

CARLA MARIA CAMARGO CORRÊA

**PERDAS DE SOLO E A QUALIDADE DA ÁGUA PROCEDENTE DE
ESTRADA DE USO FLORESTAL NO PLANALTO CATARINENSE**

CURITIBA

2005

CARLA MARIA CAMARGO CORRÊA

**PERDAS DE SOLO E A QUALIDADE DA ÁGUA PROCEDENTE DE
ESTRADA DE USO FLORESTAL NO PLANALTO CATARINENSE**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais, Área de Concentração: Silvicultura.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Roberto Malinovski

Co-orientadores:

Ph. D. Renato Antônio Dedecek
EMBRAPA/CNPFFlorestas

Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta

CURITIBA

2005

CAMARGO CORRÊA, Carla Maria.

Perdas do solo e a qualidade da água procedente de estrada de uso florestal no planalto catarinense. 2005

155 f.

Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

1. Rede viária.
2. Processos erosivos.
3. Medidas de conservação.
4. RUSLE.



TERMO DE APROVAÇÃO

Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER

Defesa nº. 636

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Carla Maria Camargo Corrêa* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "*Perdas de solo e a qualidade da água procedente de estrada de uso florestal no planalto catarinense*", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do (a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em SILVICULTURA.

[Assinatura]
Dr. Fernando Seixas
EBALQIUSP
Primeiro examinador

[Assinatura]
Dr. Gláucio Roloff
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador

[Assinatura]
Dr. José Geraldo Madema Leite
Universidade Federal do Paraná
Terceiro examinador

[Assinatura]
Dr. Marcos Luiz de Paula Souza
Universidade Federal do Paraná
Quarto examinador

[Assinatura]
Dr. Jorge Roberto Malinovski
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora



Curitiba, 25 de novembro de 2005.

[Assinatura]
Graciela Ines Bolzon de Muniz
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-Coordenador do Curso

Agradeço

A Deus, pela companhia constante e por ter colocado em meu caminho pessoas tão especiais.

Dedico

Ao meu amado filho Guilherme e ao meu esposo Pedro, por terem atravessado esse período de turbulência com muito carinho, compreensão e amizade.

Ofereço

Aos meus pais Rosalvo (in memorian) e Odete pela minha existência, e em especial a minha mãe pela minha formação.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná, em especial ao Departamento de Ciências Florestais e ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal pela oportunidade de qualificação.

À Professora Graciela Bolzón Muniz e aos amigos da Coordenação do Curso de Pós-Graduação, Reinaldo Mendes de Souza, Elinor R. Ladanivsky e Davi T. de Araújo, pela prontidão e colaboração prestada durante este período.

Ao Professor Dartagnan Baggio Emerenciano chefe do Departamento de Ciências Florestais e aos funcionários Vilma Kalinowski e Celso Gurak por todos estes anos de amizade.

À Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná (FUPEF) e todos os funcionários pelo apoio prestado junto às empresas desde a época da graduação e amizade.

Ao professor Jorge Roberto Malinovski, pela liberdade no desenvolvimento do trabalho e orientação.

Ao pesquisador da EMBRAPA, Renato Antônio Dedecek e ao professor Carlos Roberto Sanquetta, pela co-orientação e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Gláucio Roloff, pela prontidão e atendimento nos momentos de dúvidas e conhecimentos transferidos.

A RIGESA - Soluções em Embalagens Mead Westvaco, pelo incentivo à pesquisa, e, principalmente, a confiança depositada, possibilitando o desenvolvimento deste projeto. Ao Diretor Geral da Unidade Florestal da RIGESA - Etsuro Murakami, pela oportunidade oferecida, disponibilizando a estrutura necessária para o bom andamento do trabalho. Aos Engenheiros Florestais, Marco Brito, Coordenador de Meio Ambiente e Ricardo Paim, Gerente de Solos, pela efetiva colaboração na realização deste projeto. Aos Técnicos, Ricardo, Laboratório de Solos, Manoel

Salvador Filho, Sistema de Informações Geográficas, Luis Antônio Silva de Souza, Topografia, Lauro Bockor, Segurança do Trabalho e aos funcionários, Sr. Machado, Sr. Adão Bonete e Sr. Ademir de Jesus Antunes pela colaboração nas atividades de campo.

A Bibliotecária Tânia de Barros Baggio, pela boa vontade em corrigir e formatar este trabalho.

Ao acadêmico de Engenharia Civil, Carlos Fábio Camargo, pela colaboração na correção.

Aos amigos de caminhada, Sandra Regina Cavichiolo, Fabiana Maia Andrade, Juliana Carolina J. Ignaszewski, Ionete Hasse, Ruth Bianchini, Rodrigo Zagonel, que em diversos momentos serviram de base de apoio, levantando o ânimo e fazendo acreditar que tudo valeu a pena.

*Dê-me, senhor,
agudeza para entender,
capacidade para reter,
método e faculdade para aprender,
sutileza para interpretar,
graça e abundância para falar.*

*Dê-me senhor,
acerto ao começar,
direção ao progredir
e perfeição ao concluir*

Santo Tomás de Aquino *apud*
Pe. Ricardo Hoepers.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE GRÁFICOS	x
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 HIPÓTESES	17
1.2 OBJETIVOS	17
2 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA	19
2.1 REDE VIÁRIA FLORESTAL	19
2.1.1 Tipos de Rede Viária	21
2.1.1.1 Estradas Primárias	21
2.1.1.2 Estradas Secundárias	21
2.1.1.3 Divisoras	22
2.1.1.4 Contorno	22
2.1.1.5 Estradas Terciárias	22
2.1.1.6 Aceiros	23
2.1.1.7 Trilhas, Ramais ou Caminhos de Máquinas	23
2.1.2 Aspectos Envolvidos no Planejamento de Rede Viária	23
2.1.2.1 Aspectos Sociais.....	23
2.1.2.2 Aspectos Econômicos.....	24
2.1.2.3 Aspectos Ambientais.....	25
2.1.2.4 Aspectos Técnicos.....	27
2.1.3 Planejamento da Rede Viária	28
2.1.3.1 Macro-planejamento	29
2.1.3.2 Micro-planejamento	30
2.1.3.3 Etapas do Planejamento de Rede Viária	30
2.1.4 Construção da Rede Viária	32
2.1.5 Manutenção da Rede Viária	34
2.2 PERDA DE SOLO POR PROCESSO EROSIVO	35
2.2.1 As Formas de Erosão Hídrica	37
2.2.1.1 Erosão Entre Sulcos ou Laminar	38
2.2.1.2 Erosão em Sulcos	38
2.2.1.3 Voçorocas	39
2.2.2 Mecanismos de Predição de Perdas de Solo em Estradas	40
2.2.2.1 WEPP – <i>Water Erosion Prediction Project</i>	41

2.2.2.2	GRASS - <i>Geographic Resources Analysis System</i>	42
2.2.2.3	RUSLE – <i>Revised Universal Soil Loss Equation</i>	42
2.3	QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL	51
2.3.1	Aspectos Gerais	51
2.3.2	Aspectos Legais	53
2.3.3	Aspectos Sócio-Econômicos	55
2.3.4	Gerência e Planejamento da Qualidade da Água	57
3	MATERIAL E MÉTODOS	60
3.1	CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS AMOSTRADAS	60
3.1.1	Descrição Geral	60
3.1.2	Unidade de Manejo Florestal Ruthes e Leonel - Município de Itaiópolis	62
3.1.2.1	Estradas	62
3.1.2.2	Geologia	62
3.1.2.3	Solos	63
3.1.2.4	Relevo	64
3.1.3	Unidade de Manejo Florestal Bugre e Paredão – Município de Três Barras	65
3.1.3.1	Estradas	65
3.1.3.2	Geologia	65
3.1.3.3	Solos	66
3.1.3.4	Relevo	66
3.2	MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS	67
3.2.1	Equipamentos Utilizados	67
3.2.2	Determinação Analítica dos Sedimentos	69
3.3	DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS	70
3.3.1	Estradas (E)	71
3.3.2	Áreas de Contribuição (C)	73
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.1	PERDAS DE SEDIMENTOS PROVENIENTES DE ESTRADAS DE USO FLORESTAL	77
4.1.1	Análise Quantitativa dos Sedimentos	77
4.1.1.1	Unidades de Manejo Florestal Ruthes e Leonel, Município de Itaiópolis	77
4.1.1.2	Unidades de Manejo Florestal Bugre e Paredão, Município de Três Barras.....	85
4.1.1.3	Comparação Entre as Unidades de Manejo Florestal Avaliadas	93
4.1.2	Análise Qualitativa dos Sedimentos	96
4.1.2.1	Unidades de Manejo Florestal Ruthes e Leonel, Município de Itaiópolis	96
4.1.2.2	Unidades de Manejo Florestal Bugre e Paredão, Município de Três Barras.....	100
4.1.2.3	Comparativo Entre as Áreas Avaliadas nas Unidades de Manejo Florestal	103
4.1.3	Estimativa de Perda de Solo através da RUSLE	104
4.1.3.1	Estimativas de Perda de Solo através da RUSLE nas Amostragens Efetuadas nas UMFs de Itaiópolis	107

4.1.3.2	Estimativas de Perda de Solo através da RUSLE nas Amostragens Efetuadas nas UMFs de Três Barras	110
4.1.3.3	Comparativo entre as Áreas Avaliadas nas Unidades de Manejo Florestal.....	112
4.2	QUALIDADE DA ÁGUA NA REDE VIÁRIA	112
4.2.1	Análise Quantitativa da Água	112
4.2.1.1	Áreas Avaliadas na Unidades de Manejo Florestal Ruthes e Leonel, Município de Itaiópolis.....	113
4.2.1.2	Áreas Avaliadas na Unidades de Manejo Florestal Bugre e Paredão, Município de Três Barras.....	117
4.1.2.3	Comparativo Entre as Áreas Avaliadas nas Unidades de Manejo Florestal.....	120
4.2.2	Análise Qualitativa da Água	121
4.2.2.1	Unidades de Manejo Florestal Ruthes e Leonel, Município de Itaiópolis	121
4.2.2.2	Unidades de Manejo Florestal Bugre e Paredão, Município de Três Barras	122
4.2.2.3	Aspectos de Qualidade da Água na Unidades de Manejo Florestal Avaliadas.....	123
4.2.2.4	Conformidades e não-conformidades da qualidade das águas nas unidades de manejo florestal avaliadas.....	126
5	CONCLUSÕES	129
6	RECOMENDAÇÕES	132
	REFERÊNCIAS	133
	APÊNDICES	145

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NO PLANEJAMENTO DA REDE VIÁRIA.....	32
FIGURA 2 – FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NA CONSTRUÇÃO DA REDE VIÁRIA	33
FIGURA 3 – ELEMENTOS GERAIS PARA A DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA	58
FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS UNIDADES DE MANEJO FLORESTAL	61
FIGURA 5 – TRECHOS DE ESTRADAS AVALIADOS NAS UNIDADES DE MANEJO FLORESTAL LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE ITAIÓPOLIS	64
FIGURA 6 – TRECHOS DE ESTRADAS AVALIADOS NAS UNIDADES DE MANEJO FLORESTAL LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE TRÊS BARRAS.....	67
FIGURA 7 – DETALHES DA CALHA COLETORA DE SOLO, NO MOMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO	68
FIGURA 8 – DETALHES DA CALHA COLETORA DE SOLO, NO MOMENTO DA PRIMEIRA AMOSTRAGEM.....	69
FIGURA 9 – TRECHO DA ESTRADA COM CONSERVAÇÃO, NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS	72
FIGURA 10 – TRECHO DA ESTRADA COM CONSERVAÇÃO NA UMF DE TRÊS BARRAS	72
FIGURA 11 – ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTE AO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO, NA UMF DE ITAIÓPOLIS	73
FIGURA 12 – ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTE AO TRECHO DE ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO, NA UMF DE ITAIÓPOLIS	74
FIGURA 13 – ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTE AO TRECHO DE DIVISORA OU73 ACEIRO, NA UMF DE ITAIÓPOLIS	74
FIGURA 14 – ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTE AO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO E SEM CONSERVAÇÃO, NAS UMFS DE TRÊS BARRAS	75

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – PRECIPITAÇÃO QUINZENAL E MENSAL NAS UMFs LOCALIZADAS EM ITAIÓPOLIS	78
GRÁFICO 2 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS PROVENIENTES DOS TRECHOS DE ESTRADAS AVALIADOS NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	79
GRÁFICO 3 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLO ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO/UMFs DE ITAIÓPOLIS	81
GRÁFICO 4 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLO ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO, UMFs DE ITAIÓPOLIS	81
GRÁFICO 5 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLO ACUMULADOS NO TRECHO DA ESTRADA POVOAMENTO, UMFs DE ITAIÓPOLIS	82
GRÁFICO 6 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS PROVENIENTES DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO, UMFs DE ITAIÓPOLIS	82
GRÁFICO 7 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO, UMFs DE ITAIÓPOLIS	84
GRÁFICO 8 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SEM CONSERVAÇÃO, UMFs DE ITAIÓPOLIS	84
GRÁFICO 9 – PRECIPITAÇÃO QUINZENAL E MENSAL NAS UMFs LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE TRÊS BARRAS	85
GRÁFICO 10 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADO PROVENIENTE DOS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS, UMFs DE TRÊS BARRAS	86
GRÁFICO 11 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO, UMFs DE TRÊS BARRAS	88
GRÁFICO 12 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO, UMFs DE TRÊS BARRAS	89
GRÁFICO 13 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA DO POVOAMENTO, UMFs DE TRÊS BARRAS	89
GRÁFICO 14 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADA PROVENIENTE DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO, UMFs DE TRÊS BARRAS	90
GRÁFICO 15 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO, UMFs DE TRÊS BARRAS	92
GRÁFICO 16 – PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SEM CONSERVAÇÃO, UMFs DE TRÊS BARRAS	92
GRÁFICO 17 – DISTRIBUIÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS EM (%) NOS TRATAMENTOS LOCALIZADOS NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	97

GRÁFICO 18 – DISTRIBUIÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS EM (%) NOS TRECHOS DE ESTRADA LOCALIZADAS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	100
GRÁFICO 19 - COMPARATIVO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS ATRAVÉS DA RUSLE E AS PERDAS REAIS NOS TRATAMENTOS AMOSTRADOS NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	109
GRÁFICO 20 – COMPARATIVO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS ATRAVÉS DA RUSLE E AS PERDAS REAIS NOS TRATAMENTOS AMOSTRADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	111
GRÁFICO 21 – CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DA ESTRADA COM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	113
GRÁFICO 22 – CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DA ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	114
GRÁFICO 23 – CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO AVALIADO DA ESTRADA DO POVOAMENTO NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	114
GRÁFICO 24 – CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	115
GRÁFICO 25 – CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SEM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	116
GRÁFICO 26 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	117
GRÁFICO 27 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DE ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	118
GRÁFICO 28 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DE ESTRADA DO POVOAMENTO NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	118
GRÁFICO 29 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	119
GRÁFICO 30 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SEM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	120

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DETERMINAÇÃO DO FATOR P EM FUNÇÃO DO PLANTIO EM NÍVEL	51
TABELA 2 – LEGENDA DOS TRATAMENTOS AVALIADOS NAS DUAS UNIDADES DE MANEJO FLORESTAL	76
TABELA 3 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA OS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	80
TABELA 4 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTES AOS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	83
TABELA 5 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA OS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	87
TABELA 6 – ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTES AOS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS.....	91
TABELA 7 – TEORES MÉDIOS DE NUTRIENTES PERDIDOS POR TRATAMENTO, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO, NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	98
TABELA 8 – PERDA DE NUTRIENTES POR HECTARE, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO, NAS ÁREAS AVALIADAS EM UMFs DE ITAIÓPOLIS	99
TABELA 9 – TEORES MÉDIOS DE NUTRIENTES PERDIDOS POR TRATAMENTO, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO, NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	101
TABELA 10 – PERDA DE NUTRIENTES POR HECTARE. DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO, NOS TRECHOS AVALIADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS..	103
TABELA 11 – FATOR LS, POR TRATAMENTO NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS E TRÊS BARRAS.....	105
TABELA 12 – VALORES CALCULADOS DE RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE UTILIZADOS...	106
TABELA 13 – VALORES ESTIPULADOS PARA O SUB-FATOR EFEITO DE DEGRAUS	107
TABELA 14 – FATOR C OBTIDO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS	107
TABELA 15 – ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO ATRAVÉS DA RUSLE E AS PERDAS REAIS DE SOLO AMOSTRADAS NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS	108
TABELA 16 – ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO ATRAVÉS DA RUSLE E AS PERDAS REAIS DE SOLO AMOSTRADAS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS	110
TABELA 17 – RESULTADO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ENXURRADA NAS ÁREAS AMOSTRADAS E DOS CÓRREGOS NAS UMFs EM ITAIÓPOLIS	122
TABELA 18 – RESULTADO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ENXURRADA NAS ÁREAS AMOSTRADAS E DOS CÓRREGOS NAS UMFs EM TRÊS BARRAS	123

RESUMO

Esse trabalho avaliou as perdas de solo provenientes de estradas de uso florestal e seus efeitos na qualidade da água, as amostragens corresponderam a trechos de divisoras ou aceiros e estradas secundárias durante o período de um ano, com início logo após a colheita de madeira, em quatro UMFs (Ruthes e Leonel em Itaiópolis e Paredão e Divisa em Três Barras), que apresentaram condições de relevo e solo diferenciados, essas áreas pertencem a uma empresa florestal localizada no planalto norte catarinense. Os tratamentos compreenderam: estradas com medidas de conservação, estradas sem medidas de conservação e estradas dentro do povoamento (divisoras ou aceiros), em cada tratamento avaliaram-se também as respectivas áreas de contribuição (áreas adjacentes aos trechos de estrada avaliada). As medidas de conservação consistiam em barreiras de contenção de enxurrada associada a caixas de retenção de água eqüidistantes em aproximadamente 50 m e presença ou não de revestimento primário. Os sedimentos foram coletados quinzenalmente através das calhas Coshocton anexas a baldes, os quais foram pesados e submetidos à análise físico-química. As UMFs localizadas em Itaiópolis apresentaram perdas anuais de $10,71 \text{ t km}^{-1}$ nos trechos de estradas avaliados e $0,5 \text{ t ha}^{-1}$ nas suas respectivas áreas de contribuição, nas UMFs de Três Barras o volume de sedimentos perdidos por processo erosivo correspondeu a $3,98 \text{ t km}^{-1}$ nos trechos de estradas avaliados e $0,014 \text{ t ha}^{-1}$. A enxurrada proveniente dos tratamentos avaliados apresentaram alterações na qualidade da água, nos seguintes parâmetros: turbidez, cor e concentração de elementos como: ferro, fósforo e nitrato. No entanto, a qualidade da água dos córregos que atravessam as UMFs avaliadas, apresentaram conformidade com os parâmetros estabelecido pela Resolução 357 do CONAMA. As perdas de solo observadas no período foram comparadas com os valores de perdas de solo estimados através da Equação Universal de Perda do Solo Revisada (RUSLE), e os resultados obtidos apresentaram alta correlação e significância estatística na maioria dos tratamentos avaliados, considerando 95% de probabilidade. A erosividade da chuva foi determinante na ocorrência de processos erosivos. Já os fatores: comprimento e declividade da rampa e a erodibilidade do solo foram decisivos no que se refere ao volume de sedimentos em estradas observados durante o período. Este modelo apresentou possibilidade de utilização para predição de perdas de solo provenientes de estradas, no entanto é preciso que haja a determinação da erosividade da chuva e conhecimento dos demais fatores, que podem ser obtidos através dos levantamentos de solo. As práticas de conservação utilizadas em estrada reduziram o volume de sedimentos produzidos por processo erosivo em 22,3%, nas UMFs de Itaiópolis e 39,8% nas UMFs de Três Barras.

Palavras-chave: Rede Viária, Processos Erosivos, Medidas de Conservação, RUSLE.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the soil losses proceeding from forest roads and their effect on the quality of the water. Fire breaks and secondary roads were evaluated, during the period of one year, right after the harvest of wood, in four Forest Management Units - FMUs (Ruthes and Leonel in Itaiópolis and Paredão and Divisa in Três Barras), with differentiated relief and soil conditions at Forest Company, located on the northern plateau of the state of Santa Catarina. The treatments performed regarded: maintained roads, roads without maintenance and fire breaks, and, along with each treatment, their respective areas of contribution were also evaluated. The conservation measures from the part of the company, which consisted of water retention boxes located at 50-meter intervals, presence or absence of primary coating. The sediments had been collected biweekly through the Coshocton samplers and buckets, which had been weighed and submitted to the analysis physicist-chemistry. The FMUs located in Itaiópolis presented $10,71 \text{ t km}^{-1}$ annual losses originated from forest roads and $0,5 \text{ t ha}^{-1}$ in its respective areas of contribution, in the UMFs located in Três Barras the lost sediments for erosive process corresponded the $3,98 \text{ t km}^{-1}$ originated from forest roads and $0,014 \text{ t ha}^{-1}$ in its respective areas of contribution. The results obtained suggest that the soil losses originating from roads verified in the FMUs that were evaluated and the sediments that were carried by the roads cause changes in the quality of water, presenting alterations in the turbidity; color; and iron, phosphorus and nitrate concentration; however, the brooks that cross the studied FMUs presented conditions that were in agreement with the parameters established by the Resolution 357 of the CONAMA, that sets criteria for the definition of the quality of water. The soil losses observed in the period were compared with the values of soil losses estimated through the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), and the results obtained presented a correlation in the majority of the treatments that were evaluated, taking into consideration the probability of 95% and the rain erosion (R factor) was a determining factor in the occurrence of erosive processes. On the other hand, the L and S factors, that describe the length and slope inclination, and the K factor, that represents the erosivity of the soil, were decisive regarding the volume of sediments in roads observed during the period. This statistical model presented a possibility of use in the planning of the forest management unities, however, a control of rain erosivity is necessary, as well as the knowledge about the other factors, which can be obtained through the soil survey done by the company. It was verified that the conservation measures adopted by the company reduce from 22,3 % to 39,8 % the volume of sediments originating from roads respectively in Três Barras and Itaiópolis FMUs .

Keywords: network of roads, erosion process; soil conservation, RUSLE .

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal, que tem como matéria-prima madeira proveniente de reflorestamento, utiliza predominantemente transporte rodoviário, o qual é responsável pela ligação entre as áreas produtivas e a indústria. Desta forma, o planejamento adequado e a construção de estradas são elementos importantes na implantação de um empreendimento florestal, pois são utilizadas desde a abertura da área, para o preparo do solo, servindo também de acesso ao povoamento, para as operações de manejo e proteção florestal e assumindo papel de destaque durante a colheita e transporte de madeira. De acordo com Machado; Lopes e Birro (2000) e Malinovski *et al.* (2004), estas atividades chegam a representar até 60% do custo de madeira posto fábrica.

O sistema rodoviário é de fundamental importância no desenvolvimento sócio-econômico e ambiental de uma região. A Confederação Nacional do Transporte (CNT) - Centro de Estudos em Logística (COPPEAD, 2005), alega que trata-se do principal meio de transporte de carga utilizado no Brasil, sendo responsável por aproximadamente 60% do escoamento da produção nacional. Segundo os dados do GEIPOT (2001), o sistema rodoviário nacional é composto por 1.724.929 km de estradas públicas, constituídos na grande maioria por rodovias não pavimentadas, federais, estaduais e municipais, representando 90,4% do total, ou 1.559.941 km, restando apenas 9,6% ou 164.988 km de estradas públicas pavimentadas. Em complemento a esse sistema rodoviário, estão as estradas rurais e o objeto deste estudo, representado pelas estradas particulares inseridas no segmento florestal, que representam um acréscimo de 125.000 km a 166.666 km de rodovias, considerando os 5 milhões de hectares de efetivo plantio (Sociedade Brasileira de Silvicultura - SBS, 2001) e densidade média de estrada entre 30 e 40 m ha⁻¹, de acordo com a proposição de densidade ideal de estrada sugerida pelo Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF) (2002). Estas estradas apresentam diferentes padrões de construção e manutenção e na sua maioria estão ligadas aos centros consumidores através de estradas públicas não pavimentadas. Assim sendo, a contribuição das vias públicas no sistema viário de uso florestal representam aproximadamente 2,0 m ha¹.

O principal problema ambiental relacionado às estradas de uso florestal é o

desencadeamento de processos erosivos, considerando que durante os períodos de chuva, as estradas funcionam como canais, transportando água e sedimentos, assoreando e poluindo mananciais. Esta degradação ambiental ocorre em todas as fases: construção, manutenção e principalmente durante a utilização, sobretudo em estradas sem pavimentação e com qualidade técnica inferior, que compreende as estradas secundárias, terciárias, divisoras, contornos, ramais e aceiros (CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005a). As estradas de uso florestal apresentam como características a periodicidade quanto ao uso e tráfego pesado durante as atividades de colheita e transporte de madeira (LOPES; MACHADO e SOUZA, 2002), que potencializam os impactos ambientais devido a deformações do leito carroçável e sistema de drenagem.

O conhecimento e a quantificação dos fatores que podem influenciar a erosão hídrica são de fundamental importância no planejamento de estradas. Neste contexto, a Equação Universal de Perda de Solo Revisada, também conhecida como *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), é modelo estatístico de predição de perdas de solo, amplamente utilizada em áreas agrícolas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990; BORTOLOZZO; SANS, 2001), podendo estar associada a outros modelos WEPP (MACHADO *et al.*, 2003) ou a diferentes sistemas de informação como GRASS (ANTONANGELO, 2004), representando um instrumento capaz de estimar as perdas anuais de solo provenientes de estradas.

Apesar dos efeitos danosos ao ambiente, a rede viária é de fundamental importância para o crescimento sócio-econômico de uma região, devendo atender ao desenvolvimento do setor produtivo, permitindo o tráfego de mão de obra, máquinas e equipamentos, inclusive em condições adversas, desde a implantação até as atividades de colheita e transporte. Estas atividades deverão apresentar conformidade com as resoluções ambiental propostas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e especificamente no que se refere à qualidade da água, estar em consonância com a Resolução 357 do CONAMA (BRASIL, 2005 a). No que se refere a processo de certificação florestal, deverá também atender aos critérios propostos por diferentes órgãos certificadores como: FSC/BRASIL - Conselho Brasileiro de Manejo Florestal - *Forest Stewardship Council* (2004), CERFLOR - Programa Nacional de

Certificação Florestal (CERFLOR, 2005), e aos sistemas de gestão ambiental conforme as normas NBR ISO 14.000 (SEBRAE, 2004), aos quais as empresas que atuam na área florestal estão se adequando.

Estes mecanismos funcionam como instrumentos de regulação ambiental, norteando as atividades do setor, o qual vem buscando alternativas de adequação junto aos órgãos de pesquisas e universidades para o equilíbrio entre os aspectos sociais, técnicos, econômicos e ambientais, garantindo a credibilidade e a qualidade de origem do produto.

1.1 HIPÓTESES

- a) as medidas de conservação utilizadas em estradas de uso florestal apresentam eficiência no controle da erosão, atendendo aos critérios propostos pelas entidades certificadoras;
- b) os valores de perda real de solo que ocorreram nos trechos de estrada avaliados apresentam similaridade com os valores estimados através da RUSLE, modelo estatístico amplamente utilizado para quantificar as perdas de solo proveniente de erosão;
- c) as estradas de uso florestal provocam perdas de solo e esta condição altera a qualidade da água.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal, deste trabalho foi investigar as perdas de solo em trechos de aceiros ou divisoras e estradas secundárias de uso florestal, com diferentes medidas de conservação, logo após a colheita de madeira, em duas regiões com características de solo, relevo e estradas diferenciadas e seus efeitos na qualidade da água.

Os objetivos específicos contemplaram:

- a) quantificar e qualificar os sedimentos provenientes de estradas de uso florestal e suas áreas de contribuição;
- b) comparar os valores obtidos de perda de solo com os valores estimados através da RUSLE;
- c) avaliar quantitativamente e qualitativamente algumas propriedades físicas e químicas da enxurrada proveniente dos tratamentos e a água dos córregos que atravessam as áreas em estudo e comparar com os critérios estabelecidos pela Resolução n. 357 do CONAMA (BRASIL, 2005a).

2 REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

2.1 REDE VIÁRIA FLORESTAL

A rede viária florestal apresenta algumas características próprias de uso como: baixo volume de tráfego em uma rotação, porém intenso temporariamente, com tráfego pesado (veículos com capacidade de carga entre 30 e 40 toneladas) e extra-pesado (veículos acima de 40 toneladas), ocorrendo normalmente em um único sentido (LOPES; MACHADO; SOUZA, 2002), e sua principal finalidade é permitir o acesso às regiões florestais, viabilizando a locomoção de mão de obra e meios de produção, que serão necessários tanto para implantação e proteção da floresta como para o transporte de madeira (MACHADO; LOPES; BIRRO, 2000).

Nunes (2003) afirma que os principais problemas encontrados em estradas florestais estão associados ao tráfego, onde pode se observar as seguintes condições: falta de capacidade de suporte do sub-leito, deficiência da superfície de rolagem ou no sistema de drenagem, provocando ondulações (*costela de vaca*) e deformações (*facão*), atoleiros, acúmulo de sedimentos (*areões*), excesso de poeira, pistas molhadas ou secas derrapantes, segregação lateral e erosões. Para evitar esses problemas, Martins e Bahia (1998) propõem que as estradas florestais apresentem boa capacidade de suporte, rolamento e aderência, sugerindo ainda que a capacidade de suporte é função de características relacionadas com maior ou menor resistência do leito da estrada à deformação e, quanto ao rolamento, uma boa pista não deve apresentar buracos ou materiais soltos que interfiram na comodidade e segurança do tráfego.

O comportamento do tráfego em estrada florestal pode comprometer a qualidade das estradas. Hillel (1998) adverte que o tráfego de máquinas pesadas como *skidders*, caminhões, etc., em solos com maiores teores de água, provocam a formação de trilhos, devido à falta de resistência do solo ao tráfego, condição essa que favorece o aparecimento de processos erosivos, e que as maiores perdas de solo por erosão são

observadas na fase de construção e durante o tráfego intenso de veículos pesados. Christopher Jr. (2002) observa que as maiores perdas de solo foram encontradas logo após a construção de estradas devido à instabilidade e aos distúrbios causados pela passagem de caminhões pesados e equipamentos. Grace III (2002) acrescenta que o mau planejamento de estradas pode aumentar consideravelmente os níveis de erosão e sedimentação dos rios. O mesmo autor sugere que florestas inalteradas apresentam erosão mínima, menor que $0,3 \text{ ton ha}^{-1}$, devido à rugosidade da superfície do solo, e à existência de cobertura vegetal que ajuda a proteger o solo dos processos erosivos.

Conforme Bertolini *et al.* (1993), as águas pluviais constituem a principal causa de erosão nas estradas. Assim, reveste-se de grande importância a captação e o direcionamento dessas águas, de forma a eliminar seu efeito destruidor, acumulando-as em locais determinados, forçando sua penetração na terra e favorecendo o abastecimento do lençol freático e conseqüentemente alimentando as fontes de nascentes naturais. Para Egan (1999), o manejo da água representa o maior desafio no planejamento e construção de estradas florestais. Camargo Corrêa, Roloff e Malinovski (2005 a), acrescentam ainda que o planejamento de rede viária deve contemplar projetos ou medidas para controle da erosão, maior fonte de problemas ambientais em estradas.

A rede viária é um empreendimento que deve atender de forma abrangente aos aspectos sociais, apresentando exequibilidade técnica, definida através do melhor traçado com o menor custo de implantação e manutenção e redução dos efeitos danosos ao ambiente (CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005 a). Malinovski *et al.* (2004), sugerem que as estradas representam, depois da floresta, o segundo maior investimento em um empreendimento florestal e apresenta um longo período de depreciação, composto por diferentes custos conforme o padrão escolhido. Em um projeto de estrada, os custos são distribuídos na seguinte proporção: 5% de custo de planejamento, 20% de custos com projeto de drenagem, 30% dos custos com terraplenagem e 40% dos custos com projeto de pavimentação (INPACEL, 2001).

2.1.1 Tipos de Rede Viária

Na área florestal, a rede viária é composta por diferentes tipos de estrada, em função das características de tráfego associado aos parâmetros técnicos que possui. Malinovski e Perdoncini (1990) afirmam que a rede viária florestal representa um conjunto de estradas florestais interligadas entre si, possibilitando o escoamento da produção, podendo ser classificadas em:

2.1.1.1 Estradas primárias

Para Lopes, Machado e Souza (2002), essas estradas são responsáveis pela ligação entre o centro consumidor e a área de produção, apresentando melhor padrão de qualidade que as outras, possibilitando o tráfego de veículos leves, pesados e extra-pesados, durante o ano todo. Malinovski *et al.* (2004) sugerem ainda que essas estradas apresentem revestimento do leito carroçável e que o sistema de drenagem, passagens de água, alinhamentos horizontais e verticais devem ser compatíveis com o tipo de transporte utilizado. Vieira (2004) propõe que neste tipo de estradas a largura não deverá ser inferior a 7 metros, e que a inclinação transversal deverá permitir o encaminhamento da água para as laterais onde haverá valetas ou sangrias não permitindo o escoamento pelo leito da estrada.

2.1.1.2 Estradas secundárias

Segundo Lopes, Machado e Souza (2002), estas estradas apresentam qualidade intermediária, são implantadas em áreas de produção específica e devem apresentar condições de tráfego permitindo a ligação com a primária. Malinovski *et al.* (2004) recomendam que este tipo de estrada faça a interligação com as estradas principais, e por ocasião da colheita apresente revestimento do leito carroçável, apresentando padrões técnicos de planejamento semelhantes ao da principal. Vieira (2004) define este tipo de estradas como caminhos de serviços que direcionam o tráfego das operações florestais dos talhões para as estradas principais ou para os grandes ramais e

apresentam largura variável da pista de rolamento (4,0 a 7,0 m). Dependendo das condições de estocagem de madeira baldeada, recomenda-se, durante a extração em períodos chuvosos, o cascalhamento para facilitar o tráfego e deverão ser construídas lombadas em substituição aos bueiros nas estradas sem revestimento, direcionando a água para o talhão.

2.1.1.3 Divisoras

São faixas sem vegetação arbórea que foram deixadas entre talhões com o intuito de dividir as unidades de manejo. Por ocasião da colheita, algumas podem ser utilizadas para o escoamento do produto, dependendo do planejamento da colheita e para tal devem receber as implementações necessárias, chegando ao nível de estradas secundárias ou principais (MALINOVSKI *et al.*, 2004).

2.1.1.4 Contorno

São faixas sem vegetação arbórea que foram deixadas no final dos talhões, que terminam em áreas de preservação permanente ou final do projeto. Por ocasião da colheita algumas podem ser usados para o escoamento de produtos, dependendo do planejamento da colheita e para tal devem receber as implementações necessárias, chegando ao nível de estradas secundárias ou principais (MALINOVSKI *et al.*, 2004).

2.1.1.5 Estradas Terciárias

Essas estradas têm como função ligar as unidades de manejo significativas com as estradas principais e secundárias com objetivo de reduzir a distância média de extração. São mais estreitas, exigem circulação de volta no mesmo trilho, devem possuir drenagem, alinhamento horizontal e vertical adequados, e eventualmente use-se cascalho em alguns pontos considerandos necessários, o tráfego é intenso e pontual, na ocasião da colheita (MALINOVSKI *et al.*, 2004).

2.1.1.6 Aceiros

Normalmente, são faixas limpas de vegetação arbórea que são deixadas no final dos talhões com o intuito de proteção contra incêndios, sendo que estes talhões estão nas divisas de propriedade. Por ocasião da colheita algumas podem ser usados para o escoamento do produto, dependendo do planejamento da colheita e para tal devem receber as implementações necessárias, chegando ao nível de estradas secundárias ou terciárias (MALINOVSKI *et al.*, 2004).

2.1.1.7 Trilhas, Ramais ou Caminhos de Máquinas

Para Malinovski *et al.* (2004), estas estradas representam situações onde só ocorre o trânsito de máquinas florestais, sendo geralmente abertas dentro da floresta por trator de esteira ou trator florestal (*skidder*), e devem ser planejadas com base no inventário da área, e feito rebaixamento de tocos caso haja necessidade.

2.1.2 Aspectos Envolvidos no Planejamento de Rede Viária

2.1.2.1 Aspectos sociais

Na atividade florestal, a rede viária representa investimentos permanentes de múltipla finalidade, que proporcionam efeito positivo nos aspectos sociais permitindo aos usuários boas condições de transporte da produção, propiciando o acesso aos serviços sociais tais como: ligação entre os povoados, ao comércio, saúde, educação, cultura, lazer e paisagismo (MORAES, 2004). Camargo Corrêa, Roloff e Malinovski (2005 a) afirmam ainda que as estradas são responsáveis pelo desenvolvimento econômico de uma região, facilitando a ligação de pólos potencialmente ricos, e a consolidação da economia regional, facilitando o escoamento da safra, geração de emprego e renda. Bertolini *et al.* (1993) acrescentam que estradas rurais são vias de acesso essenciais para as comunidades, pois é através delas que se dá o escoamento da

produção agrícola, o transporte das matérias-primas, em suma, o transporte das riquezas nacionais. Para Maderna (2002), as estradas proporcionam o desenvolvimento cultural (melhores oportunidades de estudo, saúde, recreação e turismo para a população), e como conseqüência, a fixação das famílias em área rural. No entanto apresentam alguns aspectos negativos, tais como aumento de acidentes de tráfego e poluição sonora, especulação imobiliária e, em condição de tráfego intenso, gera poeira e problemas respiratórios à população.

2.1.2.2 Aspectos econômicos

Para Maderna (2002), a rede viária está diretamente relacionada com os aspectos de produção e suprimento, tornando-se indispensável para as atividades de silvicultura (implantação da floresta, tratamentos culturais e silviculturais) e posteriormente nas atividades de colheita florestal e transporte florestal. Guimarães (2004) sugere que o planejamento e manutenção da rede viária estão contidos nos processos estratégicos da logística de produção florestal e interferem diretamente no desempenho geral da empresa florestal. Sene (2004) menciona a influência da rede viária na logística operacional da empresa, ressaltando que a qualidade da rede viária está diretamente relacionada com o tempo despendido em percurso de transporte e manutenção mecânica, durabilidade dos componentes do veículo, ocorrência de acidentes, níveis de impacto ao meio ambiente. Machado, Pereira e Sant'anna (2003) ressaltam a importância econômica da rede viária associada ao transporte, na composição de preços dos produtos florestais. Estes autores tomaram por base os custos de transporte principal (do pátio intermediário até o pátio de estocagem na fábrica), e afirmam que a participação no custo final é considerável: para celulose a média é de 10%, podendo variar de 6% a 21% em função da distância entre a fábrica e o povoamento florestal. Já para produtos de serraria, a participação gira em torno de 12% em caso de floresta nativa. Afirmam ainda que o transporte representa entre 40% e 50% do custo da madeira posta fábrica é de 38% a 66% do custo final de aquisição posto fábrica.

Quando comparado a outros países, constata-se que os custos de transporte no Brasil representam 44,5% do custo total de exploração, enquanto que na Finlândia é de

aproximadamente 38,5%. No Canadá, a colheita e o transporte da madeira respondem por 55% dos custos totais do manejo florestal; os custos da matéria-prima madeira constituem de 30% a 40% do custo da madeira posta fábrica. Na Suécia o custo do transporte principal responde, por 10% a 15% do custo da madeira posto fábrica (MACHADO; PEREIRA; SANT'ANNA, 2003).

2.1.2.3 Aspectos ambientais

No que se refere às questões ambientais, Camargo Corrêa, Roloff e Malinovski (2005 b) sugerem que o planejamento de rede viária envolve estudos, levantamentos, projetos, construção e operações, visando identificar pontos vulneráveis a problemas ambientais, propondo medidas que minimizem os impactos decorrentes do empreendimento. Maderna (2002) afirma que o planejamento de rede viária apresenta pontos positivos; facilitando as atividades de manejo florestal, de combate a incêndios e controle profiláticos, possibilidade de transporte de máquinas, equipamentos materiais e pessoas; assim como pontos negativos. Por outro lado, as estradas mal planejadas funcionam como carreadores de sedimentos, tornando-se as principais responsáveis pelo assoreamento de mananciais, deslizamentos e queda de barreiras, perda de área produtiva, interrupção de corredores naturais de dispersão e deslocamento de animais silvestres.

Maderna (2002) enfatiza que as empresas em vias de implantação de um projeto de construção de estradas estão sujeitas à apresentação de Estudos de Impacto Ambiental (EIA), devendo apresentar as seguintes avaliações: diagnóstico ambiental (meio físico, biótico e sócio-econômico), análise de impactos ambientais do projeto e suas alternativas, estudo de medidas mitigadoras, elaboração dos programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos. Esse estudo deverá estar associado ao Relatório de Impactos Ambientais (RIMA), apresentando informações e conclusões relativas aos: objetivos e justificativas do projeto, alternativas tecnológicas, diagnóstico ambientais, impactos ambientais, qualidade ambiental futura, com e sem projeto, medidas mitigadoras, programas de acompanhamento e monitoramento e

recomendações das alternativas mais favoráveis. Além disso, de acordo com a Lei n. 13.448 de 11/01/2002, que trata de Auditoria Ambiental, estão sujeitas à inspeção e devem apresentar relatório anual relativo aos aspectos ambientais. O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) refletirá as conclusões dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA).

A Companhia Pernambucana do Meio Ambiente (CPRH, 1998) elaborou um Manual de Licenciamento Ambiental, o qual sugere que este relatório apresente no mínimo: objetivos e justificativas do projeto, compatibilidade com as políticas setoriais, planos e propagandas governamentais, descrição do projeto e suas alternativas tecnológicas e locais, síntese dos resultados de diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, descrição dos prováveis impactos ambientais da implantação e operação das atividades, caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência, comparando as diferentes situações da adoção do projeto e suas alternativas, bem como sua não realização, descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos (indicando os responsáveis por sua execução), recomendações quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral).

No caso específico do setor florestal, o *Forest Engineering Southern Africa* (FESA, 2000) desenvolveu um código de prática de colheita *Harvesting Code of Practice*, que é recomendado para: planejamento de rede viária florestal e colheita de madeira, monitoramento das operações de colheita e transporte de madeira, e auditoria durante e após as fases de colheita e transporte. Os valores a serem protegidos, segundo recomendação deste Código de Prática de Colheita são: solo (qualidade de sítio, nutrientes, compactação, erosão), água (qualidade e quantidade, nascentes, riachos e rios com sua vegetação associada), saúde e higiene da floresta, locais históricos de valor arqueológico e paleontológico (valores culturais), aspectos estéticos e de recreação (vistas e panoramas), recursos humanos (trabalhos adequados e com segurança), aspectos comerciais, biodiversidade e aspectos legais.

Segundo alguns autores, os problemas ambientais em estradas florestais se agravam na ocasião da colheita da madeira (NEARY; HORNBECK, 1994;

MEGAHAN; KETCESON, 1996). Swift (1988) menciona que a construção de estradas, associada às operações de colheita de madeira, influencia fortemente a qualidade da água. Camargo (1999), avaliando alguns parâmetros físicos do solo após a colheita mecanizada, sustenta que esta atividade pode provocar alterações no regime hídrico do solo, tornando-o mais susceptível à erosão e conseqüentes perdas de sua fertilidade natural. O Departamento Florestal de Oregon, nos Estados Unidos (OREGON, 2000), menciona que a enxurrada proveniente de estradas de uso florestal pode apresentar efeito em escala nas bacias hidrográficas, como turbidez crônica durante período chuvoso devido ao tráfego e alterações na morfologia e composição do substrato devido à adição de poluentes e sedimentos. Esse departamento propõe programas para monitoramento de estradas de uso florestal através do uso de diferentes modelos utilizados em gestão ambiental.

2.1.2.4 Aspectos técnicos

Para Gonzaga (2000), o processo de construção da rede viária começa pelo planejamento, seguido do ante-projeto, elaboração do projeto, implantação e posteriormente os procedimentos de manutenção e conservação. Malinovski *et al.* (2004) sugerem que durante o planejamento é necessário o levantamento geral da área, que consiste numa avaliação preliminar dos aspectos relacionados à hidrologia, geologia e geotecnia, topografia, solos, clima, localização, tamanho da área, trafegabilidade, recursos financeiros e a rede viária pré-existente. Estas informações servirão de base para elaboração do anteprojeto ou projeto geométrico. Ponte Filho (1998) propõe que o planejamento contemple as seguintes fases: reconhecimento da área para a definição de traçado, diretrizes gerais e parciais com os custos preliminares (levantamento e análise dos dados da região, através de mapas, cartas, fotos aéreas, topografia, dados sócio-econômicos, tráfego, estudos geológicos e hidrológicos, interesse da empresa, rede viária existente etc). A fase exploratória de campo compreende levantamentos topográficos, associados a estudos de tráfego, hidrologia, geologia e geotécnia, (base para a elaboração dos anteprojetos de terraplanagem, drenagem, pavimentação e geométrico), neste momento, são escolhidos os pontos de

interseção das tangentes e determinação de coordenadas e cálculo do comprimento das tangentes, escolha e dimensionamento dos raios de curvas horizontais e verticais, estaqueamento do traçado (de 20 em 20 metros), levantamento do perfil do terreno em relação ao traçado escolhido, escolha dos pontos de interseção das rampas e determinação das cotas e estacas das mesmas, cálculo de declividade e comprimento de rampas. E a fase final corresponde ao projeto onde é feito o detalhamento do anteprojeto (cálculo de todos os elementos necessários para a definição dos projetos em planta, perfil longitudinal e seções transversais), bem como o conjunto de projetos (memórias de cálculo, justificativas, soluções e processos adotados, quantificação de mão-de-obra, especificação de materiais, método de execução e orçamento).

