



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

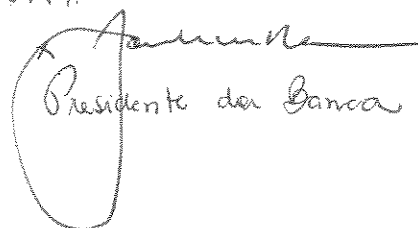
HELENA KIYOE ITO

“Previsão de Erosão e Demarcação de Talhões para Plantação de Eucalipto na Microbacia do Rio Itupeva (São Paulo), com Base num Sistema de Informação Geo-Referenciada”

Parecer

Este exemplar corresponde a redação final da dissertação de mestrado defendida por Helena Kiyoe Ito e aprovada pela Comissão Julgadora em 24 de agosto de 1998. Campinas, 21 de dezembro de 1999.

Dissertação apresentada a Faculdade de Engenharia Agrícola como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Planejamento e Produção Agropecuária.


Presidente da Banca

Orientador: Prof. Dr. Jansle Vieira Rocha

CAMPINAS, SP

Agosto / 1998

1701451111
IT 6 p
Ex.
UMBC BC/ 40385
*ROC. 278/2000
C ☐ D ☒
PRECO. 2811.00
DATA 16-02-00
N* CPD

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Aos meus pais

Com carinho e gratidão

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Jansle Vieira Rocha, pela orientação, incentivo e amizade durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Francisco Lombardi Neto e Prof^ª. Dra. Adriana Cavalieri, pelas sugestões sempre bem-vindas, incentivo e amizade.

À Prof^ª. Dra. Rozely Ferreira dos Santos, por acreditar em meu potencial, pelo incentivo e amizade.

À Champion Papel e Celulose, na pessoa do Eng. Florestal Miguel Cadini, pelo apoio neste trabalho.

Ao CNPq e à CAPES pela concessão das bolsas de estudos.

Ao pessoal do Laboratório de Geoprocessamento, Emília e Marquinhos, pelo auxílio e amizade.

À Aninha, Marta e Cidinha, sempre prontas a resolver nossos problemas.

À Su, por me facilitar na árdua tarefa de impressão.

À Marina, Hélio, Denise, Nelson, Silvinha, Márcia, Orska entre outros, longe dos olhos, mas dentro do coração.

À Bê, Flávia, Má, Su (novamente), Mônica, Elaine e Io, pelos bons e maus momentos, com os quais tanto cresci, pela amizade e companheirismo.

À Sara, um ombro amigo nos momentos difíceis.

Aos amigos Sara (novamente), Rafael, Rogério, Teresa, Maria, Jorge, Escobar, Neri entre outros, pelos tantos “passos dados para trás”, imprescindíveis em nossa caminhada para frente.

A todos os professores e funcionários da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP), que de maneira direta ou indireta, contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

Meu muito obrigado!

*“O verdadeiro heroísmo consiste
em persistir por mais um momento
quando tudo parece perdido.”*

W. F. Grenfel

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2.1 - Manejo de solos para florestas plantadas	3
2.2 - Estimativa de perdas de solo	6
2.3 - Técnicas de geoprocessamento	11
3. MATERIAL E MÉTODO	
3.1 - Área de estudo	14
3.2 - Geração da base de dados	15
3.2.1 - Declividade	15
3.2.2 - Levantamento Pedológico Semi-Detalhado (1:50.000)	16
3.2.2.1 - Latossolos	16
3.2.2.1.1 - Latossolo Roxo	16
3.2.2.1.2 - Latossolo Vermelho Escuro	16
3.2.2.1.3 - Latossolo Vermelho Amarelo	17
3.2.2.2 - Podzólico Vermelho Amarelo	17
3.2.2.3 - Terra Roxa Estruturada	17
3.2.2.4 - Cambissolos	18

3.2.2.5 - Solos Litólicos	18
3.2.2.6 - Solos Hidromórficos	18
3.2.3 - Levantamento do uso e ocupação atual	18
3.3 - Cálculo de perda de solo por erosão	19
3.3.1 - Fator erosividade da chuva (R)	19
3.3.2 - Fator erodibilidade do solos (K)	20
3.3.3 - Fator topográfico	21
3.3.4 - Fator uso e manejo (C)	22
3.3.4.1 - Fator C para o uso e ocupação atual	22
3.3.4.2 - Fator C considerando a substituição dos diversos usos da microbacia por florestamento de eucalipto	23
3.3.4.3 - Fator C para reforma de talhão	24
3.3.5 - Fator práticas conservacionistas (P)	24
3.4 - Geração de áreas com distorções de uso	25
3.4.1 - Tolerância de perda de solo	25
3.4.2 - Áreas com perdas superiores aos níveis de tolerância	25
3.5 - Talhonamento	25
3.5.1 - Classificação no sistema de capacidade de uso	25
3.5.2 - Definição de áreas críticas	27
3.5.3 - Talhonamento	27
4. RESULTADOS	
4.1 - Geração da base de dados	29
4.1.1 - Declividade	29
4.1.2 - Solos	30
4.1.3 - Levantamento de uso e ocupação atual	33

4.2 - Estimativa de Perda de solo	35
4.2.1 - Fator uso e cobertura vegetal (C) para uso atual	35
4.2.2 - Fator uso e cobertura vegetal (C) para substituição das culturas por floresta- mento de eucalipto	39
4.2.3 - Perdas médias de solo (t/ha) para reforma de talhão	43
4.3 - Talhonamento	46
4.3.1 - Classificação no sistema de capacidade de uso	46
4.3.2 - Áreas críticas	48
4.3.3 - Talhonamento	48
5. DISCUSSÃO	
5.1 - Base de dados	51
5.1.1 - Declividade	51
5.1.2 - Solos	51
5.1.3 - Uso e ocupação atual	52
5.2 - Estimativa de perda de solo	52
5.2.1 - Fator uso e cobertura vegetal (C) para uso atual	52
5.2.2 - Fator uso e cobertura vegetal (C) para substituição das culturas por flores- tamento de eucalipto	54
5.2.3 - Perdas médias de solo (t/ha) para uma reforma florestal	55
5.3 - Talhonamento	56
5.3.1 - Classificação no sistema de capacidade de uso	56
5.3.2 - Talhonamento	58
6. CONCLUSÕES	60
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	61
ANEXOS	67

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

EUPS -	Equação Universal de Perda de Solos
FAO -	Food Agricultural Organization
SIG-	Sistema de Informações Geográficas
INPE -	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IGC -	Instituto Geológico e Cartográfico
MDE -	Modelo Digital de Elevação
TM -	Thematic Mapper
GPS -	Global Position System
LR -	Latossolo Roxo
LE -	Latossolo Vermelho Escuro
LV -	Latossolo Vermelho Amarelo
PV -	Podzólico Vermelho Amarelo
TE -	Terra Roxa Estruturada
Ca -	Cambissolo
Li -	Litossolo
Hi -	Solo Hidromórfico
CBS -	Community Base Station

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 - Talhonamento tradicional com formas regulares.	5
Figura 2 - Talhonamento visando a conservação dos recursos naturais.	6
Figura 3 - Localização da área de estudo.	14
Figura 4 - Modelo Digital de Elevação (MDE), referente à microbacia estudada.	29
Figura 5 - Classes de declividade, geradas a partir do Modelo Digital de Elevação.	31
Figura 6 - Classes de solos ocorrentes na área de estudo.	32
Figura 7 - Classes de uso e ocupação atual ocorrentes na área de estudo.	34
Figura 8 - Perdas médias para uso atual, por classe de uso e ocupação.	35
Figura 9 - Áreas com perdas médias de solo (t/ha) acima da tolerância ponderada, considerando o uso e ocupação atual.	36
Figura 10 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Latossolo Roxo.	37
Figura 11 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Latossolo Vermelho Escuro.	37
Figura 12 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa.	37
Figura 13 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Latossolo Vermelho Amarelo, textura média.	37
Figura 14 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Cambissolo.	38
Figura 15 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Podzólico Vermelho Amarelo.	38
Figura 16 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual (pastagem) em Terra Roxa Estruturada.	38
Figura 17 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Solos Litólicos.	38
Figura 18 - Perdas médias de solo (t/ha), por classe de uso e ocupação, no decorrer do ano.	39

Figura 19	Áreas com perdas médias de solo (t/ha) acima dos níveis de tolerância, considerando a substituição das culturas por florestamento de eucalipto, em dezembro.	40
Figura 20	Perdas médias de solo (t/ha) para o Latossolo Roxo.	41
Figura 21	Perdas médias de solo (t/ha) para o Latossolo Vermelho Escuro.	41
Figura 22	Perdas médias de solo (t/ha) para o Latossolo Vermelho amarelo, textura Argilosa.	41
Figura 23	Perdas médias de solo (t/há) para o Latossolo Vermelho Amarelo, textura média.	41
Figura 24	Perdas médias de solo (t/ha) para o Podzólico Vermelho Amarelo.	42
Figura 25	Perdas médias de solo (t/ha) para a Terra Roxa Estruturada.	42
Figura 26	Perdas médias de solo (t/ha) para o Cambissolo.	42
Figura 27	Perdas médias de solo (t/ha) para os Solos Litólicos.	42
Figura 28	Áreas com perdas médias de solo (t/ha) acima dos níveis de tolerância, considerando um bom manejo dos restos culturais.	44
Figura 29	Áreas com perdas médias de solo (t/ha) acima dos níveis de tolerância, considerando um manejo médio dos restos culturais.	45
Figura 30	Classes de capacidade de uso.	47
Figura 31	Cruzamento das classes de capacidade de uso com as áreas críticas em relação a perdas de solo.	49
Figura 32	Proposta de talhamento.	50

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 - Classes de declividade geradas.	15
Quadro 2 - Valores médios dos índices de erosão e as respectivas estimativas do fator R.	20
Quadro 3 - Valores de erodibilidade e tolerância a perda de solos para a área de estudo.	21
Quadro 4 - Fator C, associado às classes de uso e ocupação do solo.	22
Quadro 5 - Fator C considerando o preparo de solo nos diferentes meses do ano, em três tipos de manejo de restos culturais.	23
Quadro 6 - Fator P, de acordo com as classes de declividade.	24
Quadro 7 - Áreas calculadas para cada classe de declividade.	30
Quadro 8 - Classes de solos com as respectivas áreas (ha).	30
Quadro 9 - Classes de uso e ocupação, com as respectivas áreas (ha) ocupadas na microbacia em estudo.	33
Quadro 10 - Perdas médias de solo (t/ha) por tipo de manejo dos restos culturais.	43
Quadro 11 - Classes de capacidade de uso.	46
Quadro 12 - Categorias geradas pela combinação através de tabulação cruzada das classes de capacidade de uso com as áreas com perdas de solo acima dos níveis de tolerância.	48
Quadro 13 - Níveis de manejo para o talhamento.	48
Quadro A.1 - Precipitação média mensal (média de 30 anos - 1961 a 1960) dos postos meteorológicos estudados.	68

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela A.2.1 - Fator C para cana do ano.	68
Tabela A.2.2 - Fator C para milho.	69
Tabela A.2.3 - Fator C para soja.	69
Tabela A.2.4 - Fator C para Citros.	70
Tabela A.3.1 - Fator C para a implantação do florestamento no início de janeiro.	72
Tabela A.3.2 - Fator C para a implantação do florestamento no início de fevereiro.	73
Tabela A.3.3 - Fator C para a implantação do florestamento no início de março.	74
Tabela A.3.4 - Fator C para a implantação do florestamento no início de abril.	75
Tabela A.3.5 - Fator C para a implantação do florestamento no início de maio.	76
Tabela A.3.6 - Fator C para a implantação do florestamento no início de junho.	77
Tabela A.3.7 - Fator C para a implantação do florestamento no início de julho.	78
Tabela A.3.8 - Fator C para a implantação do florestamento no início de agosto.	79
Tabela A.3.9 - Fator C para a implantação do florestamento no início de setembro.	80
Tabela A.3.10- Fator c para a implantação do florestamento no início de outubro.	81
Tabela A.3.11- Fator C para a implantação do florestamento no início de novembro.	82
Tabela A.3.12- Fator C para a implantação do florestamento no início de dezembro.	83
Tabela A.4.1 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso e ocupação atual.	84

Tabela A.4.2 -	Estimativa média de perdas de solo (t/ha), para uso atual, por cultura , por tipo de solo	85
Tabela A.5.1 -	Estimativa de perdas médias de solo (t/ha) para a substituição da ocupação atual por florestamento de eucalipto, no decorrer do ano.	86
Tabela A.5.2 -	Estimativa média de perdas de solo (t/ha), para cada classe de solo, com a substituição da ocupação atual por florestamento de eucalipto, no decorrer do ano.	87

RESUMO

IMPLANTAÇÃO E MANEJO DE UMA FLORESTA DE EUCALIPTO, EM UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA, UTILIZANDO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOREFERENCIADA

A implantação de florestas de rápido crescimento no Brasil visa suprir uma crescente demanda por produtos diversos derivados de madeira. Uma espécie bastante difundida atualmente para esse fim é o eucalipto, oriunda da Austrália que, além de apresentar uma boa adaptação às nossas condições climáticas, também consegue alcançar duas ou três rotações, dependendo do manejo aplicado. O florestamento de eucalipto, em determinadas condições, pode ocasionar erosão, tanto pela susceptibilidade natural de certos pedoambientes como pelas práticas de manejo utilizados no preparo do solo, manutenção e corte dos povoamentos florestais. Nesse sentido, as empresas reflorestadoras tem mudado suas formas de ação, preocupando-se agora com a conservação do solo e água, procurando para isso adotar a microbacia hidrográfica como unidade de manejo. Tomando-se a microbacia do Rio da Itupeva, com uma área aproximada de 2.169 ha, abrangendo os municípios de Aguai e Santo Antonio do Pinhal, elaborou-se uma proposta de talhonnamento que buscou minimizar os impactos ocasionados pela erosão. Utilizando-se a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) determinou-se as áreas críticas, para cultura atual e simulando a substituição das culturas existentes por um florestamento de eucalipto. As áreas críticas com relação a perda de solos foram associadas às classes de capacidade de uso, de maneira a propor uma alternativa de talhonnamento que consiga minimizar o depauperamento do meio. Numa primeira implantação, o eucalipto mostrou-se bastante restritiva com relação a perda de solos, sendo que as substituições que maiores impactos causaram foram a cana-de-açúcar e a pastagem. Na reforma dos talhões, isto é, florestamento em áreas que já foram ocupadas por eucalipto, as perdas de solo mostraram dentro dos níveis de tolerância estimados para cada tipo de solo.

ABSTRACT

The main goal in implementing fast growing forests in Brazil is to supply the increasing demand for wood-derived products. One of the species most used for that purpose is the Eucalyptus, native of Australia, which shows good adaptation to the local climate as well as provides 2 or 3 cuts, depending on the applied management. In certain conditions Eucalyptus forests may cause erosion, either due to their natural susceptibility to some soil characteristics or due to management practices used for soil tillage, forest maintenance and cuts. Forestry companies have been changing their view on the subject and are becoming more worried about soil and water conservation, adopting watersheds as management units. This study was carried out on the Rio da Itupeva watershed, with an area of 2,169ha, within the Aguaí and Santo Antonio do Pinhal counties, in the São Paulo State. The Universal Soil Loss Equation (USLE) was used to determine critical areas, in terms of soil loss, simulating land use changes from the existing crops to Eucalyptus forest. Those critical areas were then associated to land use capacity classes in order to propose alternatives to field shapes and roads design, with the objective of minimizing impacts on the environment. In the first implementation, eucalyptus has shown to be very restrictive, considering the soil loss, with land use change from sugar cane and pasture causing the biggest impacts. In a second implementation, i.e. forestry in areas previously occupied by Eucalyptus, the soil losses were acceptable, within the tolerance limits established for each soil type.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por madeira para os mais diversos fins tem levado o homem a uma constante busca por novas terras, tendo em vista a implantação de florestas de rápido crescimento que consigam suprir essa necessidade.

No Brasil, as classificações de capacidade de uso e de aptidão agrícola indicam terras marginais à produção de alimentos, pelas más condições físicas e/ou químicas, como passíveis de serem utilizadas na implantação de florestas de rápido crescimento. Mas, no Estado de São Paulo, essa realidade vem modificando-se pois, com a intenção de reduzir os custos de transporte, as empresas reflorestadoras começam a adquirir terras próximas aos locais de processamento de madeira.

Dentre as espécies mais difundidas para a produção comercial de madeira no Brasil está o eucalipto, originária da Austrália, que além de apresentar uma boa adaptação às nossas condições climáticas, também consegue alcançar duas ou três rotações, dependendo do manejo aplicado.

O florestamento de eucalipto, apesar de ser considerado uma prática de proteção ao solo, em determinadas condições, pode ocasionar erosão, tanto pela susceptibilidade natural de certos pedoambientes quanto pelas práticas de manejo utilizadas no preparo de solo, manutenção e corte dos povoamentos florestais. Nesse sentido, as empresas reflorestadoras tem mudado suas formas de ação, preocupando-se agora com a conservação do solo e água, procurando para isso adotar a microbacia hidrográfica como unidade de manejo. Essa nova realidade vai de encontro ao Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas, implementado pelo Governo do Estado de São Paulo, que objetiva a sustentabilidade socio-econômica e ambiental das microbacias.

No estudo da conservação do solo e da água, uma das principais preocupações é a perda de terra por erosão. Isso implica na remoção de nutrientes, e conseqüente declínio do potencial produtivo das terras, bem como no assoreamento dos cursos d'água, o que ocasiona problemas na qualidade da água de irrigação e abastecimento, entre outros.

Dessa maneira, o estudo dos parâmetros envolvidos no processo de perda de solo é de fundamental importância. Nesse sentido, a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) tem

sido um instrumento valioso na estimativa da magnitude da erosão, procurando com isso determinar as áreas de risco e traçar estratégias que consigam minimizar o depauperamento do meio através da utilização de práticas conservacionistas.

No florestamento de eucalipto, além da implantação em si, também é importante o planejamento adequado dos talhões e vias de acesso, pois isso tende a minimizar os custos relativos a implantação e exploração dessas florestas, bem como pode-se prever e evitar muitos dos impactos causados ao meio por essas operações.

Este trabalho tem como objetivo o estudo da erosão, causada pelo manejo do solo na implantação de uma floresta de eucalipto, em uma microbacia, através da utilização da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS). Serão utilizadas técnicas de geoprocessamento, para simular, dentro do ambiente SIG, diferentes situações de práticas conservacionistas, através da modelagem e tratamento dos dados da EUPS. Com isso, procura -se definir uma alternativa de talhonamento e manejo que represente o menor impacto e degradação do solo, principalmente no primeiro ano da floresta.

2 . REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - MANEJO DE SOLOS PARA FLORESTAS PLANTADAS

Segundo DURAFLORA S/A (1992), depois dos recursos humanos, os solos representam o segundo maior patrimônio de uma empresa florestal. Dessa forma, torna-se importante o estudo dos mesmos, de maneira que a produção seja sustentável, por tempo indeterminado.

“Os solos mais usados para fins de florestamento no Brasil são os Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Escuros e Latossolos Amarelos. Além desses, são usados ainda os Podzólicos Vermelho-Amarelos e as Areias Quartzosas. Os referidos solos são encontrados em áreas distintas, quanto a condições topográficas e bioclimáticas, e apresentam, dessa forma, diferenças de espessura do horizonte A, mineralogia da fração argila, teor de matéria orgânica, o que vem refletir em diferenças de comportamento decorrentes das condições físicas e químicas destes solos” (COSTA & CARMO, 1983).

FONSECA (1978) relata que o preparo do solo para plantios florestais, quando localizados em regiões planas a suave onduladas, constitui-se atividade intensamente mecanizada, passando pelos processos de desmatamento, enleiramento dos restos vegetais, queima dos mesmos, e posterior gradagem do terreno. Essas atividades, quando realizadas sem os devidos cuidados, podem ser prejudiciais ao solo. Segundo COSTA & CARMO (1983), a queima, por exemplo, constitui-se de uma prática contraditória e condenada por muitos técnicos, pois acarreta transformações físicas, químicas e biológicas com resultados aparentemente discrepantes. CARMO et al (1990) também indicam a queima como um dos principais agentes de empobrecimento do solo, pois, o acúmulo de cinza em uma fina camada superficial, deixa esse material extremamente susceptível ao processo erosivo, tanto pela ação do vento quanto pela da água da chuva.

PATRIC (1976) relata que uma exploração de madeira de forma responsável acarreta apenas um mínimo de aumento na erosão da floresta, normalmente originada pelas estradas e pelos cursos d'água, mas quando esta atividade é realizada de maneira irresponsável, pode ocasionar níveis de erosão bem acima da tolerância. Para EVANS (1982), a cobertura

florestal geralmente reduz a erosão do solo, quando comparado com terrenos sem cobertura, mas as práticas de plantio e preparo do solo, em monocultura, podem temporariamente piorar a erosão, independente dos já conhecidos efeitos prejudiciais do corte e exploração.

CARMO et al (1990) atentam para o fato de que, apesar do eucalipto ser considerado uma prática de proteção do solo contra o processo de erosão, em determinadas condições, a erosão pode causar sérios danos aos florestamentos, tanto pela susceptibilidade natural de certos pedoambientes, quanto pelas práticas de manejo utilizados no preparo de solo e na manutenção e corte de povoamentos. Para COSTA & CARMO (1983), outro fator de degradação do solo é a localização inadequada de estradas e de talhões. Também para PATRIC & BRINK (apud KLOCK, 1982), a erosão em áreas florestadas são aceleradas quando da construção de carregadores, pois isso aumenta a exposição do solo a forças erosivas da água e do vento.

Segundo EVANS (1982), os efeitos a longo prazo de plantações florestais só serão mensurados quando forem considerados os problemas que aparecem com o estabelecimento da segunda rotação ou seu pior desenvolvimento em relação à primeira.

HEWLETT & DOSS (apud ANDRADE, 1991) recomendaram que se tenha um controle cuidadoso sobre as práticas que exponham a superfície do solo à energia da chuva e do deflúvio, no manejo da floresta, pois, quando o solo está descoberto e solto, intensidades normais de chuva são suficientes para desprender e transportar grandes quantidades de material originados da erosão.

Segundo SIMÕES et al (1981), na implantação dos florestamentos, deve-se atentar para a importância do planejamento das vias de acesso às florestas, pois esta etapa, além de definir o dimensionamento e posicionamento dos talhões, também vai facilitar as operações de exploração florestal, futuramente.

O talhonamento tradicional praticado na maioria das empresas reflorestadoras, até o início da década de 90, tinha a distância de arraste durante a fase de exploração como um dos principais critérios de dimensionamento dos talhões, acarretando a geração de talhões com formas regulares (figura 1).

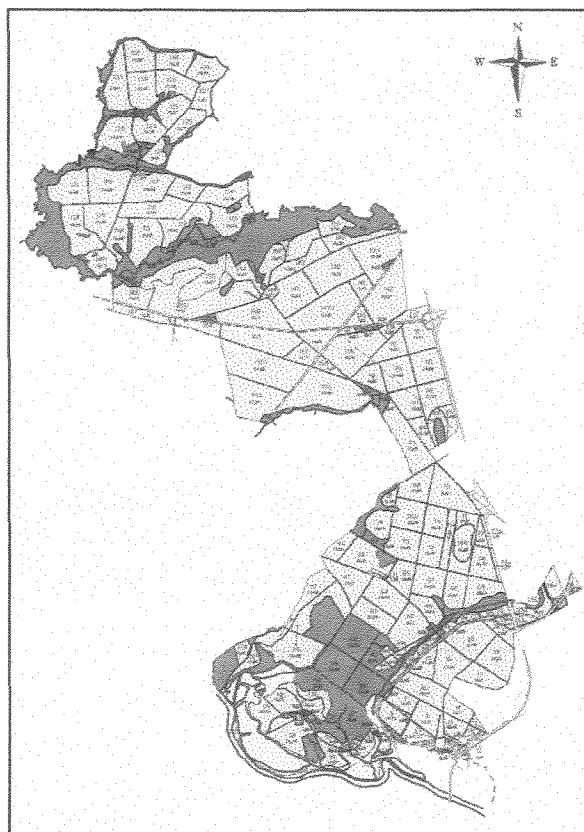


Figura 1: Talhonamento tradicional com formas retangulares.

