

**JOCELITO BUCH CASTRO DA CRUZ**

**Avaliação operacional da Revisão da Equação Universal de Perda de Solo  
(REUPS) para o LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico de  
Ponta Grossa, PR**

**Dissertação apresentada como requisito  
parcial para a obtenção do grau de Mestre  
em Ciências do Solo ao Programa de Pós-  
Graduação em Ciência do Solo do  
Departamento de Solos e Engenharia  
Agrícola, Setor de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal do Paraná.**

**Orientador: Prof. Ph. D. Glaucio Roloff**

**CURITIBA  
2003**

## AGRADECIMENTOS

Nenhum trabalho de pesquisa é feito de modo solitário, portanto, gostaria de agradecer a todos os amigos que encontrei durante este período. Amigos que de uma forma ou outra me marcaram bastante, sejam eles professores, laboratoristas, ou mesmo companheiros do Programa.

Ao Prof. Glaucio Roloff, que antes do papel de orientador, veio sempre o de amigo.

Ao Programa de Pós-Graduação da UFPR, pela oportunidade concedida.

Ao Convênio SEAB/EMATER/UFPR/IAPAR/CefetPB - “Dimensionamento do sistema de Terraceamento em Áreas de Semeadura Direta no Estado do Paraná”, pela bolsa de estudos concedida durante quase dois anos, a qual considero muito importante.

Ao amigo Oromar J. Bertol, pelos grandes momentos de trabalho e divertimento no aprendizado, sou grato também por sua pronta ajuda a qualquer momento e fornecimento de dados.

Agradecimento especial a Rui C. M. Biscaia, pelo fornecimento dos dados de campo e relatórios técnicos.

Ao Prof. Carlos Bruno Reissmann, pela pessoa formidável que é.

Ao Prof. Jorge L. Moretti, pelas dicas de programação e modelos.

Aos amigos que passaram pela “sala”, valeu.

À minha família, pela qual tenho grande consideração, orgulho e espero poder sempre retribuir o carinho, confiança e desprendimento.

À Denise, minha esposa, que desde o início compartilhou uma dissertação com muita compreensão e carinho.

A todos, muito obrigado.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>v</b>
<b>LISTA DE QUADROS E TABELAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
2.1 GERAL .....	2
2.2 ESPECÍFICOS .....	2
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA .....	3
3.2 ESTIMATIVA DA EROÇÃO COM O USO DE MODELOS .....	3
3.3 SELEÇÃO DO MODELO .....	4
3.4 AVALIAÇÃO OPERACIONAL DO MODELO .....	7
3.5 EXPERIMENTO DE CAMPO EM MACROPARCELAS .....	8
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>9</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	9
4.1.1 Macroparcels .....	9
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MODELOS .....	10
4.2.1 Fator erosividade da chuva ( <i>R</i> ) .....	10
4.2.2 Fator erodibilidade do solo ( <i>K</i> ) .....	12
4.2.3 Fator topográfico ( <i>LS</i> ) .....	12
4.2.4 Fator Uso e Manejo ( <i>C</i> ) .....	13
4.2.4.1 Estimativa dos Subfatores .....	13
4.2.4.2 Geração de Cenários .....	16

<b>4.2.5 Fator Práticas Conservacionistas de Suporte (P).....</b>	<b>16</b>
<b>4.3 AVALIAÇÃO DO MODELO .....</b>	<b>17</b>
<b>4.3.1 Comparação de resultados .....</b>	<b>17</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>32</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 – RELAÇÃO ENXURRADA MEDIDA NAS MACROPARCELAS VS. PERDA DE SOLO MEDIDA APÓS CADA EVENTO EFETIVO PARA OS SISTEMAS 1 E 3 .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 2 – RELAÇÃO DA ENXURRADA MEDIDA NA MACROPARCELA VS. PERDA DE SOLO MEDIDA APÓS CADA EVENTO EFETIVO PARA O SISTEMA 2, COM PONTOS CONSIDERADOS DISCREPANTES CIRCULADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 3 – PERDAS TOTAIS DE SOLO OBSERVADAS E ESTIMADAS NOS DOIS PERÍODOS AVALIADOS PARA OS TRÊS SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO (DENOMINADOS DE 1 A 3).....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 4 – RELAÇÃO DA ENXURRADA DECENDIAL MEDIDA NA MACROPARCELA VS. ENXURRADA DECENDIAL ESTIMADA, PELO MÉTODO CN, PARA OS TRÊS SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO (DENOMINADOS DE 1 A 3).....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 5 – RELAÇÃO DE PERDAS DE SOLO ESTIMADAS PELA REUPS-M [(A) E (B)] E REUPS [(C) E (D)] COM OS VALORES DE PERDAS DE SOLO OBSERVADOS NAS MACROPARCELAS PARA O SISTEMA 1 NOS PERÍODOS 1 E 2. ....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 6 – RESULTADOS ESTIMADOS PELA REUPS-M, REUPS-MQ E REUPS NOS EVENTOS QUE GERARAM ENXURRADA PARA O SISTEMA 1 .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 7 – RELAÇÃO DE PERDAS DE SOLO ESTIMADAS PELA REUPS-M E REUPS COM OS VALORES DE PERDAS DE SOLO OBSERVADOS NAS MACROPARCELAS PARA O SISTEMA 2 NOS PERÍODOS 1 E 2.....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 8 – RESULTADOS DE PERDAS DE SOLO ESTIMADOS PELA REUPS-M, REUPS-MQ E REUPS NOS EVENTOS DE CHUVA QUE GERARAM ENXURRADA PARA O SISTEMA 2 DE MANEJO DE SOLO .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 9 – RELAÇÃO DE PERDAS DE SOLO ESTIMADAS PELA REUPS-M E REUPS COM OS VALORES DE PERDAS DE SOLO OBSERVADOS NAS MACROPARCELAS PARA O SISTEMA 3 NOS PERÍODOS 1 E 2.....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 10 – RESULTADOS ESTIMADOS PELA REUPS-M, REUPS-MQ E REUPS NOS EVENTOS QUE GERARAM ENXURRADA PARA O SISTEMA 3.....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA A 2.1 – FLUXOGRAMA DA ROTINA DE CRESCIMENTO DA CULTURA.....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA A 2.2 – FLUXOGRAMA DA ROTINA DOS SUBFATORES GERANDO O SLR DECENDIAL.....</b>	<b>48</b>

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO A 3.1 – VALORES DECENIAIS DE CHUVA, ENXURRADA, EROSIVIDADE CALCULADA DA CHUVA E DA ENXURRADA, <i>SLR</i> E PERDAS DE SOLO MEDIDOS E SIMULADOS PARA O SISTEMA 1.....	62
QUADRO A 3.2 – VALORES DECENIAIS DE CHUVA, ENXURRADA, EROSIVIDADE CALCULADA DA CHUVA E DA ENXURRADA, <i>SLR</i> E PERDAS DE SOLO MEDIDOS E SIMULADOS PARA O SISTEMA 2.....	63
QUADRO A 3.3 – VALORES DECENIAIS DE CHUVA, ENXURRADA, EROSIVIDADE CALCULADA DA CHUVA E DA ENXURRADA, <i>SLR</i> E PERDAS DE SOLO MEDIDOS E SIMULADOS PARA O SISTEMA 3.....	65
TABELA A 3.1 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE REUPS-M, REUPS, REUPS-MQ E VALORES DE PERDA DE SOLO TOTAL OBSERVADOS .....	66
TABELA A 3.2 – TOTAL DE PERDAS DE SOLO OBSERVADAS E ESTIMADAS PELOS MODELOS NOS DOIS PERÍODOS CONSIDERADOS PARA OS TRÊS SISTEMAS AVALIADOS (PERDAS DE SOLO EM MG HA <sup>-1</sup> ) .....	67
TABELA A 3.3 - VALORES MEDIDOS DE PERDAS DE SOLO PARA O SISTEMA 1, COMPARADOS COM OS VALORES SIMULADOS PARA OS PERÍODOS 1 E 2, COM RESPECTIVAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO E PARÂMETROS.....	67
TABELA A 3.4 - VALORES MEDIDOS DE PERDAS DE SOLO PARA O SISTEMA 2, COMPARADOS COM OS VALORES SIMULADOS PARA OS PERÍODOS 1 E 2, COM RESPECTIVAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO E PARÂMETROS.....	68
TABELA A 3.5 - VALORES MEDIDOS DE PERDAS DE SOLO PARA O SISTEMA 3, COMPARADOS COM OS VALORES SIMULADOS PARA OS PERÍODOS 1 E 2, COM RESPECTIVAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO E PARÂMETROS.....	68

## RESUMO

Simular o meio ambiente é uma ferramenta cujo uso está em constante expansão, seja pela facilidade na manipulação de dados como pela disponibilidade de modelos para os mais variados fins. A Revisão da Equação Universal de Perda de Solo (REUPS) apresenta uma base empírica, apesar de possuir componentes determinísticos em sua estrutura, sendo que os melhores resultados de perda de solo são obtidos em longo prazo. O presente trabalho teve como objetivo uma avaliação operacional da REUPS (Revisão da Equação Universal de Perda de Solo), REUPS-M e REUPS-MQ, sendo os dois últimos modelos variações do primeiro. Isto foi feito comparando estimativas com resultados obtidos em macroparcelas do IAPAR, Estação Experimental de Ponta Grossa. Para a geração dos valores de razão de perda de solo (*SLR*), elaborou-se um algoritmo em linguagem de macro, o qual se mostrou aplicável para a estimativa dos subfatores da REUPS e suas variações. Constatou-se que a REUPS e a REUPS-M não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si em longo prazo e que os resultados da REUPS-MQ foram muito discrepantes com os observados. Os dois primeiros modelos citados apresentaram coeficiente angular (*b*) máximo iguais a 6,6 e 7,1, respectivamente, indicando sua tendência à superestimativa. Comparação das estimativas da REUPS-M com resultados das parcelas apresentou  $r^2=0,51$ ,  $b = 0,23$  e  $EF = 0,4$  (eficiência do modelo), sendo os melhores resultados entre os modelos testados. A avaliação não foi conclusiva sobre qual dos dois modelos é melhor estimador de perdas de solo.

## ABSTRACT

Environment simulation is a tool whose usage is constantly expanding, whether because of the ease in data manipulation or the availability of models for a variety of objectives. The Revised Universal Soil Loss Equation has an empirical basis, in spite of having some deterministic components, and its better estimations are obtained under long term conditions. The present work is an operational evaluation of the RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), RUSLE-M and RUSLE-MQ, the latter two being variations of the first. Field data were obtained from IAPAR's Ponta Grossa Experiment Station. Soil Loss Ratios (SLR) were generated by an algorithm in macro language and were proven applicable for the estimation of RUSLE subfactors. RUSLE and RUSLE-M provided estimates that were not statistically significant on their long term, whereas results from RUSLE-MQ were the most discrepant in relation to observed values. The two earlier models resulted in angular coefficients ( $b$ ) as high as 6,6 and 7,1, respectively, indicating a tendency for overestimation. Comparison of RUSLE-M estimates with plot data resulted in  $r^2=0,51$ ,  $b = 0,23$  and  $EF = 0,4$  (model efficiency), and were the best results obtained among the models tested. This evaluation was not conclusive as to which of the two better models is the best for general use to estimate soil losses.

## **1 INTRODUÇÃO**

O contato do homem com o meio ambiente, principalmente o meio agrícola, causa impactos que muitas vezes são difíceis de serem solucionados ou mesmo contornados. Dentre estes impactos, a erosão do solo apresenta uma importante contribuição devido à magnitude dos prejuízos que causa, direta ou indiretamente. Pela quase inexistência de dados quantificando tais prejuízos, a percepção dos mesmos pelos agricultores em relação a sua renda é baixa, o que os torna de difícil resolução.

O uso, manejo e conservação dos recursos naturais, racionalmente executados e, portanto sustentáveis ao longo do tempo, são objetivos sempre almejados pela pesquisa científica. Entretanto, chegar a estes resultados às vezes torna-se praticamente impossível, devido à grande quantidade de fatores envolvidos. No desenvolvimento de estratégias para atingir as causas sem a necessidade de concentrar esforços sobre questões menos relevantes de determinados problemas, a modelagem da erosão é tida como uma importante ferramenta de planejamento com vistas à conservação do meio ambiente. Seu custo é relativamente baixo apresentando grande versatilidade para a simulação de diversos cenários de uso e manejo com um tempo relativamente pequeno para processamento.

Apesar da modelagem da erosão apresentar muitas características favoráveis ao adequado planejamento conservacionista, seu uso não é muito difundido nas condições brasileiras. Algumas vezes, isso se deve à falta de dados de pesquisa disponíveis localmente, outras vezes à falta de modelos testados para estes locais ou a dificuldade no manuseio destes ou mesmo à falta de resultados gerados que sejam condizentes com a realidade local. Assim sendo, pretende-se avaliar e testar a aplicabilidade da REUPS (Revisão da Equação Universal de Perdas de Solo) como modelo de estimativa de perda de solo para o 2º planalto paranaense, utilizando os dados de perdas de solo observadas em macroparcels localizadas na Estação Experimental do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Pólo Regional de Pesquisas de Ponta Grossa.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Estimar as perdas de solo por erosão hídrica, através dos modelos REUPS, REUPS-M e REUPS-MQ<sup>(1)</sup> e comparar com os valores reais obtidos em macroparcelas situadas na Estação Experimental do IAPAR, em Ponta Grossa-PR.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- i) Comparar os modelos entre si na estimativa de perdas de solo em longo prazo.
- ii) Comparar as perdas de solo estimadas pela REUPS, REUPS-M e REUPS-MQ com as referidas perdas observadas no campo, em diferentes sistemas de manejo do solo.
- iii) Obter parâmetros de regressão e testar a eficiência dos modelos estudados.
- iv) Gerar rotina de programação em linguagem computacional para a simulação dos cenários e geração dos subfatores da REUPS.

---

<sup>(1)</sup> REUPS: tradução para o português da versão em língua inglesa da RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). REUPS-M e REUPS-MQ são variações da REUPS considerando os efeitos da chuva e enxurrada nas estimativas de perdas de solo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 MODELAGEM MATEMÁTICA

Um modelo matemático é uma imitação limitada da realidade, sendo que o grau de limitação varia em função dos objetivos e das variáveis que alimentam o modelo. Modelos matemáticos na agricultura têm sido usados, entre outras coisas, para: (i) especificar áreas do conhecimento deficientes, ou seja, lacunas da pesquisa em diversos sistemas; (ii) difundir o conhecimento científico ao usuário final; (iii) fornecer uma estrutura coerente para o entendimento do funcionamento de sistemas complexos; (iv) permitir a sumarização, interpolação e, com relativo cuidado, extrapolação de dados; (v) usar mais eficientemente os dados de pesquisa coletados com custos relativamente altos; e (vi) testar cenários futuros (FRANCE; THORNLEY, 1983).

#### 3.2 ESTIMATIVA DA EROSÃO COM O USO DE MODELOS

Considerando que a erosão do solo representa uma grande ameaça para o meio ambiente (KHANBILVARDI; ROGOWSKI, 1984), comparar as estimativas de perdas de solo com valores considerados aceitáveis, em função das diferentes estratégias de conservação adotadas, constitui uma eficiente avaliação de seus efeitos. Para atingir tais propósitos, a modelagem de erosão mostra-se como uma ferramenta adequada para estimar perdas nas mais variadas condições (MORGAN, 1986; RENARD *et al.*, 1997). A habilidade para estimar perdas de solo e aporte de sedimentos para as condições alternativas ou atuais de uso das terras é um passo importante na identificação de áreas que possam representar problemas e sugerir formas de como corrigi-los (KHANBILVARDI; ROGOWSKI, 1984). Porém, os resultados de um modelo não devem ser vistos como soluções automáticas e infalíveis para determinadas situações, pois, em função de limitações inerentes ao modelo, a obtenção de resultados fora da realidade poderia causar problemas significativos (YODER, 1998).

Os modelos de estimativa da erosão hídrica são resultado do produto do entendimento pela pesquisa dos vários processos erosivos (FOSTER, 1982) e podem ser classificados em quatro principais grupos: estocásticos-conceituais; estocásticos-empíricos; determinísticos-conceituais e determinísticos-empíricos (LOAGUE; GREEN, 1991).

### 3.3 SELEÇÃO DO MODELO

A escolha do modelo que melhor se adapta ao uso previsto deve seguir alguns critérios para sua seleção: (i) acurácia nas estimativas; (ii) simplicidade do modelo; (iii) consistência dos parâmetros estimados; e (iv) sensibilidade dos resultados a mudanças nos valores dos parâmetros de entrada (WOOLHISER; BRAKENSIEK, 1982). Sua seleção também deve basear-se na natureza do problema, nos objetivos da simulação, nos fatores econômicos acessíveis, na disponibilidade de equipamentos, entre outros condicionantes relacionados a cada situação (PESSOA *et al.*, 1997).

Conforme NEARING (1998), modelos empíricos como a EUPS (*Equação Universal de Perdas de Solo*) são mais fáceis de usar em função do pequeno número de parâmetros de entrada requerido. Estes modelos não fornecem indicação dos detalhes do processo, sendo que suas equações não podem ser extrapoladas com confiança para condições diferentes daquelas que os originaram (MORGAN, 1986). Por outro lado, modelos conceituais como o WEPP (*Water Erosion Prediction Project*) (CHAVES; NEARING, 1991), têm uma estrutura muito mais sofisticada que, teoricamente, leva-os a melhor descrever influências e interações da grande quantidade de fatores que influenciam no processo da erosão. Contudo, tal tipo de modelo normalmente exige um grande número de parâmetros de entrada. Além disso, os modelos conceituais freqüentemente fornecem informações diferentes daquelas dos empíricos (NEARING, 1998).

A EUPS resultou da coleção de uma grande quantidade de dados e análises de perdas de solo, com início em torno de 1930 até a década de 1970, com as publicações

de Wischmeier e Smith, sendo considerada a equação empírica mais largamente utilizada para estimativas de erosão em sulcos e entre-sulcos combinadas, tanto para os EUA quanto para o restante do mundo (WISCHMEIER; SMITH, 1965, 1978; KINNELL, 2000). No Brasil, desde 1975 têm sido desenvolvidos esforços no para a determinação dos diversos parâmetros da EUPS (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990). Originalmente desenvolvida como uma ferramenta para planejamento conservacionista no controle da erosão e manutenção da produtividade do solo, atualmente tem sido empregada para outros usos, práticas de manejo e condições climáticas diversas (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Por ser uma equação que considera o total de erosão, não estima a deposição, apresentando problemas para grandes áreas, pois, como a erosão ocorre dentro de sub-bacias, o aporte de sedimentos é geralmente menor que as perdas de solo estimadas pela EUPS. Assim, necessita-se que estas estimativas sejam multiplicadas por um Índice de Aporte de Sedimentos (SDR) para obter as estimativas de perda de solo corretas (KHANBILVARDI; ROGOWSKI, 1984; DI STEFANO; *et al.*, 2000; KINNELL, 2000; DA OUYANG, 2003). Valores de SDR podem ser estimados através de diversas formas, como área de drenagem da bacia, relação chuva-enxurrada, declividade, gradiente, relevo e tamanho de partículas. Porém, as relações são inversamente proporcionais ao tamanho da bacia, em que grandes bacias apresentam menores valores de SDR e áreas pequenas praticamente não se alteram os valores de erosão total (DA OUYANG, 2003).

Em virtude disso, WILLIAMS (1975) propôs uma modificação no fator R da EUPS para estimar o aporte de sedimentos em eventos individuais, considerando o volume da enxurrada e a vazão pico de descarga. Esta alteração ficou conhecida como MEUPS (FOSTER, 1982). Outra modificação, conhecida por Modificação de Onstad-Foster da EUPS, contém uma combinação da EUPS e os fatores de energia da MEUPS. A MEUPS e suas variações usam somente variáveis de enxurrada para simular erosão e aporte de sedimentos, o que aumenta a acurácia nas estimativas (WILLIAMS, 1995). A crescente demanda dos usuários da EUPS por maior flexibilidade na modelagem de erosão para condições diferentes daquelas que deu origem ao modelo e que não eram

contempladas por sua estrutura, resultou em trabalhos de atualização do modelo em meados da década de 1980, pelo Serviço de Pesquisas na Agricultura do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA-ARS). Mantendo a estrutura da EUPS, novas pesquisas e análises resultaram na REUPS, aliando a performance da EUPS para novos e antigos esquemas de manejo das terras (RENARD; FERREIRA, 1993; RENARD, *et al.* 1997; YODER *et al.*, 1998).

A REUPS é um modelo de estimativa de erosão projetado para prever perdas médias anuais de solo em longo prazo por unidade de área em função do sistema de manejo e cultivo, tipo de solo, período específico de erosividade, tipo de vertente e práticas conservacionistas adotadas e apresenta-se da forma (RENARD *et al.*, 1997):

$$A = R K L S C P \quad (\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}),$$

em que:  $A$  é perda média anual de solo;  $R$  é o fator erosividade da chuva;  $K$  o fator erodibilidade do solo;  $LS$  representa o fator topográfico, combinando os efeitos do comprimento de vertente e sua declividade;  $C$  quantifica os efeitos do uso e manejo do solo e  $P$  representa os efeitos das práticas conservacionistas (ex.: semeadura em nível). Com exceção de  $R$  e  $K$ , os outros fatores são adimensionais.

Em uma avaliação deste modelo, YODER *et al.* (1998) definiram-no como sendo uma combinação de rotinas de base empírica e conceitual idealizadas para otimizar o uso da base de dados que derivou a EUPS. Seus fatores são particionados em subfatores mais refinados, permitindo com isso maior flexibilidade no cálculo de perdas de solo em situações não contempladas pela pesquisa com quantidade significativa de dados de erosão. Para situações simples, não cobertas por estes dados, o modelo usa conceitos básicos da ciência da erosão dos solos para complementar a base empírica.

Segundo FOSTER *et al.* (2000), o uso de um modelo para situação particular pode ser uma ferramenta muito poderosa, porém, se ele requer recursos excessivos, então sua aplicação não se torna válida. Um critério importante para a qualidade das estimativas de perdas de solo é a qualidade das decisões de planejamento conservacionista que resulta do uso do modelo, critério este contemplado pela estrutura

da REUPS, e não quanto ele estima os valores observados. Portanto, de acordo com YODER *et al.* (1998), o objetivo principal da REUPS é servir como uma ferramenta eficiente de planejamento de uso e manejo do solo em bases conservacionistas.

Recentemente, foram propostas alterações no índice de erosividade da chuva e enxurrada (R) da EUPS e REUPS, considerando o efeito da enxurrada (coeficientes relacionados à partição da chuva em infiltração e enxurrada, e à energia cinética da chuva) na concentração de sedimentos (KINNELL, 1995; KINNELL; RISSE, 1998; KINNELL, 1998; KINNELL, 2000). Essa proposta considera o produto do coeficiente de enxurrada ( $Q_R$ ) e o  $EI_{30}$  como substitutivos ao fator R da REUPS e EUPS, proporcionando melhores estimativas de perda de solo para eventos (KINNELL; RISSE, 1998). Utilizando a enxurrada nas avaliações de perdas de solo em Campinas (SP), CARVALHO (1992) verificou que o volume de enxurrada apresentou-se como o melhor índice de erosividade.