2.1.3 Planejamento da Rede Viária

Silva Jr. e Mattos (2003) afirmam que o planejamento básico de estradas deve ser embasado em extenso e amplo trabalho de investigação, sendo necessária uma caracterização abrangente da área de interesse, com relação à geologia, geomorfologia, solos, pluviosidade, uso e ocupação da terra. Para Medeiros (1997), o planejamento de estrada deve apresentar: projeto geométrico (projeto em planta mais projeto em perfil em escala de 1:1000, com justificativas, seções transversais e seus fatores constituintes), projeto de terraplenagem (estudo geológico, geotécnico, com cálculos e resumo de movimentação de terra), projeto de drenagem, projeto de pavimentação. Carvalho; Sella (1989) sugerem que o plano viário seja composto basicamente por duas atividades: anteprojeto, que compreende um pré-estudo envolvendo a malha viária existente e a projeção da nova condição, levando-se em conta os aspectos econômicos, ambientais e geotécnicos, e projeto final, que compreende a fase intermediária entre o anteprojeto e a construção propriamente dita. Segundo Camargo Corrêa, Roloff e Malinovski (2005a), a rede viária em área florestal é projetada de forma a atender, num primeiro momento, as necessidades primárias de implantação da empresa, apresentando como características densidade menor e traçado definitivo, esta fase pode ser definida como macro-planejamento. No entanto, esta rede deverá

permitir a inclusão da rede viária complementar no momento da colheita e transporte, esta fase pode ser definida como micro-planejamento.

2.1.3.1 Macro-planejamento

Nesta fase, Malinovski *et al.* (2004) sugerem que sejam efetuados estudo e levantamento de dados de solos, geológicos, geotécnicos, econômico, topográfico etc., que servirão de base na definição dos parâmetros técnicos da rede viária (definição de traçado e densidade de estradas) com base nos projetos: geométrico em planta ou alinhamento horizontal (definição de raios de curvatura), geométrico em perfil ou alinhamento vertical (definição da inclinação), perfil longitudinal ou declividade longitudinal, seções transversais ou perfil transversal (definição da pista de rolamento), drenagem (sarjetas, valetas, saídas laterais, sangradouros e bueiros, caixa de inspeções, etc.), terraplenagem (taludes de corte e aterro), pavimentação ou estabilização do leito carroçável, controle de erosão onde são levantados os pontos vulneráveis a processos erosivos tendo como base os levantamentos geológicos, de solos e projeto de drenagem, e apresentando medidas mitigadoras.

O *Model Code of Forest Harvesting* da *Food and Agriculture Organization - FAO* (DYKSTRA; HEINRICH, 1995), propõe que o planejamento de rede viária contemple as seguintes diretrizes: promover o acesso ao povoamento a um baixo custo, proteção à floresta com o benefício às comunidades locais, minimizar a erosão do solo reduzindo a sedimentação dos cursos d'água, otimizar as estradas e pátios de estocagem, utilizar a drenagem natural como base para o modelo da rede, evitar áreas de significado cultural para o traçado da estrada, promover a segurança para os trabalhadores e população que possa utilizar a estrada ou ser afetados pelo seu tráfego.

As principais características que podemos observar no macro-planejamento são: baixa densidade de estradas e definição do traçado definitivo, que deverão permitir a construção da rede viária complementar na ocasião da colheita e transporte, também definida como micro-planejamento (CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005 b).

2.1.3.2 Micro-planejamento

Esta fase do planejamento consiste no dimensionamento da rede viária básica para atender as necessidades da colheita e transporte de madeira, através de informações obtidas de levantamento preferencialmente georreferenciado e caracterização física da rede viária existente, identificando as áreas onde serão feitas proposições dos traçados complementares, em função do aumento do volume de tráfego de veículo pesado (MALINOVSKI *et al.* 2004). Nesta ocasião a densidade de estradas aumenta consideravelmente, para facilitar o escoamento de matéria prima, agravando a degradação ambiental, devido ao transporte pesado e excessivo associado à maior área de estradas por hectare. Na tentativa de reduzir estes impactos deverão ser identificados os pontos críticos e apresentadas medidas mitigadoras (CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005 b).

2.1.3.3 Etapas do planejamento de rede viária

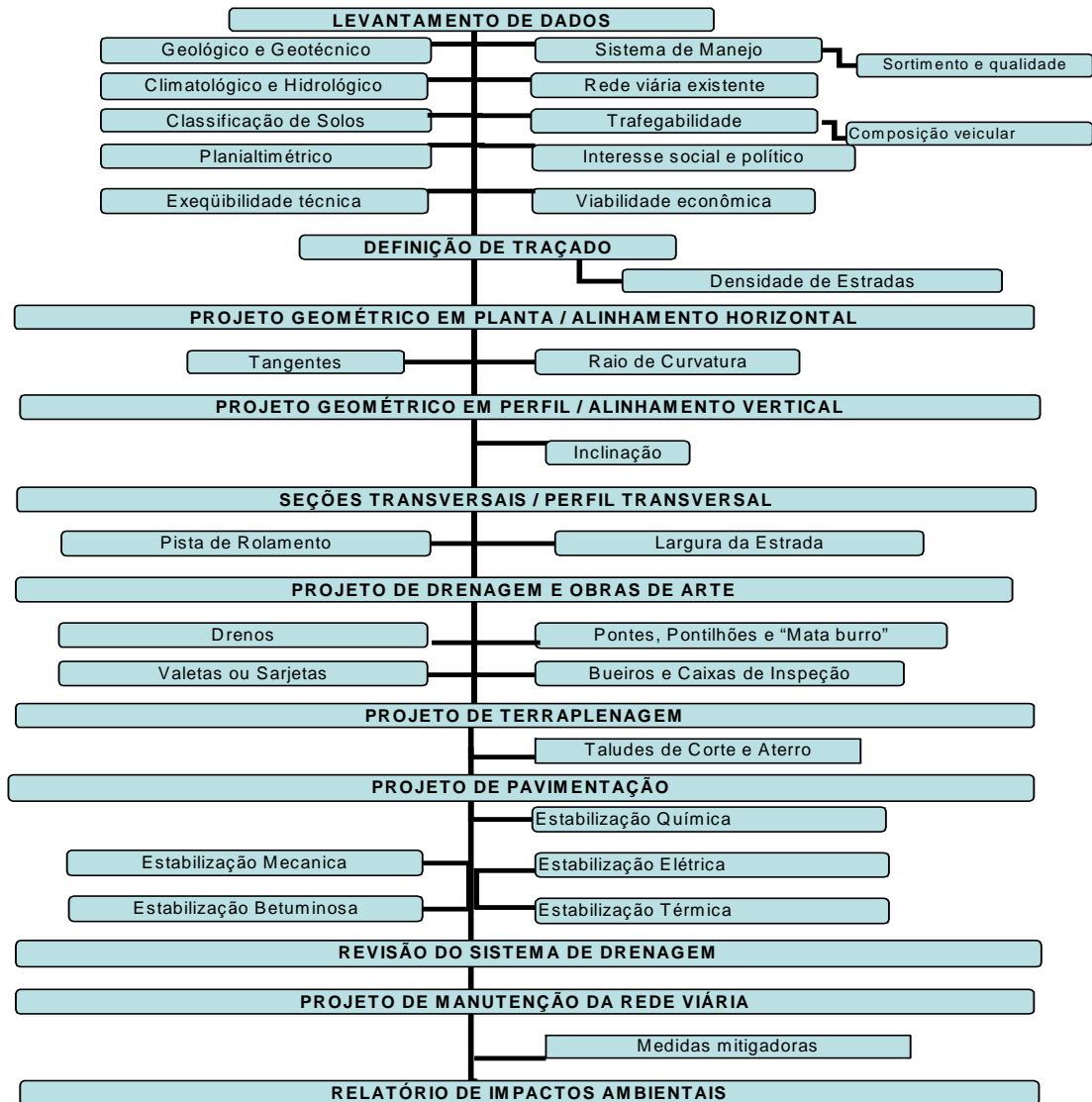
O planejamento de estradas florestais deverá ser desenvolvido após o levantamento detalhado de informações sobre as condições de terreno com base nas características geológicas, geotécnicas, hidrológicas, pedológicas, topográficas (MALINOVSKI *et al.*, 2004), condições de tráfego, no que se refere a composições utilizadas, velocidade média e frequência de tráfego (LOPES; MACHADO; SOUZA, 2002). Carvalho (1999) afirma ainda que se deve levar em consideração o tipo de manejo (volume de madeira, rotação, forma de plantio, etc), padrão das estradas transitáveis (perfil longitudinal e transversal, faixas laterais, drenagem, bueiros, caixas de inspeção, delineamento das estradas existentes, densidade de estradas, proteção contra deslizamentos, planejamento da construção de estradas e abertura de novas estradas). Gonzaga (2000) propõe ainda que na fase de planejamento sejam detalhadas informações sobre manutenção e conservação da rede viária existente quanto à forma e período de manutenção. Malinovski *et al.* (2004) acrescentam que a última fase do planejamento de rede viária seja apresentada na forma de projeto final, representada através do conjunto de todos os desenhos, complementados por memórias de cálculo,

justificativas, processos adotados, quantificação de serviços, especificações de materiais, métodos de execução e orçamento. Deve envolver também os seguintes elementos propostos na forma de estudos e projetos ou anteprojetos: estudo de tráfego, estudo geológico, estudo topográfico, projeto geométrico, estudo geotécnico, estudo hidrológico, projeto de terraplenagem, projeto de drenagem, projeto de pavimentação, projetos de obras de arte, projetos de interseções, retornos e pátios.

Alguns parâmetros técnicos em estradas merecem atenção especial durante o planejamento, pois estão diretamente relacionados ao surgimento de processos erosivos em estradas, como: definição do traçado (KANTOLA; HARSTELA, 1994; MEDEIROS, 1997; SILVA Jr.; MATTOS, 2003; CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005a); densidade de estradas (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990; ZAKIA, 2001; IPEF, 2005; CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005a); qualidade da pista de rolamento (GONZAGA, 2000; NUNES, 2003); sistema de drenagem (EGAN, 1999; SETR/DER, 2000; CHRISTOPHER, 2002; NUNES, 2003; MALINOVSKI *et al.*, 2004; MORAES, 2004; DNIT, 2005); terraplenagem (MEDEIROS, 1997; SETR/DER, 2000).

A Figura 1 expressa as fases que devem ser contempladas no planejamento da rede viária.

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NO PLANEJAMENTO DE REDE VIÁRIA



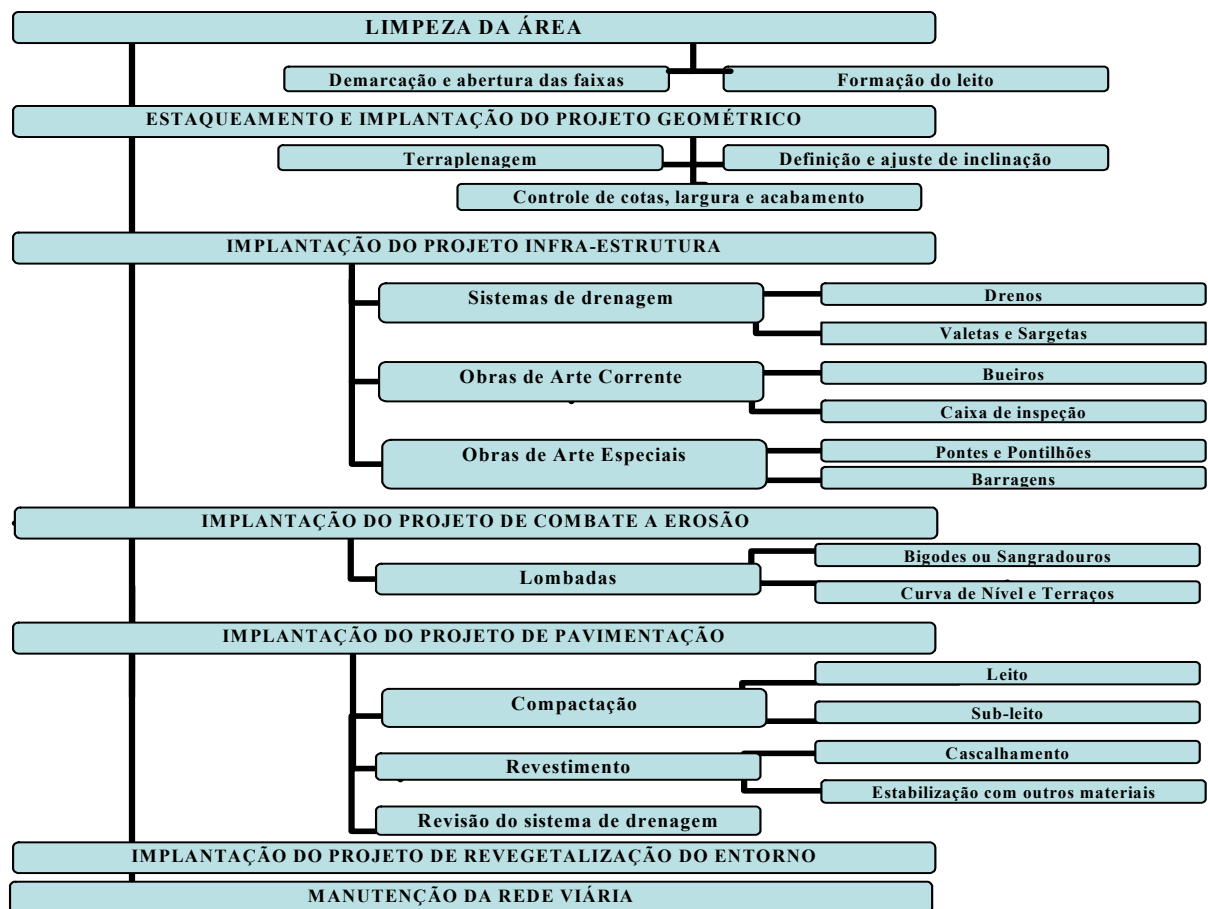
FONTE: CAMARGO CORRÊA, ROLOFF e MALINOVSKI (2005 a)

2.1.4 Construção da Rede Viária

Algumas empresas florestais utilizam as estradas existentes na propriedade, fazendo melhorias e construindo apenas as vias complementares, algumas abrem estradas a medida em que se tornam necessárias e outras elaboram o planejamento e seguem à risca sua idealização (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990), sendo esta a forma mais sensata para empresas que estão em busca de manejo sustentado de suas florestas (CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005 b).

No que se refere à construção de rede viária, Sene (2004) recomenda que as estradas devem ser construídas preferencialmente em nível, tendo a micro-bacia hidrográfica como referência e obedecendo aos aspectos legais no que se refere aos mananciais, represas artificiais e mata nativa, sugerindo que a densidade seja a menor possível, devendo manter uma distância de extração economicamente viável e a largura suficiente para atender a passagem ou cruzamento de duas composições de transporte e as áreas novas deverão ser implantadas em conformidade com os procedimentos operacionais estabelecidos e as áreas já existentes, readequando-as na ocasião de reforma da floresta ou atendimento aos aspectos ambientais e legais. A Figura 2 apresenta algumas etapas ou diretrizes gerais para a implantação de estradas.

FIGURA 2 - FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES ENVOLVIDAS NA CONSTRUÇÃO DE REDE VIÁRIA



FONTE: CAMARGO CORRÊA; ROLOFF e MALINOVSKI (2005 a)

2.1.5 Manutenção da Rede Viária

A manutenção de estradas florestais está diretamente relacionada com a qualidade de construção e o fluxo de uso. Em geral se recomenda manutenção periódica somente nas estradas principais e de acesso e manutenção preventiva na rede viária secundária, considerando-se a sazonalidade das atividades de intervenção na floresta (plantio, tratos culturais e silviculturais e colheita) períodos onde ocorre maior intensidade de tráfego de veículos (MALINOVSKI *et al.*, 2004).

Sene (2004) faz algumas recomendações para manutenção de estradas de uso florestal: limpeza anual das valas de retenção e imediatamente após período chuvoso, limpeza anual do leito da estrada antes do período seco (usando motoniveladora nas divisas e pontos que ofereçam alto risco de incêndio florestal e roçadeiras mecânicas acopladas em tratores agrícolas nos demais pontos), reparos anuais durante o período seco (nos leitos das estradas que serão utilizadas pela colheita e transporte florestal, conforme o planejamento florestal), e reparos emergenciais (executados a qualquer período nos pontos onde haja comprometimento do trânsito dos veículos de transporte). Dykstra e Heinrich (1995) consideram importante evitar áreas com solos úmidos e riscos de erosão, pois estradas construídas nestas condições aumentam os custos de construção e posteriormente os de manutenção.

Quanto à definição de manutenção de rede viária, Nunes (2003) define como um conjunto de atividades que deverão ser executadas para minimizar os defeitos e conseqüentemente redução dos custos operacionais dos veículos, prolongar a vida útil das estradas e proporcionar aos usuários um meio seguro, confortável e econômico às áreas rurais. No entanto, Wadt (2005) afirma que na maioria das regiões brasileiras, a idéia de “passar a máquina” predomina como alternativa, para os produtores rurais e prefeituras, para minimizar o problema dos atoleiros, valetas e barrancos instáveis, criados pela força das enxurradas. Nos ramais não pavimentados, trata-se de uma solução temporária que, feita de forma repetitiva, acaba por afundar o leito da estrada, transformando-o em calha para as águas da chuva e tornando os igarapés cada vez mais rasos por assoreamento. Nunes (2003) qualifica os serviços de manutenção da seguinte forma: serviços de rotina (operações realizadas de forma contínua e

sistemática e cuja importância relativa depende da região onde ela se encontra), serviços especiais (com o objetivo de melhorar as condições originalmente apresentadas pelas estradas através da execução, sem interrupção do tráfego de obras de pequeno vulto, complementares a construção inicial), serviços emergenciais (serviço destinado a dar novamente condições de utilização a trechos que tiveram seu tráfego interrompido em condições de algum fato extra).

O modal de transporte mais utilizado no Brasil, apesar de provocar danos ao ambiente, ainda é a forma mais eficiente de proporcionar desenvolvimento sócio-econômico em uma região. No entanto há necessidade de planejamento eficiente das estradas, buscando traçados que atendam não só as questões técnicas e econômicas, mas que prime também pela função social e ambiental visando o equilíbrio destes aspectos (CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005 b).

2.2 PERDA DE SOLO POR PROCESSO EROSIVO

A erosão do solo é definida pelo IBAMA (BRASIL, 2003) como um processo pelo qual a camada superficial do solo ou parte do solo é retirada, pela ação das águas ou ventos, sendo transportada e depositada em outros lugares. Consort; Zaluski e Antonioli (2004) sugerem que se trata de um processo pelo qual o solo e minerais são destacados e transportados pela água, vento, gravidade e atividades antrópicas e afirma, ainda, que a energia cinética ou gravidade e química (intemperização) representam a causa primária de erosão em todas as formas. Sá *et al.* (2004) acrescentam que a erosão é a principal causa da degradação de solos em todo o mundo e os sedimentos erodidos contêm matéria orgânica, fertilizantes, corretivo, sementes e até pesticidas aplicados pelos produtores. Esses materiais são depositados no leito dos rios, diminuindo a vazão devido ao assoreamento e aumentando o risco de enchentes. Todo esse processo contribui para poluição e contaminação da água, diminuindo a população de peixes, podendo também afetar a saúde da população urbana que depende desta água.

Camargo Corrêa; Roloff e Malinovski (2005 c) sugerem que a erosão do solo

aparece como um problema central no diagnóstico ambiental em estradas de uso florestal, tendo como consequência os problemas ligados ao assoreamento e poluição de mananciais. Entre as suas principais causas estão a ineficiência do sistema de drenagem, associados aos baixos índices de infiltração de água e a baixa permeabilidade do solo e, conseqüentemente, aumento do escoamento superficial, propiciando o desenvolvimento de processos erosivos.

Malinovski *et al.* (2004) acrescentam ainda que o transporte de sedimentos e conseqüente assoreamento de mananciais em áreas florestais estão diretamente relacionados com: locação de estradas e caminhos e a qualidade de sua construção; sistema de drenagem adequado e sua manutenção; tipo de derrubada e retirada da madeira, nível de mecanização usado da aplicação de práticas silviculturais. Camargo Corrêa; Roloff e Malinovski (2005b) advertem que esta situação que se agrava durante a construção das estradas, devido à retirada da cobertura vegetal, a movimentação do solo e a compactação de seu leito, tornando tais vias muito vulneráveis à erosão causada pela chuva e durante sua utilização, devido ao tráfego pesado. Tais situações também foram referenciadas por autores como Vital; Lima e Camargo (1999) e Ranzini (1990), os quais sugerem que em áreas de uso florestal, as perdas de solo estão associadas principalmente às atividades de exploração florestal e abertura de estradas. Christopher (2002) complementa sugerindo que as maiores perdas de solo ocorrem durante e imediatamente após a construção de estradas devido à sua instabilidade e aos distúrbios causados pela passagem de caminhões e equipamentos. Fulton e West (2002) mencionam outros fatores relacionados a estradas que podem acelerar o processo erosivo e sedimentação de corpos d'água, como desvios de rios, que ocorrem quando um rio excede a capacidade de uma estrutura de cruzamento, como uma galeria de escoamento, que é desviado através de canal para a estrada, provocando erosão.

Na avaliação de erosão em estrada, Tuchy (1982) constatou que o índice de erosão antes da abertura de uma estrada florestal era de $30 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, porém, durante a abertura, ele aumentou para $3.000 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$. Depois do término da implantação da estrada, o índice de erosão baixou, após algum tempo, para $120 \text{ kg ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$. O autor relatou ainda que o tempo teórico da erosão de um solo de floresta de 18 cm de

profundidade é de 575.000 anos, mas o mesmo solo, sem a floresta, seria erodido em 18 anos.

No que se refere à produção de sedimentos, Luce (1993) propõe que, em estradas de uso florestal, os sedimentos estão relacionados com outros fatores, tais como: o tipo de solo, o comprimento e inclinação da rampa, e a inclinação e altura dos taludes de corte e aterro. Dadalto; Carmo Filho e Castro (1990) sugerem ainda que o aumento da declividade e o comprimento de rampa contribuem com as taxas de perda de solo por erosão devido à aceleração da velocidade da enxurrada. Garcia *et al.* (2003), estudando erosão em estradas florestais, constataram que o volume de enxurrada foi mais afetado pelo comprimento do segmento, ao passo que a massa de solo sofreu maior influência da declividade, e a massa de solo erodido cresceram exponencialmente em função do incremento do volume de enxurrada. Já Lira Filho e Souza (1991), afirmam que o escoamento superficial em área florestal pode ser até três vezes maior, na ocasião da colheita florestal. Machado *et al* (2003) recomendam que o procedimento mais comum para prevenir danos provocados pela erosão na estrada florestal é controlar o escoamento superficial da água das chuvas na faixa terraplanada da estrada.

2.2.1 As Formas de Erosão Hídrica

Brady e Weil (1999), afirmam que os fenômenos mais degradantes do solo são erosões causadas pelo vento e pela água, sendo esta a principal responsável pela lixiviação e/ou carreamento de partículas para outras partes da paisagem, podendo depositar-se em porções mais baixas da paisagem ou em rios, reservatórios, lagos etc. Segundo Renard *et al.* (1997), Brady e Weil (1999) e Marques (1995), a erosão hídrica do solo se processa em três fases: desprendimento ou desagregação, transporte, e deposição. Smoot e Smith (1999) complementam essa afirmativa definindo cada fase da seguinte forma: na primeira fase as partículas são separadas da massa do solo pelas forças exercidas pelos pingos da chuva ou pelas forças da lâmina de enxurrada (desagregação); na segunda fase as partículas são movidas para os locais mais baixos pela água (transporte) e a terceira fase do processo de erosão ocorre quando a velocidade da enxurrada é reduzida, causando alguma ou toda sedimentação nesse

novo depósito (deposição).

Brady e Weil (1999) sugerem que a erosão hídrica pode ser superficial, quando o desprendimento e transporte de materiais do solo por impacto ou movimento da água incidem sobre a superfície do solo ou através de canais (perenes, intermitentes ou efêmeros); ou sub-superficial, quando ocorre a decantação através de manta do solo de minerais dissolvidos (colóides e silte em minas e cisternas). Aquíferos subterrâneos podem conter mais de 20 ppm de matéria dissolvida, que são rapidamente removidos para o oceano.

Fujihara (2002) menciona a existência de várias formas de erosão, quanto ao grau de intensidade, e sugere como principais tipos: erosão laminar e erosão linear, sendo que esta última é causada pela concentração das linhas de fluxo de água de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno na forma de sulcos, ravinas e voçorocas, e conseqüente solapamento das margens de canal. Quanto às formas de erosão, Bertoni e Lombardi Neto (1990) afirmam que a erosão causada pela água ou hídrica pode ocorrer nas seguintes condições:

2.2.1.1 Erosão entre sulcos ou laminar

Os principais agentes causadores deste tipo de erosão estão representados pelo impacto da gota e o fluxo laminar (BRAIDA, 1994; BRAIDA; CASSOL, 1996). Souza *et al.* (2003) a definem como a combinação do efeito da gota da chuva, ou *splash*, com o movimento da água no declive. Para Hillel (1998) e Bertoni e Lombardi Neto (1990) este tipo de erosão se caracteriza pela remoção mais ou menos uniforme das camadas de solo de uma rampa, carregada para baixo por uma enxurrada uniformemente distribuída pela superfície do solo.

2.2.1.2 Erosão em Sulcos

Marques (1997) sugere que este tipo de erosão ocorre quando a água superficial atinge pequenas depressões, ganha velocidade e profundidade e começa a transportar produtos de erosão. O mesmo autor cita ainda que a erosão em sulcos provoca perdas de sedimentos e em estágios mais avançados favorece o aparecimento de voçorocas.

Schafer *et al.* (2001) afirmam que a ocorrência desta forma de erosão se dá quando as forças de cisalhamento do escoamento superam as forças coesivas do solo, sendo portanto uma integração da capacidade de escoamento em erodir e a capacidade do solo em resistir as forças de desagregação e transporte pela água. Hillel (1998) alega que este tipo de erosão é formado quando canais de enxurrada movem-se para baixo da rampa e o fluxo de água é concentrado, devido às irregularidades na superfície do solo e topografia. O escoamento concentrado resultante escava mais profundamente a superfície criando sulcos ou canais (pequenos e bem definidos). Bertoni e Lombardi Neto (1990) mencionam que a erosão em sulcos resulta de pequenas irregularidades na declividade do terreno, fazendo com que a enxurrada concentre-se em alguns pontos do terreno, atingindo volume e velocidade suficiente para formar riscos mais ou menos profundos, os sulcos são rasos (inferiores a 50 cm) e geralmente são desfeitos durante as atividades de preparo do solo.

2.2.1.3 Voçorocas

Segundo a EMBRAPA - Centro Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (EMBRAPA, 1997 b) as voçorocas constituem a forma de erosão mais severa e têm sua origem na degradação de solos agrícolas, com repercussão na produtividade, causando assoreamento de rios e reservatórios, comprometendo a navegabilidade e geração de energia. E suas principais causas estão relacionadas aos aspectos geológicos, geomorfológicos e pedológicos, podendo ser agravadas pela ação antrópica. Schafer *et al.* (2002) mencionam que este tipo de erosão pode ser formado rapidamente em função da profundidade, velocidade e volume de água, e isso acontece quando o fluxo sub-superficial emerge em encosta de colinas, podendo ocorrer das seguintes formas: voçoroca em forma de “V”, quando ocorrem em solos rasos de erodibilidade uniforme onde o impacto da gota é o principal agente erosivo, em geral a cobertura vegetal é suficiente para controlar esse tipo de erosão, e a voçoroca em forma de “U”, que ocorre quando as camadas mais profundas apresentam maior susceptibilidade á erosão do que as superficiais, como em caso de B textural sobre C arenoso. Bertoni e Lombardi Neto (1990) definem este tipo de erosão como *boçoroca* em tupi, é ocasionada por grandes concentrações de enxurradas que passam sempre no

mesmo sulco, ampliando-o, devido ao volumoso deslocamento de massa de solo, formando grandes cavidades em extensão e profundidade.

2.2.2 Mecanismos de Predição de Perdas de Solo em Estradas

A utilização de modelos numéricos para predição de erosão do solo teve início na década de 40. Fujihara (2002) e US Army / CERL (*Construction Engineering Research Laboratory*, entidade do corpo de engenheiros do exército norte-americano) (1997) fez um breve histórico sobre estes modelos, que tiveram sua origem com a equação proposta por Zingg (1940), que relacionava as perdas de solo com a declividade e o comprimento da vertente (BORTOLOZZO; SANS, 2001). Na seqüência foram acrescentados fatores de influência da cobertura do solo e de práticas conservacionista e definiu o conceito de limite de perda de solo (BAGNOLD, 1941; ELLISON, 1947, US Army / CERL 1997), quando acrescentaram o fator chuva aos fatores de solo e manejo originou-se a Equação de Musgrave, amplamente utilizada e conhecida (MUSGRAVE, 1947; WISCHMEIER; SMITH, 1978; MEYER; MC'CUNE, 1958; WISCHMEIER, 1959, US Army / CERL 1997).

Após a publicação do trabalho de Wischmeier e Smith (1965), a equação passou a ser denominada *Universal Soil Loss Equation* (USLE) (WISCHMEIER; SMIT, 1978; US Army / CERL, 1997) e utilizada mundialmente com adaptações regionais inclusive no Brasil (FERRARI *et al.*, 1996). Souza *et al.* (2003), mencionam que esta equação é considerada um dos mais eficientes modelos de estimativas de perda de solo e a mais utilizada no mundo.

Fujihara (2002) menciona que este modelo empírico é o mais utilizado para estimar as perdas de solo por erosão, no entanto, devido às limitações vem sofrendo algumas modificações como, por exemplo, a *Modified Universal Soil Loss Equation* (MUSLE), *Water and Tillage Erosion Model* (WATEM) e revisões *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE). Servem de base para novos modelos como *Chemicals, Runoff and Erosion from Agriculture Manegement Systems Model* (CREAMS) e *Water Erosion Prediction Project* (WEPP). O US Army / CERL (1997) sugere outros modelos numéricos que fazem uso das variações da USLE, para predição de perda de

solo por erosão, como por exemplo: *Erosion Productivity Impact Calculator* (EPIC), *Groundwater Loading Effects of Agricultural Management System* (GLEAMS), *Agricultural Land Management Alternatives with Numerical Assessment Criterium* (ALMANAC), *Soil Water Assessment Tool* (SWAT). Consort; Zaluski e Antonioli (2004), utilizaram-se da RUSLE para determinação de perdas de solo por erosão através do modelo *Unit Stream Power Erosion and Deposition* (USPED). Entre os modelos e sistemas de informação geográficos usados em predição de perda de solo citados, alguns vêm sendo testados para estimar erosão em estradas no Brasil, destacando-se os seguintes: WEPP (MACHADO *et al.* 2003) e GRASS (ANTONANGELO, 2004).

2.2.2.1 WEPP - *Water Erosion Prediction Project*

O modelo WEPP é um modelo de predição de perdas de solo provocada pela ação hídrica, permitindo quantificar as perdas de solo por erosão em sulco e entre-sulco (ROLOFF, 2003). Este modelo pode estimar a erosão do solo e o aumento de sua sedimentação considerando o tipo de solo (propriedades físicas e químicas), clima, cobertura do terreno e condições topográficas da localidade, podendo ser aplicado tanto em pequenas bacias hidrográficas quanto em perfis declivosos, dentro dessas micro-bacias (ELLIOT; FOLTZ; LUCE, 1997). Machado *et al.* (2003) fizeram uso deste modelo para predição de erosão em estradas florestais e constataram que o mesmo apresentou-se de forma aceitável para predição de volume de enxurrada. No entanto, a diferença média do modelo em relação ao observado foi de 166,58%. No que se refere às perdas de solo, expressa em peso, as variações foram superiores a 1.125,09%, para a condição de estrada com declividade de 1% em um segmento de 20 metros. Os autores concluem que o modelo brasileiro de predição de erosão pela água denominado WEPP-Brasil, não se encontra devidamente calibrado para nossas condições.

2.2.2.2 GRASS - *Geographic Resources Analysis System*

Outra alternativa de predição avaliada no Brasil foi o sistema de informação geográfica denominado GRASS, que utiliza-se de recursos geográficos e apresenta funcionalidades *raster*, topologia vetorial, processamento de imagens, visualização em 3D, modelagem espacial e produção gráfica (INSTITUTO ECOS, 2005). Antonangelo (2004) utilizou este modelo para predição de perda de solo por erosão, considerando os fatores topográficos da USLE: L que representa o comprimento (*length*) e S que representa a declividade (*slope*), explicando cerca de 43% das variações de perdas de solo em estradas florestais, apresentando valores de perda de solo de aproximadamente 130 toneladas por hectare de estrada, valores considerados acima dos níveis tolerados, segundo o autor.

No entanto, o risco de erosão em estradas é definido por Camargo Corrêa; Roloff e Malinovski (2005a) através das características técnicas da estrada como declividade horizontal, declividade vertical, características de leito e sistema de drenagem, e o potencial erosivo reflete os efeitos combinados de erodibilidade e erosividade. Complementando esse pensamento, Bertol *et al.* (2002) e Roloff e Denardin (1994) mencionam que a erodibilidade do solo está diretamente relacionada com a susceptibilidade do solo a processos erosivos. Camargo Corrêa; Roloff e Malinovski (2005 b) sugerem que esses fatores representam os principais problemas em estradas, pois a erodibilidade do solo irá definir qualitativamente e quantitativamente os sedimentos e a água proveniente da chuva está diretamente relacionada com o transporte e volume dos sedimentos a serem assoreados. Souza *et al.* (2003) sugerem que os fatores naturais mais importantes estão ligados ao clima, ao solo e morfologia do terreno, associados a fatores antrópicos.

2.2.2.3 RUSLE - *Revised Universal Soil Loss Equation*

A aplicação da Equação Universal de Perdas do Solo (USLE) e suas derivadas, a Equação Universal de Perdas do Solo Revisada (RUSLE) e a Equação Universal de Perdas do Solo Modificada (MUSLE), são modelos empíricos comumente utilizados

para predição de perda de solo por erosão (HORSWELL; QUINN, 2003). Bortolozzo e Sans (2001) mencionam que o processo de revisão da USLE teve início na década de 80, dando origem a RUSLE, que Renard (1997) define como uma ampliação da USLE, apresentando a mesma estrutura, porém com a incorporação de vários conceitos do processo básico da modelagem para melhorar a predição. Bortolozzo e Sans (2001) propõem que a equação prediz a erosão em sulcos e entre-sulcos, tanto pela chuva quanto à erosão associada ao escoamento superficial, podendo ser utilizada no planejamento conservacionista, assim como inventários e avaliações.

A RUSLE pode ser definida como tecnologia de base empírica, que calcula a erosão do solo através de valores determinados por índices que representam os principais fatores do clima, do solo, da topografia e do uso da terra (BORTOLOZZO; SANS, 2001). Oñale-Valdivieso (2004) trabalhando em áreas irrigadas acrescenta que este modelo permite avaliar as perdas de solo, a longo prazo, e determinar setores críticos e conseqüentemente propor práticas de controle de erosão, o que o torna prático quando comparado a modelos empíricos mais complexos. Weill (1999), acrescenta que apesar da equação apresentar algumas limitações a principal vantagem é que se trata de um modelo bastante estudado e conhecido. Castro Filho *et al.* (2001) sugerem que o modelo revisado pode ser utilizado no monitoramento contínuo de sedimentos em reservatórios, podendo também ser utilizado na identificação de riscos de degradação de solos em micro-bacias, desde que adaptado às condições de estudo. Os primeiros trabalhos desenvolvidos no Brasil, utilizando a equação de perda de solo, foram desenvolvidos por Bertoni e Lombardi (1975). Fujihara (2002) menciona o uso da equação adaptada as nossas condições, pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), no desenvolvimento do projeto “Orientação para o combate a erosão no estado de São Paulo - Bacia do Peixe Paranapanema”. A utilização da RUSLE para predição de perdas de solo em estradas já foi evidenciada em pesquisas (SANDLUND, 1999; KETCHESON; MEGAHAN; KING, 1999; HORSWELL; QUINN, 2003).

A RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*), é definida pela Equação 1:

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

Onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área, em $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$

R = fator erosividade da chuva, índice de erosão pela chuva, em $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$

K = fator erodibilidade do solo, em $t\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$

L = fator comprimento de rampa, baseado nos valores em m, da rampa

S = fator declividade, baseado nos valores em %, da declividade

C = fator uso e manejo, relação entre perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes a um terreno mantido continuamente descoberto, ou seja, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado, adimensional

P = fator prática conservacionista, relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro a baixo, adimensional.

a) Fator R – Erosividade da Chuva

Bertoni e Lombardi (1993); Alves (2000) definem o fator R, como a capacidade de um evento de chuva em causar erosão em uma área sem proteção, sendo controlado por características físicas das chuvas, produto da energia cinética pela intensidade máxima em trinta minutos (EI_{30}). Roncato *et al.*, 2004; Cassol *et al.*, 2004 complementam citando que a erosividade das chuvas representa o produto da energia cinética total da chuva em MJ, pela intensidade máxima em $mm\ h^{-1}$, calculada com base na quantidade máxima durante 30 minutos contínuos de chuva. Albuquerque; Chaves e Vasques Filho (1994) consideram o EI_{30} , como o índice que melhor expressa o potencial da chuva em causar erosão e que oferece o melhor ajuste a realidade inter-tropical. Cabral *et al.* (2005) atribuem essa correlação a eficiência como são representadas as fases do processo erosivo do solo, iniciado pelo impacto das gotas de chuva sobre o solo, seguido pela desagregação do solo e turbulência do fluxo pluvial e finalmente transporte das partículas do solo.

Maria (1994) desenvolveu um programa computacional que distingue chuvas

erosivas de não erosivas, considerando como chuvas não erosivas as menores que 10 mm, desde que tenham intensidade máxima 15 minutos menor que 24 mm h⁻¹ ou energia cinética abaixo de 3,6 MJ ha⁻¹.

Lombardi Neto e Moldenhauer (1981) propuseram a Equação 2, para determinação de um valor médio do índice de erosividade por meio da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação.

$$EI_{30} = 67,335 (r^2/P)^{0,85} \quad (2)$$

Onde:

EI_{30} = média mensal do índice de erosão em MJ ha⁻¹ mm h⁻¹ mês⁻¹.

r = média mensal da precipitação em milímetros

P = média anual de precipitação, em mm

Bertol (1993) propôs o equação 3 para definição do índice de erosividade da chuva na região de Lages / SC.

$$EI_{30} = 0,06 P + 110,46 \quad (3)$$

Onde:

EI_{30} = índice de erosividade médio anual em MJ.mm ha⁻¹. h⁻¹,

P = precipitação mensal em milímetros.

Os dados de pluviosidade desse estudo foi gerado a partir de pluviogramas, que possibilitou identificar a intensidade da chuva e, a partir deste parâmetro, calcular sua energia cinética através da equação 4, proposta por WISCHMEIER; SMITH (1959).

$$E = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (4)$$

Onde:

E = energia cinética por mm de chuva (MJ ha⁻¹.mm⁻¹)

I = intensidade de chuva em mm h⁻¹

O índice de erosividade foi obtido a partir da equação 5, que considera a intensidade máxima da chuva em 30 minutos, expresso em MJ mm ha⁻¹.h¹ ano⁻¹.

$$EI_{30} = E \cdot I_{30} \quad (5)$$

O fator R é obtido através da soma dos valores mensais do índice de erosividade, conforme equação 6.

$$R = \sum_{J=1}^{12} EI_{30} \quad (6)$$

b) Fator K – Erodibilidade do Solo

A erodibilidade do solo ou fator K é definida como a susceptibilidade natural do solo à erosão e representa a quantidade de solo perdida por unidade de erosividade da chuva ou fator R (BERTOL *et al.*, 2002), estando diretamente relacionado às características intrínsecas ao solo, tais como: resistência a desagregação e ao transporte e velocidade de infiltração (ROLOFF, 2000), o que representa uma interação entre as características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas (CORRECHEL, 2003). Segundo Jacobs (1995) estas propriedades do solo irão influenciar na sua capacidade de infiltração de água da chuva e auxiliar na determinação da taxa de escoamento. Dedecek *et al.* (1998) complementam essa afirmação sugerindo que a erodibilidade do solo mantém uma relação inversamente proporcional a taxa de infiltração e ao teor de matéria orgânica do solo. Schafer *et al.* (2002) concluem propondo que o aumento do escoamento superficial é resultado das restrições na taxa de infiltração do solo, sendo que a causa é o impacto da gota da chuva na superfície do solo, provocando dispersão de argilas e desintegração de agregados facilitando a formação de selos superficiais, que apresentam baixa porosidade e continuidade de poros.

Correchel (2003) sugere que o fator K pode ser determinado diretamente no campo através de chuva natural ou simuladas em parcelas padrão ou por determinação indireta, com uso de métodos empíricos.

Quando determinado através de parcelas padrão é considerado como o real valor da erodibilidade do solo (CORRECHEL, 2003). Gláucio (2000) cita que a parcela padrão apresenta as seguintes características físicas: 22 m de comprimento de rampa com largura de 3 a 4 metros, 9% de declividade, preparo morro abaixo

(convencional), sem cobertura, cultivado a mais de 2 anos, dados de chuva natural superiores à 5 anos. Em condições de chuva simulada, as características são as seguintes: 11 metros de comprimento de rampa e as séries de chuva compreendem: primeiro dia 1 hora de chuva com intensidade de 60 mm h^{-1} , segundo dia 30 minutos com a mesma intensidade de chuva e após 30 minutos, submeter a mais 15 minutos de chuva com intensidade de 120 mm h^{-1} , e o resultado é dado em função das médias de várias séries, (superiores 4).

No entanto, a erodibilidade do solo definida de forma indireta ou através de equações, apresenta como principal vantagem a possibilidade de sua estimativa através de parâmetros obtidos por análises laboratoriais de fácil execução, apresentando portanto maior rapidez, quando comparados a métodos diretos convencionais (CORRECHEL, 2003). Algumas proposições utilizadas pelos modelos USLE, MUSLE, RUSLE e EPIC, para determinação do fator erodibilidade do solo (K), encontram-se descritas no anexo I

As propriedades do solo que interferem na definição do fator K:

- **Textura**: Silva *et al.* (2002) afirmam que as características de textura associada com a estrutura representam parâmetros capazes de alterar as condições de erodibilidade global do solo. Correchel (2003) menciona que a textura é um dos fatores de caráter físico que influi na maior ou menor quantidade de solo arrastado pela erosão.

- **Estrutura**: Schafer *et al.* (2002) sugerem que algumas propriedades físicas como textura e estrutura associadas à redução de porosidade do solo e sua consolidação podem levar a redução de infiltração e aumento do escoamento superficial, no entanto a resistência à desagregação será maior. Correchel (2003) complementam que a estrutura influencia a resistência do solo a erosão através das propriedades físico-química da argila fazendo com que os agregados permaneçam estáveis em presença da água e de propriedades biológicas, devido a presença de matéria orgânica humificada. Quanto maior a estabilidade de agregados em água, maior a permeabilidade do solo e menor a desagregação, reduzindo o escoamento superficial e o arraste de partículas individualizadas pela água.

- **Permeabilidade**: Schafer *et al.* (2002) mencionam que o impacto das gotas de

chuva na superfície do solo provoca a dispersão de argila e desintegração dos agregados provocando restrições nas taxas de infiltração e aumentando o escoamento superficial, facilitando a formação de selos superficiais, devido a baixa porosidade e descontinuidade de poros.

- **Mineralogia**; Albuquerque *et al.* (2000) sugerem que a composição mineralógica dos solos está intimamente relacionada com o nível de intemperismo, que irá afetar os teores de óxidos de ferro (hematita e goetita), assim como os teores de óxidos de alumínio (gibsite), influenciando sua estrutura e conseqüentemente sua permeabilidade. Esses autores trabalharam com solos mais intemperizados (Latosolo Vermelho Escuro e Terra Roxa Estruturada), os quais apresentaram erodibilidade em entre sulco inferior à dos solos menos intemperizados (Brunizem Vértico, Planossolos e Vertissolos), provavelmente devido a maior taxa de infiltração de água nestes solos, relacionados não com a expansividade e principalmente com a estabilidade de agregados.

- **Matéria orgânica**; afeta diretamente a estruturação do solo e a formação de agregados estáveis, melhorando a permeabilidade e dificultando a dispersão e o arraste da enxurrada (BERTOL *et al.*, 2002). Correchel (2003) menciona que a matéria orgânica modifica a estrutura do solo, propiciando melhores condições de arejamento e de retenção de água. Em solos arenosos, promove a aglutinação de partículas, firmando a estrutura e diminuindo o diâmetro dos poros e aumentando a capacidade de retenção de água, reduzindo a susceptibilidade à erosão. Os óxidos de ferro (hematita e goetita) e de alumínio (gibsite), são considerados agentes indicadores de propriedades (permeabilidade e coesão do solo), que influenciam a erodibilidade dos solos, pois funcionam como agente flocculante, diminuindo a coesão entre as partículas e, conseqüentemente, modificando a estrutura e a permeabilidade do solo.

Bertol *et al.* (2002) sugerem ainda que a erodibilidade do solo apresenta grande variabilidade espacial e temporal, explicada pela diversidade climática, a qual influi no potencial erosivo das chuvas, e a variabilidade do solo, a qual tem influência na susceptibilidade à erosão.

c) Fator L – Comprimento de Rampa

Este fator representa o comprimento de rampa e associado ao fator S (declividade), tem grande influência nas estimativas de perda de solo (SOUZA *et al.*, 2003), sendo que quanto maior for a extensão da rampa maior será a velocidade de escoamento. Renard *et al.* (1997), propuseram a seguinte equação para quantificar os efeitos do fator L através da RUSLE.