No entanto, já no final da década de 80, algumas empresas produtoras de madeira começam a criar consciência sobre a importância do solo como um capital natural a ser conservado para uma produção sustentável a longo prazo, e passam a considerar, além dos fatores operacionais de implantação e exploração, também os parâmetros do meio físico e a legislação ambiental vigente no processo de planejamento da implantação do florestamento. Então, por exemplo, além da distância de arraste, também as características do solo, inclinação do terreno, características climáticas da região e áreas destinadas à preservação permanente são analisados na geração dos talhões de formas irregulares (figura 2).

Para COSTA & CARMO (1983), a exploração da madeira, por ser uma atividade bastante mecanizada, causa muitos distúrbios ao solo, principalmente em suas propriedades físicas, sendo que um dos primeiros problemas a surgir é a compactação, reduzindo a infiltração da água e causando erosão.

CARMO et al (1990) ressalta a importância de se fazer uma avaliação qualitativa cuidadosa do ecossistema antes de se processar o desmate ou o preparo pesado, e no caso de áreas já sob utilização (pastagens ou lavouras), levantar o histórico.

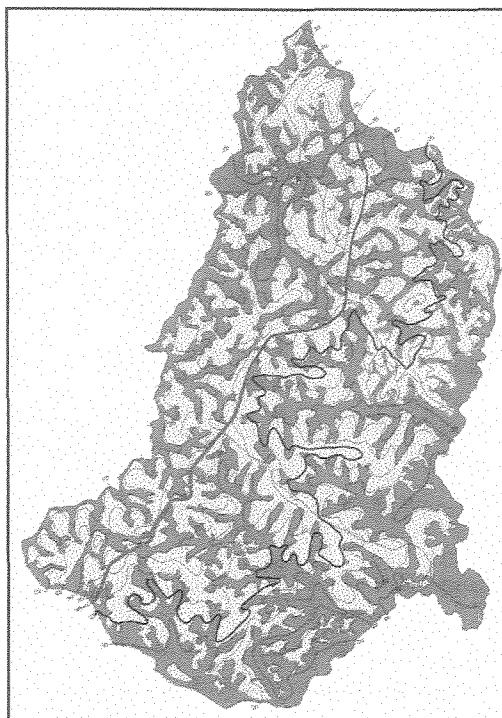


Figura 2: Talhonomento visando a conservação dos recursos naturais.

Assim, percebe-se que, aos poucos, as empresas florestais vêm se conscientizando da necessidade de uma avaliação cuidadosa de seus solos, visando com isso manter a sua capacidade produtiva. Para tanto, é necessário um estudo cuidadoso dos fatores que afetam negativamente o processo de degradação do solo, de maneira que se consiga intervir nos mesmos, tentando dessa maneira, minimizar seus efeitos.

2.2 - ESTIMATIVA DE PERDAS DE SOLO

BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) salientam que para a elaboração de um plano conservacionista é necessário o conhecimento das relações entre os fatores que causam perdas de solo e água e as práticas conservacionistas que visam reduzir tais perdas. Nesse sentido, equações empíricas vêm sendo empregadas na avaliação de perdas em áreas cultivadas, pois as mesmas têm a vantagem de serem utilizadas em escala universal, dependendo, nesse caso, da existência ou obtenção de dados locais específicos.

Segundo PONÇANO & CHRISTOFOLETTI (1987), a melhor expressão para calcular a erosão dos solos, em função da ação pluvial e de outros fatores, pode ser dada através da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), cuja importância e aceitação podem ser

medidos por sua adoção pela Food and Agricultural Organization (FAO), bem como pelo grande número de pesquisas que vêm sendo desenvolvidas.

DE MARIA (1995) relata que, no Brasil, a utilização da EUPS para o planejamento de propriedades rurais, de maneira sistemática, é pouco comum. Isto ocorre apenas no Estado de Santa Catarina onde, por um lado, existe um incentivo ao seu uso, com o treinamento de técnicos da assistência técnica e também a publicação de um manual prático para sua utilização, e por outro, o apoio político por parte do governo. A utilização mais efetiva dessa equação tem sido em avaliações de potencial de erosão, geralmente em bacias hidrográficas.

Os trabalhos de WISCHMEIER e FOSTER (apud PONÇANO & CHRISTOFOLETTI, 1987) admitem a validade universal dos fatores que compõem a EUPS, mas ressaltam a necessidade de sua adaptação regional, devido às variações climáticas, pedológicas e de relevo, inerentes a cada local. Em termos de visão a longo prazo para uso sustentável do recurso solo, WISCHMEIER (1984) atenta para o fato de que o emprego da EUPS permite uma estimativa de taxa anual de perda de solo para um longo período de tempo, e não para eventos erosivos específicos. Isso foi comprovado por DE MARIA (1995) que, estudando a erosividade e as perdas de solo para a cultura de milho, em Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho-Amarelo, nas regiões de Mococa e Pindorama, constatou que houve grande variação nas perdas ocorridas de um ano para outro, devido principalmente à quantidade de chuva ocorrente.

STEIN et al (1987), utilizando a EUPS, conseguiu definir diferentes níveis de expectativa à erosão laminar em função de fatores de ocupação na Bacia do Peixe-Paranapanema.

DISSMEYER & FOSTER (1985), estudando a EUPS para novas situações, discutiram cada um dos fatores e respectivos subfatores que compõem a equação, visando seu uso para áreas florestadas. Chegaram a conclusão que o efeito dos fatores e respectivos subfatores dessa equação variam com o uso, comunidade vegetal e zona climática da área estudada, sendo necessário as devidas modificações, para seu uso.

A EUPS, desenvolvida por WISCHMEIER & SMITH (1965), e adaptada para as condições brasileiras por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão pela chuva.

É expressa como:

$$A = RKLSCP$$

onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha)

R = fator erosividade da chuva ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)

K = fator erodibilidade do solo ($\text{t} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$)

L = fator comprimento do declive

S = fator grau do declive

C = fator uso e manejo

P = fator prática conservacionista.

Segundo estudos extensivos efetuados por WISCHMEIER & SMITH (1978), quando os outros fatores são mantidos constantes, as perdas de solos ocasionadas pelas chuvas nos terrenos cultivados são diretamente proporcionais ao valor do produto de duas características de chuva: sua energia cinética total e sua intensidade máxima em trinta minutos, comprovado também pelo trabalho de CARVALHO et al (1989).

O cálculo dessas duas características é feito pela análise de diagramas de pluviógrafos. Como os registros de pluviógrafos são escassos ou inexistentes em algumas regiões, e a análise dos mesmos para a determinação da energia cinética é extremamente trabalhosa e morosa, diversos autores tentaram correlacionar o índice de erosão com dados climáticos, que são de fácil medida e não requerem registros de intensidade de chuva.

Dessa forma, LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1982) estimaram os valores de energia cinética e os índices de erosão para as chuvas individuais em Campinas, bem como as distribuições anual, mensal e estacional do índice de erosão. A partir dessas informações estudaram várias correlações entre as perdas de solo e as características de chuva, chegando à conclusão que as características de chuva que melhor se correlacionam

com o índice mensal de erosão (EI) são a precipitação média mensal em milímetros (p) e a precipitação média anual em milímetros (P), selecionando a equação abaixo:

$$EI = 89,823(p^2/P)^{0,759}$$

O fator erosividade (R) para um determinado local constitui-se no índice de erosão médio anual, ou seja, a soma dos valores mensais do índice de erosão.

O fator erodibilidade (K) constitui-se de uma medida da susceptibilidade do solo à erosão hídrica, sendo portanto, função das propriedades inerentes a cada classe de solo. A sua determinação direta, especialmente no Brasil, em face de sua extensão territorial e das diversidades edáficas, constitui-se do parâmetro de maior custo e morosidade (CAVALIERI, 1994). Outra maneira de determinar este fator é de forma indireta, utilizando parâmetros físicos, químicos e mineralógicos dos solos, expressa por meio de modelos (DENARDIN, 1990; CAVALIERI, 1994). Para os solos do Estado de São Paulo, LOMBARDI NETO & BERTONI (1975) apresentaram uma estimativa de acordo com o método de MIDDLETON (1930).

Segundo WISCHMEIER & SMITH (1978), a declividade, o comprimento e o tipo de vertente são fatores que determinam a velocidade da enxurrada, relacionando-se diretamente com a intensidade do processo erosivo.

O comprimento de rampa (L) é a relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um comprimento de rampa de 25 m para o mesmo solo e grau de declive, e a declividade (S) é dada pela relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa.

O comprimento de rampa (L) e a declividade (S) juntas definem o fator topográfico (LS), calculado pela equação proposta por BERTONI e LOMBARDI NETO (1985):

$$LS = 0,00984 L^{0,63} S^{1,18}$$

onde:

L = comprimento de rampa

S = percentual de declividade

Segundo CARMO et al (1990), em área com o mesmo declive, o comprimento de rampa pode ser importante, principalmente, em determinadas condições, onde o preparo de solo resulta numa camada endurecida, a alguns centímetros abaixo da superfície, reduzindo a infiltração. Esse fato, quando aliado à disposição do plantio morro abaixo, acaba por acarretar a formação da enxurrada que, no final de longos lançantes, pode atingir grande energia de arraste, resultando, frequentemente no aparecimento de voçorocas

DE MARIA (1995) relata que as causas geralmente aceitas como mais atuantes na determinação das quantidades de solo perdidas por erosão são a cobertura vegetal proporcionada pelas culturas e pelos resíduos culturais, bem como as operações de preparo. O fator uso/cobertura vegetal (C), tenta abranger a influência destas atividades no cálculo da perdas de solo, relacionando as perdas sofridas por um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto, isto é, nas mesmas condições em que o fator K é avaliado.

WISCHMEIER & SMITH (1978) relatam que os efeitos das variáveis uso e manejo não podem ser avaliados separadamente. Assim, o fator C mede o efeito combinado de todas as inter-relações da cobertura vegetal com o manejo, tais como estágio de desenvolvimento da cultura, dossel, cobertura morta, quantidade dos resíduos culturais e seu manejo, rotação com outras culturas, além de considerar a distribuição das chuvas durante o ano, bem como a região geográfica onde está inserida a cultura.

DISSMEYER & FOSTER (1981) propuseram uma nova metodologia para a estimativa do fator C para condições de floresta, adaptando o sistema desenvolvido para áreas agrícolas.

O fator práticas conservacionistas (P) é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo. (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985)

Percebe-se que a EUPS vem sendo bastante estudada para a determinação quantitativa de perda de solo, com os mais diversos fins. Apesar disso, poucos são os trabalhos envolvendo esse tipo de análise em áreas de florestas de produção de madeira.

No entanto, é importante ressaltar que os fatores a serem utilizados devem ser obtidos em função da região a ser estudada.

2.3 TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

“Geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais, e de desenvolvimento e uso de sistemas que a utilizam” (RODRIGUES, 1991).

Segundo VALÉRIO FILHO (1994), estas tecnologias, que incluem sensoriamento remoto e integração de dados em ambientes computacionais e sistema de informação geográfica (SIG), possibilitam a coleta e análise de informações temáticas e oferecem subsídios ao planejamento agrícola e ambiental.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), segundo ALVES (1991), são sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente. Estes sistemas manipulam dados de diversas fontes como mapas, imagens de satélite, cadastros e outros, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados.

Técnicas de geoprocessamento são bastante utilizados na obtenção de mapas de aptidão agrícola (FORMAGGIO et al, 1992; LOPES ASSAD, 1995), que exige grande número de informações.

Segundo COUTO & VETTORAZZI (1991), no setor florestal, o uso dessas técnicas vêm sendo bastante difundido. Isto se deve ao fato do manejo de florestas plantadas, com o objetivo de aumentar e perpetuar a produtividade, dentro de normas de conservação ambiental, envolver a coleta contínua, armazenamento e análise de informações sobre todos os aspectos bióticos e abióticos do meio ambiente e da própria floresta. Muitas dessas informações, que servirão de suporte a tomada de decisões no manejo dos povoamentos, são de caráter espacial, como declividade do terreno, rede viária, localização geográfica dos talhões entre outras.

TOMLINSON (1987) cita que a utilização de SIGs por empresas e agências governamentais permite a automatização de processos cartográficos, atualização e manutenção de inventário numa base contínua de dados, planejamento de exploração, tratos culturais, cálculo de áreas, construção de estradas, planejamento de sistemas de prevenção e controle de incêndios, análises e modelagem de dados e mapas.

DEPPE (1997) desenvolveu um sistema para o estabelecimento de áreas adequadas a exploração, visando com isso sua utilização em atividades de manejo e planejamento florestal, integrando técnicas de SIG e Sensoriamento Remoto.

BARIL et al (apud LAMPARELLI et al, 1993) ressaltam a importância da aplicação de técnicas de geoprocessamento em estudos de erosão.

TEIXEIRA et al (1991), empregando o sistema de informação geográfica GEO - INFO / MAP, desenvolvido e implementado na Universidade Estadual Paulista (Rio Claro), determinou áreas de risco à erosão laminar na Bacia do córrego Monjolo Grande (SP), a partir da correlação entre susceptibilidade natural à erosão laminar e o uso da terra.

VALÉRIO FILHO et al (1987) estudando a utilização de imagens TM/LANDSAT na caracterização de degradação do solo, concluíram a potencialidade desta tecnologia, aliadas à utilização de fotografias aéreas e trabalho de campo, na detecção de áreas submetidas a processos de erosão.

BACELLAR et al (1994) também utilizando técnicas de geoprocessamento, aliadas à EUPS, identificaram possíveis áreas com risco de erosão, em uma microbacia localizada no município de Iracemápolis, com a finalidade de determinar áreas com maior urgência de práticas conservacionistas, visando melhoria qualitativa e quantitativa do fornecimento de água do município.

SCOPEL et al (1993) geraram mapas de erosão potencial com o auxílio de um Sistema de Informação Geográfica, na bacia de Campo do Tenente (PR). Através da separação, na EUPS, de um grupo de fatores responsáveis pela erosão, o autor determinou o grau de responsabilidade tanto dos fatores materiais do meio físico, quanto da ação humana, possibilitando com isso o estabelecimento de políticas mais adequadas de controle do uso de recursos naturais.

CARVALHO et al (1993), estudando a erosão dos solos, na Bacia do Araçoiaba (CE), utilizaram técnicas de geoprocessamento, e chegaram à conclusão que estas se constituíam de uma eficiente ferramenta na identificação e análise de áreas de risco. Os autores utilizaram a EUPS e seus fatores, e como o volume de dados geocodificados é muito grande, os métodos manuais seriam insuficientes e demorados ou, como o conjunto de manipulações é tão

complexo que, caso fossem levados a cabo através de métodos convencionais, apresentariam imperfeições consideráveis.

DE LIMA (1990), utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SGI/INPE) e dados de sensoriamento remoto orbital, desenvolveu uma metodologia para a geração de mapas de susceptibilidade e risco à erosão do solo. Tomando como estudo de caso uma área no sertão da Paraíba, conseguiu resultados bastante satisfatórios na geração e integração das diversas informações envolvidas.

As técnicas de geoprocessamento podem ser de grande valia para a geração e manipulação de grandes volumes de informações, visto que as mesmas reduzem consideravelmente o tempo de processamento e também os custos, em relação aos métodos tradicionais.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo constitui-se da microbacia hidrográfica do Rio da Itupeva (Figura 3), e ocupa uma área de 2.169,35 ha, abrangendo os municípios de Aguai e Espírito Santo do Pinhal, no Estado de São Paulo.

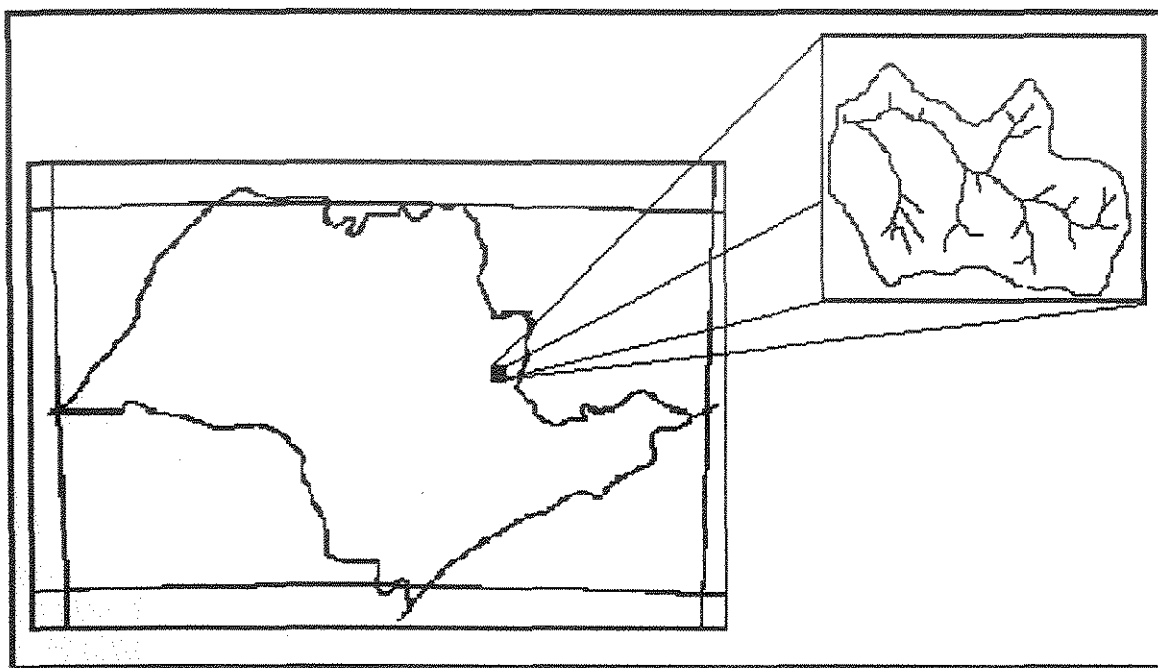


Figura 3 - Localização da área de estudo.

Segundo a classificação de Köppen, esta área está compreendida no domínio climático Cwa, que se constitui de um clima úmido e quente, com inverno seco, sendo o total de chuva do mês mais seco menor que 30 mm, ocorrendo deficiência hídrica, principalmente nos meses de abril a setembro. A temperatura média do mês mais quente é maior que 22 °C, e a temperatura do mês mais frio, menor que 18 °C.

Quanto a geologia, o mapa geológico elaborado pelo Instituto Geológico de São Paulo indica que a maior parte da área constitui-se de arenitos, siltitos, argilitos e diamictitos, da formação Itararé, da era Permo-Carbonífero. Na parte nordeste da microbacia ocorre a presença de rochas intrusivas básicas (diabásios), do Jura-Cretáceo. Em algumas regiões,

localizadas às margens do Rio da Itupeva, nota-se a presença de areias, argilas e cascalhos, do Quaternário.

Quanto ao relevo, a maior parte da área de estudo localiza-se numa topografia suave ondulada (com declives entre 3 e 9 %) e ao nordeste da microbacia encontra-se uma região com relevo movimentado com declives superiores a 12 %.

3.2 - GERAÇÃO DA BASE DE DADOS

3.2.1 - Declividade

Os dados hipsométricos foram extraídos das cartas planialtimétricas do IGC, na escala 1:10.000, com equidistância entre curvas de nível de 5 m, e digitalizados via AUTOCAD. Esses dados foram exportados para o Software Surfer, onde foram interpolados pelo Método da Curvatura Mínima, gerando assim o Modelo Digital de Elevação (MDE), que posteriormente foi exportado para o software IDRISI FOR WINDOWS, versão 2.0, onde foram geradas as classes de declividade percentual mostradas no quadro 1.

Quadro 1: Classes de declividade geradas.

Classes	Declividade (%)
A	0 – 3
B	3 – 6
C	6 – 9
D	9 – 12
E	12 – 18
F	18 – 25
G	> 25

Foi escolhido o interpolador de Curvatura Mínima pelo fato deste, apesar de apresentar resultados semelhantes aos métodos de “Kriging” e “Função de Base Radial” na geração do Modelo Digital de Elevação (MDE), resultar num aspecto visual e distributivo de valores mais satisfatórios na posterior geração de rampas e classes de declividade, conforme estudo realizado por SANTOS (1997).

3.2.2 - Levantamento Pedológico Semi-Detalhado (1:50.000)

Baseado no levantamento pedológico do Horto Bela Vista (Champion), nas fotografias aéreas datadas de julho de 1988, escala 1:40.000, e nas cartas planialtimétricas do IGC, escala 1:10.000, foi realizada a compartimentação geomorfológica da microbacia. Feito isso, e baseado no Levantamento Pedológico Semi-Detalhado do Estado de São Paulo: Quadricula de Moji-Mirim (OLIVEIRA, 1992), na escala 1:100.000, fez-se uma checagem dos limites das classes de solos, através de visita ao campo, chegando-se às seguintes classes:

3.2.2.1 - Latossolos

Constituem-se de solos minerais não hidromórficos, profundos, com horizonte B latossólico, precedido de horizonte A. Foram identificados as seguintes classes de latossolos: Latossolo Roxo, com área de 88,38 ha, Latossolo Vermelho Escuro, com área de 170,93 ha, e Latossolo Vermelho Amarelo, com área de 614,45 ha.

3.2.2.1.1 - Latossolo Roxo

Localizado em relevo suave ondulado, são solos profundos, porosos, bem permeáveis, friáveis e de fácil preparo. O Latossolo Roxo encontrado na área de estudo constitui-se de um solo eutrófico, com elevada saturação por bases no horizonte B, indicando uma boa fertilidade natural. Além disso, por apresentar textura argilosa, esse solo apresenta elevada adsorção de fósforo necessitando de doses mais elevadas desse elemento.

O Latossolo Roxo, em geral, apresenta boa resistência à erosão, e o manejo deve ser indicado de acordo com o declive do terreno.

3.2.2.1.2 - Latossolo Vermelho Escuro

Localizado principalmente em relevo suave ondulado, constitui-se de um solo bastante profundo e, por apresentar textura média, devido ao teor relativamente elevado de areia, principalmente média e fina, apresenta baixa retenção de água e drenagem excessivamente rápida. Além disso, deve sofrer correção quanto a acidez, e quanto a fertilidade, por apresentar severas restrições quanto a disponibilidade de nutrientes.

Quando utilizado intensivamente, em terrenos com declives moderados, pode ocasionar erosão severa.

3.2.2.1.3 - Latossolo Vermelho Amarelo

São solos profundos, normalmente localizados em relevo plano a suave ondulado, ácidos, com pH em torno de 4.0, tanto na camada superficial como na camada sub-superficial, e distróficos.

Na área de estudo foram encontrados dois tipos de Latossolo Vermelho Amarelo, diferenciados entre si pelo teor de argila e pela saturação por bases. Um deles, LV-1, apresenta teor de argila de 44 % na camada superficial e 51 % na camada sub-superficial, e a saturação por bases foi de 23 % para a camada superficial e 10% para a camada sub-superficial, sendo portanto considerado um solo de textura argilosa e distrófico. O outro, LV-2, apresenta teor de argila em torno de 21 % na camada superficial e de 29 % na camada sub-superficial, e a saturação por bases para camada superficial é em torno de 21 % e 29 % para a camada sub-superficial, constituindo-se num solo de textura média e distrófico.