### 3.4 AVALIAÇÃO OPERACIONAL DO MODELO

Avanços em sistemas computacionais têm levado a uma grande expansão na modelagem por computador (WHITMORE, 1991). No entanto, apesar desta grande capacidade de desenvolvimento de modelos, muitos procedimentos para sua avaliação não estão bem definidos (LOAGUE; GREEN, 1991). Um modelo representa adequadamente a realidade somente se ele pode estimar, dentro de uma amplitude de valores calibrados e validados, um fenômeno observável com acurácia e precisão aceitáveis<sup>(2)</sup>. Para avaliar um modelo, deverão ser utilizados critérios estatísticos e gráficos (LOAGUE; GREEN, 1991; CRAMB; NELSON, 1998). Para ADDISCOT & WHITMORE (1987) o uso conjunto de diversos métodos de avaliação reduz o risco de interpretações errôneas dos resultados. Como avaliação inicial da performance do modelo, compara-se estatísticas tradicionais (média e desvio-padrão) para dados

---

<sup>(2)</sup> Acurácia: é a amplitude em que os valores estimados pelo modelo se aproximam do conjunto de dados medidos. Precisão: é o grau em que os valores estimados pelo modelo se aproximam de uma função linear dos dados medidos (LOAGUE; GREEN, 1991).

observados e estimados. Posteriormente, os dados medidos são comparados com os estimados por testes estatísticos não tradicionais (LOAGUE; GREEN, 1991).

### 3.5 EXPERIMENTO DE CAMPO EM MACROPARCELAS

Em função das dimensões das macroparcelas, a avaliação da erosão hídrica em macroparcelas no campo permite que sejam conduzidas as práticas de manejo de solo e de culturas de maneira semelhante às condições de lavoura. Além disso, são contempladas as três fases da erosão hídrica em sulcos e em entre-sulcos, ou seja, desagregação, transporte e deposição de sedimentos, com a ocorrência, inclusive de pequenos canais. Uma vez que parte do material erodido em geral deposita antes de alcançar a drenagem, no caso a calha coletora, os valores de perdas de solo obtidos em macroparcelas em geral não representam a erosão total do local, mas sim o aporte de sedimentos (MERTEN, 1995).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação operacional da REUPS foi realizada por meio da comparação de valores de perdas de solo e água simulados com aqueles medidos em três macroparcels instaladas no IAPAR, Estação Experimental de Ponta Grossa.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A Estação Experimental do IAPAR está situada no município de Ponta Grossa/PR, com latitude 25°13'S e longitude 50°01'O, altitude média de 950 m, pertencente ao segundo planalto paranaense. A precipitação total anual situa-se entre 1.300 a 1.800 mm, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (MERTEN, 1995). De acordo com a classificação de Köppen, o clima local é do tipo Cfb (clima subtropical úmido mesotérmico, verões frescos, sem estação seca e com geadas severas).

#### 4.1.1 Macroparcels

As macroparcels foram conduzidas em três sistemas de manejo distintos (sistemas 1, 2 e 3), com período de acompanhamento compreendendo os anos de 1981 a 1995. Porém, os resultados disponíveis para a presente avaliação correspondem aos anos de 1983 a 1984 (denominado período 1) e de 1988 a 1989 (denominado período 2), nos quais foram registrados eventos que efetivamente produziram enxurrada sob chuva natural. As macroparcels foram instaladas sobre um LATOSSOLO VERMELHO distrófico típico (EMBRAPA, 1999), com declividade média de 0,07 m m<sup>-1</sup> e dimensões de 100x50 m (largura x comprimento vertente) para os sistemas 1 e 2 (0,5 ha), enquanto para o sistema 3 as dimensões eram de 100x100 m (1 ha). A delimitação externa foi feita com terraços construídos com arado, tendo a face inferior do terraço um desnível de 0,01 m m<sup>-1</sup>, iniciando-se nas bordas e convergindo na porção central em que estavam posicionados os coletores de enxurrada (BISCAIA, 1984). Para amostragem de enxurrada (solo e água), utilizou-se, em cada macroparcela, um

flume “H” com roda amostradora tipo Coshocton (BRAKENSIEK *et al.*, 1979). Uma alíquota de 1:99 da enxurrada era então conduzida para tanques coletores com capacidade de 280 L para os sistemas 1 e 2, e 245 L para o sistema 3 (MERTEN, 1995). Próximo as macroparcelas, foi instalado um pluviógrafo e um pluviômetro, para utilizar os dados registrados no cálculo dos valores totais de chuva e de sua erosividade. Os valores de precipitação, temperaturas máxima, mínima e média e radiação, foram obtidos através de registros diários para o período de 1980 a 1991, sendo posteriormente compilados, resultando em um valor médio decendial.

As rotações de culturas empregadas nos três sistemas de manejo foram: sucessão soja/trigo (sistemas 1 e 2) e rotação milho1/aveia1/soja1/trigo1/soja2/tremoço1/milho2/aveia2/soja3/tremoço2/milho3/aveia3/soja4/trigo2/soja3 (sistema 3). O preparo do solo empregado para o sistema 1 foi convencional contínuo com uma aração e duas gradagens niveladoras antes da semeadura; para o sistema 2, empregou-se convencional contínuo com uma gradagem pesada e duas gradagens niveladoras antes da semeadura; no sistema 3 foi realizado preparo do solo com aração e duas gradagens niveladoras antes da semeadura em todos os tratamentos, exceto para o milho3, aveia3 e trigo2, os quais foram implantados sem preparo (semeadura direta). Os preparos do solo e semeaduras foram sempre realizados em nível e a colheita feita com colhedora automotriz. As datas de preparo, semeadura e colheita, juntamente com o espaçamento utilizado e produtividade por cultura, encontram-se no Anexo 1.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MODELOS

Em função dos indicativos da literatura de que a melhoria do fator erosividade pode aumentar a acurácia do modelo, empregaram-se três formas deste fator para testar a REUPS.

### 4.2.1 Fator erosividade da chuva (*R*)

A erosividade da chuva da REUPS foi calculada de três formas utilizando metodologias distintas. A primeira forma, denominada no presente trabalho de

REUPS-M, segue a metodologia proposta por KINNELL (1995, 1998, 2000); KINNELL & RISSE (1998), em que os autores consideraram o fator  $R$  como o produto do coeficiente de enxurrada observada ( $Q_R$ ) pelo índice de erosividade da chuva ( $EI_{30}$ ), ou seja:

$$R = Q_R \cdot EI_{30} \quad [1]$$

em que:

$$Q_R = \frac{Q_e}{B_e} \quad [2]$$

sendo  $Q_e$  = total de enxurrada observada por evento (mm);  $B_e$  = total de precipitação por evento (mm); portanto  $Q_R$  em [2] é adimensional, mantendo para  $R$ , em [1], as mesmas unidades do  $EI_{30}$  ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ );

A segunda forma, denominada de REUPS-MQ, também utiliza as mesmas considerações da anterior, porém os valores de enxurrada total ( $Q_e$ ) foram estimados em função dos valores de  $CN$  (número curva), obtidos conforme RENARD *et al.* (1997); SCHWAB (1981), usando a metodologia do National Resource Conservation Service (NRCS):

$$Q_e = \frac{\left[ P - 0,2 \left( \frac{25400}{CN} - 254 \right) \right]^2}{\left[ P + 0,8 \left( \frac{25400}{CN} - 254 \right) \right]} \quad [3]$$

sendo  $P$  = precipitação (mm) para o decêndio considerado.

A terceira forma de obtenção do fator  $R$  é igual a do  $EI_{30}$  da REUPS, tal como proposto por RENARD *et al.* (1997):

$$R = \frac{\sum_{i=1}^j (EI_{30})_i}{N} \quad [4]$$

sendo  $i$  o evento e  $j$  o total de eventos em  $N$  anos.

#### 4.2.2 Fator erodibilidade do solo (K)

Ao se alterarem os valores de erosividade com a inclusão de parâmetros de enxurrada, os valores de K necessitavam ser substituídos para a REUPS-M e REUPS-MQ. Em função disso, utilizou-se o fator erodibilidade proposto por KINNEL (1998):

$$K_{RM} = K_R \frac{\sum_{e=1}^N (EI)_e}{\sum_{e=1}^N (Q_R EI)_e} \quad [5]$$

em que:

$K_{RM}$  = valor de K contemplando eventos de enxurrada ( $\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ );

$N$  = número de eventos erosivos;

$e$  = evento erosivo;

$K_R$  = valor K médio em longo prazo para a REUPS, obtido com base em uma série de 12 anos de registros em parcela padrão da estação experimental, extraídos de JACOBS (1995). Nessas condições, com solo descoberto e semeadura no sentido da vertente, obtém-se  $C=P=1$ , resultando nos valores de K relacionados com a enxurrada e erosividade registradas em longo prazo (KINNEL, 1998). Os valores obtidos em parcela padrão são então utilizados na REUPS, ou seja:  $K = 0,0087$  ( $\text{Mg ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ).

#### 4.2.3 Fator topográfico (LS)

O fator topográfico representa o efeito do relevo nas perdas de solo, sendo influenciado pelo comprimento da vertente ( $L$ ) e sua inclinação ( $S$ ). Está representado por:

$$L = \left( \frac{\lambda}{22,13} \right)^m \quad [6]$$

$$S = 10,8 \cdot \text{seno } \theta + 0,03 \quad [7]$$

sendo  $\lambda$  = comprimento da vertente (m);  $m$  = expoente calculado de acordo com o manual da REUPS (RENARD *et al.*, 1997);  $\theta$  a inclinação da vertente ( $^{\circ}$ ). A equação [6] é empregada para inclinação da vertente menor que 9 %.

#### 4.2.4 Fator Uso e Manejo (C)

##### 4.2.4.1 Estimativa dos Subfatores

O uso de subfatores proposto para a REUPS permite a aplicação e desenvolvimento de razões de perdas de solo para locais que não possuam dados experimentais relativos a uso e manejo anteriormente publicados (RENARD; FERREIRA, 1993; RENARD *et al.*, 1997). No conceito de subfatores, os parâmetros empregados são: efeitos do manejo e cultivo anteriores; a proteção oferecida ao solo pelo dossel da cultura e pela cobertura com resíduos, e a redução da velocidade da enxurrada pela rugosidade superficial, sendo que o produto desses parâmetros resulta na razão de perdas de solo (*SLR*) para o período considerado (RENARD *et al.*, 1997). Os valores de altura e palha da cultura, fração da superfície coberta e raízes acumuladas (vivas e mortas), foram estimados adaptando a metodologia proposta por ROLOFF & BERTOL (1998) e utilizando o modelo de crescimento de cultura do EPIC<sup>(3)</sup> (WILLIAMS *et al.*, 1989; WILLIAMS, 1995).

O produto dos subfatores fornece os valores de *SLR* para o decêndio (RENARD *et al.*, 1997), na forma:

$$SLR = PLU \cdot CC \cdot SC \cdot SR \quad [8]$$

sendo:

##### **PLU: subfator uso anterior**

$$PLU = C_f \cdot 0,951 \cdot \exp \left[ -1,779 \cdot B_{ur} S_{up} + 0,371 \cdot \left( \frac{B_{us} S_{up}}{C_f^{0,5}} \right) \right] \quad [9]$$

<sup>(3)</sup> EPIC – Environment Policy Integrated Climate

em que:

$C_f$  = fator consolidação da superfície do solo;

$$C_f = 1 \quad [10]$$

$$C_f = \exp[-0,0031 \cdot D_p] \cdot 0,85 + 0,15 \quad [11]$$

$$C_f = \exp[-0,0031 \cdot D_p] \quad [12]$$

sendo  $D_p$  = dias após o preparo/semearura. A Eq. [10] é empregada para o decêndio de preparo e semearura; a Eq. [11] empregada para o decêndio que apresente somente semearura; e a Eq. [12] empregada para decêndios posteriores a semearura (STRECK; COGO, 2003). As raízes nos 2,5 cm superficiais da camada 0-10 cm ( $B_{ur}S_{up}$ , em kg ha<sup>-1</sup>)

$$B_{ur}S_{up} = RarcV \quad [13]$$

em que  $RarcV$  é a quantidade de raízes vivas (kg ha<sup>-1</sup>) (Anexo 1, Eq. [A.14] );

$B_{us}S_{up}$  = resíduo incorporado nos 2,5 cm superficiais da camada 0-10 cm (kg ha<sup>-1</sup>).

### **CC: subfator cobertura pelo dossel**

$$CC = 1 - [F_c \cdot \exp(-0,0305 \cdot H_m)] \quad [15]$$

em que:

$F_c$  = fração da superfície coberta pelo dossel da cultura;

$H_m$  = altura mediana da cultura (m).

### **SC: subfator cobertura da superfície**

$$SC = \exp \left\{ -0,035 \cdot [1 - \exp(-\alpha \cdot B_s)] \cdot 100 \cdot \left[ \left( \frac{0,61}{R_{ug}} \right)^{0,08} \right] \right\} \quad [16]$$

em que:

$\alpha$  = índice de área coberta por peça do resíduo pela massa deste resíduo (ha Mg<sup>-1</sup>)

$B_s$  = palha superficial proveniente da colheita da cultura anterior (Mg ha<sup>-1</sup>);

$R_{ug}$  = rugosidade superficial em função do último preparo (cm), recebendo influência dos resíduos enterrados, ou seja, no momento do preparo do solo ou semeadura, é representada pela equação:

$$R_{ug} = 0,61 + (R_{ui} - 0,61) \cdot \{0,8 \cdot [1 - \exp(-0,00053 \cdot B_u)] + 0,2\} \quad [17]$$

porém após estes períodos, é representada por:

$$R_{ug} = 0,61 + [\exp(-0,0055 \cdot \sum P_m) \cdot (R_{ui} - 0,61)] \quad [18]$$

sendo  $P_m$  a precipitação total (mm) desde o último preparo;  $R_{ui}$  a rugosidade aleatória (cm) em função do implemento utilizado (preparo e/ou semeadura) e  $B_u$  o somatório dos resíduos enterrados (palha + raízes mortas) no solo (0-10 cm) para o período considerado.

### **SR: subfator rugosidade superficial**

$$SR = \exp[-0,26 \cdot R_{ug} - 0,61] \quad [19]$$

sendo  $R_{ug}$  a rugosidade superficial em função do último preparo.

Similarmente ao fato dos valores de  $K_{RM}$  serem ponderados com eventos de enxurrada e erosividade, os resultados de  $SLR$  obtidos necessitam serem substituídos para a REUPS-M e REUPS-MQ. Porém, no caso dos valores de  $K_{RM}$ , utilizou-se valores de enxurrada e erosividade em longo prazo por estarem relacionados com as condições da parcela padrão. No entanto, no caso em que o solo em questão apresenta cultura, os valores de  $SLR$  passam a ser considerados como:

$$C_{RM} = SLR \cdot \frac{k_{C.RM}}{k_{K.RM}} \quad [20]$$

em que:

$$k_{C.RM} = \frac{\sum_{e=1}^N (EI_{30})_e}{\sum_{e=1}^N (Q_R EI_{30})_e} \quad [21]$$

sendo  $EI_{30}$  e  $Q_R$  considerados por evento e solo com cultura;

$$k_{K.RM} = \frac{\sum_{e=1}^N (EI_{30})_e}{\sum_{e=1}^N (Q_R EI_{30})_e} \quad [22]$$

sendo  $EI_{30}$  e  $Q_R$  considerados em condições de parcela padrão, ou seja, em longo prazo e solo desprovido de cobertura vegetal (KINNELL; RISSE, 1998).

#### 4.2.4.2 Geração de Cenários

Para comparar as perdas de solo medidas nas macroparcelas com as perdas estimadas pelos modelos, foram gerados valores de  $SLR$  decendial em função da rotação de culturas e do sistema de manejo do solo. Por apresentar relativa complexidade e grande demanda de tempo para a estimativa destes valores, foi desenvolvido um aplicativo para uso com o Excel<sup>(4)</sup> para automatizar os cálculos, tendo-se como entradas dois tipos de dados: a) dados fornecidos pelo usuário em função das características locais de avaliação, ou seja, rotação/sucessão de culturas empregadas, datas de preparo do solo, de semeadura e colheita, tipo de preparo do solo (convencional ou sem preparo), espaçamento utilizado na semeadura, produtividade média obtida por cultura, implementos utilizados para o preparo e/ou semeadura; e b) dados climáticos para o local em função do período selecionado (precipitação, temperatura média e radiação solar). Com relação a cada cultura escolhida no sistema de rotação/sucessão, o aplicativo extrai os valores dos parâmetros armazenados no banco de dados para simular seu crescimento. As variáveis e parâmetros utilizados, juntamente com o algoritmo de geração dos valores de  $SLR$  da REUPS e suas modificações, estão detalhados no Anexo 2.

#### 4.2.5 Fator Práticas Conservacionistas de Suporte (P)

Este fator representa o efeito do uso de práticas conservacionistas na erosão, tais como: preparo do solo e semeadura em nível, semeadura em faixas alternadas e

---

<sup>(4)</sup> Excel VBA - (Visual Basic for Applications)

com rotação e terraceamento. Seu efeito está relacionado à mudança dos padrões de fluxo da água, grau ou direção do escoamento superficial, reduzindo a quantidade e o coeficiente de enxurrada (RENARD *et al.*, 1997). O fator P está representado, para as condições locais, conforme:

$$P = P_b = c(s_c - s_m)^d + P_{mb} \quad [23]$$

em que:  $P_b$  valor base do fator P para preparo e semeadura em nível;  $c$ ,  $s_c$ ,  $s_m$ ,  $d$  foram obtidos conforme manual da REUPS (FIGURA 6-2 e TABELA 6-3), sendo  $s_c$  o valor de declividade local ( $m\ m^{-1}$ ),  $s_m$  o valor de declividade ( $m\ m^{-1}$ ) em que o preparo do solo e semeadura apresentam a máxima efetividade no controle da erosão,  $c$  e  $d$  são constantes para as condições específicas.

### 4.3 AVALIAÇÃO DO MODELO

#### 4.3.1 Comparação de resultados

Os resultados de perdas de solo simulados com os modelos foram comparados com as perdas de solo medidas nas macroparcelas. Inicialmente, procedeu-se uma avaliação visual dos resultados por meio de gráficos, como forma de avaliação de tendências e padrões de distribuição, conforme proposto por LOAGUE & GREEN (1991). Após esta etapa, comparou-se a variância dos resultados para a REUPS e suas modificações propostas (REUPS-M e REUPS-MQ) e os parâmetros de regressão linear para os valores estimados *vs.* medidos ( $b$ : inclinação da reta,  $a$ : intercepto de  $y$  e  $r^2$ : coeficiente de determinação). Avaliou-se também a eficiência do modelo ( $EF$ ), conforme LOAGUE & GREEN (1991); KINNELL (1998); KINNELL & RISSE (1998):

$$EF(\log) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\log(O_i) - \log(P_i))^2}{\sum (\log(O_i) - \log(\bar{O}))^2} \quad [24]$$

em que:  $O_i$  são os valores de perdas de solo medidos;  $\bar{O}$  é a média dos valores medidos e  $P_i$  são os valores de perdas de solo estimados pelos modelos. O máximo valor de  $EF$  é 1, significando que o modelo é excelente estimador. Quando o valor obtido for igual a zero, significa que não há diferença entre utilizar os resultados estimados ou a média dos resultados observados, porém se for negativo, indica que os resultados estimados são piores que a média dos observados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de perdas de solo simulados com as aplicações da REUPS e suas variações para os três sistemas de manejo de solo, encontram-se no Anexo 3. Para que a comparação dos valores simulados pelos modelos com aqueles medidos nas macroparcelas seja válida, supõe-se que os registros levantados nas macroparcelas se deram em condições que correspondam à realidade, e sem pontos de deposição. Também não foram considerados eventuais erros, em condições de baixa vazão da enxurrada, devidos a inércia da roda de Coshocton. Em função da disponibilidade dos dados observados no campo, os resultados simulados com os modelos foram avaliados considerando-se os dois períodos de registros disponíveis, ou seja, de 1983 a 1984 (período 1) e de 1988 a 1989 (período 2).

Nos três sistemas de manejo de solo, a enxurrada apresentou considerável influência nas perdas de solo para os períodos considerados, com  $r^2$  variando de 0,60 a 0,80 nos sistemas 1 e 3 (FIGURA 1). Para o sistema 2, no entanto, a relação enxurrada  $\times$  perda de solo apresentou  $r^2 = 0,39$  para o período 1 e  $r^2 = 0,06$  para o período 2 (FIGURA 2). De acordo com MERTEN<sup>(5)</sup>, no período 1, as macroparcelas apresentavam maior variabilidade dos dados nas medições, sendo que após este período os resultados obtidos “pareciam” mais condizentes com a realidade. Os pontos discrepantes no período, marcados arbitrariamente (FIGURA 2), podem estar associados a essas variações.