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,1} \right)^m \quad (6)$$

$$m = \beta / (1 + \beta)$$

$$\beta = (\text{sen } \theta / 0,0896) / [3(\text{sen } \theta)^{0,8} + 0,56]$$

Onde:

L = fator comprimento de rampa (L = 1, quando $\lambda = 22,1$ m)

λ = comprimento de rampa (m)

β = proporção (erosão em sulcos)/(erosão entre sulcos)

θ = declividade da rampa ($^\circ$) = $\tan^{-1}(s / 100)$

d) Fator S – Declividade da Rampa

Os efeitos combinados de comprimento de rampa (L) e grau de declividade da encosta (S) são também conhecidos como fator topográfico (LS) e caracterizam o tipo de relevo ao qual ocorrerão os processos de perdas de solo em função da declividade, comprimento, além de fornecer informações sobre a forma da encosta (SOUZA *et al.*, 2003). Os mesmos autores sugerem que o entendimento das formas de paisagem poderá auxiliar na identificação das rotas preferenciais dos fluxos de água e variabilidade espacial das propriedades do solo.

Renard *et al.* (2000) propõem a seguinte equação para a determinação deste fator através da RUSLE:

$$S = 10,8 \text{ sen } \theta + 0,03 \quad s < 9\% \quad (7)$$

$$S = 16,8 \text{ sen } \theta + 0,5 \quad s > 9\% \quad (8)$$

Onde:

S = fator declividade da rampa (S = 1, quando s = 9%)

θ = declividade da rampa (°) = $\tan^{-1}(s/100)$ s = declividade da rampa (%)

Bertoni e Lombardi Neto (1999) propõem a seguinte equação para a USLE, considerando conjuntamente os fatores L e S.

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (9)$$

Onde:

C = comprimento da rampa (m)

D = declividade da rampa (%)

e) Fator C – Manejo do Solo

O fator uso e manejo do solo é a relação esperada entre as perdas de solo em um terreno cultivado e em um terreno desprotegido. A redução da erosão vai depender do tipo de cultura e manejo adotado, da quantidade de chuvas, da fase do ciclo vegetativo entre outras variáveis, cujas combinações apresentam diferentes efeitos na perda de solo (BERTONI; LOMBARDI, 1999). Bueno e Stein (2004) consideram os fatores: C, manejo do solo e P, práticas conservacionistas como fatores antrópicos e utilizam para estimar a expectativa de erosão, através da ocupação tolerável de terras (CP tolerável) e ocupação atual de terra (CP atual) na região de Brotas/SP.

Consort; Zaluski e Antonioli (2004), utilizando o modelo USPED, sugerem o fator C, que reflete o nível de proteção contra erosão, proveniente de vários tipos de cobertura (altura, extensão de dossel e infra-estrutura), sendo o único componente do modelo alterado significativamente por atividade antrópica (construção, colheita, estradas, etc.). Os mesmos autores sugerem que os valores para este parâmetro variem entre 0 e 1, e atribuíram os seguintes valores: 0,0001 para estradas asfaltadas e 0,2 para estradas sem pavimento, 0,001 para áreas florestais e 0,043 para áreas com grama.

Dissmeyer e Foster (1980), na elaboração do guia de predição de erosão em solos de uso florestal, propõem a divisão do fator C em subfatores e a metodologia para este cálculo encontra-se no apêndice II.

e) Fator P – Práticas de Conservação

Consort; Zaluski e Antonioli (2004) sugerem que a relação deste fator com as perdas de solo por práticas de suporte tais como: preparo e plantio em nível ou “cortando as águas”, faixa de retenção, terraceamento etc., que irão afetar diretamente a volume e a taxa de escoamento superficial, provocando erosão em sulcos. Os valores utilizados para definição deste parâmetro são sempre abaixo ou igual a 1, conforme podemos observar na Tabela 1.

TABELA 1 - DETERMINAÇÃO DO FATOR P EM FUNÇÃO DO PLANTIO EM NÍVEL

% de declividade	Fator P	Comprimento crítico (m)
1 – 2	0,6	305
3 – 5	0,5	117
6 – 8	0,5	61
9 – 12	0,6	38
13 – 16	0,7	24
17 – 20	0,8	18
21 – 25	0,9	15

FONTE: DISSMEYER e FOSTER (1980)

O comprimento crítico é o comprimento da rampa no qual o plantio em nível perde seu efeito ($P = 1$).

2.3 QUALIDADE DA ÁGUA NO BRASIL

2.3.1 Aspectos Gerais

Segundo dados do IBGE (2005) o Brasil é hoje o quinto país no mundo, tanto em extensão territorial, com 8.514.215,3 km²; como em população com aproximadamente 175 milhões de habitantes, sendo composto por uma diversidade de cenários muito grande atribuído às dimensões continentais e contrastes associados ao clima, distribuição da população, desenvolvimento econômico e social, entre outros fatores. Ostenta o privilégio de possuir 13,7% do volume de água doce no mundo, no entanto, 73% desta água encontram-se na Bacia Amazônica, que é habitada por 5% da

população, restando 27% dos recursos hídricos para 95% da população (BRASIL, 2003 a).

Tucci (2000) complementa essa informação e menciona que as condições atuais de disponibilidade e demanda não apresentam problemas com déficit de recursos hídricos na maior parte do território brasileiro. No entanto, ocorrem situações desfavoráveis em períodos de estiagem em cidades de médio e grande porte.

Para Dalarmi e Andreoli (2001), os recursos hídricos começam a serem entendidos como sinônimo de oportunidade de desenvolvimento e muito provavelmente se apresentarão como limitador do crescimento humano, e propõem que, para a manutenção sustentável destes recursos, é necessário o desenvolvimento de instrumentos gerenciais de proteção, planejamento e utilização, adequando o planejamento de acordo com a vocação natural do sistema hídrico. Rizzi (2001) propõe o planejamento hidrológico, como uma tentativa de ordenar temporalmente os usos da água (demandas, consumos e os caudais ou volumes de água), com critérios de racionalização, otimização e determinação de compatibilidade disponível dos mesmos com horizontes temporais determinados e também decorrentes da implantação de infra-estruturas básicas ou obras. O mesmo autor cita ainda que o planejamento deverá basear-se nas seguintes coordenadas:

- a) modernizador e inovador, para que possa dar respostas às exigências de futuro imediato que aceleradamente se apresentam em cada bacia hidrográfica;
- b) integrador e solidário, entre os distintos tipos de usuários;
- c) participativo de todas as instituições públicas, de usuários e todas as classes interessadas;
- d) eficaz na capacidade de determinar problemas reais e previsíveis de propor soluções de correções adequadas, melhorando a gestão de recursos e dando satisfação aos objetivos de uma política de recursos hídricos.

2.3.2 Aspectos Legais

Ratton e Nadal (2000) recomendam que as legislações ambientais devem incrementar as soluções sustentáveis, estimulando as empresas que as adotam, e ao mesmo tempo punir as que se beneficiam de custos de produção e que não investem na proteção ambiental. Acrescentam ainda que a disseminação de normas de gestão ambiental certamente contribuirá para a maior conscientização e maturidade da sociedade com relação ao tema ambiental, gerando efeitos positivos em favor das empresas e estimulando atitudes pró-ativas em favor da qualidade ambiental. Dalarmi e Andreoli (2001) sugerem ainda que a alteração da estrutura atual exige mais do que o discurso conservacionista; necessita da definição de ações concretas de harmonização das ações interinstitucionais, especialmente com as áreas de gestão ambiental, de recursos hídricos e de áreas setoriais, como agricultura e desenvolvimento urbano e da iniciativa privada.

Ratton e Nadal (2000) afirmam que a legislação ambiental é constituída pelas seguintes esferas governamentais:

- a) em nível federal, através do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como órgão consultivo e normativo, e o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), órgão executor da política federal do meio ambiente;
- b) nos Estados, cada um possui estruturas aproximadamente equivalentes, coordenadas por Secretarias Estaduais de Meio Ambiente e de Agências ou Instituições Estaduais que controlam a poluição, e as atividades de licenciamento e controle são igualmente atribuídas às instituições estaduais de meio ambiente;
- c) em nível municipal, dependendo do porte de cada cidade, podem existir órgãos encarregados de dar cumprimento às legislações de nível federal, estadual e municipal, com base nas respectivas leis orgânicas municipais.

Cheida (2005) menciona que o modelo de gestão de recursos hídricos em nível federal é constituído pelo Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH), que delibera ações aos seguintes órgãos Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNRH), os quais estão vinculados ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) e coordenam as ações dos Comitês de Bacias Federais, aos quais estão subordinadas as agências de bacias.

O Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2003 a) relembra que a legislação sobre a questão de recursos hídricos brasileira teve início em 1934, data em que o Brasil dispôs de um texto sobre o direito da água, intitulado “Código das Águas”, através do Decreto provisório 24.643 de 10 de julho de 1934, o qual não foi capaz de incorporar meios para combater a contaminação das águas e os conflitos de uso.

Lima (2001) acrescenta que a gestão das águas passou por um período de grandes avanços desde o final da década de 80, e essa mudança gerou um novo ordenamento institucional iniciado com a aprovação da Lei 9.433/97 de 08.01.1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, definindo a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação da lei. Esta Lei, segundo Rizzi (2001), dispõe que esse Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamentado pelo Decreto n. 2.612, de 03 de junho de 1998, é composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, Órgãos dos Poderes Públicos Federal, Estaduais e Municipais, Comitês de Bacias Hidrográficas e Agências de Bacias. Lima (2001) menciona que estas mudanças culminaram com a criação da Agência Nacional de Águas, através da Lei das Águas n. 9.984 de 17.07.2000. Essa agência, diretamente vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, possui autonomia administrativa e financeira e é responsável pela implementação dos instrumentos de ação para controle e regulação do uso dos recursos e do lançamento de poluentes que afetam o meio ambiente.

Souza (2003) cita ainda um artigo da Constituição Federal, que faz referência aos recursos hídricos: Artigo 20º - Inciso III, que cita como bens da União: “os lagos, rios e quaisquer correntes de água, superficiais ou subterrâneas, inclusive aquíferos, em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com

outros países, ou se estendam a territórios estrangeiros ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais”.

Lima (2001) descreve que, no Brasil, a determinação da qualidade da água é avaliada em função de alguns parâmetros instituídos pela Resolução n. 20 de 18 de junho de 1986, do CONAMA.

Atualmente o Ministério do Meio Ambiente, através do CONAMA, estabeleceu a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água propondo diretrizes ambientais para o seu enquadramento, assim como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005b).

Esta resolução aprimora a Resolução n. 20 de 18 de junho de 1986, que trata da classificação e qualidade da água e incorpora a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que visa controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida.

2.3.3 Aspectos Sócio-Econômicos

A conscientização ambiental imposta por organismos internos e externos através de entidades certificadoras, tem provocado mudanças na visão das empresas que fazem uso do meio ambiente para obtenção de matéria prima; tendo que adequar seu sistema produtivo equilibrando aspectos econômicos e sociais aos ambientais, buscando alternativas que minimizem os impactos decorrentes do empreendimento mantendo-se economicamente interessante (CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALINOVSKI, 2005 b). Ratton e Nadal (2000) confirmam esta tendência, sugerindo que os procedimentos da Certificação Ambiental, iniciaram a modificação das posturas reativas que marcaram o relacionamento entre as empresas, os órgãos fiscalizadores e as Organizações Não-Governamentais (ONGs) atuantes nas questões ambientais, buscando-se procedimentos baseados na responsabilidade solidária, relegando a segundo plano as multas e autuações que, gradativamente, vem sendo substituídas por uma preocupação com a imagem das empresas diante da sociedade.

A área de reflorestamento florestal representa atualmente cerca de 6% do

território brasileiro, atendendo aproximadamente 30% da demanda nacional de madeira (SBS, 2005). Neste contexto, a rede viária torna-se fundamental para o desenvolvimento do setor, pois permite a ligação entre a base produtora de matéria prima e a indústria. No entanto, carrega o ônus de agente degradante, por ser um potencial carreador de sedimentos, provocando assoreamento nos mananciais e alterando a paisagem (CAMARGO CORRÊA; ROLOFF; MALONOVSKI, 2005b).

Swift (1988) e Machado *et al.* (2003) admitem a importância econômica da rede viária no setor florestal e evidenciam-na como principal causadora de erosão e assoreamento dos cursos de água em florestas plantadas. Segundo Freitas e Machado (2003), o volume de água de chuva que percorre uma estrada de 100 metros de comprimento por 6 metros de largura pode chegar a 300.000 litros ano⁻¹, considerando uma precipitação anual de 1000 mm e 50% de perda por escoamento superficial. Bertoni e Lombardi Neto (1990) sugerem que o aumento da turbidez da água nos rios representa um indicativo de erosão laminar. Riedel e Vose (2002) apontam ainda que sedimentos oriundos de estradas revestida com cascalho, representaram as maiores contribuições na avaliação dos processos erosivos, na região em estudo prejudicando a qualidade da água devido à excessiva sedimentação.

Maia *et al.* (1996) afirmam adicionalmente que o assoreamento e a erosão estão correlacionados com as atividades de colheita florestal e Beaudry (2001) acrescenta ainda que as atividades de colheita florestal podem causar aumento das taxas de erosão e deposição de sedimentos em ambientes aquáticos. Contudo, a construção e manutenção de rede viária e, particularmente, o cruzamento de estradas tem sido considerado como pontos críticos na determinação da qualidade da água.

The Canadian Council of Forest Ministers (CCFM, 2000) menciona o potencial de impactos negativos do cruzamento de estradas na qualidade da água, e sugere, que no programa de manejo sustentado de floresta deve-se definir como um dos indicadores de qualidade da água o percentual de área de estradas de uso florestal e, diretrizes locais para o cruzamento de estradas. Beaudry (2004) afirma que os impactos da floresta na qualidade da água podem ser relativamente baixos e sutis em determinados pontos da micro-bacia, se houver boa construção e manutenção das estradas, podendo minimizar ou eliminar a aceleração dos processos erosivos e

carreamento de sedimentos que provocam impactos negativos na qualidade da água.

Dalarmi e Andreoli (2001) sugerem que a água desempenha um importante papel como elemento de ligação entre os compartimentos ambientais, refletindo na sua qualidade a forma de como a bacia é utilizada. Beaudry (2004) propõe como uma das metas do manejo florestal sustentado o controle da qualidade da água, principalmente em cruzamentos de estradas, onde o fluxo de sedimentação é acelerado.

Dalarmi e Andreoli (2001) concluem que a dinâmica do desenvolvimento apresentou mudanças significativas nos últimos anos, em relação à magnitude de apropriação dos recursos ambientais decorrentes do dinamismo das exigências econômicas. Dessa forma, as estratégias de conservação dependem de uma profunda revisão, capaz de acompanhar as novas demandas ambientais da sociedade.

2.3.4 Gerência e Planejamento da Qualidade da Água

Para Rizzi (2001), o aproveitamento eficiente dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, para atender as demandas de uma sociedade, é uma tarefa árdua que implica em conhecimentos das disponibilidades de recurso, onde se encontra, quantidade, qualidade, padrão de variabilidade, tudo isso relacionado aos diferentes usos. O autor destaca alguns pontos de avaliação num planejamento hidrológico:

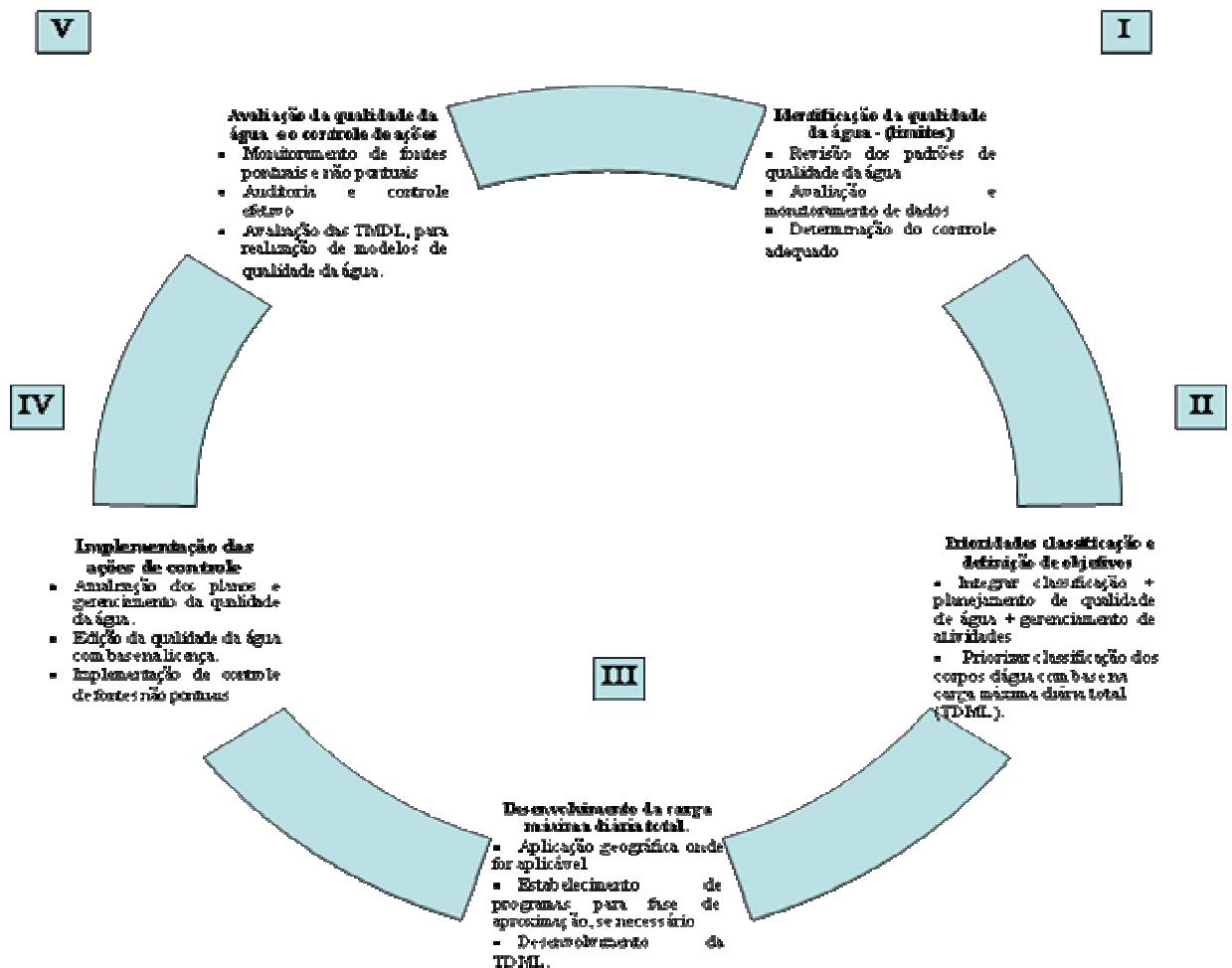
- a) Econômicos: desenvolvimento, crescimento e definição da atividade produtiva na bacia hidrográfica;
- b) Sociais: recurso básico e primeiro uso no abastecimento de populações;
- c) Políticos: transformar e aprofundar as considerações territoriais e locais de uso e demanda;
- d) Culturais: em termo sociológico, através de costumes, máquinas, obras, fontes, transportes, relações humanas etc.;
- e) Meio-ambiente: no que se refere ao incremento qualitativo e quantitativo da pressão das atividades humanas sobre a água, seu ciclo e ambiente;
- f) Jurídico: considerando o Plano Hidrológico, o qual representa a norma de maior relevância do ordenamento das águas, a partir dos quais se configuram os demais ordenamentos legais que regulam as concessões, autorizações de

vertidos (efluentes), obras em geral e toda a atuação administrativa em matéria de recursos, infra-estrutura e obras hidráulica.

Ferrier; Edwards e Hirst (2001) recomendam quatro estágios necessários para estabelecer o gerenciamento sustentável de uma bacia: determinar o estado atual do ambiente e identificar as forças dominantes de mudanças; estabelecer um limite específico acima do qual danos ecológicos são passíveis de ocorrer; prognosticar a possível extensão temporal e espacial do problema, usando características locais; e desenvolver planos de gerenciamento apropriados através da utilização de cenários múltiplos de avaliação.

A *Environmental Protection Agency* (EPA, 1991) propõe alguns regulamentos para gerência e planejamento da qualidade da água, e as proposições desenvolvidas por esta agência estão apresentadas na Figura 3.

FIGURA 3 - ELEMENTOS GERAIS PARA A DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA



FONTE: EPA (1991)

Para o sucesso de implementações dessas medidas, torna-se necessário utilizar ferramentas que permitam agrupar um grande número de informações decorrentes de estudos de variação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, envolvendo uma função multivariada dos aspectos climatológicos, geomorfológicos, antrópicos, entre outros, de forma que possibilite pronta interpretação e reconhecimento das tendências ao longo do tempo e do espaço (LIMA, 2001). Rizzi (2001) propõe ainda que as ações que envolvem o planejamento de recursos hídricos devem apresentar como objetivo geral a satisfação das demandas de água, equilibrar e harmonizar o desenvolvimento regional e setorial, incrementando as disponibilidades do recurso, protegendo sua qualidade, economizando sua utilização e racionalizando seus usos, em harmonia com o meio ambiente e os demais usos do recursos naturais.

Davis e Cornwell (1998) sugerem que, para o bom entendimento dos processos de avaliação de qualidade da água, torna-se necessário conhecer a dinâmica de atuação de cada um dos fatores: clima, litologia da região, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência do homem e a interação estabelecida pela ação conjunta destas combinações. Lima (2001) conclui que a variabilidade da qualidade das águas é muito complexa e apresenta flutuações que podem estar associadas a fatores e processos hidrológicos, geomorfológicos e a ação antropogênica na bacia. Medir e isolar a contribuição específica de cada fator torna-se extremamente difícil, porém pode-se observar a predominância de alguns em relação a outros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS AMOSTRADAS

3.1.1 Descrição Geral

As áreas avaliadas pertencem à empresa RIGESA – Soluções em Embalagens *Mead Westvaco*, produtora de celulose, papel e embalagens, localizada no Planalto Norte Catarinense, possuindo áreas de reflorestamento com *pinus* e eucalipto, distribuídas no sul do Paraná e norte de Santa Catarina.

A estratégia de ação utilizada nas atividades de colheita e transporte florestal se dá através de macro e micro-planejamento, aumentando e adaptando sua rede viária de uma Unidade de Manejo Florestal (UMF) a medida em que são submetidas à colheita. Essas UMFs são diferenciadas entre si em função das características de sítio, produção, manutenção, preservação e colheita.

Este trabalho foi desenvolvido em trechos de divisoras (aceiros) e estrada secundárias, localizadas em quatro UMFs distribuídas em dois municípios no estado de Santa Catarina, que apresentam diferenciações nas condições de relevo e características edáficas, sendo:

- Itaiópolis: UMFs Ruthes e Leonel, que apresentam estradas sem revestimento de leito, com relevo ondulado a fortemente ondulado e solo com textura média argilosa a arenosa.

- Três Barras: UMFs Bugre e Divisa, estas estradas apresentam revestimento primário com material betuminoso, relevo plano a suave ondulado e solo com textura muito argilosa a argilosa.

A localização geográfica dos municípios onde se encontram as UMFs avaliadas está exposta na Figura 4.

FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS UNIDADES DE MANEJO FLORESTAL



NOTAS: 1 - Município de Itaiópolis/SC (UMFs Ruthes e Leonel), 49° 54' W e 26° 21' S, 1.004 m
 2 - Município de Três Barras/SC (UMFs Bugre e Paredão), 50° 47' W e 26° 04' S, 766 m

As UMFs localizadas em Itaiópolis representam cerca de 5% das áreas de uso florestal da empresa, enquanto que as UMFs localizadas em Três Barras representam 22% do total das áreas destinadas a produção florestal (PINTO, 2005).

O monitoramento dos trechos de estradas avaliados teve início em março/03 e término em junho/04. Durante esse período, foram coletados quinzenalmente os sedimentos nas calhas e a água retida nos baldes juntamente com as informações de precipitação, obtidas através de pluviógrafos instalados em cada município avaliado.

O clima predominante nas regiões amostradas é do tipo Cfb1: temperado brando, chuvoso com verão fresco, segundo Köepen, com precipitação média anual de 1800 mm, distribuídas com maior frequência nos meses de dezembro a março, e em menor quantidade nos meses de junho a agosto. A temperatura média anual é de 18° C, e as médias mínimas alcançadas foram de 7° C e as médias máximas foram de 26° C (PINTO, 2005).

3.1.2 Unidade de Manejo Florestal Ruthes e Leonel - Município de Itaiópolis

3.1.2.1 Estradas

No município de Itaiópolis foram avaliados trechos de estradas inseridos nas Unidades de Manejo Florestal Ruthes e Leonel. Estas UMFs fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Negrinho, em Rio Negro, que possui 41.535 hectares de área total sendo que a contribuição dessas unidades de manejo na bacia hidrográfica é de 4,6%, considerando os 1.905 hectares de áreas de uso florestal, e as áreas destinadas a estradas, aceiros e áreas de transição representam 0,35% nessa bacia hidrográfica.

O sistema viário nestas UMFs está representado da seguinte forma:

- 32,37 km de estradas, com densidade de 24,31 m ha⁻¹,
- 23,72 km de divisoras ou aceiros internos, com densidade de 17,82 m ha⁻¹,
- 23,69 km de contorno ou aceiros externos, com densidade de 17,79 m ha⁻¹.

De acordo com o relatório final do processo de certificação pelo CERFLOR, apresentados por Pinto (2005).

O revestimento primário constituído de material sedimentar presente na região: folhelho, saibro ou cascalho, presente em algumas estradas principais, sendo que, as secundárias e terciárias não apresentaram nenhum revestimento.

3.1.2.2 Geologia

A geologia destas UMFs, segundo Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina (1986), compreende:

- Formação: Paleozóico / Permiano / médio e inferior.

- Unidade litoestratigráfica:

Sub-grupo: Tubarão / Grupo: Guatá - Prb / Formação: Rio Bonito.

- Litologia e ambiente:

Seção média: sedimentos marinhos compreendendo siltitos e folhelhos esverdeados com níveis carbonáticos argilosos silicificados em superfície e subordinadamente arenitos muito finos.

Seção inferior: depósito fluvio-deltaítico, compreendendo arenitos imaturos arcóseos e subarcóseos, esbranquiçados, finos a médios, localmente grosseiros, argilosos micaceos e secundariamente arenitos muito finos, siltitos e argilitos, folhelhos carbonosos, leito de carvão e conglomerado.

O levantamento de solos (RIGESA, 2004), efetuado pela empresa sugere que as principais características deste sub-grupo podem ser definidas como: principalmente em sua base, sedimentos rítmicos, em que se alternam em estratificação plano paralela, arenitos finos, siltitos cinza claro e folhelhos cinza mais escuro. siltitos, argilitos e folhelhos de cores variando de cinza claro a escuro são de ocorrência freqüentes em diversas alturas, sobretudo nas camadas relacionadas às ingressões marinhas. Podem ocorrer também arenitos de granulação heterogênea, mineralogicamente imaturos, passando a arenitos feldspáticos, desde camadas delgadas a bancos espessos.

3.1.2.3 Solos

De acordo com o Levantamento de Solos (RIGESA, 2004), as Unidades de Manejo Florestal avaliadas apresentam solos pertencentes às seguintes classes: ARGISSOLOS, CAMBISSOLOS e NEOSSOLOS, sendo que os ARGISSOLOS e NEOSSOLOS estão restritos a algumas posições na paisagem.

As áreas amostradas estão sobre as seguintes classes de solo:

- CAMBISSOLO HÚMICO, Distrófico típico, A húmico, álico, textura média, relevo ondulado. De acordo com o perfil número 19 (RIGESA, 2004), descrito no apêndice III. Nessa classe de solo foram instalados os tratamentos que representam trechos de estrada com conservação e a estrada do povoamento ou divisoras, com suas respectivas áreas de contribuição. Essa classe representa a maior ocorrência observada na propriedade.

- ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A proeminente álico, textura argilosa, relevo ondulado. Conforme perfil número 08 (RIGESA, 2004), descrito no apêndice IV. Este tipo de solo está localizado em situações de maior declividade, onde estão instalados os tratamentos que representa o trecho de estrada sem conservação e sua respectiva área de contribuição.

As amostras de solo coletadas nas UMFs apresentaram estrutura

predominantemente granular com grau de desenvolvimento moderado ou forte, podendo encontrar estrutura maciça e coeso devido à mecanização. A textura variou entre média a arenosa (350 a 80 g kg⁻¹ de argila), pertencentes às classes franco arenoso, franco argilo arenoso ou argilosa com altos teores de silte.

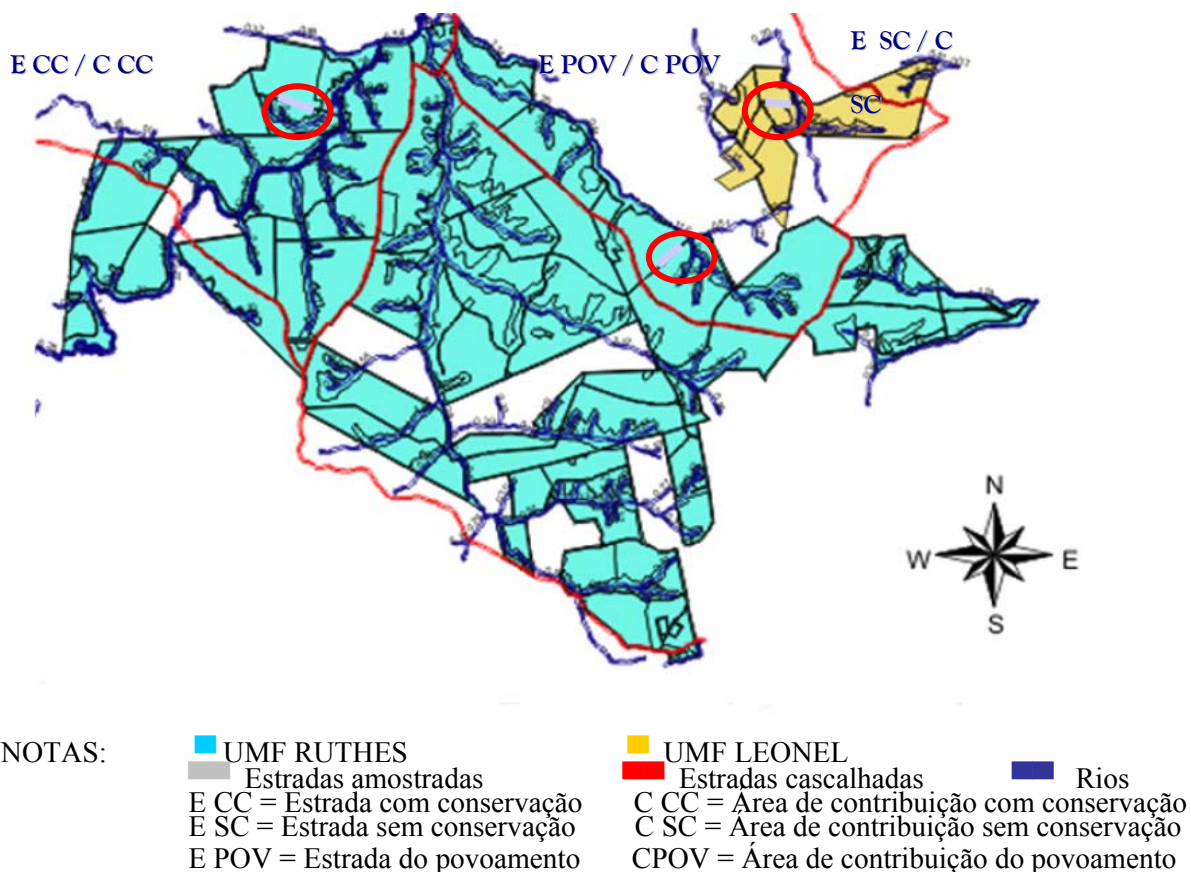
3.1.2.4 Relevo

As condições de relevo encontradas nas áreas pertencem às classes: ondulado a fortemente ondulado, com interflúvios curtos e levemente aplanados, encostas declivosas com pendentes longas (RIGESA, 2004).

No entanto, as declividades horizontais máximas encontradas nos trechos de estradas avaliados nas UMF variaram de 12% a 15%, e nas suas respectivas áreas de contribuição variou de 12% a 16%, no sentido do declive.

Na Figura 5 estão expostos os trechos avaliados nas UMFs Ruthes e Leonel localizadas no município de Itaiópolis.

FIGURA 5 - TRECHOS DE ESTRADAS AVALIADOS NAS UNIDADES DE MANEJO FLORESTAL LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE ITAIÓPOLIS



3.1.3 Unidade de Manejo Florestal Bugre e Paredão - Município de Três Barras

3.1.3.1 Estradas

No município de Três Barras foram avaliados trechos de estradas inseridos nas Unidades de Manejo Florestal Bugre e Paredão. Estas UMFs fazem parte da bacia hidrográfica do Rio do Bugre, em Rio Negro, que é constituída por 10.013 hectares de área total, sendo que a contribuição dessas UMFs nessa bacia hidrográfica é de 87,6%, considerando os 8.771 hectares de área plantada e as áreas destinadas a estradas, aceiros e áreas de transição contribuem com 13,3% nesta bacia.

A composição do sistema viário nestas UMFs esta representada da seguinte forma:

- 59,81 km de estradas, com densidade de 23,82 m ha⁻¹,
- 15,10 km de divisoras ou aceiros internos, com densidade de 6,01 m ha⁻¹,
- 14,81 km de contornos ou aceiros externos, com densidade de 5,90 m ha⁻¹.

De acordo com o relatório final do processo de certificação pelo CERFLOR, apresentados por Pinto (2005).

As estradas principais e parte das secundárias apresentam revestimento primário constituído de material sedimentar presente na região (folhelho) e a largura média encontrada nas estradas secundárias foi de 6 m e dos aceiros 4 m.

3.1.3.2 Geologia

As Unidades de Manejo Florestal avaliadas apresentam a seguinte descrição geológica, segundo Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina (1986):

- Unidade litoestatigráfica:

Sub-grupo: Tubarão/Grupo: Guatá - Pp / Formação: Palermo.

- Litologia e ambiente:

Seção média: sedimentos marinhos compreendendo siltitos e folhelhos esverdeados com níveis carbonáticos argilosos silicificados em superfície e subordinadamente arenitos muito finos.

- Geomorfologia: formas tabulares, planalto de Canoinhas, formas de cobertura sedimentar. Cobertura fenerozoica não dobrada.

Segundo o Levantamento de Solos efetuado pela empresa, as características geológicas do sub-grupo Tubarão para a área avaliada compreendem: sedimentos paleozóicos, constituídos basicamente de depósitos glaciais continentais, glacio-marinhos, fluviais e lacustres, compreendendo principalmente arenitos de granulação variada, imaturos, podendo passar a arcóseos. Presença de siltitos e folhelhos.

3.1.3.3 Solos

Os solos encontrados nestas Unidades de Manejo Florestal pertencem às classes: LATOSSOLOS, ARGISSOLOS, CAMBISSOLOS, GLEISSOLOS, NEOSSOLOS e LITÓLICOS ALUVIAIS (RIGESA, 2004). Na área avaliada foram encontrados solos pertencentes a duas classes de ARGISSOLO.

- ARGISSOLO VERMELHO-ESCURO, Álico, A Moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado. De acordo com o perfil número 04 (RIGESA, 2004), descrito no apêndice V. Nesse tipo de solo foram instalados os tratamentos que representam os trechos de estrada sem conservação e estradas do povoamento (divisoras) e suas respectivas áreas de contribuição.

- ARGISSOLO VERMELHO-ESCURO LATOSSÓLICO, Álico, A Proeminente, textura muito argilosa, relevo suave ondulado. De acordo com o perfil 19 (RIGESA, 2004), descrito no apêndice VI. Nesta classe de solo foi instalado o tratamento que representa o trecho de estrada com conservação e sua respectiva área de contribuição.

No entanto, a variabilidade textural observada nas amostragens efetuadas nas UMFs, oscilou entre muito argilosa à argilosa, com teores de argila entre 700 g kg^{-1} e 500 g kg^{-1} respectivamente.

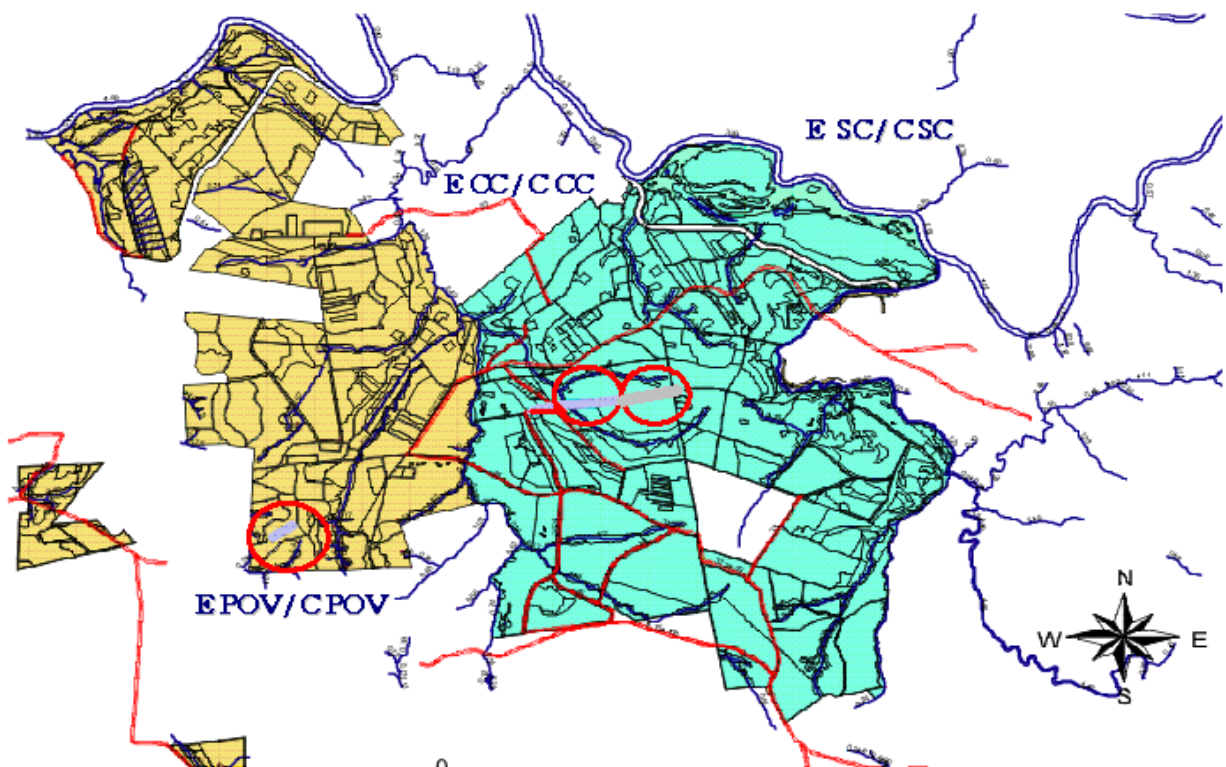
3.1.3.4 Relevo

As condições de relevo observada nas amostragens das UMFs variaram entre plano a suave ondulado, variando de 2% a 7% nos tratamentos representados pelos

trechos de estrada sem conservação e estradas do povoamento com suas respectivas áreas de contribuição. Já no trecho de estrada com conservação e sua respectiva área de contribuição às condições de relevo variaram entre 7% e 9%.

Na Figura 6, estão dispostos os trechos avaliados nas UMFs Bugre e Paredão localizadas no município de Três Barras.

FIGURA 6 – TRECHOS DE ESTRADAS AVALIADOS NAS UNIDADES DE MANEJO FLORESTAL LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE TRÊS BARRAS



NOTAS:

■ UMF BUGRE	■ UMF PAREDÃO	■ Rios
■ Estradas amostradas	■ Estradas cascalhadas	
E CC = Estrada com conservação	C CC = Área de contribuição com conservação	
E SC = Estrada sem conservação	C SC = Área de contribuição sem conservação	
E POV = Estrada do povoamento	C POV = Área de contribuição do povoamento	

3.2 MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS

3.2.1 Equipamentos Utilizados

Para avaliação das perdas de solo e água, utilizou-se neste trabalho calha

coletora de solo conhecida como amostrador de enxurrada tipo *Coshocton* (PARSONS, 1954).

Esse equipamento foi projetado pelo Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), para determinação do volume de solo e água perdidos através de escoamento superficial e apresenta como característica uma roda com ranhuras na superfície, cujo objetivo é fazê-la girar durante a enxurrada. Parte dos sedimentos grosseiros ficam retidos na calha e apenas 1% do volume total de água com sedimentos é coletada, alíquota obtida através de uma fenda (*sampling head*), que direciona o material amostrado para recipientes coletores (baldes com capacidade de 62 l), que estão conectados através de cano, conforme podemos observar nas Figuras 7 e 8, que demonstram a disposição destas calhas após a instalação do projeto e no momento da primeira amostragem.

FIGURA 7 - DETALHES DA CALHA COLETORA DE SOLO, NO MOMENTO DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO



FIGURA 8 - DETALHES DA CALHA COLETORA DE SOLO, NO MOMENTO DA PRIMEIRA AMOSTRAGEM



3.2.2 Determinação Analítica dos Sedimentos

Os sedimentos retidos nas calhas coletoras foram recolhidos, pesados e avaliados quinzenalmente durante o período de monitoramento, sendo submetidos à análise de fertilidade e de textura, seguindo a metodologia utilizada pela EMBRAPA (1997).

- Os atributos químicos do solo foram determinados através das análises de rotina, efetuadas no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

- A textura foi determinada através do método da pipeta, seguindo a metodologia adotada pela EMBRAPA (1997) Essas análises foram feitas no Laboratório de Física do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR.

A determinação da qualidade da água foi realizada nos trechos de estradas

avaliados nas UMFs, assim como nos córregos que atravessam a área, em dois períodos (06/2003 e 03/2004). Estas águas foram submetidas a análises físico-químicas de alguns parâmetros como: sólidos (totais, suspensos e dissolvidos), turbidez, cor, pH, alcalinidade, CO₂, cloretos (Cl), fluoretos (F), nitrogênio total (N), nitrogênio amoniacal (N(NH₃)), nitrogênio orgânico (N), nitratos (NO₃), nitritos (NO₂), fósforo (P), sulfatos (SO₄), ferro solúvel (Fe), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K) e alumínio (Al). Também foram feitas observações de campo onde foi constatada ausência de espumas, materiais flutuantes, óleos e graxas. Os resultados destas análises foram equiparados aos valores propostos pela classe 3 de água doce da Resolução n. 357 do CONAMA.

As propriedades físico-químicas, das amostras de água coletadas nos baldes, foram submetidas à metodologia proposta por Cogo (1978) e as análises das foram efetuadas no Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas da UFPR, através dos seguintes métodos de análise instrumental: espectrometria de absorção atômica, espectrometria de emissão e a fotolorimetria.

A rugosidade do solo nos trechos de estrada foi determinada através de perfilometria, utilizando perfilômetro com barras corrediças, conforme descrição de Carvalho *et al.* (2003). Foram amostrados quatro pontos nos trechos de estrada avaliados, e a tomada destes dados se deu no momento da implantação e no final do projeto. A média das diferenças entre a primeira e a última amostragem, considerando os quatro pontos amostrados, representam a rugosidade inicial e final dos trechos amostrados.

3.3 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os tratamentos avaliados neste trabalho contemplaram: dois trechos de estradas secundárias e um trecho de divisora ou aceiro, que corresponderam aos tratamentos de estrada e três amostragens de ½ ha em áreas adjacentes aos trechos de estradas avaliadas, denominadas de área de contribuição.

Essas amostragens foram distribuídas nas quatro UMFs avaliadas, nos municípios de Itaiópolis e Três Barras e apresentaram as seguintes características:

3.3.1 Estradas (E)

- Estrada com conservação (E CC), representada por trechos de estradas que apresentaram medidas de conservação adotadas pela empresa, representadas por barreiras de contenção da enxurrada associada às valas de retenção de água, eqüidistantes em aproximadamente 50 metros. Desta forma, cada parcela apresentou três barreiras de contenção de enxurrada sendo uma em cada extremidade e uma central, associada à vala de retenção de água.

- Estrada sem conservação (E SC), trechos de estradas sem medidas de conservação.

As dimensões das parcelas nestes dois trechos amostrados foram: 100 metros de comprimento de estrada com largura média de 6 metros sendo delimitadas por linhas de drenagem nas laterais das estradas e por barreiras de contenção nas extremidades.

As parcelas foram protegidas por lonas pretas nas laterais, a fim de evitar a deposição de sedimentos provenientes das suas respectivas áreas de contribuição, assim como as barreiras de contenção de enxurrada, evitando o acréscimo de sedimentos oriundos de outros segmentos da estrada. Na porção mais baixa da parcela, seguindo a linha de drenagem da estrada, foram instaladas as calhas coletoras de solo, conforme Figuras 9 e 10.

- No povoamento (E POV), que representa trechos das divisoras ou aceiros, que serão utilizadas como estradas no momento da colheita. Os trechos amostrados apresentaram 100 m de comprimento e largura média de 4 metros.

Os trechos de estradas com e sem conservação, instaladas nas UMFs do município de Três Barras, apresentaram revestimento primário do leito com material sedimentar (folhelho betuminoso).

FIGURA 9 - TRECHO DA ESTRADA COM CONSERVAÇÃO, NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS



FIGURA 10 - TRECHO DA ESTRADA COM CONSERVAÇÃO NA UMF DE TRÊS BARRAS



3.3.2 Áreas de Contribuição (C)

Estas áreas foram demarcadas na porção mais alta localizadas próximas as estradas amostradas, apresentando dimensões de 50 x 100m (½ ha) e delimitadas por linhas de drenagem formada com uso de retroescavadeira, onde foram instaladas as calhas coletoras de solo, na porção mais baixa da paisagem, os tratamentos ficaram assim dispostos:

- Área de contribuição com conservação (C CC) e sem conservação (C SC), representaram áreas de contribuição adjacentes aos trechos de estradas com e sem conservação E CC e E SC. Essas áreas contemplaram novos plantios, que haviam passado por preparo convencional do solo utilizado pela empresa, que consiste em enleiramento de resíduos e preparo do solo com subsolador morro abaixo.