A utilização agronômica desses solos é limitada principalmente pela baixa fertilidade.

3.2.2.2 - Podzólico Vermelho Amarelo

Encontram-se em relevo suave ondulado a ondulado, ocupando uma área de 1130,88 ha dentro da microbacia estudada. Esta categoria compreende solos não hidromórficos, com distinta individualização de horizontes, decorrentes de um gradiente textural da camada superficial para a camada sub-superficial. Esta característica, aliado ao fato de apresentar textura média, principalmente na camada superficial (teor de argila em torno de 22 %), torna esse tipo de solo bastante susceptível à erosão.

Além disso, esse solo apresenta pH em torno de 4.0, tanto para a camada superficial como para a camada sub-superficial, sendo necessário uma correção quanto a sua acidez. Também apresenta severas restrições quanto a disponibilidade de nutrientes, visto que apresenta saturação por base de 30 % para a camada superficial e 20 % para a camada sub-superficial, sendo portanto necessário uma correção de sua fertilidade.

3.2.2.3 - Terra Roxa Estruturada

Encontra-se em relevo movimentado e ocupa uma área de 10,09 ha dentro da microbacia. Constitui-se de um solo não hidromórfico, argiloso ou muito argiloso, derivado de rochas básicas ou ultrabásicas, com teores relativamente elevados de Fe_2O_3 e TiO_2 .

Apresenta pH em torno de 5,0, tanto na camada superficial como na camada sub-superficial, e saturação por bases em torno de 43 %, sendo portanto considerado um solo pouco ácido e distrófico. Necessita uma leve correção quanto ao pH e a fertilidade. O fato de apresentar gradiente textural e normalmente estar localizado em relevo acidentado, torna essa classe de solo altamente susceptível à erosão, devendo-se tomar cuidados especiais quanto a conservação do solo e água.

3.2.2.4 - Cambissolos

Localiza-se em relevo ondulado e ocupa uma área de 125,27 ha. Constitui-se de um solo não hidromórfico, medianamente profundo, com drenagem variando de acentuada a imperfeita, horizonte A seguido de B incipiente, com textura franco arenosa ou mais fina. A principal limitação quanto ao seu uso agrícola é devida a pouca espessura do solo.

3.2.2.5 - Solos Litólicos

Encontra-se em relevo bastante movimentado, ocupando uma área de 20,87 ha. A espessura inferior a 50 cm constitui-se na principal restrição ao seu uso agrícola. Segundo análise do ponto amostrado, a saturação por bases está em torno de 72 % e a classe textural é franco argilosa, o que torna a trafegabilidade nesse tipo de solo problemática.

3.2.2.6 - Solos Hidromórficos

Compreende o agrupamento de solos que apresenta horizonte hidromórfico a 50 cm ou menos de profundidade, ocupando terrenos planos, geralmente alagadiças, a margem de cursos d'água. Foram mapeados 7,33 ha desse solo na microbacia estudada.

3.2.3 - Levantamento do Uso e Ocupação Atual

Este levantamento foi realizado através da interpretação visual da imagem de satélite TM/ LANDSAT, órbita/ponto 219/75 (C), datada de 17/08/96, composição colorida RGB 453.

As três bandas (3, 4 e 5) foram corrigidas geometricamente através da coleta de pontos de controle no campo utilizando aparelho GPS (Global Positioning System) TRIMBLE, modelo Pathfinder Basic Plus, com correção diferencial através de estação base de 12 canais Trimble CBS (Community Base Station), que diminui o erro de coleta de pontos de 100 m para 1-5 m. Depois de corrigida, a banda 4 foi submetida a um filtro de borda antes de

compor a composição colorida, sendo esta submetida a um contraste linear com saturação de 2,5 % com o objetivo de melhorar a distinção das feições.

Os “alvos” foram identificados através da análise de certos elementos da imagem, também conhecidos como Elementos de Análise de Imagens, a saber: tonalidade, cor, tamanho, forma, textura, padrão, altura, sombreamento, localização e contexto ou associação entre objetos.

3.3 - CÁLCULO DE PERDA DE SOLO POR EROÇÃO

A estimativa das perdas de solo foi gerado através da integração dos fatores da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), no Sistema de Informação Geográfica IDRISI FOR WINDOWS, versão 2.0. A EUPS, proposta por WISCHMEIER & SMITH (1965), e adaptada por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), é expressa como:

$$A = RKLSCP$$

onde:

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha);

R = fator erosividade da chuva ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$).

K = fator erodibilidade do solo ($\text{t} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$).

L = fator comprimento do declive.

S = fator grau do declive.

C = fator uso e manejo.

P = fator prática conservacionista

3.3.1 - Fator erosividade da chuva (R)

Por tratar-se de uma microbacia com uma área relativamente pequena (2.169,35 ha), optou-se por utilizar a média dos valores de erosividade estimados através dos dados pluviométricos, referentes a um período de 30 anos (1961 a 1990), de 4 estações meteorológicas mais próximas: Casa Branca, Moji-Mirim, São João da Boa Vista e Espírito Santo do Pinhal (anexo 1).

O valor de erosividade para cada uma das estações meteorológicas foi estimado a partir da fórmula desenvolvida por LOMBARDI NETO & MOLDENHAUER (1992) e modificada por LOMBARDI NETO (1995):

$$EI = 89,823(p^2/P)^{0,759}$$

Onde:

EI = índice mensal de erosão (MJ.mm/ha.h)

p = precipitação média mensal (mm)

P = precipitação média anual (mm)

Os valores mensais dos índices de erosão, bem como as estimativas do fator R, foram extraídos de ROCHA et al (1997), e estão apresentados no quadro 2.

Quadro 2: Valores médios dos índices de erosão e as respectivas estimativas do fator R.

Município	Média Mensal do Índice de Erosão (MJ.mm. ha ⁻¹ .h ⁻¹)												
	jul	ago	Set	out	Nov	dez	Jan	fev	mar	Abr	Mai	jun	R
Espírito Sto. do Pinhal	65	102	199	664	841	1691	1401	1246	909	276	160	105	7659
Moji – Mirim	90	101	191	606	434	1755	1688	1052	902	288	219	135	7462
São João da Boa Vista	55	73	218	604	853	1538	1512	1253	1278	256	174	89	7902
Casa Branca	53	53	220	595	879	1841	1439	1055	780	280	143	75	7411
	R médio = 7608												

Fonte: Rocha et al, 1997.

Dessa forma, o valor de erosividade a ser utilizado neste trabalho foi 7608 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹, que corresponde à média dos valores de R, estimados para as 4 estações meteorológicas citadas anteriormente.

3.3.2 - Fator erodibilidade do solo (K)

Este mapa foi gerado através da associação dos valores de erodibilidade (quadro 3), determinados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), com as respectivas classes de solos.

Quadro 3: Valores de erodibilidade e tolerância a perda de solos para a área de estudo.

Símbolo	Classificação Taxonômica	Erodibilidade (t.h.MJ ⁻¹ .mm ⁻¹)	Tolerância (t/ha)
LR	Latossolo Roxo eutrófico, textura argilosa.	0,0098	13,0
Led	Latossolo Vermelho Escuro distrófico ou álico, textura média.	0,0175	15,0
LVd1	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico ou álico, textura argilosa.	0,0246	12,6
LVd2	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico ou álico, textura média.	0,0132	14,2
PV	Podzólico Vermelho Amarelo distrófico ou álico, Tb, textura média/argilosa.	0,0280	9,9
TE	Terra Roxa Estruturada distrófica, textura argilosa	0,0181	13,4
Ca	Cambissolo	0,0350	7,0
Li	Solos Litólicos	0,0442	6,7
Hi	Solos Hidromórficos	-----	-----

Fonte: BERTONI & LOMBARDI NETO (1985)

3.3.3 - Fator Topográfico

Este é definido pela integração do comprimento de rampa à declividade percentual, através da equação proposta por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985):

$$LS = 0.00984 L^{0.63} S^{1.18}$$

onde:

L = comprimento de rampa (m)

S = declividade (%)

O comprimento de rampa foi gerado segundo a metodologia proposta por ROCHA et al (1996). Os mapas de declividade (graus) e aspecto (mesma face em relação ao Norte), gerados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), foram posteriormente reclassificados em 8 classes de mesma amplitude, no intervalo de 0 a 360°. Os mapas resultantes foram combinados através de tabulação cruzada, gerando um mapa em que cada polígono representa uma rampa com o mesmo grau de declive e a mesma face em relação ao Norte. Usando este mapa de rampas como referência, foram extraídos dados de diferença de altura do mapa de MDE e ângulo médio do mapa de declividade em graus para cada rampa. Com os três mapas

(rampa, diferença de cotas ou altura de rampas e ângulo médio para cada rampa), calculou-se os valores de comprimento de rampa segundo a fórmula:

$$L = \Delta H / \text{sen } \alpha$$

onde:

L = comprimento de rampa

ΔH = diferença de altura na rampa

α = ângulo médio na rampa

3.3.4 – Fator Uso e Manejo (C)

Para este fator foram consideradas três situações distintas. A primeira levando em conta o uso e a ocupação atual, uma segunda onde pretendeu-se simular a substituição das diversas culturas ocorrentes na microbacia por um florestamento homogêneo de eucalipto, considerando uma rotação de 7 anos, e a terceira considerando a reforma de talhão.

3.3.4.1 - Fator C para o uso e ocupação atual

Os valores de fator C para o uso e ocupação atual foram estimados por LOMBARDI NETO (comunicação pessoal), de acordo com os dados climáticos da região, bem como dados das diversas culturas (anexo 2), e estão resumidos no quadro 4. Estes valores foram associados às classes de uso e ocupação individualizadas no mapeamento por imagem de satélite, gerando o mapa de fator C, para uso e ocupação atual.

Quadro 4: Fator C, associado às classes de uso e ocupação do solo.

Classes de uso e ocupação	Fator C
Florestamento	0,0502
Vegetação arbóreo/ arbustiva	0,0040
Cana-de-açúcar	0,1076
Citros	0,0873
Pastagem	0,0100
Soja	0,1957
Milho	0,1063

Fonte: LOMBARDI NETO (Comunicação Pessoal)

3.3.4.2 - Fator C considerando a substituição dos diversos usos da microbacia por florestamento de eucalipto.

Neste caso, foram simuladas as perdas de solo considerando a implantação no início de cada um dos meses do ano, de maneira a verificar qual a época mais crítica em relação às perdas de solo por erosão. Para tanto foram necessárias a determinação das prováveis datas de plantio e corte, o tipo de preparo de solo e o manejo de restos culturais. Além disso, também foram necessárias as informações da distribuição esperada do potencial de erosão no decorrer do ano. Com base nessas informações, LOMBARDI NETO (comunicação pessoal) estimou os valores do fator C para cada um dos meses do ano (anexo 3), considerando as três situações de manejo de restos culturais apresentados abaixo, e um resumo desses valores está apresentado no quadro 5.

Quadro 5: Fator C considerando o preparo de solo nos diferentes meses do ano, em três tipos de manejo de restos culturais.

Fator C, considerando o Preparo de solo em	Manejo dos Restos Culturais		
	Bom	Médio	Ruim
01 / janeiro	0,0479	0,0860	0,1344
01 / fevereiro	0,0457	0,0807	0,1234
01 / março	0,0439	0,0761	0,1137
01 / abril	0,0431	0,0738	0,1091
01 / maio	0,0436	0,0746	0,1113
01 / junho	0,0443	0,0762	0,1146
01 / julho	0,0452	0,0785	0,1193
01 / agosto	0,0457	0,0800	0,1216
01 / setembro	0,0478	0,0851	0,1325
01 / outubro	0,0491	0,0883	0,1391
01 / novembro	0,0502	0,0912	0,1453
01 / dezembro	0,0502	0,0914	0,1458

Fonte: LOMBARDI NETO (Comunicação Pessoal)

O valor do fator C, a ser utilizado na substituição de cada cultura por florestamento de eucalipto, foi escolhido de acordo com a quantidade de restos culturais deixados em campo após a colheita. Foram considerados três diferentes condições de manejo de restos culturais, a saber:

- Boa: considerando uma situação onde boa parte dos restos culturais (cerca de 75 %) são mantidos no campo, criando uma boa condição de proteção ao solo (áreas já reflorestadas);
- Regular: cerca de 25 a 75 % dos restos culturais são mantidos no campo, criando uma condição regular de proteção ao solo (áreas outrora ocupadas por pastagem e citricultura);
- Má: os restos culturais são retirados do campo, desprotegendo totalmente o solo contra as intempéries (áreas outrora ocupadas por cana-de-açúcar, soja e milho).

A tabela 5 apresenta um resumo destes valores, e os dados completos estão apresentados nas tabelas A.3.1 a A.3.12, no anexo3.

3.3.4.3 - Fator C para reforma de talhão

Através da análise dos valores de perdas médias de solo estimados anteriormente, determinou-se o mês mais crítico para a implantação. Para esse mês, procedeu-se a uma simulação da implantação de um florestamento, considerando a reforma de talhão, utilizando o valor de 0,0502 para fator C, considerando um bom manejo dos restos culturais, e 0,0914 para um manejo médio dos restos culturais

3.3.5 - Fator práticas conservacionistas (P)

Os valores para este fator foram estimados por LOMBARDI NETO (comunicação pessoal), e variam de acordo com a declividade do terreno (quadro 6), considerando o plantio em nível. Estes valores foram associados ao mapa de classes de declividade.

Quadro 6: Fator P variando de acordo com as classes de declividade.

Classes	Declividade (%)	Fator P
A	0 - 3	0,55
B	3 - 6	0,50
C	6 - 9	0,55
D	9 - 12	0,75
E	12 - 18	0,85
F	18 - 25	1,00
G	> 25	1,00

Fonte: LOMBARDI NETO (Comunicação Pessoal)

3.4 - GERAÇÃO DE ÁREAS COM DISTORÇÕES DE USO

3.4.1 - Tolerância de Perda de Solo

A Tolerância de Perdas de Solo reflete a quantidade média de solos que pode ser perdida anualmente, de maneira que o desgaste não comprometa a posterior utilização do terreno (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1985). A estimativa desses valores foi feita por LOMBARDI NETO (comunicação pessoal), com base na natureza das diferentes classes pedológicas ocorrentes na área de estudo, e estão apresentados na tabela 3.

3.4.2 - Áreas com perdas superiores aos níveis de tolerância

Os mapas de perdas de solos foram reclassificados em classes cujos limites constituem-se dos níveis máximos de tolerância, para cada classe de solos. Estes mapas foram cruzados com os mapas de solos, e as diversas combinações resultantes analisadas, de maneira a gerar as áreas que estão sofrendo perdas de solos acima dos níveis de tolerância.

Foram estimados as perdas médias de solo para o uso e ocupação atual, para a substituição das diversas culturas por florestamento de eucalipto, e para o caso de uma segunda implantação de eucalipto, escolhendo-se o mês mais crítico.

3.5 - TALHONAMENTO

3.5.1 - Classificação no Sistema de Capacidade de Uso

Segundo LEPSCH et al (1991), capacidade de uso da terra é a adaptabilidade que a mesma possui para fins diversos, sem que a mesma sofra depauperamento pelos fatores de desgaste e empobrecimento.

Foi elaborado um mapa de capacidade de uso, seguindo a classificação desenvolvida nos E.U.A., adaptado para as condições brasileiras por LEPSCH et al (1983) . Trata-se de uma classificação técnico-interpretativa, representando um grupamento qualitativo de tipos de solos sem considerar a localização ou as características econômicas da terra.

Foram consideradas as seguintes categorias do sistema:

Grupo A: terras passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e/ou florestamento e/ou vida silvestre. Compreende as seguintes classes:

- classe I: terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;

- classe II: terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou manutenção de melhoramentos;

- classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou manutenção de melhoramentos;

- classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;

GRUPO B: terras impróprias para cultivos intensivos, mas ainda adaptadas para pastagens e/ou florestamentos e/ou vida silvestre. Compreende as seguintes classes:

- classe V: terras adaptadas em geral para pastagem e, em alguns casos, para florestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação, são cultiváveis apenas em casos muito especiais;

- classe VI: terras adaptadas em geral para pastagem e/ou florestamento, com problemas simples de conservação. São cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;

- classe VII: terras adaptadas em geral somente para pastagens ou florestamentos, com problemas complexos de conservação;

GRUPO C: terras não adequadas para cultivos anuais, perenes, pastagens ou florestamentos, porém apropriadas para proteção da flora e fauna silvestre, recreação ou armazenamento de água. Compreende:

- classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou florestamento, podendo servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação, ou para fins de armazenamento de água.

Primeiramente foi realizado o cruzamento dos mapas de solos e declividade, de maneira a gerar um mapa que relaciona cada classe de solo com as várias classes de declividade ocorrentes.

Em seguida, para fins de se determinar a classificação da capacidade de uso, foi realizada uma reclassificação levando-se em consideração dessa vez, a influência que cada classe de declividade tem sobre cada tipo de solo.

Na classificação final também foi considerada o fator ambiental, onde levou-se em consideração os poucos fragmentos de vegetação nativa existentes na área, além das áreas indicadas como de preservação permanente, pelo Código Florestal, a saber:

- 30 m às margens dos cursos d'água existentes na área de estudo;
- 50 m ao redor das nascentes;
- áreas cuja declividade se encontram acima de 45 %.

3.5.2 - Definição de Áreas Críticas

Essas áreas foram geradas a partir da combinação, através de tabulação cruzada, do mapa de capacidade de uso com o de áreas com perdas de solo superiores a tolerância, considerando-se o manejo bom dos restos culturais, no mês mais crítico (dezembro). A partir do resultado desse mapa, foi proposto o talhamento para a implantação do florestamento de eucalipto.

3.5.3 - Talhamento

O talhamento proposto foi subdividido em três formas de manejo, de acordo com os seguintes critérios:

- classificação das terras no sistema de capacidade de uso: através da definição de áreas homogêneas quanto a declividade, classe de solos e áreas de preservação ambiental;
- risco de erosão: a estimativa das perdas médias de solo (t/ha) permitiu levantar as áreas que estão sofrendo processo erosivo;
- estradas principais existentes: procurou-se manter as vias de tráfego permanente, visto que essas são de responsabilidade do município, e difíceis de serem alteradas;
- estradas vicinais: foram consideradas algumas já existentes, e locadas outras, como divisão entre talhões, neste caso, tentando respeitar o nivelamento do terreno, de maneira a seccionar o declive e utilizar as estradas como terraços;

- dados operacionais: distância média de arraste de até 250 m e limite de 25 % de declividade para exploração mecanizada.

4. RESULTADOS

4.1 - GERAÇÃO DA BASE DE DADOS

4.1.1 - Declividade

A figura 6 mostra o Modelo Digital de Elevação a partir do qual foram geradas as classes de declividade. Os tons roxo-azulados representam as áreas próximas aos cursos d'água, cuja declividade varia entre 6 e 18 %. Os tons avermelhados ilustram regiões com topografia suave ondulados, cujos declives variam de 0 a 6 %. As áreas em amarelo representam topografias mais acentuada com declives superiores a 18 %. O verde representa áreas mais planas.

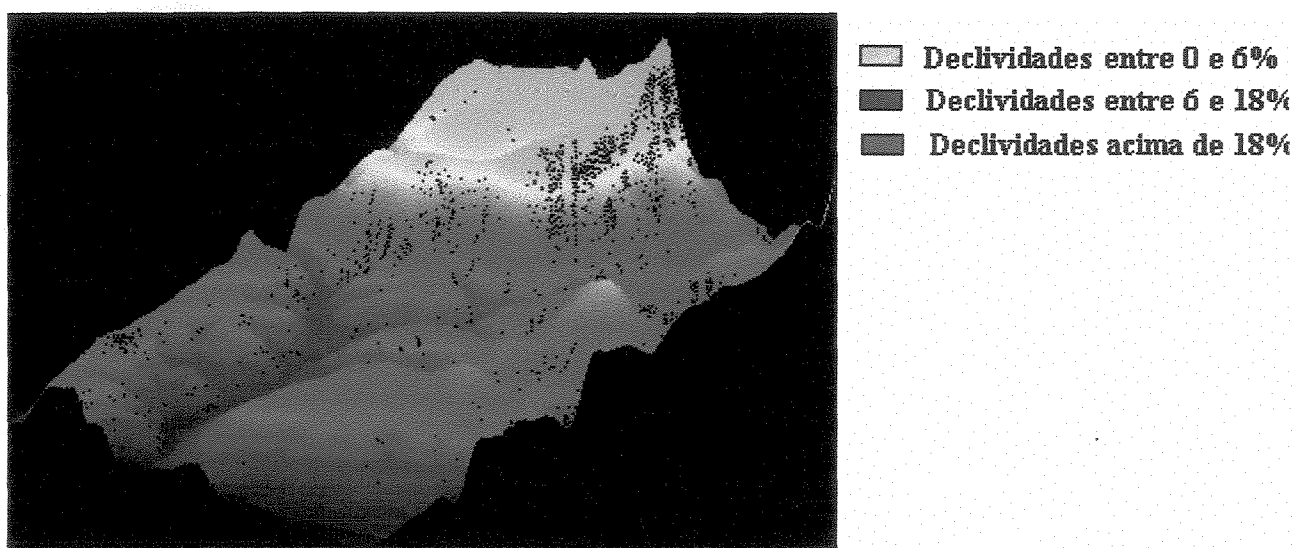


Figura 4 - Modelo Digital de Elevação (MDE), referente à microbacia estudada.

O quadro 7 mostra a área ocupada para cada classe de declividade, e a figura 5 apresenta a distribuição espacial das mesmas dentro da microbacia.

Quadro 7: Áreas calculadas para cada classe de declividade.

Classes	Declividade (%)	Relevo	Área (ha)	(%)
A	0 - 3	Plano	201,17	9,27
B	3 - 6	Suave	443,20	20,43
C	6 - 9	Suave/Ondulado	466,72	21,51
D	9 - 12	Ondulado	357,16	16,46
E	12 - 18	Forte Ondulado	417,81	19,26
F	18 - 25	Movimentado	172,79	7,96
G	> 25	Acidentado	110,48	5,09

4.1.2 - Solos

O quadro 8 mostra a área que ocupa cada classe de solos, e a figura 6 mostra a distribuição espacial dessas classes dentro da área de estudo.

Quadro 8: Classes de solos com as respectivas áreas (ha).