---

<sup>(5)</sup> Comunicação pessoal (2003)

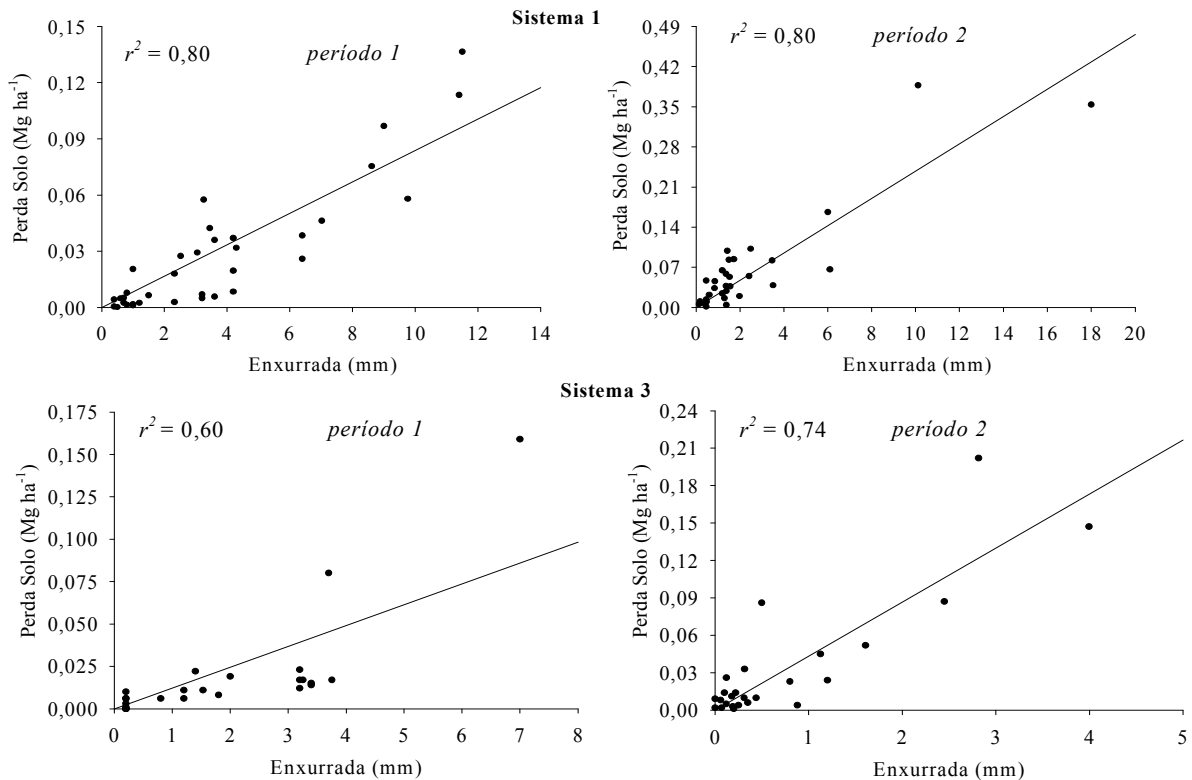


FIGURA 1 – RELAÇÃO ENXURRADA MEDIDA NAS MACROPARCELAS VS. PERDA DE SOLO MEDIDA APÓS CADA EVENTO EFETIVO PARA OS SISTEMAS 1 E 3

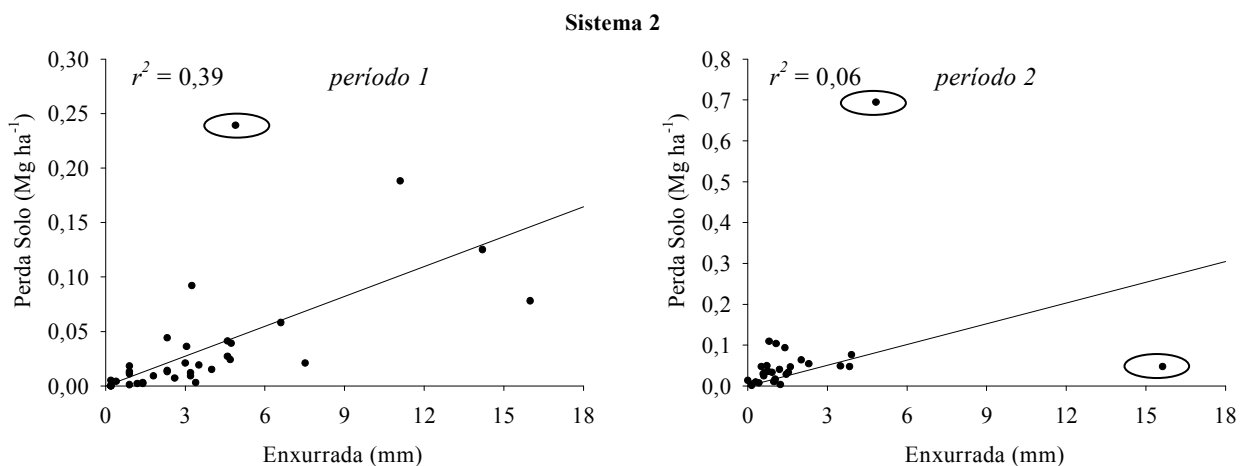


FIGURA 2 – RELAÇÃO DA ENXURRADA MEDIDA NA MACROPARCELA VS. PERDA DE SOLO MEDIDA APÓS CADA EVENTO EFETIVO PARA O SISTEMA 2, COM PONTOS CONSIDERADOS DISCREPANTES CIRCULADOS.

Os valores de perdas de solo foram superestimados para o período 1 e subestimados para o período 2 nos modelos avaliados, em relação aos valores observados, exceto para a REUPS-MQ, em que todos os valores foram superestimados, independentemente do período avaliado (FIGURA 3).

Para a REUPS e REUPS-M, nos sistemas 1 e 2, os valores estimados variaram entre 3,5 a 4,2 vezes a mais que os observados, enquanto no sistema 3, a magnitude da proporção foi em torno de 9 vezes maior (FIGURA 3). As estimativas totais dos dois modelos anteriormente citados, quando comparadas aos valores observados, não diferem estatisticamente entre si (TABELA A 3.1).

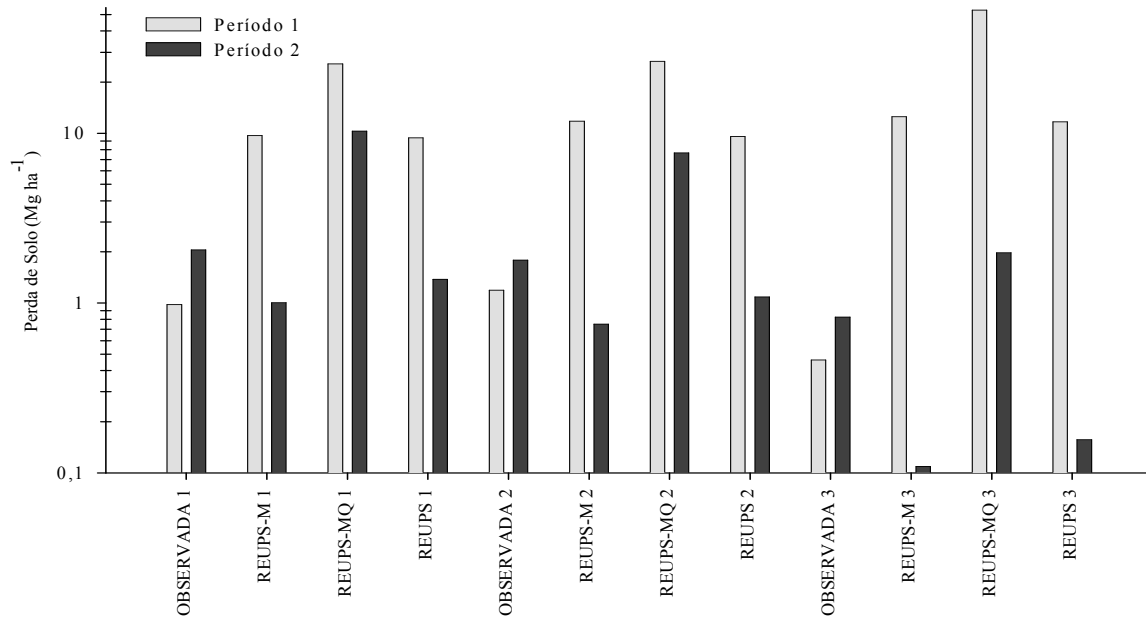


FIGURA 3 – PERDAS TOTAIS DE SOLO OBSERVADAS E ESTIMADAS NOS DOIS PERÍODOS AVALIADOS PARA OS TRÊS SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO (DENOMINADOS DE 1 A 3)

Os maiores desvios de resultados foram obtidos com a REUPS-MQ, chegando a apresentar, para o sistema 3, uma estimativa total de aproximadamente 43 vezes maior que os valores observados (FIGURA 3 e TABELA A 3.2). Além disso, o modelo apresentou também valores de coeficiente angular (inclinação da reta =  $b$ ) negativos e de grande magnitude (TABELA A 3.5). Estas discrepâncias estão relacionadas, em parte, com as estimativas de enxurrada para os eventos, pois, conforme CHAVES (1991), os parâmetros hidrológicos apresentam grande sensibilidade nos resultados de escoamento superficial.

Devido aos parâmetros hidrológicos, para o modelo REUPS-MQ, serem estimados por meio do método do número curva (CN), sem o uso de balanço hídrico, os resultados obtidos de perdas de solo apresentaram-se excessivamente elevados, pois

a componente enxurrada estimada não apresentou relação com os valores observados, sendo esta superestimada nos três sistemas de manejo do solo (FIGURA 4).

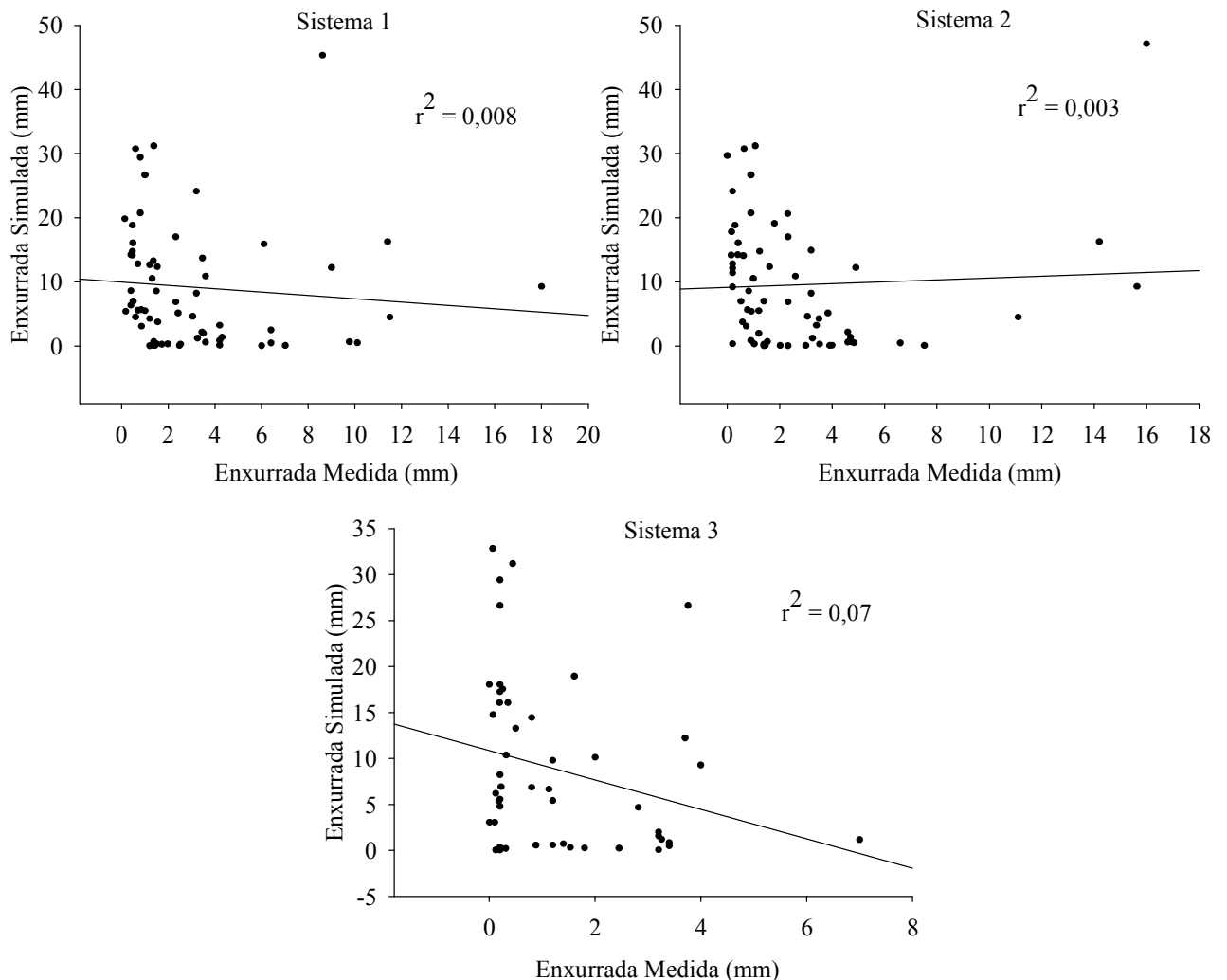


FIGURA 4 – RELAÇÃO DA ENXURRADA DECENDIAL MEDIDA NA MACROPARCELA VS. ENXURRADA DECENDIAL ESTIMADA, PELO MÉTODO CN, PARA OS TRÊS SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO (DENOMINADOS DE 1 A 3)

A REUPS, por possuir uma base empírica, apresenta limitações para estimativas de perdas de solo em curto prazo, sendo que resultados mais confiáveis são obtidos em escala anual ou maior (WISCHMEIER; SMITH, 1978; RENARD, *et al.*, 1997), em que um grande número de eventos contribui para aumentar a confiabilidade dos resultados (KINNELL, 2000). Portanto, sua principal característica é avaliar o efeito de práticas alternativas de manejo na erosão do solo (RENARD; FERREIRA, 1993). Tal fato corresponde às estimativas encontradas, em que os valores totais de

perdas para a REUPS e REUPS-M foram similares, havendo, porém, diferenças na distribuição desses valores por evento, o que será discutido posteriormente.

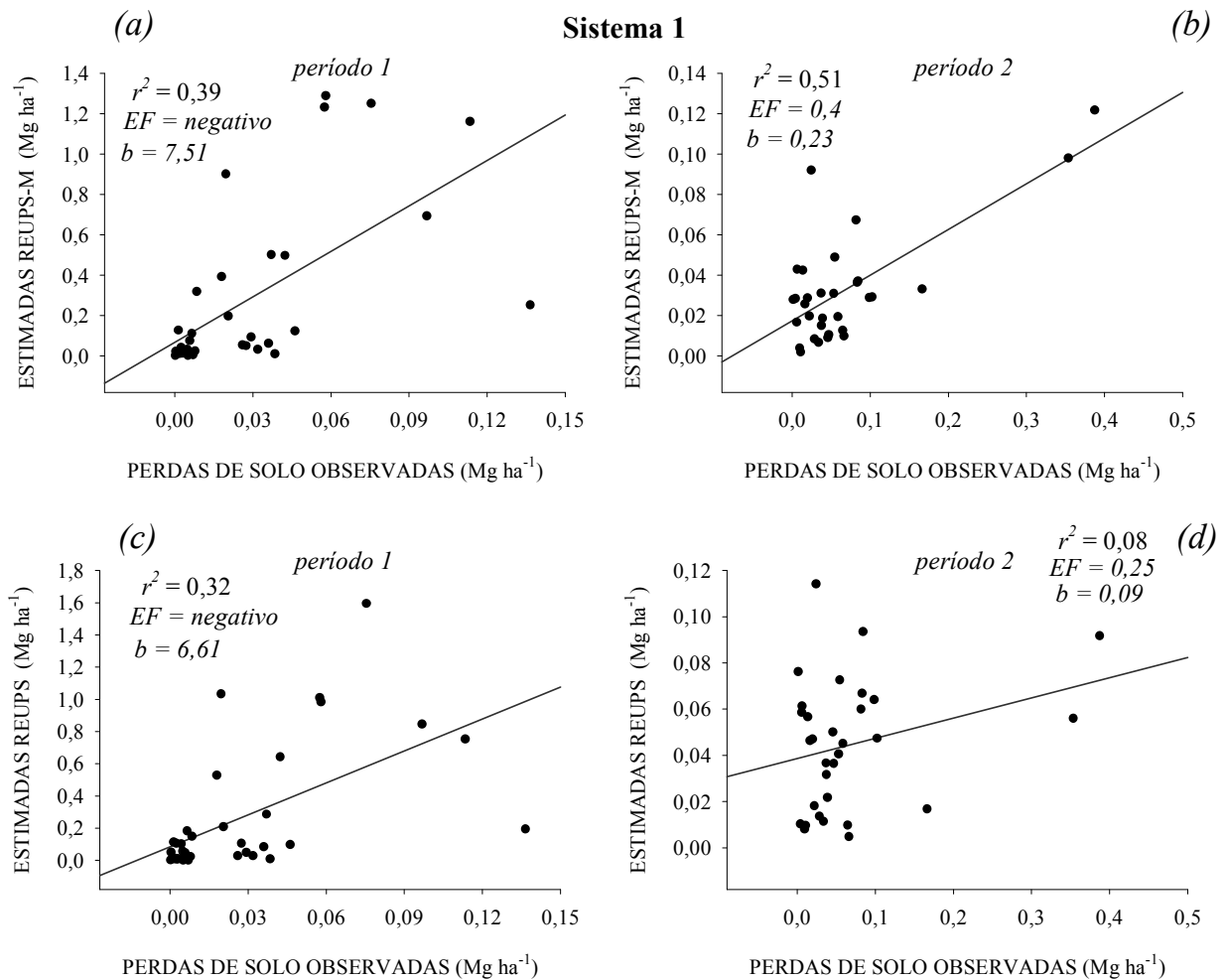


FIGURA 5 – RELAÇÃO DE PERDAS DE SOLO ESTIMADAS PELA **REUPS-M** [(a) E (b)] E **REUPS** [(c) E (d)] COM OS VALORES DE PERDAS DE SOLO OBSERVADOS NAS MACROPARCELAS PARA O SISTEMA 1 NOS PERÍODOS 1 E 2.

Apesar da REUPS-M considerar o efeito da enxurrada observada nas perdas de solo e essas perdas observadas nas macroparcelas apresentarem relação estreita com o escoamento de água na superfície para o sistema 1 (FIGURA 1), o valor de  $r^2$  para o período 1, obtido da relação entre as perdas de solo observadas e estimadas, foi razoavelmente menor que para o período 2 (FIGURA 5 – a, b). Além disso, a  $EF$  (Eficiência do Modelo) foi negativa no período 1, enquanto no período 2 obteve-se  $EF = 0,4$ . Quando o  $EF$  obtido foi positivo, significa que o modelo estimou melhor os resultados em relação aos dados médios observados nas macroparcelas. Todavia,

resultados negativos indicam que o modelo não se apresentou como um bom estimador, sendo que, nesse caso, é melhor utilizar os valores médios observados nas macroparcelas.

Outra característica de grande importância é de que no período 1, o modelo REUPS-M apresentou  $b = 7,51$  enquanto no período 2 obteve-se  $b = 0,23$ . Observa-se então para os períodos em que ocorrem menores perdas de solo, o modelo superestima os valores e, para os períodos em que ocorrem maiores perdas de solo, o modelo subestima esses valores (Figura 3 e TABELA A 3.1). A mesma tendência foi observada para todos os sistemas de manejo do solo e variações da REUPS. Resultados semelhantes foram obtidos por NEARING (1998) e outros autores por ele citados.

No caso da REUPS, ainda no sistema 1, no período 1, os resultados apresentaram a mesma tendência verificada no caso da REUPS-M, ou seja, valor de  $r^2 = 0,32$  e  $EF$  negativo (FIGURA 5 - c). No período 2, porém, obteve-se um  $r^2 = 0,08$ , mas um  $EF = 0,25$  (FIGURA 5 - d). Uma justificativa para este valor de  $EF$  maior que zero com  $r^2$  baixo é que, no período 2, a proporção do  $e_m$  (erro máximo) dos dados simulados na REUPS com o  $e_m$  dos dados observados foi 6 vezes maior ( $e_m$  estimado/ $e_m$  observado), enquanto no período 1 o  $e_m$  estimado foi 73 vezes maior que o observado (TABELA A 3.3). A tendência da REUPS de superestimar valores em baixas perdas observadas ( $b = 6,61$ ) para o período 1 e subestimar perdas em valores altos de perdas ( $b = 0,09$ ) para o período 2 (FIGURA 5), pode ser verificada comparando-se os valores por meio da FIGURA 6.

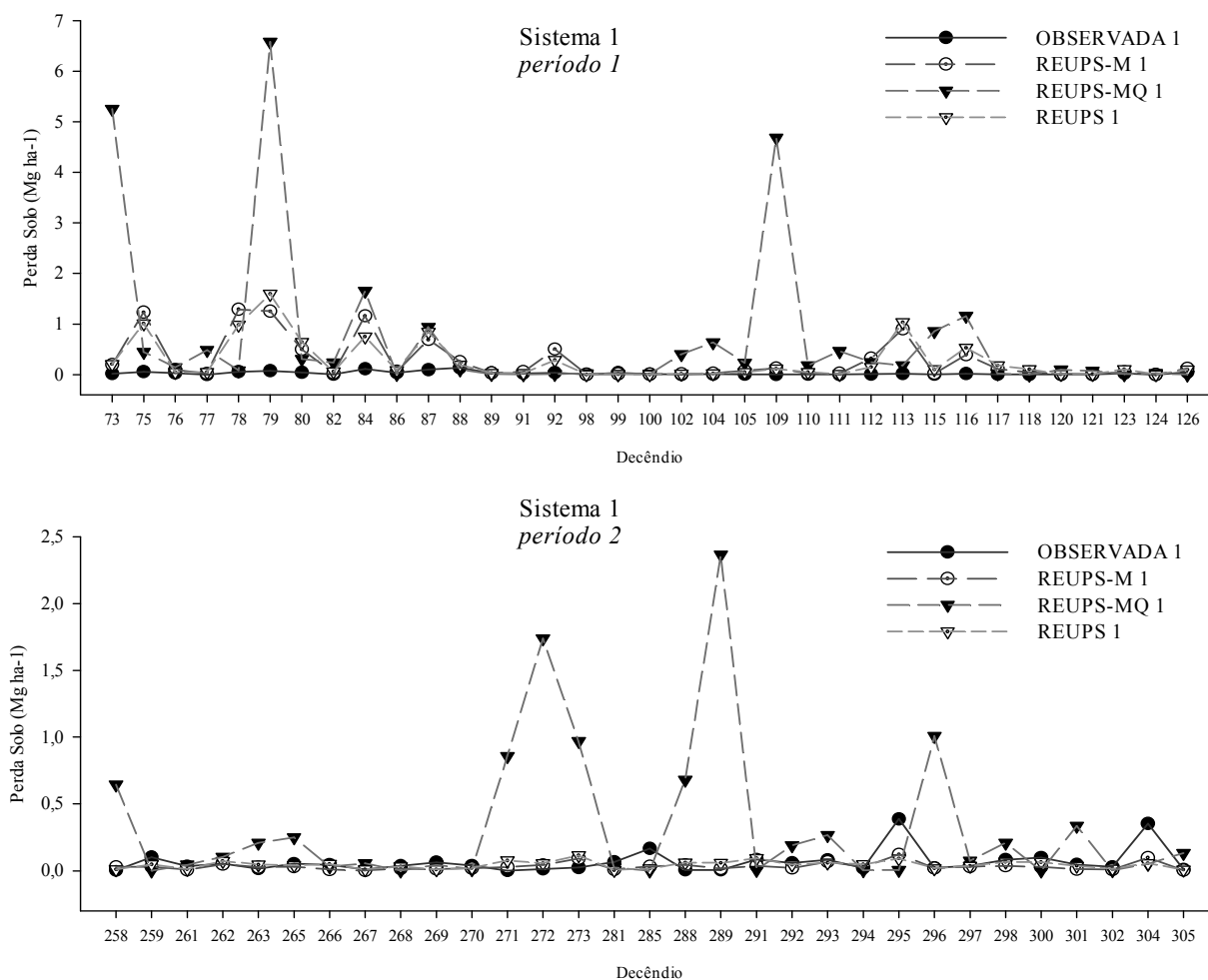


FIGURA 6 – RESULTADOS ESTIMADOS PELA REUPS-M, REUPS-MQ E REUPS NOS EVENTOS QUE GERARAM ENXURRADA PARA O SISTEMA 1

Analisando a FIGURA 6, nos decêndios iniciais do período 1, observa-se certa tendência de variação de perdas de solo estimadas (REUPS e REUPS-M) com as perdas observadas, porém, a magnitude da variação foi maior para os valores estimados. Já no período 2, as estimativas dos dois modelos anteriormente citados aproximaram-se bastante dos valores observados, o que justifica um *EF* positivo neste período, apesar da subestimativa.

A FIGURA 7 apresenta uma comparação entre as estimativas de perdas de solo para o sistema 2, sendo que os resultados obtidos para este sistema seguiram a mesma tendência daqueles observados no sistema 1. A superestimativa de perda de solo para baixos valores observados no período 1,  $b = 4,9$  para a REUPS-M e  $b = 3,4$  para a REUPS (TABELA A 3.4), pode ser visualizada na FIGURA 7. Semelhante ao

sistema 1, período 2, os valores de  $EF$  obtidos para o sistema 2 no período 2 foram positivos, o que está relacionado ao fato dos erros estimados e os observados apresentarem praticamente mesma magnitude.

