, destacando a bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha – MG, que posteriormente foi escolhida como objeto de estudo para as simulações no modelo AVSWAT.

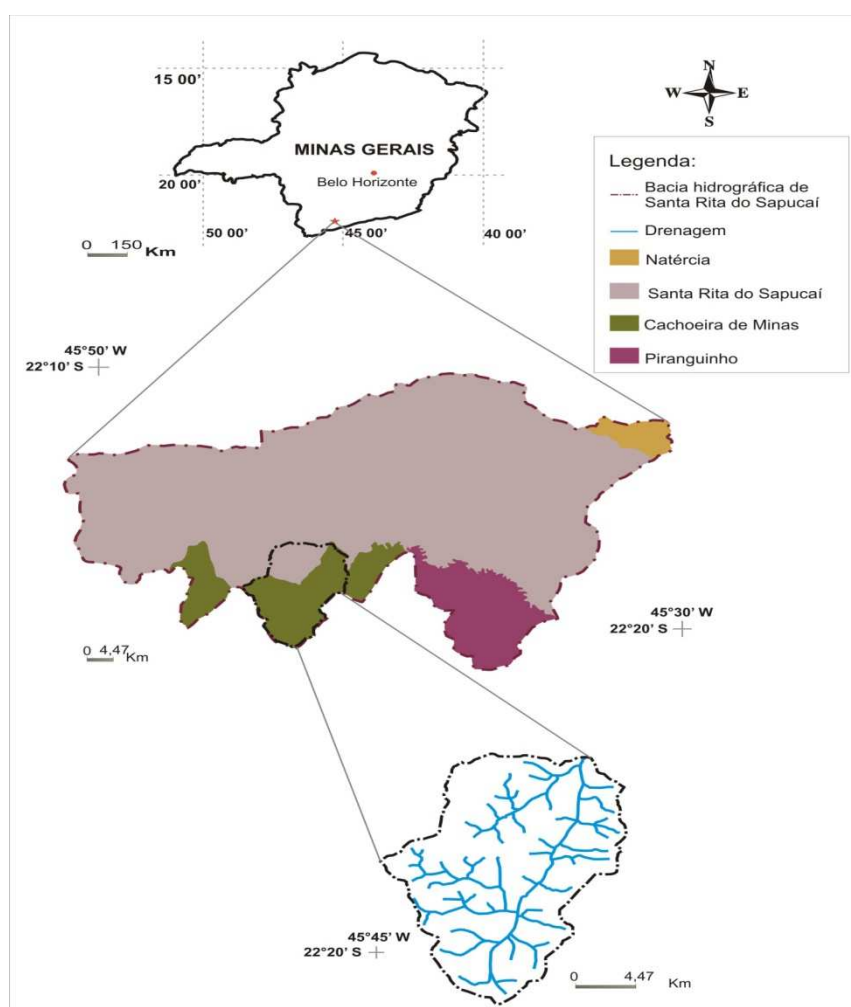


Figura 1 – Localização da área de estudo no conjunto de bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí-MG, Pereira e Paes (2009)

O conjunto de bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí está localizada no setor meridional ou sul do Planalto da Serra da Mantiqueira,

com vales estruturais e dissecação em cristas e escarpas longas, seu relevo é entalhado em rochas proterozóicas do Complexo Paraisópolis, granitizadas no ciclo brasileiro. Possui clima tropical de altitude, que se caracteriza por apresentar duas estações bem definidas: verões chuvosos e invernos secos. Com um índice pluviométrico situado entre 1.300 mm e 1.700 mm, a estação seca nesta região estende-se de maio a setembro, sendo julho o mês mais seco. A estação chuvosa estende-se de setembro a março, sendo janeiro o mês mais chuvoso. As temperaturas mais elevadas predominam de setembro a março, também atingindo máximo em dezembro e janeiro. As temperaturas mais baixas podem ser medidas de maio a agosto, atingindo o mínimo em junho e julho.

3.2 – Etapas do trabalho

As principais etapas do trabalho podem ser descritas conforme ilustrado na Figura 2.

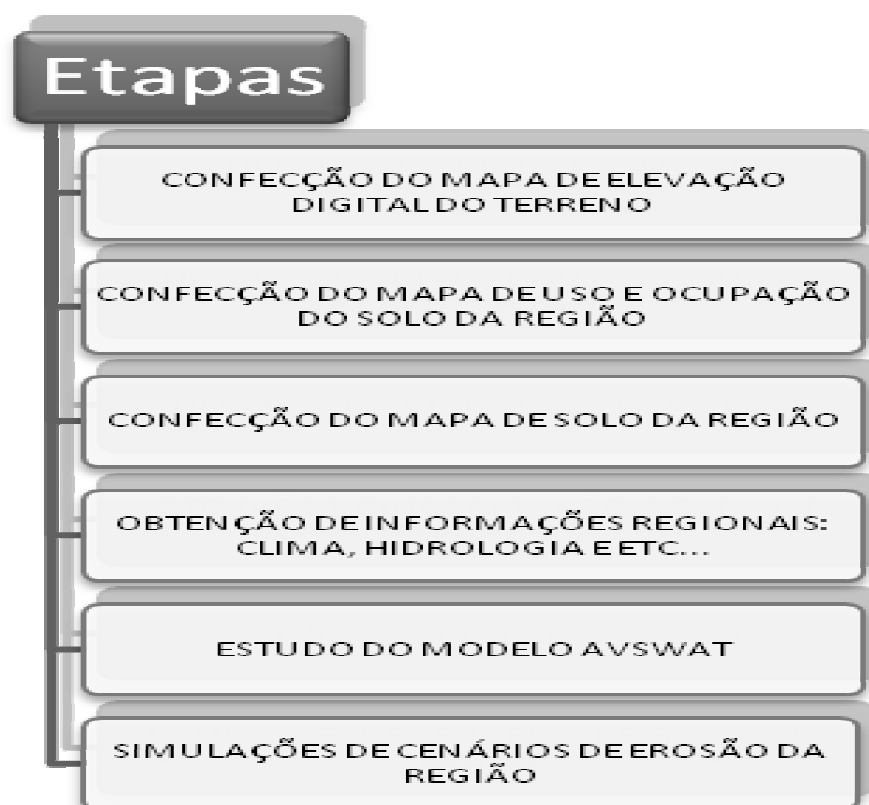


Figura 2 – Fluxograma das etapas do trabalho

3.2.1- Materiais para a confecção dos mapas

O modelo digital do terreno com hidrografia inserida, mapa de uso do solo, e mapa de declividade do conjunto de bacias que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí, foram obtidos com imagens do Satélite Alos, bandas (2, 3 e 4), SIG Idrisi for Windows versão Andes, AutoCAD 2006 e folhas topográficas de Santa Rita do Sapucaí - SF.23-Y-B-II-4; Heliadora - SF.23-Y-B-II-2, Pouso Alegre - SF.23-Y-B-II-1 e Conceição dos Ouros - SF.23-Y-B-II-3 em escala 1:50.000, editadas pelo IBGE (1971), Mapa de Solos de Minas Gerais, elaborado pela EMATER (1998), em escala de 1:1.000.000, GPS (Global Positioning System) para coleta de pontos de referência *in situ* e imagem do satélite Alos (bandas 2, 3 e 4) de 12 de novembro de 2006.

Os Programas e instrumentos supracitados foram disponibilizados pelo NEPA - Núcleo de Estudos, Planejamento Ambiental e Geomática e pelo NUMMARH – Núcleo de Modelagem e Simulação em Meio Ambiente e Recursos e Sistemas Hídricos, pertencentes à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Tais imagens são apresentadas no Capítulo 4 deste trabalho.

3.2.2 – Confecção do mapa de elevação digital do terreno (MDT)

Para a confecção do MDT, foi necessária a confecção prévia do Mapa de declividades da área de estudo obtido por meio da digitalização das curvas de nível e da atribuição de suas respectivas cotas topográficas. Esta etapa foi realizada com a utilização do programa AutoCad 2006. As informações obtidas foram exportadas para o SIG *Idrisi* Andes, Programa utilizado para a confecção do MDT - Modelo Digital de Elevação do Terreno. Tal mapa é um dos resultados do trabalho e será apresentado no capítulo 4.

3.2.3- Confecção do mapa de uso e ocupação do solo

Para a confecção do mapa de uso do solo foi realizada uma classificação de forma supervisionada, através do método intitulado Máxima Verossimilhança. Neste método, o usuário é quem define as assinaturas espectrais das categorias conhecidas e das categorias de interesse. O SIG *Idrisi* associa cada pixel da imagem à assinatura mais semelhante, através de uma função de densidade de probabilidade estatística (Bayes), na qual avalia-se a probabilidade de um determinado pixel pertencer a uma determinada

categoria. Desta forma, cada pixel é classificado na categoria a qual ele tem a maior probabilidade de associação (EASTMAN, 1998).

Para a definição das assinaturas espectrais, foi necessária a obtenção de dados de referência terrestre *in situ*. Com base nessas informações, foram definidas as áreas de treinamento, tendo como temas de interesse: sombra, solo exposto, mata, agricultura, pasto, água e áreas construídas. Analogamente ao MDT, este mapa será apresentado no capítulo 4 deste trabalho.

3.2.4 - Confeção do mapa de solos da região

O conjunto de bacias que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí não possui um mapa em escala de detalhe de solos, fato este que tornou necessária a generalização de tal variável por meio da utilização do Mapa de Solos de Minas Gerais, elaborado pela EMATER (1998), em escala de 1:1.000.000.

O mapa supracitado, obtido em formato vetorial, foi importado para o *software Idrisi Andes*, na qual efetuou-se a obtenção dos solos correspondentes a área de estudo, através da sobreposição dos vetores ao limite da bacia. Em seguida, os vetores foram rasterizados e obteve-se o mapa de solos do conjunto de bacias que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí-MG. O mapa de solos da região será apresentado no capítulo 4 deste trabalho, juntamente com o MDT e o mapa de uso do solo.

3.3 - Obtenção de informações regionais: clima, hidrologia

Foram obtidas informações regionais de parâmetros utilizados no modelo, tais como: precipitação, temperaturas máximas e mínimas, velocidade do vento, umidade relativa do ar, entre outros. Tais informações foram obtidas junto a bancos de dados tais como: banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE), séries históricas, série histórica de precipitação, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA), referente ao período de 1999 a 2008, dados coletados pela estação pluviométrica de Santa Rita do Sapucaí, localizada no município de Santa Rita do Sapucaí, a 820 metros de altitude em relação ao nível do mar, nas coordenadas - 22°15'05" S e - 45°42'32" W, encontrando-se sob a responsabilidade da ANA - Agência Nacional de Águas e sendo operada pelo IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

Para o preenchimento de falhas nos dados da série histórica do posto supracitado, utilizaram-se dados referentes as estações pluviométricas de São João de Itajubá, localizada no município de Itajubá, nas coordenadas - 22°22'32" S e - 45°26'49" W e da Ponte do rio Rodrigues, localizada em Pouso Alegre, nas coordenadas - 22°23'09" S e - 45°53'05" W, ambas sob responsabilidade da ANA e operadas pelo IGAM.

A Tabela 3 apresenta os postos pluviométricos utilizados para obtenção dos dados de precipitação da região de influência na bacia hidrográfica do Ribeirão da cachoeirinha-MG.

Tabela 3 - Postos pluviométricos utilizados

Código	Nome do posto	Município	Período de observação
02245000	Santa Rita do Sapucaí	Santa Rita do Sapucaí	1979 - 2008
02245083	São João de Itajubá	Itajubá	1979 - 2008
02245086	Ponte do rio Rodrigues	Pouso Alegre	1979 - 2008

3.4 - Estudo do modelo AVSWAT

O modelo hidrossedimentológico AVSWAT é um modelo, desenvolvido em 1996 pelo Agricultural Research Service e pelo Texas A&M University. O AVSWAT é um modelo matemático de parâmetro distribuído, o qual permite que diferentes processos físicos sejam 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 de água em bacias hidrográficas agrícolas. O modelo opera em passo de tempo diário e é capaz de simular longos períodos, para computar os efeitos de diferentes cenários de manejo, baseando-se em uma estrutura de comandos para propagar o escoamento, sedimentos e agroquímicos através da bacia. Os componentes mais importantes do modelo incluem hidrologia, clima, sedimentos, temperatura do solo, crescimento de plantas, nutrientes, pesticidas e manejo agrícola. O modelo requer dados diários de, por exemplo, precipitação, temperaturas máximas e mínimas do ar, radiação solar e umidade relativa. Para o propósito da modelagem, o AVSWAT considera a bacia dividida em sub-bacias com base no relevo, solos e uso do solo e, desse modo, preserva os parâmetros espacialmente distribuídos da bacia inteira, bem como suas características homogêneas (NEVES et. al, 2006).

A Figura 3 ilustra o Esquema de funcionamento do modelo AVSWAT.

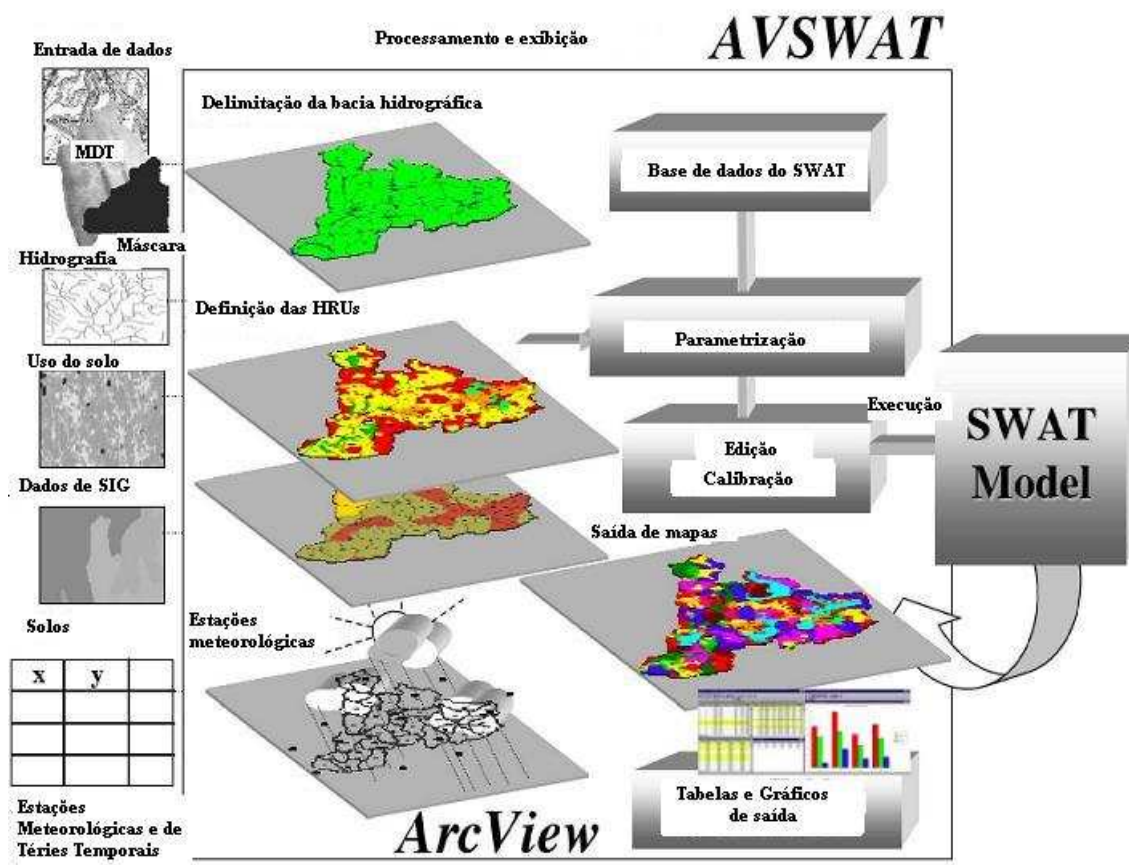


Figura3 - Esquema do funcionamento do AVSWAT, DI LUZIO, 2002.

3.4.1- Parâmetros Climáticos

Para a alimentação do modelo com os dados climáticos, estes dividem-se em dois tipos: dados diários e dados mensais. Os dados diários utilizados são as médias diárias ou somas diárias relacionadas aos seguintes fatores: precipitação, temperatura do ar, velocidade do vento, radiação solar e umidade relativa do ar.

Já os dados mensais utilizados são médias (do respectivo mês) referentes a todos os anos simulados. As variáveis climáticas solicitadas pelo modelo são: localização geográfica da estação, altitude, número de anos dos dados acumulados, média mensal de temperatura máxima diária (TMPMX), média mensal de temperatura mínima diária (TMPMN), desvio padrão para a temperatura máxima diária de cada mês (TMPSTDMX), desvio padrão para a temperatura mínima diária de cada mês (TMPSTDMN), média mensal da precipitação total (PCPMM) desvio padrão para a precipitação diária do mês (PCPSTD), probabilidade de dia úmidos seguidos de dias secos para o determinado mês (PR_W1), probabilidade de dias úmidos seguidos de dias úmidos para o determinado mês (PR_W2), média mensal de dias de precipitação

(PCPD), valor máximo de meia hora de chuva em todo o período de registros de um determinado mês (RAINHHMX), média de radiação solar diária para um determinado mês (SOLARAV), média diária do ponto de orvalho para determinado mês (DEWPT), média diária da velocidade do vento para determinado mês (WNDV).

3.4.2- Parâmetros de Solo

O banco de dados requer informações das características físico-hídricas de cada classe de solo, como grupos de saturação ou hidrológico (HYDGRP), profundidade máxima de solo que a raiz alcança (SOL_ZMX), porosidade (ANION_EXCL), profundidade da camada (SOL_Z), densidade aparente (SOL_BD), capacidade de água disponível no solo (SOL_AWC), condutividade hidráulica saturada (SOL_K), erodibilidade (USLE_K), albedo, sendo este relativo à parcela da radiação solar que é refletida ao atingir a superfície do solo, considerando sua cobertura vegetal (SOL_ALB), conteúdo de carbono orgânico (SOL_CBN), e, percentagem de argila, silte, areia e seixo.

3.4.3 – Unidades de Resposta Hidrológica HRU's

Para o propósito de modelagem, a bacia é dividida em sub-bacias. Cada sub-bacia pode ser parametrizada pelo SWAT usando uma série de Unidades de Resposta Hidrológicas, as quais correspondem a uma única combinação de uso da terra e do solo. Uma ou mais combinações de uso da terra/solo podem ser criadas para cada sub-bacia. Subdividir a bacia em áreas contendo combinações únicas possibilita ao modelo considerar diferentes condições hidrológicas para diferentes usos e solos. O escoamento é calculado para cada HRU e propagado para obter o escoamento total para a sub-bacia.

O modelo fornece duas opções de distribuição de HRU's:

- *Dominant HRU*: em cada sub-bacia, a combinação uso do solo e o tipo de solo que apresentarem maior extensão, é considerado para toda a área da sub-bacia, e os demais tipos serão descartados;
- *Multiple HRU's*: múltiplos HRU's serão estabelecidos. Serão criadas várias combinações de usos e tipos de solos para cada sub-bacia gerada, de acordo com o nível de sensibilidade escolhida pelo usuário do programa.

A elaboração das HRU's envolve dois passos: primeiro os usos do solo das sub-bacias são identificados. Uma vez que esses usos a serem modelados forem determinados, os diferentes tipos de solos são selecionados. Dessa forma, cada HRU estabelecida apresentará uma combinação única entre um tipo de uso do solo com um tipo de solo, caso a escolha seja a “*Dominant HRU*”.

Para as simulações realizadas nesse trabalho, optou-se pelo estabelecimento das múltiplas HRU's para evitar a perda ou alteração das informações reais relacionadas aos usos do solo e aos tipos de solos que são encontrados.

3.4.4- Parâmetros de Uso do Solo

O modelo requer uma reclassificação quanto às feições de uso encontradas na bacia, pois pode-se encontrar mudanças quanto ao uso e ocupação, principalmente no que diz respeito ao ciclo de cultura, queimadas, desmatamentos, dentre outros. Neste caso, o modelo oferece em seu banco de dados, opções sobre os mais variados usos do solo e apresenta, em seu Padrão dados referentes aos respectivos usos.

A Tabela 4 apresenta a adaptação dos usos do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG (BHRC), de acordo com o banco de dados oferecido pelo modelo AVSWAT.

Tabela 4 - Adaptação dos usos do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG (BHRC).

Adaptação dos usos do solo na BHRC		
Uso do solo/ EUA	Adaptação/BHRC	Área em Ha
Agricultural Land-Close-grown - AGRC	Solo Exposto	40.8923
Forest-Deciduous - FRSD	Mata	654.7392
Agricultural Land-Generic - AGRL	Agricultura	1144.2151
Pasture - PAST	Pasto	1287.0669
Water - WATR	Água	0.3643
Residential-Med/Low Density - URML	Área Construída	2.8397

3.4.5 – Curva Número

Desenvolvida pelo Serviço de Conservação dos Solos (*Soil Conservation Service* – SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (*United States Department of Agriculture* – USDA) a curva número (CN) é um parâmetro utilizado para o cálculo do escoamento superficial, descrevendo o tipo de solo, sua utilização e condição de superfície no que diz respeito à potencialidade de gerar escoamento superficial.

O CN é um método baseado em dados da relação entre intensidade de chuva, condições da superfície da terra, e volume do escoamento superficial sendo o valor do CN uma função do uso e ocupação do solo, das condições hidrológicas, do grupo hidrológico do solo e condições de umidade inicial do solo.

O SCS obteve curvas que correlacionam a precipitação com o escoamento de várias sub-bacias dos E.U.A.. Para a padronização dessas curvas, números adimensionais foram estabelecidos, as chamadas Curvas de Número ou CN's.

O valor de CN está compreendido entre 0 e 100, correspondendo a zero para uma bacia de condutividade hidráulica infinita e o cem a uma bacia totalmente impermeável.

As tabelas com os valores tabelados de CN com relação ao uso e ocupação do solo e do grupo hidrológico utilizados pelo modelo podem ser encontradas no manual do SWAT - 2000, (NEITSCH, 2002).

Para a utilização do modelo matemático AVSWAT, foram necessários os seguintes componentes computacionais:

- Programa ArcGis, desenvolvido pela ESRI – *Environmental Systems Research Institute*, versão 9.2;
- Programa ArcView 3.2, desenvolvido pela ESRI (*Environmental Systems Research Institute*);
- Extensões ArcView : ArcView *Spatial Analyst* Versão 1.1 e ArcView *3D Analyst* Versão 1.0;
- Interface ArcView/ SWAT- *Soil and Water Assessment Tool*, Versão 2000, desenvolvido pelo Blackland Research Center da Texas Agricultural Experiment Station e USDA Agriculture Research Service.

3.5 - ArcView 3.2

O ArcView é um programa de GIS produzido pelo Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). Um GIS é um sistema automatizado usado para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-los.

A manipulação das informações no ArcView está organizada em projetos. Quando o programa é aberto, apresenta-se uma janela de gerenciamento de projetos (sem título) que permitem a abertura ou manipulação de documentos existentes.

O ArcView GIS pode ler informações que se encontram em vários formatos: coverages (formato nativo do software ARC/INFO), shapefiles (formato nativo do ArcView), tabelas dBASE, text files ou desenhos CAD (para acesso a desenhos CAD, é necessária a instalação da extensão CAD reader).

O ArcView suporta os seguintes formatos de imagem: TIFF, TIFF/LZW, ERDAS, BSQ, BIL, BIP, RLC e Sun rasterfiles. As imagens podem incluir imagem de satélite, fotografia aérea ou dados scaneados, normalmente usados com fundo ou base dos mapas. Para estabelecer a Interface ArcView/ SWAT- *Soil and Water Assessment Tool*, Versão 2000, desenvolvido pelo Blackland Research Center da Texas Agricultural Experiment Station e USDA Agriculture Research Service, foram utilizadas as Extensões ArcView : ArcView *Spatial Analyst* Versão 1.1 e ArcView *3D Analyst* Versão 1.0.

3.6 - O SIG idrisi Andes

O software Idrisi Andes é um Sistema de Informação Geográfica para processamento de imagens desenvolvido em 2006 pelo Departamento de Geografia da Clark University, nos Estados Unidos. Refere-se a 15ª edição, contendo atualizações quanto as edições do software Idrisi desde 1987 (EASTMAN, 2006).

Este software integra funcionalidades direcionadas às aplicações em SIG e também ao processamento de imagens, possuindo 250 módulos que permitem a análise, processamento e visualização de diversos tipos de dados (EASTMAN, 2006).

As ferramentas de planejamento territorial, suporte a tomada de decisão e análise de áreas de risco operam conjuntamente com ferramentas de estatística espacial, análise

de superfície e modelagem espacial, sendo fornecidos de forma padrão, sem a necessidade de adquirir módulos adicionais (EASTMAN, 2006).

Esta versão do programa Idrisi inclui ferramentas especiais visando ao monitoramento ambiental e manejo de recursos naturais, incluindo a modelagem de mudanças no uso do solo; análise de séries temporais, multi-critério e multi-objetivo; modelagem de simulação; análise de risco; superfície de interpolação, caracterização estatística, entre outras apresentadas na Figura 4, (EASTMAN, 2006).