- O povoamento (C POV), representa a área de contribuição adjacente ao trecho de estrada no povoamento E POV, demarcado dentro de uma área com povoamento de *Pinus taeda*, com idades de 6 anos nas UMFs de Três Barras e 8 anos nas UMFs em Itaiópolis. As Figuras 11, 12 e 13 representam as áreas de contribuição adjacentes as estradas com e sem conservação e a área do povoamento nas UMFs de Itaiópolis.

FIGURA 11 - ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTE AO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO, NA UMF DE ITAIÓPOLIS



FIGURA 12 - ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTE AO TRECHO DE ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO, NA UMF DE ITAIÓPOLIS

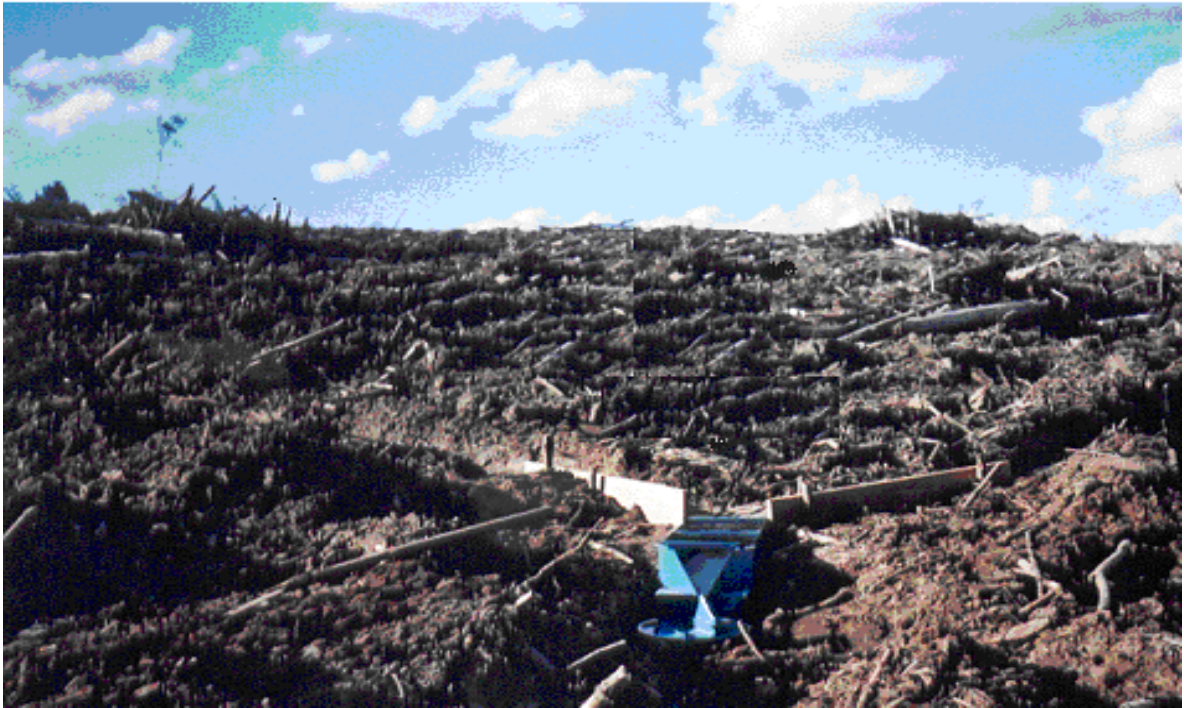
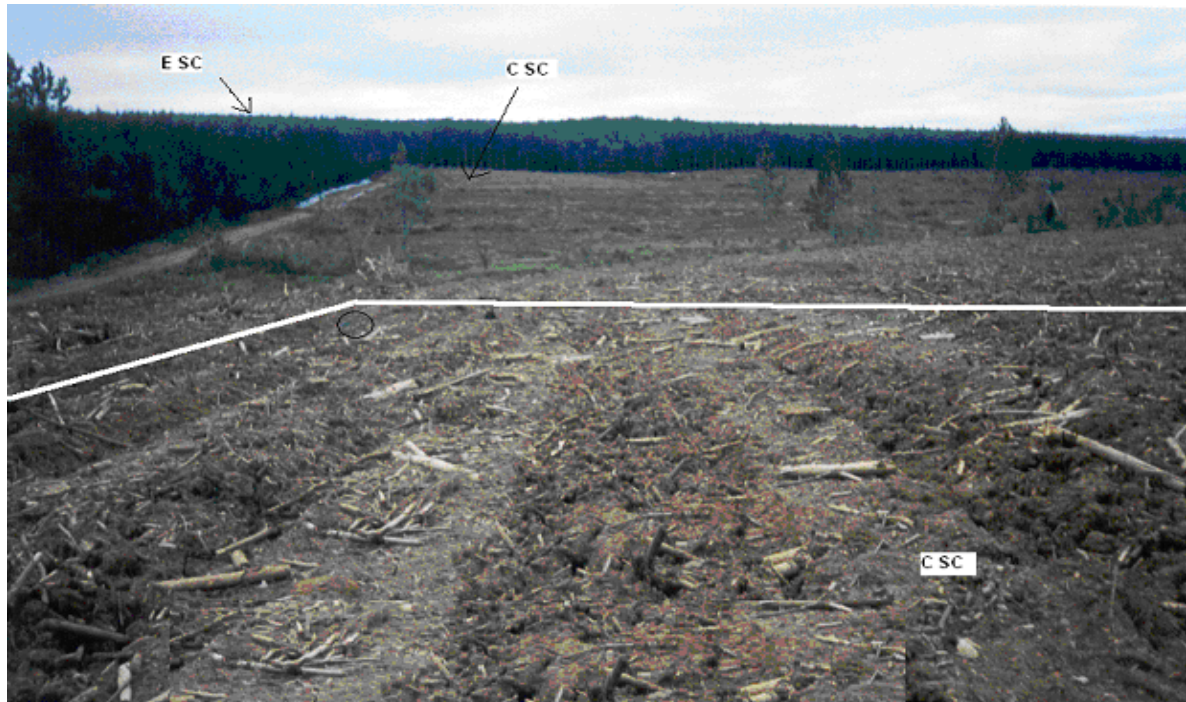


FIGURA 13 - ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTE AO TRECHO DE DIVISORA OU ACEIRO, NA UMF DE ITAIÓPOLIS



Na Figura 14, encontram-se as áreas de contribuição com conservação no primeiro plano e ao fundo a área de contribuição sem conservação, nas UMFs localizadas em Três Barras.

FIGURA 14 - ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTE AO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO E SEM CONSERVAÇÃO, NAS UMFS DE TRÊS BARRAS



Na Tabela 2 estão expostos os tratamentos efetuados nas duas regiões amostradas, com legendas que serão utilizadas na discussão dos resultados, informações de declividade horizontal máxima encontrada nos trechos de estradas amostradas e nas porções mais altas das áreas de contribuição, assim como as coordenadas das amostragens realizadas.

TABELA 2 - LEGENDA DOS TRATAMENTOS AVALIADOS NAS DUAS UNIDADES DE MANEJO FLORESTAL

Município	Tratamento	Legenda	Declividade (%)	Coordenadas georreferenciadas	
Itaiópolis	Estrada conservação	com	ITA/E/CC	12	Início 619,485.39 -7,081,053.59
					Final 619,584.79 - 7,081,116.99
Itaiópolis	Estrada conservação	sem	ITA/E/SC	13	Início 616,864.96 -7,082,416.64
					Final 616,960.06 - 7,082,374.37
Itaiópolis	Estrada povoamento		ITA/E/POV	15	Início 620,383.53 -7,082,427.20
					Final 620,480.89 - 7,082,427.20
Itaiópolis	Contribuição conservação	com	ITA/C/CC	1	Central
				1	619,495.96 - 7,081,138.12
Itaiópolis	Contribuição conservação	sem	ITA/C/SC	1	Central
				2	616,864.96 - 7,082,458.90
Itaiópolis	Contribuição povoamento		ITA/C/POV	1	Central
				6	620,436.36 - 7.082,480,03
Três Barras	Estrada conservação	com	TB/E/CC	2	Início 576,827.11 -7,114,426,54
					Final 576,968.82 - 7,114,442.29
Três Barras	Estrada conservação	sem	TB/E/SC	7	Início 577,094.78 -7,114,473.78
					Final 577,120.74 - 7,114,473.78
Três Barras	Estrada povoamento		TB/E/POV	3	Início 573,741.11 -7,112,741.83
					Final 573,814.96 - 7,112,867.79
Três Barras	Contribuição conservação	com	TB/C/CC	7	Central
					576,984.56 - 7,114,332.67
Três Barras	Contribuição conservação	sem	TB/C/SC	8	Central
					577,204.99 - 7,114,395.05
Três Barras	Contribuição povoamento		TB/C/POV	9	Central
					573,788.34 - 7,112,883.54

Os resultados de perdas de sedimentos por processos erosivos, obtidos durante o monitoramento, foram submetidos à análise estatística de Regressão Linear através do programa computacional STATISTICA e os resultados de perdas totais avaliadas foram confrontados com os estimados através da RUSLE e submetidos à análise estatística através do Teste t, por médias pareadas usando o programa Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PERDAS DE SEDIMENTOS PROVENIENTES DE ESTRADAS DE USO FLORESTAL

Foram mensuradas quinzenalmente as perdas de sedimentos originários de processo erosivo provenientes dos trechos de estradas de uso florestal e suas respectivas áreas de contribuição. O produto da erosão avaliado compreendeu: sedimentos retidos nas calhas coletoras e sedimentos dispersos em água, nos baldes, juntamente com as informações de pluviosidade ocorrida durante o período.

As duas regiões avaliadas apresentam distribuição pluviométrica equilibrada, estando de acordo com as informações contidas no Levantamento Pedológico da Empresa (RIGESA, 2004), sendo de 8% a 10% da precipitação anual ocorrendo em todos os meses, com excedente hídrico nos meses pertencentes à estação do verão e inexistência de *déficit* hídrico.

Os sedimentos coletados forneceram informações quantitativa e qualitativa das perdas provenientes de cada trecho avaliado.

4.1.1 Análise Quantitativa dos Sedimentos

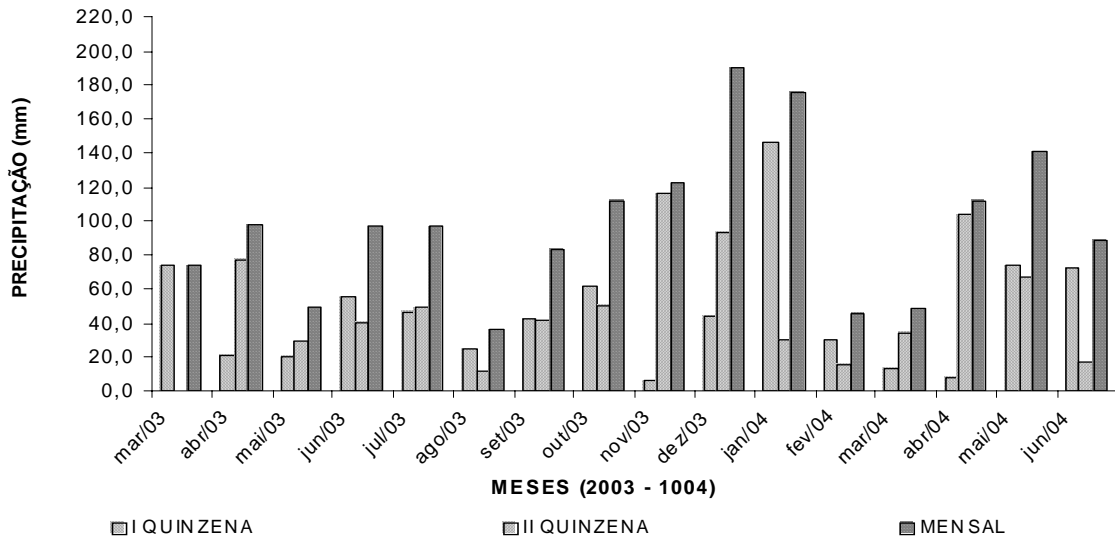
A análise quantitativa dos sedimentos forneceu informações sobre o volume acumulado de sedimento perdido por tratamento, sendo expresso em $t\ km^{-1}$ nos trechos de estradas e $t\ ha^{-1}$ nas respectivas áreas de contribuição avaliadas.

4.1.1.1 Unidades de Manejo Florestal Ruthes e Leonel, Município de Itaiópolis

O valor mensal mínimo de precipitação encontrado foi 36,2 mm em agosto/03 e máximo de 189,8 mm no mês de dezembro/03; o valor médio no período foi de 98,1 mm, e a precipitação acumulada durante o período de monitoramento foi de 1.495,6 mm.

O período de maior precipitação foi observado nos meses de dezembro e janeiro, conforme observado no Gráfico 1, que apresenta a distribuição quinzenal e mensal da precipitação nas áreas avaliadas durante o período de monitoramento.

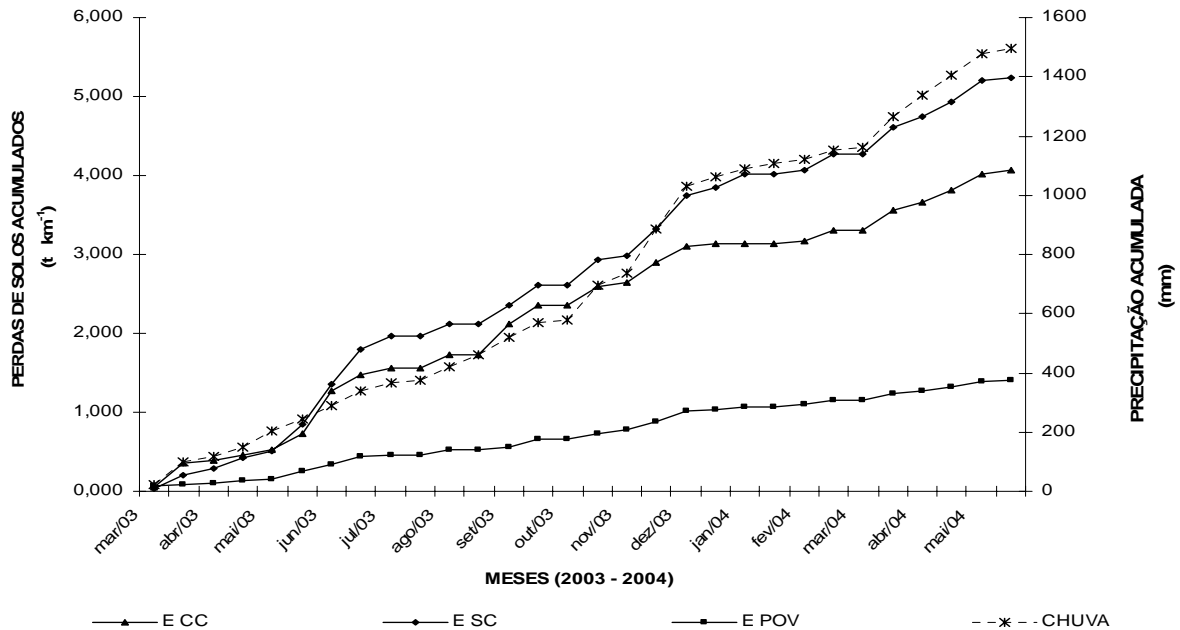
GRÁFICO 1 - PRECIPITAÇÃO QUINZENAL E MENSAL NAS UMFS LOCALIZADAS EM ITAIÓPOLIS



A precipitação é o agente ativo no processo de erosão por desagregar as partículas de solo e promover o transporte de sedimentos. Em todos os meses de monitoramento, os pluviógrafos registraram eventos de chuva com intensidade superior a 10 mm h^{-1} . O volume total, assim como a duração e intensidade de precipitação são características que conferem capacidade erosiva da chuva.

Os valores quantitativos das perdas de solo acumulados durante o período, que compreendeu os sedimentos retidos nas calhas coletoras juntamente com os sedimentos dispersos em água nos baldes, foram confrontados com a precipitação acumulada, onde se constatou a diferença entre os trechos de estradas avaliados, conforme pode se observar no Gráfico 2, onde os valores de perdas de solo acumulados no período estão expressos em t km^{-1} , e os valores de precipitação acumulada em mm.

GRÁFICO 2 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS PROVENIENTES DOS TRECHOS DE ESTRADAS AVALIADOS NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS



Nos trechos de estradas avaliadas foram constatadas perdas de solos na ordem de $10,710 \text{ t km}^{-1}$ durante o período, considerando a largura média de 6 m nas estradas secundárias avaliadas. Nas estradas do povoamento, que representam as divisoras ou aceiros a largura média encontrada foi de 4 m.

As perdas de solos acumulados estão distribuídas da seguinte forma:

- No trecho de estrada com medidas de conservação, que contemplam as barreiras de contenção de enxurrada associadas às caixas de retenção de água e ausência de revestimento do leito nestas UMFS. Estes tratamentos representaram cerca de 38,0% das perdas de sedimentos, com volume total de $4,069 \text{ t km}^{-1}$ de perda de solo no período.

- No trecho de estrada sem medidas de conservação, as perdas de solo foram de $5,240 \text{ t km}^{-1}$, representando 48,9% das perdas de sedimentos por processo erosivo durante o período.

As medidas de conservação de estradas utilizadas pela empresa foram eficientes no controle das perdas de solo em 22,3% para as condições avaliadas.

- O trecho de estrada no povoamento apresentou perdas de solo da ordem de $1,401 \text{ t km}^{-1}$, desta forma, a contribuição destas estradas foi de 13,1% nas perdas totais

de sedimentos ocorridas durante o período de monitoramento.

Os valores de perda de solo acumulado no período foram submetidos à análise de regressão, através do programa STATISTICA, onde a precipitação foi estabelecida como variável independente, numa amostragem de 30 elementos. Os resultados provenientes dessa análise estatística encontram-se apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA OS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS

TRATAMENTO	EQUAÇÃO	R (%)	R ² (%)	F (1,28)	p	ERRO PADRÃO
E CC	ITA / E / CC = 0,4215 + 0,0026 * x	97,6	95,2	554,51	<0,001	0,2713
E SC	ITA / E / SC = 0,2982 + 0,0034 * x	98,6	97,2	977,5	<0,001	0,2741
E POV	ITA / E / POV = 0,0962 + 0,0014 * x	99,5	98,9	2575,2	<0,001	0,0682

NOTA: x = variável precipitação acumulada no período.

O controle da precipitação apresentou resultados com elevada significância estatística, em função dos altos valores de “F_(1,28)” e “p” inferior a 0,001, observado em todos os tratamentos que contemplaram as perdas de solos provenientes trechos de estradas monitoradas durante o período, considerando intervalo de confiança de 95%.

Foi constatada correlação positiva entre a precipitação e as perdas de solo provenientes dos trechos de estradas avaliados durante o período, esta correlação “R_%” variou de 97,6% a praticamente 100%.

O coeficiente de determinação “R²_%”, proposto pelas equações obtidas através da análise de regressão para os tratamentos de estradas, foram capazes de explicar entre 95,2% a 98,9%, as variações de perdas de solo acumuladas durante o período em função da precipitação acumulada, com baixos níveis de erro padrão de estimativa, que evidencia o bom ajuste da equação proposta.

Os Gráficos 3, 4 e 5, originados a partir da análise de regressão linear, expõem o comportamento das perdas de solo provenientes dos trechos de estradas avaliadas durante o período em função da precipitação nas UMFs de Itaiópolis.

GRÁFICO 3 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLO ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO / UMFS DE ITAIÓPOLIS

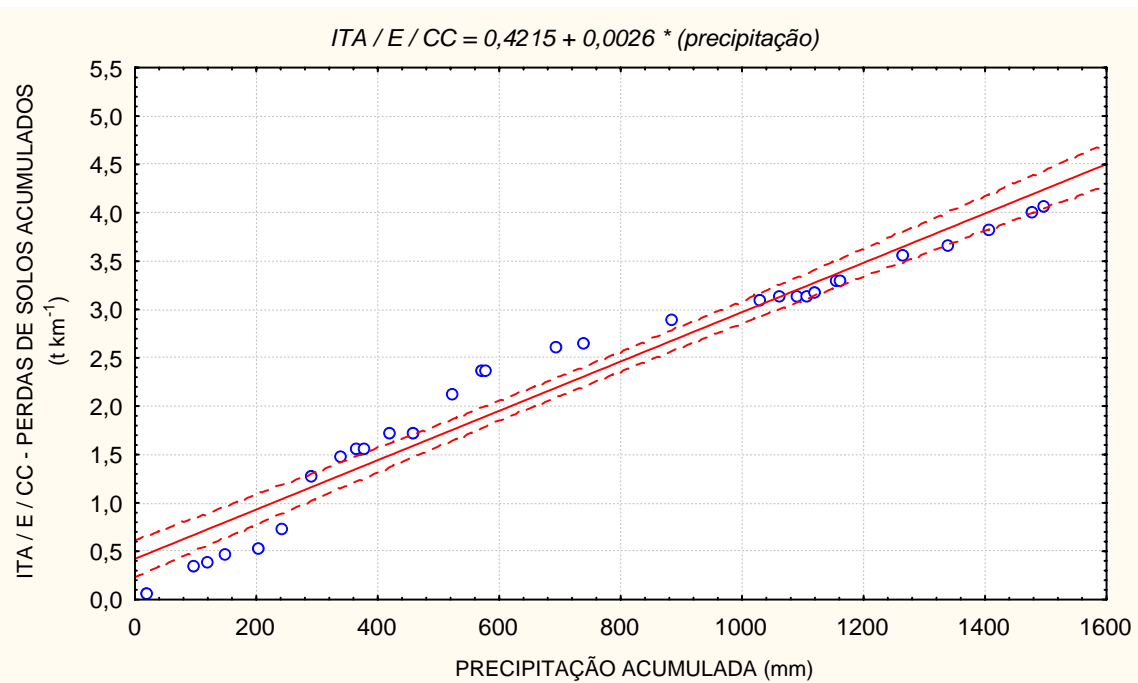


GRÁFICO 4 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLO ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO / UMFS DE ITAIÓPOLIS

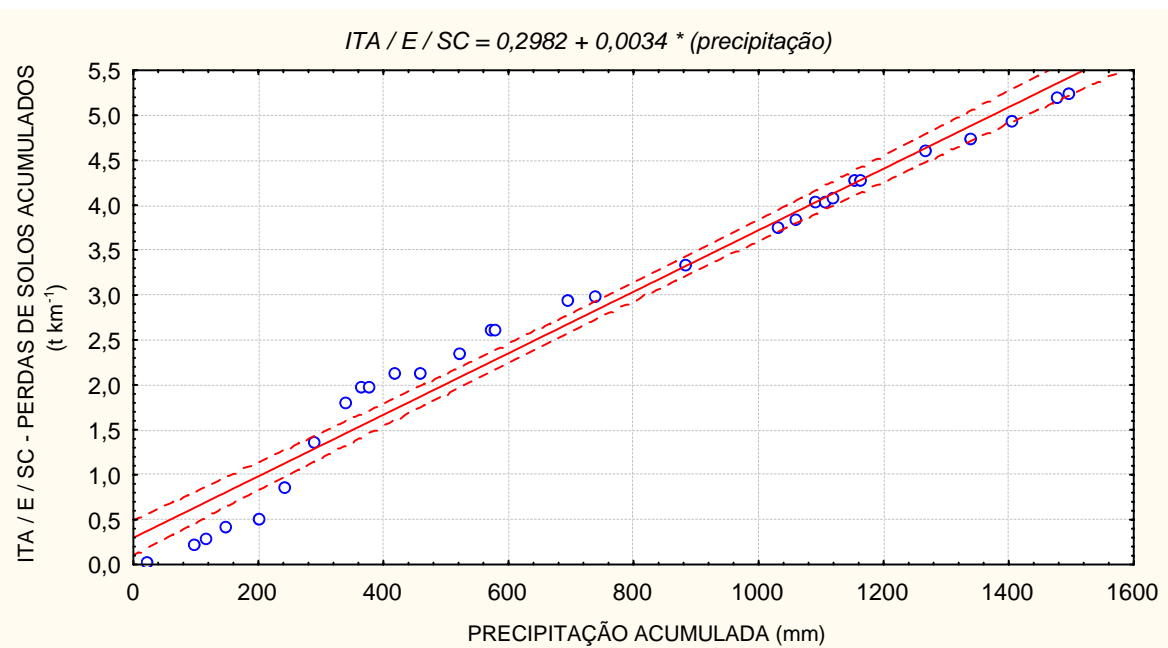
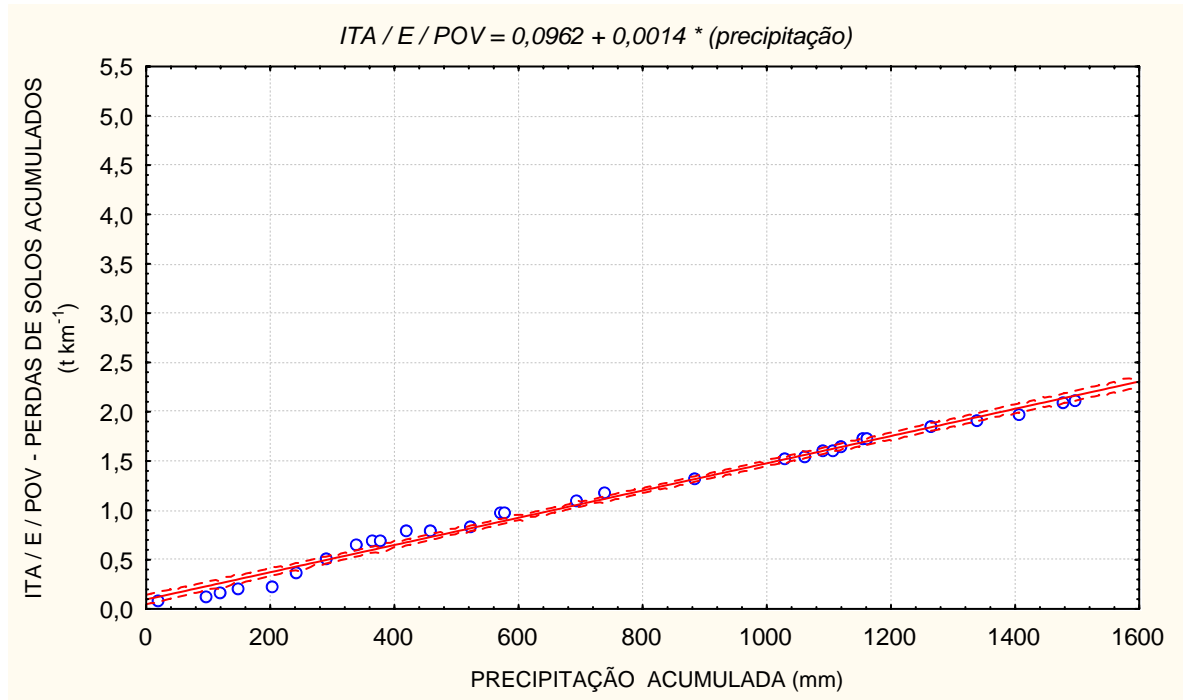
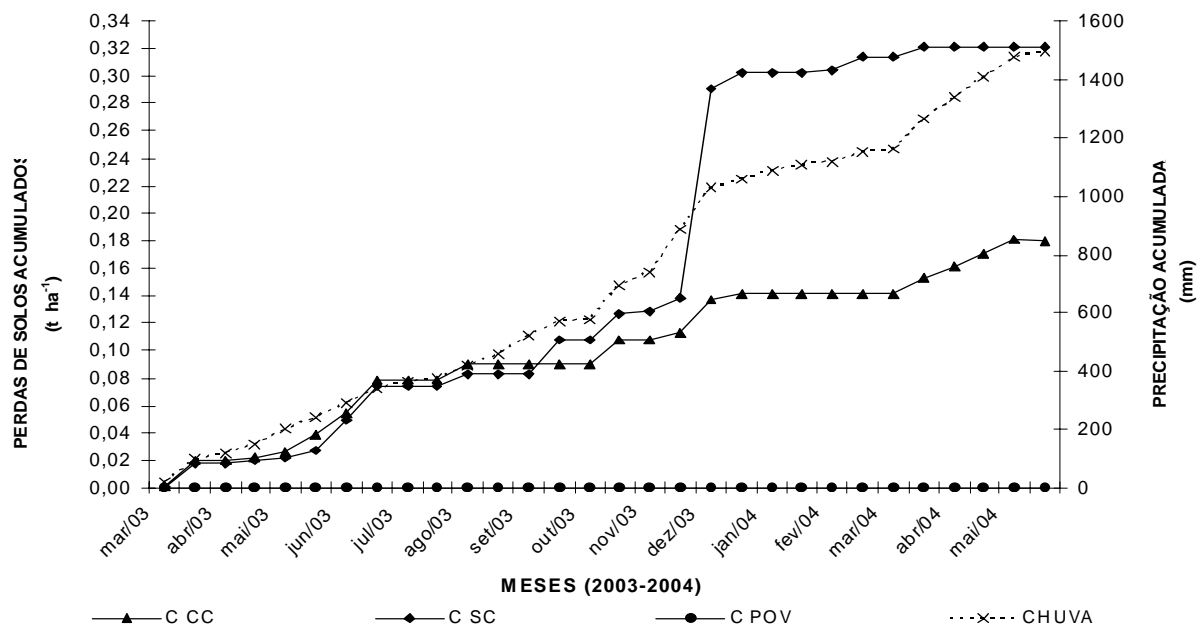


GRÁFICO 5 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NO TRECHO DA ESTRADA DO POVOAMENTO / UMFS DE ITAIÓPOLIS



Os valores de perda de solo acumulado durante o período nas respectivas áreas de contribuição dos trechos das estradas avaliados estão expostos no Gráfico 6, expressos em $t \text{ ha}^{-1}$, para os valores de perdas de solo acumulados no período e mm para precipitação acumulada.

GRÁFICO 6 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS PROVENIENTES DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO / UMFS DE ITAIÓPOLIS



As áreas de contribuição adjacentes aos trechos de estradas avaliados, estão representadas pela legenda C CC e C SC, consistem essencialmente no mesmo tratamento, ou seja, novo plantio com preparo de solo convencional. Estas áreas apresentaram perdas de solos de $0,501 \text{ t ha}^{-1}$, distribuídos da seguinte forma:

- Na área adjacente ao trecho de estrada com conservação foram constatadas perdas de $0,180 \text{ t ha}^{-1}$.

- Na área próxima ao trecho de estrada sem conservação as perdas foram de $0,321 \text{ t ha}^{-1}$. No mês de dezembro de 2003, foi registrada a maior precipitação ocorrida durante o período, que resultou num incremento no volume de sedimentos transportado superior a 100%, nesse tratamento, subindo de $0,140 \text{ t ha}^{-1}$ para $0,290 \text{ t ha}^{-1}$, estes sedimentos vinham sendo carregados para porções de maior declividade desse trecho de estrada, durante eventos de chuva anteriormente ocorridos, conforme observado nos gráficos 6 e 8.

- Nas áreas de contribuição próximas as divisoras ou aceiros não foram constatadas perdas de solos durante o período.

Os valores de perda de solo obtidos através das áreas de contribuição adjacentes aos tratamentos de estrada também foram submetidos a análises estatística, da mesma forma que os tratamentos de estrada, e os resultados encontram-se expostos na Tabela 4.

TABELA 4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTES AOS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS

TRATAMENTO	EQUAÇÃO	R (%)	R ² (%)	F (1,3)	P	ERRO PADRÃO
C CC	ITA / C / CC = - 0,0246 + 0,0003 * x	97,1	94,3	464,9	<0,001	0,0304
C SC	ITA / C / SC = 0,05264 + 0,00008 * x	97,5	95,0	534,6	<0,001	0,0118

NOTA: x = variável precipitação acumulada no período.

As áreas de contribuição, próximas aos trechos de estrada avaliados apresentaram correlação superior a 97%, entre as perdas de solo acumulado no período de avaliação e a precipitação acumulada.

As equações propostas pela análise de regressão linear foram capazes de esclarecer de 94,3% a 95%, as perdas de solo ocorridas nestas áreas durante o período de monitoramento, em função da precipitação acumulada, considerando uma margem de erro de estimada inferior a 0,030.

O controle da precipitação forneceu informações de perdas de solo acumulado no período com alta significância estatística em função dos valores de “ $F_{(1,3)}$ ” e “ p ” observados, considerando um intervalo de confiança de 95%.

Os Gráficos 7 e 8, descrevem o comportamento das perdas de solo provenientes das áreas adjacentes aos trechos de estradas avaliadas durante o período em função da precipitação, através da análise de regressão linear nas UMFs de Itaiópolis.

GRÁFICO 7 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO / UMFs DE ITAIÓPOLIS

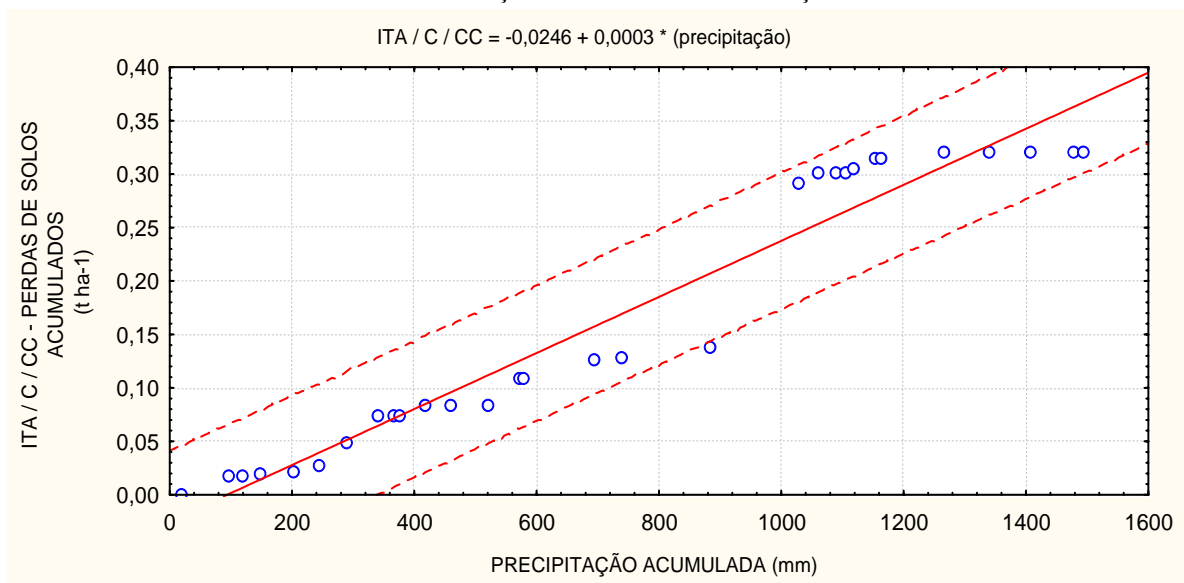
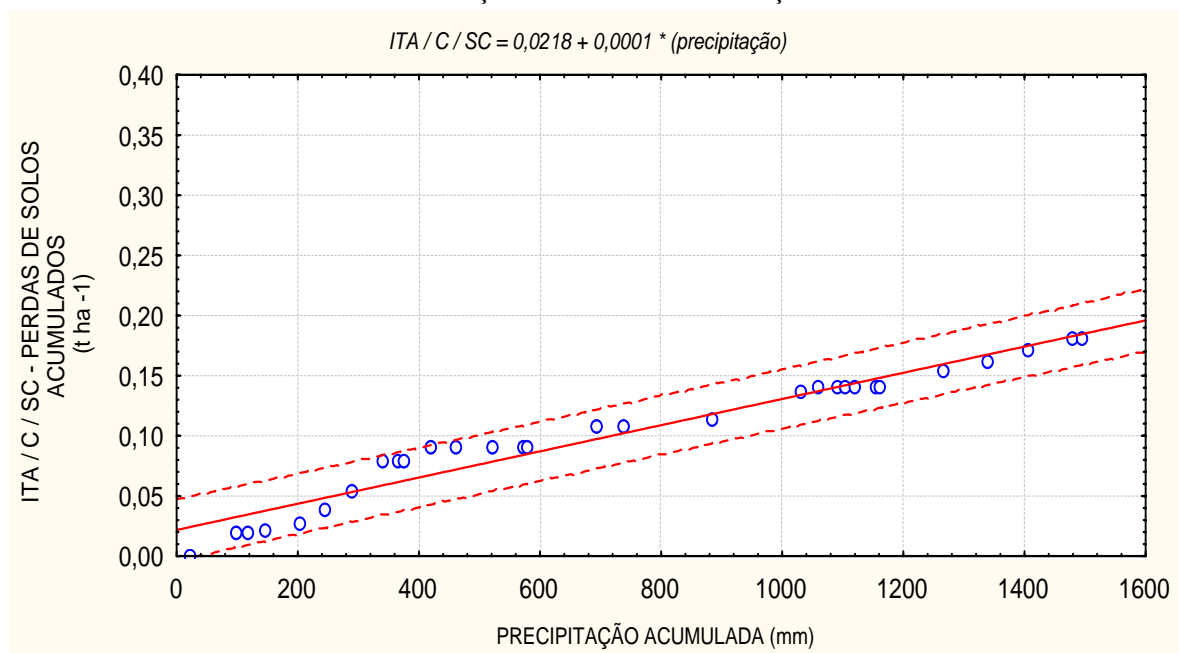


GRÁFICO 8 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SEM CONSERVAÇÃO / UMFs DE ITAIÓPOLIS



A influência da precipitação como principal agente em processo erosivo observado neste trabalho, já foi referenciada por diversos autores (BRADY; WEIL, 1999; BERTOL *et al.* 2002; FUJIHARA, 2002; VIANEI, 2004). Desta forma, as equações propostas pela análise de regressão linear, possibilitaram estimar as perdas anuais de solo em função da precipitação acumulada, para os tipos de estradas avaliadas, oferecendo elevados níveis de ajuste com confiabilidade de 95%.

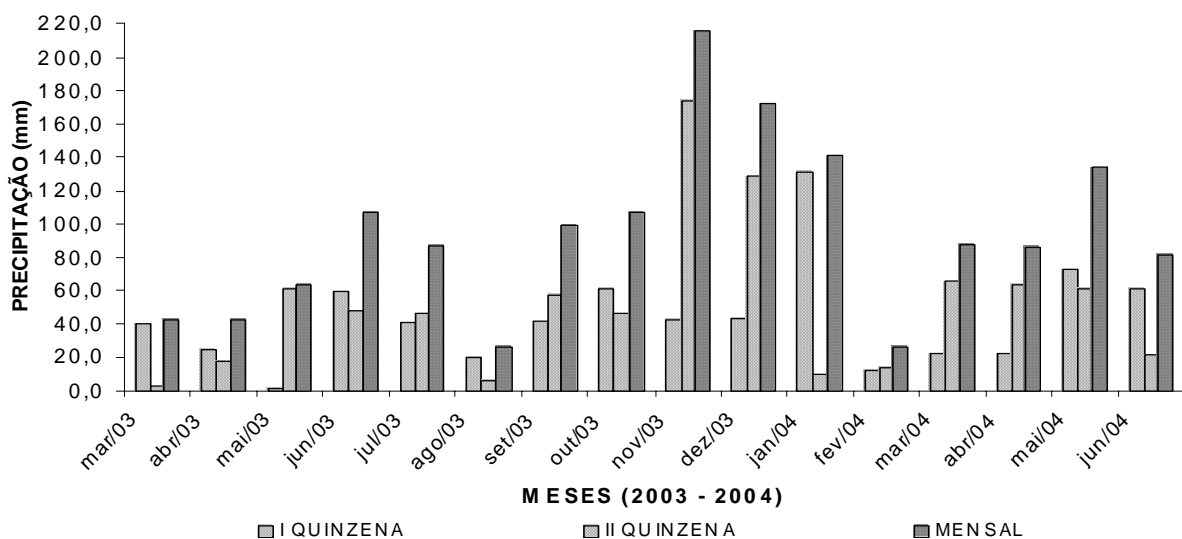
A ausência de perdas de solo assim como de água nas áreas de contribuição adjacentes as estradas dos povoamentos ou divisoras, representado pelo tratamento C POV, pode ser atribuída ao fato que a cobertura vegetal absorve a energia cinética da chuva, responsável pela desagregação do solo (LOMBARDI NETO *et al.* 1988), e a serrapilheira formada dificulta o transporte de sedimentos.

4.1.1.2 Unidades de Manejo Florestal Bugre e Paredão - Município de Três Barras

O valor mensal mínimo de precipitação encontrado nas UMFs localizadas em Três Barras foi de 32,4 mm em agosto/03 e máximo de 307 mm em dezembro/03, com precipitação média de 94,9 mm para esta região durante o período de monitoramento.

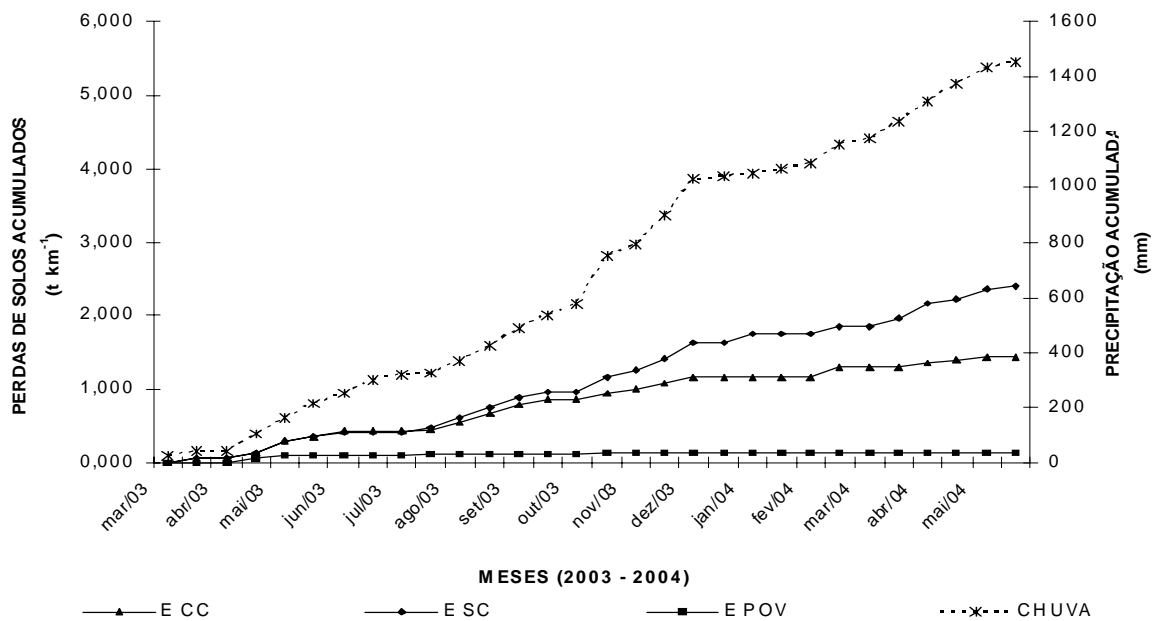
A precipitação quinzenal e mensal monitorada durante o período estão expostas no Gráfico 9.

GRÁFICO 9 - PRECIPITAÇÃO QUINZENAL E MENSAL NAS UMFS LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE TRÊS BARRAS



Assim como nas UMFs localizadas no município de Itaiópolis, os valores de precipitação acumulada foram comparados com o volume de perda de solos acumulados durante o período, e os resultados encontram-se expostos no Gráfico 10, onde as perdas de solo acumulados nos trechos de estrada avaliadas durante o período estão expressas em $t\ km^{-1}$ e precipitação acumulada em mm.

GRÁFICO 10 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADO PROVENIENTE DOS TRECHOS DE ESTRADAS AVALIADOS / UMFS DE TRÊS BARRAS



O volume de perdas de solo nessas UMFs foram significativamente menores do que as UMFs localizadas em Itaiópolis, para condições semelhantes de precipitação, cujo volume acumulado representou 1453,9 mm, durante o período de monitoramento.

Nos trechos de estradas avaliados foram constatadas perdas de sedimentos na ordem de $3,978\ t\ km^{-1}$, distribuídos na seguinte forma:

- O trecho de estrada com conservação, apresentou perdas de $1,440\ t\ km^{-1}$, representando cerca de 36,2% do volume de perdas de sedimentos acumulados durante o período. Nessas estradas, as medidas de conservação adotadas pela empresa consistiram em revestimento do leito com folhelho e barreiras de contenção de enxurrada associadas a caixas de retenção de água.

- O trecho de estrada sem conservação, apresentou como característica

revestimentos do leito com folhelho e ausência das medidas de conservação. Essas condições representaram os maiores volumes de perda de sedimentos nessas UMFs, com $2,394 \text{ t km}^{-1}$ ou 60,2% das perdas de sedimentos provenientes de estradas.

- No trecho da estrada do povoamento, representado pelas divisoras ou aceiros, apresentou como característica a ausência de revestimento do leito carroçável e medidas de conservação. Nesses trechos foram constatadas as menores perdas por erosão correspondendo a 3,6% das perdas de sedimentos ou $0,144 \text{ t km}^{-1}$.

Nessas UMFs, as medidas de conservação em estradas adotadas pela empresa reduziram o volume de sedimentos carreados em torno de 39,8%.

Os tratamentos de estrada foram submetidos à análise de regressão linear pelo programa STATISTICA, assim como as UMFs anteriores, e os resultados estão expostos na Tabela 5.

TABELA 5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA OS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS

TRATAMENTO	EQUAÇÃO	R (%)	R ² (%)	F (1,28)	P	ERRO PADRÃO
E CC	TB / E / CC = $0,1457 + 0,0010 * x$	98,1	96,2	702,52	<0,001	0,0928
E SC	TB / E / SC = $-0,0156 + 0,0016 * x$	99,8	99,6	7966,3	<0,001	0,0465
EPOV	TB / E / POV = $0,0652 + 0,00007 * x$	76,4	58,3	39,20	<0,001	0,0279

NOTA: x = variável precipitação acumulada no período.