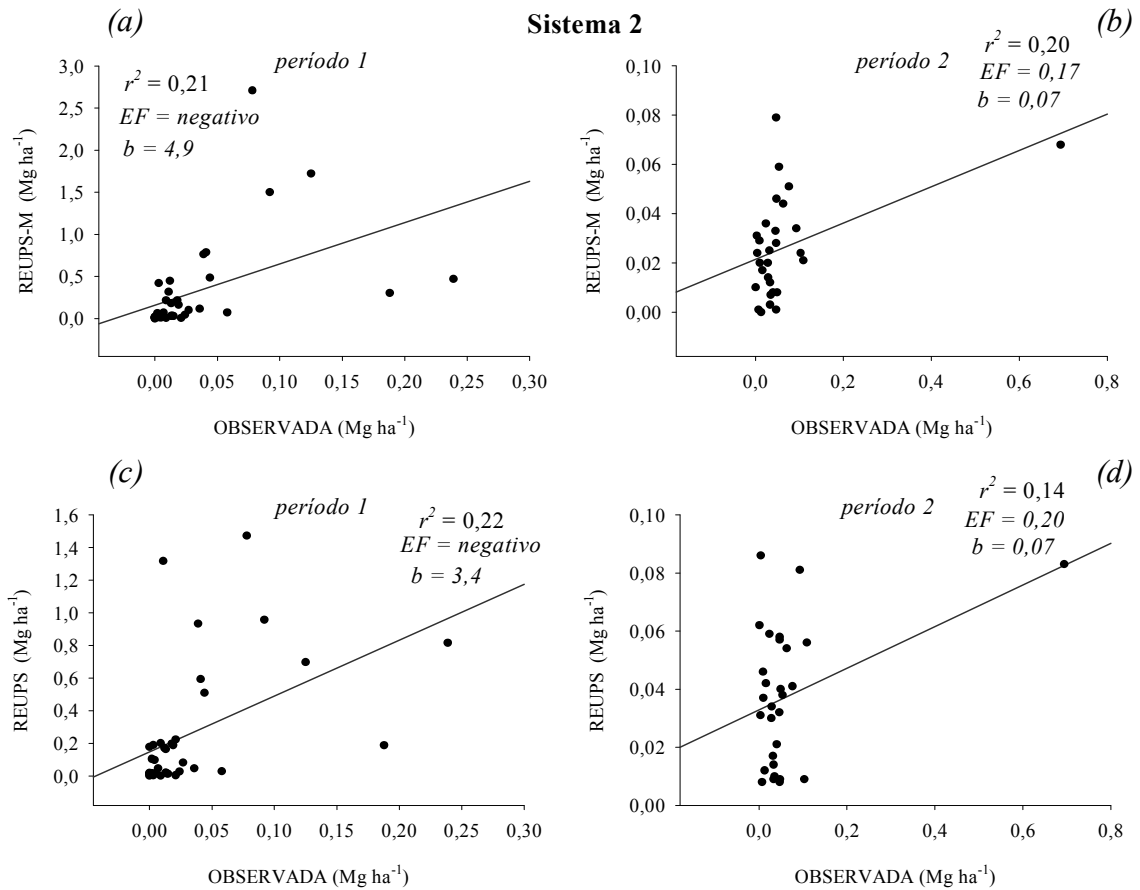


FIGURA 7 – RELAÇÃO DE PERDAS DE SOLO ESTIMADAS PELA **REUPS-M** E **REUPS** COM OS VALORES DE PERDAS DE SOLO OBSERVADOS NAS MACROPARCELAS PARA O SISTEMA 2 NOS PERÍODOS 1 E 2

Os valores de  $EF$  negativos para os resultados dos modelos no sistema 2 (TABELA A 3.4), período 1, podem ser melhor visualizados na FIGURA 8, ou seja, enquanto as perdas de solo estimadas pelos três modelos apresentaram picos nos decêndios iniciais e finais, os valores observados permaneceram quase constantes e baixos, justificando os altos coeficientes angulares obtidos para este período (FIGURA 7).

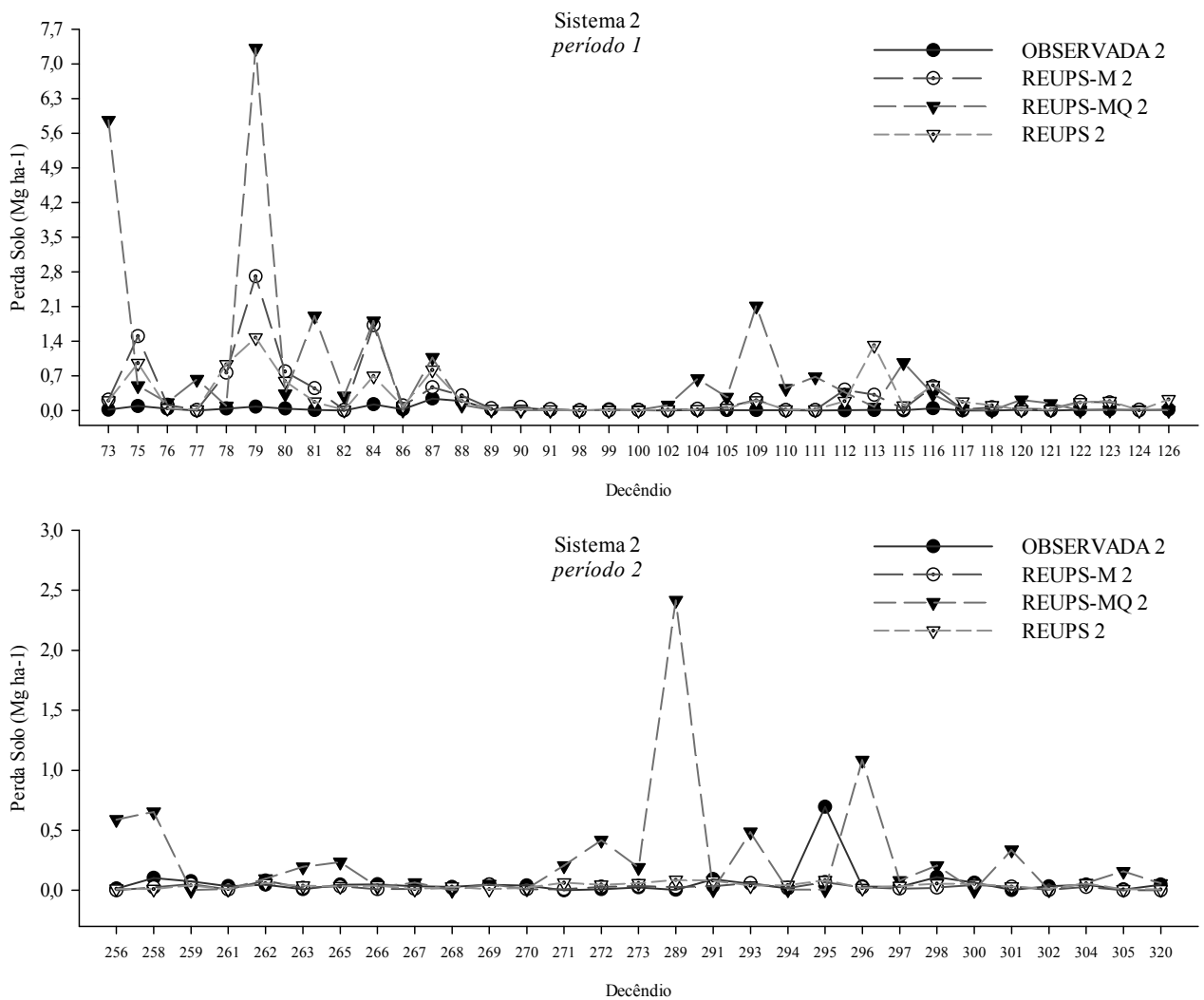


FIGURA 8 – RESULTADOS DE PERDAS DE SOLO ESTIMADOS PELA **REUPS-M**, **REUPS-MQ** E **REUPS** NOS EVENTOS DE CHUVA QUE GERARAM ENXURRADA PARA O SISTEMA 2 DE MANEJO DE SOLO

Para o sistema 3 de manejo de solo, no período 1, não houve resposta dos dois modelos quando comparados com os valores de perdas de solo observados no período (FIGURA 9). Novamente verificou-se a mesma tendência dos modelos em superestimar as baixas perdas de solo observadas (TABELA A 3.2 e TABELA A 3.5). Nesse caso, os valores de perdas de solo observados para o período 1 foram os menores entre os sistemas de manejo, enquanto as perdas totais estimadas apresentaram situação inversa, ou seja, foram as maiores no período, nos três sistemas de manejo de solo avaliados.

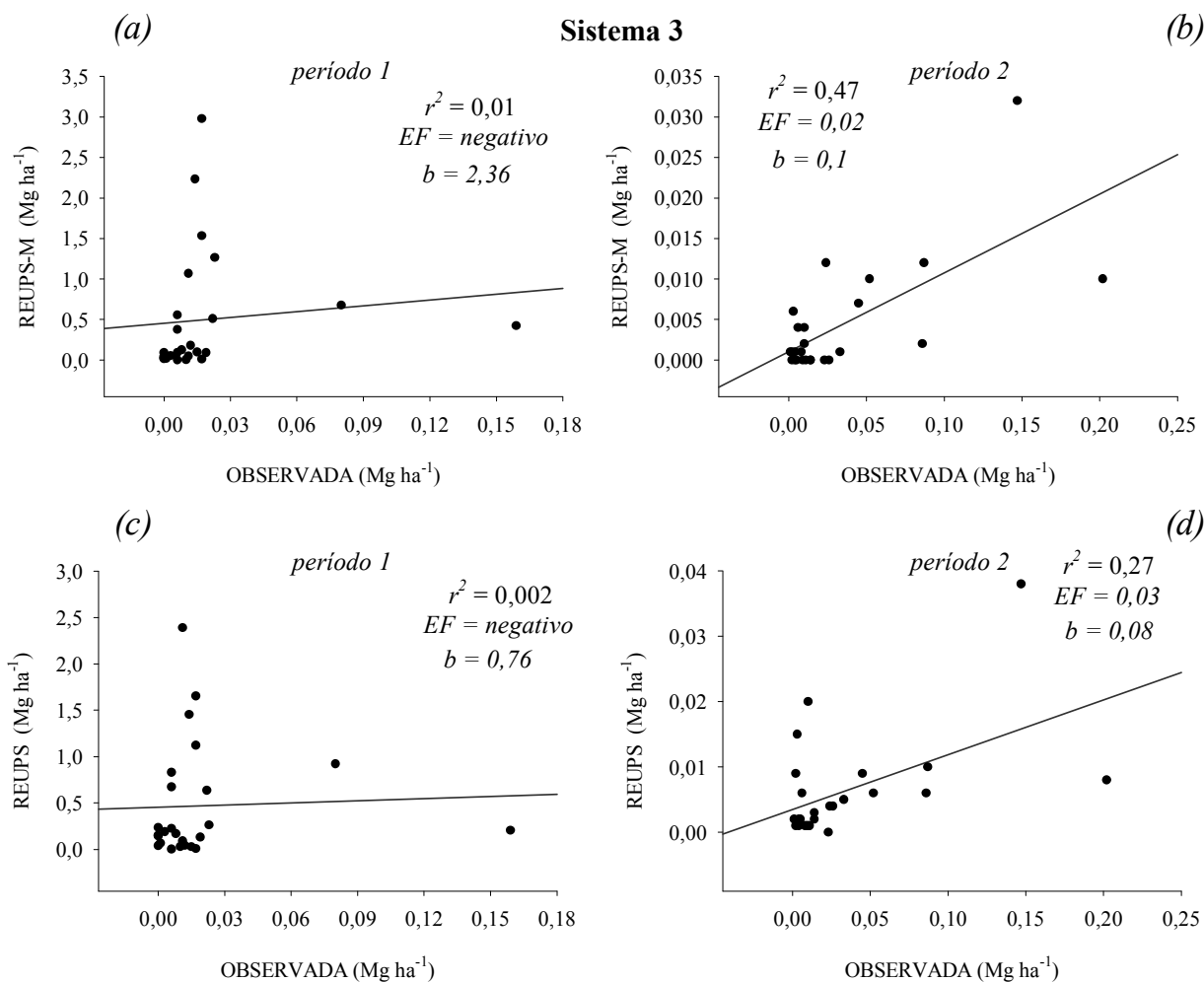


FIGURA 9 – RELAÇÃO DE PERDAS DE SOLO ESTIMADAS PELA REUPS-M E REUPS COM OS VALORES DE PERDAS DE SOLO OBSERVADOS NAS MACROPARCELAS PARA O SISTEMA 3 NOS PERÍODOS 1 E 2

No período 2, no entanto, apesar das perdas terem sido subestimadas ( $b = 0,1$  para a REUPS-M e  $b = 0,08$  para a REUPS), obteve-se  $r^2 = 0,47$  para o primeiro modelo e  $r^2 = 0,27$  para o segundo, além do que, os valores de  $EF$  para os dois modelos foram positivos, porém muito próximos de zero. Tais valores de  $EF$ , baixos, podem ser melhor visualizados na FIGURA 10, devido à grande variação dos valores observados. Esta variação não foi contemplada nem pela REUPS-M, que, apesar de apresentar a componente enxurrada observada em sua estrutura e, assim, teoricamente poderia fornecer melhores estimativas quando as perdas de solo sofressem grande influência da enxurrada, como o presente caso (conforme FIGURA 1).

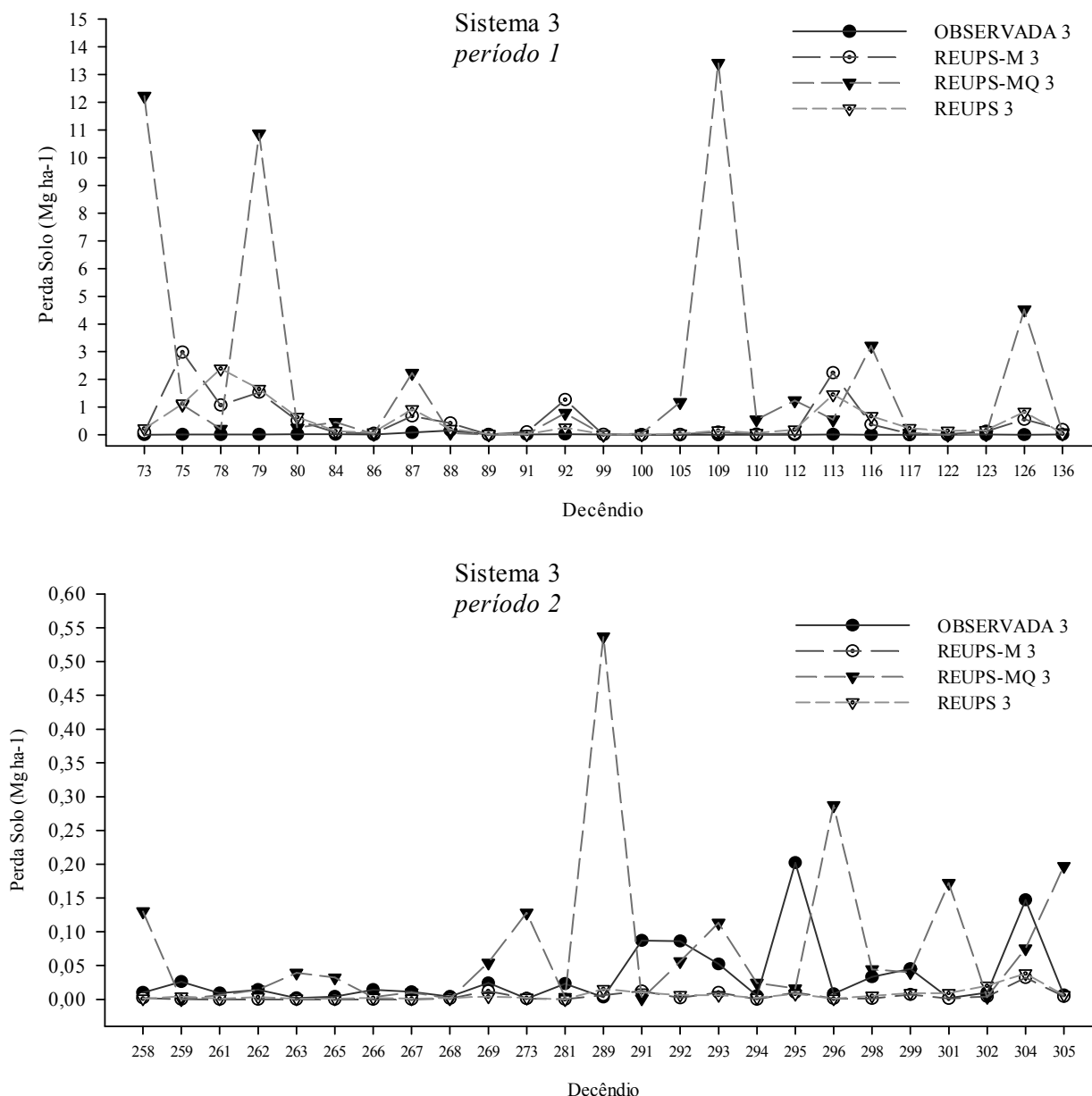


FIGURA 10 – RESULTADOS ESTIMADOS PELA **REUPS-M**, **REUPS-MQ** E **REUPS** NOS EVENTOS QUE GERARAM ENXURRADA PARA O SISTEMA 3

Os valores de  $EF$  obtidos no período 1, para os três sistemas de manejo de solo, nos modelos REUPS e REUPS-M, foram negativos. Situação inversa observou-se para o período 2, em que, nos três sistemas, os referidos modelos apresentaram valores de  $EF$  maiores que zero. Uma possível causa para os modelos considerados terem apresentado baixas estimativas quando os valores de perdas observados foram elevados, segundo NEARING (1998), é decorrente da aplicação de um modelo

determinístico para dados que, por natureza, possuem variação natural, não normal (componente aleatória). Assim, o modelo não consegue capturar a aleatoriedade desses dados devido a sua estrutura determinística.

## **6 CONCLUSÕES**

Os modelos REUPS e REUPS-M não diferiram estatisticamente entre si, considerando as estimativas de perdas de solo em longo prazo.

O modelo REUPS-MQ simulou resultados de perdas de solo muito maiores do que os observados nas macroparcelas, necessitando, para sua melhoria, incluir parâmetros hidrológicos mais acurados.

Os modelos REUPS e REUPS-M superestimaram as perdas de solo em eventos de chuva que ocasionaram baixas perdas de solo, apresentando altos coeficientes angulares, quando comparados aos valores de perdas de solo observados.

O modelo REUPS apresentou baixos coeficientes de regressão para o três sistemas de manejo de solo, porém os valores de eficiência foram positivos, enquanto a REUPS-M apresentou razoáveis coeficientes de regressão e de eficiência, exceto para a rotação de cultura, na qual este modelo apresentou baixa eficiência.

Os resultados obtidos no presente estudo não são conclusivos sobre qual dos três modelos é melhor estimador de perdas de solo. No entanto, os modelos REUPS e REUPS-M mostraram-se pertinentes para comparação de cenários de uso e manejo e planejamento. Apesar de não ter sido realizada nenhuma validação para as rotinas de geração dos subfatores, os resultados das simulações aparentemente se mostraram condizentes com os dados observados, necessitando, porém, mais estudos, em diversas situações, para poder se concluir.

## REFERÊNCIAS

- ADDISCOT, T.M.; WHITMORE, A.P. **Computer simulation of changes in soil mineral nitrogen and crop nitrogen during autumn, winter, and spring.** J. Agric. Sci. v. 109, p. 141-157, 1987.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** São Paulo:Cone, 1990. 355.
- BISCAIA, R.C.M. **Manejo de solo e sua influência na erosão, avaliações em macroparcelas:** Relatório Técnico. Ponta Grossa: IAPAR, 1984.
- BRAKENSIEK, D.L.; OSBORN, H.B.; RAWLS, W.J. **Field manual for research in agricultural hydrology.** Washington:USDA, 1979. 547 p. (Agriculture Handbook n° 224).
- CARVALHO, M.P. **Fator erosividade da chuva-enxurrada para chuvas individuais do Estado de São Paulo.** Botucatu, SP, 1992, 96 p. Tese (Doutorado Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu/UNESP).
- CHAVES, H.M.L. **Análise global de sensibilidade dos parâmetros da equação universal de perda de solo modificada (MUSLE).** R. bras. Ci. Solo, Campinas, SP, v. 15, p. 345-350, 1991.
- CHAVES, H.M.L.; NEARING, M.A. **Uncertainty analysis of the WEPP soil erosion model.** Trans. of the ASAE. v. 34, n. 6, p. 2437-2444, 1991.
- COGO, N.P.; STRECK, E.V. **Surface and subsurface decomposition of a desiccated grass pasture biomass related to erosion and its prediction with RUSLE.** R.Bras.Ci.Solo, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 153-164, 2003.
- CRAMB, R.A.; NELSON, R.A. Investigating constraints to the adoption of recommended soil conservation technology in the Philippines. In.: **Soil erosion at multiple scales: principles and methods for assessing causes and impacts.** F.W.T. Penning de Vries, F. Agus, J. Kerr. (Eds.). Bangkok, Thailand, 1998. 390p.
- DA OUYANG, J.B. **Predicting sediment delivery ratio in saginaw bay watershed.** In.: The 22<sup>nd</sup> National Association of Environmental Professionals Conference Proceedings. 19-23 Maio, 1997, Orlando, FL, 1997. p. 659-671.

DI STEFANO, C.; FERRO, V.; PALAZZOLO, E.; PANNO, M. Sediment delivery processes and agricultural non-point pollution in a Sicilian basin. *J. Agric. Eng. Res.* v. 77, n. 1, p. 103-112, 2000.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília : Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 1999. 412p.

FERREIRA, V.A.; WEESIES, G.A.; YODER, D.C.; FOSTER, G.R.; RENARD, K.G. **The site and condition specific nature os sensitivity analysis**. *J. Soil and Water Conserv.* v. 50, n. 5, p. 493-497, 1995.

FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C.T.; JOHNSON, H.P. ; BRAKENSIEK, D.L.(Eds). **Hydrologic Modeling of Small Watersheds**. St. Joseph, 1982, p. 297-380. (Am. Soc. of Agric. Eng.).

FOSTER, G.R., YODER, D.C., McCOL, D.K., WEESIES, G.A., TOY, T.J.; WAGNER, L.E. **Improvements in Science in RUSLE2**. in: ASAE Annual International Meeting, ASAE, St. Joseph, 2000. (Paper nº 00-2147).

FRANCE, J.; THORNLEY, J.H.M.. **Mathematical Models in Agriculture**. London, Butterworths, 1983. 335p.

JACOBS, G.A. **Erodibilidade de dois LATOSSOLOS VERMELHO-ESCURO (Textura argilosa e média) em relação a erosividade**. Curitiba, 1995. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

KHANBILVARDI, R.M.; ROGOWSKI, A.S. **Quantitative evaluation of sediment delivery ratios**. *Water Resources Bulletin.* v. 20, n. 6, p. 865-874, 1984.

KINNEL, P.A. **The  $I_xE_A$  erosivity index: An index with the capacity to give more direct consideration to hydrology in predicting short-term erosion in the USLE modeling environment**. *J. Soil Water Cons.* v. 50, n. 5, p. 507-512, 1995.

KINNEL, P.A. **Converting USLE soil erodibilities for use with the  $Q_R EI_{30}$  index**. *Soil & Till. Res.* v. 45, p. 349-357, 1998.