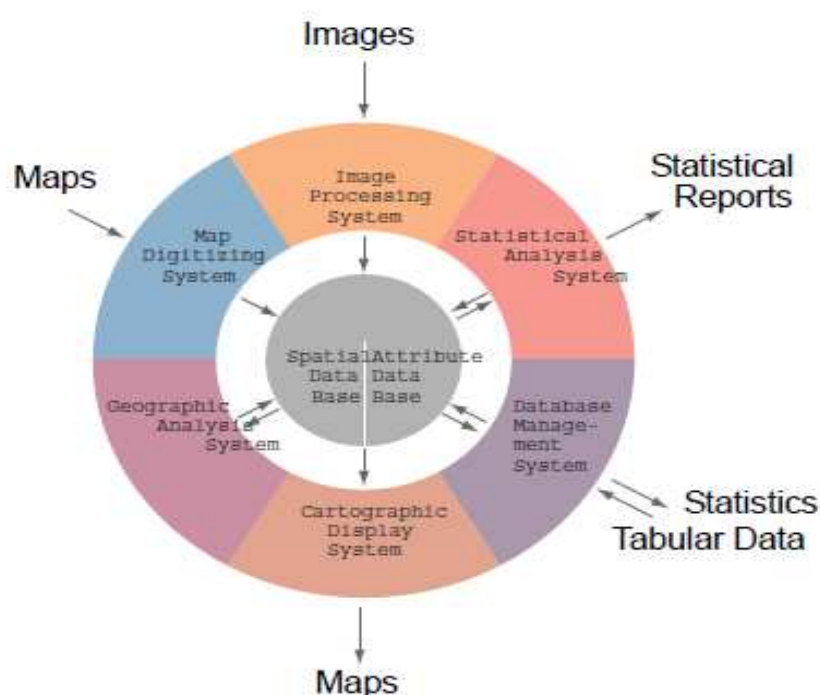


Figura4 – Integração de componentes de base de dados espacial e atributos pelo IDRISI Andes (EASTMAN, 2006)

3.7 - Simulação de Cenários de Erosão da Região

Após terem sido obtidos os mapas, modelo digital do terreno (MDT), solo e uso do solo no formato RASTER com a utilização do programa Idrisi for Windows versão Andes e o mapa hidrográfico da bacia no formato DXF, com o auxílio do programa AutoCAD 2006, foram feitas as conversões dos mapas de formato RASTER para o formato GRID e de formato DXF para o formato SHP, com o auxílio do programa ArcGis 9.2, essas conversões foram feitas de maneira que os formatos obtidos fossem compatíveis com os formatos aceitos pelo modelo matemático AVSWAT 2000, utilizado no presente trabalho.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com o auxílio dos programas Idrisi e ArcGis. São também apresentadas as Tabelas com os dados climáticos necessários para a simulações com o modelo AVSWAT, bem como os mapas e cenários, resultantes das simulações realizadas com o modelo hidrossedimentológico AVSWAT.

4.1- RESULTADOS OBTIDOS COM O SIG (IDRISI)

Neste item do trabalho serão apresentados os mapas de elevação do terreno (MDT) com a hidrografia inserida, mapa de declividade, mapa de solo e uso do solo, confeccionados com auxílio do programa Idrisi for Windows versão Andes, os mapas supracitados referem-se ao conjunto de bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí MG.

4.1.1- Modelo de elevação do terreno (MDT), com hidrografia inserida.

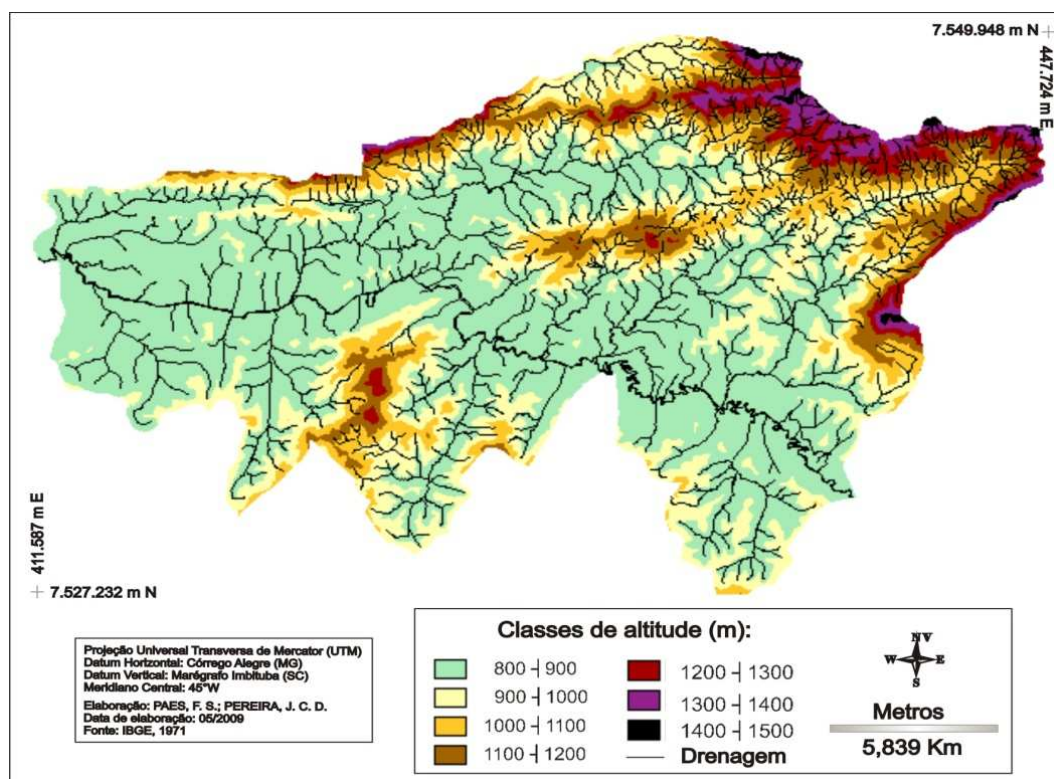


Figura 5 - Modelo de elevação do terreno (MDT), do conjunto de bacias hidrográficas que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí-MG.

A Figura 5 ilustra o modelo de elevação digital do terreno com a hidrografia da bacia de interesse no estudo. Tal mapa já está completo e avalia que as cotas da área de interesse variam entre 800m e 1500m.

4.1.2- Mapa de declividade da região

A Figura 6 apresenta as declividades da bacia do Município de Santa Rita do Sapucaí – M.G. Observa-se que os valores do referido parâmetro predominam entre 8% e 20%.

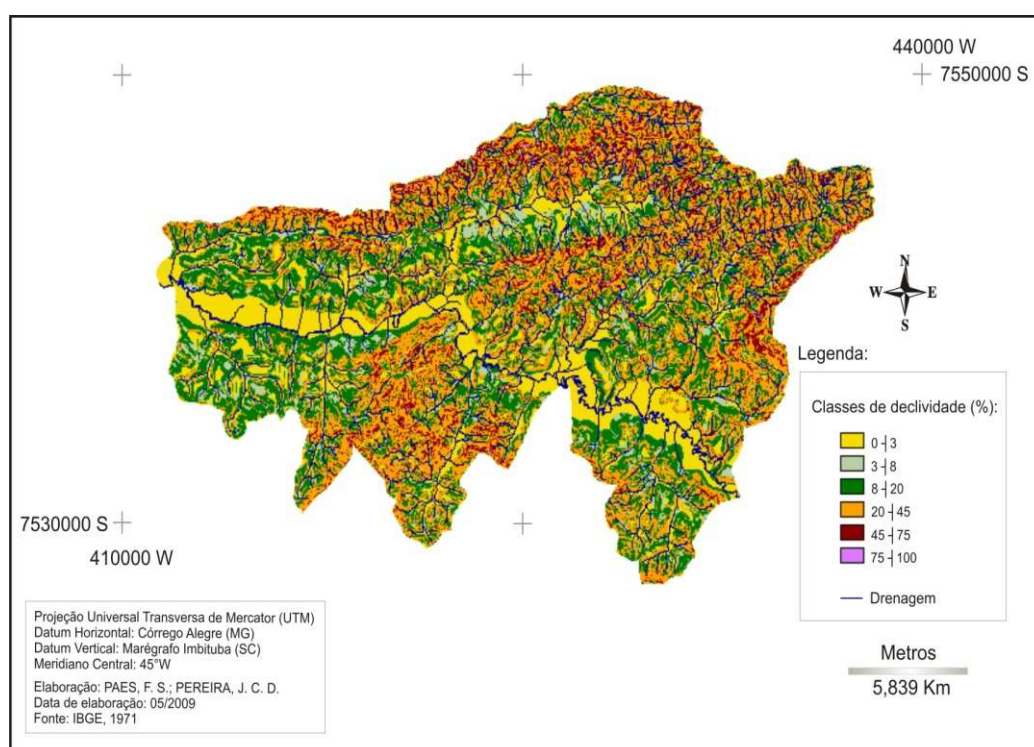


Figura 6 - Mapa de declividade da BHSRS – M.G.

O mapa de declividades anteriormente apresentado, indica que aproximadamente 73% da área de estudo possui declividades inferiores a 30%. Tal fato assume relevante importância, já que a declividade tem sido indicada por diversos autores como uma variável de grande influência na perda de solo.

A Tabela 5, apresenta dados relacionados com a representatividade das declividades na área total da bacia.

Tabela 5: Representatividade das declividades na área total do conjunto de bacia que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí-MG

Áreas da bacia enquadradas em cada classe de Declividade		
Classes de Declividade	Área em (ha)	Área em (%)
0 - 3%	8061,51	18
3 - 8%	3298,62	8
8 - 20%	12613,06	29
20 - 45%	16263,64	37
45 - 75%	3624,41	7,55
75 - 100%	198,11	0,45
Total	44059,36	100

4.1.3- Mapa de uso de solo da região

O mapa de uso do solo da bacia indica que 77% de sua área encontra-se ocupada por coberturas que propiciam elevada perda de solo. As áreas cultivadas representam 26% da área total da bacia e as áreas de pastagem representam 48%.

Os mapas confeccionados no programa Idrisi for Windows versão Andes, foram convertidos com sucesso, do formato raster para o formato GRID, com o auxílio do programa ArcGis 9.2. Este procedimento foi realizado para que os mapas supracitados estivessem em formatos compatíveis com os formatos aceitos no modelo AVSWAT, modelo utilizado para as simulações e obtenção de cenários.

A tabela 6 apresenta dados relacionados com a representatividade do uso do solo no conjunto de bacias hidrográfica que compõem o município de Santa Rita do Sapucaí-MG.

Tabela 6: Representatividade das classes de uso do solo na BHSRS

Áreas da bacia enquadradas em cada classe de Uso do Solo		
Uso do solo	Área em (ha)	Área em (%)
Sombra	56,30	0,12
Solo Exposto	1328,45	3,0
Mata	9942,80	23,0
Agricultura	11454,04	26,0
Pasto	21033,29	48,0
Água	99,13	0,22
Área construída	148,06	0,33
Total	44062,07	100

A Figura 7 ilustra o mapa de uso de solo confeccionado para a Bacia Hidrográfica do Município de Santa Rita do Sapucaí – M.G. Nota-se uma predominância de pastagem e agricultura. Pode-se observar também a área ocupada pela mancha urbana.

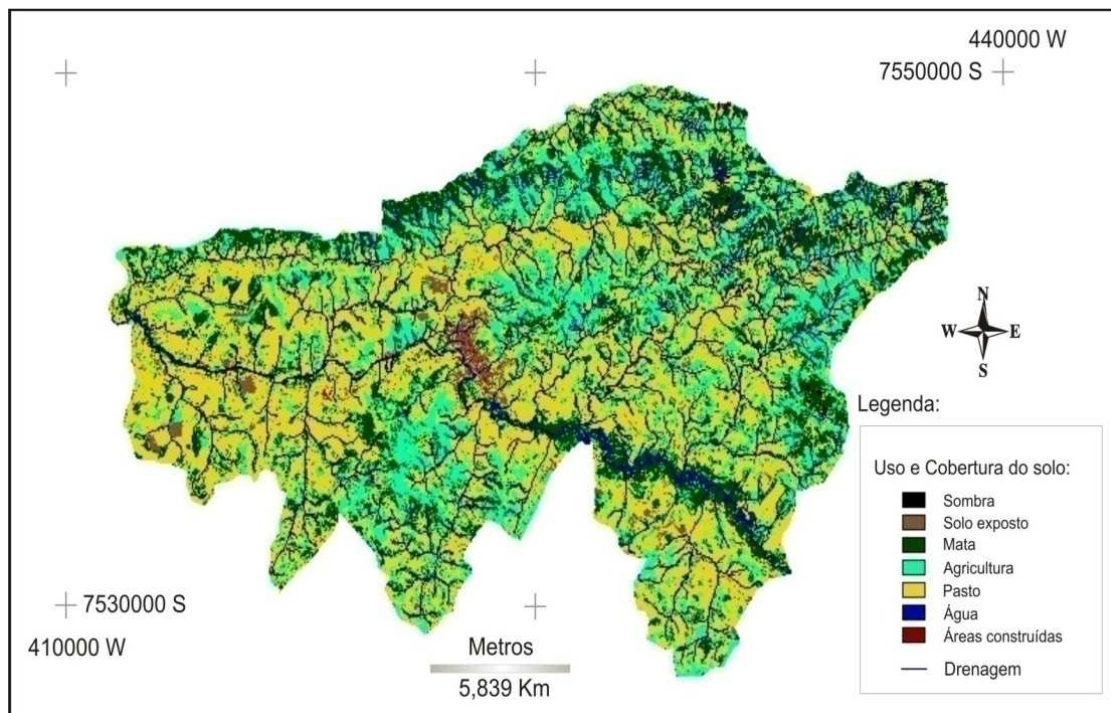


Figura 7 – Mapa de uso do solo da BHSRS – MG.

4.1.4 - Mapa de solos da região

A tabela 7 apresenta os dados referentes a representatividade das classes de solo obtidas em relação a área total da bacia hidrográfica do município de Santa Rita do Sapucaí, dado importante devido as diferenças de suscetibilidade à erosão hídrica, apresentadas pelos solos encontrados na bacia.

Áreas da bacia enquadradas em cada classe de Solo		
Classes de Solo	Área em (ha)	Área em (%)
Latossolo Escuro	22.122	50,2
Podzólico Vermelho-Amarelo	21.937	49,8
Total	44.059	100

Tabela 7: Representatividade das classes de solo na BHSRS

A Figura 8 ilustra o mapa de solos confeccionado para a Bacia Hidrográfica do Município de Santa Rita do Sapucaí – M.G. Nota-se a presença de apenas dois tipos de solo, que são o Podzólico Vermelho Amarelo e Latossolo Escuro.

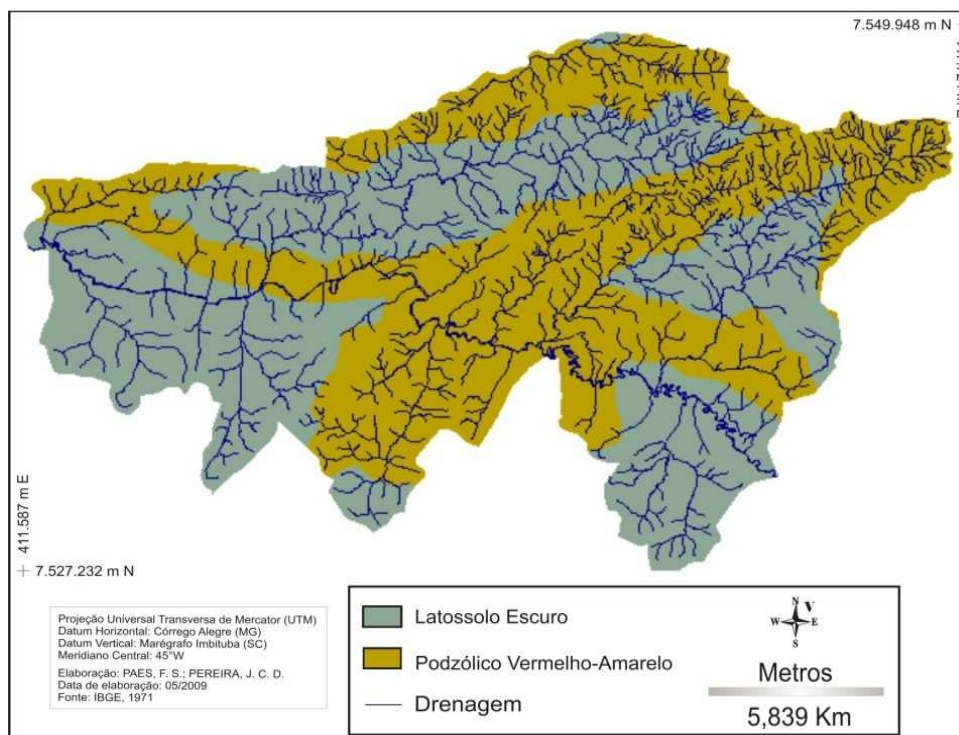


Figura 8 – Mapa de solo da BHSRS – MG.

4.1.5 - Mapas da bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha confeccionados no IDRISI.

Para efeito das simulações e considerando a forma de trabalho do modelo AVSWAT, dividindo a bacia de estudo em HRU's, unidades de resposta hidrológica, optou-se por estudar a bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha, uma sub-bacia da bacia hidrográfica do município de Santa Rita do Sapucaí, com o intuito de diminuir o número de simulações a serem efetuadas, facilitando assim os processos de análise dos resultados obtidos nas simulações. Vale salientar que a obtenção dos mapas da bacia do município de Santa Rita do Sapucaí como um todo, se fez necessária para evitar eventuais erros de condições de contorno quando se trabalha com o SIG ou até mesmo para as simulações.

Nos itens a seguir, são apresentados os mapas de elevação do terreno (MDT), com a hidrografia inserida, o mapa de uso do solo e o mapa de declividade da bacia

hidrográfica do Ribeirão da cachoeirinha (BHRC), obtidos a partir dos mapas confeccionados para a bacia hidrográfica do município de Santa Rita do Sapucaí-MG.

4.1.5.1- Mapa de elevação do terreno da BHRC

Pode-se observar no mapa apresentado na figura 9 que semelhante ao conjunto de bacias hidrográficas que compõem o Município de Santa Rita do Sapucaí como um todo, as altitudes na bacia hidrográfica do ribeirão da cachoeirinha estão situadas entre 900 e 1400m.

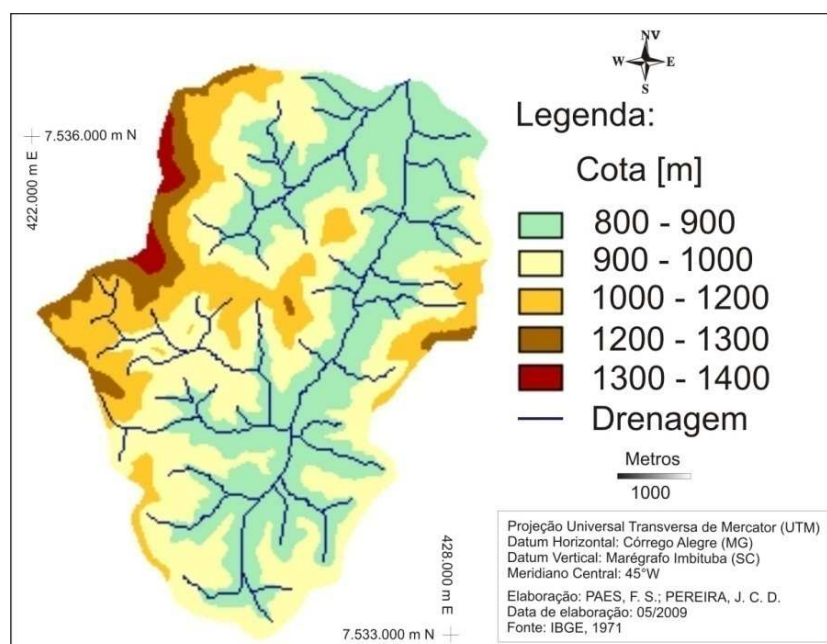


Figura 9 – Mapa de elevação do terreno (MDT) da bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-M.G.

A Tabela 8 trás a representatividade dessas classes de altitude na BHRC.

Tabela 8: Representatividade das classes de altitude na BHRC

Áreas da BHRC enquadradas em cada classe de Altitude		
Classes de altitude	Área em (ha)	Área em (%)
800 - 900	1231,4	39,49
900 - 1000	1184,8	38,00
1000 - 1100	661,8	21,22
>1200	40,2	1,29
Total	3118,174	100

4.1.5.2- Mapa de declividades da (BHRC)

No mapa de declividades da bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha, apresentado na Figura 10, pode-se observar também uma diferença significativa em relação à bacia do Município de Santa Rita do Sapucaí como um todo, as declividades na BHRC, situam-se entre 0 e 60%, este fato é de suma importância, uma vez que a declividade do terreno, aliada ao tipo de solo, uso e cobertura do solo e quantidade de precipitação, influencia diretamente na suscetibilidade do mesmo à erosão hídrica.

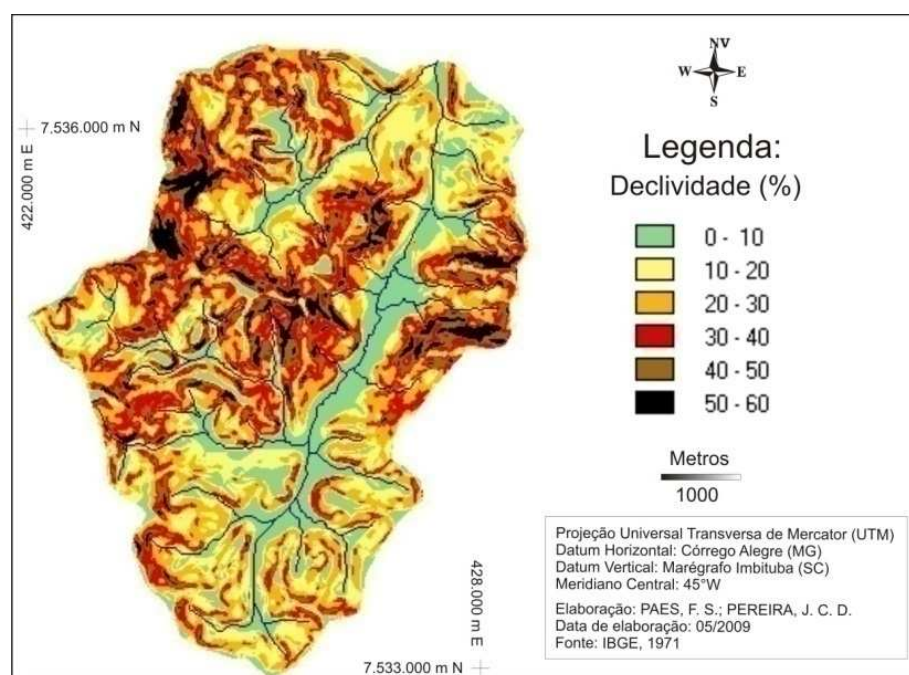


Figura 10 - Mapa de declividades da (BHRC) – MG

A Tabela 9 mostra a representatividade dessas declividades no total da área da bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha.

Tabela 9: Representatividade das classes de declividade na BHRC
Áreas da BHRC enquadradas em cada classe de declividade

Classes de declividade	Área em (ha)	Área em (%)
0 - 10	603,6756	19,37
10 - 20	691,412	22,18
20 - 30	780,4884	25
30 - 40	568,167	18,23
40 - 50	306,2876	9,82
50 - 60	168,1432	5,40
Total	3118,174	100

4.1.5.3- Mapa de solos da (BHRC)

O mapa de solos da bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha, representado na Figura 11, também apresenta os mesmos solos encontrados na bacia do município de Santa Rita do Sapucaí como um todo, que são o solos Podzólico Vermelho-Amarelo ocupando maior parte da área da BHRC e o Latossolo Escuro, nomenclatura utilizada referente à classificação antiga dos solos devido a não disponibilização de um mapa com a classificação atual para os solos da região de estudo. A seguir, será apresentada uma breve descrição dos tipos de solo encontrados na BHRC, Latossolo Escuro e Podzólico Vermelho-Amarelo respectivamente.