Símbolo	Classificação Taxonômica	Área (ha)	(%)
LR	Latossolo Roxo eutrófico, textura argilosa.	89,41	4,07
LEd	Latossolo Vermelho Escuro distrófico ou álico, textura média.	170,91	7,88
LVd1	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico ou álico, textura argilosa.	9,21	0,42
LVd2	Latossolo Vermelho Amarelo distrófico ou álico, textura média.	596,51	27,91
PV	Podzólico Vermelho Amarelo distrófico ou álico, Tb, textura média/argilosa.	1137,93	52,16
TE	Terra Roxa Estruturada distrófica, textura argilosa	10,09	0,46
Ca	Cambissolo	126,71	5,78
Li	Solos Litólicos	20,87	0,96
Hi	Solos Hidromórficos	7,40	0,36

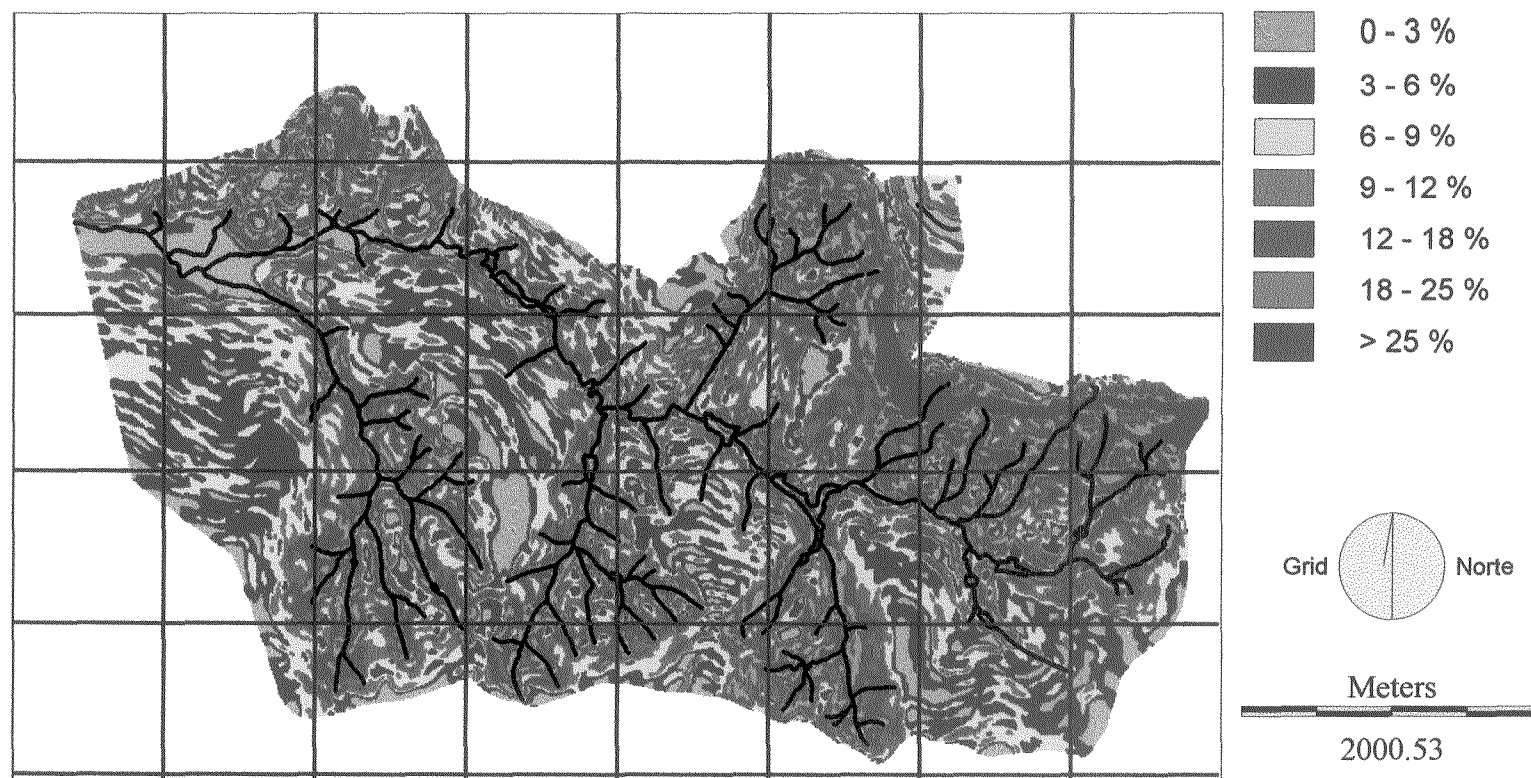


Figura 5 - Classes de declividade, geradas a partir do Modelo Digital de Elevação.

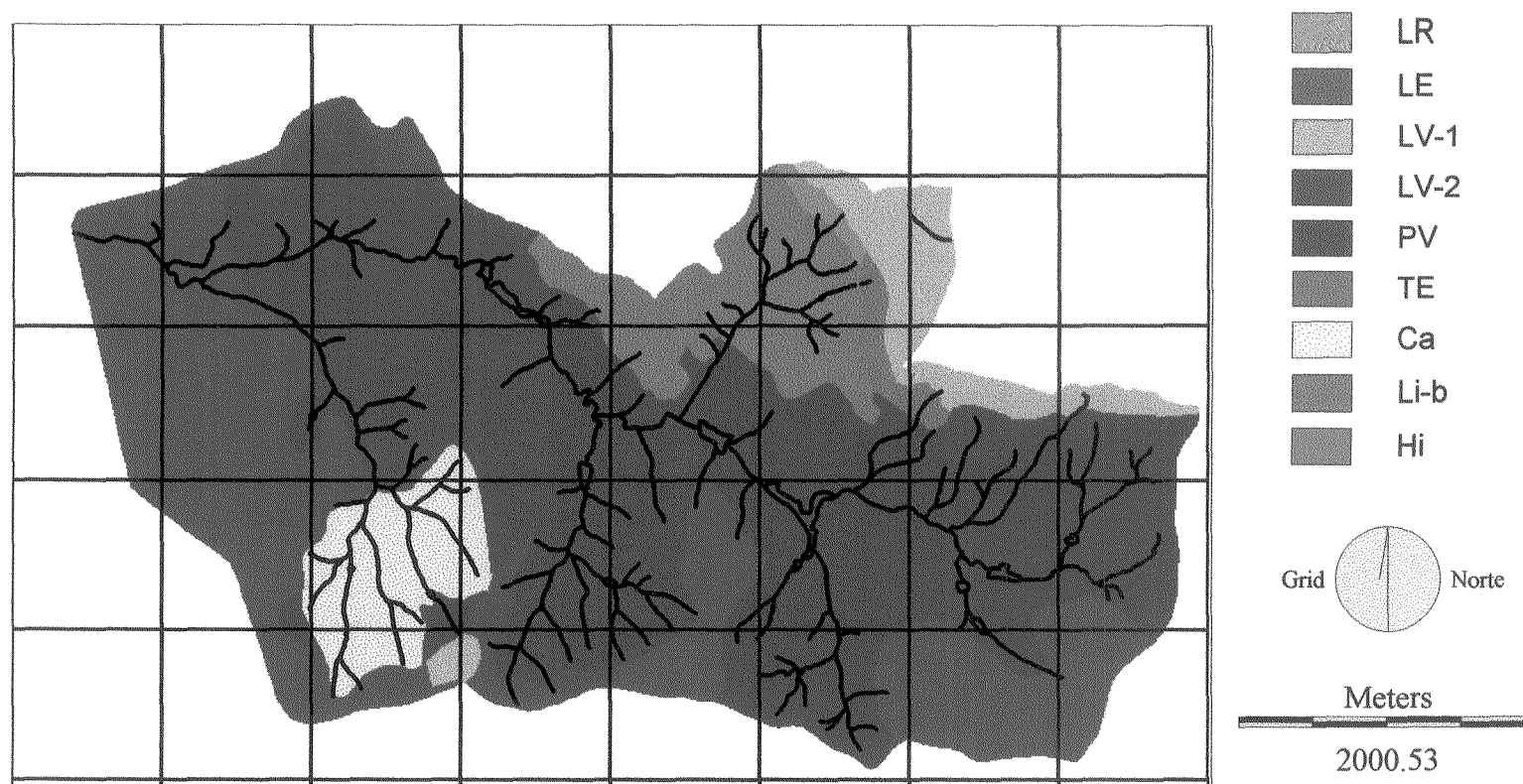


Figura 6 - Classes de solos ocorrentes na área de estudo.

4.1.3 - Levantamento do Uso e Ocupação Atual

As classes de uso e ocupação encontradas apresentam-se relacionadas às respectivas áreas no quadro 9, e a distribuição espacial das mesmas, dentro da microbacia em questão, estão apresentadas na figura 7.

Quadro 9: Classes de uso e ocupação, com as respectivas áreas (ha) ocupadas na microbacia em estudo.

Classe de Uso e Ocupação	Área (ha)	%
Florestamento	611,83	28,20
Vegetação Nativa	89,31	4,12
Cana-de-açúcar	502,39	23,16
Citros	77,43	3,57
Pastagem	769,25	35,46
Soja	88,14	4,06
Milho	17,49	0,81
Corpos d'água	13,50	0,62

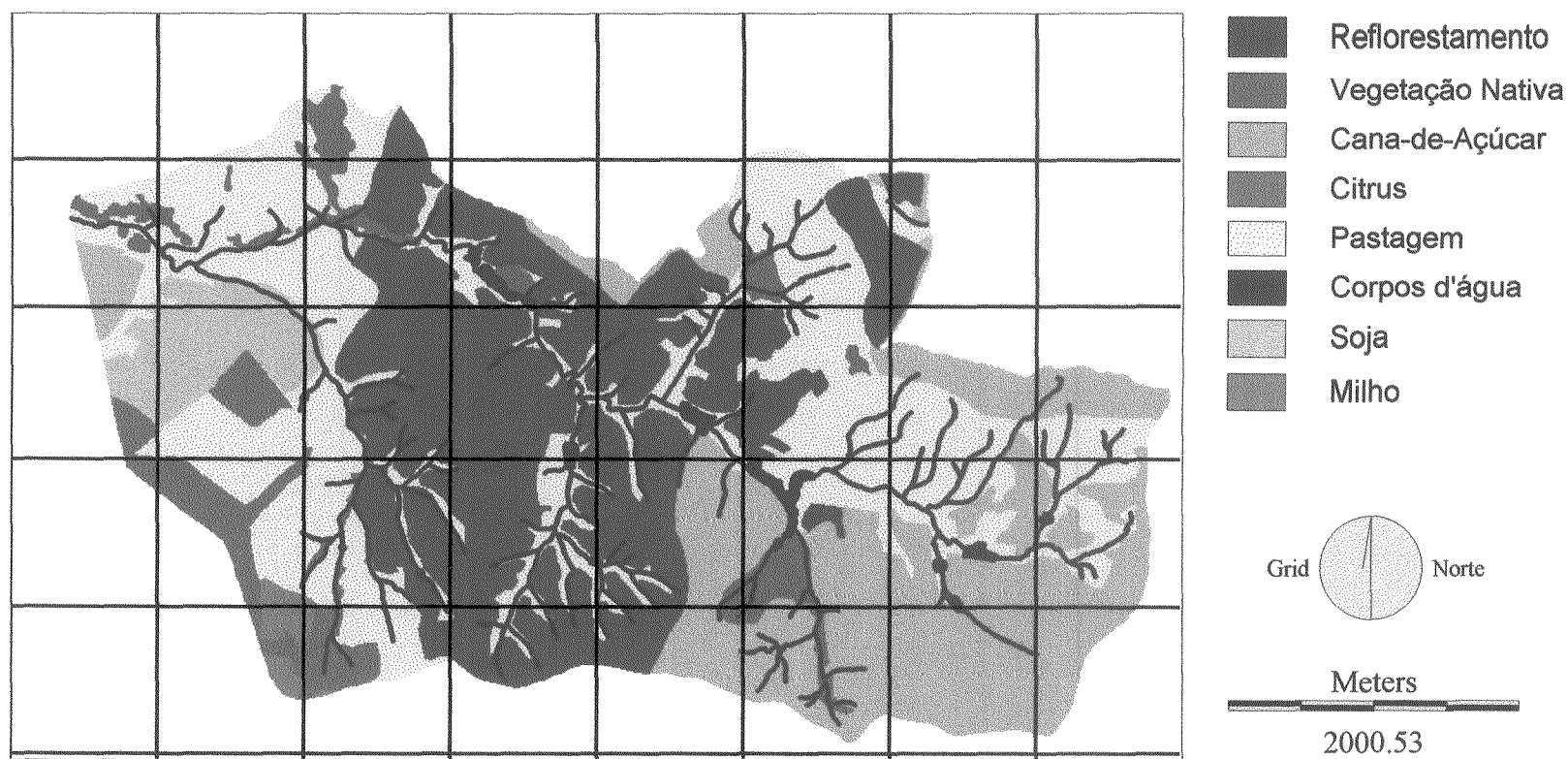


Figura 7 - Classes de uso e ocupação atual ocorrentes na área de estudo.

4.2 - ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO

4.2.1 - Fator Uso e Cobertura Vegetal (C) para Uso Atual

A figura 8 mostra as perdas médias de solo (t/ha) para cada classe de uso e ocupação, e esses valores são comparados a uma tolerância ponderada, estimada segundo a fórmula:

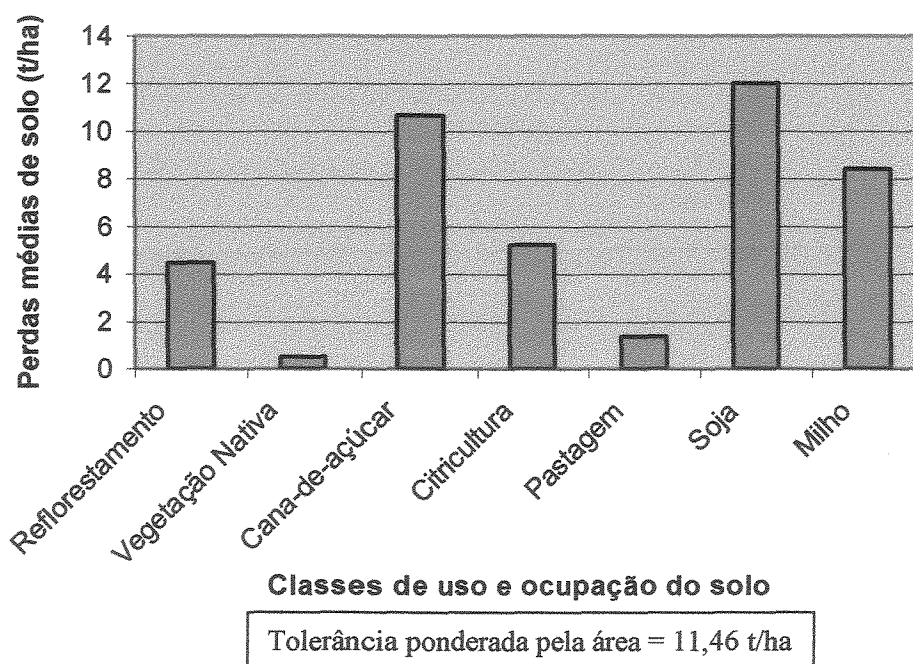
$$\text{Tolerância Ponderada} = \frac{\sum (T * a)_i}{A}$$

Onde: T = tolerância de cada classe de solo

a = área que abrange a classe de solo

i = classe de solos

A = área total da microbacia



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.1.

Figura 8: Perdas médias para uso atual, por classe de uso e ocupação.

A figura 9 mostra a distribuição espacial das áreas com perdas de solo acima do nível de tolerância ponderada, considerando-se o uso e a ocupação atual. As figuras 10 a 17 individualizam essas perdas, dentro de cada classe de solo.

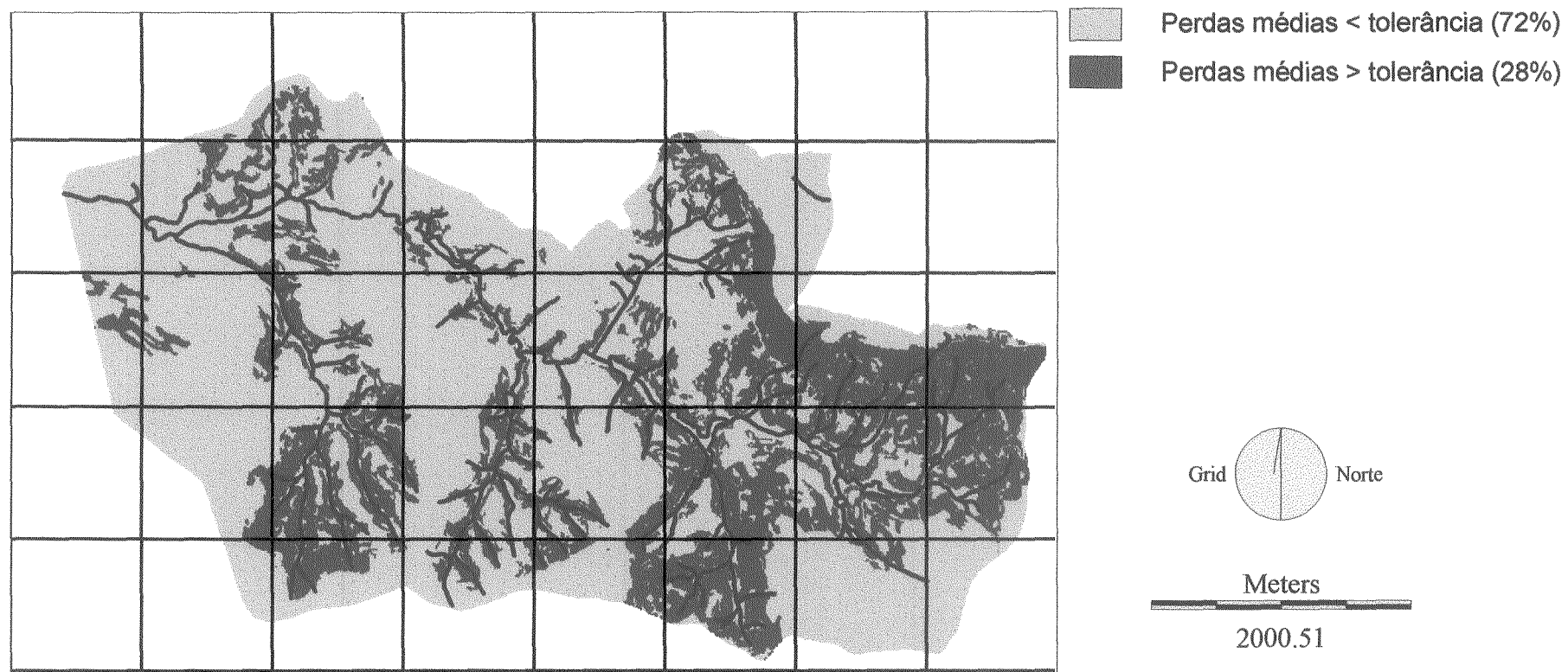
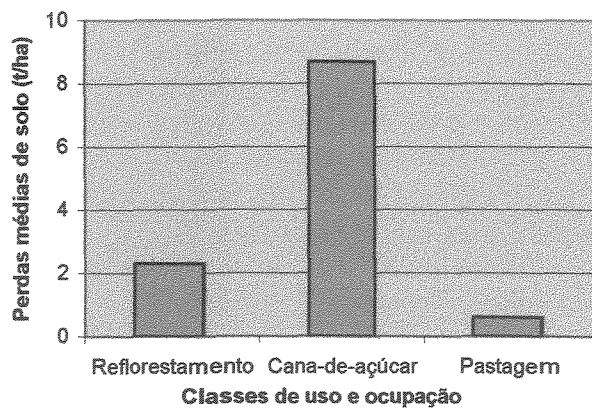
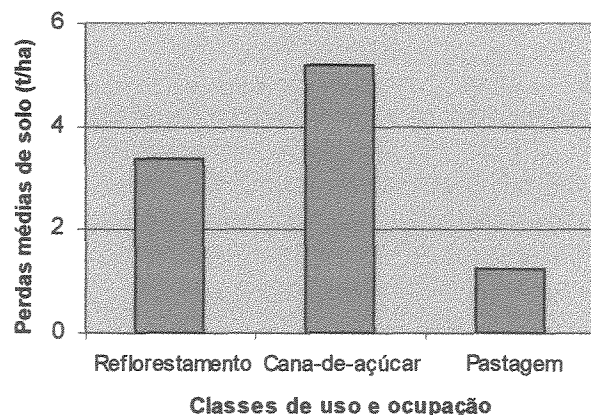


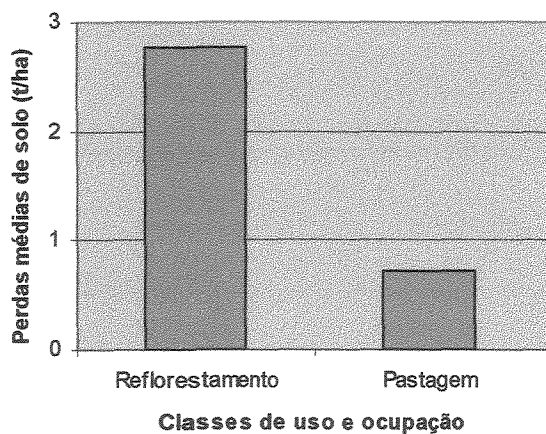
Figura 9 - Áreas com perdas médias de solo (t/ha) acima da tolerância ponderada, considerando o uso e ocupação atual.



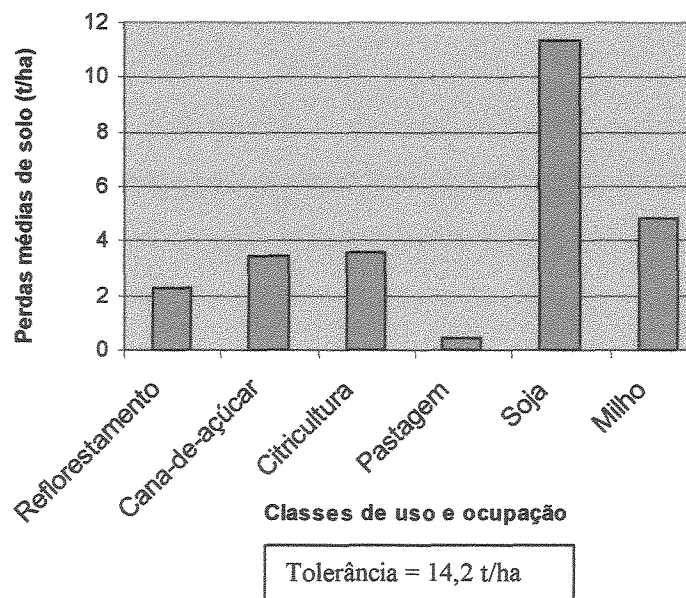
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.4.2.
 Figura 10 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Latossolo Roxo.



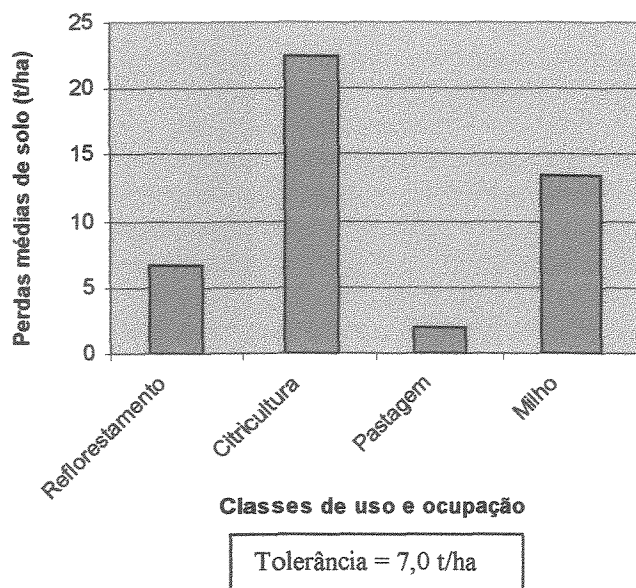
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.4.
 Figura 11 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Latossolo Vermelho Escuro.