KINNEL, P.A.; RISSE, L.M. **USLE-M: Empirical modeling rainfall erosion through runoff and sediment concentration**. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 62, p. 1667-1672, 1998.

KINNEL, P.A. **AGNPS-UM: applying the USLE-M within the agricultural non point source pollution model**. Environ. Model. & Software. v. 15, p. 331-341, 2000.

LOAGUE, K.; GREEN, R.E. **Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application**. J. Contaminant Hydrol. v. 7, p. 51-73, 1991.

MEINARDUS, A.; GRIGGS, R.H; BENSON, V; WILLIAMS, J. **EPIC**. Disponível em: <<http://www.brc.tamus.edu/epic/index.html>>. Acesso em: 20/11/2003.

MERTEN, G.H.; et. al. **Projeto de avaliação da erosão em sistemas de produção regionais**: Relatório Final. Ponta Grossa: IAPAR, 1995.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation**. Essex: Longman, 1986. 255p.

NEARING, M. A. **Why soil erosion models over-predict small soil losses and under-predict large soil losses**. CATENA. v. 32, p. 15-22, 1998.

PESSOA, M.C.P.; LUCHIARI, A.J.; FERNANDES, E.N.; LIMA, M.A. **Principais modelos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1997. 83p.

RENARD, K.G.; FERREIRA, V.A. **RUSLE model description and database sensitivity**. J. of Environ. Quality. v. 22, n. 3, p. 458-466, 1993.

RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; McCOOL, D.K.; YODER, D.C. **Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. USDA, 1997. 404p. (Agriculture Handbook N° 703).

ROLOFF, G.; BERTOL, O.J. **Método para a estimativa da cobertura do solo e da altura do dossel de algumas culturas de verão**. R. bras. Ci. Solo, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 319-327, 1998.

SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; EDMINSTER, T.W.; BARNES, K.K. **Soil and water conservation engineering**. 3ed. John Wiley & Sons, 1981. 525p.

STRECK, E.V.; COGO, N.P. **Reconsolidation of the soil surface after tillage discontinuity, with and without cultivation, related to erosion and its prediction with RUSLE**. R.Bras.Ci.Solo, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 141-151, 2003.

WHITMORE, A.P. **A method for assessing the goodness of computer simulation os soil processes**. J. Soil Sci. v. 42, n. 2, p. 289-299, 1991.

WILLIAMS, J.R. **Sediment-yield prediction with Universal Equation using runoff energy factor**. In: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. USDA-Agricultural Research Service, pp. 244-252, 1975. (ARS-S-40).

WILLIAMS, J.R.; JONES, C.A.; KINIRY, J.R.; SPANEL, D.A. **The EPIC crop growth model**. Trans. of the ASAE. v. 32, n. 2, p. 497-511, 1989.

WILLIAMS, J.R. The EPIC model. In: V.P. Singh (Eds.). **Computer models of watershed hydrology**. Littleton: Water Resources Publications, 1995. p. 909-1000.

WOOLHISER, D.A.; BRAKENSIEK, D.L. Hydrologic Modeling of Small Watersheds, In: HAAN, C.T.; JOHNSON, H.P.; BRAKENSIEK, D.L.(Eds). **Hydrologic Modeling of Small Watersheds**. St. Joseph, 1982. p.1-16. (American Society of Agric. Eng.)

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide for selection of practices for soil and water conservation**. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. N° 282, 1965.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall-erosion losses: A guide to conservation planning**. U.S. Dep. Agric., Agric. Handb. N° 537, 1978.

YODER, D.C.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; RENARD, K.G.; McCOOL, D.K.; LOWN, J.B. **Evaluation of the RUSLE soil erosion**. St Joseph, 1998. (Am. Soc. of Agric. Eng., Paper n° 982197).

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

## A1.1 DADOS REFERENTES AO MANEJO AGRONÔMICO DAS CULTURAS PARA OS TRÊS SISTEMAS DE MANEJO DE SOLO NAS MACROPARCELAS DE EROÇÃO HÍDRICA

QUADRO A1.1 – CARACTERÍSTICAS DE USO E MANEJO EMPREGADOS NO SISTEMA 1

Cultura	Data			Decêndios			Espaç. (mm)	Produtiv. (Mg ha <sup>-1</sup> )	Implementos
	Preparo	Semeadura	Colheita	Preparo	Semeadura	Colheita			
Soja	18/11/81	14/12/81	10/05/82	32	36	49	600	1,412	AR+GN+GN
Trigo	08/06/82	09/06/82	09/11/82	52	52	68	170	1,602	AR+GN+GN
Soja	16/11/82	01/12/82	29/04/83	69	70	85	430	1,682	AR+GN+GN
Trigo	12/07/83	14/07/83	18/11/83	92	92	105	170	1,902	AR+GN+GN
Soja	21/11/83	25/11/83	12/04/84	106	106	120	450	1,708	AR+GN+GN
Trigo	25/06/84	26/06/84	22/11/84	127	127	142	170	1,806	AR+GN+GN
Soja	22/11/84	23/11/84	03/05/85	143	143	158	500	0,992	AR+GN+GN
Trigo	20/05/85	25/06/85	13/11/85	160	164	178	170	1,452	AR+GN+GN
Soja	25/11/85	26/11/85	25/04/86	179	179	194	530	1,25	AR+GN+GN
Aveia	05/05/86	05/05/86	15/11/86	195	195	214	300	1,0	Pousio
Trigo	29/04/87	19/06/87	17/11/87	231	236	251	160	2,5	AR+GN+GN
Soja	17/11/87	21/11/87	28/04/88	252	252	267	510	1,212	AR+GN+GN
Trigo	07/06/88	07/06/88	07/11/88	271	271	287	200	2,34	AR+GN+GN
Soja	17/11/88	23/11/88	06/04/89	288	288	302	510	1,724	AR+GN+GN
Trigo	13/06/89	20/06/89	29/11/89	308	309	325	130	2,965	AR+GN+GN
Soja	01/12/89	04/12/89	11/04/90	326	326	339	510	1,202	AR+GN+GN

Em que: AR+GN+GN refere-se ao preparo do solo iniciando com uma aração seguida de duas gradagens niveladoras.

QUADRO A1.2 – CARACTERÍSTICAS DE USO E MANEJO EMPREGADOS NO SISTEMA 2

Cultura	Data			Decêndios			Espaç. (mm)	Produtiv. (Mg ha <sup>-1</sup> )	Implementos
	Preparo	Semeadura	Colheita	Preparo	Semeadura	Colheita			
Soja	18/11/81	14/12/81	10/05/82	32	36	49	600	1,26	GA+GN+GN
Trigo	08/06/82	09/06/82	09/11/82	52	52	68	170	1,54	GA+GN+GN
Soja	16/11/82	01/12/82	29/04/83	69	70	85	430	1,612	GA+GN+GN
Trigo	12/07/83	14/07/83	18/11/83	92	92	105	170	1,754	GA+GN+GN
Soja	21/11/83	25/11/83	12/04/84	106	106	120	450	0,97	GA+GN+GN
Trigo	25/06/84	26/06/84	22/11/84	127	127	142	170	1,366	GA+GN+GN
Soja	22/11/84	23/11/84	03/05/85	143	143	158	500	0,826	GA+GN+GN
Trigo	20/05/85	25/06/85	13/11/85	160	164	178	170	1,416	GA+GN+GN
Soja	25/11/85	26/11/85	25/04/86	179	179	194	530	1,334	GA+GN+GN
Aveia	05/05/86	05/05/86	15/11/86	195	195	214	300	1,0	Pousio
Trigo	29/04/87	19/06/87	19/11/87	231	236	251	160	2,6	GA+GN+GN
Soja	17/11/87	21/11/87	28/04/88	252	252	267	510	1,04	GA+GN+GN
Trigo	07/06/88	07/06/88	07/11/88	271	271	287	200	2,3	GA+GN+GN
Soja	18/11/88	14/12/88	10/05/82	288	288	302	510	1,464	GA+GN+GN
Trigo	08/06/89	09/06/89	09/11/82	308	309	325	130	1,356	GA+GN+GN
Soja	16/11/89	01/12/89	29/04/83	326	326	339	510	0,981	GA+GN+GN

Em que: GA+GN+GN refere-se ao preparo do solo iniciando com uma gradagem seguida de duas gradagens niveladoras.

QUADRO A1.3 – CARACTERÍSTICAS DE USO E MANEJO EMPREGADOS NO SISTEMA 3

Cultura	Data			Decêndios			Espaç. (mm)	Produtiv. (Mg ha <sup>-1</sup> )	Implementos
	Preparo	Semeadura	Colheita	Preparo	Semeadura	Colheita			
Milho	21/09/81	29/09/81	24/04/82	26	28	48	1000	10,0	AR+GN+GN
Aveia	03/05/82	03/05/82	10/09/82	49	49	61	300	2,0	AR+GN+GN
Soja	16/11/82	01/12/82	29/04/83	68	70	84	430	1,8	AR+GN+GN
Trigo	12/07/83	14/07/83	18/11/83	92	92	105	170	2,1	AR+GN+GN
Soja	21/11/83	25/11/83	12/04/84	106	106	119	450	1,4	AR+GN+GN
Tremoço	29/05/84	31/05/84	26/08/84	124	124	133	500	2,0	AR+GN+GN
Milho	02/10/84	17/10/84	09/04/85	137	138	156	1000	4,6	AR+GN+GN
Aveia	20/05/85	26/05/85	27/09/85	160	160	173	180	2,0	AR+GN+GN
Soja	25/11/85	26/11/85	25/04/86	179	179	194	530	2,1	AR+GN+GN
Aveia	05/05/86	05/05/86	15/11/86	195	195	214	300	1,0	Pousio
Tremoço	29/04/87	11/05/87	05/10/87	231	232	246	360	2,0	AR+GN+GN
Milho	10/11/87	10/11/87	16/05/88	250	250	269	1000	5,6	Semeadura Direta
Aveia	07/06/88	07/06/88	07/11/88	271	271	286	200	2,0	Semeadura Direta
Soja	17/11/88	23/11/88	06/04/89	287	288	301	510	1,6	AR+GN+GN
Trigo	21/06/89	21/06/89	29/11/89	309	309	325	130	3,7	Semeadura Direta
Soja	01/12/89	04/12/89	11/04/90	326	326	338	510	0,2	AR+GN+GN

Em que: AR+GN+GN refere-se ao preparo do solo iniciando com uma aração seguida de duas gradagens niveladoras e semeadura direta representa a semeadura sem preparo da superfície do solo.

QUADRO A1.4 – RESULTADOS DE ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO FÍSICA DO LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO TÍPICO PRESENTE NAS MACROPARCELAS

cm	Areia	Silte	Argila	Densid. Aparente (g cm <sup>-3</sup> )	Porosidade (%)		
	%				Total	Macro	Micro
0-14	6	30	64	1,01	56	13	43
14-32	6	19	75	1,19	52	5	47

Fonte: MERTEN (1995)

## A1.2 PARÂMETROS UTILIZADOS NAS ROTINAS DE CRESCIMENTO DAS CULTURAS E ESTIMATIVA DA ENXURRADA

QUADRO A1.5 – PARÂMETROS DE ENTRADA DOS MODELOS UTILIZADOS PARA ESTIMATIVAS DE CRESCIMENTO DAS CULTURAS

Parâmetros	Cultura				
	Milho	Aveia	Soja	Trigo	Tremçoço
Tb	8	0	10	0	0
Fp	0,016	0,008	0,025	0,008	0,025
Alpha	0,339	0,526	0,518	0,536	0,518
Plgr	1	1,3	1,5	1,3	1,5
DLAI	0,8	0,8	0,9	0,8	0,9
HI	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3
Hmx	2	1	0,8	1	0,8
LAI <sub>mx</sub>	5	6	5	6	5
BE	40	30	25	30	25
ah1	15,05	15,01	15,01	15,01	15,01
ah2	50,95	50,95	50,95	50,95	50,95
ad	1	1	1	1	1
ParRaiz	0,15	0,36	0,10	0,31	0,15
PHU	1800	1657	1255	1893	415

Fonte: RENARD *et al.*, (1997); EPIC.

QUADRO A1.6 – CARACTERÍSTICAS DE SUPERFÍCIE EM FUNÇÃO DAS OPERAÇÕES DE MANEJO DO SOLO

Operação	Profundidade (cm)	Incorporação de palha (%)	Distúrbio superficial (%)
AR	20	85,00	100
GN	10	55,00	
GA	15	70,00	
AR+GN+GN	20 / 10 / 10	96,96	
GA+GN+GN	20 / 10 / 10	93,92	
Semeadura	10	5,00	15

Fonte: RENARD *et al.*, (1997); EPIC.

QUADRO A1.7 – VALORES DE CN PARA O SOLO ESTUDADO E PRECIPITAÇÃO LOCAL

Fração Coberta (%)	Condição Hidrologia do Solo		
	I	II	III
≥ 75	25,43	44	64,24
< 75 ≥ 40	26,32	45	65,25
< 40 ≥ 10	31,87	51	70,89
< 10	34,56	54	73,44

Condição Hidrologia do Solo: I = precipitação total no período anterior menor que 36 mm; II = precipitação total no período anterior entre 36 e 53 mm; III = precipitação no período anterior maior que 53 mm.

Fonte: RENARD *et al.*, (1997); SCHWAB (1981); EPIC.

QUADRO A1.8 – FATORES CALCULADOS PARA OS FATORES PONDERADORES E DE ENERGIA DA CHUVA PARA ENTRADA NOS MODELOS

Fatores calculados	Valor	Unidade
$K_{RM}^*$	0,4149	Mg ha h ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>
$k_{K, RM}^*$	4,7689	adimensional
$K_R^{**}$	0,0087	Mg ha h ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>
LS <sub>(sistemas 1 e 2)</sub>	1,140	adimensional
LS <sub>(sistema 3)</sub>	1,568	
$k_{C, RM}^*$ (sistema 1)	3,421	
$k_{C, RM}^*$ (sistema 2)	4,03	
$k_{C, RM}^*$ (sistema 3)	7,451	
P	0,663	
$\Sigma EI_{30(1980-1991)}^{**}$	26435,71	MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
$\Sigma QR EI_{30(1980-1991)}^{**}$	5543,343	MJ mm ha <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>

\* Conforme KINNELL (1995, 1998, 2000); KINNELL & RISSE (1998);

\*\* Fonte: JACOBS (1995);

## ANEXO 2

### A2.1 DESCRIÇÃO DO ALGORITMO E VARIÁVEIS UTILIZADAS NOS MODELOS

As variáveis calculadas são indexadas por decêndio, sendo representadas em forma de “coleção” de valores (vetores). Convenções:  $j$  = cultura;  $i$  = decêndio.

#### CRESCIMENTO DA CULTURA

O crescimento da cultura é simulado em função dos graus-dia acumulados (calor acumulado) desde a data de semeadura até a colheita ou até que as unidades de calor acumuladas sejam equivalentes ao valor de unidade de calor potencial da cultura ( $PHU_j$ ), sendo que o crescimento inicia quando a temperatura média no período é superior à temperatura basal da cultura.

Unidades de calor ( $HU$ ) para o decêndio ( $^{\circ}\text{C}$ ):

$$HU_{(i)} = Tm_{(i)} - Tb_{(j)} \quad [\text{A.1}]$$

sendo  $Tm$  a temperatura média do ar no período ( $^{\circ}\text{C}$ ) e  $Tb$  a temperatura basal para a cultura  $j$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).

O ciclo de desenvolvimento da cultura está relacionado com o índice de unidades de calor ( $HUI$ ), o qual influencia na data de colheita, crescimento de área foliar, senescência e particionamento de matéria seca entre raízes, perfilhos e grãos (WILLIAMS, 1995).

Índice de unidades de calor ( $HUI$ ) até o decêndio:

$$HUI_{(i)} = \frac{\sum HU_{(i)}}{PHU_{(j)}} \quad [\text{A.2}]$$

sendo que os valores de PHU ( $^{\circ}\text{C}$ ) são específicos por variedade da cultura especificada.

Fator de unidade de calor acumulado ( $HUF$ ) até o decêndio:

$$HUF_{(i)} = \frac{HUI_{(i)}}{HUI_{(i)} + \exp(ah_{j,1} - ah_{j,2} \cdot HUI_{(i)})} \quad [A.3]$$

sendo  $ah_j$  parâmetros da cultura que determinam o tipo de curva de crescimento do índice de área foliar.

Índice de área foliar ( $LAI$ ) para o decêndio:

O  $LAI$  é influenciado pelo  $HUI$  e por condições de estresses na cultura, sendo sua estimativa dividida em duas fases:

a) da emergência da cultura ao início do declínio foliar, estima-se através de:

$$LAI_{(i)} = LAI_{(i-1)} + \Delta LAI \quad [A.4]$$

$$\Delta LAI = (\Delta HUF) (LAI_{mx}) \{1 - \exp[5 \cdot (LAI_{(i-1)} - LAI_{mx})]\} \quad [A.5]$$

em que  $\Delta$  = representa a alteração decendial nos fatores e  $LAI_{mx}$  = é o valor máximo possível de  $LAI$  para a cultura;

b) a partir do início de declínio foliar (senescência), o  $LAI$  é estimado por:

$$LAI_{(i)} = LAI_{(0)} \left( \frac{1 - HUI_{(i)}}{1 - HUI_{(0)}} \right)^{adj} \quad [A.6]$$

em que  $adj$  é um parâmetro da cultura ( $j$ ) que governa a taxa de declínio do  $LAI$  e o subscrito (0) representa o decêndio que inicia a senescência da cultura. Em virtude do modelo não contemplar a presença de vegetação espontânea, considerou-se o  $LAI$  com valor constante a partir do 2º decêndio do início da senescência, tendo como base resultados obtidos por ROLOFF & BERTOL (1998).

Radiação fotossinteticamente ativa ( $PAR$ ) para o decêndio ( $MJ m^{-2}$ ):

$$PAR = 0,5 \cdot Rm_{(i)} \cdot 0,0419 * [1 - \exp(-0,65 * LAI_{(i)})] \quad [A.7]$$

sendo  $Rm_{(i)}$  a radiação média no período ( $cal cm^{-2} dia$ ).

Ganho potencial de biomassa ( $DELBP$ ) para o decêndio ( $kg ha^{-1}$ ):

$$DELBp = 0,001 \cdot BE_{(j)} \cdot PAR_{(i)} \cdot 10 \quad [A.8]$$

sendo  $BE$  um parâmetro da cultura para conversão de energia em biomassa ( $\text{kg MJ}^{-1}$ ).

A cultura, durante o seu desenvolvimento, sofre influência no crescimento devido a fatores causadores de estresse. Para simular essas condições, considerou-se um fator de correção da biomassa ( $FCDELBp$ ) levando em conta as situações normais de estresse para a cultura e sua biomassa máxima possível, ou seja:

$$FCDELBp = \frac{\left( \frac{Pr_{(j)}}{HI_{(j)}} \right)}{\Sigma DELBp} \quad [A.9]$$

sendo  $Pr$  a produtividade média para a cultura ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ),  $HI$  o índice de colheita para a cultura considerada.

A partir dos valores de  $FCDELBp$ , recalculam-se novos valores de desenvolvimento da cultura.

Índice de área foliar corrigido ( $LAIc$ ) para o decêndio:

$$LAIc_{(i)} = LAI(i) \cdot \sqrt{FCDELBp} \quad [A.10]$$

Radiação fotossinteticamente ativa corrigida ( $PARc$ ) para o decêndio ( $\text{MJ m}^{-2}$ ):

$$PAR = 0,5 \cdot Rm_{(i)} \cdot 0,0419 * [1 - \exp(-0,65 * LAIc_{(i)})] \quad [A.11]$$

Ganho potencial de biomassa ( $DELBpc$ ) para o decêndio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):

$$DELBpc = 0,001 \cdot BE_{(j)} \cdot PARc_{(i)} \cdot 10 \quad [A.12]$$

Ganho potencial de biomassa aérea ( $DELBarc$ ) para o decêndio ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

$$DELBarc = DELBpc - [DELBpc \cdot (0,4 - 0,2 \cdot HUI_{(i)})] \quad [A.13]$$

Os subfatores da REUPS necessitam da entrada de valores de raízes vivas e mortas para o período considerado. Para obter-se estes valores, considerou-se a proporção de raízes no perfil em função da produtividade e acúmulo potencial de biomassa aérea por cultura, sendo:

$$RarcV_{(i)} = DELBarc_{(i)} \cdot ParRaiz_{(j)} \quad [A.14]$$

$$RarcV_{(i)} = 0 \quad [A.15]$$

em que  $RarcV$  é a biomassa de raízes ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e  $ParRaiz$  é a proporção de raízes em função da biomassa aérea da cultura para a camada 0-10 cm (RENARD, *et al.*; 1997). A Eq. [A.14] é válida a partir da semeadura até a colheita. Após a colheita torna-se válida a Eq. [A.15], sendo que os valores totais de raízes do período anterior passam a fazer parte da massa de resíduos no perfil do solo (0-10 cm), ou seja:

$$RarcM_{(i)} = RarcV_{(i-1)} \quad [A.16]$$

em que  $RarcM$  é a quantidade de raízes mortas. Os valores de  $RarcM_{(i)}$  ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) passam a fazer parte do  $B_{us}S_{up(i)}$  e  $B_{us}I_{nf(i)}$ , que servirão como entrada para o cálculo do  $PLU_{(i)}$ , ou seja:

$$B_{us}S_{up} = [RarcM_{(i)} + B_{us}S_{up(i-1)}]^{-0,291} \quad [A.17]$$

$$B_{us}I_{nf} = [0,8 \cdot RarcM_{(i)} + B_{us}I_{nf(i-1)}]^{-0,344} \quad [A.18]$$

sendo que os expoentes 0,291 e 0,344 correspondem à taxa de decomposição do resíduo enterrado para as camadas 0-10 cm e 0-20 cm, respectivamente, conforme COGO & STRECK (2003).

Os valores de  $B_{us}I_{nf}$  servirão como entrada de resíduo no momento do preparo do solo para implementos que alcancem profundidades maiores que 10 cm.

Fração da superfície coberta pelo dossel da cultura ( $Fc$ ) para o decêndio

$$Fc = 6,5 \cdot LAI_{(i)}^{0,75} \cdot Esp_{(j)}^{-0,48} \quad [A.19]$$

em que  $Esp$  refere-se ao espaçamento entre as linhas de semeadura da cultura ( $j$ ) (mm). Os valores de  $Fc$  variam de 0 a 1.

Altura mediana da cultura ( $Hm$ ) para o decêndio (m)

$$Hm = Hmxc \cdot \sqrt{HUF_{(i)}} \quad [A.20]$$

sendo  $Hmxc$  é a altura máxima da cultura corrigida pelo fator estresse da cultura, conforme:

$$Hmxc = Hmx \cdot \sqrt{FCDELBp} \quad [A.21]$$

em que  $Hmx$  é a altura máxima da cultura.