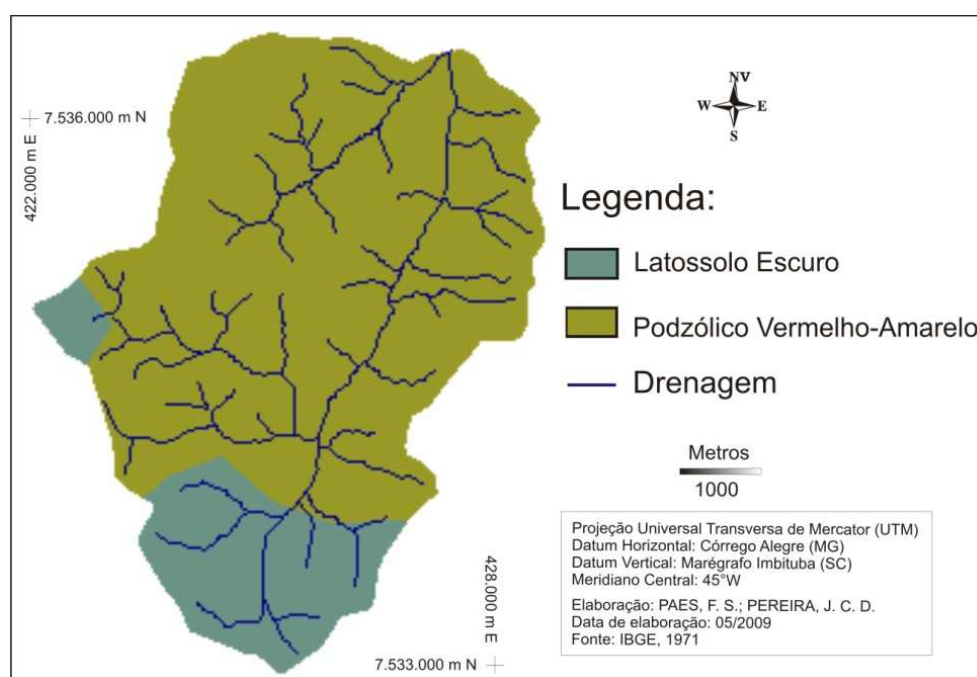


Figura 11 - Mapa de solos da (BHRC) – MG

Os Latossolo Escuro são muito profundos, bem drenados, friáveis ou muito friáveis, de textura argilosa ou muito argilosa e media. Os solos mais oxídicos, 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 que favorecem a infiltração da água da chuva diminuindo o escoamento superficial. Possuem cores vermelho-escuras, vermelhas ou bruno-avermelhado escuras, geralmente com grande profundidade, homogêneos, de boa drenagem e quase sempre com baixa fertilidade natural (necessitam correções químicas para aproveitamento agrícola). Ocorrem em praticamente todas as regiões do Brasil,

mas têm grande expressividade nos chapadões da região central (Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso, Minas Gerais e outros). São responsáveis por boa parte da produção de grãos em sistemas de manejo desenvolvido desta região do país.

Os Podzólicos Vermelho-Amarelos, são solos com horizonte B textural, não hidromórficos, com argila de atividade baixa, devido ao material do solo ser constituído por sesquióxidos, argilas do grupo 1:1 (caulinitas), quartzo e outros materiais resistentes ao intemperismo e saturação de bases (V%) baixa, isto é, inferior a 50%. São solos, em geral, fortemente ácidos e de baixa fertilidade natural. Apresentam perfis bem diferenciados, com seqüência de horizontes A, Bt e C, e com horizonte Bt , freqüentemente, mostrando, nas superfícies dos elementos estruturais, película de materiais coloidais (cerosidade), quando o solo é de textura argilosa; são, comumente, profundos a muito profundos, com a espessura do A + Bt oscilando entre 115 e 250cm, exceto nos solos rasos, em áreas reduzidas. São solos de textura arenosa, média ou, mais raramente, argilosa, no horizonte A e média ou argilosa, no horizonte Bt, com relação textural em torno de 1,5 (textura argilosa) e de 3,0 a 10,0, nos de caráter abrupático ou abrupático plintico, os quais possuem características morfológicas bem distintas (coloração variegada ou com mosqueado abundante) e drenagem moderada. Em 1999, o novo sistema de classificação de solos foi liberado para substituir o que vinha sendo usado, nesse novo sistema os antigos Podzólicos Vermelho - Amarelos foram desmembrados em Argissolos, Alissolos, Nitossolos e Luvisolos. Neste trabalho, devido a não disponibilidade de um mapa de solos confeccionado na nova classificação, foi utilizado o Mapa de Solos de Minas Gerais, elaborado pela EMATER (1998), em escala de 1:1.000.000, o qual ainda trás os solos da região na classificação antiga, ou seja, considerando ainda o solo Podzólico Vermelho-Amarelo.

A Tabela 10 apresenta a representatividades dos solos encontrados na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha, em relação a área total da bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG, expressos em (ha) e em Porcentagem.

Áreas da BHRC enquadradas em cada classe de Solo		
Classes de solo	Área em (ha)	Área em (%)
Podzólico Vermelho-Amarelo	2537,257	81,56
Latossolo Escuro	573,687	18,44
Total	3110,944	100

Tabela 10: Representatividade das classes de solo na bacia

4.1.5.4 - Mapa de Uso do Solo da (BHRC)

O mapa de uso do solo da bacia do Ribeirão da cachoeirinha, apresentado através da Figura 12, semelhante aos que se observa nos mapas de declividades e do MDT, difere do mapa de uso do solo do conjunto de bacias hidrográficas que compõem o Município de Santa Rita do Sapucaí no que diz respeito ao uso do solo, embora apresente as mesmas classes de uso do solo que são: Sombra, solo exposto, mata, agricultura, pasto, água e área construída.

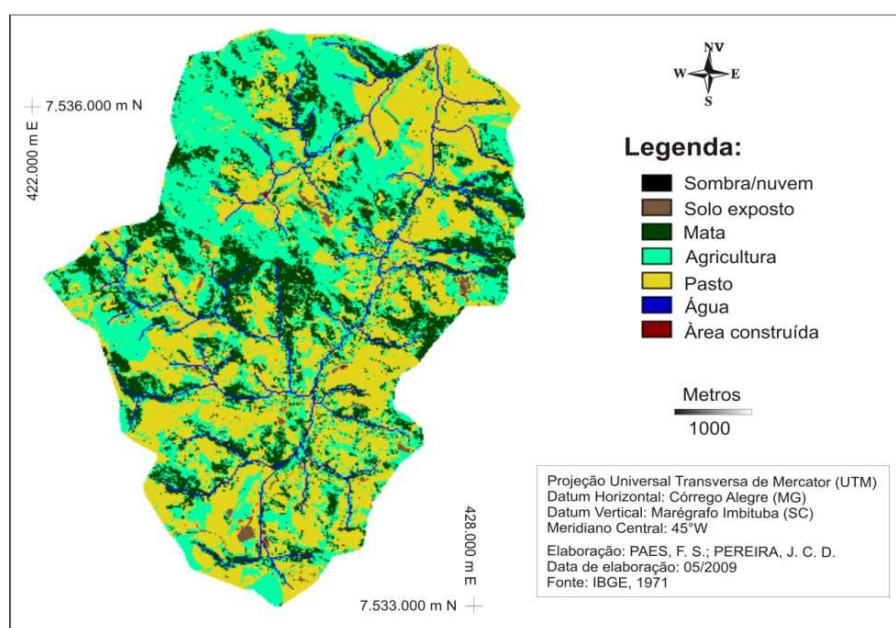


Figura 12 - Mapa de Uso do Solo da Bacia Hidrográfica do ribeirão da Cachoeirinha-MG

Tabela 11: Representatividade das classes de uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG.

Áreas da BHRC enquadradas em cada classe de Uso do solo		
Uso do solo	Área em (ha)	Área em (%)
Sombra	0,37	0,013
Solo Exposto	40,51	1,3
Mata	650,55	20,87
Agricultura	1136,65	36,45
Pasto	1280,03	41,10
Água	7,234	0,25
Área construída	2,83	0,01
Total	3118,174	100

Para melhor entendimento da distribuição do uso do solo na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha, na Tabela 11 foram apresentadas as representatividades de cada uso de solo na bacia em (ha) e em porcentagem da área total da bacia.

4.2 – DADOS CLIMÁTICOS

Os dados climáticos foram obtidos do banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional de Pesquisas espaciais (INPE), séries históricas e série histórica de precipitação, disponibilizada pela Agência Nacional de Águas (ANA), referente ao período de 1999 a 2008. Tais dados foram trabalhados estatisticamente de modo a se obter as médias mensais utilizadas como entrada no modelo AVSWAT.

Além dos dados de precipitação, o modelo AVSWAT também leva em consideração dados de velocidade do vento, umidade relativa, radiação solar, temperaturas máximas e mínimas, entre outros dados que foram citados no item Materiais e Métodos deste trabalho, dentro do sub-item 3.4 .

Estes dados climáticos são muito importantes para que nas simulações o modelo tenha parâmetros suficientes para gerar os cenários de erosão hídrica com variações que possam ser explicadas com os mapas, tabelas e gráficos gerados como resultado das simulações.

No item, 4.3, serão apresentados os mapas, tabelas e gráficos gerados, bem como a discussões em torno dos resultados obtidos.

A Tabela 12 apresenta os dados mensais de precipitação para a Região de Santa Rita do Sapucaí em (mm).

Tabela 12: Médias mensais e anuais de precipitação da Região de Santa Rita do Sapucaí de 1999 a 2008.

Ano Mês	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Méd. mensais	Desv. Padrão
01	468.50	434.80	184.40	122.30	460,70	164.90	380.00	161.90	399.90	312.90	289.59	143.60
02	177.20	226.10	189,90	141,70	88,70	362.40	143.40	214.90	66.50	247.10	205.37	92.05
03	98.20	119.70	179,70	153.60	132,90	118.00	229.80	153.60	76.40	202.30	143.95	51.93
04	15.60	26.60	71.10	23.80	70.40	155.10	58.40	44.80	57.80	183,90	58.18	41.66
05	31.10	1.10	78,10	46.40	54.00	148.00	86.00	39.30	39.30	39.30	53.83	41.67
06	50.30	1.80	10,20	1.70	17.90	49.00	17.70	16.50	16.10	28.70	22.19	17.66
07	15.80	32.10	6.00	29.60	20.20	43.40	35.90	17.50	115.90	0.00	31.64	32.49
08	0.20	83.20	24.00	50.50	17.90	8.50	1,60	7,70	9.10	64.30	32.21	30.14
09	28.20	115.80	83.40	76.30	46.70	17.60	115.90	67,10	10.20	51.70	60.64	39.66

10	24.90	80.40	170.00	57.60	123.80	147.90	114,80	178.30	94.20	110.30	109.71	51.24
11	82.90	252.20	117.70	120.80	153.50	134.60	72.70	189.70	114,80	197,10	140.51	58.46
11	230.50	242.80	222,40	269.10	144.10	186.20	123.90	195.60	203.40	213.10	200.97	45.88
Méd.anuais	101.95	134.72	93.80	86.52	72.06	127.97	126.37	121.21	98.98	106.31	1348.80	

4.3 - RESULTADOS OBTIDOS COM O MODELO AVSWAT

Concluídas as etapas de obtenção de dados de entrada para o modelo AVSWAT, apresentadas nos itens anteriores, que foram os mapas de Solo, Uso do Solo, MDT e também dos dados climáticos preconizados pelo modelo para a realização das simulações, estas foram realizadas para estimativa de erosão na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha – MG, com isso foram obtidos cenários de erosão mensais para a referida bacia no ano de 1999.

CENÁRIO 1

Apresenta a estimativa de erosão em [t/ha] para o mês de Janeiro de 1999, ano escolhido para as simulações de perda solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG.

A Tabela 13 mostra a distribuição das classes de perda de solos obtidas em relação a área total da bacia, expressas em (ha) e em (%), de acordo com a simulação feita no cenário 1, para o mês de janeiro de 1999 .

Tabela13: Distribuição das classes de perda de solo na BHRC, no mês de janeiro de 1999.

Cenário 1 – Janeiro de 1999		
Classes de perda	Área em (Há)	Área em (%)
0,003 21,832	1818,481	58
21832 70,839	100,1367	3,29
70,839 124,067	670,9682	21,44
124,067 189,745	406,8868	13
189,745 289,774	133,6456	4,27
Total	3130,118	100

A Figura 13 apresenta o cenário de perda de solo pra o mês de janeiro de 1999, pode-se notar que o modelo subdividiu a bacia em 123 Unidades de resposta

hidrológicas (HRU's), este procedimento facilita o processo de modelagem, uma vês que considera cada (HRU) como uma porção de área com características homogêneas.

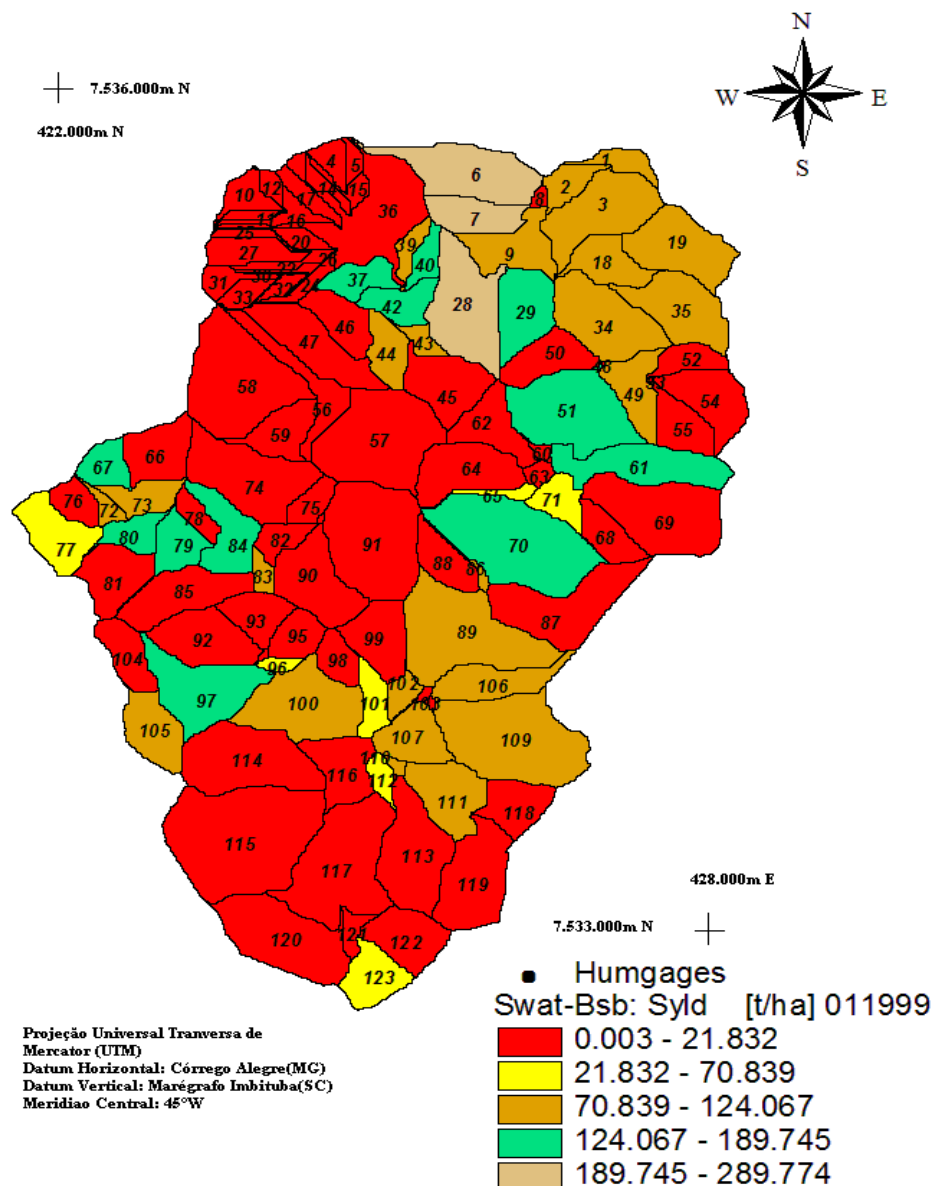


Figura 13 – cenário 1 de perda de solos na BHRC no mês de janeiro de 1999.

Analisando o mapa do Cenário 1 e os dados fornecidos pela tabela 13, pode-se dizer que aproximadamente 60% da área da BHRC, apresentou valores de perda de solo classificadas como baixa ou moderada, aproximadamente 36% apresentou valores classificadas como altos e somente 4% desta bacia apresentou perdas classificadas como muito altas de acordo com as recomendações da FAO, PNUMA e UNESCO (Almorox,1994), referentes a classificação do grau de erosão hídrica, tabela apresentada no item revisão bibliográfica deste trabalho, que será utilizada para as classificações dos cenários subsequentes.

CENÁRIO 2

O cenário 2, representado na Figura 14, trás a estimativa de erosão em [t/ha] para o mês de fevereiro de 1999, na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG e a distribuição das classes de perda de solo obtidas com as simulações para o mês de fevereiro de 1999, em relação a área total da BHRC, expressas em (ha) e em (%) são apresentadas na tabela 14.

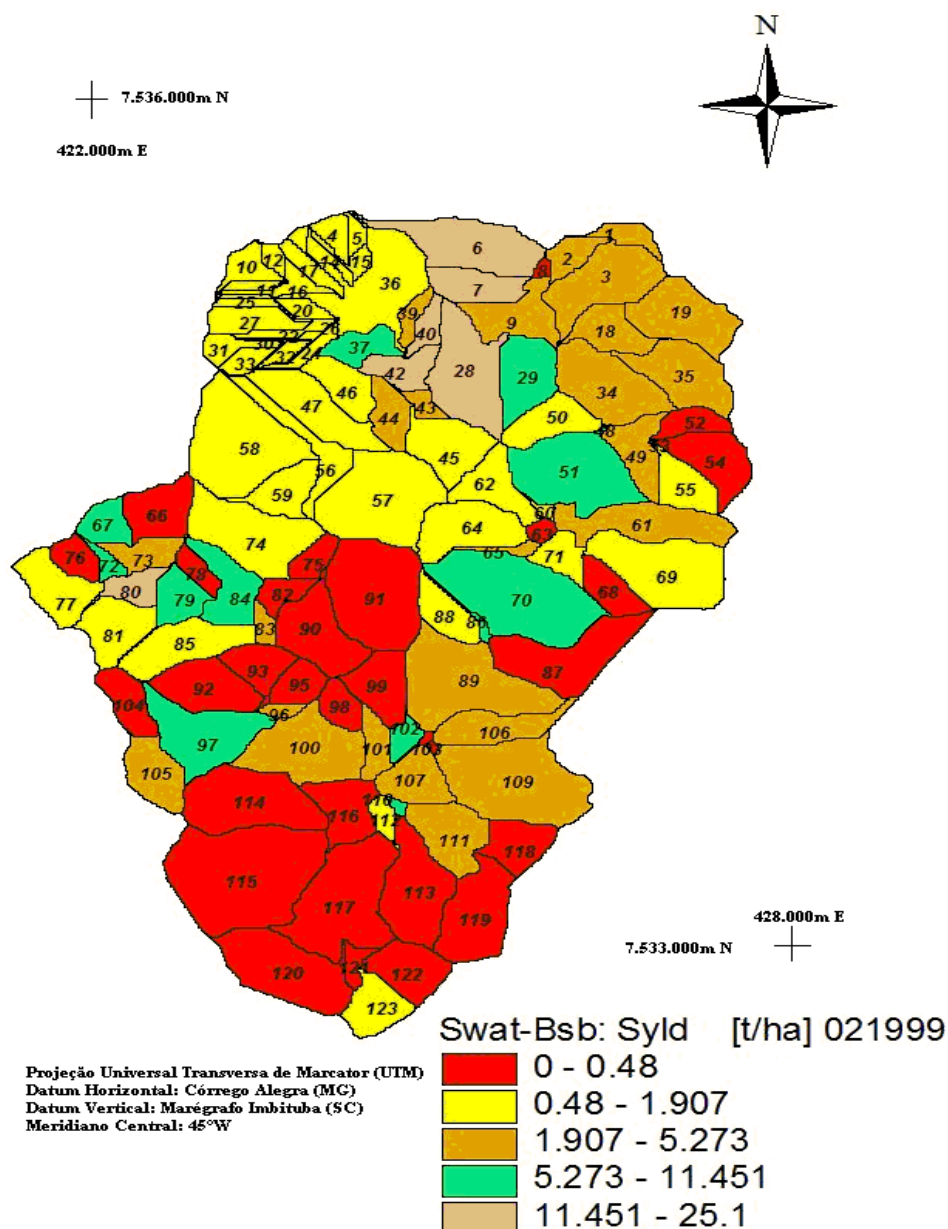


Figura 14 – Cenário2 de perda de solos na BHRC no mês de fevereiro de 1999.

Observa-se acordo com o Cenário 2 de erosão para o mês de fevereiro de 1999, apresentado na Figura 14, juntamente com a Tabela 14, pode-se observar uma drástica

diminuição nas quantidades de perda de solo por erosão hídrica na BHRC, nota-se que aproximadamente 90% da área total da BHRC, apresenta valores de perda de solo por erosão hídrica considerados nulos ou baixos, os 10% restantes apresentam valores de perda classificados como baixo a moderado, não havendo áreas com valores altos ou muito altos, é importante ressaltar que o valor máximo de perda em (t/ha) obtido para o mês de fevereiro é pelo menos dez vezes menor que o máximo obtido para o mês de Janeiro do mesmo ano ($289,774 > 25,1$).

Tabela 14: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de janeiro de 1999.

Cenário 2 - Fevereiro de 1999		
Classes de perda	Área em (Há)	Área em (%)
0,00 0,48	925,6196	29,57
0,48 1,907	948,039	30,28
1,907 5,273	750,2056	23,97
5,273 11,451	329,8193	10,54
11,451 25,1	176,4342	5,64
Total	3130,118	100

CENÁRIO 3

A figura 15 apresenta a estimativa de erosão em [t/ha] para o mês de Março de 1999, na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG.

Analisando o mapa da figura 15, referente ao Cenário3 com dados de perda de solo por erosão hídrica no mês de Março de 1999, juntamente com a tabela 15, que traz a distribuição das classes de perda de solo encontradas na BHRC após a simulação no modelo AVSWAT, fica fácil perceber que mais de 90% da área da BHRC, apresenta valores de erosão hídrica, considerados nulos ou baixos e apenas 7% da área da bacia apresentam valores de perda de solo considerados baixos a moderados.

Na tabela 15 é apresentada a distribuição das classes de perda de solo obtidas com as simulações para o mês de Março de 1999, em relação a área total da BHRC, expressas em (há) e em (%).

Tabela 15: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Março de 1999.

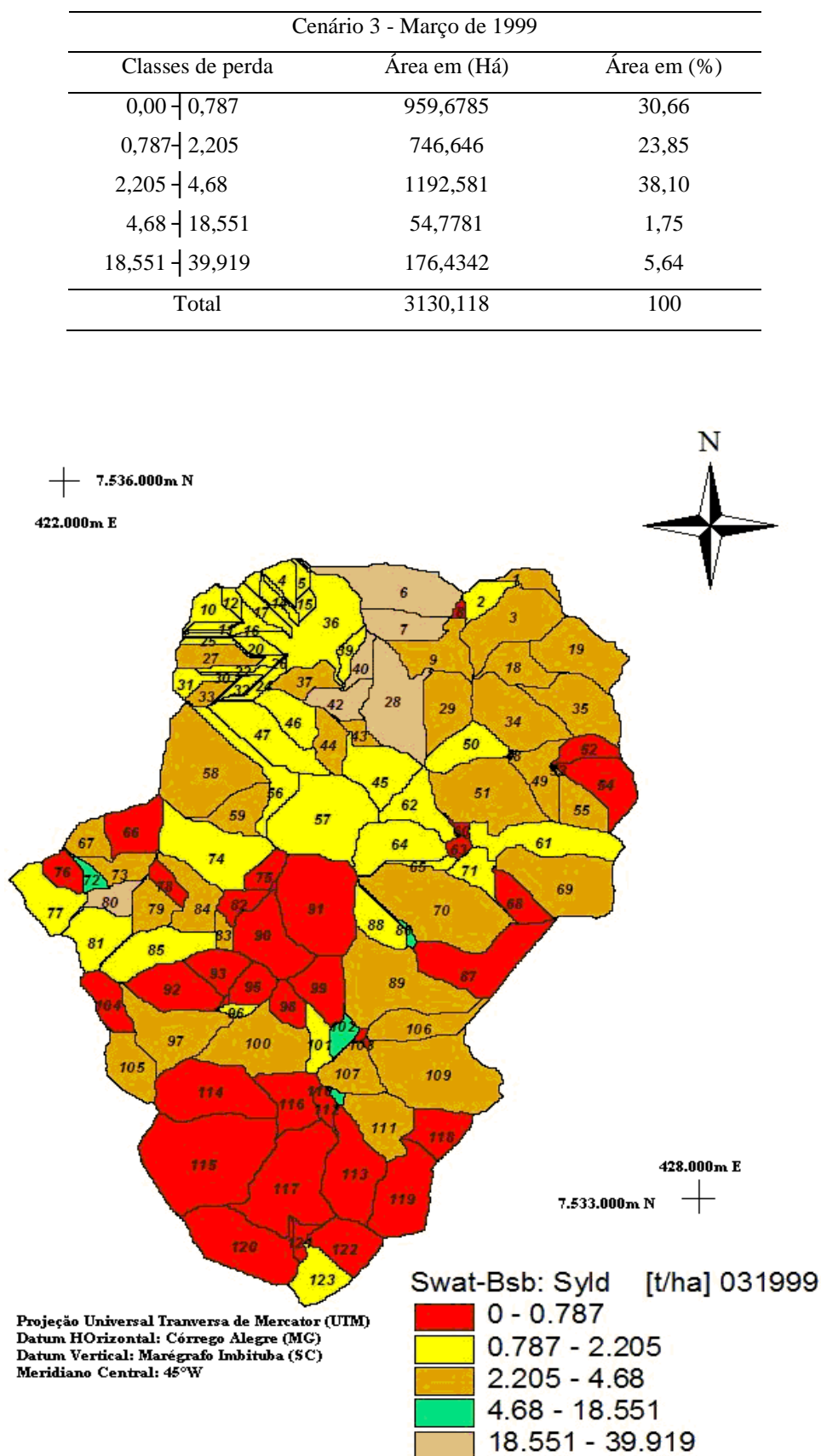


Figura 15 – Cenário3 de perda de solos na BHRC no mês de Março de 1999.