Nos tratamentos de estrada localizados nessas UMFs, o controle da precipitação também apresentou resultados com significância estatística elevada em todos os tratamentos que contemplaram as perdas de solos provenientes trechos de estradas monitoradas durante o período, considerando intervalo de confiança de 95%.

Foi constatada correlação positiva entre a precipitação e as perdas de solo provenientes dos trechos de estradas avaliados durante o período, essa correlação variou de 76,4% a praticamente 100%.

O coeficiente de determinação, propostos pelas equações obtidas através da análise de regressão para os tratamentos de estradas foram capazes de explicar entre 58,3% a 99,6%, as variações de perdas de solo acumuladas durante o período em função da precipitação acumulada, com baixos níveis de erro padrão de estimativa, que evidencia o bom ajuste da equação proposta.

No tratamento que representa os trechos de divisoras ou aceiros, onde a

correlação e o ajuste proposto pela equação foi relativamente inferior aos demais pode estar relacionado a presença de gramíneas nessas áreas, que interferiram nos processos de transporte de sedimentos, conforme constatado nos três primeiros eventos de chuva, onde não ocorreram perdas de solos.

Os Gráficos 11, 12 e 13, originados a partir da análise de regressão linear, expõem o comportamento das perdas de solo provenientes dos trechos de estradas avaliadas durante o período em função da precipitação nas UMFs de Três Barras.

GRÁFICO 11 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO / UMFs DE TRÊS BARRAS

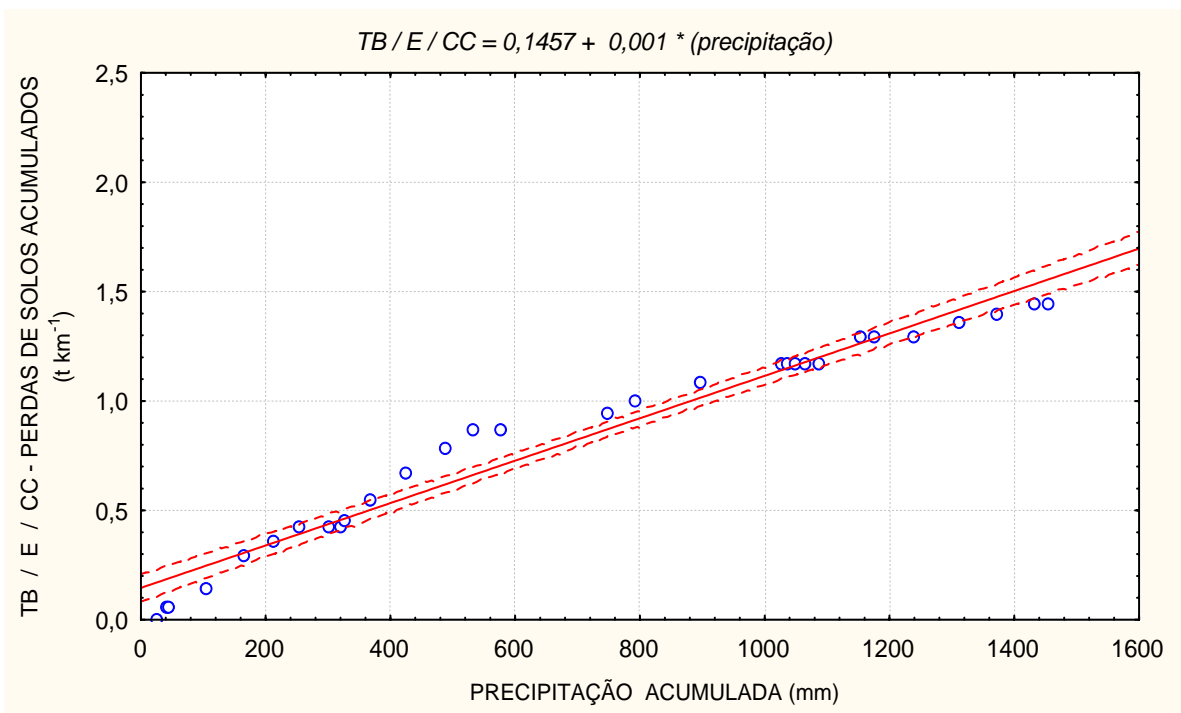


GRÁFICO 12 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO / UMFS DE TRÊS BARRAS

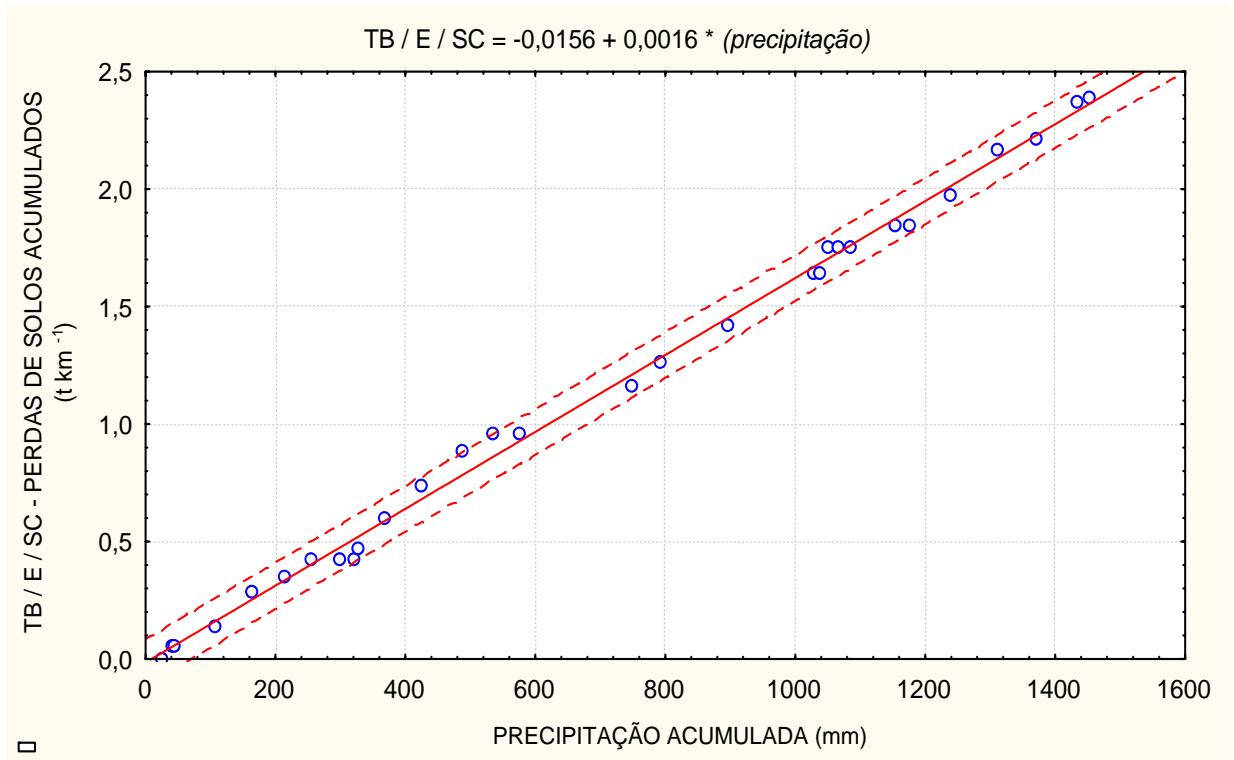
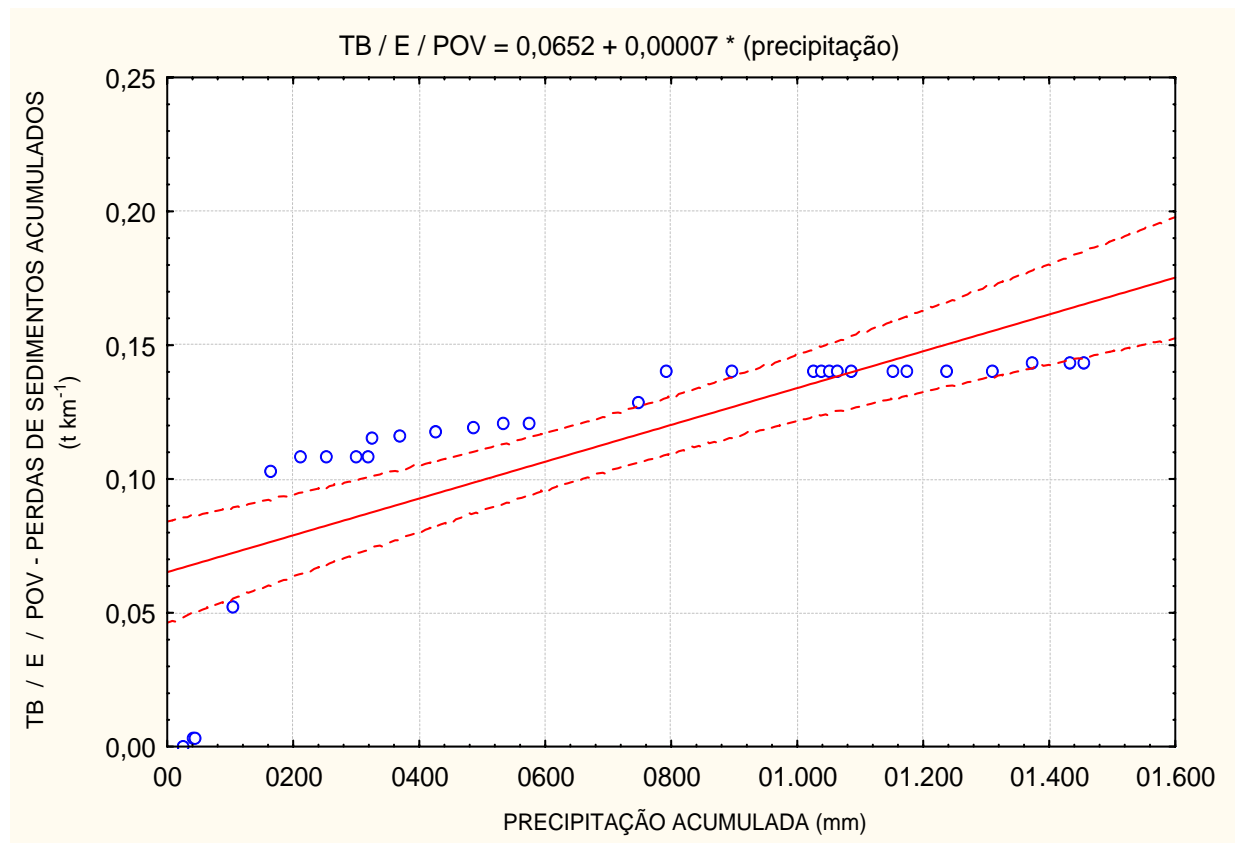


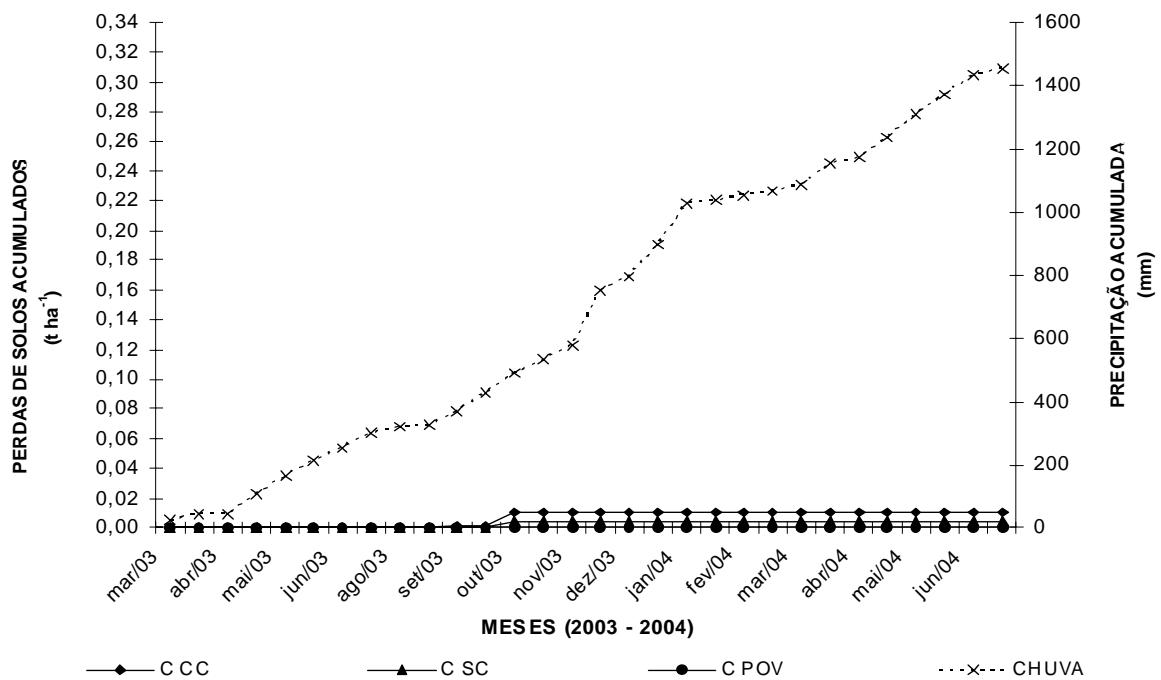
GRÁFICO 13 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NO TRECHO DE ESTRADA DO POVOAMENTO / UMFS DE TRÊS BARRAS



As estradas inserida nestas UMFs, apresentam melhores condições no que se refere aos parâmetros técnicos, quando comparados às UMFs de Itaiópolis, pois o revestimento primário com material betuminoso (folhelho), está presente nas estradas primárias e parte das secundárias e a densidade de estradas nessas UMFs é inferior quando comparada as UMFs de Itaiópolis. No entanto, encontram-se dentro dos limites propostos pela literatura.

Assim como nas UMFs de Itaiópolis, foram avaliadas as perdas de solo acumulados durante o período em função da precipitação acumulada, porém, estas UMFs apresentaram apenas sedimentos dispersos em água, coletados nos baldes, e os resultados encontram-se no Gráfico 14, onde as perdas de solo acumulados no período estão expressos em $t\ ha^{-1}$, e a precipitação acumulada em mm.

GRÁFICO 14 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADA PROVENIENTE DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO / UMFS DE TRÊS BARRAS



Nas áreas de contribuição adjacentes aos trechos de estradas avaliados, foram constatadas perdas de sedimentos na ordem de $0,014\ t\ ha^{-1}$, sendo: $0,004\ t\ ha^{-1}$, nas áreas de contribuição com conservação e $0,010\ t\ ha^{-1}$ nas áreas de contribuição sem

conservação. Assim como nas UMFs anteriores, não foram constatadas perdas de solo e água nas áreas de contribuição no povoamento.

As condições de relevo plano a suave ondulado associado às características pedogenéticas como estrutura granular com desenvolvimento moderado ou forte, assim como, as características de textura argilosa a muito argilosa, resultaram na predominância de sedimentos dispersos em água nestas amostragens. Essas características também conferem boas condições de drenagem e conseqüentemente maior resistência aos processos erosivos nestas UMFs.

Os valores de perdas de sedimentos acumulados foram submetidos à análise de regressão linear, considerando a precipitação como variável independente, conforme as UMFs anteriores e os resultados estão dispostos na Tabela 6.

TABELA 6 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA AS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO ADJACENTES AOS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS

TRATAMENTO	EQUAÇÃO	R (%)	R ² (%)	F (1,28)	p	ERRO PADRÃO
C CC	$TB/C/CC = 0,00002 + 0,000004 * x$	86,2	74,3	80,95	<0,001	0,0010
C SC	$TB/C/SC = -0,0002 + 0,000009 * x$	85,9	73,9	79,11	<0,001	0,0025

NOTA: x = variável precipitação acumulada no período.

As áreas de contribuição adjacentes aos trechos de estrada avaliados, apresentaram menor correlação entre as perdas de sedimentos acumulados em função da precipitação acumulada, quando comparado aos demais tratamentos avaliados, mantendo-se em torno de 86%. As equações propostas pela análise de regressão linear explicaram cerca de 74%, as perdas de sedimentos ocorridas nestas áreas durante o período de monitoramento, considerando uma margem de erro de estimada inferior a 0,003. O controle da precipitação é capaz de fornecer informações de perdas de sedimentos dispersos em água acumulado durante o período com significância estatística em função dos valores de “F” e “p” observados, considerando um intervalo de confiança de 95%.

Os Gráficos 15 e 16, descrevem o comportamento das perdas de solo provenientes das áreas adjacentes aos trechos de estradas avaliadas durante o período em função da precipitação, nas UMFs de Três Barras.

GRÁFICO 15 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO / UMFS DE TRÊS BARRAS

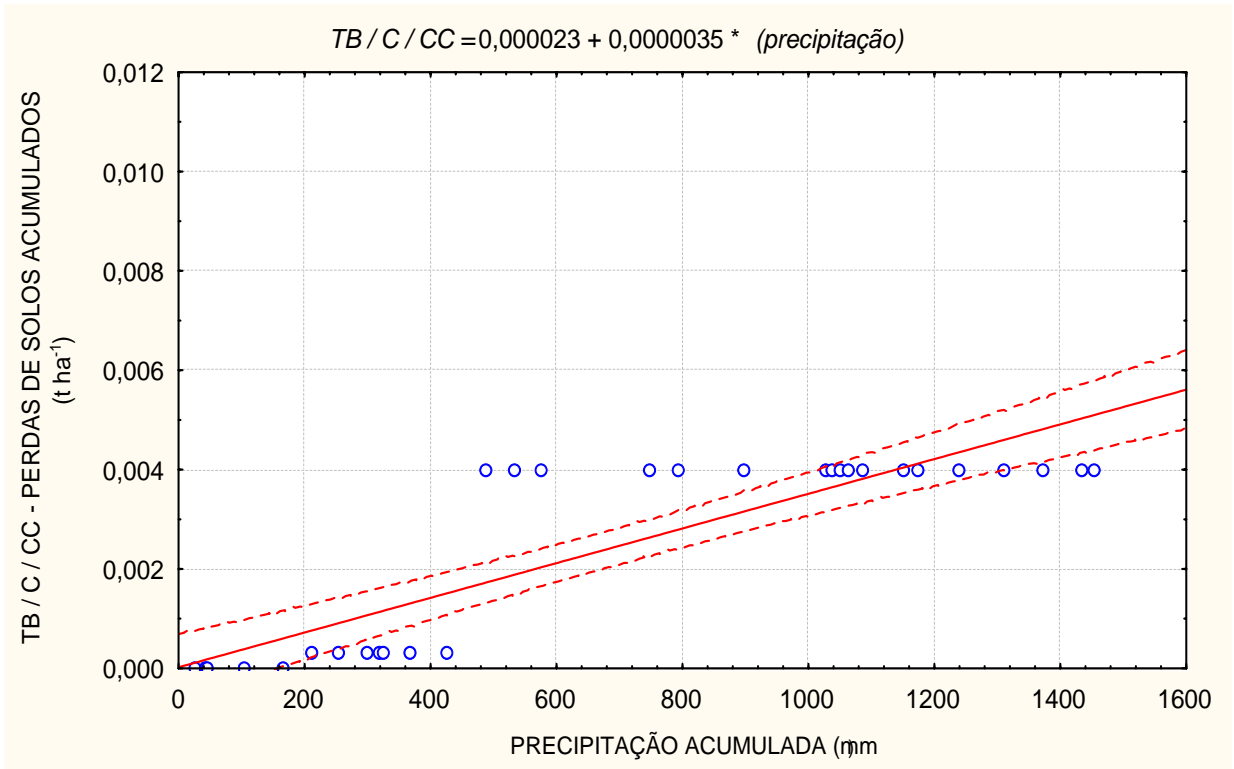
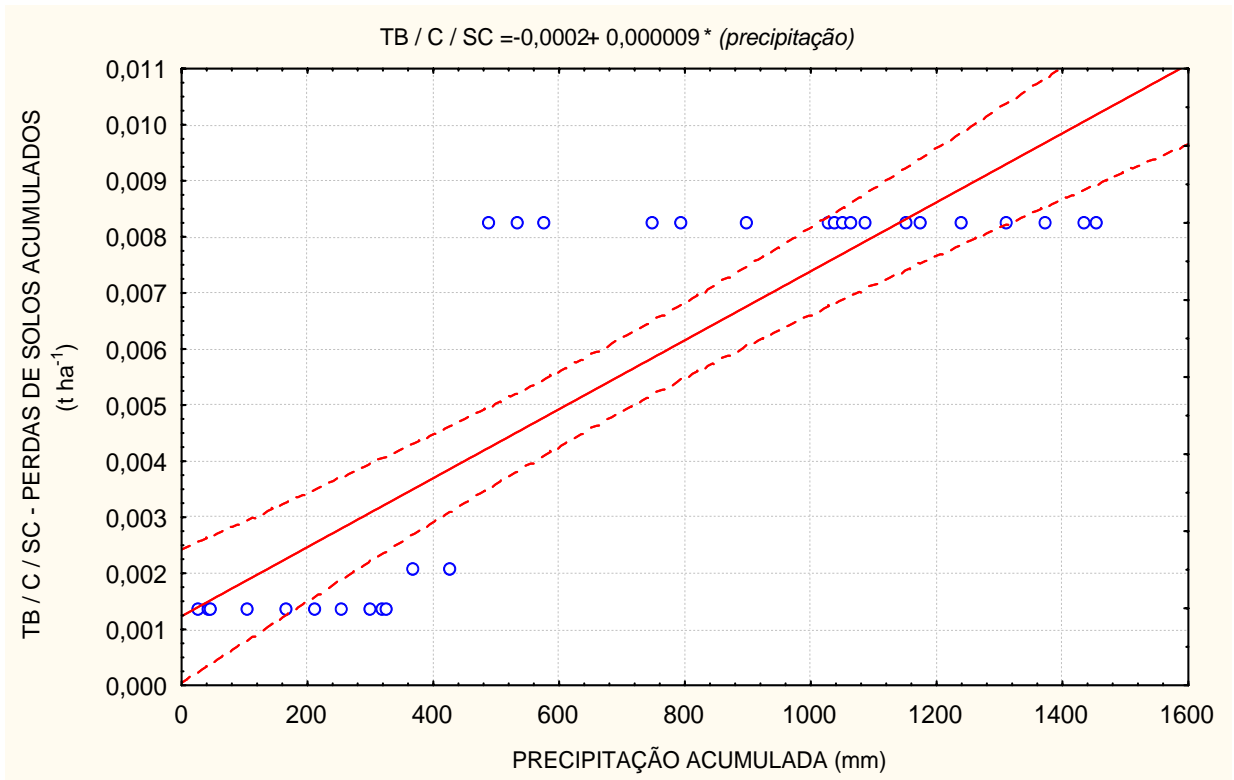


GRÁFICO 16 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA X PERDAS DE SOLOS ACUMULADOS NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SEM CONSERVAÇÃO / UMFS DE TRÊS BARRAS



4.1.1.3 Comparação entre as Unidades de Manejo Florestal avaliadas

a) Densidade de Estradas

A densidade de estradas nas UMFs localizadas em Itaiópolis apresenta 24,31 m ha⁻¹ ou 32,37 km de estradas primárias e secundárias, 17,82 m ha⁻¹ ou 23,72 km de aceiros internos e 17,79 m ha⁻¹ ou 23,69 km de aceiros externos, compondo 59,92 m ha⁻¹ de densidade de estradas, segundo informações da empresa. Estando portanto dentro dos padrões recomendados para efeitos de certificação ambiental, que considera como bom nível a variação entre 30 – 40 m ha⁻¹, admitindo-se até 60 m ha⁻¹, não devendo ultrapassar 100m ha⁻¹, incluindo estradas primárias, secundárias, ramais e trilhas (SEIXAS, 1997 e ZAKIA, 2001).

De acordo com os resultados obtidos para essas condições de estrada no período de monitoramento, pode-se dizer que a densidade de estradas corresponderia a 198,13 toneladas / ano de sedimentos perdidos por processo erosivo provenientes de estradas primárias e secundárias, se todas os trechos dessas estradas apresentassem medidas de conservação. No entanto se essas estradas não apresentassem medidas de conservação esse valor aumentaria para 236,04 toneladas/ano de solo perdido por erosão. Nas áreas destinadas a aceiros ou divisoras, as perdas de solo corresponderam a 66,42 toneladas / ano.

Já nas UMFs localizadas em Três Barras a densidade de estradas está distribuída em 23,82 m ha⁻¹ ou 59,81 km de estradas primárias e secundárias, 6,01 m ha⁻¹ ou 15,10 km de aceiros internos e 5,90 m ha⁻¹ ou 14,81 km de aceiros externos, totalizando 35,73 m ha⁻¹ de densidade de estradas.

Da mesma forma que as UMFs anteriores, pode-se dizer que essa densidade de estrada corresponderia a 90,44 tonelada / ano de sedimentos perdidos por erosão, se em todos os trechos de estradas primárias e secundárias apresentassem medidas de conservação, não havendo medidas de conservação nessas estradas, o volume de perdas de solo aumentaria para 147,49 toneladas / ano.

A densidade de estradas nessas UMFs apresentou bom nível, e revelou baixo

impacto desse parâmetro, quando comparado aos valores encontrados nas unidades anteriores, as quais também apresentaram maior volume de sedimentos carregado por processo erosivo. Segundo IPEF (2005), as altas densidades de estradas estão diretamente associada com maiores taxas de erosão.

Algumas pesquisas fazem referência de volume de perdas de solo em estradas como Belinazzi *et al.* (1989), que mencionam o efeito do comprimento de rampa no comportamento da erosão, e citam um exemplo que se quadruplicarmos o comprimento de rampa (de 25 para 100 m), as perdas médias de solo por unidade de área quase triplicam (13,9 para 32,5 t ha⁻¹). As perdas de solo proposta por estes autores estão muito acima dos valores encontrados neste trabalho, que utilizou o máximo comprimento de rampa referenciado pelo autor. Zakia (2001) sugere que em uma densidade de estradas de 60 m ha⁻¹ são carregados em torno de 1500 m³ ha⁻¹ de sedimentos, enquanto que para uma densidade de 100 m ha⁻¹, esse valor pode passar para 5000 m³ ha⁻¹. Porém, em nenhum dos exemplos são citados os padrões das estradas avaliadas, condições de relevo e solo, ou forma de avaliação dos processos erosivos (estimativa ou valores reais).

b) Medidas de Conservação

Foi avaliada a eficiência das medidas de conservação adotadas pela empresa que contemplam barreiras de contenção da enxurrada, associadas às caixas de retenção de água, com aproximadamente 50 metros de equidistância. Nas UMFs de Itaiópolis a redução das perdas de solo acumulados durante o período, em função da medida de conservação adotada nas estradas foi de 22,3%, obtido através da comparação entre os tratamentos de estradas com e sem conservação. No entanto, essas UMFs apresentaram susceptibilidade natural à erosão, em função das condições de relevo associado aos fatores pedogenéticos, gerando sedimentos retidos nas calhas, assim como sedimentos em suspensão nos baldes em todos os trechos de estradas avaliados, merecendo maior atenção no que se refere a manutenção de estradas, pois necessita de medidas de conservação com maior intensidade e de forma mais freqüente.

Já nas UMFs de Três Barras, o volume de sedimentos produzidos foi significativamente menor e as medidas de conservação adotadas pela empresa reduziram as perdas de solo acumulados no período em 39,8%, e as perdas de sedimentos se deu preferencialmente em suspensão.

c) Sistema de Drenagem

O sistema de drenagem apresentou limitações em ambas UMFs avaliadas, onde foi constatada ausência de valas ou sarjetas em alguns pontos, além de bueiros mal dimensionados ou com pouca inclinação. Essas condições que permitem o escoamento da água pelo leito da estrada, promovendo o transporte de sedimentos para porções mais baixas da paisagem. Diversos autores sugerem que sistemas de drenagem deficiente em estradas desencadeiam processos erosivos (NUNES, 2003; CHRISTOPHER, 2002; BERTOLINI *et al.* 1993 e EGAN 1999).

d) Revestimento do Leito

Nas UMFs localizadas em Itaiópolis o revestimento do leito carroçável com material primário (cascalho ou folhelho), está presente em parte das estradas primárias, no entanto as estradas secundárias e terciárias não apresentaram revestimento e estas duas ultimas classes representam até 60% da composição da malha viária. Nas UMFs localizadas em Três Barras as estradas primárias e parte das secundárias apresentavam revestimento do leito com material primário (folhelho), que associado às condições de relevo e características do solo, contribuíram para a menor produção de sedimentos proveniente de processos erosivos. O revestimento do leito carroçável está diretamente relacionado com a qualidade da rede viária (LOPES *et al.* 2002), e sua ausência pode desencadear processos erosivos (NUNES, 2003).

e) Declividade Longitudinal

As UMFs de Itaiópolis apresentam condição de relevo suave ondulado a ondulado, onde a declividade longitudinal ou perfil longitudinal das estradas variou de 12% à 15%, estando portanto acima dos limites sugeridos por diversos autores que propõem a variação de inclinação entre 3% a 8% e no máximo 12%, para estas condições de relevo (MEDEIROS, 1997; NEUENSCHWANDER, 1998; KANTOLA; HARSTELA, 1994; LOPES *et al.* 2002). Já nas UMFs de Três Barras esse parâmetro variou de 2% a 7%, estando dentro do limite proposto para esta condição de relevo.

De acordo com Seixas (1997) a erosão proveniente de estradas recentemente construída ou já existente está relacionada com fatores físicos como: tipo de solo, geologia e precipitação, assim como densidade de estradas; localização das estradas: em relação à declividade, cursos de água e solos sensíveis; padrão e construção da estrada, como largura, inclinação dos barrancos laterais e instalações de drenagem.

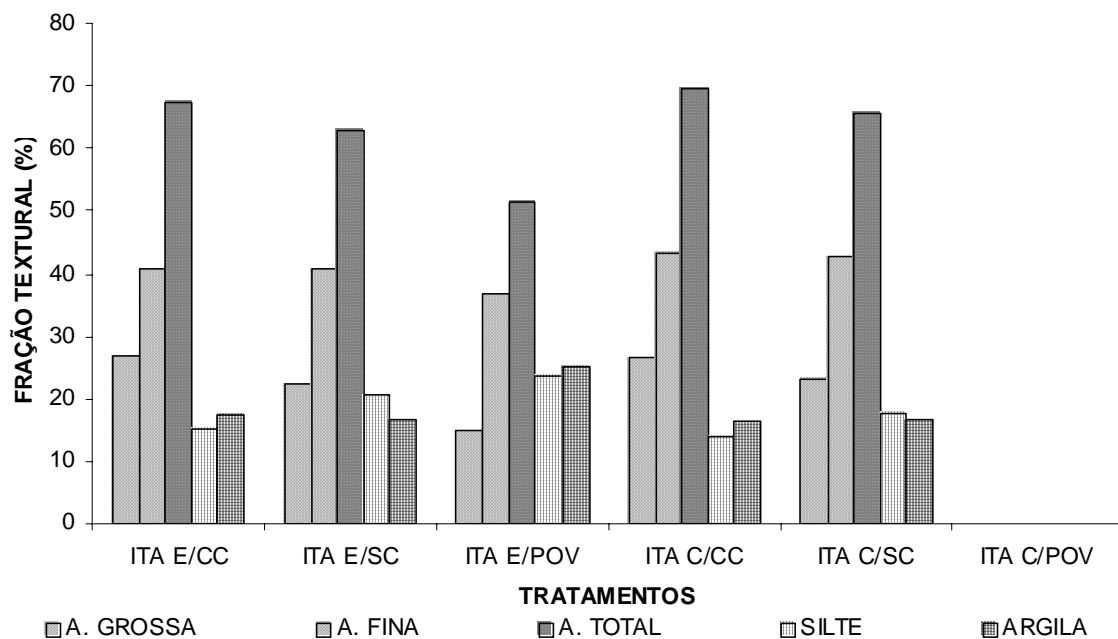
4.1.2 Análise Qualitativa dos Sedimentos

Esta análise compreendeu a definição de alguns elementos identificados nas análises de rotina proveniente dos sedimentos originados a partir das calhas coletoras instaladas em todos os tratamentos avaliados, expresso em teores médios e em $t\ ha^{-1}$.

4.1.2.1 Unidades de Manejo Florestal Ruthes e Leonel - Município de Itaiópolis

As perdas de sedimentos provenientes de processos erosivos nos tratamentos avaliados ocorreram predominantemente na fração areia, de acordo com o Gráfico 17.

GRÁFICO 17 - DISTRIBUIÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS EM (%) NOS TRATAMENTOS LOCALIZADOS NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS



Estas UMFs estão sobre Cambissolo Húmico, que apresenta textura média com 59,9% de areia, 16,1% de silte e 24% de argila no horizonte A. Já o Argissolo apresentou textura argilosa, com 8,7% de areia total, 43,3% de silte e 48% de argila, observada no horizonte A. No entanto, os sedimentos provenientes dos tratamentos apresentaram textura variando de média argilosa a arenosa e pertencentes às classes: arenoso, franco arenoso, franco argilo arenoso e franco com altos teores de silte. A distribuição textural dos sedimentos provenientes dos diferentes tratamentos foi: areia total 52% a 70%, silte 14% a 23% e argila de 16% a 25%, durante o período de monitoramento.

Na área de contribuição adjacente ao trecho de estrada no povoamento, não foram observadas perdas de sedimentos durante o período, fator que pode ser atribuído ao manejo de solos de uso florestal, que apresenta cobertura de dossel e de superfície, rugosidade superficial do solo, condições de umidade diferenciada e reconsolidação do solo, que conferem melhores condições de estrutura e permeabilidade (DISSMEYER *et al.* 1980).

Os sedimentos foram coletados quinzenalmente no período de abril de 2003 a junho de 2004 e submetidos a análise de rotina, e os valores médios dos elementos avaliados estão expostos na Tabela 7.

TABELA 7 - TEORES MÉDIOS DE NUTRIENTES PERDIDOS POR TRATAMENTO, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO, NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS

TRATAMENTOS	Al ³	H+Al	Ca ²	Mg ²	K	P	C
	Cmol _c dm ⁻³					g dm ⁻³	dm ⁻³
ITA E/CC	1,76	6,93	0,71	0,29	0,06	1,00	9,00
ITA E/SC	1,66	6,34	0,76	0,34	0,03	1,33	8,63
ITA E/POV	2,23	7,16	0,61	0,47	0,05	0,61	10,70
ITA C/CC	1,68	6,99	0,74	0,45	0,10	1,60	12,40
ITA C/SC	2,53	7,92	0,70	0,27	0,11	2,3	13,30
ITA C/POV	0	0	0	0	0	0	0
Horizonte A	2,9	12,0	0,0	0,1	0,1	2,1	-
Horizonte A1	2,9	9,1	1,1	0,3	0,1	3,1	-

NOTA: Horizonte A e A1, provenientes dos perfis de Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico típico Álico, A proeminente, (0 - 30 cm) e Cambissolo Húmico Distrófico típico Álico, A húmico, (0 - 22 cm) sucessivamente, onde estão inseridos os tratamentos nas UMFs de Itaiópolis.

Com base nas informações propostas pela Companhia de Promoção Agrícola (CAMPO, 2005), que dispõe de dados sobre níveis de fertilidade do solo para interpretação de resultados de análise, pode-se considerar que:

- A acidez trocável, representada pelo teor de alumínio (Al³⁺), apresentou concentração variando de boa (1,01 - 2,00 cmol_c dm⁻³) a muito boa (>2,00 cmol_c dm⁻³), tanto nas amostras de solo provenientes dos horizontes A e A1, que representam os perfis de solo avaliados, como também nos sedimentos perdidos por erosão nos tratamentos.

- A acidez potencial, representada pela concentração de (H + Al³⁺ cmol_c dm⁻³), apresentou condições semelhantes às observadas na acidez trocável (Al³⁺), os teores variaram de bom (5,01 - 9,0 cmol_c dm⁻³) a muito bom (> 9,0 cmol_c dm⁻³), tanto nas amostras de solo provenientes dos perfis como também nos sedimentos procedentes de erosão nos tratamentos.

- Foram constatadas baixas concentrações de cálcio e magnésio trocável tanto nos solos originários dos perfis como também dos sedimentos provenientes dos tratamentos. A concentração desses elementos apresentou variação de 0,41 - 1,20 cmol_c dm⁻³, para cálcio e 0,16 - 0,45 cmol_c dm⁻³ para magnésio.

- A concentração de potássio trocável observado nos solos originário dos perfis e nos sedimentos gerados por processos erosivos em todos os trechos de estrada avaliada foi baixa, variando de 0,04 - 0,10 cmol_c dm⁻³ e média concentração nas áreas

de contribuição, entre 0,11 - 0,18 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

- A concentração de fósforo disponível, constatada sedimentos originados a partir dos tratamentos avaliados foi muito baixa, com teores inferiores a $6,6 \text{ mg dm}^{-3}$, considerando que a concentração de argila desses sedimentos encontra-se na faixa de 15% a 35%. Assim como nos solos presentes nessas UMFs, representados por Argissolo Vermelho Amarelo, cuja concentração de argila no horizonte A corresponde à 48%, como também no Cambissolo Húmico, que apresenta concentração de argila de 24%.

Na Tabela 8, estão estimadas as perdas de nutrientes em kg ha^{-1} , considerando os valores médios dos nutrientes constatado nos sedimentos provenientes dos tratamentos avaliados.

TABELA 8 - PERDA DE NUTRIENTES POR HECTARE, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO, NAS ÁREAS AVALIADOS EM UMFS DE ITAIÓPOLIS

TRATAMENTOS	Ca ²	Mg ²	K kg ha ⁻¹	P	C
ITA E/CC	1,16	0,28	0,10	4,07	36,62
ITA E/SC	1,59	0,43	0,10	3,26	45,22
ITA E/POV	0,34	0,16	0,03	0,85	14,99
ITA C/CC	0,05	0,02	0,01	0,29	2,23
ITA C/SC	0,09	0,02	0,01	0,74	4,27
ITA C/POV	0	0	0	0	0

Com base na concentração média de sedimentos obtida durante o monitoramento, constatou-se que as perdas de nutrientes provenientes de estradas podem chegar a $4,34 \text{ kg ha}^{-1}$ de cálcio, $0,87 \text{ kg ha}^{-1}$ de magnésio, $0,23 \text{ kg ha}^{-1}$ de potássio, $8,181 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo e $96,83 \text{ kg ha}^{-1}$ de carbono, sendo que as maiores perdas foram observadas nas estradas sem medidas de conservação, seguida das estradas com conservação e nas estradas de povoamento.

As áreas de contribuição também proporcionaram perdas de nutrientes, que consistiu em $0,16 \text{ kg ha}^{-1}$ de cálcio, $0,04 \text{ kg ha}^{-1}$ de magnésio, $0,02 \text{ kg ha}^{-1}$ de potássio, $1,03 \text{ kg ha}^{-1}$ de fósforo e $6,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de carbono.

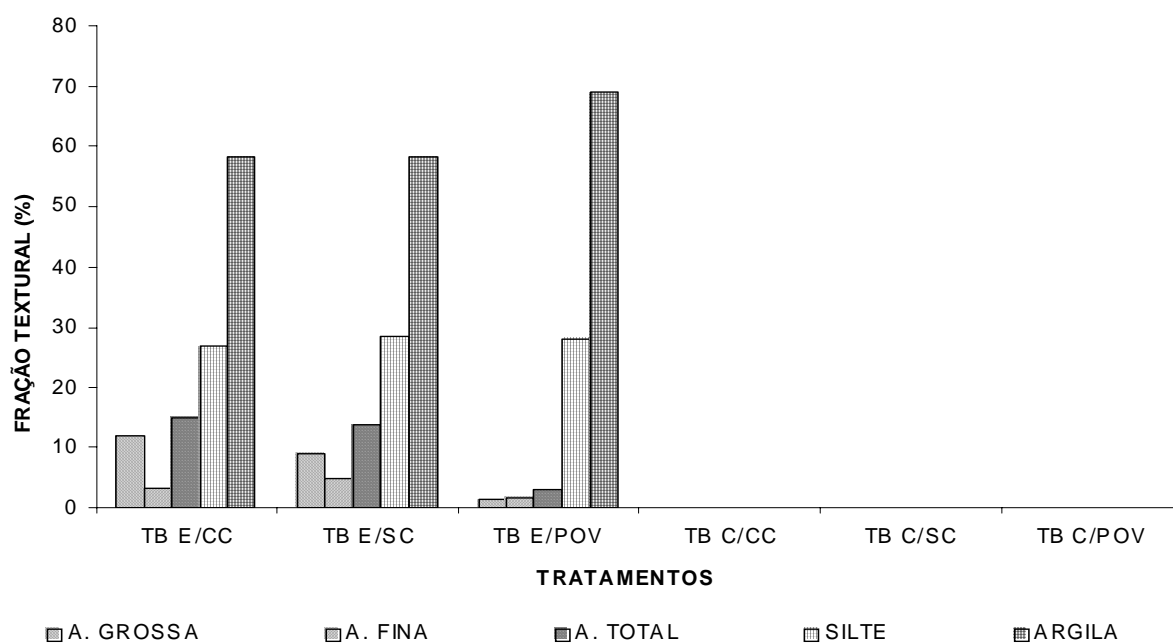
Os solos avaliados apresentaram pH ácido, variando entre 3,8 e 4,5, e conseqüentemente altos teores de alumínio trocáveis, sendo que essa característica pode influenciar o comportamento de alguns nutrientes no solo, reduzindo a proporção

de cálcio, magnésio e potássio trocáveis devido ao processo de lixiviação. No entanto, pode apresentar efeitos positivos indiretos como aumento da disponibilidade de micronutrientes tais como ferro (QUADROS, 1996).

4.1.2.2 Unidades de manejo florestal Bugre e Paredão - Município de Três Barras

As perdas de sedimentos constatadas nestas UMFs, são oriundas predominantemente da fração argila, e o comportamento textural dos sedimentos estão dispostos no Gráfico 18.

GRÁFICO 18 - DISTRIBUIÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS EM (%) NOS TRECHOS DE ESTRADA LOCALIZADAS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS



Estas UMFs encontram-se sobre duas classes de solos, sendo: Argissolos Vermelho Escuro Álico, que apresenta textura argilosa com 3,2% de areia total, 13,8% de silte e 83% de argila no horizonte Ap e os Argissolos Vermelho Escuro Latossólico com textura muito argilosa, representada por 11,3% de areia total, 18,7% de silte e 70% de argila, observada no horizonte A. Os sedimentos provenientes dos tratamentos que correspondiam às estradas apresentaram a seguinte distribuição textural: 13 a 15% de areia total, 27% a 28% de silte e 52% a 69% de argila de durante o período de

monitoramento. Nas áreas de contribuição não foram constatados sedimentos retidos nas calhas.

Os altos teores de silte constatados nas amostras podem estar relacionados com material que reveste o leito das estradas folhelho.

As UMFs localizadas no município de Três Barras apresentam maior resistência a processos erosivos do que as UMFs anteriormente avaliadas. Esta resistência pode se deve a associação de fatores pedogenéticos com: as propriedades físicas dos solos (textura, estrutura, permeabilidade e porosidade), as condições de relevo e aos parâmetros técnicos das estradas que cruzam estas unidades (densidade, revestimento do leito carroçável e declividade horizontal).

Os sedimentos que ficaram retidos nas calhas coletoras foram submetidos à análise de rotina pela UFPR, da mesma forma que as UMFs anteriores, para determinação qualitativa dos sedimentos perdidos por erosão.

Os valores médios dos elementos avaliados no período de abril de 2003 a junho de 2004 são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - TEORES MÉDIOS DE NUTRIENTES PERDIDOS POR TRATAMENTO, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO, NAS UMFs DE TRÊS BARRAS

TRATAMENTO	Al ³	H+Al	Ca ²	Mg ²	K	P	C
		cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³	g dm ⁻³
TB E/CC	1,88	8,00	2,56	1,81	0,18	1,07	20,20
TB E/SC	3,24	10,57	4,49	2,06	0,17	4,18	18,58
TB E/POV	4,00	12,00	1,38	0,82	0,28	1,15	27,50
TB C/CC	0	0	0	0	0	0	0
TB C/SC	0	0	0	0	0	0	0
TB C/POV	0	0	0	0	0	0	0
Horizonte Ap	5,26	23,07	0,09	0,14	0,12	14,36	-
Horizonte Ap	4,05	13,45	0,27	0,07	0,02	19,70	-

NOTA: Horizonte Ap, provenientes dos perfis de Argissolo Vermelho Escuro Alíco, A moderado (0 - 16 cm) e Argissolo Vermelho Escuro Latossólico Alíco, A proeminente (0 - 25 cm) respectivamente, onde estão inseridos os tratamentos nas UMFs de Três Barras.

Assim como nas áreas amostradas nas UMFs de Itaiópolis, que utilizaram as informações propostas por Campos (2005) para definição das condições de fertilidade dos solos e sedimentos avaliados, foram constatadas as seguintes condições:

- A acidez trocável, representada pelo teor de alumínio (Al^{+3}), apresentou muito boa concentração deste elemento, com teores superiores a $2,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, nas amostras de solo provenientes dos horizontes Ap e em praticamente todas os sedimentos provenientes dos tratamentos amostrados.

- A acidez potencial, representada pelos teores de $(H + Al \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3})$, apresentou condições semelhantes às observadas nos teores de alumínio, variando de bom ($5,01 - 9,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) a muito bom ($> 9,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), tanto nas amostras provenientes dos perfis como também nos sedimentos procedente de erosão nos tratamentos.

- As concentrações de cálcio trocável observado nos solos procedentes dos perfis apresentaram teores muito baixos, inferiores a $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, no horizonte A. Já nos sedimentos originários de processos erosivos dos tratamentos de estrada ocorreram variação nos teores desse elemento, sendo médio ($1,21 - 2,40 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) para os sedimentos provenientes da estrada do povoamento, bom nível de concentração ($2,41$ a $4,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no tratamento de estrada com conservação e muito bom, com teores superiores a $4,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, para o tratamento de estrada sem conservação. O aumento nos teores desse elemento nos tratamentos de estrada provavelmente esteja relacionado à presença de revestimento do leito carroçável com rocha sedimentar (folhelho).