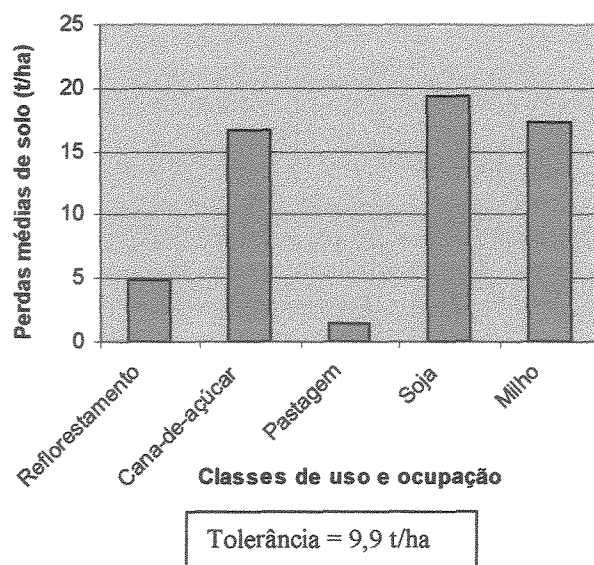
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.4.2.
 Figura 12 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa.



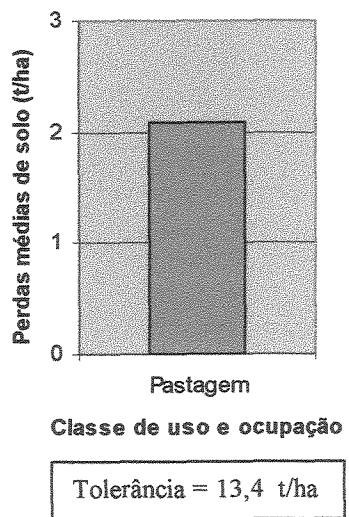
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.4.
 Figura 13 - Perdas médias (t/ha) de solo para uso atual em Latossolo Vermelho Amarelo, textura média.



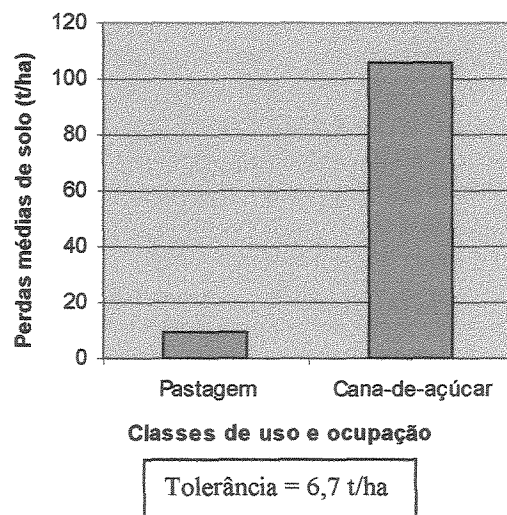
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.4.2.
 Figura 14 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Cambissolo.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.4.2.
 Figura 15 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Podzólico Vermelho Amarelo



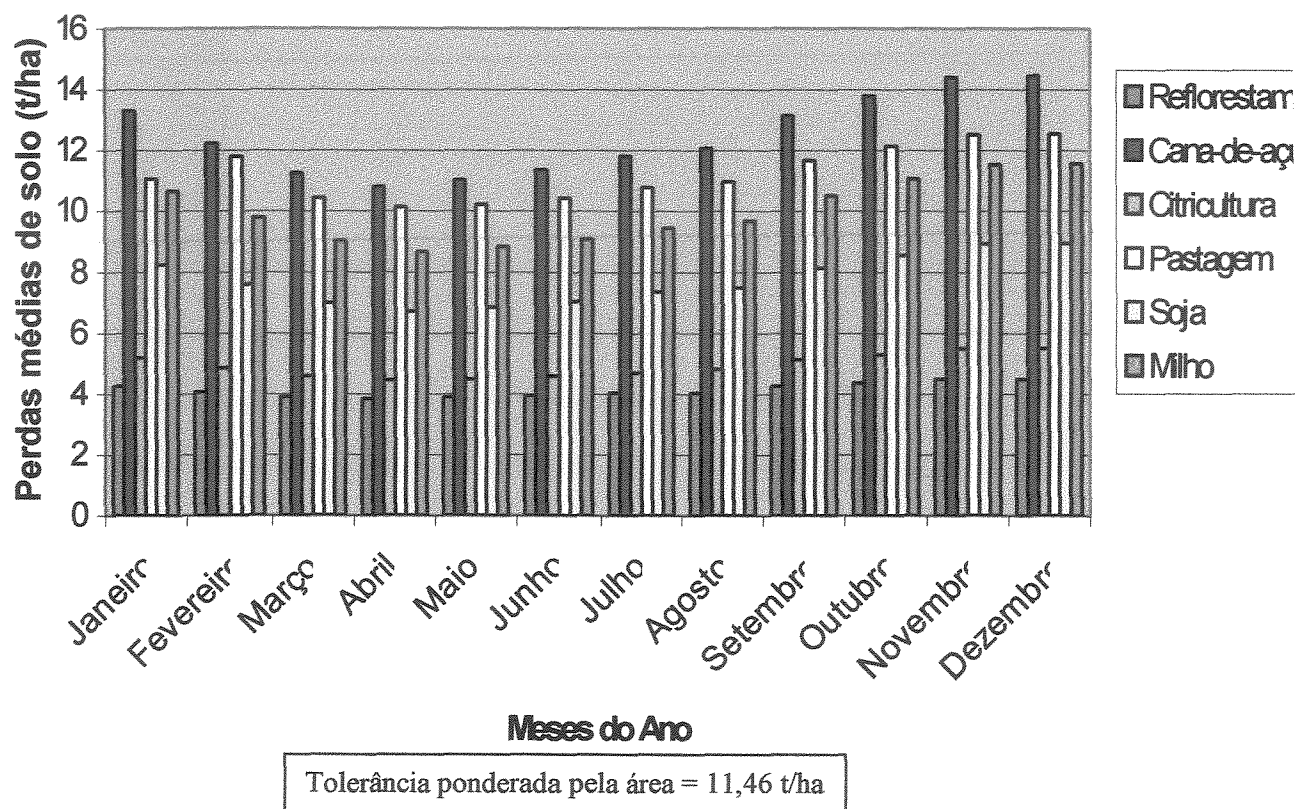
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.4.2.
 Figura 16 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual (pastagem) em Terra Roxa Estruturada.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.4.2.
 Figura 17 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual em Solos Litólicos.

4.2.2 - Fator Uso e Cobertura Vegetal (C) para substituição das culturas por florestamento de eucalipto

A figura 18 mostra o comportamento das perdas médias de solo, no decorrer do ano, de acordo com o mês em que é realizada a implantação do florestamento de eucalipto, utilizando os valores estimados de fator C apresentados na tabela 3.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.1.

Figura 18 - Perdas médias de solo (t/ha), por classe de uso e ocupação, no decorrer do ano.

A figura 19 mostra a ocorrência das áreas com perdas de solo superiores aos níveis de tolerância, para o mês de dezembro, que se mostrou o mais crítico. As figuras 20 a 27 individualizam as perdas médias de solo de acordo com a classe de solo e a cultura substituída.

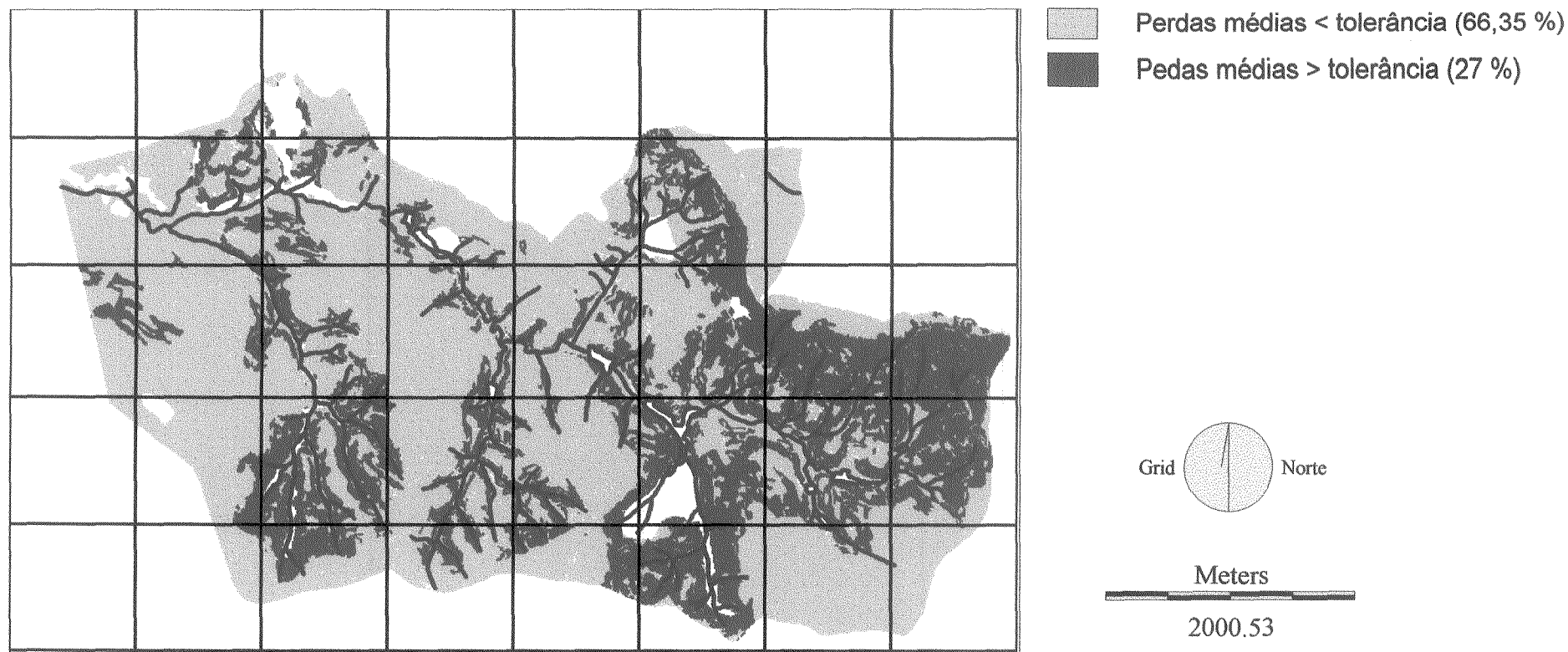
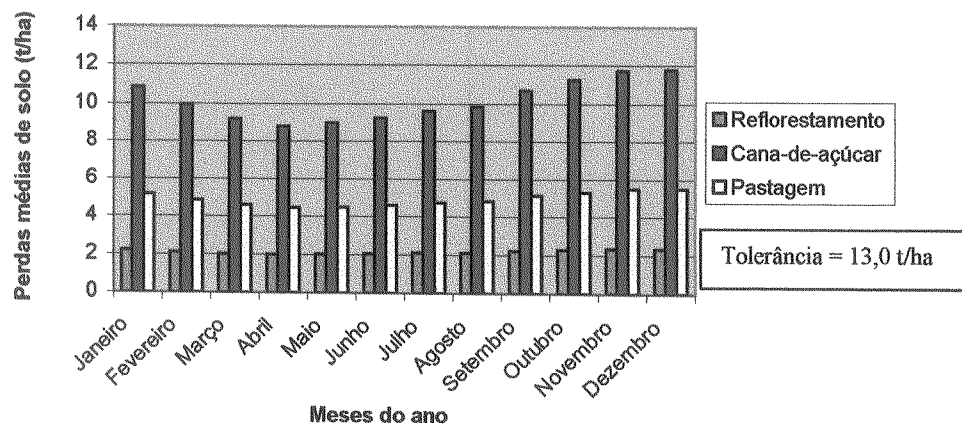
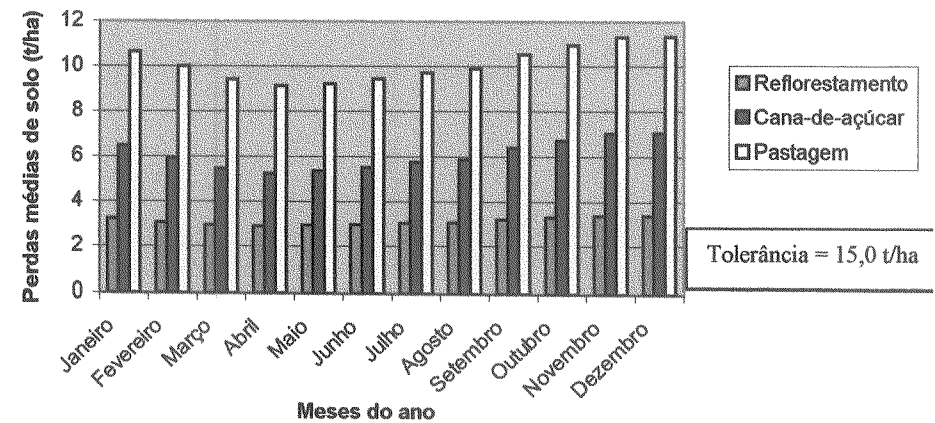


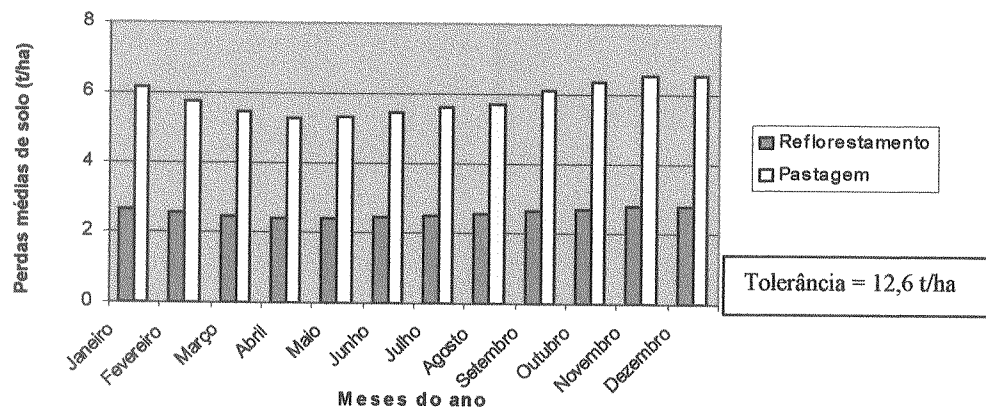
Figura 19 - Áreas com perdas médias de solo (t/ha) acima dos níveis de tolerância, considerando a substituição das culturas por florestamento de eucalipto, em dezembro.



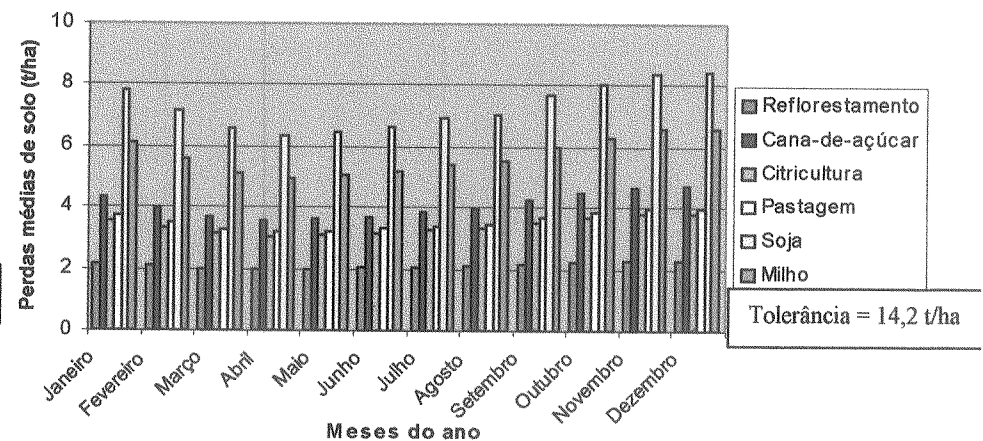
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.2.
Figura 20 - Perdas médias de solo (t/ha) para o Latossolo Roxo.



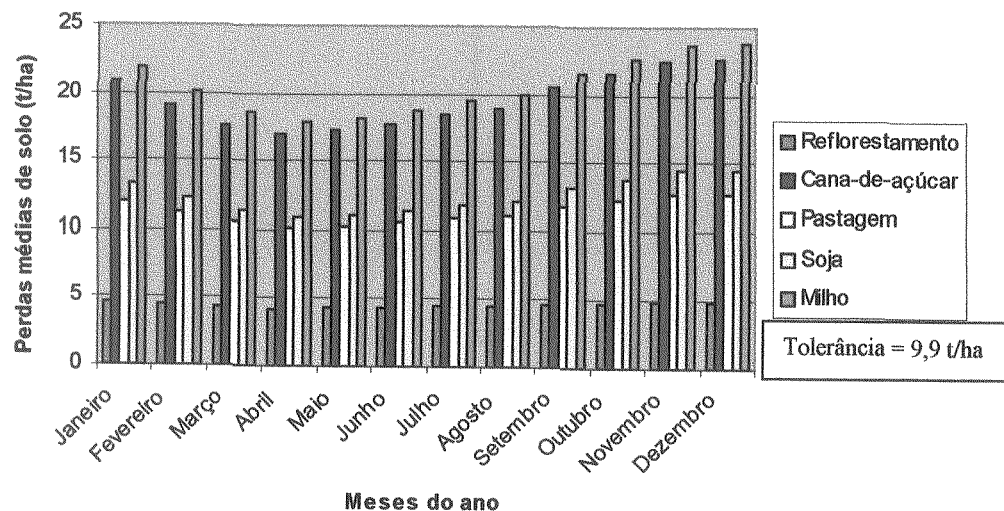
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.2.
Figura 21 - Perdas médias de solo (t/ha) para o Latossolo Vermelho Escuro.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.2.
Figura 22 - Perdas médias de solo (t/ha) para o Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa.

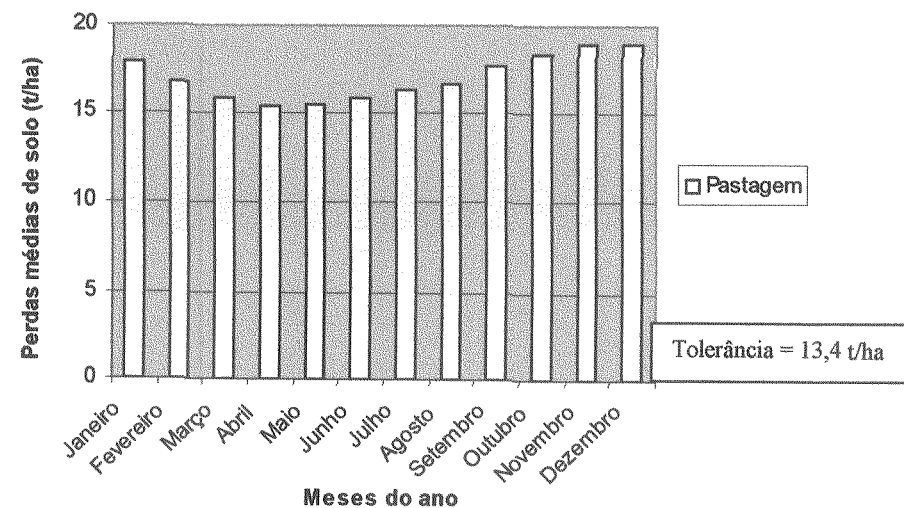


Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.2.
Figura 23 - Perdas médias de solo (t/ha) para o Latossolo Vermelho Amarelo, textura média.



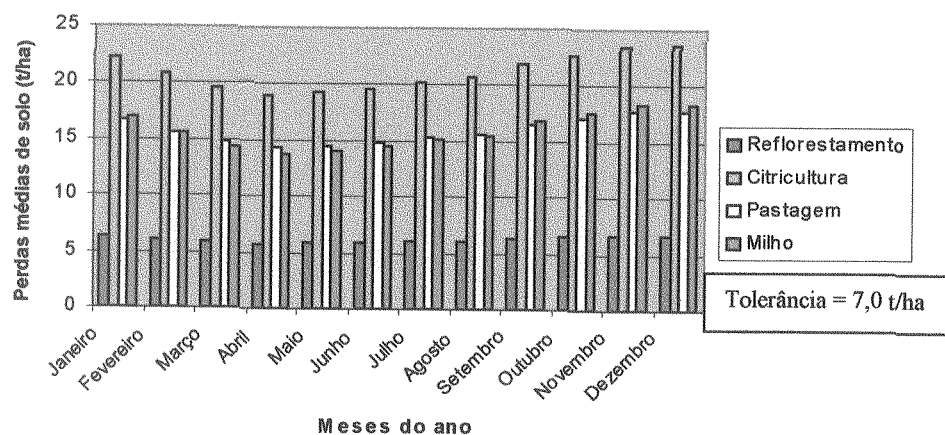
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.2.

Figura 24 - Perdas médias de solo (t/ha) para o Podzólico Vermelho Amarelo.



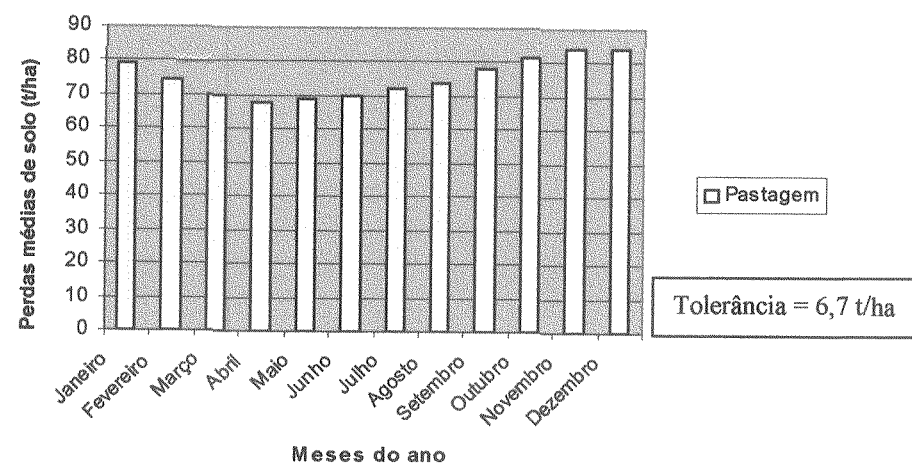
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.2.

Figura 25- Perdas médias de solo (t/ha) para a Terra Roxa Estruturada.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.2.

Figura 26 - Perdas médias de solo (t/ha) para o Cambissolo.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da tabela A.5.2.

Figura 27 - Perdas médias de solo (t/ha) para os solos Litólicos.

4.2.3 - Perdas médias de solo (t/ha) para reforma de talhão

Os meses mais críticos com relação a perdas de solo, para substituição das várias culturas existentes por florestamento de eucalipto, foram de setembro a janeiro, alcançando o pico em dezembro. As figuras 28 e 29 mostram a simulação de perdas de solo acarretadas pela implantação do florestamento no mês de dezembro (mês mais crítico), considerando-se uma reforma de talhão, considerando o manejo bom e médio de restos culturais, conforme citados anteriormente. O quadro 10 quantifica essas perdas.

Quadro 10: Perdas médias de solo (t/ha) por tipo de manejo dos restos culturais.