A entrada de palha superficial no sistema ( $Bs$ ) é considerada no momento da colheita, sendo representada por:

$$Bs_{(i)} = Pr_{(j)} \cdot Plgr_{(j)} \quad [A.22]$$

sendo  $Pr$  a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e  $Plgr$  a relação palha:grão para a cultura ( $j$ ). A partir da colheita, a palha superficial sofre decomposição, ou seja:

$$Bs_{(i)} = Bs_{(i-1)} \cdot \exp[-a \cdot 10] \quad [A.23]$$

sendo  $Bs_{(i-1)}$  o resíduo do período anterior e:

$$a = p \text{ [mínimo de } W \text{ e } F] \quad [A.24]$$

em que  $p$  é uma constante de decomposição do resíduo, variando em função de restrições de temperatura ( $F$ ) ou umidade ( $W$ ), ou seja:

$$W = \frac{\sum P}{R_0} \quad [A.25]$$

sendo  $P$  a precipitação (mm) desde o último preparo e  $R_0$  (mm) o mínimo de precipitação requerida para uma decomposição ótima no período;

$$F = \frac{2 \cdot (T_m + A)^2 \cdot (T_0 + A)^2 - (T_m + A)^4}{(T_0 + A)^4} \quad [A.26]$$

sendo  $T_m$  a temperatura média no período ( $^{\circ}\text{C}$ );  $A$  é um coeficiente usado para descrever a forma da decomposição em resposta à temperatura.  $R_0$  (mm),  $T_0$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) e  $A$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) são constantes relacionadas à decomposição e apresentam os valores, respectivamente de, 42, 32,2 e 7,78 (RENARD *et al.*, 1997).

A2.2 FLUXOGRAMAS DAS ROTINAS

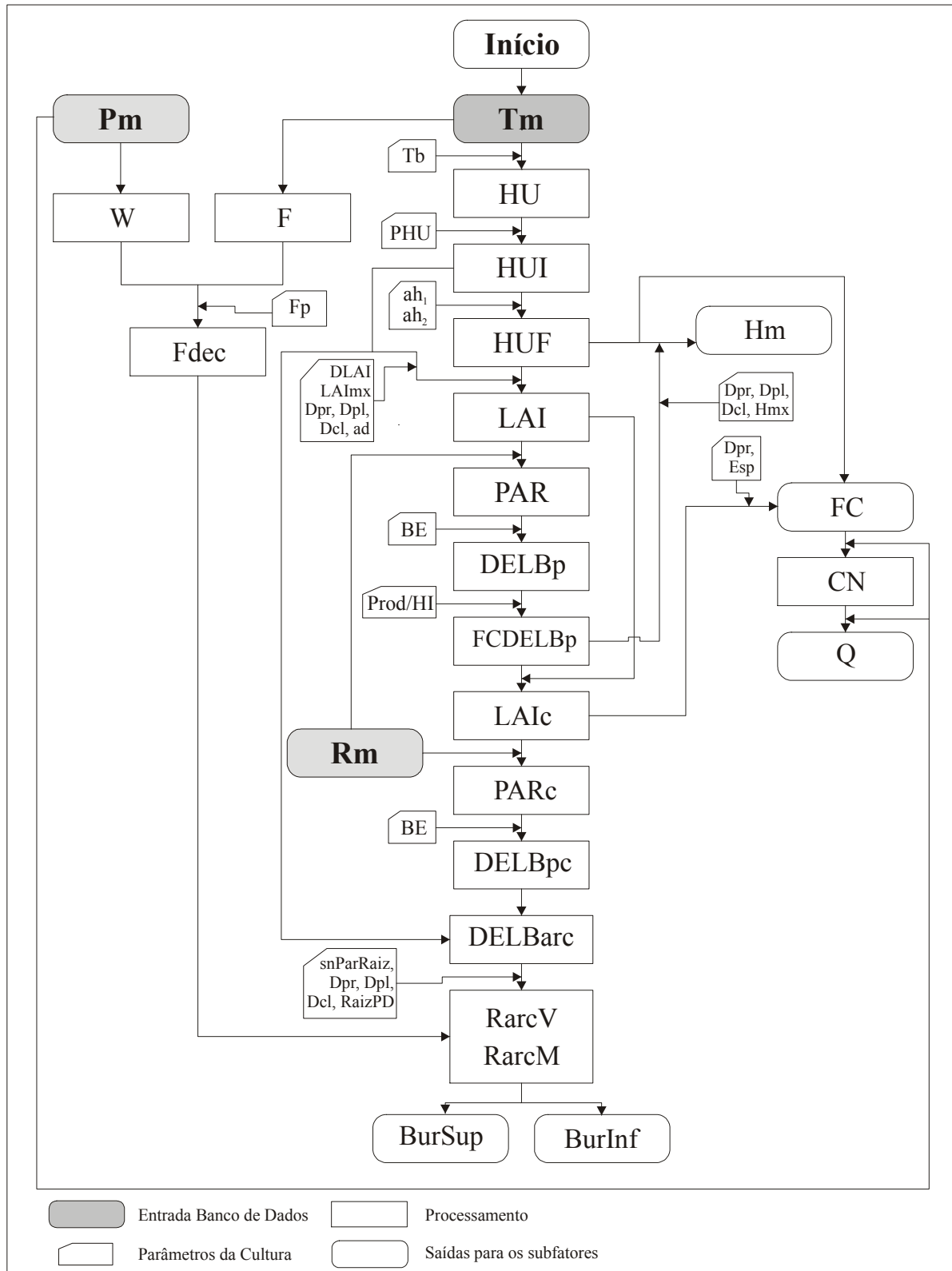


FIGURA A2.1 – FLUXOGRAMA DA ROTINA DE CRESCIMENTO DA CULTURA

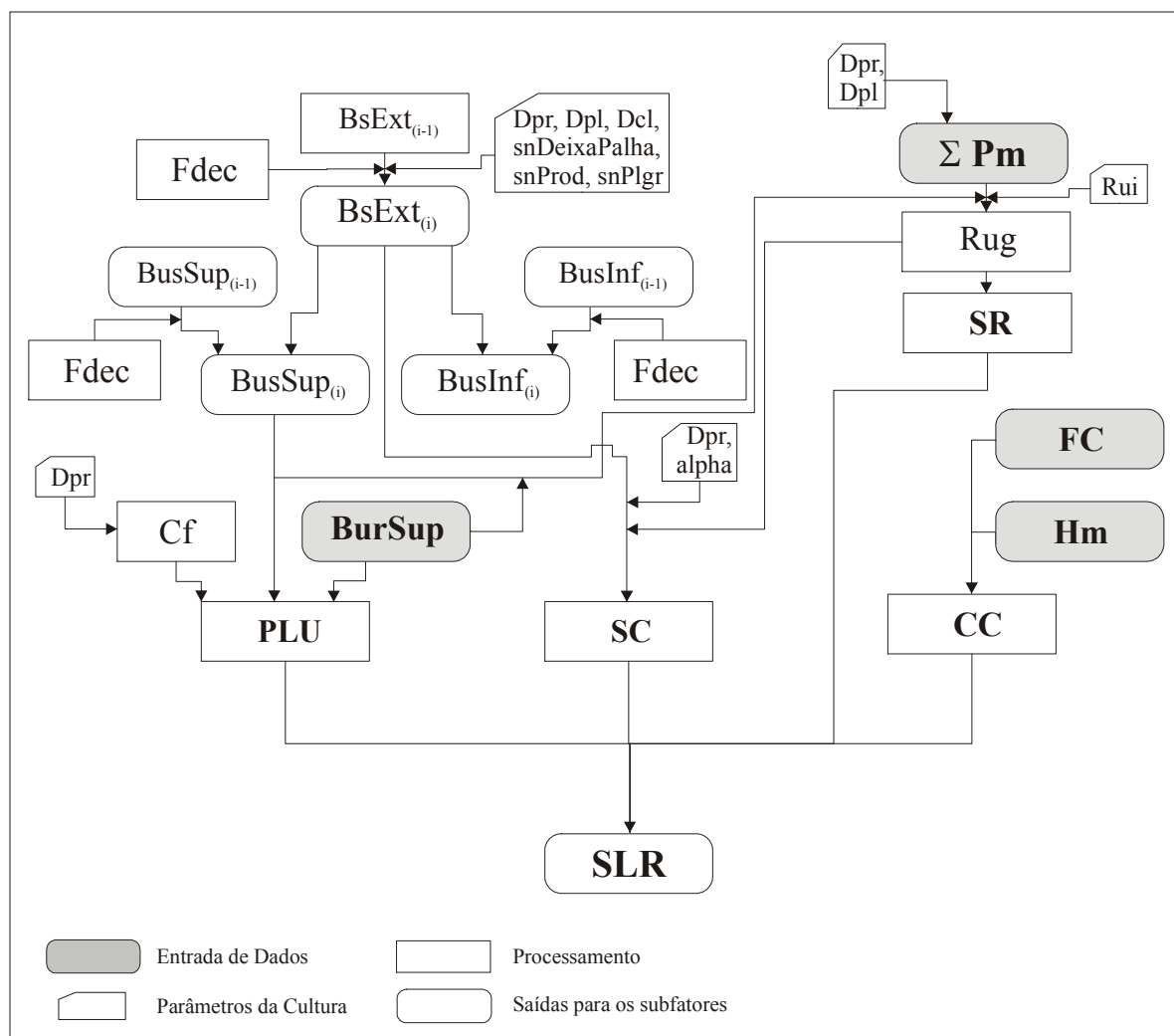


FIGURA A2.2 – FLUXOGRAMA DA ROTINA DOS SUBFATORES GERANDO O SLR DECENDIAL

### A2.3 ALGORITMO PARA GERAÇÃO DOS SUBFATORES DA REUPS

Public Sub EntradasDecendios()

ReDim vtrParam(100) 'Dimensiona o vetor para carregar datas e parâmetros

With Sheets("Parametros")

    Cultivo = .Cells(4, 2)

    Rui1 = .Cells(26, 10)

    RuiGrade = .Cells(27, 10)

End With

'

Call CultSeq ' Carregar sequência de culturas - planilha "Parâmetros"

'

Call RotacaoDefinicoes 'Carregar os anos das datas de preparo do solo, semeadura e colheita

'

' DESCARREGA NAS PLANILHAS A SEQUÊNCIA DE CULTURAS EM ROTAÇÃO

Sheets("Modelo").Cells(1, 17) = "Rotação: " & CulturasRotacao

Sheets("Parametros").Cells(23, 14) = ContadorCulturas & " Culturas em Rotação"

'

Call Preparos ' Carrega os tipos de preparo do solo com respectivas datas

'

'Armazenar e descarregar os decêndios, Tm, Pm e Rm na planilha

'

Call RegiaoEscolhida 'Seleciona uma Região para entrada de dados climáticos

'

Call Crescimento ' Chama a rotina para cálculo do crescimento da cultura

'

Call SubFatorBs ' Chama a rotina para cálculo da palha superficial

'

Call SubFatorPLU ' Chama a rotina para cálculo do PLU

'

Call RotinaRugosidade 'Chama a rotina para cálculo da rugosidade superficial

'

Call RotinaCoberturaSuperficial ' Chama a rotina para cálculo do Subfator Cobertura Superficial

'

    ' \*\*\*/\*\*\*/\*\*\*/\*\*/ CALCULAR O SLR e "FATOR C" médio \*\*\*/\*\*\*/\*\*\*/\*\*/

FatorC = 0

If Cultivo = 1 Then

    inicio = vtrParam(1).intDpr

Else

    inicio = vtrParam(1).intDpl

End If

'

For i = inicio To Duracao

    vtrCulturaInicio(i).snSLR = vtrCulturaInicio(i).snPLU \* vtrCulturaInicio(i).snCC \* \_  
        vtrCulturaInicio(i).snSC \* vtrCulturaInicio(i).snSR

'

    Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 33) = vtrCulturaInicio(i).snSLR

    Sheets("Resultado").Cells(i - inicio + 4, 4) = vtrCulturaInicio(i).snSLR

    Sheets("Resultado").Cells(i - inicio + 4, 5) = vtrCulturaInicio(i).snSCN

```

    Sheets("Resultado").Cells(i - inicio + 4, 21) = vtrCulturaInicio(i).snCN
    FatorC = (vtrCulturaInicio(i).snSLR + FatorC)
    '
Next i
'
End Sub ' Final da Rotina EntradasDecendios

```

---

```

Public Sub Crescimento()
'

```

```

    ***** CÁLCULO DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA *****

```

```

For j = 1 To ContadorCulturas

```

```

    LAImaturacao = 0

```

```

    HUI maturacao = 0

```

```

    SomaHU = 0

```

```

    SomaDELBP = 0

```

```

    Hmxc = 0
'

```

```

Call ParametrosCulturaSelecionada
'

```

```

With Sheets("Modelo") ' SELECIONA PLANILHA MODELO
'

```

```

'Datas de semeadura --> Cultivo 1 = convencional

```

```

If Cultivo = 1 Then

```

```

    inicio = vtrParam(j).intDpr

```

```

ElseIf Cultivo = 2 Then

```

```

    inicio = vtrParam(j).intDpl

```

```

End If
'

```

```

If j < ContadorCulturas And Cultivo = 1 Then

```

```

    final = (vtrParam(j + 1).intDpr) - 1

```

```

ElseIf j < ContadorCulturas And Cultivo = 2 Then

```

```

    final = (vtrParam(j + 1).intDpl) - 1

```

```

Else

```

```

    final = Duracao

```

```

End If
'

```

```

Dpr = vtrParam(j).intDpr

```

```

Dpl = vtrParam(j).intDpl

```

```

Dcl = vtrParam(j).intDcl
'

```

```

For i = inicio To final

```

```

    Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 42) = vtrParam(j).strCultura

```

```

    'Cálculo do HU para o decêndio

```

```

    vtrCulturaInicio(i).snHU = vtrCulturaInicio(i).snTm - Tb

```

```

    .Cells(i + 2, 8) = vtrCulturaInicio(i).snHU
'

```

```

    'Cálculo do HUI para o decêndio

```

```

    vtrCulturaInicio(i).snHUI = ((vtrCulturaInicio(i).snHU + SomaHU) * 10) / PHU

```

```

    If vtrCulturaInicio(i).snHUI < 1 Then

```

```

    vtrCulturaInicio(i).snHUI = vtrCulturaInicio(i).snHUI
Else
    vtrCulturaInicio(i).snHUI = 1
End If
,
    SomaHU = vtrCulturaInicio(i).snHU + SomaHU
HUI = vtrCulturaInicio(i).snHUI
.Cells(i + 2, 9) = HUI
,
'CÁLCULO DO HUF PARA O DECÊNDIO (i)
HUF = HUI / (HUI + Exp(ah1 - ah2 * HUI))
vtrCulturaInicio(i).snHUF = HUF
.Cells(i + 2, 10) = HUF
,
'CÁLCULO DO LAI PARA O DECÊNDIO (i)
If HUI <= DLAI Then
    If i > inicio And i <= Dcl Then
,
        vtrCulturaInicio(i).snLAI = vtrCulturaInicio(i - 1).snLAI + ((HUF - _
            vtrCulturaInicio(i - 1).snHUF) * LAImx * (1 - Exp(5 * _
                (vtrCulturaInicio(i - 1).snLAI - LAImx))))
        ElseIf i >= Dcl Then
            vtrCulturaInicio(i).snLAI = 0
        Else
            vtrCulturaInicio(i).snLAI = (HUF * LAImx * (1 - Exp(5 * 0 - LAImx)))
        End If
        ElseIf vtrCulturaInicio(i - 1).snHUI <= DLAI And HUI > DLAI Then
            'Utiliza os valores de LAI e HUI do decêndio de maturação
            LAImaturacao = vtrCulturaInicio(i - 1).snLAI
            HUImaturacao = vtrCulturaInicio(i - 1).snHUI
            vtrCulturaInicio(i).snLAI = LAImaturacao * ((1 - HUI) / (1 - HUImaturacao)) ^ ad
        ElseIf i > Dcl Then
            vtrCulturaInicio(i).snLAI = 0
        ElseIf HUI = 1 Then
            vtrCulturaInicio(i).snLAI = vtrCulturaInicio(i - 1).snLAI
        Else
            vtrCulturaInicio(i).snLAI = LAImaturacao * ((1 - HUI) / (1 - HUImaturacao)) ^ ad
        End If
        .Cells(i + 2, 11) = vtrCulturaInicio(i).snLAI
,
,
'CÁLCULO DO PAR PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snPAR = 0.5 * vtrCulturaInicio(i).snRm * 0.0419 * _
    (1 - Exp(-0.65 * vtrCulturaInicio(i).snLAI))
.Cells(i + 2, 12) = vtrCulturaInicio(i).snPAR
,
,
'CÁLCULO DO DELBp PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snDELBp = 0.001 * BE * vtrCulturaInicio(i).snPAR * 10
.Cells(i + 2, 13) = vtrCulturaInicio(i).snDELBp
SomaDELBp = vtrCulturaInicio(i).snDELBp + SomaDELBp

```

```

      vtrParam(j).snFCDELBP = ((Prod / HI) / SomaDELBP)
Next i
Hmxc = Hmx * (vtrParam(j).snFCDELBP) ^ 0.5

For i = inicio To final
,
' CÁLCULO DO LAIc PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snLAIc = vtrCulturaInicio(i).snLAI * (vtrParam(j).snFCDELBP) ^ 0.5
.Cells(i + 2, 16) = vtrCulturaInicio(i).snLAIc
,
' CÁLCULO DO PARc PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snPARc = 0.5 * vtrCulturaInicio(i).snRm * 0.0419 * _
      (1 - Exp(-0.65 * vtrCulturaInicio(i).snLAIc))
.Cells(i + 2, 17) = vtrCulturaInicio(i).snPARc
,
' CÁLCULO DO DELBpc PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snDELBpc = 0.001 * BE * vtrCulturaInicio(i).snPARc * 10000
.Cells(i + 2, 18) = vtrCulturaInicio(i).snDELBpc
,
' CÁLCULO DO DELBrpc PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snDELBrc = (vtrCulturaInicio(i).snDELBpc * (0.4 - 0.2 * _
      vtrCulturaInicio(i).snHUI))
.Cells(i + 2, 19) = vtrCulturaInicio(i).snDELBrc
,
' CÁLCULO DO DELBarc PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snDELBarc = vtrCulturaInicio(i).snDELBpc - _
      vtrCulturaInicio(i).snDELBrc
.Cells(i + 2, 20) = vtrCulturaInicio(i).snDELBarc

      ' *****
' FATORES DE DECOMPOSIÇÃO DA PALHA E DAS RAÍZES
,
' CÁLCULO DO W PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snW = vtrCulturaInicio(i).snPm / 42
' Divisão por "42" por se tratar de período de 10 dias
.Cells(i + 2, 24) = vtrCulturaInicio(i).snW
,
' CÁLCULO DO F PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snF = 10 * (2 * ((vtrCulturaInicio(i).snTm + 7.78) ^ 2) * _
      ((32.2 + 7.78) ^ 2) - ((vtrCulturaInicio(i).snTm + 7.78) ^ 4)) / ((32.2 + 7.78) ^ 4)
.Cells(i + 2, 25) = vtrCulturaInicio(i).snF

      ' *****
,
' FONTE: RENARD (1997)- pg 170
Select Case (vtrParam(j).strCultura)
Case "Trigo"
      snParRaiz = 0.31
      RaizPD = 0
Case "Soja"

```

```

    snParRaiz = 0.1
    RaizPD = 0
Case "Aveia"
    snParRaiz = 0.36
    RaizPD = 0
Case "Tremoco"
    snParRaiz = 0.15
    RaizPD = 0
Case "Milho"
    snParRaiz = 0.15
    RaizPD = 2.5
End Select
,
                                     ' *****
,
' CÁLCULO DO Rarc PARA O DECÊNDIO (i)
If vtrCulturaInicio(i).snW < vtrCulturaInicio(i).snF Then
    snFdec = (Exp(-Fp * vtrCulturaInicio(i).snW))
Else
    snFdec = (Exp(-Fp * vtrCulturaInicio(i).snF))
End If
,
If i > Dpl And i < Dcl Then
    vtrCulturaInicio(i).snRarcV = (vtrCulturaInicio(i - 1).snRarcV + _
        vtrCulturaInicio(i).snDELBarc * snParRaiz)
,
ElseIf i = Del Then
    vtrCulturaInicio(i).snRarcV = 0
ElseIf i = Dpr Then
    vtrCulturaInicio(i).snRarcV = 0
Else
    vtrCulturaInicio(i).snRarcV = 0
End If
,
vtrDecomp(j, i).snBurSup = vtrCulturaInicio(i).snRarcV
vtrDecomp(j, i).snBurInf = vtrDecomp(j, i).snBurSup * 0.8
,
.Cells(i + 2, 21) = vtrCulturaInicio(i).snRarcV
,
' CÁLCULO DO FC PARA O DECÊNDIO (i)
If vtrCulturaInicio(i).snHUF = 0 Or i = Dpr Then
    vtrCulturaInicio(i).snFC = 0
ElseIf (6.5 * (vtrCulturaInicio(i).snLAIc ^ 0.75) * Esp ^ (-0.48)) < 1 Then
    vtrCulturaInicio(i).snFC = (6.5 * (vtrCulturaInicio(i).snLAIc ^ 0.75) * Esp ^ (-0.48))
Else
    vtrCulturaInicio(i).snFC = 1
End If
.Cells(i + 2, 22) = vtrCulturaInicio(i).snFC
,
' CÁLCULO DE CN, S E Q PARA O DECÊNDIO (i)
Select Case (vtrCulturaInicio(i - 1).snPm)

```

```

Case Is < 36 'CONDIÇÃO I
  If (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.75 Then
    'snCN = 31.21
    snCN = 25.43
  ElseIf (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.4 Then
    'snCN = 32.175
    snCN = 26.32
  ElseIf (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.1 Then
    'snCN = 38.125
    snCN = 31.87
  Else
    'snCN = 40.96
    snCN = 34.56
  End If
Case Is >= 36, Is <= 53 ' CONDIÇÃO II
  If (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.75 Then
    'snCN = 54
    snCN = 44
  ElseIf (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.4 Then
    'snCN = 55
    snCN = 45
  ElseIf (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.1 Then
    'snCN = 61
    snCN = 51
  Else
    'snCN = 64
    snCN = 54
  End If
Case Is > 53 ' CONDIÇÃO III
  If (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.75 Then
    'snCN = 78.84
    snCN = 64.24
  ElseIf (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.4 Then
    'snCN = 79.75
    snCN = 65.25
  ElseIf (vtrCulturaInicio(i).snFC) >= 0.1 Then
    'snCN = 84.79
    snCN = 70.89
  Else
    'snCN = 87.04
    snCN = 73.44
  End If
End Select
vtrCulturaInicio(i).snCN = snCN
.Cells(i + 2, 38) = snCN
vtrCulturaInicio(i).snSCN = (25400 / snCN) - 254
.Cells(i + 2, 39) = vtrCulturaInicio(i).snSCN
If (vtrCulturaInicio(i).snPm - 0.2 * vtrCulturaInicio(i).snSCN) ^ 2 / _
  (vtrCulturaInicio(i).snPm + 0.8 * _
  vtrCulturaInicio(i).snSCN) > (0.2 * vtrCulturaInicio(i).snSCN) Then
.Cells(i + 2, 40) = (vtrCulturaInicio(i).snPm - 0.2 * vtrCulturaInicio(i).snSCN) ^ 2 / _