- A concentração de magnésio trocável foi muito baixa, nos solos originários dos perfis, inferiores a $0,15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, teores médios ($0,46$ a $0,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) nos sedimentos provenientes das estradas do povoamento e muito bom nos sedimentos procedentes dos demais tratamentos de estrada, com teores superiores a $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

- A concentração de potássio trocável observada nos solos pertencentes aos perfis onde estão inseridos os tratamentos variaram entre muito baixo, com valores inferiores a $0,04 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ para o Argissolo Vermelho Escuro à teores médios ($0,11 - 0,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no Argissolo Vermelho Escuro Latossólico. Os sedimentos provenientes de processo erosivo em todos os trechos de estrada avaliados, também

apresentaram teores médios para esse elemento.

- Os sedimentos originados a partir dos tratamentos de estrada apresentaram baixos teores de fósforo disponível, inferiores a $4,0 \text{ mg dm}^{-3}$, em praticamente todos os tratamentos de estrada, considerando que estas áreas apresentam concentração de argila entre 35 e 60%. No entanto nos solos provenientes dos perfis avaliados apresentam muito boa concentração desse elemento no horizonte A, com teores superiores a 12 mg dm^{-3} , considerando que o teor de argila é superior a 60% nos dois tipos de solo encontrados nessas UMFs.

Os valores médios dos nutrientes avaliados foram ajustados às perdas de solos encontrados por tratamento, assim como nas áreas amostradas nas UMFs anteriores e apresentaram os resultados apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 - PERDA DE NUTRIENTES POR HECTARE, DURANTE O PERÍODO DE MONITORAMENTO, NOS TRECHOS DE ESTRADA AVALIADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS

TRATAMENTO	Ca ²	Mg ²	K k ha ⁻¹	P	C
TB E/CC	1,47	0,63	0,10	1,54	29,10
TB E/SC	4,30	1,18	0,16	10,00	44,48
TB E/POV	0,08	0,02	0,02	0,17	3,96
TB C/CC	0	0	0	0	0
TB C/SC	0	0	0	0	0
TB C/POV	0	0	0	0	0

Estas UMFs apresentaram perdas de nutrientes somente nos trechos de estradas, o que representou $5,85 \text{ kg km}^{-1}$ de cálcio, $1,83 \text{ kg km}^{-1}$ de magnésio, $0,28 \text{ kg km}^{-1}$ de potássio, $11,71 \text{ kg km}^{-1}$ de fósforo e $77,54 \text{ kg km}^{-1}$ de carbono, sendo que os maiores valores foram obtidos no trecho de estrada sem medidas de conservação, que apresentaram volume de perda de sedimentos superiores ao trecho de estrada com conservação e os menores valores foram encontrados no trecho de estradas do povoamento.

4.1.2.3 Comparativo entre as áreas avaliadas nas unidades de manejo florestal

Em ambas áreas de contribuição no povoamento, não foram constatadas perdas de sedimentos retidos nas calhas ou suspensos em água (nos baldes), durante o período

de coleta. Parte da água de chuva foi absorvida pelo povoamento ou sofreu processo de evaporação, não permitindo transporte de sedimentos através de escoamento superficial.

Diversos autores citam os efeitos benéficos das florestas sobre os recursos hídricos. O IPEF (2003) propõe que as florestas, como cobertura vegetal, com suas raízes e serrapilheira, impedem o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, permitindo que a água infiltre gradativamente e evitando o escoamento superficial da água de forma livre, diminuindo assim sua velocidade de escoamento e reduzindo o processo de erosão natural dos solos. Rocha (2001) afirma que a velocidade média de infiltração da água das chuvas nos solos florestais é de 150 mm h^{-1} , enquanto que em áreas de pastagem é de 12 mm h^{-1} e nas agrícolas é de 6 mm h^{-1} . Rocha e Kurtz (2001) declaram que as florestas promovem a formação de serrapilheira e impregnam o solo com matéria orgânica, a qual absorve muita água, além de funcionarem como um armazém de água nos solos, liberando a água absorvida gradativamente e melhorando o regime hídrico.

As condições de solo e relevo associados aos parâmetros técnicos observados na rede viária contribuíram para o desenvolvimento de processos erosivos nestas UMFs, merecendo maior atenção no que se refere à manutenção de estradas, pois necessita de medidas de conservação com maior intensidade e de forma mais freqüente.

4.1.3 Estimativa de Perda de Solo através da RUSLE

Os resultados avaliados anteriormente representam as perdas reais de solo encontradas nos trechos de estrada e suas respectivas áreas de contribuição avaliadas nas Unidades de Manejo Florestal, no período de março de 2003 a junho de 2004.

Estes valores de perdas de solo foram equiparados com os resultados obtidos através da equação de número 1, proposta na revisão bibliográfica, que representa uma adaptação da Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE).

O **fator R** é determinado em função de histórico diário de precipitação, com informações de intensidade de chuvas, que neste estudo representou o período de

março de 2003 a junho de 2004. O EI_{30} foi estimado através da equação de número 4, proposta por Wischmeier; Smith (1958), descrita na revisão bibliográfica.

A chuva acumulada no período de avaliação nas UMFs de Itaiópolis correspondeu a 1.495,6 mm, que correspondeu a erosividade de a 9.061,8 MJ.mm ha⁻¹.h⁻¹. Nas UMFs localizadas em Três Barras a chuva acumulada correspondeu 1.453,9 mm, que correspondeu a erosividade de 8.831,8 MJ.mm ha⁻¹.h⁻¹.

O **fator K** foi calculado com base na equação *B*, proposta por Dissmeyer *et al* (1980), apresentada no anexo I. Os valores de erodibilidade do solo encontrados para estes fatores em conjunto nas UMFs de Itaiópolis variaram entre 0,036 a 0,027 t.h MJ⁻¹.mm⁻¹ nos Cambissolos, e de 0,038 a 0,025 t.h MJ⁻¹.mm⁻¹ nos Argissolos Vermelho Amarelo. Já nas UMFs localizadas em Três Barras que estão sobre Argissolos Vermelho Escuro, a variação desse fator foi de 0,022 a 0,023 t.h MJ⁻¹.mm⁻¹.

Para cálculo dos **fatores L e S** foi utilizada a equação número 9 proposta por Bertoni; Lombardi Neto (1999), exposta na revisão bibliográfica. Os valores encontrados para este fator Nas UMFs localizadas em Itaiópolis estão apresentados na Tabela 11.

TABELA 11 - FATOR LS, POR TRATAMENTO NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS E TRÊS BARRAS

UMFs	FATOR LS					
	E / CC	E / SC	E / POV	C / CC	C / SC	C / POV
Itaiópolis	3,69	3,36	4,37	2,17	1,96	3,05
Três Barras	0,41	1,78	0,65	1,15	1,35	1,55

O **fator C**, foi determinado através da soma dos seguintes sub-fatores.

$$C = CC \cdot BS \cdot SR \cdot SC \cdot RB \cdot DE \cdot CT \quad (10)$$

E a composição dos sub-fatores foi definida da seguinte forma:

- Cobertura de Dossel ou Solo Descoberto (CC): Nesse sub-fator, ficou estipulado o valor de 1 para todos os tratamentos considerando-se que não apresentam cobertura de dossel nas estradas e que as suas respectivas áreas de contribuição foram submetidas a corte raso. Nas áreas adjacentes ao trecho de estrada do povoamento, onde havia cobertura de dossel, não foram constatadas perdas de solo durante o

período.

- Cobertura da Superfície ou Cobertura por Resíduo (BS): Os valores desse sub-fator foram estipulados com base na Tabela B do apêndice II, proposta por Dissmeyer *et al* (1980), sendo considerado 0,099 para estradas, 0,055 para as áreas de contribuição localizadas nas UMFs de Itaiópolis, que apresentou cerca de 80 % da área com solo descoberto. Nas áreas de contribuição localizadas nas UMFs de Três Barras, o valor atribuído a esse sub-fator foi de 0,03, considerando aproximadamente 50 % da área com solo descoberto.

- Rugosidade Superficial do Solo (SR): Neste sub-fator utilizou-se a equação proposta por Renard *et al.* (2000), descrita através da equação O, no Anexo II, onde os valores de rugosidade foram obtidos através de perfilometria, e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 - VALORES CALCULADOS DE RUGOSIDADE DE SUPERFÍCIE UTILIZADOS

Tratamento	SR	Tratamento	SR	Tratamento	SR	Tratamento	SR
ITA E CC	0,3140	ITA C CC	0,6510	3B E CC	0,9575	3B C CC	0,2770
ITA E SC	0,5149	ITA C SC	0,5091	3B E SC	0,6140	3B C SC	0,4095
ITA E POV	0,2088	ITA C POV	0,0892	3B E POV	0,6129	3B C POV	0,6431

- Reconsolidação do Solo (SC): Esse subfator foi determinado através da Tabela C, do apêndice II, proposta por Dissmeyer *et al* (1980), e os valores estipulados para os trechos de estrada avaliados foram de 0,483 para as UMFs localizadas em Itaiópolis e de 0,622 para as UMFs de Três Barras e 0,245 para as áreas de contribuição em ambas condições avaliadas.

- Agregação Residual do Uso Anterior (RB): Este sub-fator foi proposto com base na Figura A do apêndice II, proposta por (DISSMEYER *et al*, 1980). Nas UMFs localizadas em Itaiópolis, os valores estabelecidos para este sub-fator variaram entre 0,8 para os trechos de estrada e 0,6 para suas respectivas áreas de contribuição. Para as UMFs de Três Barras foram estabelecidos valores de 0,9 para os trechos de estrada e 0,4 para as áreas de contribuição.

- Efeito de Degraus (DE): Na Tabela 13 estão os valores encontrados para esse sub-fator, considerando a proposição de Dissmeyer *et al.* (1980) descrita na tabela D do apêndice II.

TABELA 13 - VALORES ESTIPULADOS PARA O SUB-FATOR EFEITO DE DEGRAUS

Tratamento	DE	Tratamento	DE
ITA E CC	0,71	3B E CC	0,99
ITA E SC	0,56	3B E SC	0,67
ITA E POV	0,84	3B E POV	0,99
ITA C CC	0,27	3B C CC	0,59
ITA C SC	0,27	3B C SC	0,49

Os valores calculados para o fator C encontram-se apresentados na tabela 14.

TABELA 14 - FATOR C OBTIDO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS

Tratamento	Fator C	Tratamento	Fator C
ITA E CC	0,01	3B E CC	0,05
ITA E SC	0,01	3B E SC	0,02
ITA E POV	0,01	3B E POV	0,03
ITA C CC	0,001	3B C CC	0,0005
ITA C SC	0,001	3B C SC	0,0006

O **fator P** representa o efeito da prática conservacionista, como nas áreas de contribuição o preparo de solo foi feito morro abaixo, o valor estipulado para esse fator foi 1, nessas áreas. Já nos trechos de estrada avaliados, a definição desse fator se deu em função das perdas de solo por tratamento e as perdas totais dos tratamentos em estradas. Desta forma, foram obtidos os seguintes valores para esse fator 0,4 para os tratamentos de estrada com conservação, 0,5 para os trechos de estrada sem conservação e 0,1 para os trechos de estradas no povoamento nas duas regiões amostradas.

4.1.3.1 Estimativas de perda de solo através da RUSLE nas amostragens efetuadas nas UMFs de Itaiópolis

Nestas UMFs, a erosividade da chuva apresentou diferentes comportamentos nos tratamentos avaliados. Nos trechos de estradas ocorreram 25 eventos de chuva que provocaram perdas de solo, enquanto que nas respectivas áreas de contribuição foram constatados 18 eventos.

Para determinar as estimativas de perdas de solo através da RUSLE, foram testadas diferentes combinações de fatores e subfatores que geraram estimativas

diferenciadas.

Na Tabela 15 encontra-se a combinação de fatores que apresentou os melhores valores estimados de perdas de solo expresso em toneladas por hectare e a comparação com as perdas reais de solos nas estradas ($t\ km^{-1}$) e nas respectivas áreas de contribuição ($t\ ha^{-1}$) nestas UMFs.

TABELA 15 - ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO ATRAVÉS DA RUSLE E AS PERDAS REAIS DE SOLO AMOSTRADAS NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS

Tratamentos	Perda Estimada	UMFs / ITAIÓPOLIS	
		Perda Real Acumulada	Diferença de Estimativa (%)
E/CC	3,54	4,07	- 13,0
E/SC	6,38	5,24	+ 21,8
E/POV	0,96	1,40	- 31,4
Sub-totais	10,88	10,71	+ 1,6
C/CC	0,76	0,18	+ 322,2
C/SC	0,49	0,32	+ 53,1
C/POV	-	-	-
Sub-totais	1,25	0,50	+ 150,0
TOTAIS	12,13	11,21	+ 8,2

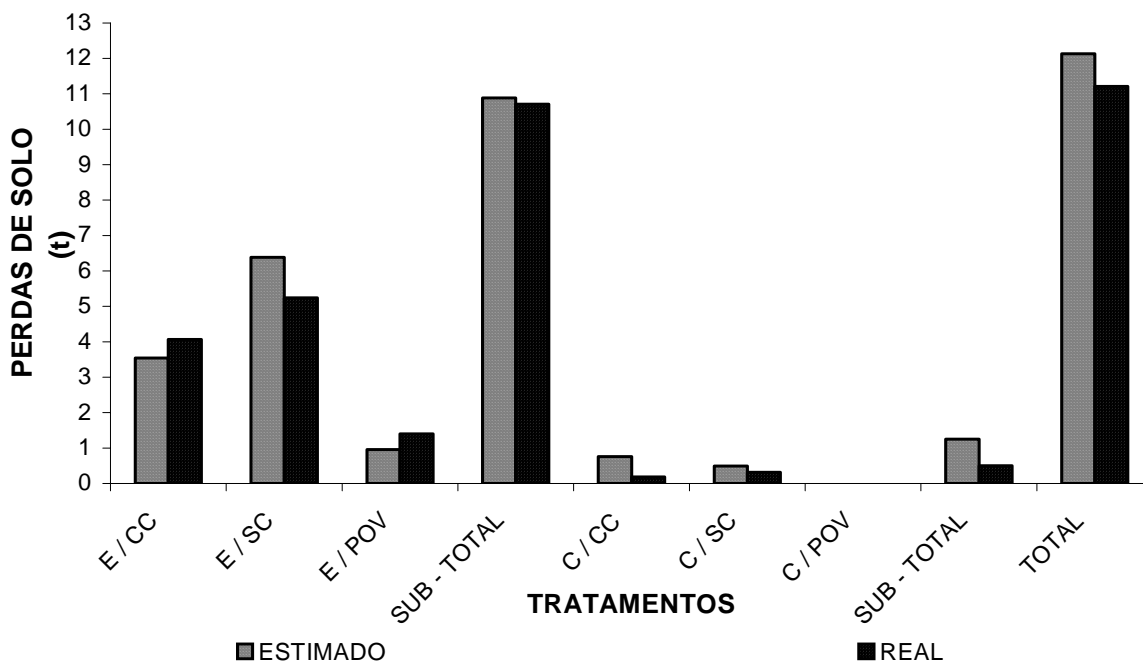
* Os valores de perdas de solo nas estradas estão apresentados em $t\ km^{-1}$ e nas áreas de contribuição em $t\ ha^{-1}$

Nos tratamentos que contemplam os trechos de estrada avaliados, a equação apresentou baixa variação entre os valores estimados através da RUSLE e as perdas reais de solo por tratamento, considerando os diferentes trechos de estradas avaliados, no entanto, quando comparado os valores totais estimados e reais observados nos trechos de estrada constata-se proximidade entre os valores. Já nas áreas de contribuição, os valores obtidos foram superestimados em todos os tratamentos.

Na estimativa de perda global por processo erosivo nas áreas avaliadas, considerando os trechos de estradas e suas respectivas áreas de contribuição, constatou-se redução das diferenças de estimativa, representando uma boa oportunidade de uso para quantificar as perdas de solo em áreas de uso florestal, onde as maiores perdas ocorrem em função da estrada.

No Gráfico 19, estão dispostos as perdas de solo reais e estimadas, provenientes dos trechos de estrada avaliados ($t\ km^{-1}$) e áreas de contribuição adjacentes ($t\ ha^{-1}$).

GRÁFICO 19 - COMPARATIVO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS ATRAVÉS DA RUSLE E AS PERDAS REAIS NOS TRATAMENTOS AMOSTRADOS NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS



Os valores estimados através da RUSLE, juntamente com os valores totais reais, foram submetidos à análise estatística pelo programa Excel, Teste t (duas amostras pareadas), para identificar as diferenças entre as perdas estimadas e as reais, onde foram sugeridas as seguintes hipóteses:

- H alternativa = as perdas de solo obtidas através da RUSLE apresentam valores semelhantes às perdas reais de solo, apresentando-se dentro do limite crítico estabelecido pela seguinte relação ($-t_c < t < +t_c$).

- H nula = as perdas de solo obtidas através da RUSLE apresentam valores diferentes estatisticamente às perdas reais de solo.

Os resultados gerais obtidos foram: Correlação de Pearson $R = 0,9919$, valor $t = 1,08$, t crítico uni-caudal = 1,94 e t crítico bi-caudal = 2,45.

Constatou-se que houve alta correlação entre os valores estimados com os reais e que o valor t encontra-se abaixo dos valores críticos propostos pela análise, sugerindo que as médias não diferem estatisticamente num intervalo de confiança de 95%.

Quando analisados separadamente os valores de perdas obtidos nas estradas das

suas respectivas áreas de contribuição, o Teste t não identificou diferenças entre as perdas estimadas e as reais, apresentando os seguintes resultados: N = 3, Correlação de Pearson R = 0,9690, valor t = 0,10, t crítico uni-caudal = 2,92, t crítico bi-caudal = 4,30.

Já nas áreas de contribuição os resultados obtidos pelo Teste t e apresentaram os seguintes resultados: N = 3, Correlação de Pearson R = 0,6898, valor t = 1,45, t crítico uni-caudal = 2,92, t crítico bi-caudal = 4,30 com dois graus de liberdade. Estas áreas apresentaram menor correlação, considerando 95% de confiabilidade estatística, no entanto a nulidade da hipótese ainda é válida.

4.1.3.2 Estimativas de perda de solo através da RUSLE nas amostragens efetuadas nas UMFs localizadas em Três Barras

As UMFs localizadas em Três Barras, também foram submetidas a análise, para diferenciação entre os valores estimados através da RUSLE e os valores reais de perda de solo, e os resultados estão apresentados na Tabela 16.

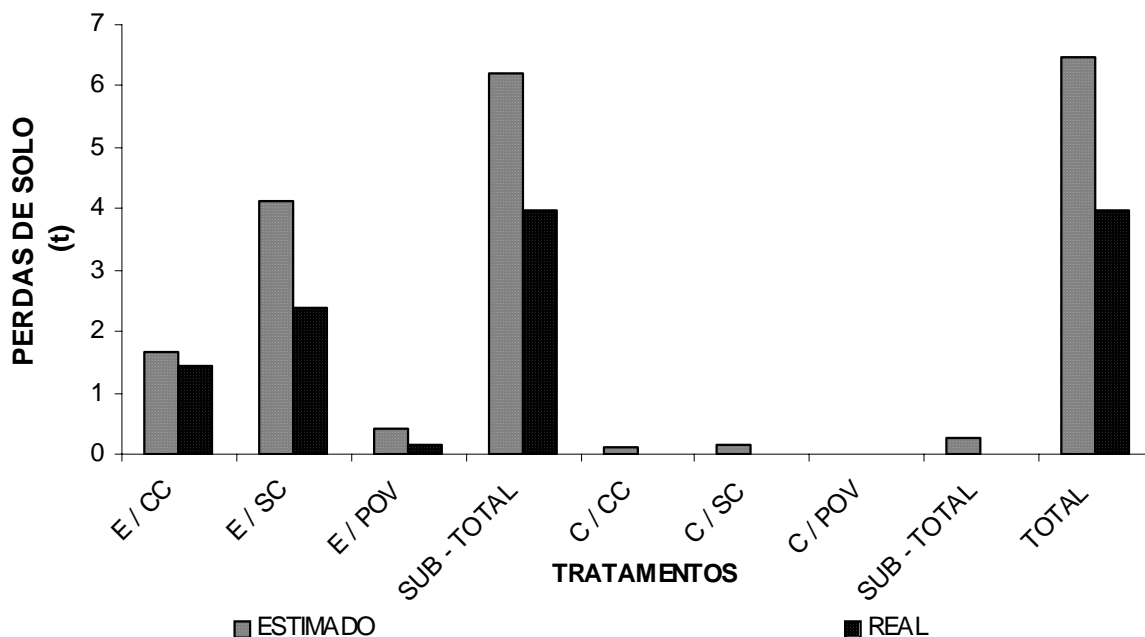
TABELA 16 - ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO ATRAVÉS DA RUSLE E AS PERDAS REAIS DE SOLO AVALIADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS

Tratamentos	UMFs / TRÊS BARRAS		
	Perda Estimada	Perda Real Acumulada	Diferença de Estimativa (%)
E/CC	1,66	1,44	+ 15,3
E/SC	4,12	2,40	+ 71,7
E/POV	0,43	0,14	+ 207,1
Sub-totais	6,21	3,98	+ 56,0
C/CC	0,11	0,010	+ 100,0
C/SC	0,16	0,004	+ 3.900,0
C/POV	-	-	-
Sub-totais	0,27	0,014	+ 1.828,6
TOTAIS	6,48	3,99	+ 62,4

* Os valores de perdas de solo nas estradas estão apresentados em t km⁻¹ e nas áreas de contribuição em t ha⁻¹

Assim como nas UMFs de Itaiópolis, as estimativas através da RUSLE foram equiparadas aos valores reais avaliados durante o período e os resultados encontram-se descritas no Gráfico 20.

GRÁFICO 20 - COMPARATIVO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS ATRAVÉS DA RUSLE E AS PERDAS REAIS NOS TRATAMENTOS AMOSTRADOS NAS UMFs DE TRÊS BARRAS



Os valores obtidos através da RUSLE foram superestimados em tratamentos avaliados nestas UMFs.

Os valores estimados juntamente com os valores totais reais foram submetidos à análise estatística, da mesma forma que as UMFs anteriores e apresentou os seguintes resultados: $N = 7$, Correlação de Pearson $R = 0,9924$, valor $t = 1,91$, t crítico uni-caudal = 1,94, t crítico bi-caudal = 2,45, com significância estatística de 95%.

Quando analisados separadamente os tratamentos de estradas de suas respectivas áreas de contribuição, foram obtidos os seguintes resultados da análise estatística: $N = 3$, Coeficiente de Pearson $R = 0,9619$, valor $t = 1,52$, t crítico uni-caudal = 2,92, t crítico bi-caudal = 4,30, com dois graus de liberdade, o que representa alta correlação entre as variáveis analisadas e aprovação da hipótese citada anteriormente.

E nas áreas de contribuição os resultados do Teste t foram: $N = 3$, Coeficiente de Pearson $R = 0,5825$, valor $t = 1,87$, t crítico uni-caudal = 2,92, t crítico bi-caudal = 4,30.

4.1.3.3 Comparativo entre as áreas avaliadas nas unidades de manejo florestal

Nas UMFs localizadas em Itaiópolis, os valores estimados através de RUSLE apresentaram melhor ajuste quando comparados às UMFs localizadas em Três Barras, no entanto, todos os valores apresentaram significância estatística considerando 95% de probabilidade.

Os valores estimados através da RUSLE apresentaram alta correlação, com valores superiores a 99%, considerando as perdas globais das áreas avaliadas, no entanto quando analisados separadamente os trechos de estradas essa correlação passa para 96%, e reduz significativamente nas áreas de contribuição, variando de 69% nas UMFs localizadas em Itaiópolis e 58% para as UMFs de Três Barras.

Em função dos valores *t*, da análise estatística aplicada, pode-se validar a hipótese alternativa que propõe similaridade entre os valores reais e estimados através na RUSLE.

4.2 QUALIDADE DA ÁGUA NA REDE VIÁRIA

4.2.1 Análise Quantitativa da Água

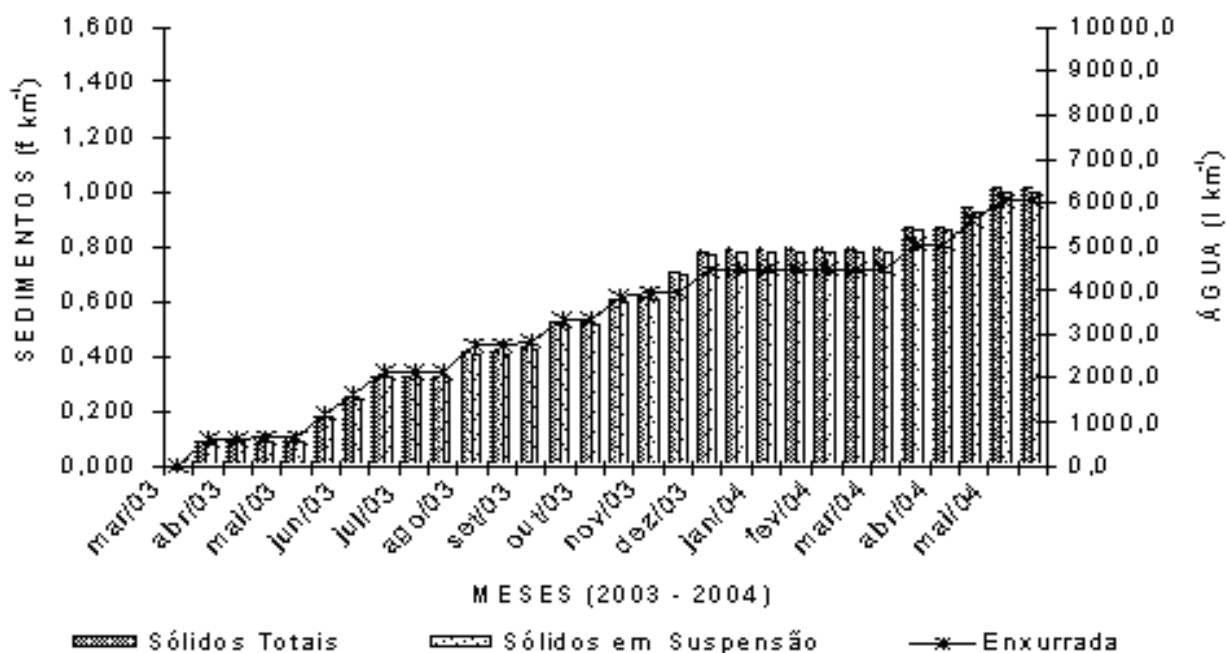
As amostragens de água foram efetuadas quinzenalmente junto com as amostras de solo, para avaliação de algumas propriedades físico-químicas. E a qualidade da água nas UMFs foi determinada utilizando como referência alguns parâmetros técnicos propostos pela Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que define a classificação das águas e estabelece níveis de tolerância para cada classe.

4.2.1.1 Áreas avaliadas nas Unidades de Manejo Florestal Ruthes e Leonel - Município de Itaiópolis

Para determinação quantitativa da água, foi considerado o volume de enxurrada proveniente dos trechos de estrada amostrado. Esta enxurrada está representada pela água retida nos recipientes coletores instalados em cada tratamento, expresso em $l\ ha^{-1}$, e a composição da enxurrada compreende: sólidos totais, sólidos suspensos e os sólidos dispersos em água.

O carreamento de sedimentos pela enxurrada nos trechos avaliados das estradas nestas UMFs esta exposto nos Gráfico 21, 22 e 23.

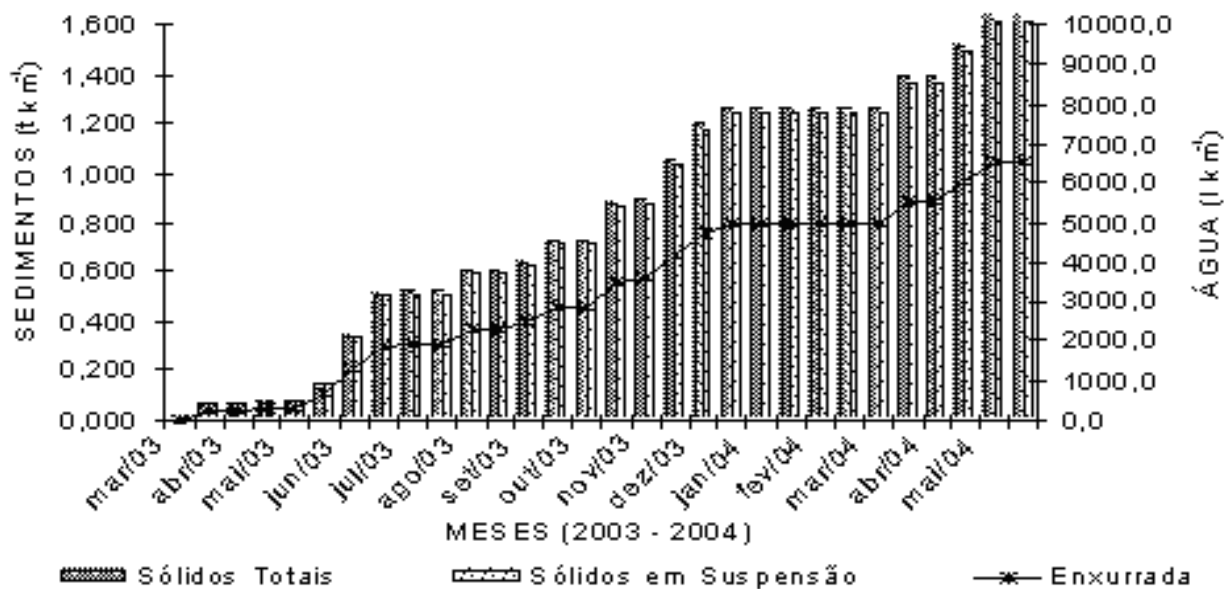
GRÁFICO 21 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DA ESTRADA COM CONSERVAÇÃO NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS



A enxurrada proveniente do trecho de estrada com conservação nesta UMF correspondeu a $6.059,1\ l\ km^{-1}$, o que representou uma lâmina de água com aproximadamente 6 mm.

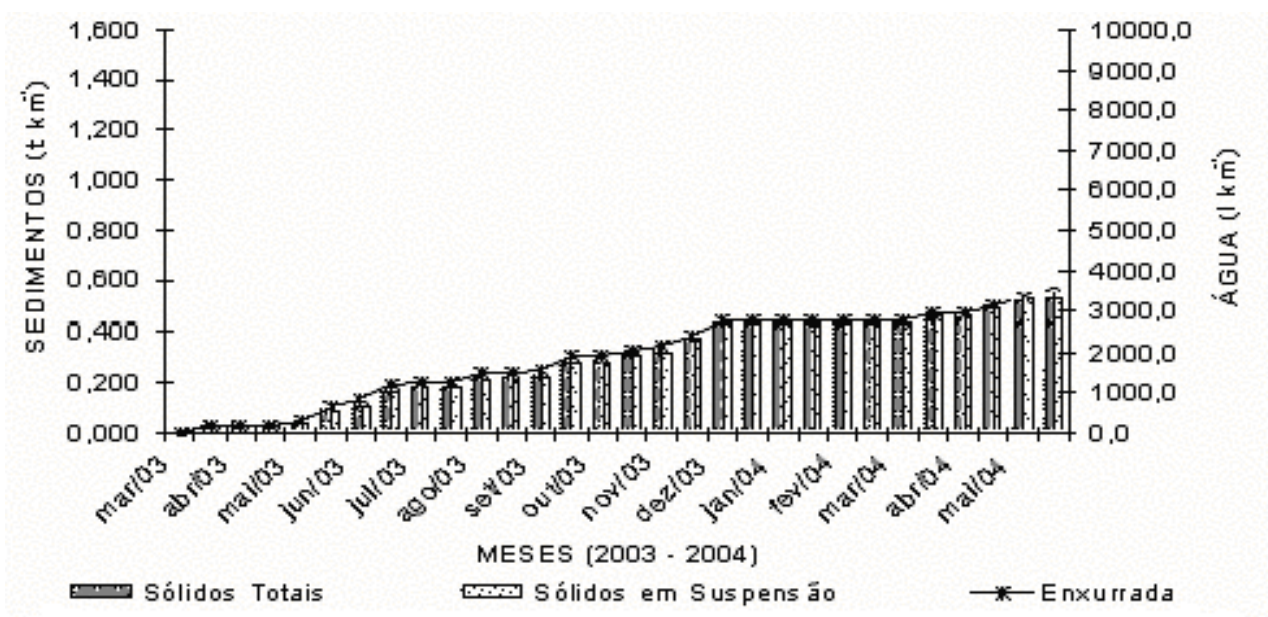
A composição dessa lâmina de água representou $1,012\ t\ km^{-1}$ de sedimentos totais, com $0,998\ t\ km^{-1}$ de sedimentos em suspensão, e $0,013\ t\ km^{-1}$ de sedimentos de fundo, durante o monitoramento.

GRÁFICO 22 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DA ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS



No trecho de estrada sem conservação, o volume da enxurrada foi de 6.540,7 l km⁻¹ ou uma lâmina de água com cerca de 6,5 mm, que carrou 1,637 t km⁻¹ de sedimentos totais e 1,616 t km⁻¹ de sedimentos em suspensão, e 0,021 t km⁻¹ de sedimentos dispersos, durante o período de monitoramento.

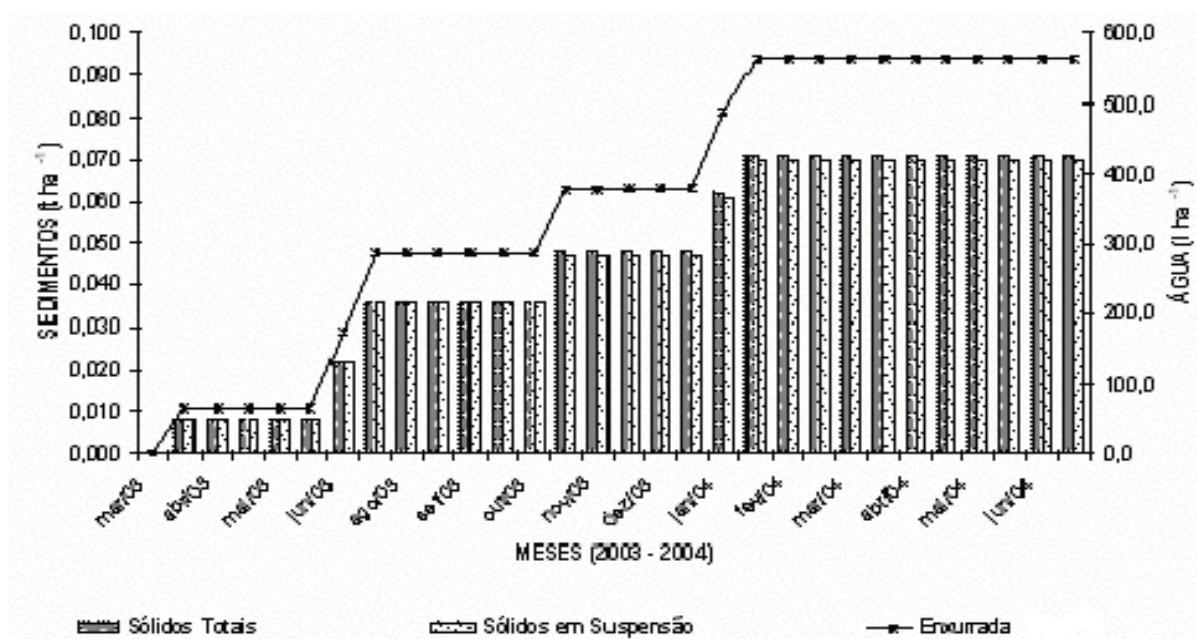
GRÁFICO 23 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO AVALIADO DA ESTRADA DO POVOAMENTO NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS



Já no trecho da estrada do povoamento o volume da enxurrada na foi de 3.320,2 l km⁻¹ ou uma lâmina de água de 3,3 mm, responsável pelo carreamento de 0,531 t km⁻¹ de sedimentos totais e 0,523 t km⁻¹ de sedimentos em suspensão, e 0,008 t km⁻¹ de sedimentos dispersos, durante o período de monitoramento.

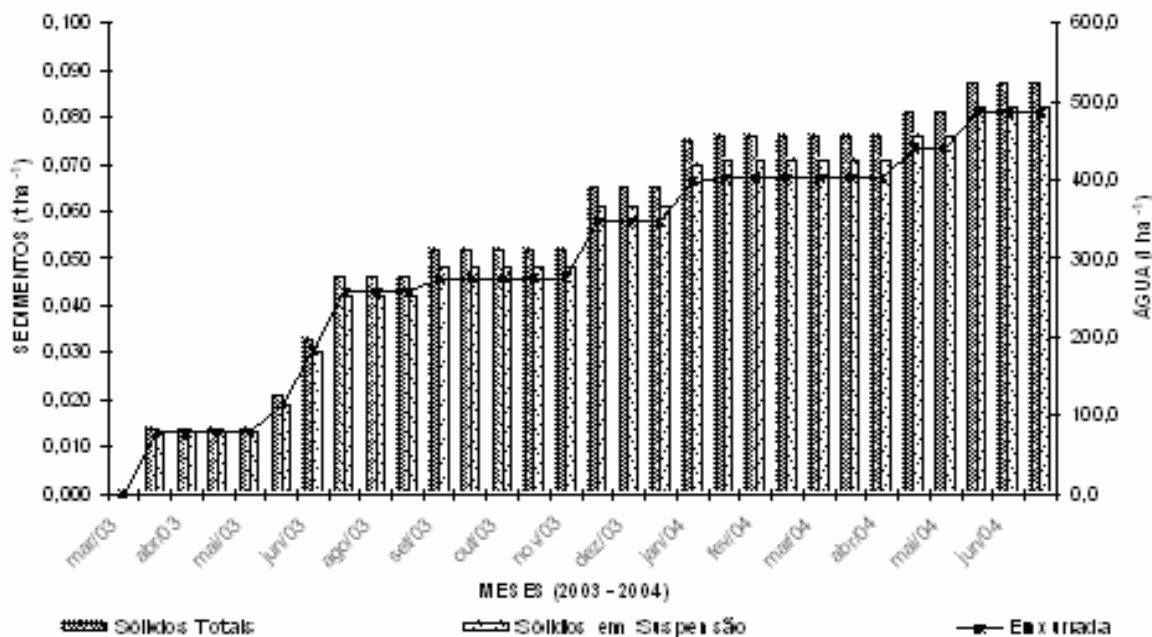
Os Gráficos 24 e 25 representam os sedimentos carregados pela enxurrada nas áreas de contribuição nestas UMFs.

GRÁFICO 24 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO NAS UMFS DE ITAIÓPOLIS



A enxurrada proveniente da área de contribuição adjacente ao trecho de estrada com conservação foi de 560,4 l ha⁻¹ o que pode representar uma lâmina de água com aproximadamente 0,5 mm, que carregou 0,072 t ha⁻¹ de sedimentos totais e 0,070 t ha⁻¹ de sedimentos em suspensão, e 0,002 t ha⁻¹ de sedimentos dispersos, durante o monitoramento.

GRÁFICO 25 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SEM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE ITAIÓPOLIS



Na área de contribuição próxima ao trecho de estrada sem conservação, o volume da enxurrada foi de 486,5 l ha⁻¹ ou uma lâmina equivalente ao tratamento anterior, que carrou 0,087 t ha⁻¹ de sedimentos totais e 0,082 t ha⁻¹ de sedimentos em suspensão, e 0,005 t ha⁻¹ de sedimentos dispersos, durante o monitoramento.

A precipitação anual nestas UMFs foi de 1.495,6 mm, desta forma, pode-se dizer que aproximadamente 1,14% do volume de chuva resultou em enxurrada e 1,07% do volume da enxurrada é proveniente de estradas.

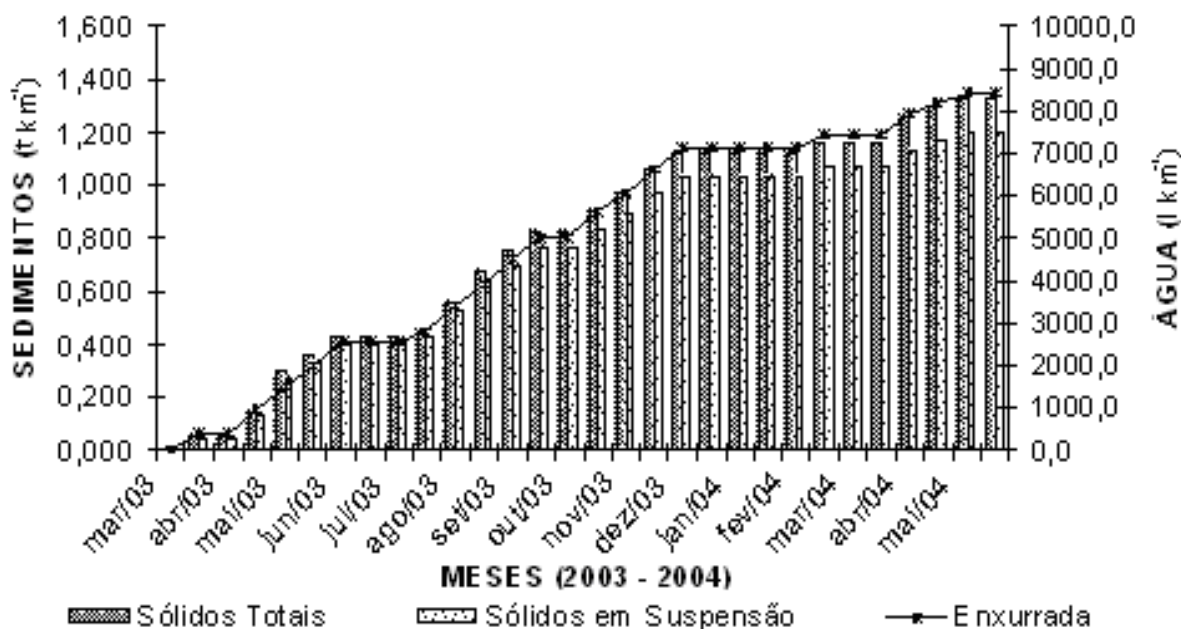
A enxurrada proveniente dos trechos de estradas avaliadas apresentou um volume de sedimentos totais de 3,159 t km⁻¹, sendo 3,137 t km⁻¹ de sedimentos em suspensão e 0,044 t km⁻¹ de sedimentos dispersos.

Já o volume da enxurrada nas respectivas áreas de contribuição foi equivalente a 1 mm de água, que carrou 0,159 t ha⁻¹ de sedimentos totais, 0,152 t ha⁻¹ de sedimentos em suspensão, e 0,007 t ha⁻¹ de sedimentos dispersos. Durante o monitoramento, não foi constatada enxurrada nas áreas de contribuição do povoamento. Os sedimentos provenientes da enxurrada estão sendo transportados para porções mais baixas da paisagem ou sendo depositados em corpos d'água.

4.2.1.2 Áreas avaliadas nas unidades de manejo florestal Bugre e Paredão, Município de Três Barras

Os volumes de enxurrada e o carregamento de sedimentos nos trechos das estradas avaliadas nestas UMFs estão expostos nos Gráficos 26, 27 e 28.

GRÁFICO 26 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DE ESTRADA COM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE TRÊS BARRAS



A enxurrada proveniente do trecho de estrada com conservação nestas UMFs correspondeu a 8.437,0 l km⁻², o que representa uma lâmina de água com aproximadamente 8,4 mm que carrou 1,328 t km⁻² de sedimentos totais e 1,199 t km⁻² de sedimentos em suspensão, e 0,129 t km⁻² de sedimentos dispersos, durante o período de monitoramento.

No trecho de estrada sem conservação, o volume de enxurrada foi maior sendo 9.792,6 l km⁻², o que representa uma lâmina de água com aproximadamente 9,8 mm que carrou cerca de 1,180 t km⁻² de sedimentos totais e 1,100 t km⁻² de sedimentos em suspensão, e 0,080 t km⁻² de sedimentos dispersos, durante o monitoramento, conforme observado no Gráfico 27.