Classe De solo	Tipo de manejo dos restos culturais	
	Bom	Médio
LR	3,14	5,75
Led	4,53	8,24
LVd1	2,90	5,19
LVd2	2,08	3,77
PV	6,32	11,51
TE	10,44	18,96
Ca	8,45	15,39
Li	46,94	85,37
Hi	0	0

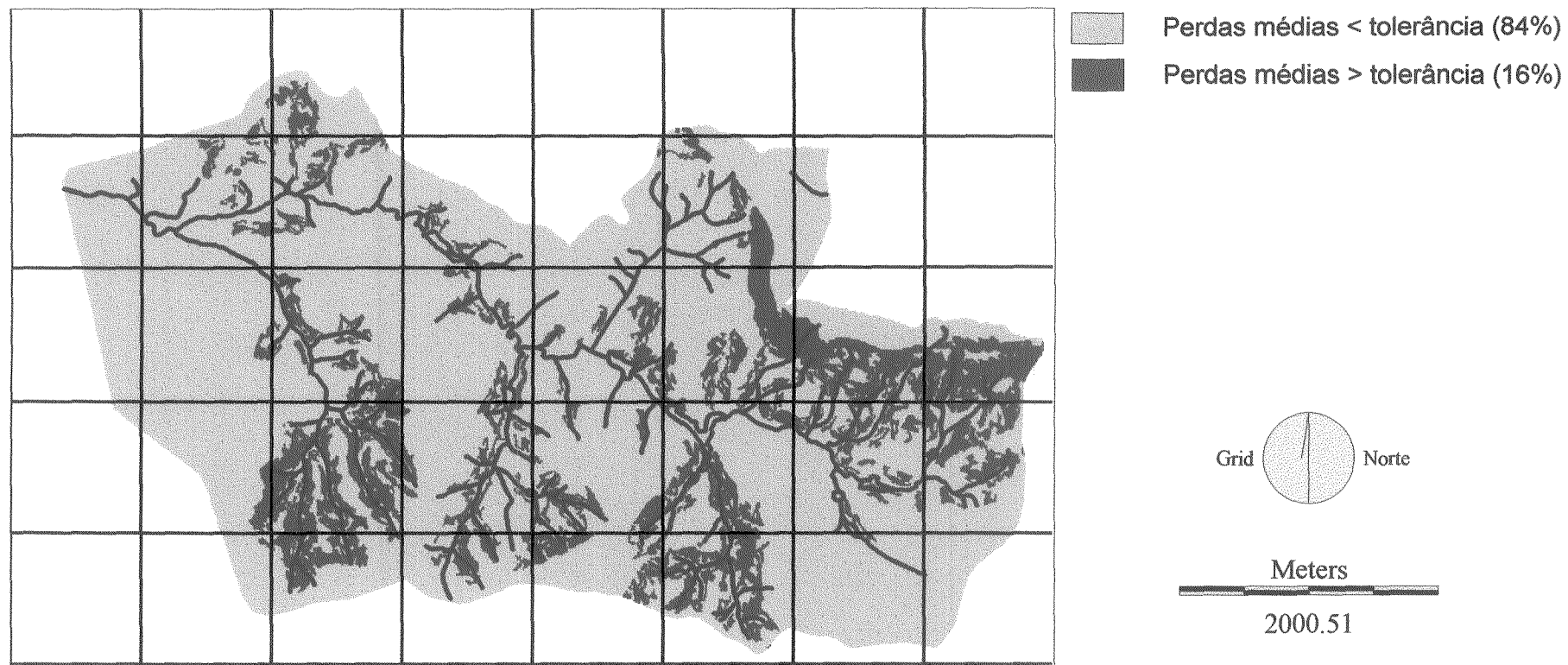


Figura 28 - Áreas com perdas médias de solo (t/ha) acima dos níveis de tolerância, considerando um bom manejo dos restos culturais.

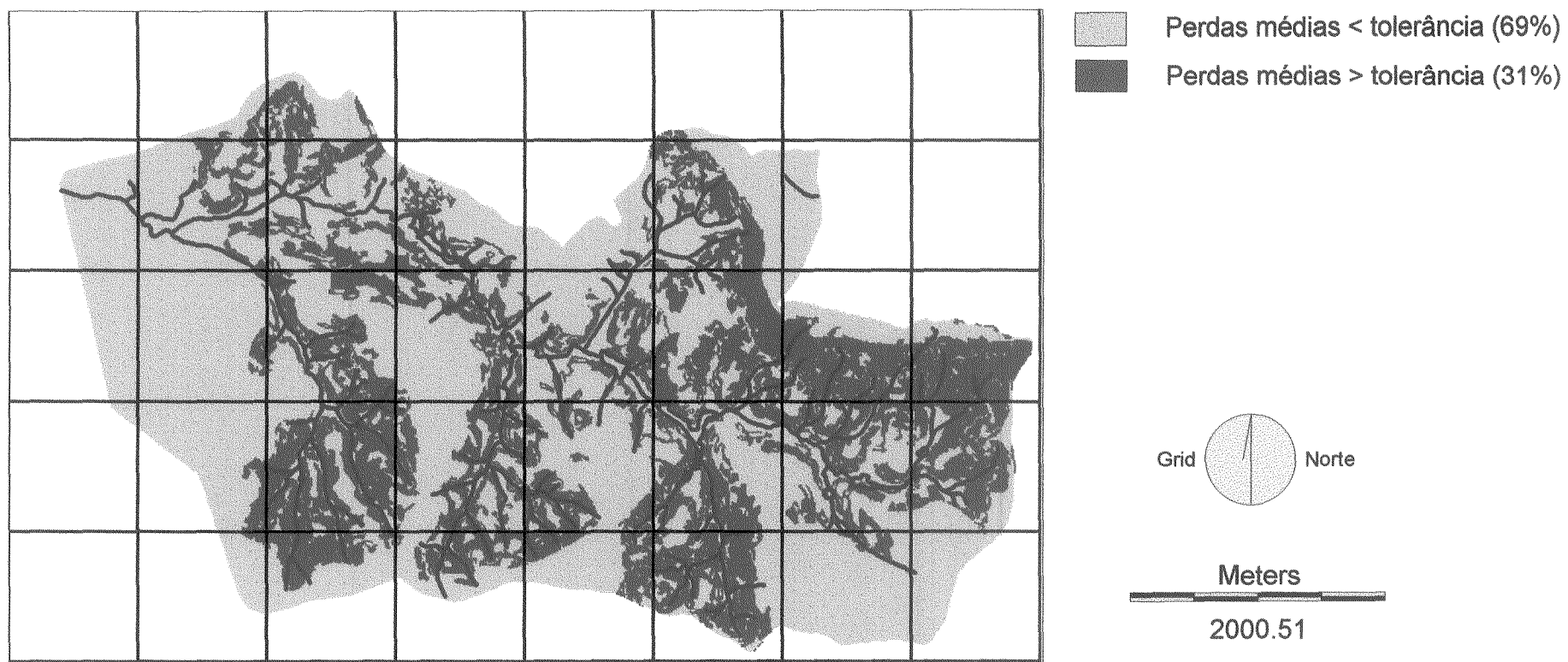


Figura 29 - Áreas com perdas médias de solo (t/ha) acima dos níveis de tolerância, considerando um manejo médio dos restos culturais.

4.3. - TALHONAMENTO

4.3.1 - Classificação no Sistema de Capacidade de Uso

Foram encontrados 6 classes de capacidade de uso, conforme o quadro 11, cuja distribuição na área de estudo encontra-se representada pela figura 30.

Quadro 11: Classes de Capacidade de Uso.

Classes de Capacidade de Uso	Área (ha)	% em relação à área total
II	14,64	0,67
III s	80,85	3,73
III s,e	678,81	31,29
IV s,e	517,53	23,85
V	4,87	0,22
VI s,e	304,40	14,03
VIII s,e	568,36	26,20

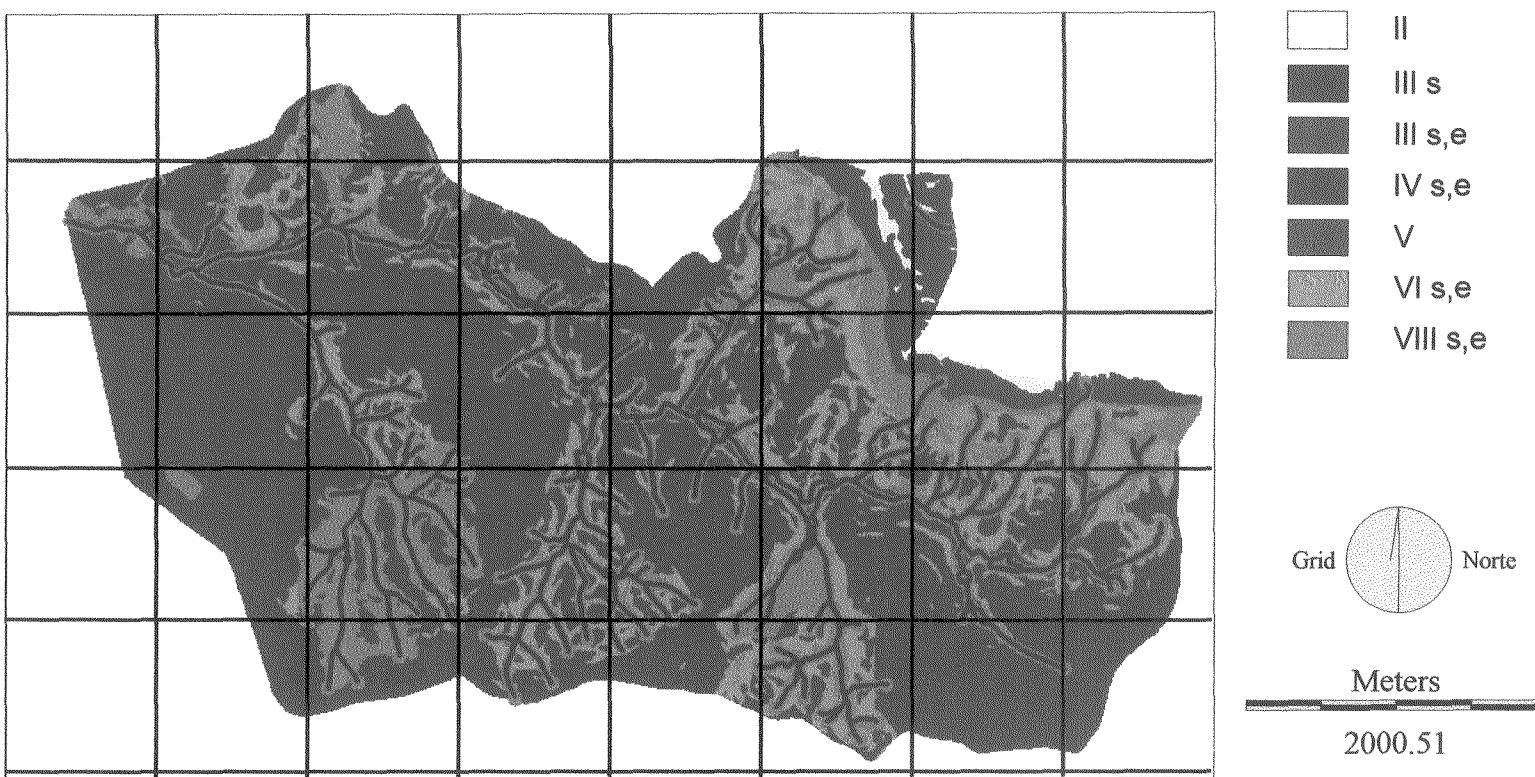


Figura 30 - Classes de capacidade de uso.

4.3.2 - Áreas Críticas

O cruzamento das classes de capacidade de uso e as áreas com perdas de terra acima dos níveis de tolerância gerou 10 categorias (quadro 12), utilizadas na definição do talhamento. A representação espacial desse cruzamento está apresentada na figura 31.

Quadro 12: Categorias geradas pela combinação através de tabulação cruzada das classes de capacidade de uso com as áreas com perdas de solo acima dos níveis de tolerância.

Categorias (Capacidade de Uso : Perdas > Tolerância)	Áreas (ha)	(%)
IIs : Perdas médias < tolerância	14,64	0,67
III s : Perdas médias < tolerância	77,78	3,60
III s : Perdas médias > tolerância	16,25	0,75
III s,e : Perdas médias < tolerância	668,45	30,82
IVs,e : Perdas médias < tolerância	492,03	22,68
IV s,e : Perdas médias > tolerância	22,84	1,05
V : Perdas médias < tolerância	4,88	0,22
VI s,e : Perdas médias < tolerância	177,93	8,20
VI s,e : Perdas médias > tolerância	126,48	5,83
Área de Preservação Permanente	567,84	26,18

4.3.3 - Talhamento

O talhamento proposto levou em consideração três níveis de manejo (quadro 13), e a disposição dos talhões está representado na figura 32.

Quadro 13: Níveis de manejo para o talhamento.

Níveis de manejo	Área (ha)
Manejo 1	560,50
Manejo 2	82,71
Manejo 3	755,95

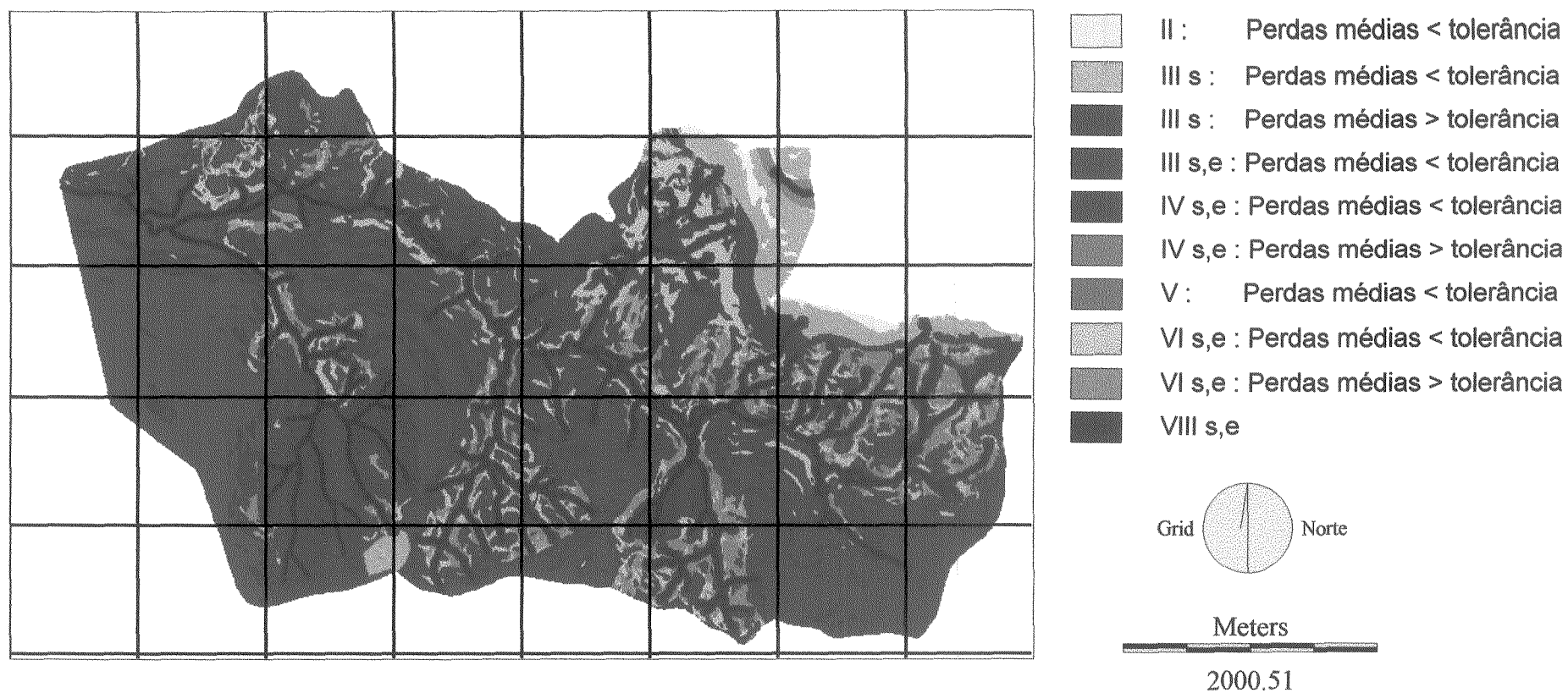


Figura 31 - Cruzamento das classes de capacidade de uso com as áreas críticas em relação a perdas de solo.

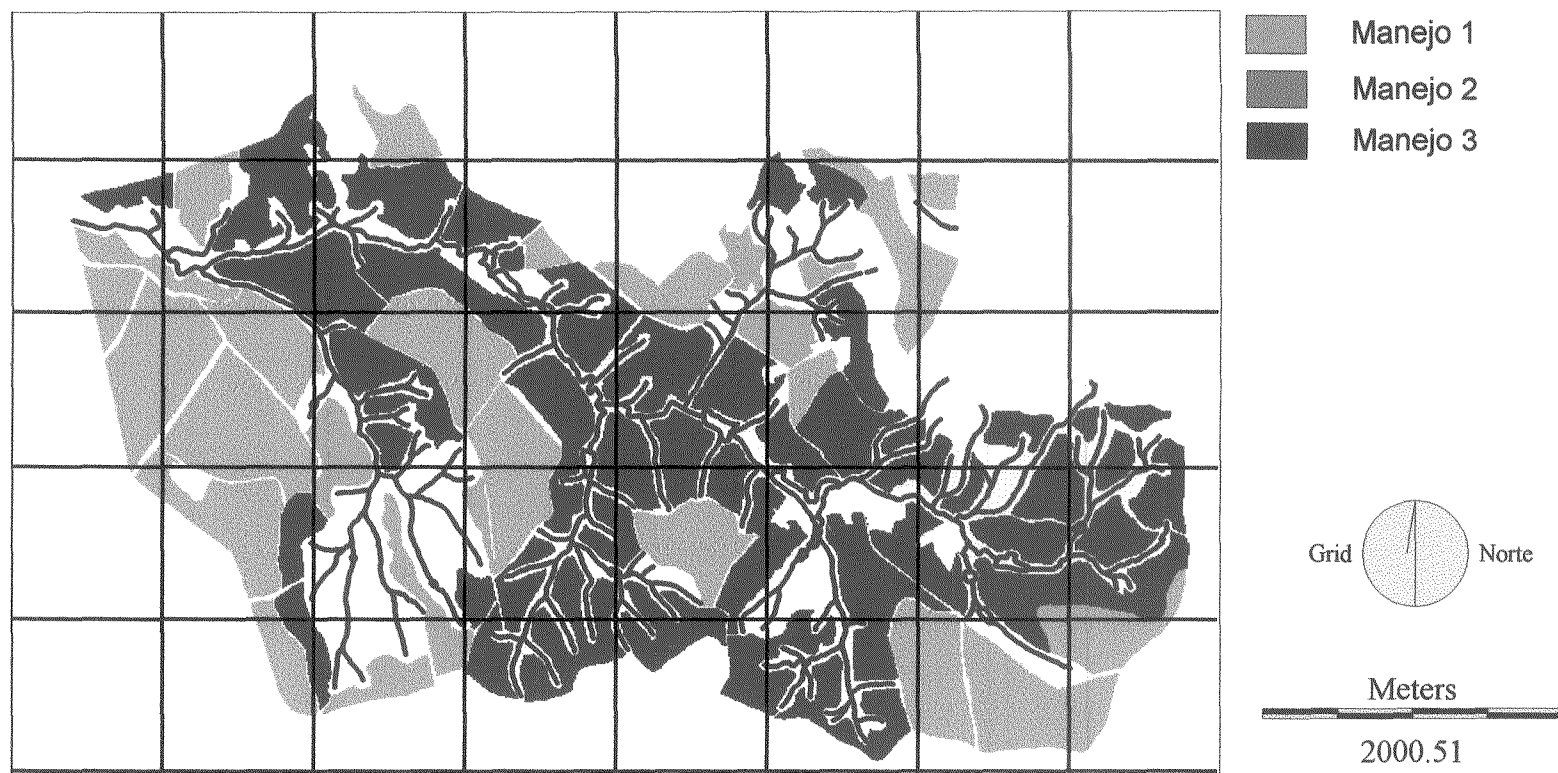


Figura 32: Proposta de talhonamento.

5. DISCUSSÃO

5.1 - BASE DE DADOS

5.1.1 - Declividade

A área de estudo apresenta um relevo suave ondulado, como pode-se notar na figura 4. Pouco mais de 50 % da microbacia apresenta declividade de até 9 %, e os declives acima deste valor estão presentes principalmente nas cabeceiras dos cursos d'água (figura 5), consideradas áreas de preservação permanente segundo a Lei Federal nº 4.771, de 15/04/81, alterada pelo Decreto Federal nº 97.628, de 10/04/89.

O detalhamento ocorrido na geração das classes de declividade pode ser explicado principalmente devido a dois fatores: tamanho de pixel, 10 m², utilizado no processo de geração do Modelo Digital do Elevação (MDE), e as próprias características do interpolador de Curvatura Mínima. Pixels de 10 m² são considerados pequenos para a extensão da área em questão, aproximadamente 2.169 ha, pois acabam por gerar um detalhamento exagerado no processo de interpolação do MDE, principalmente em áreas mais acidentadas, onde a concentração de pontos é maior. O método de Curvatura Mínima tenta suavizar a região, desviando-se ao mínimo da tendência dos dados pontuais, fazendo com que algumas áreas apresentem depressões ou elevações, que no momento do agrupamento em classes, ficam isolados ao longo do mapa.

5.1.2 - Solos

Como pode-se notar na figura 6, a maior parte da área (cerca de 52 %) encontra-se na classe de solo Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), em topografia suave ondulado a ondulado, sendo que o gradiente de declividade aumenta à medida que se aproxima dos cursos d'água. A classe Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média ocupa aproximadamente 28 % da área, principalmente em declividade suave ondulado. A classe Latossolo Vermelho Escuro (LE) ocupa cerca de 8 % da área total da microbacia e se dispõe em relevo suave ondulado a

ondulado. Já a classe Cambissolo (Ca) representa aproximadamente 6 % da microbacia, ocupando topografias onduladas. O restante (6 %) encontra-se ocupado pelos Solos Litólico, Hidromórfico, Latossolo Roxo, Terra Roxa Estruturada e Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa.

5.1.3 - Uso e Ocupação Atual

Como pode-se notar pela figura 7, a maior parte da área encontra-se ocupada por pastagem (35 %), florestamento (28 %) e cana-de-açúcar (23 %). Os remanescentes de vegetação arbustiva/arbórea nativas ocupam cerca de 4 % da área total, e os 10 % restantes estão ocupadas com culturas diversas (citros, milho e soja).

5.2 - ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO

5.2.1 - Fator Uso e Cobertura Vegetal (C) para Uso Atual

A figura 8 mostra que as culturas que sofrem maiores perdas médias de solo são a soja e a cana-de-açúcar, e que quando se considera a tolerância ponderada de 11,46 t/ha, apenas a soja apresenta perdas médias acima dos níveis de tolerância, e a cana-de-açúcar alcança valores próximos aos níveis de tolerância. Esta resposta está relacionada principalmente ao tipo de manejo para estas culturas que expõem totalmente o solo às intempéries, quando é feito o preparo do solo para plantio.

Estimando-se as perdas médias de solos para as diversas culturas, e individualizando esses valores por classe de solo, notou-se que o florestamento apresentou perdas médias muito próximas aos níveis de tolerância determinados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), quando este encontrava-se sobre Cambissolo (figura 14), e valores inferiores nas demais classes de solos (figuras 10, 11, 12, 13 e 15). Isto pode ser justificado pela fragilidade deste Cambissolo, que apresenta textura franco arenosa e uma profundidade efetiva moderadamente profunda e, somado ao fato de encontrar-se em relevo ondulado, torna o seu manejo bastante delicado, mesmo considerando a implantação de florestamento.

Quanto a cana-de-açúcar, quando implantada em Podzólico Vermelho Amarelo (figura 15), apresentou perdas médias de solo na ordem de 1,68 vezes maior que os níveis de

tolerância (tabela A.4.2), o que não ocorre nos demais tipos de solos. O Podzólico Vermelho Amarelo, encontrado na área de estudo, apresenta gradiente textural, com textura média na camada superficial, tornando-o bastante susceptível à erosão. Somado a este fato, o manejo de solo considerado para a implantação desta cultura desnuda o solo totalmente, sem incorporação dos restos culturais, tornando a utilização desta cultura nesta classe de solo bastante restritiva. Existe ainda uma área pequena de cana-de-açúcar sobre Solos Litólicos, com perdas médias de solo bem superiores ao nível de tolerância para esta classe de solo.