```

```

        (vtrCulturaInicio(i).snPm + 0.8 * vtrCulturaInicio(i).snSCN)
    Else
    .Cells(i + 2, 40) = 0
    End If
,
' CÁLCULO DO Hm PARA O DECÊNDIO (i)
If i <> Dpl Or i <> Dcl Or i <> Dpr Then
    vtrCulturaInicio(i).snHm = Hmxc * (vtrCulturaInicio(i).snHUF) ^ 0.5
Else
    vtrCulturaInicio(i).snHm = 0
End If
.Cells(i + 2, 23) = vtrCulturaInicio(i).snHm
,
' CÁLCULO DO CC PARA O DECÊNDIO (i)
vtrCulturaInicio(i).snCC = 1 - (vtrCulturaInicio(i).snFC * (Exp(-0.0305 * _
    vtrCulturaInicio(i).snHm)))
.Cells(i + 2, 30) = vtrCulturaInicio(i).snCC
,
Next i
,
End With
Next j
,
End Sub

```

---

Public Sub SubFatorBs()

' \*\*\*/\*\*\*/\*\*\*/\*\*/ CÁLCULO DA PALHA - Bs \*\*\*/\*\*\*/\*\*\*/\*\*/

For j = 1 To ContadorCulturas

' Parâmetros da cultura selecionada

If j = 1 Then

Fp = vtrParam(ContadorCulturas).snFp

alpha = vtrParam(ContadorCulturas).snAlpha / 1000

Else

Fp = vtrParam(j - 1).snFp

alpha = vtrParam(j - 1).snAlpha / 1000

End If

Plgr = vtrParam(j).snPlgr

DLAI = vtrParam(j).snDLAI

HI = vtrParam(j).snHI

Hmx = vtrParam(j).snHmx

LAI<sub>mx</sub> = vtrParam(j).snLAI<sub>mx</sub>

ad = vtrParam(j).snAd

Prod = vtrParam(j).snProd

inicio = vtrParam(j).intDcl

For i = inicio To Duracao ' Inicia na colheita até o final do vetor

```

'Selecionar o fator limitante para a decomposição dos resíduos
If vtrCulturaInicio(i).snW < vtrCulturaInicio(i).snF Then
  snFdec = (Exp(-Fp * vtrCulturaInicio(i).snW))
Else
  snFdec = (Exp(-Fp * vtrCulturaInicio(i).snF))
End If
' vtrCulturaInicio(i).intImplem [1=Preparo e semeadura no decêndio; 2=Preparo; 3=Semeadura; _
  4=Colheita e 5=Semeadura Direta]
'Inicia na colheita
If i = inicio Then
  vtrDecomp(j, i).snBsExt = (vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec + (1000 * Prod * Plgr))
  vtrDecomp(j, i).snBusSup = vtrCulturaInicio(i - 1).snRarcM * (10 ^ (-0.291)) + _
    vtrCulturaInicio(i - 1).snRarcV
  vtrDecomp(j, i).snBusInf = (vtrCulturaInicio(i - 1).snRarcM * (10 ^ (-0.344)) + _
    vtrCulturaInicio(i - 1).snRarcV) * 0.8
'(10 ^ (-0.344))e (10 ^ (-0.291)) --> Fonte: COGO; STRECK (2003), R.Bras.Ci.Solo, 27: pg158.

'Sem operação sobre o solo
ElseIf vtrCulturaInicio(i).intImplem = 0 Or vtrCulturaInicio(i).intImplem = 4 Then
  vtrDecomp(j, i).snBsExt = vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec
  vtrDecomp(j, i).snBusSup = vtrDecomp(j, i - 1).snBusSup * (10 ^ (-0.291)) 'snFdec
  vtrDecomp(j, i).snBusInf = vtrDecomp(j, i - 1).snBusInf * (10 ^ (-0.344)) 'snFdec

'Preparo e Semeadura no decêndio
ElseIf vtrCulturaInicio(i).intImplem = 1 Then
  vtrDecomp(j, i).snBsExt = (vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * snDeixaPalha
  Call PalhaIncorp
  vtrDecomp(j, i).snBusSup = vtrDecomp(j, i).snBusSup + _
    (vtrDecomp(j, i).snBsExt * (1 - snDeixaPalha)) 'Incorpora no Semeadura

'Preparo do Solo
ElseIf vtrCulturaInicio(i).intImplem = 2 Then
  vtrDecomp(j, i).snBsExt = (vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * snDeixaPalha
  Call PalhaIncorp

'Semeadura no sistema convencional e no sistema Semeadura Direta na palha
ElseIf vtrCulturaInicio(i).intImplem = 3 Or vtrCulturaInicio(i).intImplem = 5 Then
  vtrDecomp(j, i).snBsExt = (vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * snDeixaPalha
  vtrDecomp(j, i).snBusSup = (vtrDecomp(j, i - 1).snBusSup * (10 ^ (-0.291))) + _
    (vtrDecomp(j, i).snBsExt * (1 - snDeixaPalha)) / 1 'Incorpora no Semeadura
  vtrDecomp(j, i).snBusInf = vtrDecomp(j, i - 1).snBusInf * (10 ^ (-0.344))

End If

Next i

Next j

' **/**/**/** AGRUPAR VALORES DE PALHA SUPERFICIAL E RAÍZES **/**/**/**

If Cultivo = 1 Then

```

```

    inicio = vtrParam(1).intDpr
Else
    inicio = vtrParam(1).intDpl
End If

```

```

For i = inicio To Duracao

```

```

    Soma1 = 0
    Soma2 = 0
    Soma3 = 0
    Soma4 = 0
    Soma5 = 0

```

```

    For j = 1 To ContadorCulturas

```

```

        Soma1 = vtrDecomp(j, i).snBsExt + Soma1
        Soma2 = vtrDecomp(j, i).snBusSup + Soma2
        Soma3 = vtrDecomp(j, i).snBusInf + Soma3
        Soma4 = vtrDecomp(j, i).snBurSup + Soma4
        Soma5 = vtrDecomp(j, i).snBurInf + Soma5

```

```

        vtrCulturalInicio(i).snBsExt = Soma1
        vtrCulturalInicio(i).snBusSup = Soma2 / 3.937
        vtrCulturalInicio(i).snBusInf = Soma3 / 3.937
        vtrCulturalInicio(i).snBurSup = Soma4 / 3.937
        vtrCulturalInicio(i).snBurInf = Soma5 / 3.937

```

```

    Next j

```

```

With Sheets("Modelo")

```

```

    .Cells(i + 2, 26) = vtrCulturalInicio(i).snBsExt 'Descarrega na planilha os valores de Bs(i)
    .Cells(i + 2, 36) = vtrCulturalInicio(i).snBurSup
    .Cells(i + 2, 37) = vtrCulturalInicio(i).snBusSup

```

```

End With

```

```

Next i

```

```

End Sub

```

```

Public Function snDeixaPalha() As Single

```

```

    Select Case vtrParam(j + 1).intSeqImplemento

```

```

        Case 1 'Semeadura

```

```

            snDeixaPalha = 0.95 'Fonte: Manual EPIC

```

```

        Case 2 'GA

```

```

            snDeixaPalha = 0.3

```

```

        Case 3 'GN

```

```

            snDeixaPalha = 0.45

```

```

        Case 4 'AR

```

```

            snDeixaPalha = 0.15

```

```

        Case 5 'AR+GN

```

```

            snDeixaPalha = 0.0675

```

```

Case 6 'AR+GN+GN
    snDeixaPalha = 0.0304
Case 7 'GA+GN
    snDeixaPalha = 0.135
Case 8 'GA+GN+GN
    snDeixaPalha = 0.0608
End Select
End Function

```

---

Public Sub PalhaIncorp()

Select Case vtrParam(j).intSeqImplemento

Case 6 'AR+GN+GN

```

'ARADO - Incorpora a palha na camada 0-20 cm
snArado = ((vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * 0.85 + (vtrDecomp(j, i - 1).snBusInf _
    * (10 ^ (-0.344))) + (vtrDecomp(j, i - 1).snBusSup * (10 ^ (-0.291))) * 1) / 2
'GRADE 1 - Incorpora a palha na camada 0-10 somando com a palha do arado
snGN = (vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * 0.0825 + snArado
'GRADE 2 - Incorpora a palha na camada 0-10 somando com a palha da grade 1
vtrDecomp(j, i).snBusSup = (vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * 0.0371 + snGN
'Incorpora a palha na camada 10-20 somando a palha do arado
vtrDecomp(j, i).snBusInf = (vtrDecomp(j, i - 1).snBusInf * (10 ^ (-0.344))) + snArado

```

Case 8 'GA+GN+GN

```

'GRADÃO - Incorpora a palha na camada 0-15 cm
snGA = ((vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * 0.7 + (vtrDecomp(j, i - 1).snBusInf _
    * (10 ^ (-0.344))) * 0.5 + (vtrDecomp(j, i - 1).snBusSup * (10 ^ (-0.291)))) / 1.5
'GRADE 1 - Incorpora a palha na camada 0-10 somando com a palha da Grade Aradora (GA)
snGN = (vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * 0.165 + snGA
'GRADE 2 - Incorpora a palha na camada 0-10 somando com a palha da grade 1
vtrDecomp(j, i).snBusSup = (vtrDecomp(j, i - 1).snBsExt * snFdec) * 0.0743 + snGN
'Incorpora a palha na camada 10-20 somando a palha do arado
vtrDecomp(j, i).snBusInf = (vtrDecomp(j, i - 1).snBusInf * (10 ^ (-0.344))) + snGA

```

End Select

End Sub

---

Public Sub SubFatorPLU()

\*\*\*\*\* CÁLCULO DO PLU PARA O DECÊNIO (i) \*\*\*\*\*

```

If Cultivo = 1 Then
    inicio = vtrParam(1).intDpr
Else
    inicio = vtrParam(1).intDpl
End If

```

```

For i = inicio To Duracao
    Soma = 0

```

```

    If vtrCulturaInicio(i).intImplem = 1 Or vtrCulturaInicio(i).intImplem = 2 Then ' Preparo e
    sementeira
        vtrCulturaInicio(i).snCf = 1
        snDecDpr = i
    ElseIf vtrCulturaInicio(i).intImplem = 3 Or vtrCulturaInicio(i).intImplem = 5 Then ' Sementeira
        vtrCulturaInicio(i).snCf = Exp(-0.0031 * 10 * (i - snDecDpr)) * 0.85 + (1 * 0.15)
    Else
        vtrCulturaInicio(i).snCf = Exp(-0.0031 * 10 * (i - snDecDpr))
    End If
    ' 0.0031 --> Fonte: STRECK; COGO (2003)R.BRAS.CI.SOLO, 27: pg149
    'multiplicado por 10 para representar a variação decencial
    Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 27) = vtrCulturaInicio(i).snCf

vtrCulturaInicio(i).snPLU = vtrCulturaInicio(i).snCf * 0.951 * Exp((-0.0022 * _
        vtrCulturaInicio(i).snBurSup) + (0.00047 * _
        vtrCulturaInicio(i).snBusSup) / vtrCulturaInicio(i).snCf ^ 0.5) 'PLU

If vtrCulturaInicio(i).snPLU > 1 Then
    vtrCulturaInicio(i).snPLU = 1
End If

Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 29) = vtrCulturaInicio(i).snPLU ' Descarrega na planilha o PLU

Next i

End Sub

```

---

```

Public Sub RotinaRugosidade()
'
' /** CALCULA RUGOSIDADE SUPERFICIAL DESDE O ÚLTIMO PREPARO/SEMEADURA
' /**
'
For j = 1 To ContadorCulturas
    Soma = 0
'
If Cultivo = 1 Then
    If vtrParam(j).intDpr <> vtrParam(j).intDpl And j < ContadorCulturas Then
        inicio = vtrParam(j).intDpr
        inicio_dois = vtrParam(j).intDpl
        'inicia o loop no decêndio da sementeira
        final = vtrParam(j + 1).intDpr - 1
    ElseIf vtrParam(j).intDpr <> vtrParam(j).intDpl And j = ContadorCulturas Then
        inicio = vtrParam(j).intDpr
        inicio_dois = vtrParam(j).intDpl
        'inicia o loop no decêndio da sementeira
        final = Duracao
    End If
ElseIf j < ContadorCulturas Then
    inicio = vtrParam(j).intDpr

```

```

    final = vtrParam(j + 1).intDpr - 1
Else
    inicio = vtrParam(j).intDpl
    final = Duracao
End If
ElseIf j < ContadorCulturas Then
    inicio = vtrParam(j).intDpl
    final = vtrParam(j + 1).intDpl - 1
Else
    inicio = vtrParam(j).intDpl
    final = Duracao
End If

If vtrParam(j).intDpr < vtrParam(j).intDpl Then

    For i = inicio To (inicio_dois - 1)

'CÁLCULO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL APÓS OPERAÇÕES DE PREPARO DO SOLO
        Soma = vtrCulturaInicio(i).snPm + Soma
        If i = vtrParam(j).intDpr Or i = vtrParam(j).intDpl Then
            Bu = vtrCulturaInicio(i).snBurSup + vtrCulturaInicio(i).snBusSup
            vtrCulturaInicio(i).snRug = 0.61 + (RuiGrade - 0.61) * (0.8 * (1 - Exp(-0.00053 * Bu)) + 0.2)
        Else
            vtrCulturaInicio(i).snRug = 0.61 + (Exp(-0.0055 * Soma) * (RuiGrade - 0.61))
        End If

        Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 28) = vtrCulturaInicio(i).snRug 'Rugosidade aleatória
'CÁLCULO DO SR - Subfator Rugosidade Superficial PARA O DECÊNDIO (i)
        vtrCulturaInicio(i).snSR = Exp(-0.26 * (vtrCulturaInicio(i).snRug - 0.61))
        Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 32) = vtrCulturaInicio(i).snSR
    Next i

    For i = inicio_dois To final

'CÁLCULO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL APÓS OPERAÇÕES DE PREPARO DO SOLO
        Soma = vtrCulturaInicio(i).snPm + Soma
        If i = vtrParam(j).intDpr Or i = vtrParam(j).intDpl Then
            Bu = vtrCulturaInicio(i).snBurSup + vtrCulturaInicio(i).snBusSup
            vtrCulturaInicio(i).snRug = 0.61 + (Rui1 - 0.61) * (0.8 * (1 - Exp(-0.00053 * Bu)) + 0.2)
        Else
            vtrCulturaInicio(i).snRug = 0.61 + (Exp(-0.0055 * Soma) * (Rui1 - 0.61))
        End If

        'vtrCulturaInicio(i).snRug = 0.61 + (Exp(-0.0055 * Soma) * (Rui1 - 0.61))
        Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 28) = vtrCulturaInicio(i).snRug 'Rugosidade aleatória
'CÁLCULO DO SR - Subfator Rugosidade Superficial PARA O DECÊNDIO (i)
        vtrCulturaInicio(i).snSR = Exp(-0.26 * (vtrCulturaInicio(i).snRug - 0.61))
        Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 32) = vtrCulturaInicio(i).snSR
    Next i
Else
    For i = inicio To final

```

---

'CÁLCULO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL APÓS OPERAÇÕES DE PREPARO DO SOLO

Soma = vtrCulturaInicio(i).snPm + Soma

If i = vtrParam(j).intDpr Or i = vtrParam(j).intDpl Then

Bu = vtrCulturaInicio(i).snBurSup + vtrCulturaInicio(i).snBusSup

vtrCulturaInicio(i).snRug = 0.61 + (Rui1 - 0.61) \* (0.8 \* (1 - Exp(-0.00053 \* Bu)) + 0.2)

Else

vtrCulturaInicio(i).snRug = 0.61 + (Exp(-0.0055 \* Soma) \* (Rui1 - 0.61))

End If

vtrCulturaInicio(i).snRug = 0.61 + (Exp(-0.0055 \* Soma) \* (Rui1 - 0.61))

Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 28) = vtrCulturaInicio(i).snRug 'Rugosidade aleatória

'CÁLCULO DO SR - Subfator Rugosidade Superficial PARA O DECÊNDIO (i)

vtrCulturaInicio(i).snSR = Exp(-0.26 \* (vtrCulturaInicio(i).snRug - 0.61))

Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 32) = vtrCulturaInicio(i).snSR

Next i

End If

Next j

End Sub

---

Public Sub RotinaCoberturaSuperficial()

' \*\*\*/\*\*\*/\*\*\*/\*\* CALCULA SUBFATOR COBERTURA SUPERFICIAL - SC \*\*\*/\*\*\*/\*\*\*/\*\*

For j = 1 To ContadorCulturas

'Parâmetros da cultura selecionada

If j = 1 Then

alpha = vtrParam(ContadorCulturas).snAlpha / 1000

Else

alpha = vtrParam(j - 1).snAlpha / 1000

End If

'Datas de semeadura --> Cultivo 1 = convencional

If Cultivo = 1 Then

inicio = vtrParam(1).intDpr

ElseIf Cultivo = 2 Then

inicio = vtrParam(1).intDpl

End If

For i = inicio To Duracao

vtrCulturaInicio(i).snSC = Exp(-0.035 \* (1 - Exp(-alpha \* vtrCulturaInicio(i).snBsExt)) \* \_  
100 \* ((0.61 / vtrCulturaInicio(i).snRug) ^ 0.08))

Sheets("Modelo").Cells(i + 2, 31) = vtrCulturaInicio(i).snSC

Next i

Next j

End Sub

---

## ANEXO 3

## A 3.1 RESULTADOS DECENDIAIS DE SIMULAÇÕES OBTIDOS NAS APLICAÇÕES DA REUPS E SUAS VARIAÇÕES PARA OS TRÊS SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

QUADRO A 3.1 – VALORES DECENDIAIS DE CHUVA, ENXURRADA, EROSIVIDADE CALCULADA DA CHUVA E DA ENXURRADA, SLR E PERDAS DE SOLO MEDIDOS E SIMULADOS PARA O SISTEMA 1

Decendio	SLR	Cultura	$B_e$	$EI_{30}$	$Q_e$	PerdaObs	REUPS-M	REUPS-MQ	REUPS
73	0,2295	Soja	17,3	124,29	1,00	0,0205	0,1975	5,2566	0,2094
75	0,1821	Soja	43,5	755,43	3,25	0,0575	1,2330	0,4486	1,0102
76	0,1639	Soja	26,6	41,62	3,05	0,0293	0,0938	0,1407	0,0501
77	0,1488	Soja	14,6	46,34	0,40	0,0004	0,0226	0,4853	0,0506
78	0,1348	Soja	121,5	993,71	9,76	0,0580	1,2895	0,0821	0,9836
79	0,2826	Soja	179,0	768,43	8,61	0,0754	1,2512	6,5832	1,5946
80	0,2665	Soja	72,7	328,27	3,45	0,0423	0,4979	0,3071	0,6423
82	0,2320	Soja	17,8	33,70	0,60	0,0048	0,0316	0,2375	0,0574
84	0,2052	Soja	120,4	499,50	11,40	0,1134	1,1624	1,6558	0,7524
86	0,0459	Soja	79,9	251,00	3,60	0,0360	0,0622	0,0099	0,0847
87	0,0429	Soja	179,1	2687,0	9,00	0,0968	0,6935	0,9394	0,8458
88	0,0419	Soja	144,8	631,80	11,50	0,1365	0,2520	0,0978	0,1945
89	0,0412	Soja	61,1	93,40	4,30	0,0318	0,0324	0,0102	0,0283
91	0,0398	Soja	53,4	97,10	6,40	0,0260	0,0554	0,0039	0,0283
92	0,8549	Trigo	39,0	45,60	4,20	0,0370	0,5029	0,0103	0,2862
98	0,0063	Trigo	26,5	31,50	3,20	0,0050	0,0029	0,0217	0,0015
99	0,0053	Trigo	94,2	237,40	6,40	0,0384	0,0103	0,0040	0,0093
100	0,0042	Trigo	17,1	60,00	3,20	0,0070	0,0056	0,0144	0,0018
102	0,0599	Trigo	17,2	36,30	1,00	0,0012	0,0151	0,4037	0,0160
104	0,1140	Trigo	12,4	28,00	0,80	0,0078	0,0247	0,6388	0,0234
105	0,0571	Trigo	37,0	113,90	3,60	0,0057	0,0758	0,2291	0,0478
109	0,3147	Soja	11,6	49,00	0,80	0,0014	0,1274	4,6798	0,1132
110	0,1855	Soja	23,3	34,20	0,70	0,0051	0,0228	0,1807	0,0466
111	0,1651	Soja	5,2	9,50	0,70	0,0026	0,0253	0,4611	0,0115
112	0,1512	Soja	32,1	135,00	4,20	0,0084	0,3199	0,2442	0,1498
113	0,1355	Soja	78,6	1039,2	4,20	0,0196	0,9011	0,1789	1,0336
115	0,2746	Soja	27,6	50,90	0,40	0,0043	0,0243	0,8614	0,1026
116	0,2580	Soja	51,0	279,30	2,32	0,0180	0,3927	1,1570	0,5291
117	0,2437	Soja	40,1	102,40	1,50	0,0065	0,1118	0,0240	0,1832
118	0,2321	Soja	48,3	62,20	1,20	0,0024	0,0430	0,0000	0,1060
120	0,0369	Soja	20,7	27,00	2,32	0,0028	0,0134	0,0979	0,0073
121	0,0472	Soja	11,5	25,60	1,00	0,0017	0,0126	0,0688	0,0089
123	0,0429	Soja	85,5	336,10	2,52	0,0274	0,0509	0,0049	0,1058
124	0,0412	Soja	7,8	6,50	0,50	0,0002	0,0021	0,0286	0,0020
126	0,0394	Trigo	91,2	338,70	7,02	0,0462	0,1230	0,0009	0,0979
258	0,0515	Soja	8,1	27,14	1,38	0,0042	0,0285	0,6444	0,0103
259	0,0472	Soja	65,4	136,75	2,48	0,1023	0,0293	0,0004	0,0474
261	0,0389	Soja	23,0	39,87	0,84	0,0336	0,0068	0,0455	0,0114

QUADRO A 3.1 – CONTINUAÇÃO...