GRÁFICO 27 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DE ESTRADA SEM CONSERVAÇÃO NAS UMFS DE TRÊS BARRAS

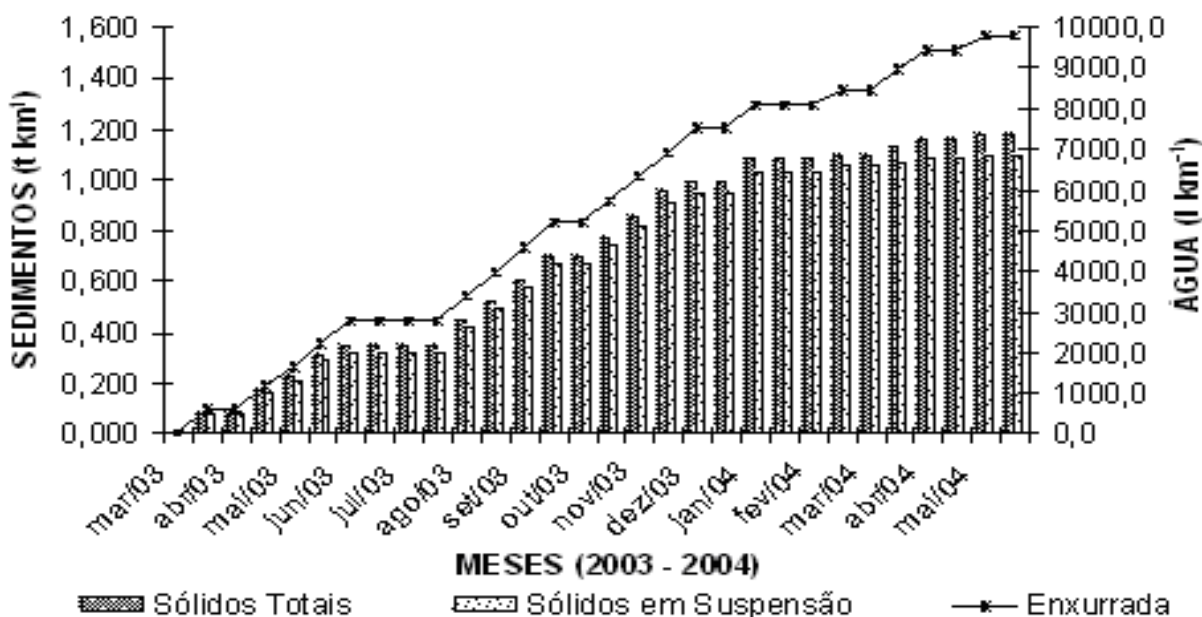
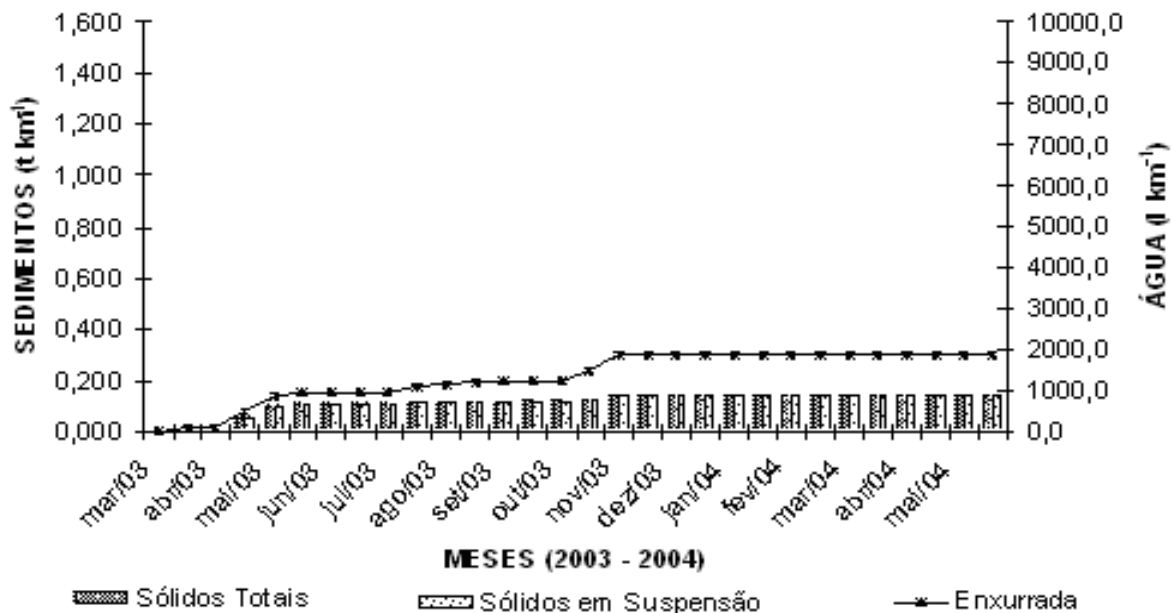


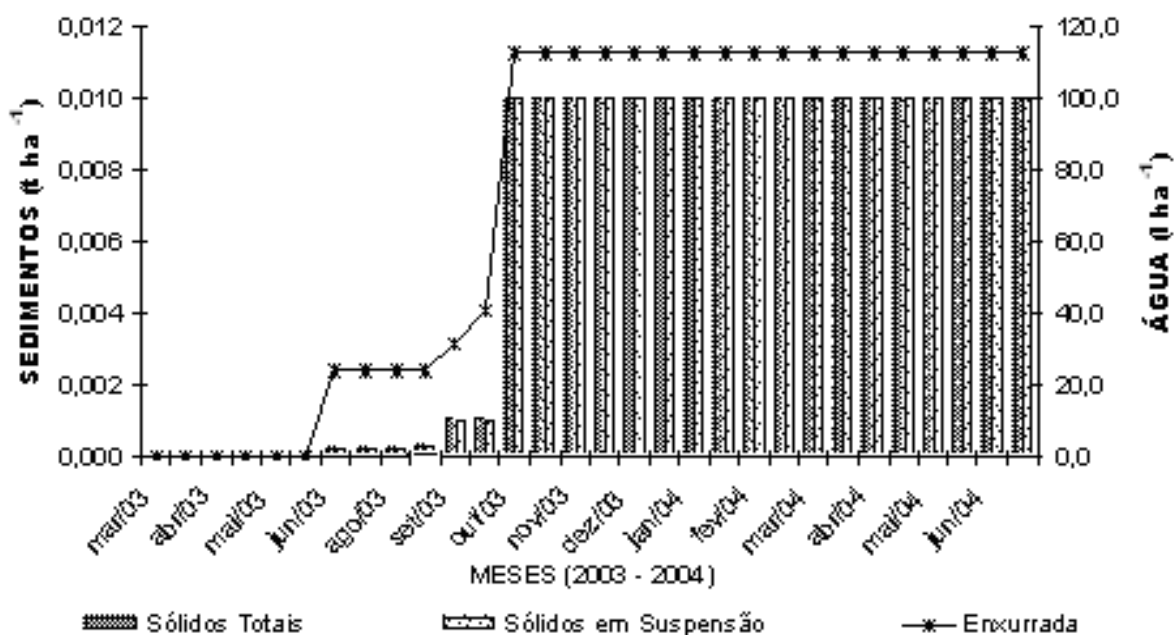
GRÁFICO 28 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NO TRECHO DE ESTRADA DO POVOAMENTO NAS UMFS DE TRÊS BARRAS



O volume de enxurrada proveniente do trecho de estrada no povoamento correspondeu a 1.857,1 l km⁻², ou a uma lâmina de água com aproximadamente a 1,8 mm que carrou 0,137 t km⁻² de sedimentos totais sendo 0,135 t km⁻² de sedimentos em suspensão, e 0,002 t km⁻² de sedimentos dispersos, durante o período de monitoramento.

Os Gráficos 29 e 30 expressam a enxurrada e o volume de sedimentos carreados durante o monitoramento, nas respectivas áreas de contribuição.

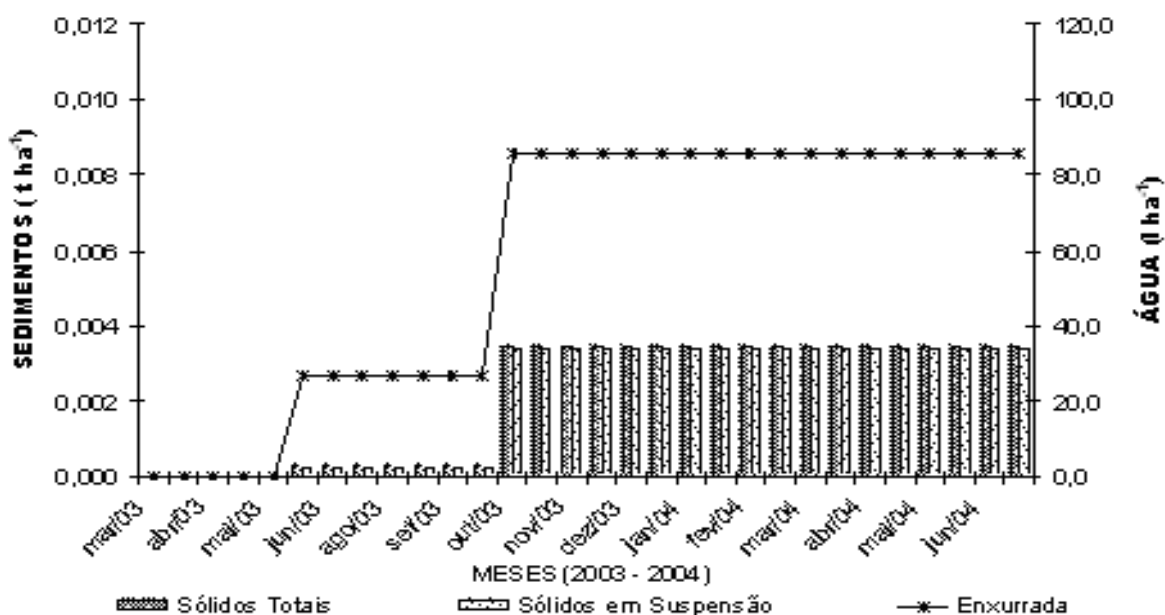
GRÁFICO 29 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO COM CONSERVAÇÃO NAS UMFS DE TRÊS BARRAS



A enxurrada proveniente da área de contribuição adjacente ao trecho de estrada com conservação foi de $112,7 \text{ l ha}^{-1}$ o que pode representar uma lâmina de água com aproximadamente $0,1 \text{ mm}$, que carrou $0,011 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos totais e $0,010 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos em suspensão, e $0,001 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos dispersos, durante o monitoramento.

Já na área de contribuição próxima ao trecho de estrada sem conservação apresentou volume de enxurrada de $85,7 \text{ l ha}^{-1}$ o que pode representar uma lâmina de água com aproximadamente $0,08 \text{ mm}$, carreando cerca de $0,0038 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos totais, $0,0036 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos em suspensão, e $0,0002 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos dispersos, durante o período de monitoramento, conforme Gráfico 30.

GRÁFICO 30 - CARREAMENTO DE SEDIMENTOS PELA ENXURRADA NA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO SEM CONSERVAÇÃO NAS UMFs DE TRÊS BARRAS



A precipitação anual nas UMFs localizadas em Três Barras foi de 1.453,9 mm, ou seja, 1,4% do volume de chuva resultou em enxurrada e 1,38% deste volume é proveniente de estradas. Pode-se dizer que, a maior parte das águas provenientes de chuva sofrem processo de evaporação e parte deste montante infiltra no solo ou são absorvidas pelas plantas.

Os sedimentos totais carreado pela enxurrada nos trechos das estradas avaliadas correspondeu a $2,645 \text{ t km}^{-1}$, sendo $2,434 \text{ t km}^{-1}$ de sedimentos em suspensão e $0,211 \text{ t km}^{-1}$ de sedimentos dispersos. Nas respectivas áreas de contribuição a enxurrada foi de 0,2 mm e carrou cerca de $0,015 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos totais, $0,014 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos em suspensão e $0,001 \text{ t ha}^{-1}$ de sedimentos dispersos.

4.2.1.3 Comparativo entre as áreas avaliadas nas Unidades de Manejo Florestal

As barreiras de contenção de enxurrada foram eficientes nas UMFs localizadas em Itaiópolis reduzirão o carreamento de sedimentos suspenso em água em torno de 19%. No entanto, constatou-se que 17% do volume total de sedimentos são provenientes das estradas no povoamento representados pelas divisora ou aceiros.

Já nas UMFs localizadas em Três Barras as barreira de contenção de enxurrada reduziram em 14% o volume de sedimentos em suspensão e as estradas do

povoamento contribuíram com 5%, na produção total de sedimentos.

Parte da água que percorre as estradas pode infiltrar no solo, fazendo com os sedimentos fiquem depositados em porções de menor declividade da paisagem ou no micro relevo, e outra parte é carregada para os mananciais, assoreando rios e provocando eutrofização do ambiente.

4.2.2 Análise Qualitativa da Água

Para determinação da qualidade da água foram avaliados alguns parâmetros, nos tratamentos que apresentaram perdas de água durante o período de monitoramento, assim como nos córregos que atravessam as duas unidades avaliadas e estes resultados foram comparados com a Resolução n. 357 do CONAMA, considerando como referência a classe de qualidade de águas doces, cuja salinidade é menor que 5%. Nesta classificação utilizou-se como referência os padrões estabelecidos para classe 3, que propõe como destino o abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, pesca amadora, recreação de contato secundário e a dessedentação de animais.

Alguns parâmetros recomendados por esta resolução foram avaliados através de observação de campo em ambas as áreas, onde foi constatado ausência de materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos e graxas, substâncias que comuniquem gosto ou odor, corantes artificiais e os demais parâmetros avaliados foram obtidos através de análise de laboratório.

4.2.2.1 Unidades de manejo florestal Ruthes e Leonel - Município de Itaiópolis

Na Tabela 17 estão expostos os níveis de tolerância propostos pela Resolução n. 357 do CONAMA, os valores médios dos parâmetros avaliados nos diferentes tratamentos e as duas amostragens de água provenientes dos córregos que atravessam as áreas, efetuadas em 07/2003 e 03/2004.

TABELA 17 - RESULTADO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ENXURRADA NAS ÁREAS AMOSTRADAS E DOS CÓRREGOS NAS UMFS EM ITAIÓPOLIS

PARAMETRO	RESOL.	ESTRADA			AREA DE CONT.			RIOS	
		CC	SC	POV	CC	SC	POV	I	II
Sol. totais	*	1446	1233	23	1283	21	0	30	31
Sol. suspensos	*	1430	1216	<5	1248	<5	0	<5	<5
Sol. dissolvidos	500 mg l ⁻¹	16	27	23	45	21	0	30	31
Turbidez	100 UT	660	825	600	425	478	0	9	6
Cor	75 mg Pt l ⁻¹	2000	1250	1500	1500	750	0	80	40
Ph	4 - 9	5,1	5,18	5,00	5,10	5,39	0	6,3	6,6
Alcalinidade	**	2,97	3,96	2,90	2,97	2,97	0	17,8	11,7
CO ₂	**	2,68	4,50	4,10	8,03	8,90	0	5,3	2,6
Cloretos (Cl)	250 mg l ⁻¹ Cl	2,70	3,72	1,85	3,44	1,94	0	1,3	1,2
Fluoretos (F)	1,4 mg l ⁻¹ F	0,01	0,00	0,09	0,01	0,02	0	0,01	0,01
Nitrogênio total (N)	*	5,80	3,40	0,79	4,00	0,47	0	0,65	0,14
Nitrogênio amoniacal (N(NH ₃))	13,3 mg l ⁻¹ N (pH <7,5)	2,80	1,25	0,43	3,00	0,20	0	0,13	0,13
Nitrogênio orgânico (N)	*	3,0	2,15	0,36	1,00	0,27	0	0,52	0,01
Nitratos (NO ₃)	10,0 mg l ⁻¹ N	1,6	5,04	0,72	23,87	8,84	0	0,4	4,3
Nitrito (NO ₂)	1,0 mg l ⁻¹ N	0,02	0,02	0,01	0,01	0,09	0	0,01	0,02
Fosfatos (PO ₄)	0,025 mg l ⁻¹ P ***	0,40	0,45	0,08	0,14	0,40	0	0,07	0,03
Fósforo (P)	¹ 0,05 mg l ⁻¹ P	0,02	0,16	0,05	0,01	0,02	0	0,2	0,1
¹ lentic / ² iódico	² 0,15 mg l ⁻¹ P								
Sulfatos SO ₄	250 mg l ⁻¹ SO ₄	1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	0	1,0	1,0
Ferro dissolvido (Fe)	5,0 mg l ⁻¹ Fe	90,0	24,5	4,16	53,8	0,24	0	0,39	0,96
Cálcio (Ca)	*	1,05	1,18	0,95	1,98	1,78	0	2,95	2,23
Magnésio (mg)	*	0,53	0,66	0,52	1,82	0,89	0	0,92	1,00
Sódio (Na)	*	0,30	1,70	1,60	0,40	0,30	0	1,40	1,90
Potássio (K)	*	2,90	1,15	0,80	8,0	3,50	0	1,60	0,90
Alumínio (Al)	0,2 mg l ⁻¹ Al	0,06	0,05	0,06	0,02	0,05	0	0,01	0,01

4.2.2.2 Unidades de Manejo Florestal Bugre e Paredão - Município de Três Barras

Da mesma forma que nas UMFS anteriores foram efetuadas as análises de água nos tratamentos e nos córregos e os resultados encontram-se apresentados na Tabela 18.

TABELA 18 - RESULTADO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA ENXURRADA DAS ÁREAS AMOSTRADAS E DOS CÓRREGOS NAS UMFS EM TRÊS BARRAS

PARAMETRO	RESOL.	ESTRADA			ÁREA DE CONT.			RIOS	
		CC	SC	POV	CC	SC	POV	I	II
Sol. totais	*	1346	1394	300	110	21		24	25
Sol. suspensos	*	1088	1308	286	90	<5		<5	<1
Sol. dissolvidos	500 mg l ⁻¹	258	56	14	20	21		24	25
Turbidez	100 UT	850	890	256	54	48		9,5	8
Cor	75 mg Pt l ⁻¹	2000	3000	1500	1000	750		40	30
Ph	4 – 9	7,60	5,30	6,7	5,50	5,39		6,5	6,5
Alcalinidade	**	14,85	3,96	1,98	2,97	2,97		7,17	6,77
CO ₂	**	0,89	2,67	1,78	5,35	8,90		0,90	2,6
Cloretos (Cl)	250 mg l ⁻¹ Cl	0,83	1,22	2,16	1,60	1,94		1,02	1,44
Fluoretos (F)	1,4 mg l ⁻¹ F	0,03	0,00	0,01	0,01	0,02		<0,01	<0,01
Nitrogênio total (N)	*	<0,0 1	2,90	0,74	0,52	0,47		0,21	0,18
Nitrogênio amoniacal (N(NH ₃))	13,3 mg l ⁻¹ N (pH <7,5)	<0,0 1	2,60	0,74	0,52	0,20		0,20	0,01
Nitrogênio orgânico (N)	*	<0,0 1	0,30	<0,0 1	<0,0 1	0,27		0,01	0,17
Nitratos (NO ₃)	10,0 mg l ⁻¹ N	2,56	0,80	3,23	17,7	8,4		4,91	4,86
Nitrito (NO ₂)	1,0 mg l ⁻¹ N	0,05	0,01	0,03	0,01	0,09		<0,01	<0,01
Fosfatos (PO ₄)	0,025 mg l ⁻¹ P ***	0,07	0,09	0,35	0,14	0,40		0,12	4,86
Fósforo (P) ¹ lentic / ² iódico	¹ 0,05 mg l ⁻¹ P ² 0,15 mg l ⁻¹ P	0,16	0,06	0,04	0,03	0,01		0,1	0,1
Sulfatos SO ₄	250 mg l ⁻¹ SO ₄	1,85	30,0	<1,0	<1,0	<1,0		<1,0	<1,0
Ferro solúvel (Fe)	5,0 mg l ⁻¹ Fe	69,75	72,1	14,6	6,10	2,24		0,49	0,85
Cálcio (Ca)	*	39,7	6,8	1,30	2,79	1,78		2,95	2,55
Magnésio (mg)	*	28,7	3,57	0,44	1,73	0,89		0,92	1,38
Sódio (Na)	*	0,40	0,30	0,20	0,50	0,30		1,20	1,50
Potássio (K)	*	0,30	1,70	2,80	3,40	3,50		0,40	0,30
Alumínio (Al)	0,2 mg l ⁻¹ Al	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00		0,00	0,03

NOTAS: * Não apresenta limites estabelecidos pela Resolução n. 327 do CONAMA

** Recomendação de limites proposto por bibliografia

*** Limite proposto pela Resolução n. 20 do CONAMA.

4.2.2.3 Aspectos de qualidade da água nas Unidades de Manejo Florestal avaliadas

Os resultados analíticos obtidos sugerem que alguns parâmetros apresentaram limitações quanto aos níveis de tolerância estabelecidos pela Resolução n. 357 do CONAMA, sendo eles:

- **Turbidez:** nas UMFs localizadas em Itaiópolis, os valores encontrados em todas as amostras que apresentaram enxurrada estão acima do estabelecido pela

resolução, no entanto, nos córregos que atravessam as UMFs os valores estão muito abaixo do estabelecido. Nas águas provenientes das UMFs de Três Barras, as estradas também apresentaram valores acima do estabelecido, já nas áreas de contribuição e nos córregos que atravessam as UMFs avaliadas os valores encontrados estão abaixo do estabelecido pela resolução. Pode-se considerar que partes dos sedimentos que ficam em suspensão, quando são arrastados pela enxurrada ficam presos no micro-relevo e a parte que é carregada para os mananciais decantam no fundo dos córregos.

- **Cor:** a enxurrada proveniente das estradas e de suas respectivas áreas de contribuição apresentou-se acima do limite estabelecido pela resolução em ambas localidades avaliadas, assim como na primeira avaliação efetuada nos córregos que atravessam as áreas, no entanto, a segunda amostragem desses córregos apresentou valores dentro dos limites propostos. O comportamento deste parâmetro é semelhante ao da turbidez e provavelmente está associado ao volume de sólidos suspensos.

- **Nitratos (NO_3):** este parâmetro apresentou valores superiores ao estabelecido pela Resolução somente na enxurrada proveniente da área de contribuição adjacente ao trecho de estrada com conservação em Itaiópolis, no entanto os córregos que atravessam estas UMFs não apresentaram problema de contaminação por este elemento. A contaminação da água por este elemento não está sendo proveniente de estrada e sim pelas áreas adjacentes, provavelmente devido à ciclagem de nutrientes remanescentes na área, considerando que este elemento representa a forma mais oxidada do nitrogênio e indica poluição ocorrida há muito tempo, influenciado pelas atividades de plantas e animais, águas com níveis de nitratos superiores a 45 mg l^{-1} podem provocar envenenamento em animais (PÁDUA, 2000). O valor limite para este parâmetro estabelecido pela Resolução é de 10 mg l^{-1} , no entanto Varnier (2002) cita que concentrações superiores a 10 mg l^{-1} podem causar meta-homoglobinemia e câncer.

- **Fosfatos (PO_4) e Fósforo (P):** a Resolução n. 20 do CONAMA, de 18 de junho de 1986, estabelece o limite de $0,025 \text{ mg l}^{-1}$ de PO_4 . Já a Resolução No. 357 do CONAMA, de 17 de março de 2005, é mais específica no que se refere ao tipo de

ambiente e a forma do fósforo, estabelece limite de $0,5 \text{ mg l}^{-1}$ de fósforo total em ambiente lântico, representado pelas enxurradas proveniente dos tratamentos e de $0,15 \text{ mg l}^{-1}$ de fósforo total para ambiente iódico, representado pelas amostras de água proveniente dos riachos que atravessam as UMFs. Os níveis de fosfato estão acima do estabelecido pela Resolução N. 20, em todos os tratamentos, inclusive nos córregos que atravessam as duas localidades avaliadas. No entanto, quando se compara a Resolução n. 357, os níveis de fósforo apresentaram valores superiores nas amostras de enxurrada dos trechos de estrada sem conservação e na primeira amostragem de água do córrego que atravessa as UMFs de Itaiópolis. Nas UMFs de Três Barras apenas as amostras de enxurradas provenientes dos trechos de estradas com e sem conservação apresentaram valores acima do limite proposto.

Segundo Odum *et al.* (2005) o fósforo está presente como fosfato inorgânico e faz parte do depósito de nutrientes do solo, podendo se mover com as águas e percolar para o lençol freático, sendo encontrados em águas superficiais e subterrâneas como resultados da lixiviação dos minerais, dos processos naturais de drenagem da agricultura, produto da decomposição da matéria orgânica, ou ainda resíduos industriais. De acordo com Pádua (2000), altas concentrações provocam o desenvolvimento de algas ou plantas aquáticas, sendo que no sistema aquático o fósforo está sob a forma de fosfato, e os ortofosfatos constituem a forma mais comum e mais utilizada pelos vegetais. Estes compostos ainda que em pequena quantidade nas águas constituem um importante componente de substância viva (nucleoproteína), além de estar ligado ao metabolismo respiratório e fotossintético.

- **Ferro (Fe):** nas enxurradas provenientes dos trechos de estradas com e sem conservação assim como na área adjacente ao trecho de estrada com conservação localizados nas UMFs de Itaiópolis, foi constatado níveis elevados desse elemento, superiores ao estabelecido pela Resolução. Já nas UMFs de Três Barras, todas as amostragens de enxurrada proveniente de estradas apresentaram valores acima do estabelecido pela Resolução. No entanto, em nenhum dos córregos que atravessam as localidades avaliadas foram constatados valores limitantes para esse elemento.

Os altos níveis de ferro observado nas UMFs de Itaiópolis podem estar

relacionados às características pedogenéticas considerando a ocorrência de camada laterítica conforme observado nos perfis dispostos nos Anexos IV. Já nas UMFs de Três Barras a presença de hematita, que é um tipo de óxido de ferro predominante nos Argissolos vermelho escuro, sendo responsáveis pela coloração avermelhada nestes solos, pode estar influenciando no nível desse elemento no solo.

4.2.2.4 Conformidades e não-conformidades da qualidade das águas nas Unidades de Manejo Florestal avaliadas

De acordo com a Resolução n. 357 do CONAMA, que estabelece critérios para a classificação de água doce e propõe limites para deferentes classes de água, que nesse estudo enquadrou-se na classe 3, pode-se dizer com base nos parâmetros analíticos associados às observações de campo, que tanto as águas provenientes da enxurrada dos diferentes tratamentos, assim como as amostragens dos córregos apresentaram boas condições no que se refere a qualidade da água.

Nas áreas de contribuição instaladas nos povoadamentos, não foram constatadas perdas de água e conseqüentemente sedimentos totais e em suspensão, o que pode ser atribuído ao fato que as copas das árvores interceptaram a maior parte da chuva constatada no período, evitando o impacto da gota e a conseqüente desestruturação do solo e, associada a este fator, a camada de acículas formada durante o período evitou o transporte da água que conseguiu chegar ao solo, facilitando a infiltração da mesma. Nos tratamentos de contribuição com e sem conservação, que compreendem áreas submetidas a corte raso praticamente um mês antes da instalação do projeto nas UMFs de Itaiópolis e aproximadamente três meses antes nas UMFs de Três Barras, e plantio feito durante o período de monitoramento (cerca de 2 meses após), apresentaram perdas relativamente baixa de volume de água e sedimentos quando comparado aos tratamentos de estradas.

Nas UMFs localizadas em Itaiópolis, as águas provenientes de estradas apresentaram volume de sedimentos em suspensão significativamente maior do que as águas provenientes de estradas nas UMFs de Três Barras, variando de $0,044 \text{ t km}^{-1}$ e $0,001 \text{ t km}^{-1}$ respectivamente, que pode ser atribuído condições de relevo, que nestas

UMFs varia de plano a suave ondulado, associado às características intrínsecas ao solo, em especial o comportamento textural, que varia de muito argilosa a argilosa, conferindo-lhe menor erosividade. Já nas UMFs localizadas em Itaiópolis, apresentam relevo ondulado a fortemente ondulado e solos com relativa variabilidade textural, pertencentes às classes franco arenoso, franco argilo arenoso ou argiloso com altos teores de silte, conferindo ao solo alta susceptibilidade a erosão.

Através de observações de campo, constatou-se ausência de materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos e graxas, substâncias que comuniquem gosto ou odor, corantes artificiais, nas áreas amostradas.

Em relação aos resultados analíticos, alguns parâmetros apresentaram conformidade relativa com a resolução, como no caso dos teores de ferro, encontrados principalmente, nos tratamentos de estrada e o nitrato, observado nas áreas de contribuição, no entanto não foram constatados problemas de contaminação nos córregos que atravessam as UMFs avaliadas, que apresentaram valores abaixo do limite estabelecido para a classe proposta. A ocorrência de altos teores de ferro, observada nas amostras pode estar associada ao material de origem, processo pedogenético ou ainda devido ao revestimento utilizado nas estradas. No entanto os altos teores de nitrato observado podem estar associados ao processo de ciclagem do nitrogênio.

O fósforo total também apresentou conformidade relativa, com valores acima do estabelecido nas estradas sem conservação e na primeira amostragem de água dos córregos que atravessam as UMFs de Itaiópolis. Já nas UMFs de Três Barras foram constatadas altas concentrações deste elemento nas águas provenientes de estradas. No entanto, os córregos que atravessam estas áreas estão dentro dos limites estabelecidos para a classe 3 de água doce.

Os parâmetros físicos, associado a concentração de elementos como turbidez e cor, também apresentaram conformidade relativa.

O fosfato (PO_4) não é contemplado na Resolução N. 327, mas quando comparamos com a Resolução n. 20 do CONAMA, este elemento não apresentou conformidade os valores obtidos estão muito acima do estabelecido por essa Resolução. Altos teores destes elementos provocam eutrofização de corpos d'água,

como constatado nesta avaliação, onde classificou-se esse efeito nos córregos como ultraoligotrófico, ou seja, numa primeira escala de trofia.

No entanto, outras substâncias potencialmente prejudiciais como: cloretos, fluoretos, nitratos, nitritos, sólidos dissolvidos totais e sulfatos apresentaram níveis abaixo do permitido para as classes em questão.

5 CONCLUSÕES

Este estudo constatou a ocorrência de processos erosivos em todos os trechos de estradas avaliados e a enxurrada proveniente desses tratamentos apresentou limitações em alguns parâmetros determinados pela Resolução n. 357 do CONAMA, no entanto as perdas de solo não afetaram a qualidade da água nos córregos que atravessam as áreas avaliadas.

Quanto a quantificação e qualificação dos sedimentos foi constatado que:

- As UMFs localizadas em Itaiópolis apresentaram volume de sedimentos provenientes dos trechos de estradas secundárias de uso florestal três vezes maior do que as UMFs localizadas em Três Barras, fato atribuído as características de relevo e solo associados as características de estradas (densidade, perfil longitudinal e revestimento) e as medidas de conservação utilizadas.

- As áreas de contribuição adjacentes aos trechos de estradas avaliadas apresentaram perdas de solo insignificante, quando comparada às perdas de solo provenientes de estradas. E nas áreas de contribuição instaladas no povoamento não foram constatadas perdas de solo e água durante o período.

- A análise de regressão da precipitação acumulada e as perdas de solo provenientes dos trechos de estradas com e sem conservação acumulados durante o período apresentaram alta correlação (superiores a 97%) e coeficientes de determinação (superiores a 95%), nas duas localidades avaliadas. Esses resultados oferecem oportunidade de estimativa de perdas acumulada de solo no período, com 95% de confiabilidade.

Quanto a comparação entre os valores reais obtidos e os valores estimados através da RUSLE ficou constatado:

- Alta correlação, superior a 90% em praticamente todos os tratamentos avaliados, considerando 95% de probabilidade.

- Nas UMFs de Itaiópolis, a equação subestimou os valores reais nos trechos de estrada com conservação e na estrada do povoamento e superestimou os valores reais no trecho de estrada sem conservação. As perdas totais de solo que contempla os três

tipos de estradas a equação superestimou as perdas reais em 1,6%. Já nas UMFs localizadas em Três Barras os valores foram superestimados em todos os tratamentos, e nas perdas de solo que contemplam os três tipos de estrada a equação superestimou as perdas em 56%.

- O fator R, que representa a erosividade da chuva foi determinante na ocorrência de processos erosivos, no entanto os fatores L e S, que descrevem o comprimento e a declividade da rampa e o fator K, que representa a erodibilidade do solo foram decisivos no que se refere ao volume de sedimentos provenientes de estradas observados durante o período.

Quanto a qualidade da água proveniente da enxurrada dos tratamentos assim como dos córregos que atravessam as UMFs, usando como referencia os critérios estabelecidos pela Resolução n. 357 do CONAMA, constatou-se que:

- A turbidez e a cor estão acima dos limites estabelecidos pela Resolução em todos os tratamentos propostos. O nitrato apresentou valores acima do estabelecido em algumas áreas de contribuição adjacentes aos trechos de estradas. O ferro também esteve acima dos limites estabelecidos nos tratamentos de estrada e em uma das áreas de contribuição. E o fósforo apresentou valores acima do limite estabelecido nos tratamentos de estrada.

- Com exceção do fósforo, que apresentou valor acima do estabelecido na primeira amostragem de água do córrego que atravessa as UMFs localizadas em Itaiópolis, não foi constatada contaminação por esses elementos nos córregos que atravessam as áreas avaliadas.

Quanto às hipóteses formuladas duas foram aceitas e a terceira foi anulada:

a) as medidas de conservação de estradas adotadas pela empresa apresentaram eficiência no controle da erosão. Nas UMFs de Itaiópolis reduziram as perdas de solo por processo erosivo em 22,3%, enquanto que UMFs de Três Barras a redução no volume de sedimentos foi de 39,8%, quando comparado os tratamentos dos trechos de estrada com e sem conservação, validando portanto esta hipótese;

b) as perdas reais de solo apresentam similaridade com os valores estimados através da RUSLE, os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística pelo Teste t e apresentou alta correlação e coeficiente de determinação, mantendo-se dentro do limite estabelecido pela análise, considerando 95% de confiabilidade, validando também essa hipótese;

c) as estradas de uso florestal provocam perdas de solo, no entanto não foi constatado que esse processo altere a qualidade da água, considerando que os córregos que atravessam as UMFs avaliadas apresentam conformidade com a Resolução n. 357 do CONAMA. O relatório sumário de avaliação do sistema de manejo florestal da RIGESA, cita o atendimento ao princípio 4 do CERFLOR, que trata do respeito às águas, ao solo e ao ar.

6 RECOMENDAÇÕES

As estradas localizadas UMFs de Itaiópolis, apresentaram maior propensão a processos erosivos, portanto as medidas de conservação adotadas pela empresa deverão ser executadas de forma mais intensiva, ou seja, maior quantidade de barreiras de contenção de enxurrada associado a caixas de retenção de água nas áreas, com programas de manutenção das estradas em menores períodos de tempo.

Rever e adequar as condições de declividade horizontal das estradas localizadas em Itaiópolis.

As duas localidades amostradas apresentaram falhas no sistema de drenagem, portanto devem ser reparadas as irregularidades ocasionadas por chuvas fortes, principalmente durante as atividades de colheita e, efetuar periodicamente a manutenção de bueiros e valetas, mantendo-os desobstruídos.

O controle da precipitação nas áreas forneceu informações confiáveis de perdas de solo nas estradas secundárias e aceiros avaliados, no entanto seria interessante fazer avaliação em outros tipos de estradas com diferentes tipos de revestimentos.

A definição de um padrão para toda a rede viária tornaria mais fácil a discussão entre a comunidade científica e as empresas.

Os dados obtidos de diferentes estradas serviriam para formar banco de dados para utilização da RUSLE, considerando que se trata de um modelo estatístico.

A empresa avaliada apresentou conformidade no que se refere ao princípio 4, do CERFLOR, conforme o relatório final do processo de certificação da empresa, no entanto o monitoramento da qualidade da água deverá ser efetuado periodicamente.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; CHAVES, I. B.; VASQUES FILHO, J. Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num regolito eutrófico de Caruaru (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n. 18, p. 279-283, 1994.

ALBUQUERQUE, J. A.; CASSOL, E. A.; REINERT, D. J. Relação entre a erodibilidade em entre sulcos e a estabilidade dos agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 24, p. 141-151, 2000.

ALVES, M. **Estimativa da perda de solo por erosão laminar na Bacia do rio São Bartolomeu/DF, usando técnicas de geoprocessamento**. São José dos Campos/SP. 2000. 33 p. (Relatório técnico apresentado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

ANTONANGELO, A. **Identificação dos riscos de erosão em estradas florestais através de sistemas de informações geográficas**. Tese (Doutorado) - UNESP. Botucatu/SP. p. 100. 2004.

BAGNOLD, R. A. **The physics of blown sand and desert dunes**. Methuen & Co. London. UK. 265 p. 1941.

BATMANIAN, G. A questão florestal e o desenvolvimento. In: SEMINÁRIO DE CERTIFICAÇÃO FLORESTAL PELO FSC, 2003, Rio de Janeiro. **Anais**. 1 CD ROOM, 2003.

BEAUDRY, P. G. A water quality indicator for sustainable forest management: the SCQI experience. In: FOREST LAND. FISH CONFERENCE II. ECOSYSTEM STEWARDSHIP THROUGH COLLABORATION. April 26-28, 2001, Edmonton, Alberta. **Proceedings Forest Land Fish Conference**. Local: Edmonton, Alberta / USA. Editors. G. J. Scrimgeour, G. Eisler, B. McCulloch, U. Silins and M. Monita. p. 157-162.

BELLINAZZI Jr., R.; BERTOLINI, D.; DRUGOWICH, M.I.; LOMBARDI NETO, F. Controle de Erosão em Estradas Rurais. **Boletim Técnico** [da] Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, Campinas, n. 207, 37 p. 1989.

BERTOL, I. Índice de erosividade (EI₃₀) para Lages/SC - 1ª Aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 4. p. 515 - 521. 1993.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; VISENTIN, D.; COGO, N. P. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998, no município de Lages/SC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 26. p. 455-464, 2002.

BERTOLINI, D.; DRUGOWICH; M. I.; LOMBARDI NETO, F.; BELINAZZI Jr, R. **Controle de erosão em estradas rurais**. Boletim técnico [da] Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, Campinas/SP, 37 p. 1993.

BERTOLINI, D.; DRUGOWICH, M. I.; LOMBARDI NETO, F.; BELINAZZI Jr, R. Controle de erosão em estradas rurais. **Boletim técnico** [da] Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, Campinas/SP, 37 p. 1993.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI Jr., R. Equação de perdas do solo. **Boletim Técnico** [do] Instituto Agronômico de Campinas, n. 21. 25 p. Campinas/SP 1975.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone. 392 p. 1999.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BELINAZZI Jr. R. **Metodologia para a determinação de perdas por erosão**. Circular [do] Instituto Agronômico de Campinas, n. 44, Campinas/SP, 14 p. 1975.

BORTOLOZZO, A. R.; SANS L. M. A. Um paralelo entre USLE e suas novas versões. **Revista FactuCiência**, Unaí/MG, n. 1, p. 1951 -1958, jan./jun. 2001.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *The nature and properties of soils*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. 12th Edition. 881 p. 1999.

BRAIDA, J. A. **Relações da erosão em entressulcos com resíduos vegetais em cobertura e erosão em sulcos em um solo podzólico vermelho escuro**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 152 p. Porto Alegre, 1994.

BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A. Erodibilidade em sulcos e em entressulcos em um podzólico vermelho-escuro franco-arenoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 20, p. 127-134, 1996.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Água: um bem cada vez mais ameaçado. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DAS ÁGUAS, 3., 2003 a, Curitiba. **Anais....** Curitiba: IEP. 2005. 1 CD-ROM. Publicado junto com os Anais do 4º Seminário Internacional das Águas, 2005 a.

BRASIL - CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2005 b.

BUENO, C. R. P.; STEIN D. P. Potencial natural e antrópico de erosão, na região de Brotas, estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Mariangá, v. 26, n. 1, p. 1-5. 2004.

CABRAL, J. B. P.; BOCEGATO, V. A.; SCOPEL, I.; LOPES, R. M. Estudo da erosividade e espacialização dos dados com técnicas de geoprocessamento na carta topográfica de morrinhos - Goiás/Brasil para o período de 1971 - 2000. **Revista Internacional de Ciência y Tecnología de la Información Geográfica**. Geofocus (artículos), n. 5, p. 1-18, 2004.

CAMARGO CORRÊA, C. M.; ROLOFF, G.; MALINOVSKI, J. R. Bases para o planejamento de rede viária em reflorestamento no sul do Brasil. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. CONGRESSO

LATINO-AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. 24 a 28 de out. 2005. Curitiba. PR, p. 2245-2250. 2005 a.

CAMARGO CORRÊA, C. M.; ROLOFF, G.; MALINOVSKI, J. R. Bases para o planejamento de rede viária em reflorestamento no sul do Brasil. **Revista Floresta**. Curitiba. 2005. No prelo. 2005 b.

CAMARGO CORRÊA, C. M.; ROLOFF, G.; MALINOVSKI, J. R. Parameters of Quality of the Water Originating from Forest Roads in Brazil. **In: SOIL AND WATER CONSERVATION SOCIETY, 2005 Annual Conference**. Rochester/NY. 2005. Soil and Water Conservation Society. 2005 c.

CAMARGO, C. M. S. **Compactação do solo causada pelo sistema de colheita de pinus taeda pelo sistema fuste (TREE LENGTH)**. Curitiba, 1999. 125 P. Dissertação (Área de concentração: Silvicultura) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.

CAMPO - Companhia de Promoção Agrícola. Análise de solo e Material Vegetal. Níveis de Fertilidade do Solo, para Interpretação de Resultados de Análise. Disponível em: <www.ada.com.br/campo>. Acesso em: 17 jan. 2006.

CARVALHO, L. A. de. **Curso de estradas vicinais**. Telêmaco Borba: Klabin Fabricadora de Papel e Celulose S.A., 1999.

CARVALHO, L. A. de; SELLA, R. O Planejamento da Infra-estrutura para o Transporte Florestal Pesado. **In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMA DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL**, 6., 1989, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1989.

CCFM - Canadian Council of Forest Ministers. National Status 2000 - Criteria and Indicators. Criterion 3.0 - Conservation of Soil and Water Resources.

CERFLOR - Curso de Auditor Florestal pelo CERFLOR - NBR 14789 e NBR 15789, Manual do Participante. Academia tecnológica de Sistema de Gestão. ATSC/INMETRO. Curitiba, 2005.

CHEIDA, L. E. Modelo de Gestão de Recursos Hídricos do Estado do Paraná. **In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DAS ÁGUAS - CIDADANIA NO USO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS**. 23-25 maio 2005. **Anais CD ROOM**. Curitiba/Pr.

CHRISTOPHER Jr., E. A. **Post Harvest evaluation of Best Management Practices for the Prevention of Soil Erosion in Virginia**. Master of Science in Forestry. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg. Virginia. 125 p. April 2002.

CNT. COPPEAD. Transporte de cargas no Brasil - Ameaças e Oportunidades para o Desenvolvimento do País. Diagnóstico e Plano de Ação. CNT - Confederação Nacional do Transporte e COPPEAD - Centro de Estudos em Logística. Disponível em: <<http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-busca.htm?fr-pesq-trans.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2005.

COCA, J. C. A. **Calibración de los factores de erosión, utilizando la ecuación universal de pérdida del suelo revisado 'RUSLE', em sistema de producción agrícola em la cuenca Taquiña.** Tese (Maestria Profissional em Manejo y Conservación de Cuencas) - Universidad Mayor de San Simon. San Simon, 77 p. Bolívia, 2001.

COGO, N. P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas de erosão em condições de chuva natural. I. Sugestões gerais, medições dos volumes, amostragem e quantificação de solo e água da enxurrada (1ª aproximação). **In:** ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO. 2., Passo Fundo. 1978. Anais. Passo Fundo. EMBRAPA. CNPT, p. 75-98. 1978.

CPRH - COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. Núcleo de Avaliação de Impactos Ambientais. Termo de referência para elaboração de Estudos de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impactos Ambientais - RIMA, relacionados a implantação de rodovias. **In:** MANUAL de diretrizes para avaliação de impactos ambientais. 2. ed. Recife: CPRH/GTZ. 1998.

CONSORT, J. J.; ZALUSKI, M. H.; ANTONIOLI, S. B. Soil erosion and Deposition Modeling using Arc GIS™, **In:** ASTC - ADVANCED SIMULATION TECHNOLOGIES CONFERENCE. Session 5: Environmental Technology I. Arlington, v. 18, 21 abr. 2004.

CORRECHEL, V. **Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise de redistribuição do "Fallout", do ¹³⁷Cs.** Piracicaba, 2003. 79 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

SET / DER. CURITIBA. Secretaria de Estado dos Transportes / Departamento de Estradas e Rodagem; Universidade Federal do Paraná; Fundação de Pesquisas Florestais. **Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias.** Curitiba, 2000. 246 p.

DADALTO, G. G.; CARMO FILHO, O. G.; CASTRO, L. L. F. **Captação de águas pluviais das estradas vicinais.** Vitória, ES: EMCAPA, 1990. (Documentos, n. 63).

DALARMI, O.; ANDREOLI, C. V. Condições de demanda e oferta de água para a região metropolitana de Curitiba. **In:** SEMINÁRIO INTERNACIONAL DAS ÁGUAS, 2., 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IEP, 2005. (1 CD-ROM. Publicado junto com os Anais do 4º Seminário Internacional das Águas, 2005).

DAVIS, M. L.; CORNWELL, D. A. *Introduction to environmental engineering.* 3.ed. Boston: McGraw-Hill, 1998.

DISSMEYER, G. E.; G.R. FOSTER. *A guide for predicting sheet and rill erosion on forest land.* Asheville, N. C.: Southeastern Forest Experiment Station and Southeastern Area, State & Private Forestry Atlanta, 1980. (Technical Publication SA-TP-11).

DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre. Diretrizes Básicas para atividades Rodoviárias Ambientais. Escopos básicos. Instruções de serviços. DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura Terrestre. 2. ed. Rio de Janeiro. 2005.

DYKSTRA, D. P.; HEINRICH, R. FAO model code of forest harvesting practice R. Rome: FAO, 22 p. 1996.

EGAN, A. F. *Reducing forest road erosion. Do foresters and logging contracts matter?*. **Journal of forestry**. v. 97, n. 8, p. 36-39, 1999.

ELLIOT, W. J.; FOLTZ, R. B.; LUCE, C. H. Predicting the impacts of forest roads on the environment. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL**, 3., 1997, Local. **Anais...** Vitória: Editor, 1997. p. 99-119.

ELLISON, W. D. Soil erosion. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Madison, 12: 479-484. 1947.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Serviço Nacional de Levantamento de Conservação de Solos. Manual de Métodos de Análise de Solos, v. 1, Rio de Janeiro, 1997 a.

EMBRAPA - Centro Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Relatório técnico anual. Recife, 1997 b.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, v. 1, 1979.

EPA - Environmental Protection Agency. Office of Water. **Guidance for water quality-based decisions: The TMD: Process**. Washington, D.C., 1991. 62 p.

FERRARI, J. A.; HIRUMA, S. T.; ANTONIETTI, E.; PEREIRA, P. R. B.; TAVARES, R. **Mapeamento da susceptibilidade à erosão na Bacia do Rio Quilombo/SP**. 56 p. Instituto Geológico, 1996. (Boletim , 12).

FERRIER, R. C.; EDWARDS, A. C.; HIRST, D. *Water quality of scottish rivers: spatial and temporal trends*. The Science of the Total Environment, **Netherlands**, v. 265, p. 327-342, 2001.