CENÁRIO 4

A Figura 16 abaixo mostra o cenário com a estimativa de erosão em [t/ha] para o mês de abril de 1999, na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG.

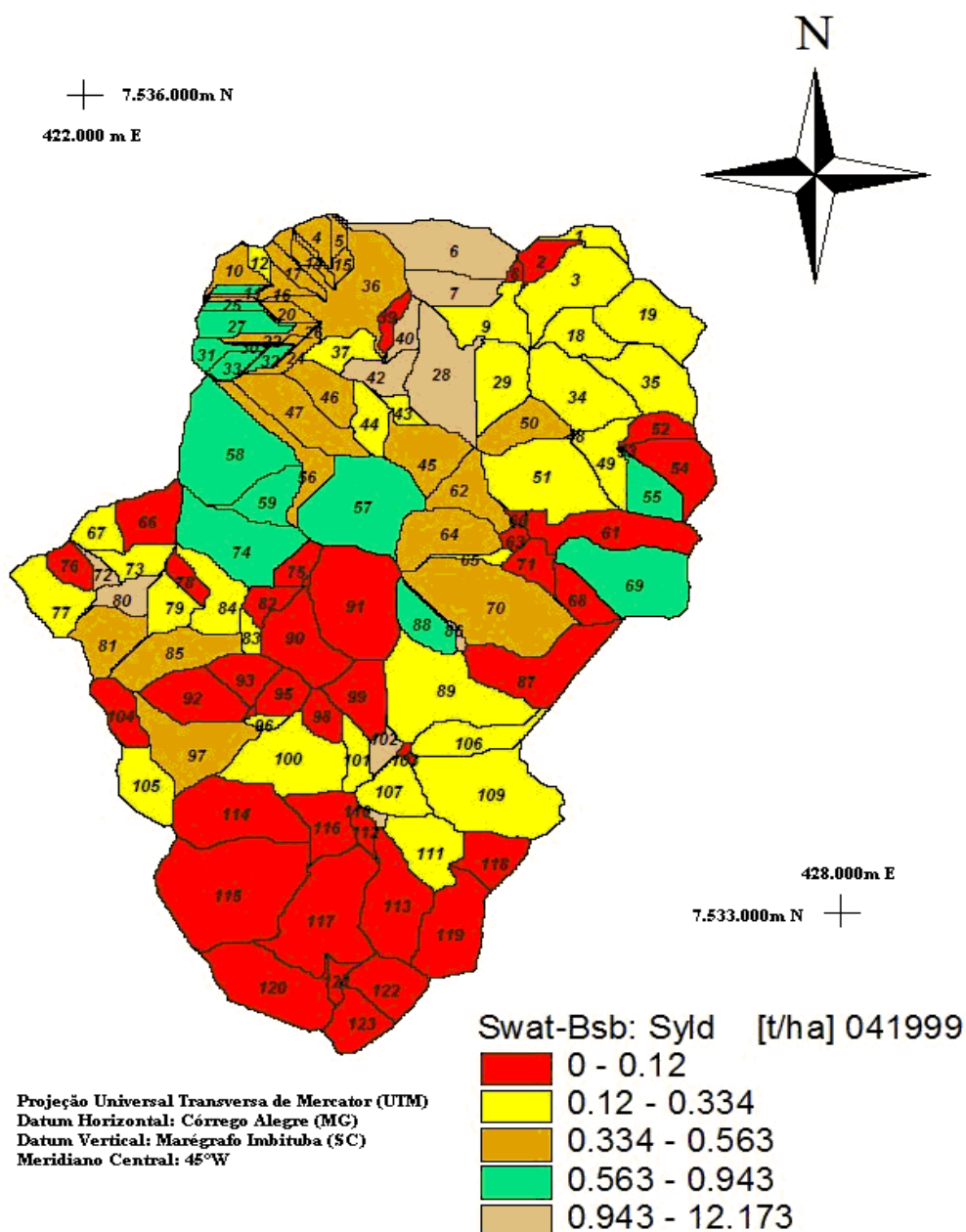


Figura 16 – Cenário4 de perda de solos na BHRC no mês de Abril de 1999.

Em uma análise do mapa originado no cenário 4 apresentado na Figura 16, de erosão na BHRC no mês de abril de 1999 em conjunto com a Tabela 16 apresentada a seguir, observa-se que os valores de perda de solo por erosão hídrica na BHRC,

considerados como nenhum ou baixos, representam mais de 80% da bacia estudada, enquanto que o restante da área apresenta valores considerados baixos ou moderados de perda de solo por erosão hídrica, de acordo com as recomendações da FAO, PNUMA e UNESCO, referentes a classificação do grau de erosão hídrica, tabela apresentada no item revisão bibliográfica deste trabalho.

A distribuição das classes de perda de solo obtidas com as simulações para o mês de Março de 1999, em relação a área total da BHRC, expressas em (há) e em (%) é apresentada na tabela 17 a seguir:

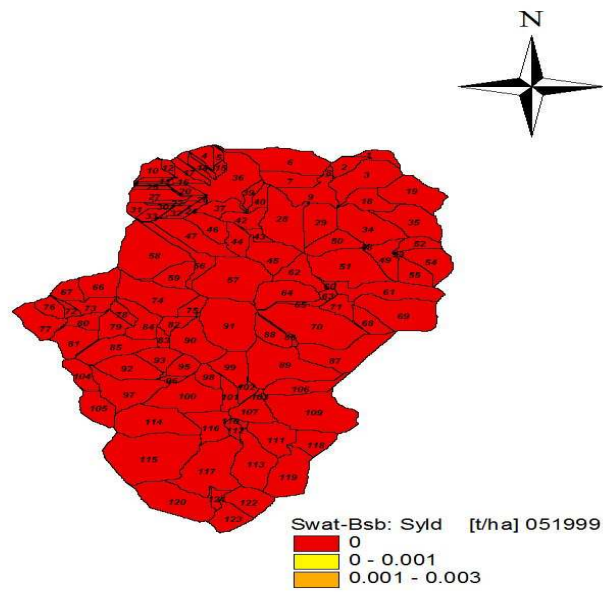
Tabela 16: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Abril de 1999.

Cenário 4 - Abril de 1999		
Classes de perda	Área em (Há)	Área em (%)
0,00 - 0,12	1096,585	35
0,12 - 0,334	899,8608	28,75
0,334 - 0,563	549,662	17,55
0,563 - 0,943	391,377	12,55
0,943 - 12,173	192,6336	6,15
Total	3130,118	100

A partir do Cenário 5, referente ao mês de maio de 1999 até o Cenário 9, referente ao mês de Setembro de 1999, apresentados nas Figuras de 17 a 21, embora possa haver alguma diferença visual no mapa apresentado, no que diz respeito a perda de solo por erosão hídrica na BHRC, as classes de valores de perda resultantes das simulações alcançam valores máximos de 1,701 toneladas pó hectare e são consideradas nulas ou baixas, de acordo com o critério de avaliação adotado no presente trabalho referentes a classificação do grau de erosão hídrica e em conformidade com as recomendações da FAO, PNUMA e UNESCO.

Os Cenários 5,6, 7, 8, 9, com as classes de perda de solos por erosão hídrica, obtidas como resultado das simulações no modelo AVSWAT, são apresentados a seguir:

CENÁRIO 5



Figuras 17 - Cenário 5 de perda de solos na BHRC no mês de Maio de 1999.

CENÁRIO 6

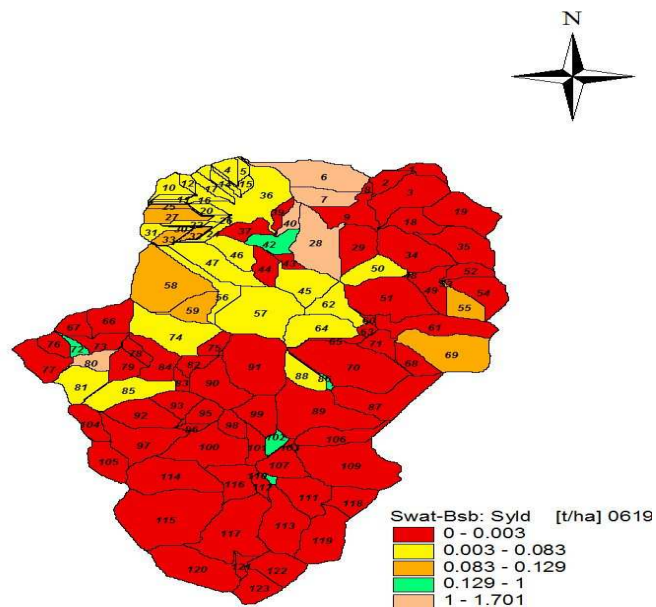


Figura 18 – Cenário 6 de perda de solos na BHRC no mês de Junho de 1999.

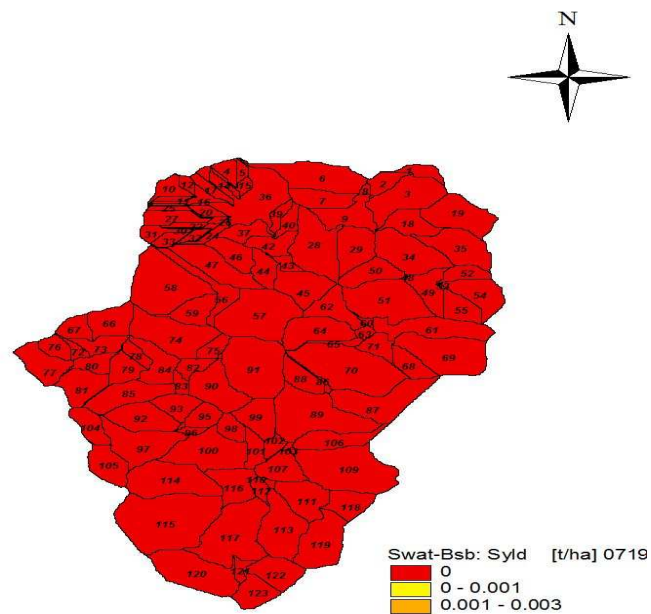
CENÁRIO 7

Figura 19 - Cenário7 de perda de solos na BHRC no mês de Julho de 1999.

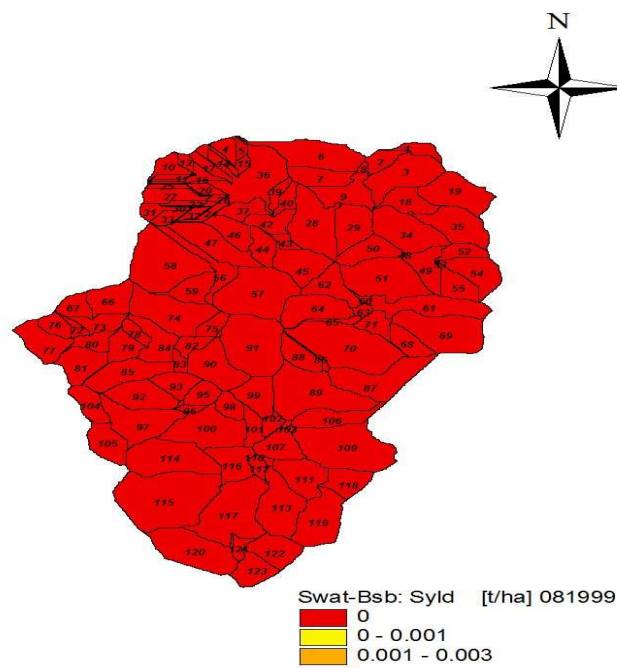
CENÁRIO 8

Figura 20 – Cenário 8 de perda de solos na BHRC no mês de Agosto de 1999.

CENÁRIO 9

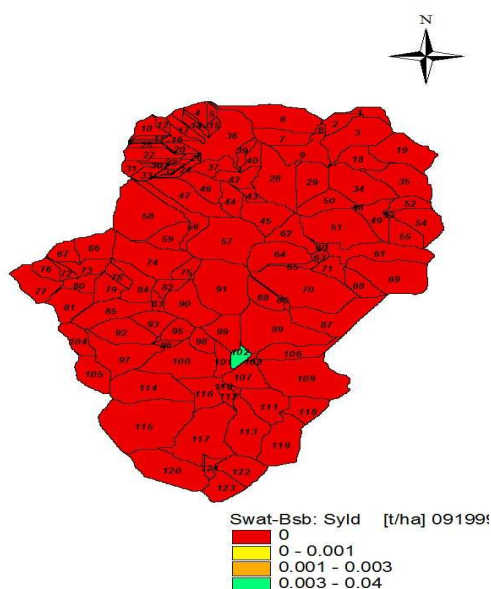


Figura 21 – Cenário 9 de perda de solos na BHRC no mês de Setembro de 1999.

A partir do Cenário 10, apresentado a seguir, referente ao mês de outubro de 1999, apresentado na figura 22, começam novamente a ficar evidentes as diferenças nos valores de perda de solo por erosão hídrica na BHRC, como será mostrado nos cenários 10, 11, e 12.

A Tabela 17 apresenta a distribuição das classes de perda de solo obtidas com as simulações para o mês de Outubro de 1999, em relação a área total da BHRC, expressas em (ha) e em (%).

Tabela 17: Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de janeiro de 1999.

Cenário 10 - Outubro de 1999		
Classes de perda	Área em (Há)	Área em (%)
0,00 0,034	1678,167	53,62
0,034 0,153	335,639	10,72
0,153 1,273	712,166	22,75
1,273 2,326	152,105	4,86
2,326 20,917	252,0417	8,05
Total	3130,118	100

CENÁRIO 10

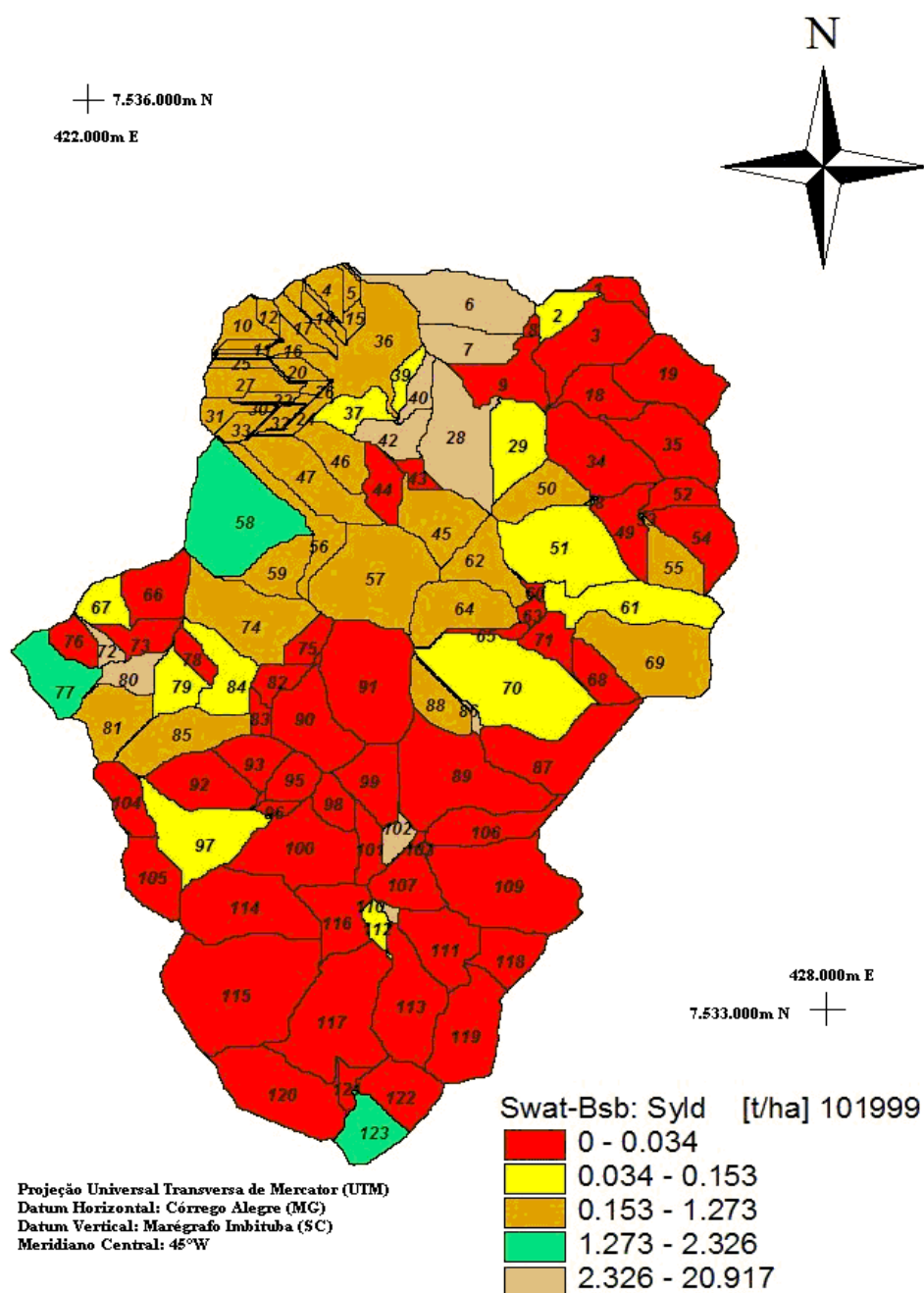


Figura 22 – Cenário10 de perda de solos na BHRC no mês de Outubro de 1999.

De acordo com o mapa do Cenário 10, apresentado na Figura 22, referente às perdas de solo por erosão hídrica na BHRC, no mês de Outubro e com a Tabela 8, pode-se dizer que mais de 90% da bacia de estudo como resultado das simulações, apresentou valores de perda de solo classificados como nulos ou baixos, enquanto que o

restante da área da bacia apresentou valores de baixo a moderados, esses valores podem ser observados na tabela acima, bem com as suas representatividade na área da BHRC.

CENÁRIO 11

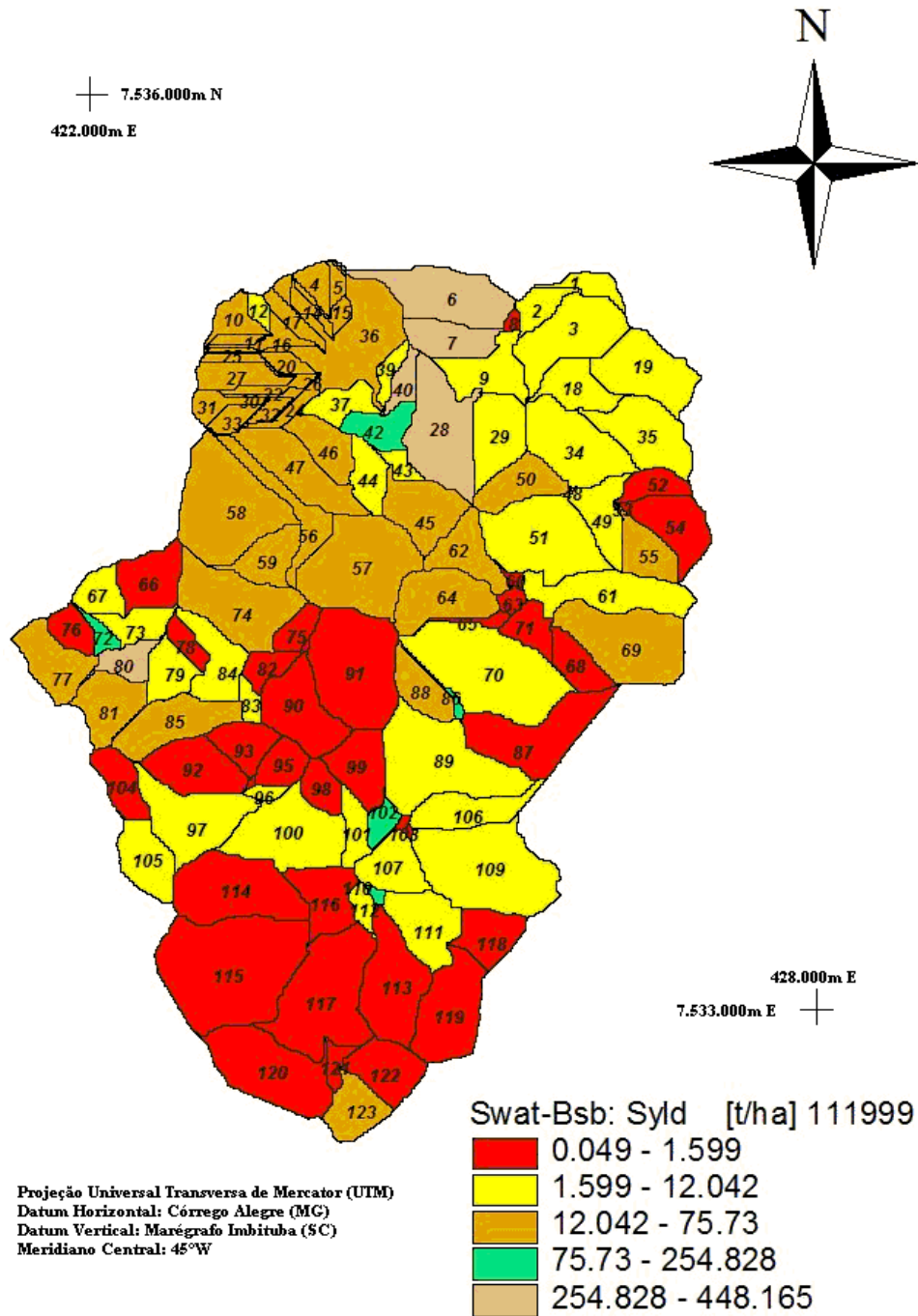


Figura 23 – Cenário11 de perda de solos na BHRC no mês de Novembro de 1999.

Para o mês de Novembro o mapa gerado nas simulações do modelo AVSWAT, ilustrado na Figura 23, já mostra considerável aumento das perdas de solo por erosão hídrica. De acordo com o mapa do Cenário 11, apresentado na Figura 23, referente ao mês de Novembro de 1999, aliado às informações da tabela acima, observa-se que embora aproximadamente 60% da área, apresente valores de erosão considerados nulos ou baixos, 17% já apresentam valores de perda moderados ou altos e quase 18% apresentam valores considerados altos ou muito altos, ressaltando ainda que desses 18%, 6,15% já apresentam valores de perda de solo por erosão hídrica considerados muito altos de acordo com as recomendações da FAO, PNUMA e UNESCO, referentes a classificação do grau de erosão hídrica, cuja tabela pode ser observada no item revisão bibliográfica do presente trabalho.

A distribuição das classes de perda de solo obtidas com as simulações para o mês de novembro de 1999, em relação a área total da BHRC, expressas em (há) e em (%) é apresentada na tabela 18.

Tabela 18 – Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Novembro de 1999.

Cenário 11 – Novembro de 1999		
Classes de perda	Área em (Há)	Área em (%)
0,00 0,049	1096,585	35
0,049 12,042	899,8608	28,75
12,042 75,73	549,662	17,55
75,73 254,826	391,377	12,55
4,826 448,165	192,6336	6,15
Total	3130,118	100

CENÁRIO 12

O Cenário 12, apresenta os resultados das simulações para o mês de Dezembro de 1999, que podem ser observados na Figura 24 a seguir. Analisando o mapa obtido no Cenário 12, juntamente com a Tabela 19 mostrada abaixo e que apresenta a distribuição de das classes de perda de solo na BHRC para o mês de Dezembro de 1999, pode-se dizer que há uma diminuição nos valores de perda de solo por erosão hídrica, porém ainda

são encontradas áreas com altos valores de perda de solos, como observado na tabela abaixo, aproximadamente 60% apresentam nenhum ou valores baixos de perda de solos, 30% com valores baixos a moderados e 5% da área da BHRC apresentam valores altos a muito altos de acordo com a classificação do grau de erosão hídrica utilizada.