Decendio	SLR	Cultura	$B_e$	$EI_{30}$	$Q_e$	PerdaObs	REUPS-M	REUPS-MQ	REUPS
262	0,0893	Soja	58,5	110,63	2,42	0,0546	0,0490	0,1030	0,0726
263	0,0864	Soja	38,2	73,07	1,30	0,0162	0,0258	0,2077	0,0464
265	0,0808	Soja	32,7	68,38	1,53	0,0532	0,0310	0,2496	0,0406
266	0,0790	Soja	77,6	86,49	0,85	0,0457	0,0090	0,0320	0,0501
267	0,0398	Soja	15,2	33,21	0,18	0,0107	0,0019	0,0558	0,0097
268	0,0428	Soja	46,9	100,73	1,37	0,0373	0,0151	0,0007	0,0317
269	0,0402	Soja	15,1	33,12	1,20	0,0646	0,0127	0,0446	0,0098
270	0,0386	Soja	66,6	77,09	3,50	0,0387	0,0187	0,0104	0,0218
271	0,2752	Soja	20,5	37,73	0,46	0,0014	0,0279	0,8579	0,0762
272	0,2679	Soja	10,0	28,77	0,46	0,0136	0,0425	1,7375	0,0566
273	0,2542	Trigo	24,3	61,21	1,20	0,0243	0,0920	0,9690	0,1142
281	0,0106	Trigo	47,9	61,13	6,10	0,0662	0,0099	0,0257	0,0048
285	0,0222	Trigo	49,6	103,04	6,00	0,1664	0,0331	0,0000	0,0168
288	0,2963	Soja	9,3	28,17	0,40	0,0062	0,0430	0,6802	0,0613
289	0,2949	Soja	8,0	27,06	0,14	0,0057	0,0167	2,3661	0,0586
291	0,1053	Soja	70,5	120,88	1,72	0,0842	0,0372	0,0048	0,0935
292	0,0728	Soja	51,5	84,43	1,36	0,0584	0,0194	0,1896	0,0451
293	0,0660	Soja	50,2	123,78	3,46	0,0818	0,0674	0,2668	0,0600
294	0,0604	Soja	53,0	105,94	1,98	0,0197	0,0287	0,0040	0,0470
295	0,0549	Soja	124,2	227,42	10,11	0,3873	0,1218	0,0056	0,0917
296	0,0512	Soja	9,0	48,14	0,60	0,0219	0,0198	1,0084	0,0181
297	0,0469	Soja	29,9	106,44	1,55	0,0369	0,0311	0,0745	0,0367
298	0,0920	Soja	44,7	98,85	1,49	0,0832	0,0364	0,2078	0,0668
300	0,0832	Soja	51,8	104,91	1,43	0,0986	0,0289	0,0007	0,0641
301	0,0792	Soja	26,2	62,83	0,46	0,0468	0,0105	0,3354	0,0365
302	0,0260	Soja	36,6	71,71	1,38	0,0286	0,0084	0,0039	0,0137
304	0,0340	Soja	167,7	224,10	18,00	0,3535	0,0981	0,0505	0,0560
305	0,0324	Soja	16,0	33,89	0,48	0,0096	0,0039	0,1320	0,0081

em que:  $B_e$  e  $Q_e$  representam a precipitação e enxurrada no período (mm);  $EI_{30}$  é a erosividade calculada para o período ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$ ); PerdaObs refere-se às perdas medidas nas macroparcelas. Todas as perdas de solo, medidas e estimadas estão representadas em  $Mg\ ha^{-1}$ .

QUADRO A 3.2 – VALORES DECENDIAIS DE CHUVA, ENXURRADA, EROSIVIDADE CALCULADA DA CHUVA E DA ENXURRADA, SLR E PERDAS DE SOLO MEDIDOS E SIMULADOS PARA O SISTEMA 2

Decendio	SLR	Cultura	$B_e$	$EI_{30}$	$Q_e$	PerdaObs	REUPS-M	REUPS-MQ	REUPS
73	0,2368	Soja	17,3	124,29	0,90	0,0178	0,2160	5,8610	0,1982
75	0,1881	Soja	43,5	755,43	3,25	0,0922	1,4999	0,5006	0,9571
76	0,1694	Soja	26,6	41,62	3,05	0,0362	0,1142	0,1571	0,0475
77	0,1539	Soja	6,6	17,38	0,20	0,0002	0,0114	0,6334	0,0180
78	0,1395	Soja	121,5	993,71	4,73	0,0387	0,7619	0,0917	0,9334
79	0,2842	Soja	182,1	768,75	15,99	0,0783	2,7077	7,3126	1,4716
80	0,2681	Soja	72,7	328,27	4,60	0,0409	0,7858	0,3339	0,5928
81	0,2500	Trigo	25,8	102,10	3,20	0,0124	0,4467	1,9079	0,1719
82	0,2340	Soja	5,9	6,20	0,20	0,0002	0,0069	0,2914	0,0098
84	0,2072	Soja	120,4	499,50	14,20	0,1245	1,7223	1,8068	0,6971
86	0,0483	Soja	79,9	251,00	4,60	0,0271	0,0985	0,0112	0,0816

QUADRO A 3.2 – VALORES CONTINUAÇÃO...

Decendio	SLR	Cultura	$B_e$	$EI_{30}$	$Q_e$	PerdaObs	REUPS-M	REUPS-MQ	REUPS
87	0,0451	Soja	179,1	2687,0	4,90	0,2394	0,4678	1,0676	0,8162
88	0,0441	Soja	144,8	631,80	11,10	0,1882	0,3015	0,1112	0,1878
89	0,0434	Soja	61,1	93,40	4,70	0,0235	0,0440	0,0116	0,0273
90	0,0422	Soja	53,4	97,10	6,60	0,0579	0,0715	0,0045	0,0276
91	0,0419	Soja	39,0	45,60	4,00	0,0147	0,0276	0,0005	0,0129
98	0,0055	Trigo	26,5	31,50	0,20	0,0002	0,0002	0,0051	0,0012
99	0,0046	Trigo	68,4	135,30	3,00	0,0214	0,0039	0,0001	0,0042
100	0,0037	Trigo	17,1	60,00	3,20	0,0085	0,0058	0,0136	0,0015
102	0,0578	Trigo	17,2	36,30	0,90	0,0009	0,0155	0,1045	0,0141
104	0,1060	Trigo	12,4	28,00	0,90	0,0130	0,0304	0,6416	0,0200
105	0,0611	Trigo	37,0	113,90	2,60	0,0067	0,0690	0,2647	0,0469
109	0,3588	Soja	34,9	83,20	1,80	0,0091	0,2173	2,1119	0,2011
110	0,2506	Soja	8,1	9,80	0,20	0,0050	0,0086	0,4460	0,0165
111	0,2255	Soja	5,2	9,50	0,20	0,0005	0,0116	0,6808	0,0144
112	0,2082	Soja	32,1	135,00	3,40	0,0026	0,4200	0,3634	0,1893
113	0,1881	Soja	78,6	1039,2	0,90	0,0114	0,3158	0,0666	1,3167
115	0,2854	Soja	27,6	50,90	0,40	0,0035	0,0297	0,9675	0,0978
116	0,2707	Soja	51,0	279,30	2,32	0,0439	0,4854	0,3255	0,5093
117	0,2585	Soja	40,1	102,40	0,20	0,0001	0,0186	0,0275	0,1783
118	0,2483	Soja	48,3	62,20	1,40	0,0016	0,0632	0,0000	0,1040
120	0,0750	Soja	20,7	27,00	2,32	0,0140	0,0320	0,2150	0,0136
121	0,0902	Soja	11,5	25,60	1,20	0,0019	0,0340	0,1421	0,0155
122	0,0844	Soja	44,4	287,50	2,32	0,0127	0,1790	0,0004	0,1635
123	0,0831	Soja	85,5	336,10	3,52	0,0185	0,1622	0,0103	0,1880
124	0,0799	Soja	7,8	6,50	1,40	0,0025	0,0132	0,0149	0,0035
126	0,0767	Soja	91,2	431,60	7,52	0,0208	0,3852	0,0006	0,2230
256	0,0575	Soja	11,1	29,71	0,00	0,0130	0,0000	0,5904	0,0115
258	0,0482	Soja	8,1	27,14	1,07	0,1033	0,0244	0,6521	0,0088
259	0,0442	Soja	65,7	137,01	3,91	0,0757	0,0509	0,0005	0,0408
261	0,0366	Soja	23,0	39,87	0,77	0,0346	0,0069	0,0115	0,0098
262	0,0774	Soja	58,5	110,63	3,84	0,0469	0,0793	0,0964	0,0576
263	0,0750	Soja	38,2	73,07	0,99	0,0099	0,0200	0,1946	0,0369
265	0,0702	Soja	32,7	68,38	1,61	0,0461	0,0333	0,2343	0,0323
266	0,0687	Soja	77,6	86,49	0,72	0,0490	0,0078	0,0301	0,0400
267	0,0418	Soja	15,2	33,21	0,92	0,0326	0,0118	0,0634	0,0093
268	0,0448	Soja	46,9	100,73	1,45	0,0280	0,0197	0,0002	0,0304
269	0,0421	Soja	15,1	33,12	3,50	0,0484	0,0456	0,0504	0,0094
270	0,0404	Soja	66,6	77,09	1,20	0,0400	0,0079	0,0117	0,0210
271	0,2453	Soja	20,5	37,73	0,15	0,0013	0,0096	0,2050	0,0623
272	0,2397	Soja	10,0	28,77	0,30	0,0092	0,0292	0,4168	0,0464
273	0,2304	Trigo	20,7	37,90	0,61	0,0240	0,0363	0,1904	0,0588
289	0,2519	Soja	12,2	50,87	0,16	0,0038	0,0243	2,4162	0,0863
291	0,0998	Soja	70,5	120,88	1,40	0,0931	0,0338	0,0049	0,0813
293	0,0650	Soja	31,1	87,24	2,31	0,0535	0,0593	0,4856	0,0382
294	0,0595	Soja	53,0	105,94	1,03	0,0164	0,0173	0,0042	0,0424
295	0,0541	Soja	124,2	227,42	4,84	0,6937	0,0676	0,0060	0,0829
296	0,0510	Soja	9,0	48,14	0,64	0,0315	0,0246	1,0840	0,0165

QUADRO A 3.2 – CONTINUAÇÃO...

Decendio	SLR	Cultura	$B_e$	$EI_{30}$	$Q_e$	PerdaObs	REUPS-M	REUPS-MQ	REUPS
297	0,0468	Soja	29,9	106,44	0,58	0,0285	0,0136	0,0803	0,0336
298	0,0840	Soja	44,7	98,85	0,81	0,1085	0,0213	0,2049	0,0559
300	0,0767	Soja	51,8	104,91	2,02	0,0627	0,0443	0,0007	0,0542
301	0,0734	Soja	26,2	62,83	1,23	0,0026	0,0305	0,3357	0,0310
302	0,0297	Soja	36,6	71,71	1,53	0,0328	0,0031	0,0048	0,0143
304	0,0378	Soja	167,7	224,10	15,63	0,0468	0,0276	0,0605	0,0570

QUADRO A 3.3 – VALORES DECENDIAIS DE CHUVA, ENXURRADA, EROSIVIDADE CALCULADA DA CHUVA E DA ENXURRADA, SLR E PERDAS DE SOLO MEDIDOS E SIMULADOS PARA O SISTEMA 3

Decendio	SLR	Cultura	$B_e$	$EI_{30}$	$Q_e$	PerdaObs	REUPS-M	REUPS-MQ	REUPS
73	0,1989	Soja	17,3	124,29	0,20	0,0058	0,0919	12,2255	0,2236
75	0,1640	Soja	43,5	755,43	3,26	0,0173	2,9800	1,0839	1,1207
78	0,2658	Soja	121,5	993,71	1,53	0,0107	1,0689	0,2092	2,3887
79	0,2478	Soja	143,8	737,26	3,76	0,0171	1,5336	10,8700	1,6527
80	0,2331	Soja	62,1	301,21	1,40	0,0220	0,5088	0,2495	0,6352
84	0,0297	Soja	103,8	487,30	2,00	0,0188	0,0896	0,4533	0,1309
86	0,0398	Soja	79,9	250,40	1,20	0,0108	0,0482	0,0229	0,0902
87	0,0379	Soja	179,1	2687,0	3,70	0,0803	0,6764	2,2287	0,9214
88	0,0374	Soja	120,3	603,10	7,00	0,1588	0,4221	0,0694	0,2042
89	0,0370	Soja	50,8	84,10	0,20	0,0097	0,0039	0,0050	0,0281
91	0,0358	Soja	33,4	84,00	3,40	0,0148	0,0984	0,0137	0,0272
92	0,8481	Soja	23,5	34,10	3,20	0,0226	1,2658	0,7867	0,2616
99	0,0054	Trigo	68,4	135,30	3,20	0,0172	0,0111	0,0001	0,0067
100	0,0043	Trigo	17,1	60,00	0,20	0,0063	0,0010	0,0394	0,0023
105	0,0516	Trigo	20,1	82,90	0,20	0,0004	0,0137	1,1794	0,0387
109	0,3361	Soja	11,6	49,00	0,20	0,0004	0,0913	13,4104	0,1490
110	0,2104	Soja	23,3	34,20	0,20	0,0007	0,0199	0,5498	0,0651
112	0,1721	Soja	25,9	121,60	0,20	0,0029	0,0520	1,2405	0,1893
113	0,1546	Soja	78,6	1039,2	3,40	0,0135	2,2336	0,5478	1,4531
116	0,2665	Soja	51,0	279,30	0,80	0,0057	0,3752	3,2058	0,6732
117	0,2523	Soja	40,2	102,40	0,20	0,0002	0,0413	0,0650	0,2337
122	0,0554	Soja	44,4	287,50	0,20	0,0002	0,0231	0,0007	0,1442
123	0,0549	Soja	85,5	336,10	1,80	0,0083	0,1248	0,0169	0,1669
126	0,4084	Tremoço	63,6	224,20	1,20	0,0055	0,5553	4,5211	0,8282
136	0,0443	Trigo	25,8	102,10	3,20	0,0119	0,1804	0,0865	0,0409
258	0,0039	Soja	8,1	27,14	0,44	0,0100	0,0018	0,1297	0,0009
259	0,0032	Soja	65,4	136,75	0,12	0,0260	0,0003	0,0001	0,0040
261	0,0034	Soja	23,0	39,87	0,00	0,0090	0,0000	0,0058	0,0012
262	0,0037	Soja	50,8	83,83	0,22	0,0140	0,0004	0,0135	0,0028
263	0,0034	Soja	18,3	35,85	0,00	0,0020	0,0000	0,0389	0,0011
265	0,0030	Soja	19,4	36,79	0,25	0,0043	0,0005	0,0323	0,0010
266	0,0029	Soja	77,6	86,49	0,10	0,0144	0,0001	0,0031	0,0022
267	0,0027	Soja	15,2	33,21	0,18	0,0107	0,0003	0,0103	0,0008
268	0,0026	Soja	37,4	72,39	0,88	0,0041	0,0014	0,0009	0,0017

QUADRO A 3.3 – CONTINUAÇÃO

Decendio	SLR	Cultura	$B_e$	$EI_{30}$	$Q_e$	PerdaObs	REUPS-M	REUPS-MQ	REUPS
269	0,0141	Soja	15,1	33,12	1,20	0,0241	0,0120	0,0538	0,0042
273	0,0086	AVEIA	11,7	30,22	0,20	0,0008	0,0014	0,1281	0,0023
281	0,0006	Trigo	47,9	61,13	0,80	0,0230	0,0002	0,0033	0,0003
289	0,0308	Soja	16,0	54,12	0,19	0,0034	0,0064	0,5366	0,0151
291	0,0087	Soja	70,5	120,88	2,45	0,0866	0,0118	0,0011	0,0095
292	0,0079	Soja	51,5	84,43	0,50	0,0856	0,0021	0,0555	0,0061
293	0,0072	Soja	35,3	90,83	1,61	0,0522	0,0096	0,1126	0,0059
294	0,0066	Soja	21,3	38,42	0,12	0,0048	0,0005	0,0237	0,0023
295	0,0060	Soja	87,0	155,20	2,82	0,2019	0,0097	0,0160	0,0084
296	0,0055	Soja	5,0	24,50	0,06	0,0076	0,0005	0,2866	0,0012
298	0,0096	Soja	38,7	53,27	0,32	0,0330	0,0013	0,0437	0,0046
299	0,0093	Soja	51,8	104,91	1,13	0,0446	0,0068	0,0400	0,0088
301	0,0151	Soja	26,2	62,83	0,07	0,0016	0,0008	0,1719	0,0086
302	0,0212	Soja	49,9	103,29	0,31	0,0104	0,0044	0,0028	0,0198
304	0,0188	Soja	167,7	224,10	4,00	0,1471	0,0323	0,0748	0,0381
305	0,0181	Soja	16,0	33,89	0,35	0,0055	0,0043	0,1973	0,0055
73	0,1989	Soja	17,3	124,29	0,20	0,0058	0,0919	12,2255	0,2236
75	0,1640	Soja	43,5	755,43	3,26	0,0173	2,9800	1,0839	1,1207
78	0,2658	Soja	121,5	993,71	1,53	0,0107	1,0689	0,2092	2,3887
79	0,2478	Soja	143,8	737,26	3,76	0,0171	1,5336	10,8700	1,6527
80	0,2331	Soja	62,1	301,21	1,40	0,0220	0,5088	0,2495	0,6352
84	0,0297	Soja	103,8	487,30	2,00	0,0188	0,0896	0,4533	0,1309
86	0,0398	Soja	79,9	250,40	1,20	0,0108	0,0482	0,0229	0,0902
87	0,0379	Soja	179,1	2687,0	3,70	0,0803	0,6764	2,2287	0,9214
88	0,0374	Soja	120,3	603,10	7,00	0,1588	0,4221	0,0694	0,2042
89	0,0370	Soja	50,8	84,10	0,20	0,0097	0,0039	0,0050	0,0281
91	0,0358	Soja	33,4	84,00	3,40	0,0148	0,0984	0,0137	0,0272

TABELA A 3.1 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE REUPS-M, REUPS, REUPS-MQ E VALORES DE PERDA DE SOLO TOTAL OBSERVADOS

	REUPS-M	REUPS	REUPS-MQ
REUPS	0,993 <i>0,00</i>		
REUPS-MQ	0,774 <i>0,07</i>	0,755 <i>0,08</i>	
OBSERVADOS	-0,606 <i>0,20</i>	-0,614 <i>0,19</i>	-0,134 <i>0,80</i>

em que as células representam: correlação de Pearson

*Valor – P*

TABELA A 3.2 – TOTAL DE PERDAS DE SOLO OBSERVADAS E ESTIMADAS PELOS MODELOS NOS DOIS PERÍODOS CONSIDERADOS PARA OS TRÊS SISTEMAS AVALIADOS (PERDAS DE SOLO EM Mg ha<sup>-1</sup>)

Perdas / Sistemas	Período 1	Período 2	Total	Estimado/Observado
OBSERVADA 1	0,977	2,055	3,033	-
REUPS-M 1	9,683	1,004	10,687	3,5
REUPS-MQ 1	25,568	10,314	35,883	11,8
REUPS 1	9,416	1,377	10,793	3,6
OBSERVADA 2	1,191	1,789	2,980	-
REUPS-M 2	11,784	0,752	12,537	4,2
REUPS-MQ 2	26,505	7,651	34,156	11,5
REUPS 2	9,573	1,086	10,659	3,6
OBSERVADA 3	0,462	0,827	1,289	-
REUPS-M 3	12,510	0,109	12,619	9,8
REUPS-MQ 3	53,081	1,982	55,064	42,7
REUPS 3	11,676	0,157	11,833	9,2

TABELA A 3.3 - VALORES MEDIDOS DE PERDAS DE SOLO PARA O SISTEMA 1, COMPARADOS COM OS VALORES SIMULADOS PARA OS PERÍODOS 1 E 2, COM RESPECTIVAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO E PARÂMETROS

PERÍODO 1					
Sistema 1	REUPS-M1	REUPS-MQ1	REUPS1	PerdaObs1	
Perda Total	9,68	25,57	9,42	9,68	(Mg ha <sup>-1</sup> )
Log(EF)	-86,57	-354,60	-82,30	-86,57	adimensional
Erro máximo ( $e_m$ )	0,112	0,72	0,146	0,002	adimensional
$r^2$	0,3870	0,0246	0,3173	0,3870	adimensional
$b$ (inclinação)	7,51	7,19	6,61	7,51	adimensional
$a$ (intercepto)	0,067	0,53	0,085	0,067	(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-M1 = 0,067 + 7,507 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-MQ1 = 0,53 + 7,187 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS1 = 0,085 + 6,608 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
PERÍODO 2					
	REUPS-M1	REUPS-MQ1	REUPS1	PerdaObs1	
Perda Total	1,00	10,31	1,38	2,06	(Mg ha <sup>-1</sup> )
Log(EF)	0,40	-19,37	0,25		adimensional
Erro máximo ( $e_m$ )	0,008	0,275	0,112	0,018	adimensional
$r^2$	0,5144	0,1020	0,0757		adimensional
$b$ (inclinação)	0,23	-1,98	0,09		adimensional
$a$ (intercepto)	0,017	0,464	0,039		(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-M1 = 0,017 + 0,226 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-MQ1 = 0,464 - 1,984 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS1 = 0,039 + 0,088 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )

TABELA A 3.4 - VALORES MEDIDOS DE PERDAS DE SOLO PARA O SISTEMA 2, COMPARADOS COM OS VALORES SIMULADOS PARA OS PERÍODOS 1 E 2, COM RESPECTIVAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO E PARÂMETROS

<b>PERÍODO 1</b>					
<b>Sistema 2</b>	REUPS-M2	REUPS-MQ2	REUPS2	PerdaObs2	
Perda Total	11,78	26,50	9,57	1,19	(Mg ha <sup>-1</sup> )
Log(EF)	-48,12	-150,34	-33,18		adimensional
Erro máximo ( $e_m$ )	0,288	0,787	0,13	0,0072	adimensional
$r^2$	0,2065	0,0269	0,2159		adimensional
$b$ (inclinação)	4,9	4,81	3,4		adimensional
$a$ (intercepto)	0,161	0,561	0,149		(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-M2 = 0,161 + 4,883 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-MQ2 = 0,561 + 4,814 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS2 = 0,149 + 3,42 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
<b>PERÍODO 2</b>					
	REUPS-M2	REUPS-MQ2	REUPS2	PerdaObs2	
Perda Total	0,75	7,65	1,09	1,79	(Mg ha <sup>-1</sup> )
Log(EF)	0,17	-9,77	0,20		adimensional
Erro máximo ( $e_m$ )	0,040	0,283	0,038	0,049	adimensional
$r^2$	0,2038	0,0232	0,1397		adimensional
$b$ (inclinação)	0,07	-0,59	0,07		adimensional
$a$ (intercepto)	0,021	0,3	0,033		(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-M2 = 0,021 + 0,073 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-MQ2 = 0,3 - 0,591 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS2 = 0,033 + 0,071 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )

TABELA A 3.5 - VALORES MEDIDOS DE PERDAS DE SOLO PARA O SISTEMA 3, COMPARADOS COM OS VALORES SIMULADOS PARA OS PERÍODOS 1 E 2, COM RESPECTIVAS EQUAÇÕES DE REGRESSÃO E PARÂMETROS

<b>PERÍODO 1</b>					
<b>Sistema 3</b>	REUPS-M3	REUPS-MQ3	REUPS3	PerdaObs3	
Perda Total	12,51	53,08	11,68	0,46	(Mg ha <sup>-1</sup> )
Log(EF)	-244,31	-1182,54	-210,52		adimensional
Erro máximo ( $e_m$ )	0,351	1,3421	0,276	0,0035	adimensional
$R^2$	0,0104	0,0176	0,0017		adimensional
$b$ (inclinação)	2,36	-15,84	0,76		adimensional
$a$ (intercepto)	0,457	2,416	0,453		(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-M3 = 0,457 + 2,357 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-MQ3 = 2,416 - 15,842 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS3 = 0,453 + 0,755 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
<b>PERÍODO 2</b>					
	REUPS-M3	REUPS-MQ3	REUPS3	PerdaObs3	
Perda Total	0,11	1,98	0,16	0,83	(Mg ha <sup>-1</sup> )
Log(EF)	0,02	-5,16	0,03		adimensional
Erro máximo ( $e_m$ )	0,0057	0,0343	0,0058	0,0056	adimensional
$r^2$	0,4659	0,0401	0,2656		adimensional
$b$ (inclinação)	0,10	-0,49	0,08		adimensional
$a$ (intercepto)	0,001	0,095	0,003		(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-M3 = 0,001 + 0,096 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS-MQ3 = 0,095 - 0,487 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )
	REUPS3 = 0,003 + 0,085 * Observado				(Mg ha <sup>-1</sup> )