FESA - Forest Engineering Southern Africa. **Harvesting code of practice** – Forest opening and forest transport systems timber harvesting. Decision supporting regarding environmental issues. 2000. 110p.

FREITAS, L. C.; MACHADO, C. C. Impactos ambientais gerados pelas estradas florestais. 11/2003. **Revista da Madeira**, v. 11, n. 59, 2001. Disponível em: <www.remade.com.br> Acesso em: 13 mar. 2005.

FSC. Padrões de certificação do FSC- Forest Stewardship Council, para manejo florestal em plantações florestais no Brasil. Apostila do Curso de Certificação Florestal FSC. Soil Conseravation Society, Chile. 2004.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. Piracicaba, 2002. 136 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

FULTON, S.; WEST, B. Aqua - 3 - Forestry Impacts on Water Quality. Region 4. US Environmental Protection Agency. Southern Forest Resource Assessment Draft Report. 2002. Disponível em: <www.srs.fs.usda.gov/sustain/dirffcmnt/cr-02.html> Acesso em: 13 mar. 2005.

GARCIA, A. R.; MACHADO, C. C.; SILVA, E.; SOUZA, A. P. de; PEREIRA, R. S. Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva natural. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, 2003.

GEIPOT. Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes. Sistema de Informações do Anuário Estatístico dos Transportes (SISAET). Capítulo 5 e 7. 2001. Disponível em:<<http://www.geipot.gov.br/Novaweb/IndexAnuario.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2005.

GONZAGA, L. **Estratégia para manutenção de estradas rurais de SP**. Itapeva: [s. n.], 2000. Palestra durante encontro do Grupo de Discussão Sobre Rede Viária - Visita ao GRUPO ORSA, no município de Itapeva/SP.

GRACE III, J. M. *Sediment movement from forest road systems*. American Society of agricultural Engineers, p. 13-14, 2002.

GUIMARAES, H. S. A logística como fator decisivo das operações de colheita e transporte florestal. SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 13., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2004.

HILLEL, D. *Environmental soil physics: fundamentals, applications and environmental considerations*. San Diego: Academic Press. p. 203-241. 1998.

HORSWELL, M.; QUINN, N. Minimising sediment delivery to rivers: a spatial modelling approach developed for commercial forestry. Diffuse Pollution Conference Dublin, 2003. 5 A Forestry. Disponível em:<<http://ibama2.ibama.gov.br/cgi-bin/wxis.exe/?isis.script=/var/www/html/cnia/renima.html.xis&opc=periodicos>>. Acesso em: 19 ago. 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil em Síntese. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatística/pesquisa/default.shtm> Acessado em: 11 out 2005.

INPACEL. Encontro do Grupo de Discussão Sobre Rede Viária. Visita a INPACEL – International Paper do Brasil, no município de Arapoti/Pr. 2001.

IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. **Silvicultura e manejo**. Disponível em: <http://www.ipef.br/mct/MCT_03.htm>. Acesso em: 20 abr. 2005.

INSTITUTO ECOS. Disponível em:<<http://www.grass.institutoecos.rg.br/grass.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2005.

JACOBS, G. A. **Erodibilidade de dois latossolos vermelho escuro (textura argilosa e média), em relação à equação de erosividade da chuva**. (Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo) - Pós-Graduação em Ciência do Solo/UFPR. 86 p. Curitiba, 1995.

KANTOLA, M.; HARSTELA, P. **Manual de tecnologia apropriada as operações florestais em países em desenvolvimento**: Parte II: Transporte de Madeiras e Construção de Estradas.

Helsinki: Direção nacional de educação vocacional do governo da Finlândia, 1994. (Programa de Treinamento Florestal. Publicação, n. 19).

KETCHESON, G. L.; MEGAHAN, W. F. e KING; J. G. "R1-R4" and "BOISED", sediment prediction model tests using forest roads in granitics. **Journal of American Water Resources Association**. v. 35, n. 1, p. 83-98, 1999.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na bacia do Rio Cuiabá**. Rio de Janeiro, 2001. 184 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LIRA FILHO, J. A.; SOUZA, A. P. Avaliação do impacto da exploração florestal no meio ambiente. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1., 1991, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SIF, 1991. p. 94-112.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva - sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas, SP. In: ANAIS DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Campinas/SP. 158 p. 1981.

LOPES, E. S.; MACHADO, C. C. ; SOUZA, A. P. Classificação e custos de estradas em florestas plantadas na região sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 329-338. 2002.

LUCE, C. H. Proposal for a study on sediment production from forest roads under natural rainfall conditions. Moscow: USDA: Forest Service Intermountain Research Station, 7 p. 1993.

MACHADO, C. C.; GARCIA, A. R.; SILVA, E.; FONTES, A. M. Comparação de Taxas de Erosão em Estradas Florestais Estimadas pelo Modelo Wepp (Water Erosion Prediction Project) Modificado em Relação a Medições Experimentais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 295-300, 2003.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. da S. e BIRRO, M. H. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa/MG. UFV, 167 p. 2000.

MACHADO, C. C.; PEREIRA, R. S.; SANT'ANNA, G. L. Estradas florestais: o fator determinante do transporte rodoviário florestal. **Revista da Madeira**, 2003. Disponível em: <www.remade.com.br>. Acesso em: 10 out 2005.

MADERNA, J. G. **Interrelações da rede viária florestal**. Curitiba: [s.n.], 2002. (Exame de qualificação Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR).

MAIA, J. L. da S.; CONDI, J. G. B.; TIBURCIO, V. C. S. Colheita florestal e o meio ambiente na Duratex. In: IX SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL. Curitiba/Pr. FUPEF ed., p 19-24. maio 1996.

MALINOVSKI, J. R.; CARVALHO, L. C.; CARVALHO, M. **Planejamento de rede viária**. Relatório Técnico Klabin. 2004.

MALINOVSKI, J. R.; PERDONCINI, W. **Estradas florestais**. Irati/PR. GTZ., 1990. 100p. (Publicações técnicas do Colégio Florestal de Irati, n. 1).

MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, Ministério das Minas e Energia. Secretaria da Ciência e Tecnologia, Minas e Energia. Coordenadoria dos Recursos Minerais, 1986.

MARIA, I. C. Calculo da erosividade da chuva. In: MARIA, I. C. **Manual de programas de processamento de dados de campo e de laboratório para fins de experimentação em conservação do solo**. Campinas: IAC-SCS, 1994. Não paginado.

MARQUES, J. F. **Efeitos da erosão do solo na geração de energia elétrica: uma abordagem econômica e ambiental**. São Paulo. 1995. 27 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo.

MARQUES, J. J. G. S. M.; ALVARENGA, R. C.; CURTI, N.; SANTANA, D. P.; SILVA, M. L. N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator de erodibilidade para dois solos da região de cerrados – Primeira aproximação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, MG, n. 21, p. 427-434, 1997.

MARTINS, M. V.; BAHIA, V.G. Tecnologias disponíveis para o controle do escoamento superficial. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19. n. 191, p. 28-34, 1998.

MEDEIROS, R.C. **Rodprow: projeto geométrico de estradas assistido por computador**. Rio de Janeiro/RJ, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Pontifícia Universidade Católica. 120 p. 1997.

MEGAHAN, W. F.; KETCESON, G. L. Predicting downslope travel of granitic sediments from forest roads in Idaho. USA. *Water Resources Bulletin*. v. 32, n. 2, p. 371-382, 1996.

MEYER, L. D.; MC'CUNE, D. L. Rainfall simulator for runoff plots. *Agr. Eng.* 39: 644-648. 1958.

MORAES, L. C. S. de Curso de Direito Ambiental. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MUSGRAVE, G. W. A quantitative evaluation of factors in water erosion - A first approximation. *Journal of Soil Water Conservation*. 2: 133-138. 170. 1947

NEARY, D. G.; HORNBECK, J. W. Impacts of harvesting and associated practices on off-site environmental quality. c. 4, p. 81-118. In: **IMPACTS OF FOREST HARVESTING ON LONG TERM SITE PRODUCTIVITY**. Chapman & Hall. London, 1994.

NUNES, T. V. L. **Método de previsto de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais**: Trecho de Aquiraz/CE. (Dissertação de Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia e Transportes da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza/CE. 118 p. 2003.

ODA, S. Caracterização de uma rede municipal de estradas não pavimentadas. São Carlos, 1995. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

ODUM, H. T. ODUM, E. C. BROWN, M. T. LA HART D. BERSOK, C. SENDZIMIR, SCOTT, G. B. Sistemas ambientais e políticas públicas. Julho de 1987. Programa de Economia Ecológica, Phelps Lab. Universidade da Flórida. Gainesville.

OÑALE-VALDIVIESO, F. *Metodología para la evaluación del riesgo de erosión en zonas áridas y su aplicación en el manejo y protección de proyectos hidráulicos*. In: **REVISTA ELECTRÓNICA DE LA REDLACH**, n. 1. a. 1, 2004. (FAO - Redes de Cooperación Técnica. Red en Manejo de Cuencas Hidrográficas).

OREGON, Forest Practices Committee on Salmon & Watersheds (FPAC). Salmon & Watersheds. Section B - Forest Roads. 2000. Disponível em: <http://www.egov.oregon.gov/ODF/PRIVATE_FOREST/docs/fp/RptSecB.pdf>. Acesso em: 10 out 2005.

PADUA, H. B. **Águas com dureza e alcalinidade elevada**: observações iniciais na região de Bonito/MS/BR. Registro de dados, 2001-2002. Conceitos e comportamentos ambientais. 64 p. 2002. Disponível em: <www.pescar.com.br/helcias>. Acesso em: 12 mar. 2006.

PARSONS, D. A. Coshocton - Type runoff samplers. Laboratory investigations. United States Department of Agriculture. Soil Conservation Service. Washington 25, D. C. april, 16 p. 1954.

PINTO, L. M. Relatório sumários de avaliação do sistema d manejo florestal da RIGESA Celulose Papel e Embalagens Ltda nos estados de Santa Catarina e Paraná: Norma de Referencia: NBR 14.789:2001. 52 p. 2005.

PONTES FILHO, G. **Estradas de rodagem**: projeto geométrico. São Carlos/SP, 1998. 432 p

RANGEL, A. C. R. Pavimentação de estradas florestais. **Circular Técnica do IPEF**, n.122, 8 p. 1980.

RANZINI, M. Balanço hídrico, ciclagem geoquímica de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *E. saligna* Smith no Vale do Paraíba. (Dissertação de Mestrado em Hirdologia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. 110 p. Piracicaba 1990.

RATTON, E.; NADAL, C. A. Resíduos sólidos: legislação, normas e responsabilidades. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DAS ÁGUAS, 1., 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IEP, 2005. (1 CD-ROM. Publicado junto com os Anais do 4º Seminário Internacional das Águas, 2005).

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEEISIES G. A.; McCOOL. D. K.; YODER, D.C. (Coords.). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservations planning with the revised soil loss equation (RUSLE)*. United States: Dept. of Agriculture, 1997. (Agric. Handbook, n. 703). 404 p.

RIEDEL, M. S.; VOSE, M. Collaborative Research and Watershed Management for Optimation of Forest Road Best Management Practices. Aquatic Ecosystems Watersheds. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECOLOGY & TRANSPORTATION, 2003, New York. **Proceedings.. Making Connections**, 2003. Chapter 5. p. 148 - 158.

RIGESA, 2004. Levantamento de Solos da Empresa. Documento interno.

RIZZI, N. Planejamento hidrológico. In: 2 SEMINÁRIO INTERNACIONAL DAS ÁGUAS, 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IEP, 2005. (1 CD-ROM. Publicado junto com os Anais do 4º Seminário Internacional das Águas, 2005).

ROCHA, J. S. M. da e KURTS, S. M. J. M. Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas. 4 ed. Santa Maria - UFSM / CCR, 120 p. 2001. (Dissertação de mestrado)

ROCHA, J. V.; LOMBARDI NETO, F. e BACELLAR, A. A. A. Metodologia para determinação do fator comprimento de rampa (L) para a Equação Universal de Perdas do solo. Caderno de Informações Georeferenciada (CIG). v. 1, n. 2, 1997. Disponível em:<<http://www.fca.unesp.br/posgradua/Energia/revista/V14N2-99/142Fernanda.pdf>>. Acesso em: 12 mar.2004.

ROLOFF, G. Apostila da disciplina de Conservação do Solo. Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFPR. 2003.

ROLOFF, G.; CRUZ, J. B. C. da e IHLENFELD, R. Metodologia para o manejo de bacias hidrográficas influentes em mananciais de abastecimento e geração de energia. Relatório preliminar. Curitiba 2000.

ROLOFF G.; DENARDIN J. E. Estimativa simplificada da erodibilidade do solo In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. Resumos... Florianópolis: Editor,1994. Apostila da disciplina de erosão e manejo.

RONCATO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; GRAMINHO, D. H.; STEFANELO, C.; FIGUEIREDO, J. V.; PEDROSO, R. F. Erosividade mensal das chuvas de Santa Maria, de abril de 1996 a março de 2004. In: XV Reunião Brasileira de Manejo de Conservação de Solo e Água. Santa Maria, **Anais ...** 25-30 jul. 2004. Conservação do Solo. Anais em CD.

RYAN, P.J., MURPHY, S.; McKENZIE, N. J. Assessing Soil Erosion Hazard for Australian Forest Management. **Forest & Wood Products Research & Development Corporation. Project PN98**, Austrália, n. 801, 21 p. 2003.

SÁ, M. A. C. de; LIMA, J. M.; CURI, N.; MASSAROTO, J. A.; GRANATE DE SÁ, J. J.; MARQUES, M. Estimativa da erodibilidade pela desagregação por ultra-som e atributos de solos com horizonte B textural. **Revista PAB - Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 39, n. 7. p. 691 - 699. Jul.-jun., 2004.

SANDBLUND, R. *Communication of RUSLE modeling results on country and private roads*. Natural Resource Conservation Service. Grangeville ID. 1999. 37 p.

SBS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTUR. **Área plantada com pinus e eucaliptos no Brasil (ha)**. SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura. 2001. Disponível em:<<http://www.sbs.org.br/estatística.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2005.

SCHAFFER, M. J., REICHERT, J.M., CASSOL, E. A., ELTZ, F.L.F.; REINERT, D. J. Erosão em sulcos em diferentes preparos e estado de consolidação do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, MG, v. 25, p. 419-430, 2001.

SEBRAE. Metodologia SEBRAE 5 menos que são mais redução de desperdício. Redução de desperdício em micro e pequena empresa. ISO 14000, Sistemas de Gestão Ambiental, Redução de desperdícios. SEBRAE 2004.

SEIXAS, F. Potencial de danos dos sistemas de colheita de madeira no solo e nas cepas. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE MANEJO DE BROTAÇÃO DE EUCALIPTO, 4., 1997. **Memória**. IPEF, 1997. p. 63-78. (Série Técnica do IPEF, n. 30).

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação**. São Paulo: Pini, 1997. 174 p.

SENE, J. M. de. Logística operacional da DURATEX S.A. – Área florestal. In: XIII SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 13, 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2004. p. 209- 252.

SETR/DER. Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias. Curitiba. Secretaria de Estado dos Transportes - Departamento de Estradas e Rodagem e Universidade Federal do Paraná /Fundação de Pesquisas Florestais. 2000.

SILVA Jr.; J. A.; MATTOS, T. J. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na elaboração de projetos de traçados em rodovias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais**. INPE, 2003. p. 1943-1950.

SMOOT, J. L.; SMITH, R. D. *Soil erosion prevent & sediment control*. 1999. Disponível em: <<http://enr.utk.edu/research/water/erosiobn/index.html>>. Acesso em: 12 mar. 2004.

SOUZA, C. K.; MARQUES JUNIOR, J.; MARTINS FILHO, M.V. PEREIRA, G.T. Influência do relevo e erosão na variabilidade espacial de um Latossolo em Jaboticabal “SP”. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1067-1074. 2003.

SWIFT, L. W. Jr. Forest access roads: design, maintenance, and soil loss. In: Swank, W. T. and Crossley, D. A. Jr. (Eds). *Forest Hydrology and Ecology at Coweeta*. Ecology Studies. Vol. 66. Springer-Verlag. New York. p. 313-324. 1988.

TUCHY, E. Forest Ecology in montains areas. In: *Logging in Montains Forests*. Rome. FAO. p. 9-14, 1982.

UNITED STATES - US Army / CERL. Army corps of engineers. Construction Engineering Research Laboratories. Evaluation of Technologies for Addressing Factors Related to Soil Erosion on DOD Lands. (Technical Report. 97/134). 1997.

VARNIER, C. e HIRATA, R. Contaminação subterrânea por nitrato no Parque Ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. **Revista de Águas Subterrâneas**. p. 77 - 80. n. 16, maio 2002.

VIEIRA, G. A. Logística de processo florestal – uma abordagem gerencial. SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 13., 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2004.

VITAL, A. R. T.; LIMA, W. P.; CAMARGO, F. R. A. Efeitos do corte raso de plantações de Eucalyptus sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e as perdas de solo e de nutrientes numa microbacia no Vale do Paraíba. SP. **Scientia Forestalis**. n. 55, p. 5-16, jun. 1999.

WADT, P. G. S. **Ramais de estradas**. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal/index.html&conteudo=./florestal/artigos/ramais_estrada.html>. Acesso em: 10/10/2005

WEILL, M. A. M. **Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), através do índice de tempo de vida**. Piracicaba. 1999. 100 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

WISCHMEIER, W. H. A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation. **Soil Science American Proceedings**. Madison. v. 23, n. 2, p. 246-249, 1959.

WISCHMEIER, W. H. e SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservaion planting*. Washington, USDA. (Agriculture Handbook, 537), 58 p. 1978.

ZAKIA, M. J. B. Certificação florestal. Local: [s.n.], 2001. Palestra durante encontro do Grupo de Discussão Sobre Rede Viária. Visita a VOTORANTIM – Celulose e Papel. 2001.

ZINGG, A. W. Degree and length of land slope as it effects soil loss in runoff. *Agricultural Engeneering*. n. 21, p. 59-64, 1940.

APÊNDICES

APÊNDICE I

FATOR K

- Nomograma de Wischmeier (WISCHMEIER; SMITH, 1978)
 $K = 0,00273 M^{1,14} (10^{-4}) \cdot (12-a) + 0,00423 (b-2) + 0,00325 (c-3)$ (A)

- Equação proposta por Dissmeyer *et al.* (1980)
 $K^* = 2,1 M^{1,14} \cdot (10^{-6}) \cdot (12-a) + 0,0325 \cdot (b-2) + 0,025 \cdot (c-3)$ (B)

Onde:

K = erodibilidade do solo (t . h MJ⁻¹ . mm⁻¹),

M = (% silte+areia fina) . (100-%C) a = %C

b = estrutura

c = classe de permeabilidade

1=muito fina granular

6= muito lenta

2=fina granular

5=lenta

3=média a grossa granular

4=lenta para moderada

4= blocos, laminar ou maciça

3=moderada

2=moderada para rápida

1=rápida

- Equação de Denardin (1990).

$K = 0,00608 c + 0,00834 a - 0,00116 d - 0,00038 e$ (C)

Onde:

K = erodibilidade do solo (t . h MJ⁻¹ . mm⁻¹)

a e c = constantes

d = teor de Al²O³, extraído por ácido sulfúrico (%)

e = teor de partículas entre 2,0 e 0,5 mm (%) (areia grossa: 2,0-0,2 mm)

Apesar de ser brasileira, apresenta o uso de parâmetros constantes (a e c) torna questionável sua utilização.

- Roloff; Denardin (1994) propõem o calculo para diferentes classes de solo:

- Latossolos: $K_L = 0,0437Mn^{0,5} - 0,035 Fe - 0,0111(Al/arg)$ (D)

- Solos com B textural $K_T = 0,0917Mn^{0,5} - 0,0526 Fe - 0,0176af$ (E)

- Outros solos profundos (>1m) $K_p = 0,1038 Mn^{0,5} - 0,0454 Al$ (F)

APÊNDICE II

FATOR C

Renard *et al.* (2000), propõem a divisão deste fator nos seguintes subfatores.

$$\text{SLR} = \text{PLU} \cdot \text{CC} \cdot \text{SC} \cdot \text{SR} \cdot \text{SM} \quad (\text{G})$$

a) Subfator: Uso anterior do solo (PLU)

$$\text{PLU} = C_f \cdot C_b \cdot \exp [(-c_{ur} \cdot B_{ur}) + (c_{us} \cdot B_{us} / C_f^{Cuf})] \quad (\text{H})$$

Onde:

PLU = subfator que expressa a influência do uso anterior do solo (varia 0 e 1).

C_f = subfator de consolidação superficial do solo (1,0 para solos recentemente cultivado e 0,45 para solos acima de 7 anos sem uso),

C_b = subfator de consolidação de resíduos em subsuperfície,

C_{ur} e C_{us} = coef. de calibração que indica o impacto de resíduos na sub-superfície,

B_{ur} = densidade de massa de raízes vivas e mortas ($\text{lb} \cdot \text{acre}^{-1} \cdot \text{in}^{-1}$),

B_{us} = densidade de massa de resíduos de superfície incorporado ($\text{lb} \cdot \text{acre}^{-1} \cdot \text{in}^{-1}$),

C_{uf} = representa o impacto da consolidação na efetiva incorporação de resíduo.

b) Subfator - Fração de Cobertura de Dossel ou Solo Descoberto (CC):

$$\text{CC} = 1 - 0,01 \cdot \text{Cd} \cdot e^{(0,03 H)} \quad \text{Renard et al. (1997)} \quad (\text{I})$$

Onde:

CC = subfator que expressa a influência da cobertura pelo dossel (erosão c/cobertura e erosão s/cobertura),

Cd = % da superfície coberta pelo dossel,

H = altura mediana da queda das gotas formadas no dossel (s/dossel H=1).

$$\text{CC} = 1 - \text{Fc} \cdot \exp (-0,1 \cdot H) \quad \text{Renard et al. (2000)} \quad (\text{J})$$

Onde:

Fc = fração de superfície de solo com cobertura,

H = distancia entre a cobertura de dossel e o solo descoberto,

Este sub-fator também pode ser estimado através da Tabela A.

TABELA A - DETERMINAÇÃO DA FRAÇÃO DE COBERTURA POR COBERTURA DE DOSSEL (CC)

Altura (m)	Fração de solo descoberto por cobertura de dossel (%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,5	1,00	0,91	0,83	0,74	0,66	0,58	0,49	0,41	0,32	0,24	0,16
1,0	1,00	0,93	0,86	0,79	0,72	0,65	0,58	0,51	0,44	0,37	0,30
2,0	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
4,0	1,00	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,84	0,82	0,79	0,76	0,74
6,0	1,00	0,98	0,97	0,96	0,94	0,93	0,92	0,90	0,89	0,87	0,85
8,0	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92
16,0	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96
20,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

FONTE: DISSMEYER *et al.* (1980)

c) **Subfator - Cobertura da Superfície ou Cobertura por Resíduo (SC):**

$$SC = e^{-b \cdot Cr \cdot (0,6/R_s)^{0,08}} \quad \text{Renard et al. (1997)} \quad (K)$$

Onde:

SC = Subfator que expressa a influência da cobertura da superfície (erosão com cobertura / erosão sem cobertura)

b = fator indicativo da forma de erosão predominante

Cr = % da superfície coberta por resíduos

R_s = rugosidade aleatória da superfície (desvio padrão das micro-elevações)

R_s para uma superfície de mínima rugosidade ≈ 0,6 cm

$$SC = \exp [-b \cdot S_p \cdot (0,24 / R_u)^{0,08}] \quad \text{Renard et al. (2000)} \quad (L)$$

Onde:

b = coef. empírico que varia entre 0,030 a 0,070 (linhas de colheita) Simanton *et al.* (1984) recomendam 0,039, para solos que tiveram a biomassa de superfície removida e Renard *et al.* (2000) recomendam 0,035 para condição de erosão típica de colheita.

S_p = % de solo com cobertura de superfície, determinado pela equação M.

R_u = rugosidade de superfície após a colheita ou preparo do solo, cfe equação N

$$S_p = [1 - \exp(-\alpha \cdot B_s)] \cdot 100 \quad (M)$$

Onde:

α = relação entre a área coberta pelo resíduo e a massa deste resíduo (acre.lb⁻¹)

B_s = peso seco do resíduo de cobertura de superfície (lb⁻¹. acre)

$$R_u = 0,24 + [D_r \cdot (R_i - 0,24)] \quad (N)$$

Onde:

D_r = representa o coeficiente de perda de rugosidade, varia de 0 a 1,0

R_i = rugosidade inicial do solo, antes do preparo ou colheita.

Este sub-fator também pode ser estimado ainda através da Tabela B.

TABELA B - SUB-FATORES: COBERTURA DA SUPERFÍCIE E RAÍZES FINAS

% solo descob.	% de solo descoberto com densa material de raízes finas em 3 cm de solo										
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0	0.000										
1	0.0004	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0010	0.0012	0.0014	0.0016	0.0018
2	0.0008	0.0008	0.001	0.0012	0.0014	0.0017	0.002	0.0023	0.0027	0.0031	0.0036
5	0.003	0.003	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.011	0.012
10	0.005	0.005	0.006	0.008	0.009	0.011	0.013	0.015	0.017	0.020	0.023
20	0.011	0.012	0.014	0.017	0.020	0.024	0.028	0.033	0.038	0.044	0.050
30	0.017	0.018	0.020	0.025	0.029	0.036	0.042	0.050	0.059	0.068	0.077
40	0.023	0.024	0.027	0.034	0.042	0.049	0.058	0.068	0.079	0.092	0.104
50	0.030	0.032	0.038	0.045	0.054	0.064	0.074	0.088	0.103	0.118	0.135
60	0.037	0.038	0.043	0.055	0.067	0.079	0.092	0.109	0.127	0.147	0.167
70	0.047	0.049	0.054	0.068	0.083	0.098	0.117	0.138	0.161	0.187	0.212
80	0.055	0.058	0.066	0.081	0.098	0.118	0.141	0.164	0.192	0.221	0.252
85	0.066	0.069	0.078	0.095	0.115	0.138	0.165	0.195	0.228	0.264	0.300
90	0.075	0.080	0.089	0.111	0.133	0.157	0.187	0.222	0.260	0.301	0.342
95	0.086	0.090	0.102	0.125	0.155	0.182	0.217	0.255	0.298	0.345	0.392
100	0.099	0.104	0.117	0.144	0.180	0.207	0.248	0.293	0.342	0.396	0.450

Fonte: DISSMEYER *et al* (1980)

d) Subfator - Rugosidade Superficial do Solo (Sr)

$$SR = \exp [- 0,66 (R_u - 0,24)] \quad \text{Renard } et al. (2000) \quad (O)$$

Onde:

SR = subfator que expressa a rugosidade superficial do solo.

R_u = rugosidade de superfície após a operação de colheita ou preparo do solo.

e) Subfator - Umidade do Solo

A umidade do solo exerce substancial influência na infiltração, escoamento superficial no processo erosivo. A umidade do solo reflete as condições de umidade em relação às estações de verão e inverno, podendo variar entre 1,0 para o período mais chuvoso e o para o período mais seco.

f) Subfator - Reconsolidação do Solo:

Dissmeyer *et al.* (1980) propõem a tabela 3 para determinação deste subfator, com base nas condições de estrutura e permeabilidade do solo, tendo como parâmetros a % de solo descoberto e o tempo em meses após a colheita de madeira.

TABELA C - SUB-FATOR: RECONSOLIDAÇÃO DO SOLO

Solos com ausência de material fino na superfície e subsolo com condições deficientes de estrutura e permeabilidade								
% solo descoberto	Tempo em meses após a colheita de madeira							
	0	6	12	24	36	48	60	72+
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
2	0.006	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004
5	0.021	0.022	0.021	0.019	0.017	0.015	0.013	0.012
10	0.042	0.043	0.043	0.038	0.034	0.029	0.026	0.023
20	0.086	0.089	0.088	0.080	0.070	0.060	0.054	0.049
30	0.131	0.136	0.134	0.122	0.107	0.092	0.084	0.074
40	0.184	0.190	0.188	0.170	0.150	0.129	0.115	0.104
50	0.240	0.248	0.245	0.222	0.195	0.168	0.150	0.135
60	0.304	0.314	0.311	0.281	0.247	0.213	0.190	0.171
70	0.376	0.389	0.384	0.348	0.306	0.263	0.235	0.212
80	0.472	0.488	0.483	0.437	0.384	0.330	0.295	0.266
85	0.536	0.554	0.548	0.496	0.436	0.375	0.335	0.302
90	0.608	0.629	0.622	0.562	0.494	0.426	0.380	0.342
95	0.696	0.719	0.712	0.644	0.566	0.487	0.435	0.392
100	0.800	0.827	0.818	0.740	0.650	0.560	0.500	0.450

Fonte: DISSMEYER *et al* (1980)

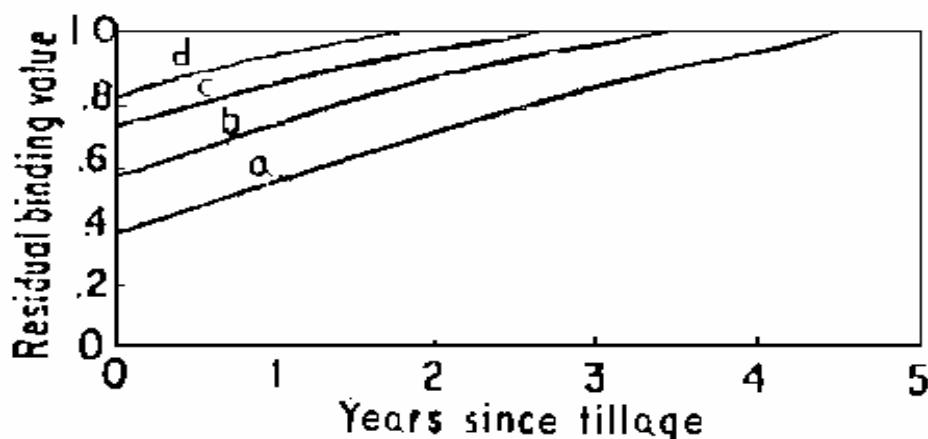
g) Subfator – Quantidade de Raízes Finas Superficiais

Dissmeyer *et al* (1980) mencionam que este subfator representa a quantidade de raízes finas remanescentes do uso anterior e da vegetação invasora após o preparo, podendo ser estimada através da Tabela B.

h) Subfator - Agregação Residual do Uso Anterior

Dissmeyer *et al.* (1980) propõem que esse subfator representa o nível de agregação do solo em função do uso anterior do solo, definido pelo período após colheita, pode ser determinado através da Figura A.

FIGURA A - DETERMINAÇÃO DO SUBFATOR AGREGAÇÃO RESIDUAL DO USO ANTERIOR



Fonte: DISSMEYER *et al* (1980)

Na determinação deste sub-fator, considera-se a seguinte legenda:

a – camada superficial do solo com boa condição de material fino e subsolo com boas condições de estrutura e permeabilidade.

b - camada superficial do solo com pouca quantidade de material fino e subsolo com boas condições de estrutura e permeabilidade.

c - camada superficial do solo ausente e subsolo com boas condições de estrutura e permeabilidade.

d - camada superficial do solo ausente e subsolo com más condições de estrutura e permeabilidade.

i) Subfator – Efeito de Degraus

Dissmeyer *et al* (1980) sugerem que esse subfator representa a porcentagem de degraus na rampa em estudo, podendo ser definida em função da porcentagem de degraus em um determinado declive, e definida através da Tabela D.

TABELA D - DETERMINAÇÃO DO SUBFATOR EFEITO DE DEGRAUS, EM FUNÇÃO DA % DE DEGRAUS X DECLIVIDADE DA RAMPA

% declividade	Porcentagem de degraus no declive										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94	0.93	0.92
6	1.00	0.97	0.94	0.92	0.89	0.86	0.84	0.81	0.78	0.76	0.73
7	1.00	0.96	0.92	0.88	0.84	0.80	0.75	0.71	0.67	0.63	0.59
8	1.00	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.69	0.64	0.59	0.54	0.49
9	1.00	0.94	0.89	0.83	0.77	0.71	0.65	0.60	0.54	0.48	0.42
10	1.00	0.94	0.87	0.81	0.75	0.68	0.62	0.56	0.49	0.43	0.36
12	1.00	0.93	0.85	0.78	0.71	0.63	0.56	0.49	0.42	0.34	0.27
15	1.00	0.92	0.84	0.75	0.67	0.59	0.51	0.43	0.34	0.26	0.18
20	1.00	0.91	0.82	0.74	0.65	0.56	0.47	0.38	0.29	0.20	0.11
30 +	1.00	0.91	0.81	0.72	0.63	0.53	0.44	0.35	0.25	0.15	0.06

Fonte: DISSMEYER *et al* (1980)

j) Subfator – Preparo em Nível

Dissmeyer *et al* (1980) mencionam que este subfator é determinado em função ao tipo de preparo do solo, podendo ser definido através da Tabela E.

TABELA E - DETERMINAÇÃO DO SUBFATOR PREPARO EM NÍVEL E A DECLIVIDADE DA RAMPA

% declividade	em contorno	Curvas de nível em grau				
		15	30	45	60	90
0 – 2	0.80	0.88	0.91	0.94	0.96	1.00
3 – 7	0.70	0.82	0.87	0.91	0.94	1.00
8 – 12	0.80	0.88	0.91	0.94	0.96	1.00
13 – 18	0.90	0.94	0.96	0.97	0.98	1.00
19 +	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

FONTE: DISSMEYER *et al* (1980)

APÊNDICE III

PERFIL No.: 08 | **LOCALIZAÇÃO:** Itaiópolis **TALHÃO:** R26T-23 **DATA:** 20/11/00

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, textura argilosa, A proeminente, álico

GEOLOGIA: **LITOLOGIA:** Siltitos, argilitos e arenitos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Tubarão
PERÍODO: Carbonífero
MATERIAL DE ORIGEM: Siltitos / argilitos

RELEVO: **LOCAL:** Terço médio de encosta
REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: Laminar

DRENAGEM: Bem drenado

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0 - 30 cm; Bruno avermelhado escuro (10 YR 3/3); argila, laminar grossa forte, firme, plástico e pegajoso, transição ondulada clara.

Bt 1 58 cm Bruno avermelhado escuro (7,5 YR 4/3); argila; forte pequena blocos; friável, muito plástico e muito pegajoso, transição ondulada e gradual.

Bt 2 125 cm Vermelho amarelado (5 YR 5/3); argila; forte média blocos e prismas; muito friável, muito plástico e muito pegajoso.

OBSERVAÇÕES: Cerosidade comum e forte no Bt2 pouca no Bt1.
 Raízes finas e grossas abundantes em todo o perfil.
 Abaixo de 125 cm concreções de laterita de 1 a 2 cm.

RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL R 26 - T 23 - P 08					
Horizonte	Símbolo	A	Bt1	Bt2	
	Profundidade (cm)	0 - 30	30 - 58	58 - 125	
Granulometria (%)	Areia	Grossa	8.7	2.0	1.8
		Fina	0.2	5.6	9.5
		Total	8.9	7.6	11.3
	Silte	43.3	42.4	52.7	
	Argila	NaOH	48.0	50.0	36.0
H ₂ O		32.0	32.0	0.0	
Grau de floculação		33.3	36.0	100.0	
Densidade g/cm ³	Real				
	Aparente				
Porosidade (%)					
pH (1:2,5)	H ₂ O	4.5	4.5	4.7	
	KCl	4.0	4.1	4.2	
Matéria orgânica (dag/kg)		2.1	1.8	0.4	
Fósforo assimilável (ppm)		P	2.1	1.3	1.1
Complexo Sortivo (Cmol/dm ³)	Ca ⁺⁺	0.0	0.0	0.1	
	Mg ⁺⁺	0.1	0.0	0.0	
	K ⁺	0.1	0.0	0.0	
	S	0.2	0.1	0.1	
	Al ⁺⁺⁺	4.6	3.9	2.6	
	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺	12.0	7.8	3.3	
	T	12.2	7.8	3.4	
Saturação de Bases %		V	1.5	1.0	3.4
Saturação de Alumínio %		M	96.2	98.1	95.9

APÊNDICE IV

PERFIL No.: 19 | **LOCALIZAÇÃO:** Itaiópolis **TALHÃO:** R40T-09 **DATA:** 22/11/00

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico, textura média, A húmico, álico

GEOLOGIA: **LITOLOGIA:** Siltitos, argilitos e arenitos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Tubarão
PERÍODO: Carbonífero
MATERIAL DE ORIGEM: Siltitos / argilitos

RELEVO: **LOCAL:** Topo interflúvio inclinado
REGIONAL: Ondulado

EROSÃO: **DRENAGEM:** Bem drenado

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1 0 - 22 cm; Bruno avermelhado escuro (10 YR 2/2); argila, forte pequeno granular; muito friável, plástico e pegajoso, transição ondulada e gradual.

A2 55 cm Bruno avermelhado escuro (10 YR 2/2); argila; forte grande granular e pequenos blocos; muito friável, plástico e muito pegajoso, transição ondulada e gradual.

A3 88 cm Vermelho amarelado (10 YR 3/2); argila; maciço que se rompe em fragmentos pequenos; muito friável, plástico e muito pegajoso, transição ondulada e clara.

Bi 101 cm (10YR 5/4); argila forte; forte e pequenos blocos; muito friável, plástico e muito pegajoso, transição ondulada clara.

2C 101 + cm (2,5YR 7/4); argila forte; maciço, muito friável, plástico e muito pegajoso.

OBSERVAÇÕES: Entre Bi e 2C tem uma linha estreita de laterita.
 Raízes finas e grossas abundantes nos A1 e A2, finas e médias nos A3 e Bi e poucas no C.
 Material de origem até Bi é arenito e do 2C é silito.

RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL R 26 - T 23 - P 08								
Horizonte	Símbolo		A1	A2	A3	Bi	2C	
	Profundidade (cm)		0 - 22	22 - 55	55- 88	88 - 101	> 101	
Granulometria (%)	Areia	Grossa	29.0	32.3	29.4	22.3	1.2	
		Fina	30.9	29.9	28.0	27.8	44.0	
		Total	59.9	62.2	57.4	50.1	45.2	
	Silte		16.1	13.8	16.6	21.9	28.8	
	Argila	NaOH	24.0	24.0	26.0	28.0	26.0	
		H ₂ O	2.0	10.0	16.0	18.0	16.0	
Grau de floculação			91.7	58.3	38.5	35.7	38.5	
pH (1:2,5)	H ₂ O		4.7	5.8	5.4	5.0	5.2	
	KCl		4.1	5.0	4.4	4.3	4.3	
Matéria orgânica (dag/kg)			4.8	2.5	2.1	1.5	0.4	
Fósforo assimilável (ppm)			P	3.1	1.1	1.1	0.9	0.6
Complexo Sortivo (Cmol _c /dm ³)	Ca ⁺⁺		1.1	4.4	0.5	0.1	0.5	
	Mg ⁺⁺		0.3	4.3	1.9	0.7	1.2	
	K ⁺		0.1	0.1	0.8	0.6	0.7	
	S		1.5	8.9	3.2	1.4	2.4	
	Al ⁺⁺⁺		2.9	0.0	1.1	1.4	1.1	
	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺		9.1	3.0	5.2	4.0	1.3	
	T		10.6	11.9	8.3	5.4	3.7	
Saturação de Bases %			V	14.1	74,7	38.2	25.5	64.7
Saturação de Alumínio %			M	66.0	0.4	26.2	49.4	32.1

APÊNDICE V

PERFIL No.: 04 | **LOCALIZAÇÃO:** Três Barras **TALHÃO:** R5T-131 **DATA:** 10 / 02/ 99

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO ESCURO Álico, textura argilosa, A moderado

GEOLOGIA: **LITOLOGIA:** Arenitos finos, siltitos e folhelhos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Tubarão
PERÍODO: Carbonífero superior
MATERIAL DE ORIGEM: Atrações da litologia acima

RELEVO: **LOCAL:** Terço superior de encosta suave
REGIONAL: Topo de interflúvio aplanado

EROSÃO: Laminar ligeira

DRENAGEM: Boa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0 - 16 cm; Bruno avermelhado escuro (5 YR 3/3); argila; forte média granular e blocos grandes; friável; plástico e pegajoso, transição plana e gradual.

A2 16 - 50 cm Bruno avermelhado escuro (5 YR 3/3); argila; forte grande granular; muito friável, plástico e muito pegajoso, transição plana e gradual.

BA 50 - 74 cm Bruno avermelhado escuro (2.5 YR 3/4); muito argiloso; forte média blocos e granular; muito friável, plástico e muito pegajoso, transição ondulada e gradual.

Bt 74 - 150 cm Vermelho (10R 4/8); muito argiloso; forte média e grandes blocos e prismas; friável, muito plástico e muito pegajoso, transição ondulada e gradual.

BC 150 - 180 + cm Vermelho (10R 5/6) e N7; muito argiloso; forte média blocos angulares; friável, plástico e pegajoso.

OBSERVAÇÕES: Cerosidade comum e moderada no Bt, nos planos de clivagem.
 Macro e microporos abundantes. Raízes finas e médias comum até o Bt.

RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL R 26 - T 23 - P 08							
Horizonte	Símbolo	A1	A2	BA	Bt	BC	
	Profundidade (cm)	0 - 16	16 - 50	50 - 74	74 - 150	> 150	
Granulometria (%)	Areia	Grossa	1.20	1.40	1.07	0.39	1.38
		Fina	2.00	6.00	4.42	2.92	0.23
		Total	3.20	7.40	5.49	3.31	1.62
	Silte	13.80	10.60	10.51	22.69	26.38	
	Argila	NaOH	83.00	82.00	84.00	74.00	72.00
		H ₂ O	82.00	56.00	6.00	0.00	0.00
Grau de floclaç		1.20	31.71	92.86	100.0	100.0	
PH (1:2,5)		H ₂ O	4.26	4.40	4.49	4.56	4.74
		KCl	3.55	3.66	3.78	3.78	3.84
Matéria orgânica (dag/kg)		7.02	5.23	2.72	0.60	0.05	
Fósforo assimilável (ppm)		14.36	11.66	14.95	8.09	8.67	
Complexo Sortivo (Cmol _c /dm ³)	P	0.09	0.05	0.04	0.03	0.02	
	Ca ⁺⁺	0.14	0.07	0.03	0.04	0.19	
	Mg ⁺⁺	0.12	0.06	0.05	0.06	0.09	
	K ⁺	0.35	0.18	0.12	0.12	0.30	
	S	5.26	4.86	3.44	3.03	2.63	
	Al ⁺⁺⁺	23.07	17.93	13.08	8.41	7.19	
	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺	23.42	18.11	13.19	8.53	7.49	
Saturação de Bases %	V	1.49	0.97	0.88	1.46	3.96	
Saturação de Alumínio %	M	93.79	96.50	96.73	96.05	89.87	

APÊNDICE VI

PERFIL No.: 19 | **LOCALIZAÇÃO:** Três Barras **TALHÃO:** R5T-143 **DATA:** 11 / 02/ 99

CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO VERMELHO ESCURO LATOSSÓLICO Álico, textura muito argilosa, A proeminente.

GEOLOGIA: **LITOLOGIA:** Arenitos finos, siltitos e folhelhos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Grupo Tubarão
PERÍODO: Carbonífero superior
MATERIAL DE ORIGEM: Atrações da litologia acima

RELEVO: **LOCAL:** Meio de encosta
REGIONAL: Suave ondulado

EROSÃO: **DRENAGEM:** Boa

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

Ap 0 - 25 cm; Bruno avermelhado escuro (5 YR 3/3); argila; maciço coeso; firme; plástico e pegajoso, transição plana e clara.

A2 25 - 68 cm Bruno avermelhado escuro (5 YR 4/3); argila; maciço que se rompe em blocos grandes; friável; plástico e pegajoso, transição ondulada e clara.

Bt1 68 - 104 cm Bruno avermelhado escuro (2.5 YR 3/4); muito argiloso; forte média a grandes blocos subangulares; friável, muito plástico e muito pegajoso, transição ondulada e gradual.

Bt2 104 - 150 + cm Vermelho (10R 4/6); argila; moderada média a grande prismática; friável, muito plástico e muito pegajoso.

OBSERVAÇÕES: Horizonte A adensado pelo manejo.

Macro e microporos abundantes nos horizontes Bt. Raízes finas e grossas comum no perfil.

RESULTADOS ANALÍTICOS DO PERFIL R 26 - T 23 - P 08							
Horizonte	Símbolo		A1	A2	Bt1	Bt2	
	Profundidade (cm)		0 - 25	25 - 68	68 - 102	> 102	
Granulometria (%)	Areia	Grossa	2.14	1.60	1.38	1.44	
		Fina	9.13	7.90	7.26	6.79	
		Total	11.27	9.51	8.64	8.23	
	Silte		18.73	18.49	17.36	11.77	
	Argila	NaOH	70.00	72.00	74.00	80.00	
		H ₂ O	52.00	46.00	14.00	8.00	
Grau de floculação			25.71	36.11	81.08	90.00	
pH (1:2,5)	H ₂ O		4.38	4.38	4.29	4.35	
	KCl		3.77	3.80	3.99	4.08	
Matéria orgânica (dag/kg)			4.32	3.45	2.19	0.83	
Fósforo assimilável (ppm)			P	19.70	35.18	5.88	6.81
Complexo Sortivo (Cmol _c /dm ³)	Ca ⁺⁺		0.27	0.14	0.03	0.01	
	Mg ⁺⁺		0.07	0.05	0.02	0.02	
	K ⁺		0.02	0.08	0.05	0.06	
	S		0.36	0.27	0.10	0.09	
	Al ⁺⁺⁺		4.05	3.24	1.42	0.81	
	H ⁺ + Al ⁺⁺⁺		13.45	10.93	7.94	5.23	
	T		13.81	11.20	8.04	5.32	
Saturação de Bases %			V	2.60	2.41	1.24	1.74
Saturação de Alumínio %			M	91.86	92.29	93.41	89.74