A figura 24 abaixo mostra o cenário com a estimativa de erosão em [t/ha] para o mês de Dezembro de 1999, na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha-MG

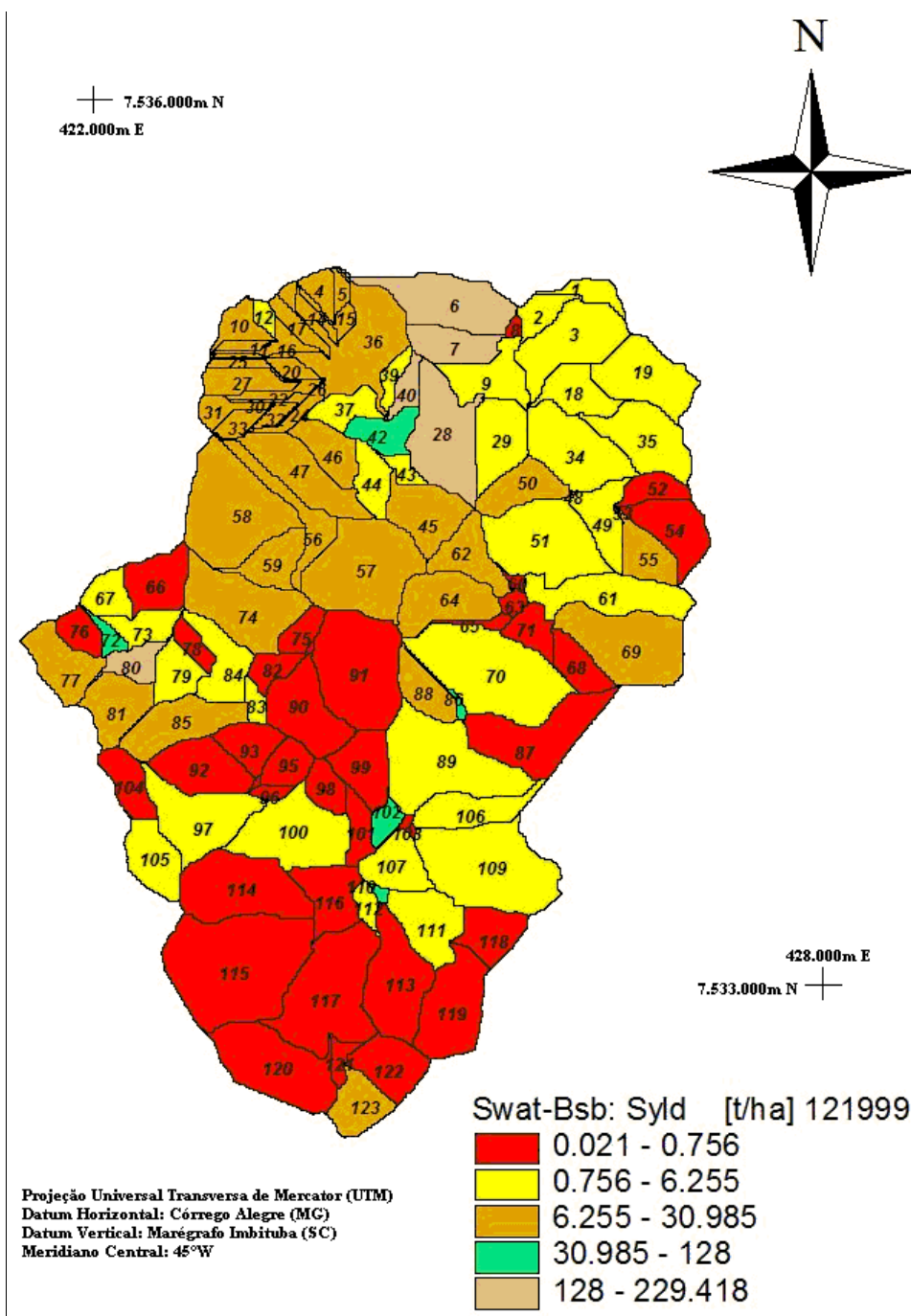


Figura 24 – Cenário12 de perda de solos na BHRC no mês de Dezembro de 1999.

A distribuição das classes de perda de solo obtidas com as simulações para o mês de Dezembro de 1999, em relação a área total da BHRC, expressas em (há) e em (%) é apresentada na tabela 19.

Tabela19 – Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, no mês de Dezembro de 1999.

Cenário 12 - Dezembro de 1999		
Classes de perda	Área em (Há)	Área em (%)
0,00 0,756	909,63	29,06
0,756 6,255	1035,296	33,08
6,255 30,985	989,728	31,62
30,985 128	37,6387	1,2
128 229,418	157,8248	5,04
Total	3130,118	100

A apresentação dos cenários de erosão hídrica obtidos com as simulações do modelo matemático AVSWAT, para os meses de janeiro a dezembro de 1999, pode trazer algumas dúvidas referentes ao motivo pelo qual as variações nos valores das classes de erosão encontradas ocorreram, ou seja, o porquê das variações entre os meses do ano no que diz respeito aos valores de perda de solo por erosão hídrica, o porquê de não haver variações significativas entres os meses de Maio a Setembro de 1999, o motivo que pode ter levado o mês de novembro a ter valores de perda de solo por erosão hídrica que superam dezembro e janeiro.

Em parte, o motivo pelo qual este fenômeno acontece, pode ser observado através do gráfico apresentado na figura 25, que traz os valores de precipitação média mensal para o ano de 1999 na BHRC.

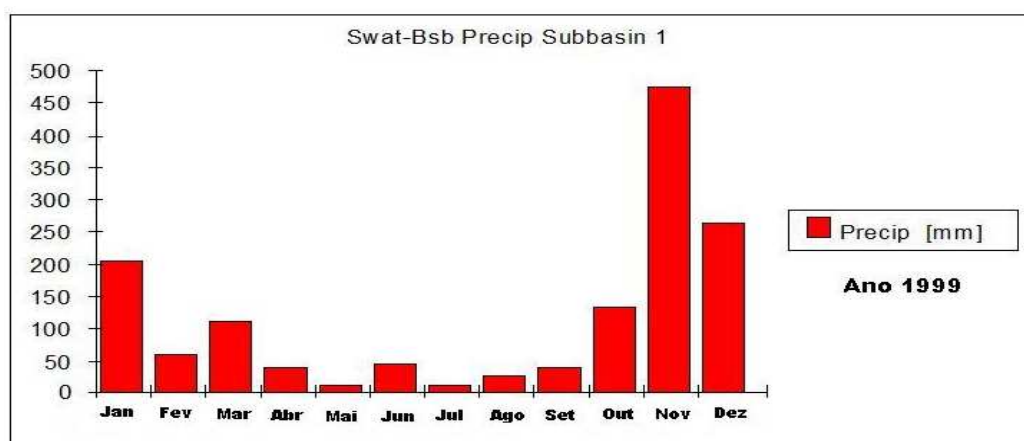


Figura 25 - Valores de precipitação média mensal para o ano de 1999 na BHRC.

Observa-se pela figura 25, que as médias de precipitação mensal durante o ano de 1999, apresentam variações que podem dar uma boa noção do motivo das diferenças entre as classes de valores de perda de solo por erosão hídrica encontrados para a BHRC. Entre os meses de maio a setembro são observadas as menores médias de precipitação na bacia, embora o mês de junho possa ter apresentado uma média aparentemente menor que o mês de abril, os valores de perda podem ter sido influenciados pela distribuição diária dessa precipitação, nota-se também que o mês de novembro apresenta uma média mensal de precipitação bem maior que os meses de janeiro e dezembro, explicando as suas diferenças em valores de perda de solo por erosão hídrica.

Um outro dado que pode ser utilizado para entender as variações nos valores de perda de solo por erosão hídrica na BHRC, é apresentado na Figura 26, que traz o gráfico com os valores de escoamento superficial médio, para os meses de Janeiro a dezembro de 1999. Da mesma forma que os valores de precipitação, os valores apresentados neste gráfico levam a entender os valores de perda de solo obtidos de acordo com as simulações feitas com o modelo AVSWAT.

A Figura 26 a seguir, apresenta o gráfico com os valores médios de escoamento superficial para os meses de janeiro a dezembro de 1999.

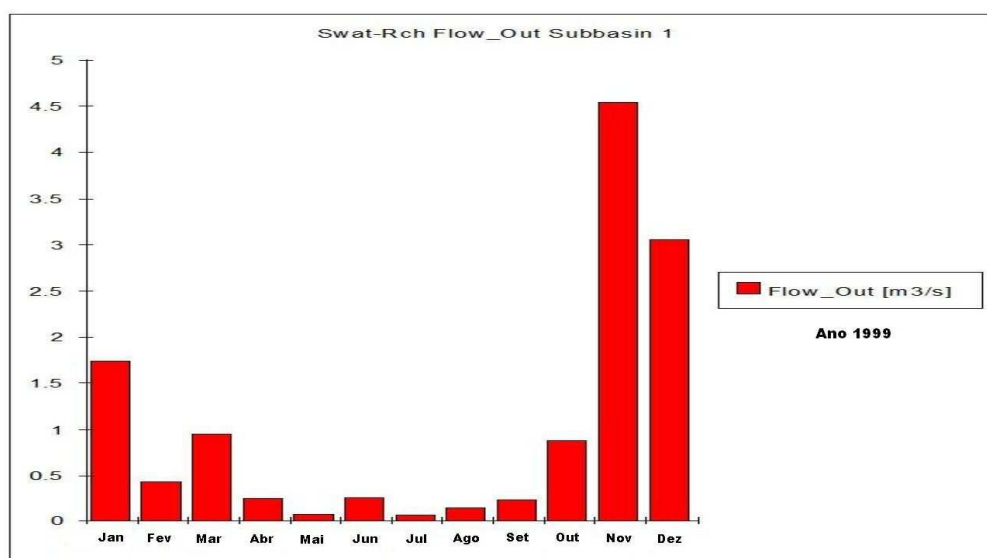


Figura 26 - Valores médios mensais de escoamento superficial para o ano de 1999 na BHRC.

4.3.1 - Cenários alternativos simulados no AVSWAT

Os Cenários 13 a 15, apresentados a seguir, apresentam resultados de simulações considerando situações alternativas de uso do solo, com a finalidade de ilustrar a influência dos tipos de utilização dos solos da BHRC, na potencialização dos valores de perda de solo por erosão hídrica encontrados para a referida bacia.

CENÁRIO 13

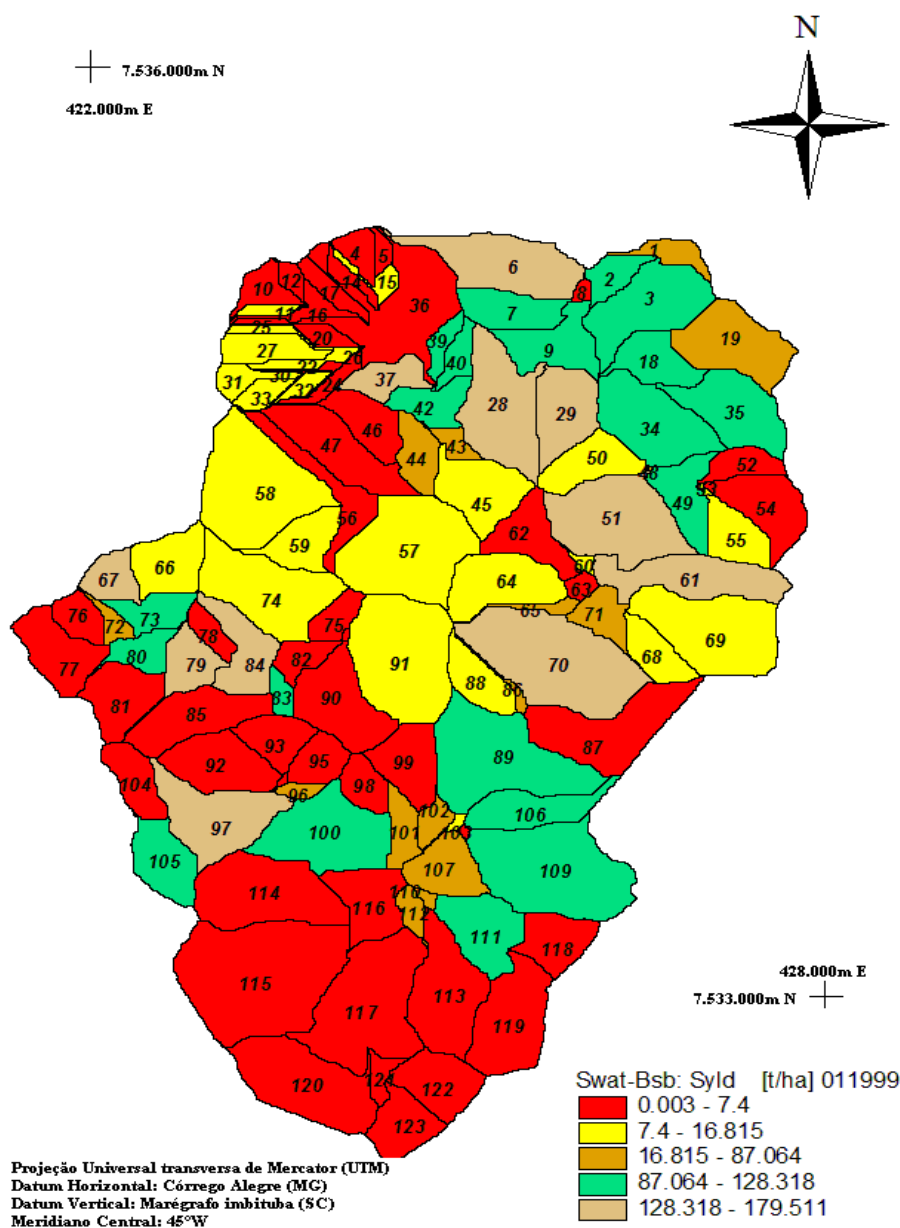


Figura 27 – Cenário13 de perda de solos na BHRC, considerando o uso do solo total na BHRC como Pastagem.

O Cenário 13 apresentado na Figura 27, trás a simulação da perda de solo por erosão hídrica que seria obtida se toda a área da bacia fosse ocupada por pastagem, esta simulação foi feita considerando as mesmas classes de altitude, declividade e de solos já apresentados anteriormente, sendo alterado apenas o uso do solo.

A Tabela 20 a seguir, ilustra a representatividade das classes de perda de solo por erosão hídrica obtidas na simulação em relação a área total da BHRC.

Tabela20 – Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, considerando a Pastagem como o uso do solo para toda a BHRC em 1999.

Cenário 13 – considerando o único uso do solo na BHRC como pastagem		
Classes de perda	Área em (Há)	Área em (%)
0,003 – 7,4	168,6444	42.26
7,4 – 16,815	473,5746	16.71
16,815 – 87.064	641,9492	5.39
87.064 – 128,318	523,1529	20.51
128,318 – 179,511	1322,797	15.13
Total	3130,118	100

Observa-se através de uma análise da Figura 27, juntamente com a Tabela 20, que ao se considerar a pastagem como sendo o uso do solo em toda a BHRC, aproximadamente 45% da área da bacia apresenta valores considerados baixos para a perda de solo por erosão hídrica, enquanto que em torno de 16% apresentam valores considerados de perda moderada e 39% com valores considerados de perda alta, ou seja, uma porção bastante grande da bacia com valores de perda considerada alta de acordo com as recomendações da FAO, PNUMA e UNESCO, referentes a classificação do grau de erosão hídrica, cuja tabela pode ser observada no item revisão bibliográfica do presente trabalho.

CENÁRIO 14

Percebe-se com as informações da figura 28, que representa o cenário 14 e em conjunto com os dados da tabela 21, a qual trás a distribuição de das classes de perda de solo na BHRC em 1999, que se considerarmos a bacia como um todo, ocupada com plantio de milho, teremos aproximadamente 50% da bacia apresentando valores de

perda de solo por erosão hídrica considerados baixo a moderados, em torno de 25% com valores considerados moderados a altos e os 25% restantes com valores considerados altos a muito altos, o que já dá uma idéia de que a mudança de uso e ocupação do solo na BHRC influencia diretamente nas quantidades de solo perdidas por erosão hídrica.

A Figura 28, que representa o cenário 14 obtido nas simulações com o modelo AVSWAT, trás uma situação do que poderia ser observado se a cultura do milho fosse utilizada como única atividade de uso do solo na área total da BHRC.

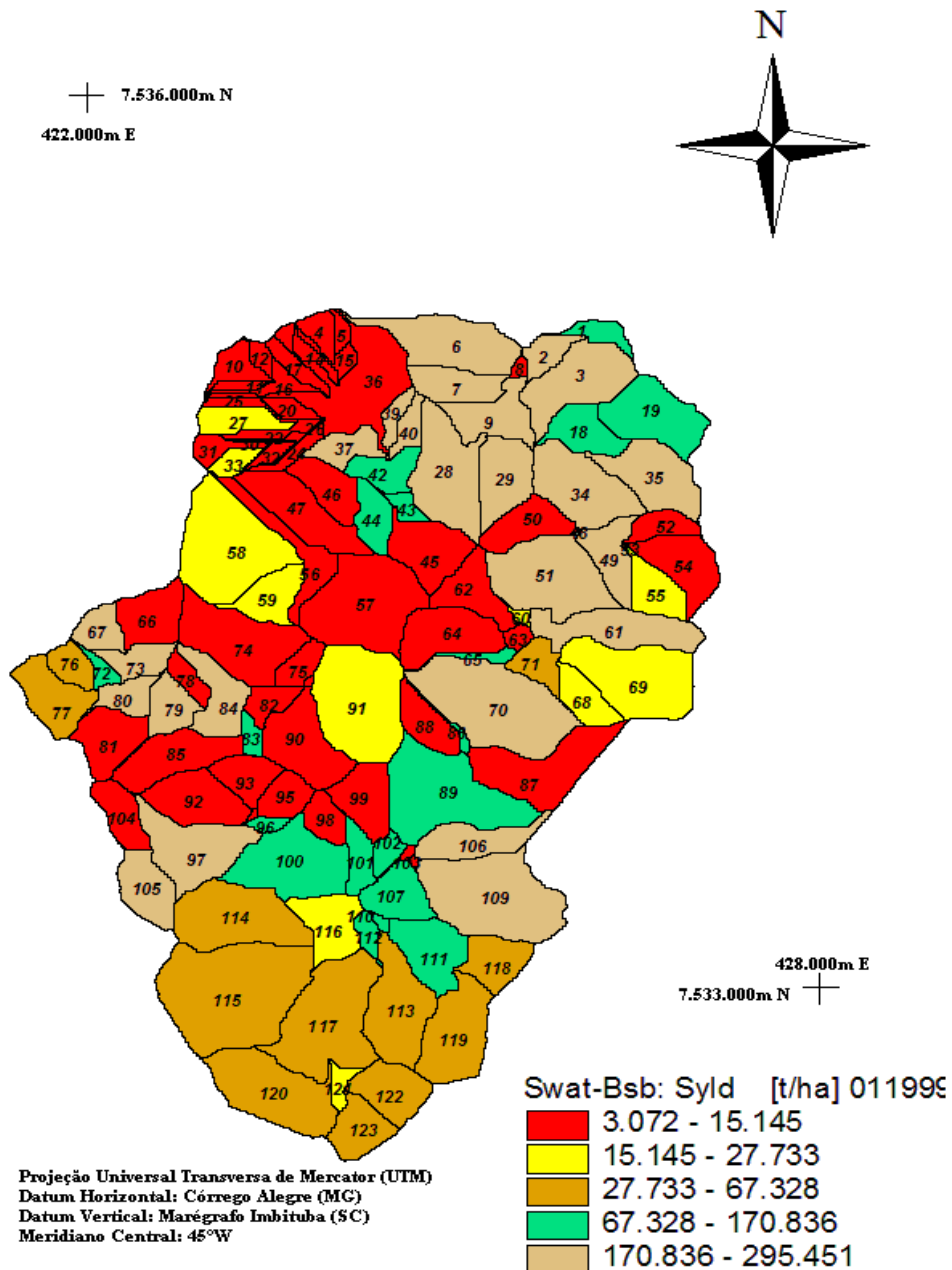


Figura 28 – Cenário14 de perda de solos na BHRC, considerando a cultura do milho como sendo o uso do solo total na BHRC.

As representatividades das classes de perda de solo por erosão hídrica obtidas nesta simulação, considerando a cultura do milho como o uso do solo na área total da BHRC, são apresentadas na Tabela 21.

Tabela 21 – Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, considerando a cultura do milho como o uso do solo para toda a BHRC em 1999.

Cenário 14 – considerando a cultura do milho como o único uso do solo na BHRC			
BHRC			
Classes de perda		Área em (Há)	Área em (%)
3,072 – 15,145		547,492	17.49
15,145 – 27,733		920,9301	29.42
27,733 – 67,328		373,6878	11.94
67,328 – 170,836		342,0888	10.93
170,836 – 295,451		945,919	30.22
Total		3130,118	100

CENÁRIO 15

Percebe-se com a análise da Figura 29 e da Tabela 22, que com a bacia ocupada totalmente com mata, a perda de solo por erosão hídrica diminui consideravelmente, porém ainda apresenta mais de 55% da área total da BHRC, com valores de perda de solo por erosão hídrica, considerados altos de acordo com a classificação do grau de erosão hídrica utilizada neste trabalho e já citada anteriormente. Este fato indica que o uso do solo potencializa sim os valores de perda de solo por erosão hídrica na BHRC, porém mesmo se ocupada integralmente por mata que é considerada a melhor condição de uso em uma bacia no que diz respeito a proteção do solo contra erosão hídrica, a BHRC apresentaria ainda boa parte de sua área com valores de perda de solo por erosão hídrica classificados como altos, de acordo com os resultados da simulação com o modelo AVSWAT, obtidos para o ano de 1999.

A Tabela 22 apresenta a representatividade das classes de perda de solo por erosão hídrica obtidas na simulação, considerando mata como a ocupação total da BHRC.

Tabela 22 – Distribuição de das classes de perda de solo na BHRC, considerando Mata como a ocupação do solo na BHRC 1999.

Cenário 15 – considerando mata como a única ocupação do solo na BHRC		
Classes de perda	Área em (Há)	Área em (%)
0,003 – 3,907	159,7547	5,1
3,907 – 14,035	473,5746	15,13
14,035 – 71,208	542,0692	20,52
71,208 – 103,339	1385,825	44,27
103,339 – 144,61	468,8945	14,98
Total	3130,118	100

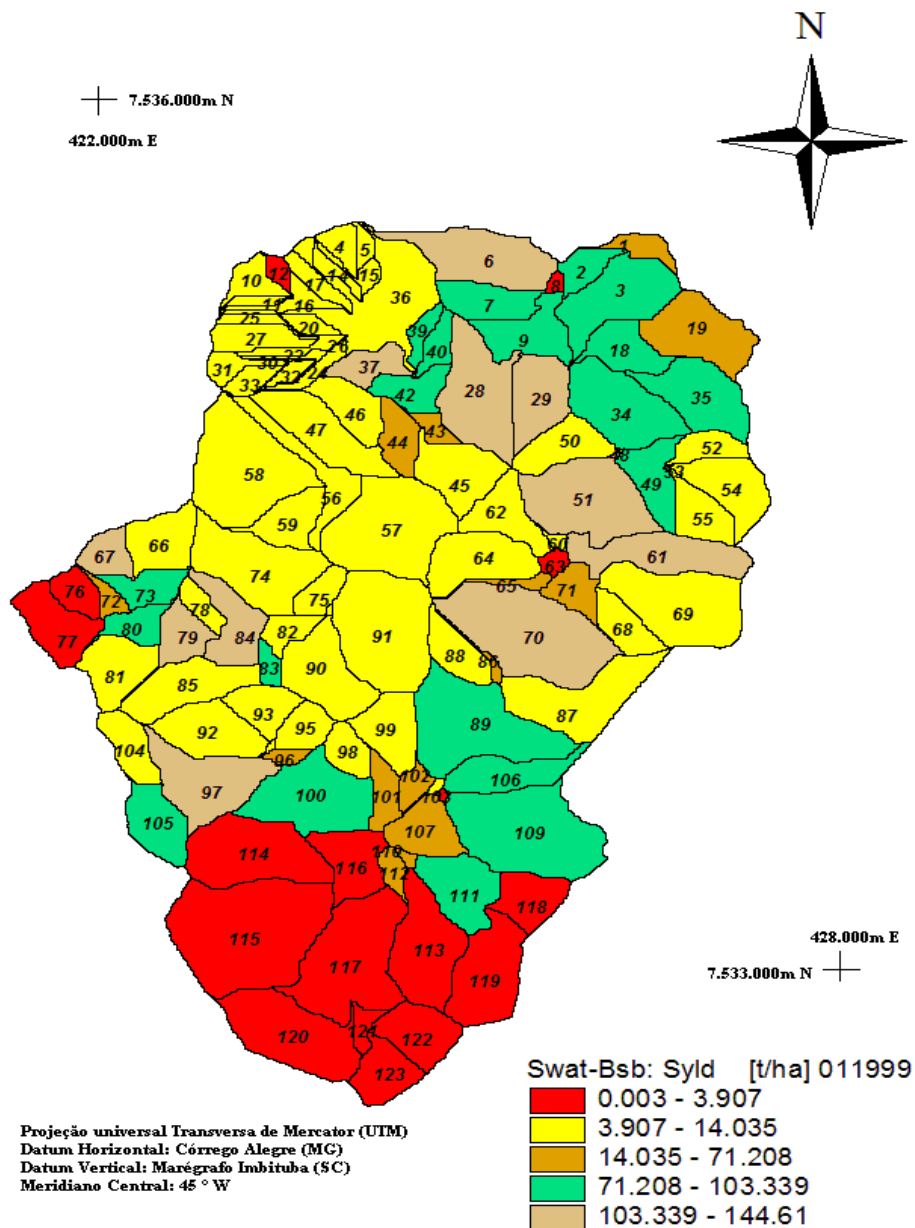


Figura 29 – Cenário15 de perda de solos na BHRC, considerando mata a ocupação total do solo na BHRC.

Os Cenários 16 e 17, apresentam situações hipotéticas que ilustram a influência do tipo de solo nos valores de erosão hídrica para a BHRC, obtidos na simulação com o modelo AVSWAT.