O citros encontra-se implantada em dois tipos de solos, Latossolo Vermelho Amarelo, textura média (figura 13) e Cambissolo (figura 14), sendo que apenas no Cambissolo esta apresentou-se altamente restritiva, com perdas médias na ordem de 3,22 vezes maior que os níveis de tolerância. Como explicado anteriormente, o Cambissolo de textura média em declividades acentuadas é bastante susceptível à erosão, sendo portanto inadequado o uso desta cultura nesta classe de solo.

A pastagem é encontrada em todos os tipos de solos ocorrentes na área de estudo, mas apenas sobre o Solo Litólico (figura 17) apresenta-se restritivo, com perdas médias 1,37 vezes maiores que os níveis de tolerância. Isto se deve ao fato do Litólico estar localizado em declividades bastante acentuadas e ser um solo muito raso, fato este que o torna altamente restritivo a qualquer tipo de exploração. Estas áreas, bem como aquela ocupada com cana-de-açúcar, devem permanecer como áreas de proteção permanente, com a implantação de um florestamento com espécies nativas, através da abertura de covas, com a mínima movimentação de solo possível.

A cultura de soja ocorre nas classes de solo Latossolo Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo, ambos com textura média (figuras 13 e 15), mas apenas sobre este último as perdas médias são elevadas, ultrapassando o nível de tolerância determinado BERTONI & LOMBARDI NETO (1985) para esta classe de solo. Assim como a cana-de-açúcar, também o preparo de solo para a implantação de soja desnuda totalmente o solo, deixando-o desprotegido, principalmente se o preparo é realizado nos meses de maior precipitação, outubro a março. Isto, somado ao fato da alta susceptibilidade à erosão, citada anteriormente, torna esse solo bastante restritivo para esta cultura.

5.2.2 - Fator uso e cobertura vegetal (C) para substituição das culturas por florestamento de eucalipto

Os meses mais críticos em termos de perdas de solos, para a implantação do florestamento de eucalipto, em substituição às diversas culturas ocorrentes na microbacia, seriam de setembro a janeiro (figura 18), para esta região, sendo que o pico encontra-se em dezembro.

A implantação de florestamento de eucalipto, de fevereiro a julho, em substituição a cana-de-açúcar, causou perdas médias de solo superiores ao nível de tolerância ponderada estimado para a microbacia (11,46 t/ha), e para os meses de março a junho, as perdas médias aproximaram-se bastante do nível de tolerância (figura 18).

Também a substituição de pastagem por florestamento de eucalipto acarretou perdas médias de solo acima do nível de tolerância, quando a implantação era realizada de setembro a fevereiro, sendo que nos demais meses, essas perdas estavam bem próximas da tolerância ponderada (figura 18).

A substituição das demais culturas não acarretou perdas médias de solo acima do nível da tolerância ponderada para a microbacia, em nenhum período do ano. Isto não quer dizer que as perdas de solo ocasionadas pela implantação de florestamento de eucalipto em áreas anteriormente cultivadas por florestamento, citros, soja e milho deva ser ignorada, mas sim que deve ser feito um estudo dessas perdas em função do tipo de solo onde está inserida a cultura.

Nesse sentido, a cultura cuja substituição por florestamento de eucalipto causou maior impacto, em termos de perdas médias de solos, foi a pastagem, que nas classes Podzólico Vermelho Amarelo (figura 24), Terra Roxa Estruturada (figura 25), Cambissolo (figura 26) e Solos Litólicos (figura 27) apresentou-se altamente restritivo. Ressalta-se ainda que na classe Solos Litólicos (figura 27) as perdas médias estimadas estão na ordem de 10 a 12 vezes maior que os níveis de tolerância determinados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), comprovando que mesmo a exploração destas terras para florestamento é altamente restritivo,

devendo estas áreas permanecerem como áreas de proteção permanente, como citado anteriormente.

Também a substituição do citros por eucalipto, em Cambissolo (figura 16) apresentou-se bastante restritiva, pois foram obtidas perdas médias de solos três vezes maiores que o nível de tolerância determinado por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985). Já em Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa (figura 22), as perdas médias apresentaram-se dentro dos níveis de tolerância determinados para esta classe de solo.

Para a substituição da cana-de-açúcar por eucalipto, apenas na classe Podzólico Vermelho Amarelo (figura 24), as perdas médias de solo mostraram-se restritivas, sendo que para as outras classes de solos (figuras 20, 21, 22 e 23) os valores encontrados apresentaram-se abaixo dos níveis de tolerância considerados.

No caso das culturas anuais milho e soja, em Latossolo Vermelho Amarelo, textura média (figura 23), as perdas médias de solos estimadas foram inferiores a tolerância para esta classe de solo.

5.2.3 - Perdas médias de solo (t/ha) para uma reforma florestal

Para uma segunda implantação de eucalipto, as estimativas de perdas médias de solo (quadro 10) apresentaram-se abaixo dos níveis de tolerância determinados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), para todas as classes de solos ocorrentes na área de estudo, exceto o Cambissolo e os Solos Litólicos.

As figuras 28 e 29 mostram que houve um acréscimo nas perdas de solo do bom manejo de restos culturais para o manejo médio, sendo as proporções das perdas médias de solo em torno de 1:2 (bom: médio), em todas as classes de solos, conforme o quadro 10.

Para as classes Cambissolo e Solos Litólicos, os valores de perdas médias de solo ficaram acima dos níveis de tolerância determinados por BERTONI & LOMBARDI NETO (1985), para os dois tipos de manejo de restos culturais estudados, apresentando-se assim, altamente restritivo para a utilização por florestamento de eucalipto, também numa segunda implantação. Assim, às áreas de Solos Litólicos, citadas anteriormente, somam-se áreas de Cambissolo com declividades superiores 9 %, como áreas de preservação permanente.

Já para o Podzólico Vermelho Amarelo (PV) e a Terra Roxa Estruturada (TE), as perdas médias de solo mostraram-se acima dos níveis de tolerância quando foram simulados os manejos médio e ruim de restos culturais.

Para as demais classes, Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Latossolos Vermelho Amarelo, textura argilosa e média, os três tipos de manejo de restos culturais estudados mostraram perdas médias de solo dentro dos níveis de tolerância.

5.3 - TALHONAMENTO

5.3.1 - Classificação no sistema de capacidade de uso

As classes de capacidade de uso encontradas foram definidas segundo o grau de complexidade das práticas conservacionistas, em especial as de controle de erosão.

- classe II: esta classe abrange 0,67 % da área de estudo, e engloba o Latossolo Roxo, em declividades de até 6 %. Considera-se estas terras com riscos moderados de depauperamento, mas quando utilizadas com alguns cuidados especiais como aração e plantio em contorno, controle de água, proteção contra enxurradas advindas de glebas vizinhas, podem produzir segura e permanentemente colheitas de culturas anuais adaptadas à região, com produção entre média e elevada.

- classe III: esta classe abrange a maior parte da área de estudo ($\cong 35\%$), e está dividida em III *s* e III *s,e*. A classe III *s* engloba o Latossolo Roxo em declividades superiores a 6 %, além do Latossolo Vermelho Amarelo, textura argilosa, em todas as declividades encontradas na área de estudo. A classe III *s,e* engloba além do Latossolo Vermelho Escuro e o Podzólico Vermelho Amarelo em declividades de até 6 %, além do Latossolo Vermelho Amarelo, textura média, em declividades de até 9 %. Ambas classes abrangem terras consideradas próprias para lavouras em geral, mas que quando cultivadas sem cuidados especiais, ficam sujeitas a severos riscos de depauperamento, principalmente no caso de culturas anuais. A principal limitação para o Latossolo Roxo é quanto ao risco de erosão, sendo necessário as mesmas medidas preventivas citadas para a classe II. Para os Latossolos Vermelho Escuro, Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo, além do risco à erosão, também há a

limitação quanto a acidez e disponibilidade de nutrientes, que devem ser corrigidos com a aplicação de calagem e adubação química e/ou verde.

- classe IV: esta classe abrange 23,85 % da microbacia, e apresenta restrições quanto ao solo, baixa fertilidade e elevada acidez, principalmente, e riscos de erosão em declividades acima de 6 %. Abrange o Latossolo Vermelho Escuro e o Podzólico Vermelho Amarelo em declividades entre 6 e 12 %, Latossolo Vermelho, textura média, em declividades entre 9 e 18%, além do Cambissolo em declividades de até 9 %. Estas terras são severamente limitadas por risco de erosão, devido ao fato de encontrarem-se em declividades acentuadas, e no caso dos Latossolos Vermelho Escuro, Vermelho Amarelo e Cambissolo, o fato de tratarem-se de solos com textura média os torna mais susceptíveis a ocorrência de erosão. Além disso, estas últimas classes de solos também estão limitadas pela acidez e baixa disponibilidade de nutrientes, sendo necessária as devidas correções. O florestamento conduzido nas terras desta classe de capacidade de uso seria recomendado, pois por ser de rotação longa, este pode oferecer uma boa proteção ao solo.

- classe V: esta classe abrange uma parte mínima da microbacia (0,22 %) e engloba o Solo Hidromórfico, situado em terras praticamente planas, e que possuem severa limitação por excesso de água, com riscos de inundação frequente. São áreas potenciais para preservação permanente, visto que sua utilização é bastante restritiva.

- classe VI: esta classe abrange 14,03 % da área de estudo e apresenta restrições quanto ao solo, baixa fertilidade e elevada acidez, principalmente, e elevados riscos de erosão. Engloba o Latossolo Vermelho Escuro, o Podzólico Vermelho Amarelo e a Terra Roxa Estruturada com declividades entre 12 e 25 %, o Latossolo Vermelho Amarelo, textura média, com declividades entre 18 e 25 %. Estas terras possuem severa limitação por risco à erosão, devido a localização em declividades acentuadas e no caso do Podzólico Vermelho Amarelo e Cambissolo, este risco é agravado por se tratarem de solos com textura média. Também neste caso o florestamento é recomendado, mas com práticas especiais de conservação de solo durante a implantação e exploração da cultura.

- classe VIII: esta classe abrange 26,20 % da microbacia e incorpora todos os tipos de solos ocorrentes dentro da área de estudo, em declividades acima de 25 %, além do Solo Litólico em todas as declividades. Estas terras por se localizarem em declividades muito acentuadas, apresentam severos riscos à erosão, tornando-os impróprios para qualquer tipo de

cultura, devendo ser destinados a áreas de proteção ambiental. No caso do Solo Litólico, outro fator bastante limitante ao desenvolvimento de culturas é a pouca profundidade do solo, que normalmente apresenta espessura menor que 50 cm.

5.3.2 - Talhonamento

A maior parte da área está inserida num contexto não crítico, quando se utiliza um manejo bom dos restos culturais. As terras com classe de capacidade de uso V e VIII não foram consideradas para fins de talhonamento. A primeira por abranger áreas limitadas por excesso de água, e a segunda por se constituírem de áreas consideradas legalmente como de preservação permanente além de remanescentes de vegetação nativa.

Os níveis de manejo aqui considerados foram:

- Manejo 1: abrange terras em classes de capacidade de uso II e III, em áreas não críticas. São consideradas com riscos moderados de erosão. Devem ser tomados alguns cuidados quanto à conservação do solo, como por exemplo, preparo do solo e plantio em nível. Apesar de estarem localizadas em declividades não acentuadas, os carregadores divisores dos talhões devem ser cuidados quanto ao controle das águas advindas de enxurradas, através da locação de bacias de captação e canais escoadouros, preferencialmente vegetados, que conduzirão a água às estradas principais, esses servindo também de terraços. Além disso, para o Latossolo Vermelho Escuro, Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo, também há a limitação quanto a acidez e disponibilidade de nutrientes, que devem ser corrigidos com aplicação de calagem e adubação química e/ou verde.

- Manejo 2: abrange as terras na classe de capacidade de uso IV, em áreas não críticas. São consideradas medianamente susceptíveis à erosão, por encontrarem-se em declividades relativamente acentuadas, e no caso do Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo, este risco é agravado por tratarem-se de solos com textura média. O preparo do solo e o plantio, nesse caso, também deve ser feito em nível, e se possível, com o mínimo de movimentação do solo. Também deve ser realizada calagem e a correção quanto a fertilidade para os Latossolos Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo. A locação de estradas e carregadores deve, preferencialmente, respeitar o contorno do terreno, cuidadas quanto ao controle das águas advindas de enxurradas, com os cuidados citados no nível de manejo 1.

- Manejo 3: abrange as terras na classe de capacidade de uso VI, tanto em áreas críticas como não críticas. São considerados com severas limitações por risco à erosão pelo fato de localizarem-se em declividades acentuadas, sendo que no caso do Podzólico Vermelho Amarelo, este risco é agravado por se tratar de um solo com textura média. Nesse caso, sugere-se que o preparo do solo seja realizada em nível, com a mínima movimentação do solo possível. Caso seja possível operacionalmente, o plantio em nível, através de coveamento, pode minimizar as perdas de solos por erosão. No caso do Podzólico Vermelho Amarelo, deve ser realizada a correção quanto a acidez e fertilidade. A locação de estradas e carregadores deve respeitar o contorno do terreno, e também deve ser realizado o controle das águas advindas de enxurradas, através das bacias de captação e canais escoadouros que conduzam a água até os cursos d'água existentes.

6. CONCLUSÕES

Considerando que são poucos os estudos quantitativos de erosão do solo em áreas de florestamento de eucalipto no Brasil, e que o solo constitui-se de um capital natural que deve ser conservado através de um uso e manejo sustentáveis, a EUPS mostrou-se como um instrumento bastante útil nas estimativas quantitativas de perda de solo, podendo então ser incorporado nas tomadas de decisões no processo de planejamento e gerenciamento da área de estudo.

No Estado de São Paulo, a monocultura de eucalipto, para fins comerciais, com o objetivo de reduzir o custo da madeira posto fábrica, vem expandindo-se por áreas anteriormente ocupadas por outros tipos de uso. A substituição desses usos, dependendo das características da classe de solo, pode vir a ser bastante impactante em termos de perda de solo. De maneira geral, o plantio de eucalipto em substituição aos diversos usos existentes na área acarretou as mesmas perdas que já vinha ocorrendo (figuras 9 e 19). A pastagem foi o uso que mostrou-se mais impactante. Isto pode ser explicado pelo fato deste uso ocupar declividades acentuadas em solos susceptíveis à erosão. Já numa segunda rotação, o impacto da perda de solo pelo florestamento de eucalipto diminuiu consideravelmente, chegando a níveis aceitáveis de tolerância.

Dentre as classes de solos estudadas, o Litossolo, o Cambissolo e o Podzólico Vermelho Amarelo, em declividades acentuadas, mostraram-se bastante restritivos quanto a perdas de solos. A utilização do Cambissolo e do Podzólico Vermelho amarelo deve ser condicionada a práticas especiais de conservação, de maneira que haja o mínimo de movimentação do solo. Nesse sentido, a implantação realizada no início dos meses de setembro a janeiro mostraram as maiores estimativas de perda de solo.

A manutenção dos restos culturais no campo, após a exploração, é de extrema importância na conservação do solo e da água, pois mantém o solo protegendo-o do impacto da chuva.

O talhamento proposto recomenda um aumento na densidade de estradas, bem como nas áreas de preservação permanente, que hoje limitam-se a alguns poucos fragmentos de vegetação nativa e quase nada de vegetação ciliar.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ALVES, D. S. Sistema de Informação Geográfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1, 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo - USP, 1991, p. 66 - 78.
- ANDRADE, G. C. Efeitos do reflorestamento e do desmatamento sobre a hidrologia, erosão de solo e fluxo de nutrientes em microbacias no semi-árido do Rio Grande do Norte. Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - ESALQ, USP, 1991.
- BACELLAR, A. A. A. et al. Estudo da erosão na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha - Município de Iracemápolis, utilizando um Sistema de Informação Geográfica. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, 1997. 37 p. (Relatório Final de Iniciação Científica). (Inédito)
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do Solo. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392p.
- CARMO, D.N. et al. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. (ed.). Relação Solo-Eucalipto. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.187-235.
- CARVALHO, G.M.B.S. et al. Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na identificação da erosão dos solos na Bacia do Rio Araçoiaba - CE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba. Anais... São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais, 1993.
- CAVALIERI, A. Erodibilidade do solo: avaliação por meio de propriedades físicas e químicas. Campinas: UNICAMP, 1994. 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola - Água e Solo), FEAGRI, UNICAMP, 1994.

- COSTA, L. M. & CARMO, D. N. Aspectos de manejo de solos em áreas de reflorestamento no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE FLORESTAS PLANTADAS NO NEOTRÓPICO COMO FONTE DE ENERGIA (1983:Viçosa). Anais... Viçosa: UFV, 1983. p.118 -132.
- COUTO, H. T. Z. & VETTORAZZI, C. A. A tecnologia do geoprocessamento para a Engenharia Florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1, 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo - USP, 1991. p. 204-208.
- DE LIMA, E.R.V. Mapa de risco de erosão do solo : uma abordagem usando sistema de informações geográficas e imagens orbitais. 140 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 1990.
- DE MARIA, I. C. Razão de perdas de solo para alguns sistemas de manejo da cultura de milho. Piracicaba: ESALQ/USP, 1995. 84 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrônômica – Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, 1995.
- DENARDIN, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, USP, 1995.
- DEPPE, F. Sistemas de informações geográficas (SIG) aplicados ao manejo e planejamento florestal. In: CONGRESSO E FEIRA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 3, 1997, Curitiba. GIS Brasil’ 97. [CD-ROM]. Curitiba: Fator GIS, 1997. 7p.
- DISSMEYER, G. E. & FOSTER, G. R. Estimating the cover-management (C) in the universal soil loss equation for forest conditions. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, v. 36, n. 4, p. 235 - 240, jul-aug/1981.
- _____. Modifying the universal soil loss equation for forest land. In: Soil Erosion and Conservation. Soil Conservation Society of America, 1985. p.480-95.

- DURAFLORES S/A. A conservação dos solos sob reflorestamentos. Revista da Madeira, Piracicaba, v.1, n.4, p. 18-19, 1992.
- EVANS, J. Soil and water aspects of forestation. In: Plantation Forestry in the Tropics. Local: Oxford University Press, 1982. p.96-114.
- FONSECA, S. M. Preparo de solo para implantação de florestas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1978. 30p. (Relatório técnico).
- FORMAGGIO, A. R. et al. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.16, n. 2, p. 249-256, mai – ago/1992.
- KLOCK, G. O. Some soil erosion effects on forest soil productivity. In: Determinants of soil loss tolerance. ASA Publication, Wiscosin, n. 45, p.53-66, 1982.
- LAMPARELLI, R. A. et al. GIS and remote sensing contribution to the agricultural environment planning at regional level in Brazil. In: CIGR WORLD CONGRESS AND AG ENG '94 CONFERENCE ON AGRICULTURAL ENGINEERING, 12, 1994, Milão. Anais... Milão: quem publicou. v. 1, p. 52-58.
- LEPSCH, I.F. et al. Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso. 4ª aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Erodibilidade de solos paulistas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. 12p. (Boletim Técnico 27)
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). Bragantia, Campinas, v.51, n.2, p. 189-196, 1992.
- LOMBARDI NETO, F. (Instituto Agrônomo de Campinas, São Paulo, Brasil - Comunicação Pessoal).

- LOPES ASSAD, M. L. L. Uso de um sistema de informações geográficas na determinação da aptidão agrícola das terras. Revista Brasileira da Ciência do Solo, Campinas, v. 19, n. 1, p.133-139, jan – abr/ 1995.
- MIDDLETON, H. E. Properties of soils wich influence soil erosion. Washington: USDA, 1930. 16 p. (Technical Bulletin, 176).
- OLIVEIRA, J. B. Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de Moji Mirim. São Paulo: IGC, 1992. Escala 1:100.000.
- PATRIC, J. H. Soil erosion in the eastern forest. Journal of Forestry, v.74, n.10, p. 671-677, october/ 1976.
- PONÇANO, W. L. & CHRISTOFOLETTI, A. Procedimentos estimativos para taxas de erosão pluvial em regiões tropicais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSAO, 4, 1987, Marília. Anais... Marília: ABGE/DAEE, 1987. p.263-286.
- RODRIGUES, M. Introdução ao Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1, 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo - USP, 1991. p.1-26.
- ROCHA, J.V. et al. Metodologia para determinação do fator comprimento de rampa (L) para a equação universal de perdas de solo. In: SIMPÓSIO DE USUÁRIOS IDRISI, 1, 1996, Campinas. Anais... Campinas: FEAGRI - UNICAMP, 1996. p. 3-6.
- _____. Avaliação da aptidão agrícola das terras e estudo de degradação do solo da quadrícula de Moji-Mirim para fins de planejamento agro-ambiental. Campinas: FEAGRI – UNICAMP, 1997. 59 p. (Relatório parcial, projeto de pesquisa). (Inédito)
- SANTOS, M. A. Avaliação de métodos de interpolação para geração de modelos digitais de elevação e sua influência na Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS). Campinas : FEAGRI - UNICAMP, 1997. 72 p. (Relatório Final de Iniciação Científica). (Inédito)

- SCOPEL, I. et al. Geração de mapas de erosão potencial com auxílio do sistema geográfico de informações (SGI) na bacia piloto de Campo do Tenente - PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1993. 267 - 272 p.
- SIMÕES, J. W. et al. Formação, manejo e exploração de florestas de rápido crescimento. Brasília: IBDF, 1981. 131 p.
- STEIN, D. P. Potencial de erosão laminar, natural e antrópica, na Bacia do Peixe - Parapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. Anais... Marília: ABGE/DAEE, 1987. p.105-135.
- TEIXEIRA, A. L.A. et al. Determinação das áreas de risco à erosão na Bacia do Córrego Monjolo Grande (SP), através do uso de um SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1, 1991, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica de São Paulo - USP, 1991, p. 300 - 307.
- TOMLINSON, R.F. Current and potential uses of geographical information systems the north american experience. International Journal of Geographical Information Systems, London and Washington, v. 1, n. 3, p.203-218, 1987.
- VALÉRIO FILHO, M. et al. Utilização de imagens TM/LANDSAT na caracterização de degradação do solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 4, 1987, Marília. Anais... Marília: ABGE/DAEE, 1987. p.73-91.
- VALERIO FILHO, M. Técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicados ao estudo integrado de bacias hidrográficas. In: PEREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Eds.). Solos altamente susceptíveis à erosão. Jaboticabal: FCAV/UNESP/SBCS, 1994. p.223-242.
- WISCHMEIER, W. H. The USLE: Some reflections. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, v. 39, n. 2, p. 105-106, march - april/1984.

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. Rainfall - erosion losses from cropland east of the rocky mountains : guide for selection of practices for soil and water conservation. Washington: USDA, 1965. 47 p. (Agriculture Handbook 282).

WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to a conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

ANEXOS

Anexo 1: Precipitação média mensal dos postos meteorológicos estudados.

Quadro A.1: Precipitação média mensal (média de 30 anos - 1961 a 1990) dos postos meteorológicos estudados.

Município	Precipitação Média (mm)												
	jul	ago	Set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	Anual
Espírito Sto. do Pinhal	32	43	67	148	173	274	242	224	182	83	58	44	1570
Moji - Mirim	39	42	64	137	110	276	269	197	178	84	70	51	1517
São João da Boa Vista	29	35	72	141	177	261	258	228	231	80	62	40	1614
Casa Branca	27	27	69	133	172	280	238	194	159	81	52	34	1466

Fonte: Rocha et al, 1997.

Anexo 2: Fator C para o uso e ocupação atual.

Tabela A.2.1: Fator C para cana de ano.

Operações	Data	EI acum.	EI período	R Perdas	C	C total
Preparo	1/ ago	0,83				
			0,0700	0,35	0,0245	
Plantio	15 / out	7,83				
			0,2576	0,23	0,0592	
2 meses	15 / dez	33,59				
			0,4062	0,37	0,1503	
4 meses	15 / fev	74,21				
			0,3014	0,10	0,0301	
1 corte	1 / out	104,35				
			0,9733	0,05	0,0487	
2 corte	1 / set	201,68				
			0,9835	0,01	0,0098	
3 corte	1 / jul	300,03				
			0,0080	0,01	0,0001	
Preparo	1 / ago	300,83				
		300,00	3			0,1076

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.2.2: Fator C para milho.

Operações	Data	EI acum.	EI período	R Perdas	C	C total
Preparo	15/ago	1,19				
			0,0664	0,23	0,0153	
Plantio	15/out	7,83				
			0,0947	0,30	0,0284	
1 mês	15/nov	17,30				
			0,1629	0,17	0,0277	
2 meses	15/dez	33,59				
			0,5362	0,06	0,0322	
Colheita	15/mar	87,21				0,1035
			0,1398	0,02	0,0028	
preparo	15/ago	101,19				0,1063

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.2.3: Fator C para soja.

Operações	Data	EI acum.	EI período	R Perdas	C	C total
preparo	15/ago	1,19				
			0,0664	0,35	0,0232	
plantio	15/out	7,83				
			0,0947	0,30	0,0284	
1 mês	15/nov	17,30				
			0,1629	0,20	0,0326	
2 meses	15/dez	33,59				
			0,5362	0,20	0,1072	
colheita	15/mar	87,21				0,1915
			0,1398	0,03	0,0042	
preparo	15/ago	101,19				0,1957

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.2.4: Fator C para Citros.

Operações	Data	EI acum.	EI per	R. Perdas	C	C total
Prenaro	1/out	4,35				
			0,1917	0,75	0,1438	
Plantio	1/dez	23,52				
			0,5836	0,72	0,4202	
3 meses	1/mar	81,88				
			0,1706	0,50	0,0853	
6 meses	1/jun	98,94				
			0,2458	0,35	0,0860	
1 ano	1/dez	123,52				0,7353
			1,0000	0,30	0,0300	
2 anos	1/dez	223,52				
			1,0000	0,24	0,2400	
3 anos	1/dez	323,52				
			1,0000	0,16	0,1600	
4 anos	1/dez	423,52				
			1,0000	0,11	0,1100	
5 anos	1/dez	523,52				
			1,0000	0,08	0,0800	
6 anos	1/dez	623,52				
			1,0000	0,08	0,0800	
7 anos	1/dez	723,52				
			1,0000	0,06	0,0600	
8 anos	1/dez	823,52				
			1,0000	0,06	0,0600	
9 anos	1/dez	923,52				
			1,0000	0,05	0,0500	
10 anos	1/dez	1023,52				
			1,0000	0,05	0,0500	
11 anos	1/dez	1123,52				
			1,0000	0,04	0,0400	
12 anos	1/dez	1223,52				
			1,0000	0,04	0,0400	
13 anos	1/dez	1323,52				
			1,0000	0,03	0,0300	
14 anos	1/dez	1423,52				
			1,0000	0,03	0,0300	
15 anos	1/dez	1523,52				
			1,0000	0,02	0,0200	
16 anos	1/dez	1623,52				
			1,0000	0,02	0,0200	
17 anos	1/dez	1723,52				
			1,0000	0,01	0,0100	

18 anos	1/dez	1823,52			
			1,0000	0,01	0,0100
19 anos	1/dez	1923,52			
			1,0000	0,01	0,0100
20 anos	1/dez	2023,52			
			1,0000	0,01	0,0100
21 anos	1/dez	2123,52			
			1,0000	0,01	0,0100
22 anos	1/dez	2223,52			
			1,0000	0,01	0,0100
23 anos	1/dez	2323,52			
			1,0000	0,01	0,0100
24 anos	1/dez	2423,52			
			0,8083	0,01	0,0081
25 anos	1/out	2504,35			
		2500,00	25,0000		
				2,1834	0,0873

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Anexo 3: Fator C para florestamento, com a implantação prevista para o início de cada mês

Tabela A.3.1: Fator C para a implantação do florestamento no início de janeiro.

Operações	Data	EI-acum	EI per	RP-bou	C-bou	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/jan	45,77							
			0,3611	0,24	0,0867	0,48	0,1733	0,90	0,3250
Plantio	1/mar	81,88							
			0,1706	0,18	0,0307	0,33	0,0563	0,57	0,0972
3 meses	1/Jun	98,94							
			0,0541	0,15	0,0081	0,25	0,0135	0,42	0,0227
7 meses	1/out	104,35							
			0,4142	0,12	0,0497	0,19	0,0787	0,28	0,1160
1 ano	1/jan	145,77							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/jan	245,77							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/jan	345,77							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/jan	445,77							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/jan	545,77							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/jan	645,77							
			0,7775	0,02	0,0156	0,04	0,0311	0,05	0,0389
Corte	1/dez	723,52							
			0,2225	0,02	0,0045	0,04	0,0089	0,05	0,0111
Preparo	1/jan	745,77							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0479		0,0860		0,1344

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.2: Fator C para a implantação do florestamento no início de fevereiro.

Operações	Data	EI acum.	EI per	RP-bou	C-bou	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/fev	66,36							
			0,2706	0,24	0,0649	0,48	0,1299	0,90	0,2435
Plantio	1/abr	93,42							
			0,0661	0,18	0,0119	0,33	0,0218	0,57	0,0377
3 meses	1/jul	100,03							
			0,1214	0,15	0,0182	0,25	0,0304	0,42	0,0510
7 meses	1/nov	112,17							
			0,5419	0,12	0,0650	0,19	0,1030	0,28	0,1517
1 ano	1/fev	166,36							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/fev	266,36							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/fev	366,36							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/fev	466,36							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/fev	566,36							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/fev	666,36							
			0,7941	0,02	0,0159	0,04	0,0318	0,05	0,0397
Corte	1/jan	745,77							
			0,2059	0,02	0,0041	0,04	0,0082	0,05	0,0103
Preparo	1/fev	766,36							
Tot. rot.		700	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0457		0,0807		0,1234

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.3: Fator C para a implantação do florestamento no início de março.

Operações	Data	EI acum	EI per	RP-bou	C-bou	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/mar	81,88							
			0,1499	0,24	0,0360	0,48	0,0720	0,90	0,1349
Plantio	1/mai	96,87							
			0,0396	0,18	0,0071	0,33	0,0131	0,57	0,0226
3 meses	1/ago	100,83							
			0,2269	0,15	0,0340	0,25	0,0567	0,42	0,0953
7 meses	1/dez	123,52							
			0,5836	0,12	0,0700	0,19	0,1109	0,28	0,1634
1 ano	1/mar	181,88							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/mar	281,88							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/mar	381,88							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/mar	481,88							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/mar	581,88							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/mar	681,88							
			0,8448	0,02	0,0169	0,04	0,0338	0,05	0,0422
Corte	1/fev	766,36							
			0,1552	0,02	0,0031	0,04	0,0062	0,05	0,0078
Preparo	1/mar	781,88							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0439		0,0761		0,1137

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.4: Fator C para a implantação do florestamento no início de abril.

Operações	Data	EI acum	EI per	RP-bou	C-bou	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/abr	93,42							
			0,0552	0,24	0,0132	0,48	0,0265	0,90	0,0497
Plantio	1/jun	98,94							
			0,0274	0,18	0,0049	0,33	0,0090	0,57	0,0156
3 meses	1/set	101,68							
			0,4409	0,15	0,0661	0,25	0,1102	0,42	0,1852
7 meses	1/jan	145,77							
			0,4765	0,12	0,0572	0,19	0,0905	0,28	0,1334
1 ano	1/abr	193,42							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/abr	293,42							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/abr	393,42							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/abr	493,42							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/abr	593,42							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/abr	693,42							
			0,8846	0,02	0,0177	0,04	0,0354	0,05	0,0442
Corte	1/mar	781,88							
			0,1154	0,02	0,0023	0,04	0,0046	0,05	0,0058
Preparo	1/abr	793,42							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0431		0,0738		0,1091

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.5: Fator C para a implantação do florestamento no início de maio.

Operações	Data	El acum	El per	RP-boa	C-boa	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/mai	96,87							
			0,0316	0,24	0,0076	0,48	0,0152	0,90	0,0284
Plantio	1/jul	100,03							
			0,0432	0,18	0,0078	0,33	0,0143	0,57	0,0246
3 meses	1/out	104,35							
			0,6201	0,15	0,0930	0,25	0,1550	0,42	0,2604
7 meses	1/fev	166,36							
			0,3051	0,12	0,0366	0,19	0,0580	0,28	0,0854
1 ano	1/mai	196,87							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/mai	296,87							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/mai	396,87							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/mai	496,87							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/mai	596,87							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/mai	696,87							
			0,9655	0,02	0,0193	0,04	0,0386	0,05	0,0483
Corte	1/abr	793,42							
			0,0345	0,02	0,0007	0,04	0,0014	0,05	0,0017
Preparo	1/mai	796,87							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0436		0,0746		0,1113

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.6: Fator C para a implantação do florestamento no início de junho.

Operações	Data	El acum	El per	RP-boia	C-boia	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/jun	98,94							
			0,0189	0,24	0,0045	0,48	0,0091	0,90	0,0170
Plantio	1/ago	100,83							
			0,1134	0,18	0,0204	0,33	0,0374	0,57	0,0646
3 meses	1/nov	112,17							
			0,6971	0,15	0,1046	0,25	0,1743	0,42	0,2928
7 meses	1/mar	181,88							
			0,1706	0,12	0,0205	0,19	0,0324	0,28	0,0478
1 ano	1/jun	198,94							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/jun	298,94							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/jun	398,94							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/jun	498,94							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/jun	598,94							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/jun	698,94							
			0,9793	0,02	0,0196	0,04	0,0392	0,05	0,0490
Corte	1/mai	796,87							
			0,0207	0,02	0,0004	0,04	0,0008	0,05	0,0010
Preparo	1/jun	798,94							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0443		0,0762		0,1146

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.7: Fator C para a implantação do florestamento no início de julho.

Operações	Data	El acum	El per	RP-boia	C-boia	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/jul	0,11							
			0,0576	0,24	0,0138	0,48	0,0276	0,90	0,0518
Plantio	1/set	5,87							
			0,1952	0,18	0,0351	0,33	0,0644	0,57	0,1113
3 meses	1/dez	25,39							
			0,5935	0,15	0,0890	0,25	0,1484	0,42	0,2493
7 meses	1/abr	84,74							
			0,1537	0,12	0,0184	0,19	0,0292	0,28	0,0430
1 ano	1/jul	100,11							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/jul	200,11							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/jul	300,11							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/jul	400,11							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/jul	500,11							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/jul	600,11							
			0,9651	0,02	0,0193	0,04	0,0386	0,05	0,0483
Corte	1/jun	696,62							
			0,0349	0,02	0,0007	0,04	0,0014	0,05	0,0017
Preparo	1/jul	700,11							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação				0,0452			0,0785		0,1193

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.8: Fator C para a implantação do florestamento no início de agosto.

Operações	Data	EI acum	EI per	RP-boa	C-boa	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/ago	0,83							
			0,0352	0,24	0,0084	0,48	0,0169	0,90	0,0317
Plantio	1/out	4,35							
			0,4142	0,18	0,0746	0,33	0,1367	0,57	0,2361
3 meses	1/jan	45,77							
			0,3611	0,15	0,0542	0,25	0,0903	0,42	0,1517
7 meses	1/mai	81,88							
			0,1895	0,12	0,0227	0,19	0,0360	0,28	0,0531
1 ano	1/ago	100,83							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/ago	200,83							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/ago	300,83							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/ago	400,83							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/ago	500,83							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/ago	600,83							
			0,9920	0,02	0,0198	0,04	0,0397	0,05	0,0496
Corte	1/jul	700,03							
			0,0080	0,02	0,0002	0,04	0,0003	0,05	0,0004
Preparo	1/ago	700,83							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0457		0,0800		0,1218

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.9: Fator C para a implantação do florestamento no início de setembro.

Operações	Data	El acum	El per	RP-bou	C-bou	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/set	1,68							
			0,1049	0,24	0,0252	0,48	0,0504	0,90	0,0944
Plantio	1/nov	12,17							
			0,5419	0,18	0,0975	0,33	0,1788	0,57	0,3089
3 meses	1/fev	66,36							
			0,3258	0,15	0,0489	0,25	0,0815	0,42	0,1368
7 meses	1/jun	98,94							
			0,0274	0,12	0,0033	0,19	0,0052	0,28	0,0077
1 ano	1/jset	101,68							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/set	201,68							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/set	301,68							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/set	401,68							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/set	501,68							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/set	601,68							
			0,9915	0,02	0,0198	0,04	0,0397	0,05	0,0496
Corte	1/ago	700,83							
			0,0085	0,02	0,0002	0,04	0,0003	0,05	0,0004
Preparo	1/set	701,68							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0478		0,0851		0,1325

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.10: Fator C para a implantação do florestamento no início de outubro.

Operações	Data	EI acum	EI per	RP-bou	C-bou	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/out	4,35							
			0,1917	0,24	0,0460	0,48	0,0920	0,90	0,1725
Plantio	1/dez	23,52							
			0,5836	0,18	0,1050	0,33	0,1926	0,57	0,3327
3 meses	1/mar	81,88							
			0,1815	0,15	0,0272	0,25	0,0454	0,42	0,0762
7 meses	1/jul	100,03							
			0,0432	0,12	0,0052	0,19	0,0082	0,28	0,0121
1 ano	1/out	104,35							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/out	204,35							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/out	304,35							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/out	404,35							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/out	504,35							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/out	604,35							
			0,9733	0,02	0,0195	0,04	0,0389	0,05	0,0487
Corte	1/set	701,68							
			0,0267	0,02	0,0005	0,04	0,0011	0,05	0,0013
Preparo	1/out	704,35							
Total		700	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0491		0,0883		0,1391

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.11: Fator C para a implantação do florestamento no início de novembro.

Operações	Data	El acum	El per	RP-bou	C-bou	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/nov	12,17							
			0,3360	0,24	0,0806	0,48	0,1613	0,90	0,3024
Plantio	1/jan	45,77							
			0,4765	0,18	0,0858	0,33	0,1572	0,57	0,2716
3 meses	1/abr	93,42							
			0,0741	0,15	0,0111	0,25	0,0185	0,42	0,0311
7 meses	1/ago	100,83							
			0,1134	0,12	0,0136	0,19	0,0215	0,28	0,0318
1 ano	1/nov	112,17							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/nov	212,17							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/nov	312,17							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/nov	412,17							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/nov	512,17							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/nov	612,17							
			0,9218	0,02	0,0184	0,04	0,0369	0,05	0,0461
Corte	1/out	704,35							
			0,0782	0,02	0,0016	0,04	0,0031	0,05	0,0039
Preparo	1/nov	712,17							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0502		0,0912		0,1453

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Tabela A.3.12: Fator C para a implantação do florestamento no início de dezembro.

Operações	Data	EI acum	EI per	RP-boia	C-boia	RP-md	C-md	RP-má	C-má
Preparo	1/dez	23,52							
			0,4284	0,24	0,1028	0,48	0,2056	0,90	0,3856
Plantio	1/fev	66,36							
			0,3051	0,18	0,0549	0,33	0,1007	0,57	0,1739
3 meses	1/mai	96,87							
			0,0481	0,15	0,0072	0,25	0,0120	0,42	0,0202
7 meses	1/set	101,68							
			0,2184	0,12	0,0262	0,19	0,0415	0,28	0,0612
1 ano	1/dez	123,52							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
2 anos	1/dez	223,52							
			1,0000	0,04	0,0400	0,06	0,0600	0,09	0,0900
3 anos	1/dez	323,52							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
4 anos	1/dez	423,52							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
5 anos	1/dez	523,52							
			1,0000	0,02	0,0200	0,04	0,0400	0,05	0,0500
6 anos	1/dez	623,52							
			0,8865	0,02	0,0177	0,04	0,0355	0,05	0,0443
Corte	1/nov	712,17							
			0,1135	0,02	0,0023	0,04	0,0045	0,05	0,0057
Preparo	1/dez	723,52							
Tot. rot.		700,00	7						
Valor médio anual de C para a rotação					0,0502		0,0914		0,1458

Fonte: Lombardi Neto, 1998 (comunicação pessoal)

Anexo 4 - Perdas médias de solo (t/ha) para uso atual.

Tabela A.4.1: Perdas médias de solos (t/ha) para uso e ocupação atual.

Classes de Uso	Área (ha)	Perdas médias de solo (t/ha)
Florestamento	611,83	4,46
Veg. Nativa	89,31	0,50
Cana-de-açúcar	502,39	10,66
<i>Citros</i>	77,44	5,24
Pastagem	769,25	1,13
Soja	88,14	12,02
Milho	17,49	8,43

Tabela A.4.2: Estimativa média de perdas de solo (t/ha) para uso atual por cultura por tipo de solo.

Categoria	Área (ha)	Perdas médias de solo (t/ha)
Latossolo Roxo		
Florestamento	39,31	2,31
Cana-de-açúcar	37,24	8,69
Pastagem	12,84	0,60
Latossolo Vermelho Escuro		
Florestamento	61,77	3,37
Cana-de-açúcar	24,13	5,19
Pastagem	76,75	1,24
Latossolo Vermelho Amarelo (textura argilosa)		
Florestamento	7,74	2,76
Pastagem	1,48	0,72
Latossolo Vermelho Amarelo (textura média)		
Florestamento	59,33	2,28
Cana-de-açúcar	192,69	3,47
Citros	70,56	3,60
Pastagem	167,52	0,43
Soja	80,44	11,32
Milho	12	4,81
Podzólico Vermelho Amarelo		
Florestamento	391,45	4,91
Cana-de-açúcar	244,62	16,65
Pastagem	417,15	1,38
Soja	7,7	19,36
Milho	4,08	17,34
Terra Roxa Estruturada		
Pastagem	414,27	2,08
Cambissolo		
Florestamento	10,09	6,68
Citros	52,19	22,49
Pastagem	6,43	1,94
Milho	1,43	13,45
Litossolo		
Pastagem	59,29	9,20
Cana-de-açúcar	1,54	105,72

Anexo 5 - Perdas médias de solo (t/ha) por uso atual, para cada classe de solo, no decorrer do ano.

Tabela A.5.1: Estimativa de perdas médias de solo (t/ha) para a substituição da ocupação atual por florestamento de eucalipto, no decorrer do ano.

Categoria	Área (ha)	Janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Florestamento	611,83	4,25	4,06	3,90	3,83	3,87	3,93	4,01	4,01	4,24	4,36	4,46	4,46
Cana-de-açúcar	502,39	13,31	12,22	11,26	10,80	11,02	11,35	11,81	12,06	13,12	13,78	14,39	14,44
Citros	77,44	5,16	4,84	4,57	4,43	4,48	4,57	4,71	4,80	5,11	5,30	5,48	5,49
Pastagem	769,25	11,06	11,79	10,43	10,11	10,22	10,44	10,76	10,96	11,66	12,16	12,50	12,53
Soja	88,14	8,25	7,58	6,98	6,70	6,84	7,04	7,33	7,48	8,14	8,54	8,92	8,95
Milho	17,49	10,66	9,79	9,02	8,66	8,83	9,09	9,46	9,66	10,51	11,04	11,53	11,57

Tabela A.5.2: Estimativa média de perdas de solo (t/ha) para cada classe de solo, com a substituição da ocupação atual por florestamento de eucalipto, no decorrer do ano.

Categoria	Área (ha)	Janeiro	fevereiro	março	abril	maio	Junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Latossolo Roxo													
Refloresta- mento	39,31	2,21	2,11	2,03	1,99	2,01	2,05	2,09	2,11	2,21	2,27	2,32	2,32
Cana-de- açúcar	37,24	10,86	9,97	9,19	8,81	8,99	9,26	9,64	9,84	10,70	11,24	11,74	11,78
Pastagem	12,84	5,18	4,86	4,59	4,45	4,50	4,59	4,73	4,82	5,13	5,32	5,50	5,51
Latossolo Vermelho Escuro													
Refloresta- mento	61,77	3,22	3,07	2,95	2,89	2,93	2,97	3,04	3,07	3,21	3,30	3,37	3,37
Cana-de- açúcar	24,13	6,48	5,95	5,48	5,26	5,37	5,53	5,75	5,88	6,39	6,71	7,01	7,03
Pastagem	76,75	10,65	10,00	9,43	9,14	9,24	9,44	9,72	9,91	10,54	10,94	11,30	11,32
Latossolo Vermelho Amarelo (textura argilosa)													
Refloresta- mento	7,74	2,64	2,52	2,42	2,37	2,40	2,44	2,49	2,52	2,63	2,70	2,76	2,76
Pastagem	1,48	6,15	5,78	5,45	5,28	5,34	5,45	5,62	5,73	6,09	6,32	6,53	6,54
Latossolo Vermelho Amarelo (textura média)													
Refloresta- mento	59,34	2,18	2,08	2,00	1,96	1,98	2,02	2,06	2,08	2,18	2,23	2,28	2,28
Cana-de- açúcar	192,69	4,33	3,98	3,66	3,52	3,59	3,69	3,85	3,93	4,27	4,48	4,68	4,70
Citricultura	70,56	3,55	3,33	3,14	3,04	3,08	3,14	3,24	3,30	3,51	3,64	3,76	3,77

Pastagem	167,52	3,71	3,48	3,28	3,18	3,22	3,29	3,39	3,45	3,67	3,81	3,93	3,94
Soja	80,44	7,77	7,14	6,58	6,31	6,44	6,63	6,90	7,04	7,66	8,04	8,40	8,43
Milho	12,00	6,08	5,58	5,14	4,93	5,03	5,18	5,39	5,51	5,99	6,29	6,57	6,59
Podzólico Vermelho Amarelo													
Refloresta- mento	391,45	4,68	4,47	4,29	4,21	4,26	4,33	4,42	4,47	4,67	4,80	4,91	4,91
Cana-de- açúcar	244,62	20,80	19,10	17,60	16,89	17,23	17,74	18,47	18,85	20,51	21,53	22,49	22,57
Pastagem	417,16	11,88	11,14	10,51	10,19	10,30	10,52	10,84	11,05	11,75	12,19	12,59	12,62
Soja	7,70	13,30	12,21	11,25	10,79	11,01	11,34	11,80	12,05	13,11	13,76	14,38	14,43
Milho	4,08	21,92	20,13	18,55	17,80	18,16	18,69	19,46	19,87	21,61	22,69	23,70	23,78
Terra Roxa Estruturada													
Pastagem	10,09	17,88	16,78	15,82	15,34	15,51	15,84	16,32	16,63	17,69	18,36	18,96	19,00
Cambissolo													
Refloresta- mento	52,19	6,38	6,08	5,84	5,74	5,80	5,90	6,02	6,08	6,36	6,53	6,68	6,68
Citricultura	6,52	22,15	20,79	19,60	19,01	19,22	19,63	20,22	20,61	21,92	22,75	23,49	23,55
Pastagem	6,43	16,68	15,66	14,76	14,32	14,47	14,78	15,23	15,52	16,51	17,13	17,69	17,73
Milho	1,43	17,00	15,61	14,38	13,80	14,08	14,50	15,09	15,41	16,76	17,60	18,38	18,44
Litossolo													
Pastagem	59,29	79,12	74,24	70,01	67,90	68,63	70,10	72,22	73,60	78,29	81,23	83,90	84,09