CENÁRIO 16

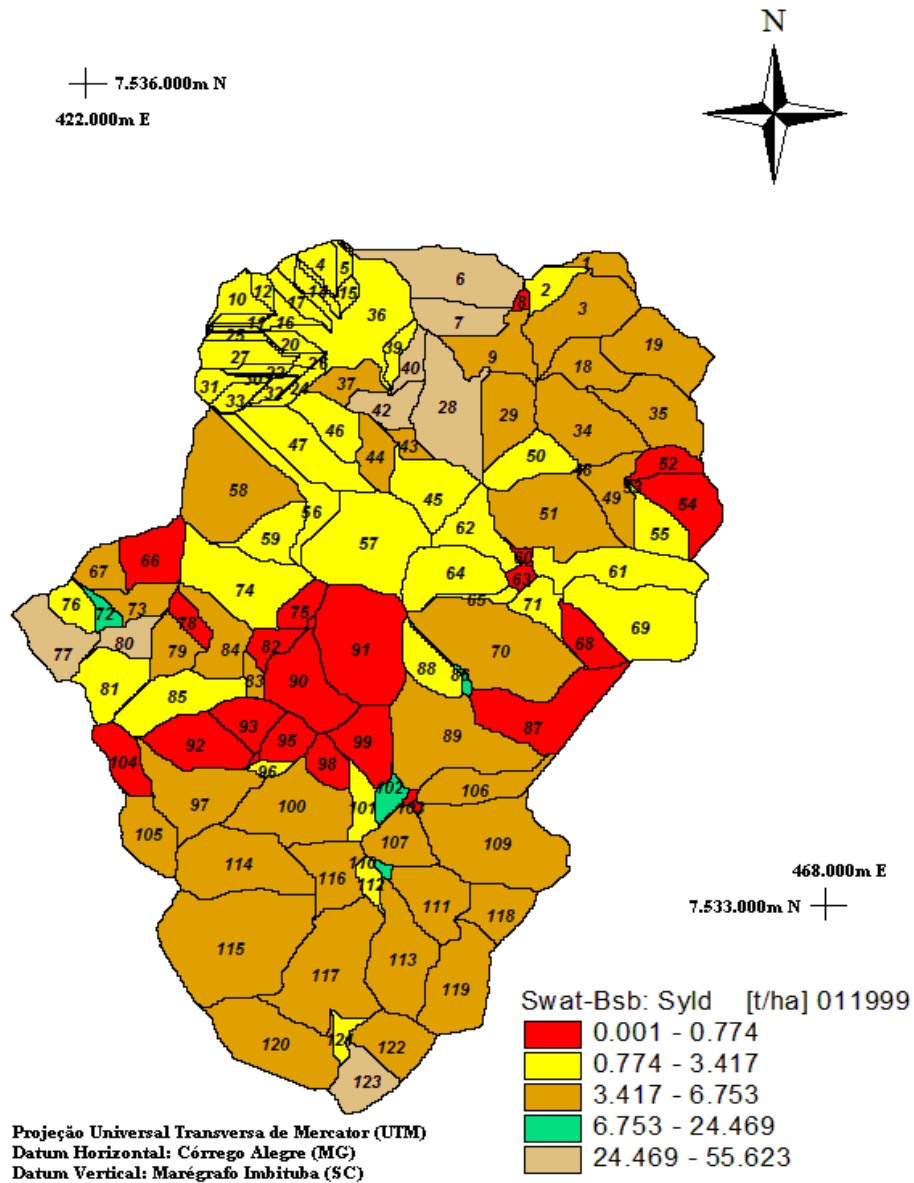


Figura 30 – Cenário16 de perda de solos na BHRC, considerando Latossolo o único solo presente na BHRC.

CENÁRIO 17

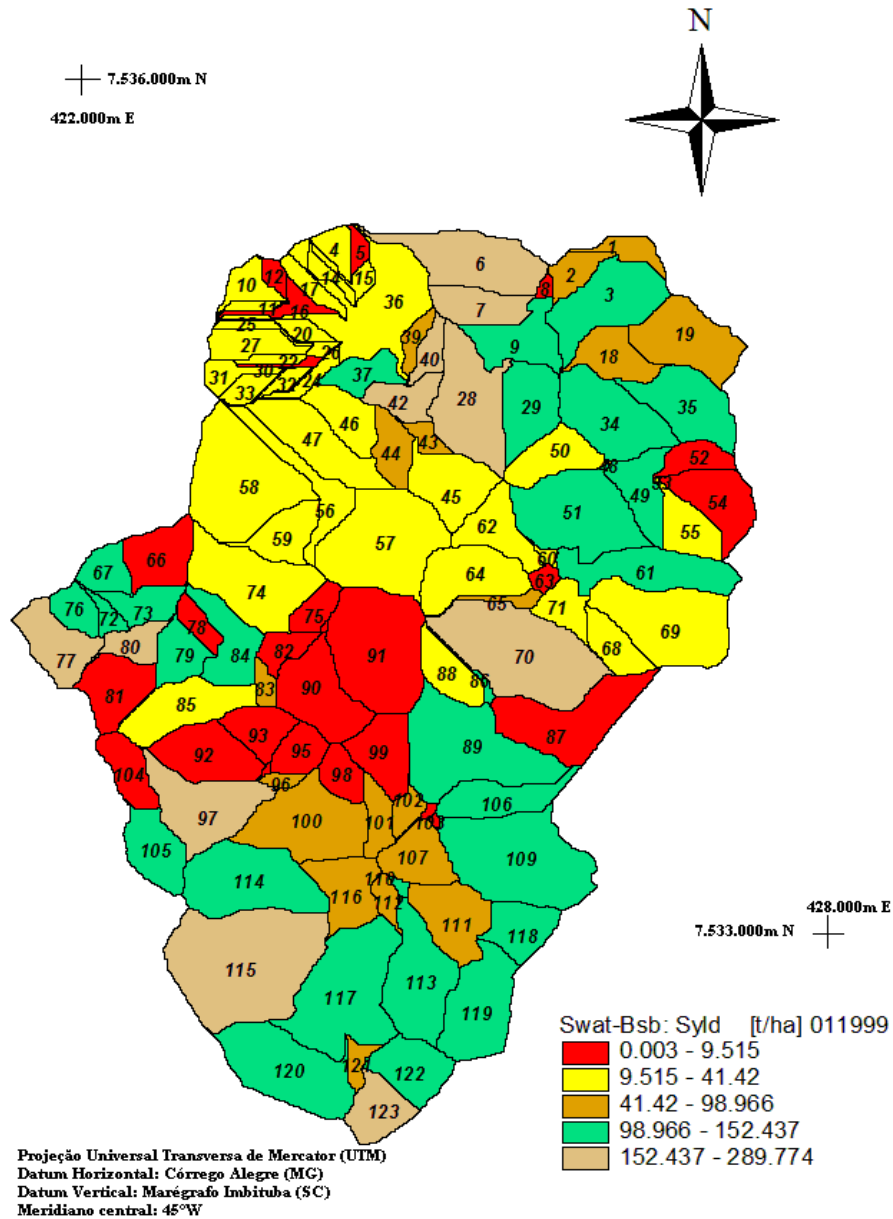


Figura 31 – Cenário17 de perda de solos na BHRC, considerando Podzólico Vermelho-Amarelo o único solo presente na BHRC.

De acordo com a Figura 31 que representa o cenário 17, pode-se observar que a mudança do solo de Latossolo Escuro para Podzólico Vermelho-amarelo, ocasionou um aumento em potencial das perdas de solo por erosão hídrica na BHRC, enquanto na condição de Latossolo, ilustrada na Figura 16, os valores eram considerados no máximo moderados em sua grande maioria, na condição de Podzólico Vermelho-Amarelo, ilustrada na Figura 17, os valores de perda de solo Por erosão hídrica alcançam em sua

maioria, valores considerados de altos a muito altos, ilustrando a influencia do tipo de solo no potencial de suscetibilidade à erosão hídrica de uma Bacia Hidrográfica.

Os resultados obtidos neste trabalho para perda de solo por erosão hídrica com as simulações no modelo AVSWAT, foram comparados com os resultados obtidos no trabalho realizado por Paes et. al (2010, Submetido), que utilizou a equação universal da perda de solos (EUPS) na mesma região e se mostraram bastante próximos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em conformidade com a proposta deste trabalho, foram realizadas simulações utilizando o modelo hidrossedimentológico AVSWAT, com o intuito de estimar valores de perda de solos por erosão hídrica na bacia hidrográfica do Ribeirão da Cachoeirinha (BHRC) - MG, a princípio as simulações seriam realizadas para toda a bacia hidrográfica do município de Santa Rita do Sapucaí (BHSRS) - MG, a decisão de realizar as simulações para a BHRC, partiu do momento em que as dificuldades de obtenção de dados como mapa de solos e principalmente dados climatológicos se tornaram evidentes e demandaram um trabalho bastante oneroso no que diz respeito ao tempo que se tem disponível para a realização deste tipo de trabalho, vale ressaltar que é um trabalho pioneiro na região e que partiu do zero, ou seja, não havia um estudo disponível pra a região que pudesse fornecer dados confiáveis que tornassem o trabalho mais ágil, um dos motivos que também influenciaram na opção pelas simulações na BHRC, é o fato da mesma ser uma sub-bacia da BHSRS e apresentar características bem semelhantes como, por exemplo, os mesmo tipos de solo, as mesmas classes de uso do solo, classes de declividade e altitude semelhantes e os dados climatológicos são da mesma região, ou seja, os resultados obtidos para a BHRC, dão uma boa noção do que acontece em toda a BHSRS.

Para a realização das simulações, todos os mapas apresentados neste trabalho são inéditos e foram confeccionados para este estudo com o auxílio do SIG Idrisi na Versão Andes e convertidos para os formatos GRID e SHAPE com o auxílio do SIG ArcGis através da ferramenta ArcMap, para que estivessem em formatos compatíveis com os solicitados pelo modelo AVSWAT.

As simulações com o Modelo AVSWAT, foram realizadas para estimar valores de perda de solo por erosão hídrica mês a mês no ano de 1999 e apresentaram resultados satisfatórios, foi possível perceber como já era esperado nos cenários 1, 11 e 12, que os resultados das simulações para os meses com maiores índices de precipitação como novembro, dezembro e janeiro, apresentaram os maiores valores de perda de solo por erosão hídrica independentemente do uso do solo, o que mostra uma grande influência de fatores como a quantidade de precipitação, declividades e tipos de solo na BHRC no que diz respeito aos resultados obtidos para erosão, no restante dos meses do ano de 1999, apresentados nos cenários de 2 a 10, os valores obtidos com as simulações foram

classificados como baixos a moderados de perda de solo por erosão hídrica, de acordo com as recomendações da FAO, PNUMA e UNESCO, referentes a classificação do grau de erosão hídrica, tabela apresentada no item revisão bibliográfica deste trabalho, o que leva a crer que isso se dá ao fato de serem meses com índices de precipitação relativamente baixos, o que mostra a grande influência da precipitação nos valores obtidos para erosão na BHRC. Áreas em que o uso do solo observado foi agricultura, solo exposto ou pasto também apresentaram os maiores índices de erosão o que já era esperado e o mesmo acontece em áreas com maiores índices de declividade.

Os Cenários de 13 a 15, ilustram a influência do uso do solo nos valores de perda de solo por erosão hídrica na BHRC, percebe-se que mesmo ocupada com mata, a BHRC apresenta áreas com valores considerados altos de erosão hídrica no mês de janeiro, um mês com elevado índice de precipitação, percebe-se no cenário 14 que esses valores e elevam quando o uso do solo é alterado para a cultura do milho por exemplo, apresentando valores considerados muito altos de acordo com a classificação já citada.

Os cenários 16 e 17 ilustram a influência do tipo de solo nos valores de erosão obtidos, percebe-se neste caso que as áreas de Podzólico Vermelho-Amarelo são mais susceptíveis à erosão hídrica do que as áreas de Latossolo Vermelho Escuro, se consideradas as mesmas condições de uso, quantidade de precipitação e dos outros fatores utilizados neste estudo.

Por ser um estudo pioneiro na região, os resultados obtidos se mostraram bastante satisfatórios, devendo-se ressaltar que a confecção de um mapa de solos para a região mais detalhado e apresentado a nova classificação de solos, bem como a obtenção de dados climáticos mais apurados para a região da bacia estudada pode levar a resultados ainda mais alarmantes no que diz respeito a perda de solo por erosão hídrica na BHRC.

Os resultados obtidos nas simulações com o modelo AVSWAT, já mostram a necessidade de se planejar o uso e ocupação dos solos da BHRC, a partir do ano de 1999, a obtenção de dados mais apurados de clima e a confecção do mapa de solos dentro da classificação atualmente utilizada, juntamente com os dados já obtidos pode possibilitar a obtenção de diversos cenários atuais e futuros para a BHRC, o que facilitará no processo de gestão e conservação da referida bacia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADREOLI, C. V.; HOPPEN, C.; PERGORINI, E. S.; DALARMI, O. A crise da água e os mananciais de abastecimento. In: Adreoli, C. V. (org) Mananciais de abastecimento: planejamento e gestão, Estudo de caso do Altíssimo Iguazú. Curitiba: Sanepar, Finep, 2003. p. 35-84.

ANDRIOLO, Marcos Vinícius ; SANTOS, Irani dos ; GIBERTONI, Rosana Colaço ; CAMARGO, A.S.G. . Calibração do modelo SWAT para a produção e transporte de sedimentos. In: VI SIMPÓSIO SOBRE PEQUENAS E MÉDIAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS, 2008, Belo Horizonte. ANAIS DO VI SPMCH. Belo Horizonte : COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2008. v. 1. p. 1-17.

BALTOKOSKI, Valmir ; TAVARES, M. H. F. ; MACHADO, R. E. ; OLIVEIRA, M. P. . Calibração de modelo para a simulação de vazão e de fósforo total nas sub-bacias dos rios conrado e pinheiro - Pato Branco - PR. Revista Brasileira de Ciência do Solo (Impresso), v. 34, p. 253-261, 2010.

BOLLMANN, H, A.; Marques, D. M. L. M. Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica e carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa – PB, v. 11, n. 4, p. 343-352, out/dez, 2006.

BORDAS, M. P.; Selmmelmann, F, R. Elementos de engenharia de sedimentos. In: Tucci, C. E. M. (org). Hidrologia: Ciência e Aplicação. 2. Ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

CARNELLOSI, F. C. Aporte de sedimentos, nutrientes e microorganismos no rio Portuguesa, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – 2007, p. 15.

CARVALHO, N. O.; FILIZOLA Jr, N.P.; SANTOS, P. M . C.; LIMA, J. E. F.W. Guia de práticas sedimentométricas. Brasília: ANEEL. 2000. 154p.

CASAGRANDE, L. Avaliação do parâmetro de propagação, de sedimentos do modelo de williams (1975) na bacia do rio vacacaí-mirim com o auxílio de técnicas de geoprocessamento, 2005 Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, Brasil - 2005.

CHENG Hongguang, Ouyang Wei, Hao Fanghua, et al. (2007) The Non-point Source Pollution in Livestock-breeding Areas of the Heihe Riverbasin in Yellow River. *Journal of Stochastic Environmental Research & Risk Assessment* 21(3):213–22.

COSTAS, M. FELIPE T. Avaliação Hidrossedimentológica de uma Pequena Bacia Hidrográfica em Urbanização.. 2003. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – Brasil - 2003.

COSTA, F. H. S. ; SOUZA FILHO, C. R. ; RISSO, A. . Modelagem espaço-temporal da erosão e potencial contaminação de Arsênio e Chumbo na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape (SP).. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 39, p. 338-349, 2009.

CRESTANA, S. VAZ, C.M.P. Instrumentação avançada em ciência do solo. 1 ed. Brasília: Embrapa, 2007, v. 1, p. 291-340.

DIAS, J. R. Aplicação do modelo hidrológico AGNPS2001 Utilizando dados observados da bacia do Arroio Vacací - Mirim - Dissertação de Mestrado - PPGEC. Santa Maria, RS, Brasil, 2003.

DI LUZIO, M.; SRINIVAZAN, R.; ARNOLD, J.G.; NEITSCH, S.L. ArcView interface for SWAT2000: User's guide. 2002. 345p.

EASTMAN, J. R. Idrisi for Windows: Manual do usuário. Porto Alegre: UFRS, 1998.

EASTMAN, J R. IDRISI Andes: Guide to GIS and image processing. Manual version 15. Worcester: Clark University, 2006.

FREITAS, Leonardo Figueiredo de ; CARVALHO JR., Osmar Abílio de ; GUIMARÃES, Renato Fontes ; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso ; MARTINS, Éder de Souza ; GOMES-LOEBMANN, Daniel . Determinação do Potencial de Erosão a partir da Utilização da EUPS na Bacia do Rio Preto. Espaço e Geografia (UnB), v. 10, p. 431-452, 2007.

GUERRA, Antonio Teixeira, Novo Dicionário Geológico - Geomorfológico /Antonio Teixeira Guerra e Antonio José Teixeira Guerra – 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 652p, 2003.

HILU, A. Estudo da Erosão Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Marumbi no Estado do Paraná, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, UFPR, Brasil - 2003.

JAMES, W.; HUBER, W. C.; DICKINSON, R. E.; PITT, R. E.; JAMES, W. R. C.; ROSENER, L. A.; ALDRICH, J. A. (2003). User's Guide to SWMM, publicado por CHI, Guelph, Ontario, Canada.

JETTEN, V., GOVERS, G. & HESSEL, R. (2003). Erosion models: quality of spatial predictions. Hydrol. Process. 17, 887-900.

JESUS, H. C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da ilha de Vitória-ES. Revista Química Nova, São Paulo – SP, v. 27 , n.3,p. 378 – 386, 2004.

KALIN, L.; GOVINDARAJU, R. S.; HANTUSH, M. M. Effect of geomorphologic resolution on modeling of runoff hydrograph and sedimentograph over small watersheds. Journal of Hydrology, v.276,p.89-111, 2003.

LACROIX, M. P.; MARTZ, L. W.; KITE, G. W.; GARBRECHT, J. Using Digital Terrain Analysis Modeling Techniques for the Parametrization of a Hydrological Model. Environmental Modelling & Software, v. 17, p.127-136, 2002.

LIMA, J. E. F. W. ; SILVA, E. M. da . Seleção de modelos para o traçado de curvas granulométricas de sedimentos em suspensão em rios. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, p. 101-107, 2007.

LOPES, Nadia Hidemi Yano ; KOBAYAMA, Masato ; SANTOS, Irani dos . Relação entre concentração de sedimentos em suspensão e vazão em microbacias experimentais na região norte do Estado de Santa Catarina, Brasil.. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e 8 Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2007, São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e 8 Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa.

LOPES, N.H.Y. Análise da produção de água e sedimentos em microbacias experimentais com o modelo SWAT. Tese de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2008.

LOPES, Nadia Hidemi Yano ; KOBAYAMA, Masato . Análise do Equilíbrio Hidrossedimentológico em uma Microbacia Experimental com o Modelo SWAT e as Características Geomorfológicas.. In: VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte. Dinâmica e diversidade de paisagens, 2008.

MAMEDE, G. L. ; ARAUJO, J. C. ; MEDEIROS, P. H. A. ; BRONSTERT, A. . Modelo hidrossedimentológico WASA-SED: aplicação para o semi-árido brasileiro. In: VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2008, Campo Grande. MS. Anais do VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2008.

MATA-LIMA, H., MATA, I., LIMA, A. (2005). Aplicação e Validação de um modelo estocástico de variáveis climáticas. o caso da precipitação. *Ingeniería del Agua, International Journal of IAHR*, 12(1): 27-37.

MINOTI, Ricardo tazini. Abordagens qualitativa e quantitativa das microbacias hidrográficas alagáveis de um compartimento do médio Mogí-Superior-SP a partir da perda de solo por erosão. São Carlos, 2006.

MORO, M. A utilização da interface SWAT-SIG no estudo da produção de sedimentos e do volume do escoamento superficial com simulação de cenários alternativos. 2005. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, L.G. KINIRY, J.R. WILLIAMS, J.R. KING, K.W. Soil and Water Assessment Tool – User’s Manual: Version 2000. Temple: Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 2002a, 458p.

NEVES, F. F. ; SILVA, F. G. B. ; CRESTANA, S. . Uso do modelo AVSWAT na avaliação do aporte de nitrogênio (N) e fósforo (P) aos mananciais de uma microbacia hidrográfica contendo atividade avícola. Revista da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, v. 4, p. 1-19, 2006.

NEVES, F. F. (2010). Avaliação da influência de sedimentos em suspensão em populações de *Corbicula fluminea*(MÜLLER, 1774) (Mollusca, Bivalvia, Corbiculidae): análise comparativa em duas microbacias hidrográficas do Estado de São Paulo, Brasil. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo. 162p.

PACHECHENIK, P. E. Caracterização hidrológica e da fragilidade ambiental na bacia do Rio das Pedras, Guarapuava – PR. 2005. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Curso de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná – UFPR – Curitiba, 2005.

PAIVA, R.C.D., PAIVA, E.M.C.D. Simulação hidrológica com modelo SWAT na Bacia Menino Deus I, representativa da Mata Atlântica.. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006, Curitiba. I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste. Curitiba: ABRH, 2006.

PARANHOS, R. M. avaliação de metodologia para estimativa de produção de sedimentos em uma pequena bacia rural de encosta. 2003. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – BRSIL, 2003.

PEREIRA, J.C.D; PAES, F. S; SILVA, F. G. B. ; DUPAS, F. . Determinação preliminar de variáveis para aplicação da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

MACHADO, R. E. ; VETTORAZZI, C. A. ; XAVIER, Alexandre Cândido . Simulação de Cenários Alternativos de Uso da Terra em uma Microbacia Utilizando Técnicas de Modelagem e Geoprocessamento.. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n. 4, p. 727-733, 2003.

SANGOI, Raniere Gustavo. Avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos na bacia hidrográfica de São Martinho da Serra - RS, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Brasil - 2008.

Santhi C, Srinivasan R, Arnold JG, Williams JR (2006) A modeling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas. Environ Model Softw 21:1141–1157

SANTOS, C. A. G. ; SILVA, Richarde Marques da ; Aguiar, L.M.C. . Estimativa da produção de sedimentos na bacia experimental Jatobá a partir de técnicas de modelagem e geoprocessamento. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e do 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, 2007, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e do 8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Porto Alegre : ABRH, 2007. v. 1. p. 1-15.

SANTOS, I. dos. Modelagem geobiohidrológica como ferramenta no planejamento ambiental: estudo da bacia hidrográfica do rio pequeno, São José dos Pinhais-PR. Curitiba, 2001. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SANTOS, Irani dos – Hidrometria aplicada – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Curitiba 2001.

SANTOS, C. A. G ; SILVA, R. M. ; AGUIAR, L. M. C. Estimativa da produção de sedimentos na bacia experimental Jatobá a partir de técnicas de modelagem e geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2007, São Paulo. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos/8º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Porto Alegre : ABRH, 2007.

SANTOS, L. L. MODELOS HIDRÁULICOS-HIDROLÓGICOS: Conceitos e Aplicações. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 2, p. 1/3-19, 2009.

SILVA, F.G.B. e CRESTANA, S. Reunião de modelos e formulações para análise de erosão de solos em bacias hidrográficas voltados ao planejamento ambiental. In: Espíndola, E.L.G.; SCHALCH, V. (orgs.), **Bacia hidrográfica: diversas abordagens em pesquisa**. São Carlos: RIMA, 2004.

SILVA, (2004), PRODOC-CAPES/PPG-SEA – EESC/USP (2004) Silva, F.B.; Neves, F.F.; Crestana, S.. Avaliação da Perda de Solo em Sub-Bacias Hidrográficas da Região de Descalvado a Partir do Modelo AVSWATT. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, ANAIS, 2005.

SILVA, F. G. B.; MINOTI, R. T.; NETTO, A. A.; REIS, J. A. T.; TSUHAKO, E. M.; CRESTANA, S. Simulação da Produção de Sedimentos em uma Sub-bacia Hidrográfica Experimental com o modelo SWAT. **VI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**. Livro de Resumos Expandidos. 2005.

SILVA, F.G.B.(2005) Relatório Final relativo ao programa PRODOC-CAPES/PPG-SEA-EESC/USP. Erosão do solo e qualidade da água. O conceito de tolerância de perda de solo com uma nova abordagem voltada ao planejamento ambiental.

SILVA, F. G. B. ; PIOLTINE, V ; MINOTI, R. T. ; CRESTANA, S. ; DUPAS, F. . Estimativa preliminar de perda de solo com o uso do modelo AVSWAT para bacias da

região de Luis Antônio- S.P.. in: VII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 2006, PORTO ALEGRE.

SILVA, F. G. B. ; CRESTANA, S. Determinações Iniciais de Correlações entre Transporte de Sedimentos e Parâmetros de Qualidade de Água em Bacias Hidrográficas. In: **VIII SIBESA**, 2006, FORTALEZA. Anais do VIII SIBESA. Resumos Expandidos. 2006.

SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SILVA, L.P; SILVA, J.F.C.B.C. Soil loss prediction in Guaraíra river experimental basin, Paraíba, Brazil based on two erosion simulation models. Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 2, n. 3, p. 19-33, 2007.

SILVA, R. M. ; SANTOS, Celso Augusto Guimarães . Estimativa da produção de sedimentos mediante uso de um modelo hidrossedimentológico acoplado a um SIG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online), v. 12, p. 520-526, 2008.

SILVA, F. G. B. ;; MINOTI, R. T. ; NETO, F.L.; PRIMAVERSI, O.; CRESTANA, S. Previsão da perda de solo na Fazenda Canchim – SP (EMBRAPA) utilizando geoprocessamento e o USLE 2D. Eng Sanit Ambient | v.15 n.2 | abr/jun 2010 | 135-142.

SOUZA, C. F. ; Dornelles, A.M. ; ACIOLI, L. A. ; MERTEN, G. H. . Comparação dentre estimativas de produção de sedimentos na bacia do rio Potiribu. In: VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2006, Porto Alegre. Anais: VII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos. Porto Alegre : ABRH, 2006.

SOUZA, L.H.F.. A Transformação Técnico-científica no Meio Rural brasileiro pós 1990: uma reflexão sobre os impactos herdados do processo de modernização agrícola. Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, 17 (32): 47-60, jun. 2005.

TAVARES, José Aribério, Fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Punaú (RN) e área litorânea adjacente, Orientador: Prof. Dr. Elias Nunes. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências

Humanas, Letras e Artes. Programa de Pósgraduação em Geografia, 178f – Natal, RN, 178f, 2006.

TUCCI, C.E.M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998.

UZEIKA, T. (2009) Aplicação do modelo SWAT para a avaliação da produção de sedimentos em uma pequena bacia rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

VENDRAME, I. F.; LOPES, W. A. B. Análise do crescimento urbano e seus efeitos na mudança da dinâmica de escoamento superficial da bacua do Pararangaba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 16-21 abril 2005, Goiânia: INPE, 2005. P. 2555-2562.

XAVIER, F. V. Contribuições metodológicas ao estudo da produção e distribuição espacial de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Manso, utilizando o modelo AVSWAT. Cuiabá, 2009. 167p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

WEILL, M. A. M. ; SPAROVEK, G. . Estudo da erosão na Microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). I - Estimativa das taxas de perda de solo e estudo de sensibilidade dos fatores do modelo EUPS.. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, p. 801-814, 2008.

YOUNG, R.A.; ONSTAD, C.A.; BOSH, D.D. and Anderson, W.P. AGNPS: a nonpoint-source pollution model for evaluating agricultural watershed. Journal of Soil in Water Conservation, vol.44,n.2, p.168-173, 1989.

ZHANG J, Jørgensen SE (2005) Modelling of point and non-point nutrient loadings from a watershed. Environmental Modelling and Software 20:561–574.

ANEXOS

 Detailed LANDUSE/SOIL distribution SWAT model class Fri Jun 04 00:16:54 2010

	Area [ha]	Area [acres]
Watershed	3130.1175	7734.6768

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area
LANDUSE			
Pasture --> PAST	1 287.0669	3180.4066	41.12
Water --> WATR	0.3643	0.9002	0.01
Forest-Deciduous --> FRSD	654.7392	1 617.8933	20.92
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	40.8923	101.0469	1.31
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1144.2151	2827.4127	36.56
Residential-Med/Low Density --> URML	2.8397	7.0171	0.09

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area
SOIL			
LATOSSOLO	570.4214	1409.5397	18.22
PODZOLICO	2559.6961	6325.1371	81.78

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 1	10.5097	25.9700		0.34

LANDUSE:				
Pasture --> PAST	9.1659	2 2.6494	0.29	87.21
Forest-Deciduous --> FRSD	0.2206	0.5452	0.01	2.10
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.3109	0.7682	0.01	2.96
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.8123	2.0072	0.03	7.73

SOIL:				
PODZOLICO	10.5097	25.9700	0.34	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 2	13.1296	32.4439	0.42	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	1.3140	3.2469	0.04	10.01
Forest-Deciduous --> FRSD	6.3993	15.8130	0.20	48.74
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.4163	13.3840	0.17	41.25

SOIL:

PODZOLICO	13.1296	32.4439	0.42	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 3	49.4584	122.2142	1.58	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	41.0836	101.5196	1.31	83.07
Forest-Deciduous --> FRSD	1.6810	4.1537	0.05	3.40
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	1.1407	2.8186	0.04	2.31
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.3631	13.2524	0.17	10.84
Residential-Med/Low Density --> URML	0.1901	0.4698	0.01	0.38

SOIL:

PODZOLICO	49.4584	122.2142	1.58	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 4	9.3897	23.2024	0.30	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	1.7999	4.4477	0.06	19.17
Forest-Deciduous --> FRSD	1.4800	3.6570	0.05	15.76
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.1098	15.0976	0.20	65.07

SOIL:

PODZOLICO	9.3897	23.2024	0.30	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 5	4.6898	11.5887	0.15	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	1.1000	2.7180	0.04	23.45
Forest-Deciduous --> FRSD	1.6099	3.9782	0.05	34.33
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1.9799	4.8925	0.06	42.22

SOIL:

PODZOLICO	4.6898	11.5887	0.15	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

SUBBASIN # 6

Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
-----------	--------------	-----------	-----------

52.0583	128.6387	1.66	
---------	----------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	8.1597	20.1631	0.26	15.67
Forest-Deciduous --> FRSD	9.7697	24.1414	0.31	18.77
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.1900	0.4695	0.01	0.36
Agricultural Land-Generic --> AGRL	33.8989	83.7659	1.08	65.12
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0400	0.0988	0.00	0.08

SOIL:

PODZOLICO	52.0583	128.6387	1.66	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

SUBBASIN # 7

Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
-----------	--------------	-----------	-----------

24.1692	59.7233	0.77	
---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	5.9898	14.8011	0.19	24.78
Forest-Deciduous --> FRSD	1.8099	4.4725	0.06	7.49
Agricultural Land-Generic --> AGRL	16.3695	40.4497	0.52	67.73

SOIL:

PODZOLICO	24.1692	59.7233	0.77	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

SUBBASIN # 8

Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
-----------	--------------	-----------	-----------

2.2899	5.6585	0.07	
--------	--------	------	--

LANDUSE:

Forest-Deciduous --> FRSD	2.0999	5.1890	0.07	91.70
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.1900	0.4695	0.01	8.30

SOIL:

PODZOLICO	2.2899	5.6585	0.07	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 9	30.0390	74.2279	0.96	
--------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	19.3394	47.7885	0.62	64.38
Forest-Deciduous --> FRSD	1.7199	4.2501	0.05	5.73
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0100	0.0247	0.00	0.03
Agricultural Land-Generic --> AGRL	8.9697	22.1646	0.29	29.86

SOIL:

PODZOLICO	30.0390	74.2279	0.96	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 10	12.7396	31.4802	0.41	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.7117	1.7585	0.02	5.59
Forest-Deciduous --> FRSD	2.4357	6.0186	0.08	19.12
Agricultural Land-Generic --> AGRL	9.5923	23.7030	0.31	75.30

SOIL:

PODZOLICO	12.7396	31.4802	0.41	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 11	4.0599	10.0322	0.13	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.0200	0.0494	0.00	0.49
Forest-Deciduous --> FRSD	0.3200	0.7907	0.01	7.88
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.7199	9.1921	0.12	91.63

SOIL:

PODZOLICO	4.0599	10.0322	0.13	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 12	4.9698	12.2806	0.16	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.1503	0.3714	0.00	3.02
Forest-Deciduous --> FRSD	1.2625	3.1197	0.04	25.40
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.5570	8.7896	0.11	71.57

SOIL:

PODZOLICO	4.9698	12.2806	0.16	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 13	0.1500	0.3707	0.00	
---------------	--------	--------	------	--

LANDUSE:

Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.1500	0.3707	0.00	100.00
------------------------------------	--------	--------	------	--------

SOIL:

PODZOLICO	0.1500	0.3707	0.00	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 14	5.9298	14.6528	0.19	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.6465	1.5976	0.02	10.90
Forest-Deciduous --> FRSD	0.9698	2.3964	0.03	16.35
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0101	0.0250	0.00	0.17
Agricultural Land-Generic --> AGRL	4.3034	10.6339	0.14	72.57

SOIL:

PODZOLICO	5.9298	14.6528	0.19	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 15	6.2898	15.5424	0.20	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	1.9731	4.8756	0.06	31.37
Forest-Deciduous --> FRSD	0.8313	2.0542	0.03	13.22
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0100	0.0247	0.00	0.16
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.4754	8.5879	0.11	55.25

SOIL:

PODZOLICO	6.2898	15.5424	0.20	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 16	9.2197	22.7823	0.29	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	0.3235	0.7994	0.01	3.51
Forest-Deciduous --> FRSD	3.2451	8.0188	0.10	35.20
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.6511	13.9642	0.18	61.29
SOIL:				
PODZOLICO	9.2197	22.7823	0.29	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 17	9.3997	23.2271	0.30	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	1.1800	2.9157	0.04	12.55
Forest-Deciduous --> FRSD	0.8300	2.0509	0.03	8.83
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0100	0.0247	0.00	0.11
Agricultural Land-Generic --> AGRL	7.3698	18.2111	0.24	78.40
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0100	0.0247	0.00	0.11
SOIL:				
PODZOLICO	9.3997	23.2271	0.30	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 18	24.1092	59.5750	0.77	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	22.7647	56.2528	0.73	94.42
Forest-Deciduous --> FRSD	0.4246	1.0491	0.01	1.76
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0505	0.1249	0.00	0.21
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.8693	2.1482	0.03	3.61
SOIL:				
PODZOLICO	24.1092	59.5750	0.77	100.00

Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 19	44.9885	111.1688	1.44	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	37.2902	92.1460	1.19	82.89
Forest-Deciduous --> FRSD	1.6818	4.1558	0.05	3.74
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.3904	0.9647	0.01	0.87
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.6261	13.9023	0.18	12.51
SOIL:				
PODZOLICO	44.9885	111.1688	1.44	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 20	8.0097	19.7924	0.26	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	0.5179	1.2797	0.02	6.47
Forest-Deciduous --> FRSD	1.1048	2.7300	0.04	13.79
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.3870	15.7827	0.20	79.74
SOIL:				
PODZOLICO	8.0097	19.7924	0.26	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 21	0.0100	0.0247	0.00	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	0.0100	0.0247	0.00	100.00
SOIL:				
PODZOLICO	0.0100	0.0247	0.00	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 22	7.5298	18.6065	0.24	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	0.9549	2.3597	0.03	12.68
Forest-Deciduous --> FRSD	0.1427	0.3526	0.00	1.90
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.4322	15.8942	0.21	85.42

SOIL:

PODZOLICO	7.5298	18.6065	0.24	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 23	0.0100	0.0247	0.00	
---------------	--------	--------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.0100	0.0247	0.00	100.00
------------------	--------	--------	------	--------

SOIL:

PODZOLICO	0.0100	0.0247	0.00	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 24	7.5498	18.6559	0.24	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.4273	1.0560	0.01	5.66
Forest-Deciduous --> FRSD	0.2301	0.5686	0.01	3.05
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0110	0.0271	0.00	0.15
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.8814	17.0042	0.22	91.15

SOIL:

PODZOLICO	7.5498	18.6559	0.24	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 25	5.0098	12.3795	0.16	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.0503	0.1243	0.00	1.00
Forest-Deciduous --> FRSD	0.4024	0.9943	0.01	8.03
Agricultural Land-Generic --> AGRL	4.5571	11.2608	0.15	90.96

SOIL:

PODZOLICO	5.0098	12.3795	0.16	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 26	3.0999	7.6600	0.10	
---------------	--------	--------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.2524	0.6238	0.01	8.14
Forest-Deciduous --> FRSD	0.0303	0.0749	0.00	0.98
Agricultural Land-Generic --> AGRL	2.8172	6.9614	0.09	90.88

SOIL:

PODZOLICO	3.0999	7.6600	0.10	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 27	17.9094	44.2550	0.57	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.6119	1.5121	0.02	3.42
Forest-Deciduous --> FRSD	0.6221	1.5373	0.02	3.47
Agricultural Land-Generic --> AGRL	16.6753	41.2056	0.53	93.11

SOIL:

PODZOLICO	17.9094	44.2550	0.57	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 28	57.4181	141.8830	1.83	
---------------	---------	----------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	13.9465	34.4626	0.45	24.29
Forest-Deciduous --> FRSD	8.2197	20.3114	0.26	14.32
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	1.0312	2.5482	0.03	1.80
Agricultural Land-Generic --> AGRL	33.9703	83.9423	1.09	59.16
Residential-Med/Low Density --> URML	0.2503	0.6185	0.01	0.44

SOIL:

PODZOLICO	57.4181	141.8830	1.83	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 29	33.7789	83.4694	1.08	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	19.1063	47.2127	0.61	56.56
Forest-Deciduous --> FRSD	1.1810	2.9183	0.04	3.50
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0400	0.0989	0.00	0.12
Agricultural Land-Generic --> AGRL	13.4515	33.2394	0.43	39.82

SOIL:

PODZOLICO	33.7789	83.4694	1.08	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 30	0.9100	2.2487	0.03	
---------------	--------	--------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.0718	0.1775	0.00	7.89
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.8382	2.0711	0.03	92.11

SOIL:

PODZOLICO	0.9100	2.2487	0.03	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 31	9.6497	23.8449	0.31	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.6707	1.6573	0.02	6.95
Forest-Deciduous --> FRSD	0.1902	0.4700	0.01	1.97
Agricultural Land-Generic --> AGRL	8.7888	21.7176	0.28	91.08

SOIL:

PODZOLICO	9.6497	23.8449	0.31	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 32	4.8398	11.9594	0.15	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.9500	2.3474	0.03	19.63
Forest-Deciduous --> FRSD	0.1000	0.2471	0.00	2.07
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.7898	9.3649	0.12	78.31

SOIL:

PODZOLICO	4.8398	11.9594	0.15	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 33	8.6497	21.3738	0.28	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	0.4496	1.1110	0.01	5.20
Forest-Deciduous --> FRSD	0.0642	0.1587	0.00	0.74
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0107	0.0265	0.00	0.12
Agricultural Land-Generic --> AGRL	8.1252	20.0777	0.26	93.94
SOIL:				
PODZOLICO	8.6497	21.3738	0.28	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 34	51.4483	127.1313	1.64	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	33.4101	82.5580	1.07	64.94
Forest-Deciduous --> FRSD	5.9488	14.6997	0.19	11.56
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.4141	1.0232	0.01	0.80
Agricultural Land-Generic --> AGRL	11.6653	28.8254	0.37	22.67
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0101	0.0250	0.00	0.02
SOIL:				
PODZOLICO	51.4483	127.1313	1.64	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 35	42.0786	103.9783	1.34	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	21.9906	54.3399	0.70	52.26
Forest-Deciduous --> FRSD	5.3374	13.1891	0.17	12.68
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.1001	0.2474	0.00	0.24
Agricultural Land-Generic --> AGRL	14.6504	36.2019	0.47	34.82
SOIL:				
PODZOLICO	42.0786	103.9783	1.34	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 36	65.8578	162.7379	2.10	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	18.6796	46.1583	0.60	28.36
Forest-Deciduous --> FRSD	16.4570	40.6662	0.53	24.99
Agricultural Land-Generic --> AGRL	30.7211	75.9134	0.98	46.65
SOIL:				
PODZOLICO	65.8578	162.7379	2.10	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 37	16.6095	41.0429	0.53	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	7.0608	17.4476	0.23	42.51
Forest-Deciduous --> FRSD	3.2131	7.9398	0.10	19.35
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0302	0.0747	0.00	0.18
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.3054	15.5809	0.20	37.96
SOIL:				
PODZOLICO	16.6095	41.0429	0.53	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 38	0.0100	0.0247	0.00	
LANDUSE:				
Forest-Deciduous --> FRSD	0.0100	0.0247	0.00	100.00
SOIL:				
PODZOLICO	0.0100	0.0247	0.00	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 39	7.9597	19.6688	0.25	
LANDUSE:				
Forest-Deciduous --> FRSD	4.7498	11.7370	0.15	59.67

Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.2099	7.9318	0.10	40.33
SOIL:				
PODZOLICO	7.9597	19.6688	0.25	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 40	9.9997	24.7098	0.32	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	0.0202	0.0499	0.00	0.20
Forest-Deciduous --> FRSD	4.6013	11.3700	0.15	46.01
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.3782	13.2899	0.17	53.78
SOIL:				
PODZOLICO	9.9997	24.7098	0.32	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 41	0.0300	0.0741	0.00	
LANDUSE:				
Forest-Deciduous --> FRSD	0.0300	0.0741	0.00	100.00
SOIL:				
PODZOLICO	0.0300	0.0741	0.00	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 42	18.6094	45.9848	0.59	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	6.8021	16.8084	0.22	36.55
Forest-Deciduous --> FRSD	3.9696	9.8091	0.13	21.33
Agricultural Land-Generic --> AGRL	7.8377	19.3673	0.25	42.12
SOIL:				
PODZOLICO	18.6094	45.9848	0.59	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area

SUBBASIN # 43	6.9398	17.1486	0.22	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	4.2891	10.5986	0.14	61.80
Forest-Deciduous --> FRSD	1.1897	2.9398	0.04	17.14
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0104	0.0258	0.00	0.15
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1.4506	3.5844	0.05	20.90
SOIL:				
PODZOLICO	6.9398	17.1486	0.22	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 44	17.9694	44.4033	0.57	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	9.2262	22.7983	0.29	51.34
Forest-Deciduous --> FRSD	1.7909	4.4254	0.06	9.97
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.3220	0.7956	0.01	1.79
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.6304	16.3840	0.21	36.90
SOIL:				
PODZOLICO	17.9694	44.4033	0.57	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 45	34.8889	86.2122	1.11	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	12.8406	31.7299	0.41	36.80
Forest-Deciduous --> FRSD	5.6947	14.0719	0.18	16.32
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	2.4320	6.0096	0.08	6.97
Agricultural Land-Generic --> AGRL	13.9215	34.4008	0.44	39.90
SOIL:				
PODZOLICO	34.8889	86.2122	1.11	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 46	22.9593	56.7336	0.73	
LANDUSE:				

Pasture --> PAST	2.5039	6.1873	0.08	10.91
Forest-Deciduous --> FRSD	1.8678	4.6155	0.06	8.14
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.7471	1.8462	0.02	3.25
Agricultural Land-Generic --> AGRL	17.8202	44.0346	0.57	77.62
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0202	0.0499	0.00	0.09

SOIL:

PODZOLICO	22.9593	56.7336	0.73	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 47	40.5787	100.2720	1.30	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	14.3595	35.4831	0.46	35.39
Forest-Deciduous --> FRSD	7.8997	19.5207	0.25	19.47
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.4000	0.9884	0.01	0.99
Agricultural Land-Generic --> AGRL	17.7294	43.8103	0.57	43.69
Residential-Med/Low Density --> URML	0.1900	0.4695	0.01	0.47

SOIL:

PODZOLICO	40.5787	100.2720	1.30	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 48	0.1200	0.2965	0.00	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.0100	0.0247	0.00	8.33
Forest-Deciduous --> FRSD	0.0400	0.0988	0.00	33.33
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.0700	0.1730	0.00	58.33

SOIL:

PODZOLICO	0.1200	0.2965	0.00	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 49	24.9792	61.7249	0.80	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	15.5330	38.3829	0.50	62.18
------------------	---------	---------	------	-------

Forest-Deciduous --> FRSD	5.2144	12.8852	0.17	20.88
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0301	0.0743	0.00	0.12
Agricultural Land-Generic --> AGRL	4.2016	10.3825	0.13	16.82

SOIL:

PODZOLICO	24.9792	61.7249	0.80	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 50	25.9592	64.1465	0.83	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	7.5369	18.6240	0.24	29.03
Forest-Deciduous --> FRSD	1.5074	3.7248	0.05	5.81
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0405	0.1000	0.00	0.16
Agricultural Land-Generic --> AGRL	16.8239	41.5727	0.54	64.81
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0506	0.1250	0.00	0.19

SOIL:

PODZOLICO	25.9592	64.1465	0.83	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 51	65.5679	162.0216	2.09	
---------------	---------	----------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	32.9297	81.3708	1.05	50.22
Forest-Deciduous --> FRSD	11.9781	29.5984	0.38	18.27
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.6833	1.6885	0.02	1.04
Agricultural Land-Generic --> AGRL	19.9668	49.3390	0.64	30.45
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0100	0.0248	0.00	0.02

SOIL:

PODZOLICO	65.5679	162.0216	2.09	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 52	14.1095	34.8653	0.45	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	2.5813	6.3784	0.08	18.29
Forest-Deciduous --> FRSD	6.1703	15.2472	0.20	43.73

Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2057	0.5082	0.01	1.46
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.1522	12.7314	0.16	36.52

SOIL:

PODZOLICO	14.1095	34.8653	0.45	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	% Sub.Area
--	-----------	--------------	------------	------------

SUBBASIN # 53	0.2300	0.5683	0.01	
---------------	--------	--------	------	--

LANDUSE:

Forest-Deciduous --> FRSD	0.0863	0.2131	0.00	37.50
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.1437	0.3552	0.00	62.50

SOIL:

PODZOLICO	0.2300	0.5683	0.01	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	% Sub.Area
--	-----------	--------------	------------	------------

SUBBASIN # 54	32.2190	79.6148	1.03	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	7.9220	19.5758	0.25	24.59
Forest-Deciduous --> FRSD	15.3734	37.9884	0.49	47.72
Agricultural Land-Generic --> AGRL	8.9236	22.0506	0.29	27.70

SOIL:

PODZOLICO	32.2190	79.6148	1.03	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	% Sub.Area
--	-----------	--------------	------------	------------

SUBBASIN # 55	21.6193	53.4224	0.69	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	5.7163	14.1252	0.18	26.44
Forest-Deciduous --> FRSD	6.8012	16.8062	0.22	31.46
Agricultural Land-Generic --> AGRL	9.0918	22.4662	0.29	42.05
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0100	0.0248	0.00	0.05

SOIL:

PODZOLICO	21.6193	53.4224	0.69	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	% Sub.Area
SUBBASIN # 56	25.1792	62.2191	0.80	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	10.1238	25.0164	0.32	40.21
Forest-Deciduous --> FRSD	4.4505	10.9973	0.14	17.68
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2706	0.6688	0.01	1.07
Agricultural Land-Generic --> AGRL	10.2942	25.4375	0.33	40.88
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0401	0.0991	0.00	0.16
SOIL:				
PODZOLICO	25.1792	62.2191	0.80	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	% Sub.Area
SUBBASIN # 57	75.5175	186.6075	2.41	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	18.7743	46.3922	0.60	24.86
Forest-Deciduous --> FRSD	9.6874	23.9380	0.31	12.83
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	1.4111	3.4868	0.05	1.87
Agricultural Land-Generic --> AGRL	45.6448	112.7905	1.46	60.44
SOIL:				
PODZOLICO	75.5175	186.6075	2.41	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	% Sub.Area
SUBBASIN # 58	78.6374	194.3169	2.51	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	7.4133	18.3186	0.24	9.43
Forest-Deciduous --> FRSD	13.9277	34.4160	0.44	17.71
Agricultural Land-Generic --> AGRL	57.2964	141.5823	1.83	72.86
SOIL:				
PODZOLICO	78.6374	194.3169	2.51	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	% Sub.Area

SUBBASIN # 59	23.2592	57.4746	0.74	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	5.1172	12.6449	0.16	22.00
Forest-Deciduous --> FRSD	2.0147	4.9783	0.06	8.66
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0504	0.1245	0.00	0.22
Agricultural Land-Generic --> AGRL	16.0367	39.6274	0.51	68.95
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0403	0.0996	0.00	0.17
SOIL:				
PODZOLICO	23.2592	57.4746	0.74	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 60	2.3499	5.8067	0.08	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	1.0300	2.5451	0.03	43.83
Forest-Deciduous --> FRSD	0.7700	1.9026	0.02	32.77
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.5400	1.3343	0.02	22.98
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0100	0.0247	0.00	0.43
SOIL:				
PODZOLICO	2.3499	5.8067	0.08	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 61	45.1385	111.5395	1.44	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	11.3196	27.9714	0.36	25.08
Forest-Deciduous --> FRSD	22.5792	55.7945	0.72	50.02
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2600	0.6425	0.01	0.58
Agricultural Land-Generic --> AGRL	10.9796	27.1312	0.35	24.32
SOIL:				
PODZOLICO	45.1385	111.5395	1.44	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 62	26.7491	66.0984	0.85	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	7.6182	18.8250	0.24	28.48
Forest-Deciduous --> FRSD	6.7751	16.7416	0.22	25.33
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.5219	1.2897	0.02	1.95
Agricultural Land-Generic --> AGRL	11.8238	29.2172	0.38	44.20
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0100	0.0248	0.00	0.04

SOIL:

PODZOLICO	26.7491	66.0984	0.85	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 63	4.6198	11.4158	0.15	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	2.1699	5.3619	0.07	46.97
Forest-Deciduous --> FRSD	0.5400	1.3343	0.02	11.69
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2500	0.6177	0.01	5.41
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1.6399	4.0523	0.05	35.50
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0200	0.0494	0.00	0.43

SOIL:

PODZOLICO	4.6198	11.4158	0.15	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 64	39.2687	97.0349	1.25	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	14.3540	35.4695	0.46	36.55
Forest-Deciduous --> FRSD	6.3829	15.7725	0.20	16.25
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.4147	1.0248	0.01	1.06
Agricultural Land-Generic --> AGRL	18.1069	44.7430	0.58	46.11
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0101	0.0250	0.00	0.03

SOIL:

PODZOLICO	39.2687	97.0349	1.25	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 65	5.2298	12.9231	0.17	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	3.0136	7.4468	0.10	57.62
Forest-Deciduous --> FRSD	0.4764	1.1772	0.02	9.11
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1.7398	4.2992	0.06	33.27

SOIL:

PODZOLICO	5.2298	12.9231	0.17	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 66	28.0891	69.4096	0.90	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	6.3398	15.6660	0.20	22.57
Forest-Deciduous --> FRSD	14.2195	35.1372	0.45	50.62
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.1200	0.2965	0.00	0.43
Agricultural Land-Generic --> AGRL	7.4098	18.3099	0.24	26.38

SOIL:

PODZOLICO	28.0891	69.4096	0.90	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 67	15.4895	38.2753	0.49	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	8.0167	19.8096	0.26	51.76
Water --> WATR	0.1007	0.2489	0.00	0.65
Forest-Deciduous --> FRSD	3.0717	7.5904	0.10	19.83
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2820	0.6968	0.01	1.82
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.9781	9.8301	0.13	25.68
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0403	0.0995	0.00	0.26

SOIL:

PODZOLICO	15.1773	37.5038	0.48	97.98
LATOSSOLO	0.3122	0.7715	0.01	2.02

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 68	18.5794	45.9106	0.59	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

P asture --> PAST	13.3796	33.0616	0.43	72.01
Forest-Deciduous --> FRSD	2.7899	6.8940	0.09	15.02
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.1100	0.2718	0.00	0.59
Agricultural Land-Generic --> AGRL	2.2999	5.6832	0.07	12.38

SOIL:

PODZOLICO	18.5794	45.9106	0.59	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 69	63.0279	155.7451	2.01	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	14.6895	36.2985	0.47	23.31
Water --> WATR	0.0500	0.1235	0.00	0.08
Forest-Deciduous --> FRSD	15.3995	38.0529	0.49	24.43
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	3.7499	9.2661	0.12	5.95
Agricultural Land-Generic --> AGRL	28.9690	71.5839	0.93	45.96
Residential-Med/Low Density --> URML	0.1700	0.4201	0.01	0.27

SOIL:

PODZOLICO	63.0279	155.7451	2.01	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 70	89.1671	220.3364	2.85	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	35.2442	87.0901	1.13	39.53
Water --> WATR	0.0201	0.0497	0.00	0.02
Forest-Deciduous --> FRSD	23.0969	57.0736	0.74	25.90
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.8756	2.1636	0.03	0.98
Agricultural Land-Generic --> AGRL	29.8498	73.7605	0.95	33.48
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0805	0.1989	0.00	0.09

SOIL:

PODZOLICO	89.1671	220.3364	2.85	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	% Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 71	15.3395	37.9047	0.49	

LANDUSE:				
Pasture --> PAST	9.1354	22.5741	0.29	59.55
Forest-Deciduous --> FRSD	1.6765	4.1427	0.05	10.93
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	1.2549	3.1008	0.04	8.18
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.2426	8.0126	0.10	21.14
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0301	0.0744	0.00	0.20

SOIL:				
PODZOLICO	15.3395	37.9047	0.49	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 72	6.1698	15.2459	0.20	

LANDUSE:				
Pasture --> PAST	1.1873	2.9338	0.04	19.24
Forest-Deciduous --> FRSD	2.2426	5.5417	0.07	36.35
Agricultural Land-Generic --> AGRL	2.7399	6.7704	0.09	44.41

SOIL:				
PODZOLICO	3.2980	8.1495	0.11	53.45
LATOSSOLO	2.8718	7.0964	0.09	46.55

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 73	16.5495	40.8946	0.53	

LANDUSE:				
Pasture --> PAST	6.9809	17.2501	0.22	42.18
Forest-Deciduous --> FRSD	2.9689	7.3363	0.09	17.94
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.5997	16.3083	0.21	39.88

SOIL:				
PODZOLICO	16.5495	40.8946	0.53	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 74	57.8881	143.0444	1.85	

LANDUSE:				
Pasture --> PAST	6.9598	17.1979	0.22	12.02
Forest-Deciduous --> FRSD	24.6892	61.0082	0.79	42.65

Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	1.2300	3.0393	0.04	2.12
Agricultural Land-Generic --> AGRL	25.0092	61.7989	0.80	43.20

SOIL:

PODZOLICO	57.8881	143.0444	1.85	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 75	11.9196	29.4539	0.38	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.0628	0.1552	0.00	0.53
Water --> WATR	0.0733	0.1810	0.00	0.61
Forest-Deciduous --> FRSD	10.7161	26.4801	0.34	89.90
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.1465	0.3620	0.00	1.23
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.9209	2.2756	0.03	7.73

SOIL:

PODZOLICO	11.9196	29.4539	0.38	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 76	13.3096	32.8887	0.43	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.4975	1.2292	0.02	3.74
Forest-Deciduous --> FRSD	7.8071	19.2917	0.25	58.66
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.0051	12.3678	0.16	37.60

SOIL:

LATOSSOLO	13.3096	32.8887	0.43	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 77	30.5490	75.4881	0.98	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	11.4596	28.3173	0.37	37.51
Forest-Deciduous --> FRSD	4.3099	10.6499	0.14	14.11
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2800	0.6919	0.01	0.92
Agricultural Land-Generic --> AGRL	14.4595	35.7302	0.46	47.33
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0400	0.0988	0.00	0.13

SOIL:					
	LATOSSOLO	30.5490	75.4881	0.98	100.00

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 78		9.2497	22.8565	0.30	
LANDUSE:					
	Pasture --> PAST	5.9319	14.6580	0.19	64.13
	Forest-Deciduous --> FRSD	1.6288	4.0247	0.05	17.61
	Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0503	0.1242	0.00	0.54
	Agricultural Land-Generic --> AGRL	1.6388	4.0496	0.05	17.72
SOIL:					
	PODZOLICO	9.2497	22.8565	0.30	100.00

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 79		19.4394	48.0357	0.62	
LANDUSE:					
	Pasture --> PAST	9.8915	24.4423	0.32	50.88
	Water --> WATR	0.0202	0.0499	0.00	0.10
	Forest-Deciduous --> FRSD	2.7078	6.6910	0.09	13.93
	Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2122	0.5243	0.01	1.09
	Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.6078	16.3282	0.21	33.99
SOIL:					
	PODZOLICO	19.4394	48.0357	0.62	100.00

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 80		14.1795	35.0383	0.45	
LANDUSE:					
	Pasture --> PAST	3.0961	7.6506	0.10	21.83
	Forest-Deciduous --> FRSD	4.8005	11.8622	0.15	33.85
	Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2017	0.4984	0.01	1.42
	Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.9804	14.7779	0.19	42.18
	Residential-Med/Low Density --> URML	0.1008	0.2492	0.00	0.71

SOIL:

PODZOLICO	10.8010	26.6899	0.35	76.17
LATOSSOLO	3.3785	8.3484	0.11	23.83

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 81	30.0390	74.2279	0.96	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	6.7998	16.8026	0.22	22.64
Water --> WATR	0.0600	0.1483	0.00	0.20
Forest-Deciduous --> FRSD	3.7899	9.3650	0.12	12.62
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2000	0.4942	0.01	0.67
Agricultural Land-Generic --> AGRL	19.1194	47.2449	0.61	63.65
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0700	0.1730	0.00	0.23

SOIL:

PODZOLICO	23.3592	57.7218	0.75	77.76
LATOSSOLO	6.6798	16.5061	0.21	22.24

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 82	12.1796	30.0964	0.39	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.5125	1.2664	0.02	4.21
Forest-Deciduous --> FRSD	6.4315	15.8925	0.21	52.81
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.2356	12.9375	0.17	42.99

SOIL:

PODZOLICO	12.1796	30.0964	0.39	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 83	6.1498	15.1965	0.20	
---------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	2.4699	6.1033	0.08	40.16
Forest-Deciduous --> FRSD	1.8499	4.5713	0.06	30.08
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.4700	1.1614	0.02	7.64
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1.3600	3.3605	0.04	22.11

SOIL:

PODZOLICO	6.1498	15.1965	0.20	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 84	29.3590	72.5476	0.94	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	15.7425	38.9005	0.50	53.62
Forest-Deciduous --> FRSD	2.6963	6.6628	0.09	9.18
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.7570	1.8707	0.02	2.58
Agricultural Land-Generic --> AGRL	10.1528	25.0880	0.32	34.58
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0104	0.0256	0.00	0.04

SOIL:

PODZOLICO	29.3590	72.5476	0.94	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 85	38.5787	95.3299	1.23	
---------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	14.9075	36.8371	0.48	38.64
Forest-Deciduous --> FRSD	3.5437	8.7566	0.11	9.19
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.3112	0.7690	0.01	0.81
Agricultural Land-Generic --> AGRL	19.8164	48.9673	0.63	51.37

SOIL:

PODZOLICO	38.5787	95.3299	1.23	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 86	2.8299	6.9928	0.09	
---------------	--------	--------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.7479	1.8481	0.02	26.43
Forest-Deciduous --> FRSD	0.7782	1.9230	0.02	27.50
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1.3038	3.2217	0.04	46.07

SOIL:

PODZOLICO	2.8299	6.9928	0.09	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 87	54.5282	134.7419	1.74	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	25.9691	64.1711	0.83	47.63
Forest-Deciduous --> FRSD	20.3193	50.2101	0.65	37.26
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.1900	0.4695	0.01	0.35
Agricultural Land-Generic --> AGRL	8.0497	19.8913	0.26	14.76
SOIL:				
PODZOLICO	54.5282	134.7419	1.74	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 88	20.3993	50.4077	0.65	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	3.7399	9.2414	0.12	18.33
Forest-Deciduous --> FRSD	7.3897	18.2604	0.24	36.23
Agricultural Land-Generic --> AGRL	9.2697	22.9058	0.30	45.44
SOIL:				
PODZOLICO	20.3993	50.4077	0.65	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 89	77.5275	191.5743	2.48	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	48.6162	120.1331	1.55	62.71
Forest-Deciduous --> FRSD	11.3601	28.0715	0.36	14.65
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	1.5928	3.9360	0.05	2.05
Agricultural Land-Generic --> AGRL	15.6678	38.7159	0.50	20.21
Residential-Med/Low Density --> URML	0.2905	0.7179	0.01	0.37
SOIL:				
PODZOLICO	77.5275	191.5743	2.48	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area

SUBBASIN # 90	41.8586	103.4347	1.34	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	18.8922	46.6836	0.60	45.13
Forest-Deciduous --> FRSD	13.9126	34.3788	0.44	33.24
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2113	0.5220	0.01	0.50
Agricultural Land-Generic --> AGRL	8.8224	21.8006	0.28	21.08
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0201	0.0497	0.00	0.05
SOIL:				
PODZOLICO	41.8586	103.4347	1.34	100.00

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area %Sub.Area
SUBBASIN # 91	74.6776	184.5321	2.39	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	15.9995	39.5355	0.51	21.42
Forest-Deciduous --> FRSD	40.9887	101.2851	1.31	54.89
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0500	0.1235	0.00	0.07
Agricultural Land-Generic --> AGRL	17.6394	43.5879	0.56	23.62
SOIL:				
PODZOLICO	74.6776	184.5321	2.39	100.00

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area %Sub.Area
SUBBASIN # 92	36.2388	89.5479	1.16	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	27.5431	68.0604	0.88	76.00
Forest-Deciduous --> FRSD	2.5986	6.4213	0.08	7.17
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2932	0.7246	0.01	0.81
Agricultural Land-Generic --> AGRL	5.8039	14.3417	0.19	16.02
SOIL:				
PODZOLICO	36.2388	89.5479	1.16	100.00

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area %Sub.Area
SUBBASIN # 93	19.9293	49.2463	0.64	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	8.0058	19.7827	0.26	40.17
Forest-Deciduous --> FRSD	5.6211	13.8900	0.18	28.21
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0601	0.1486	0.00	0.30
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.2423	15.4251	0.20	31.32

SOIL:

PODZOLICO	19.9293	49.2463	0.64	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 94	0.6900	1.7050	0.02	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.4700	1.1614	0.02	68.12
Forest-Deciduous --> FRSD	0.1600	0.3954	0.01	23.19
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.0600	0.1483	0.00	8.70

SOIL:

PODZOLICO	0.6900	1.7050	0.02	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 95	16.1795	39.9804	0.52	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	6.9092	17.0731	0.22	42.70
Forest-Deciduous --> FRSD	5.6725	14.0171	0.18	35.06
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.5977	8.8901	0.11	22.24

SOIL:

PODZOLICO	16.1795	39.9804	0.52	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 96	4.1999	10.3782	0.13	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	3.2899	8.1296	0.11	78.33
Forest-Deciduous --> FRSD	0.3300	0.8154	0.01	7.86

Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0100	0.0247	0.00	0.24
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.5700	1.4085	0.02	13.57
SOIL:				
PODZOLICO	4.1999	10.3782	0.13	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 97	49.5484	122.4366	1.58	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	24.6192	60.8353	0.79	49.69
Forest-Deciduous --> FRSD	13.6196	33.6546	0.44	27.49
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.1300	0.3212	0.00	0.26
Agricultural Land-Generic --> AGRL	11.1796	27.6254	0.36	22.56
SOIL:				
PODZOLICO	49.5484	122.4366	1.58	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 98	13.9595	34.4946	0.45	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	9.0074	22.2578	0.29	64.53
Forest-Deciduous --> FRSD	1.8850	4.6580	0.06	13.50
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0306	0.0755	0.00	0.22
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.0364	7.5032	0.10	21.75
SOIL:				
PODZOLICO	13.9595	34.4946	0.45	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 99	28.3491	70.0520	0.91	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	13.9690	34.5180	0.45	49.27
Forest-Deciduous --> FRSD	6.2875	15.5368	0.20	22.18
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0401	0.0991	0.00	0.14
Agricultural Land-Generic --> AGRL	8.0525	19.8981	0.26	28.40

SOIL:					
	PODZOLICO	28.3491	70.0520	0.91	100.00

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 100		56.4382	139.4616	1.80	
LANDUSE:					
	Pasture --> PAST	34.2582	84.6536	1.09	60.70
	Forest-Deciduous --> FRSD	9.9213	24.5161	0.32	17.58
	Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.6521	1.6113	0.02	1.16
	Agricultural Land-Generic --> AGRL	11.5866	28.6310	0.37	20.53
	Residential-Med/Low Density --> URML	0.0201	0.0496	0.00	0.04
SOIL:					
	PODZOLICO	51.1515	126.3979	1.63	90.63
	LATOSSOLO	5.2867	13.0637	0.17	9.37

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 101		14.0295	34.6676	0.45	
LANDUSE:					
	Pasture --> PAST	7.3614	18.1904	0.24	52.47
	Forest-Deciduous --> FRSD	1.7435	4.3083	0.06	12.43
	Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	1.3255	3.2753	0.04	9.45
	Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.5584	8.7929	0.11	25.36
	Residential-Med/Low Density --> URML	0.0408	0.1008	0.00	0.29
SOIL:					
	PODZOLICO	14.0295	34.6676	0.45	100.00

		Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 102		8.1697	20.1877	0.26	
LANDUSE:					
	Pasture --> PAST	3.4032	8.4095	0.11	41.66
	Forest-Deciduous --> FRSD	0.9493	2.3457	0.03	11.62
	Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.1313	0.3244	0.00	1.61
	Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.6860	9.1082	0.12	45.12

SOIL:

PODZOLICO	8.1697	20.1877	0.26	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

SUBBASIN # 103

Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
-----------	--------------	-----------	-----------

1.5899	3.9287	0.05	
--------	--------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	0.6485	1.6025	0.02	40.79
Forest-Deciduous --> FRSD	0.3138	0.7754	0.01	19.74
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.6276	1.5508	0.02	39.47

SOIL:

PODZOLICO	1.5899	3.9287	0.05	100.00
-----------	--------	--------	------	--------

SUBBASIN # 104

Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
-----------	--------------	-----------	-----------

20.0393	49.5181	0.64	
---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	3.7399	9.2414	0.12	18.66
Water --> WATR	0.0400	0.0988	0.00	0.20
Forest-Deciduous --> FRSD	12.6096	31.1589	0.40	62.92
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0300	0.0741	0.00	0.15
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.6199	8.9449	0.12	18.06

SOIL:

PODZOLICO	20.0393	49.5181	0.64	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

SUBBASIN # 105

Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
-----------	--------------	-----------	-----------

27.7891	68.6683	0.89	
---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	15.3195	37.8553	0.49	55.13
Forest-Deciduous --> FRSD	4.9998	12.3548	0.16	17.99
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0500	0.1235	0.00	0.18
Agricultural Land-Generic --> AGRL	7.4198	18.3346	0.24	26.70

SOIL:

PODZOLICO	26.9891	66.6915	0.86	97.12
LATOSSOLO	0.8000	1.9768	0.03	2.88

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 106	28.6991	70.9169	0.92	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	19.2494	47.5662	0.61	67.07
Forest-Deciduous --> FRSD	5.4398	13.4421	0.17	18.95
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0800	0.1977	0.00	0.28
Agricultural Land-Generic --> AGRL	3.9299	9.7109	0.13	13.69
SOIL:				
PODZOLICO	28.6991	70.9169	0.92	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 107	26.2091	64.7640	0.84	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	13.0013	32.1268	0.42	49.61
Forest-Deciduous --> FRSD	4.7090	11.6361	0.15	17.97
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.4337	1.0717	0.01	1.65
Agricultural Land-Generic --> AGRL	7.9928	19.7507	0.26	30.50
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0723	0.1786	0.00	0.28
SOIL:				
PODZOLICO	26.2091	64.7640	0.84	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 108	0.7800	1.9274	0.02	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	0.6200	1.5321	0.02	79.49
Forest-Deciduous --> FRSD	0.0200	0.0494	0.00	2.56
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.1400	0.3459	0.00	17.95
SOIL:				
PODZOLICO	0.7800	1.9274	0.02	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 109	83.9173	207.3638	2.68		
LANDUSE:					
Pasture --> PAST	40.0769	99.0321	1.28	47.76	
Forest-Deciduous --> FRSD	15.2641	37.7183	0.49	18.19	
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	2.5023	6.1833	0.08	2.98	
Agricultural Land-Generic --> AGRL	26.0340	64.3313	0.83	31.02	
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0400	0.0989	0.00	0.05	
SOIL:					
PODZOLICO	83.9173	207.3638	2.68	100.00	

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area	
SUBBASIN # 110	1.8599	4.5959	0.06		
LANDUSE:					
Pasture --> PAST	0.6700	1.6555	0.02	36.02	
Forest-Deciduous --> FRSD	0.4300	1.0625	0.01	23.12	
Agricultural Land-Generic --> AGRL	0.7600	1.8779	0.02	40.86	
SOIL:					
PODZOLICO	1.8599	4.5959	0.06	100.00	

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area	
SUBBASIN # 111	34.7189	85.7921	1.11		
LANDUSE:					
Pasture --> PAST	16.6470	41.1356	0.53	47.95	
Forest-Deciduous --> FRSD	6.9036	17.0592	0.22	19.88	
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.3512	0.8678	0.01	1.01	
Agricultural Land-Generic --> AGRL	10.7970	26.6799	0.34	31.10	
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0201	0.0496	0.00	0.06	
SOIL:					
PODZOLICO	22.9486	56.7071	0.73	66.10	
LATOSSOLO	11.7703	29.0850	0.38	33.90	

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area	

SUBBASIN # 112	7.0298	17.3710	0.22	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	1.8099	4.4725	0.06	25.75
Forest-Deciduous --> FRSD	2.9499	7.2894	0.09	41.96
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0200	0.0494	0.00	0.28
Agricultural Land-Generic --> AGRL	2.2499	5.5597	0.07	32.01
SOIL:				
PODZOLICO	5.0499	12.4784	0.16	71.83
LATOSSOLO	1.9799	4.8925	0.06	28.17

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 113	51.1883	126.4888	1.64	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	31.2173	77.1394	1.00	60.99
Forest-Deciduous --> FRSD	6.4636	15.9718	0.21	12.63
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.4302	1.0631	0.01	0.84
Agricultural Land-Generic --> AGRL	13.0772	32.3145	0.42	25.55
SOIL:				
PODZOLICO	2.1212	5.2415	0.07	4.14
LATOSSOLO	49.0671	121.2473	1.57	95.86

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 114	61.3580	151.6187	1.96	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	28.9086	71.4345	0.92	47.11
Forest-Deciduous --> FRSD	12.6889	31.3549	0.41	20.68
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0401	0.0991	0.00	0.07
Agricultural Land-Generic --> AGRL	19.7204	48.7302	0.63	32.14
SOIL:				
PODZOLICO	5.8279	14.4009	0.19	9.50
LATOSSOLO	55.5301	137.2178	1.77	90.50

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area

SUBBASIN # 115	112.4563	277.8851	3.59	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	57.5390	142.1818	1.84	51.17
Forest-Deciduous --> FRSD	23.9262	59.1229	0.76	21.28
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.6204	1.5331	0.02	0.55
Agricultural Land-Generic --> AGRL	30.3706	75.0473	0.97	27.01
SOIL:				
LATOSSOLO	112.4563	277.8851	3.59	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 116	28.9191	71.4605	0.92	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	13.5884	33.5775	0.43	46.99
Forest-Deciduous --> FRSD	9.1223	22.5417	0.29	31.54
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.0401	0.0990	0.00	0.14
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.1683	15.2423	0.20	21.33
SOIL:				
PODZOLICO	11.8761	29.3463	0.38	41.07
LATOSSOLO	17.0430	42.1142	0.54	58.93

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 117	77.4275	191.3272	2.47	
LANDUSE:				
Pasture --> PAST	41.4812	102.5020	1.33	53.57
Forest-Deciduous --> FRSD	6.9185	17.0961	0.22	8.94
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	5.9660	14.7423	0.19	7.71
Agricultural Land-Generic --> AGRL	22.3900	55.3268	0.72	28.92
Residential-Med/Low Density --> URML	0.6718	1.6601	0.02	0.87
SOIL:				
LATOSSOLO	77.4275	191.3272	2.47	100.00

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
SUBBASIN # 118	23.9392	59.1550	0.76	

LANDUSE:

Pasture --> PAST	11.9446	29.5157	0.38	49.90
Forest-Deciduous --> FRSD	5.0019	12.3600	0.16	20.89
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.5602	1.3843	0.02	2.34
Agricultural Land-Generic --> AGRL	6.4325	15.8950	0.21	26.87

SOIL:

PODZOLICO	10.7141	26.4751	0.34	44.76
LATOSSOLO	13.2251	32.6798	0.42	55.24

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 119	48.6384	120.1879	1.55	
----------------	---------	----------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	29.9790	74.0796	0.96	61.64
Forest-Deciduous --> FRSD	6.9298	17.1238	0.22	14.25
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.3700	0.9143	0.01	0.76
Agricultural Land-Generic --> AGRL	11.3396	28.0208	0.36	23.31
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0200	0.0494	0.00	0.04

SOIL:

LATOSSOLO	48.6384	120.1879	1.55	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 120	60.4280	149.3206	1.93	
----------------	---------	----------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	30.8790	76.3035	0.99	51.10
Forest-Deciduous --> FRSD	8.4397	20.8550	0.27	13.97
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.9700	2.3968	0.03	1.61
Agricultural Land-Generic --> AGRL	20.0793	49.6170	0.64	33.23
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0600	0.1483	0.00	0.10

SOIL:

LATOSSOLO	60.4280	149.3206	1.93	100.00
-----------	---------	----------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 121	6.8098	16.8274	0.22	
----------------	--------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	3.6999	9.1426	0.12	54.33
Forest-Deciduous --> FRSD	1.3500	3.3358	0.04	19.82
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.2300	0.5683	0.01	3.38
Agricultural Land-Generic --> AGRL	1.4700	3.6323	0.05	21.59
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0600	0.1483	0.00	0.88

SOIL:

LATOSSOLO	6.8098	16.8274	0.22	100.00
-----------	--------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 122	29.0990	71.9051	0.93	
----------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	13.7943	34.0863	0.44	47.40
Forest-Deciduous --> FRSD	6.8221	16.8578	0.22	23.44
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.9203	2.2741	0.03	3.16
Agricultural Land-Generic --> AGRL	7.5423	18.6375	0.24	25.92
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0200	0.0494	0.00	0.07

SOIL:

LATOSSOLO	29.0990	71.9051	0.93	100.00
-----------	---------	---------	------	--------

	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area	%Sub.Area
--	-----------	--------------	-----------	-----------

SUBBASIN # 123	23.7592	58.7102	0.76	
----------------	---------	---------	------	--

LANDUSE:

Pasture --> PAST	10.7596	26.5876	0.34	45.29
Forest-Deciduous --> FRSD	0.8500	2.1003	0.03	3.58
Agricultural Land-Close-grown --> AGRC	0.5000	1.2355	0.02	2.10
Agricultural Land-Generic --> AGRL	11.5996	28.6632	0.37	48.82
Residential-Med/Low Density --> URML	0.0500	0.1235	0.00	0.21

SOIL:

LATOSSOLO	23.7592	58.7102	0.76	100.00
-----------	---------	---------	------	--------
