



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
"CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL"

**EFICÁCIA DE RESÍDUOS VEGETAIS DE PODAS DE
PRAÇAS E RUAS USADOS COMO COBERTURA MORTA
NO CONTROLE DA EROSÃO HÍDRICA**

ALEXANDRE MARCO DA SILVA

Dissertação apresentada à Escola de
Engenharia de São Carlos, da Universidade
de São Paulo, como parte dos requisitos
para obtenção do título de mestre em
Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: prof. Dr. Harry E. Schulz.

DEDALUS - Acervo - EESC



31100016792



SÃO CARLOS
- 1997 -

Class.	TEEC EESC
Cutt.	5497
Tombo	TOS/97

Área: Ciências da Engenharia Ambiental

31100016492

st 0746956

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento
da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

S586e

Silva, Alexandre Marco da
Eficácia de resíduos vegetais de podas de praças
e ruas usados como cobertura morta no controle da
erosão hídrica / Alexandre Marco da Silva. -- São
Carlos, 1997.

Dissertação (Mestrado). -- Escola de Engenharia
de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1997.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Harry E. Schulz.

1. Resíduos vegetais urbanos. 2. Erosão. 3.
Conservação do solo. 4. Cobertura vegetal morta.
I. Título

FOLHA DE APROVAÇÃO

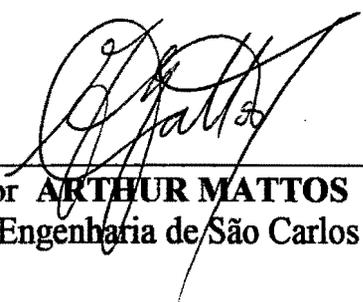
Dissertação defendida e aprovada em 28-01-1997
pela Comissão Julgadora:



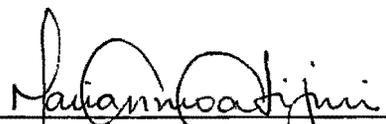
Prof. Dr. **HARRY EDMAR SCHULZ (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



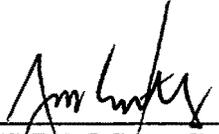
Doutor **ODO MARIA ARTUR SIEGMUND PEDRO RUDOLFO BARÃO PRIMAVESI**
(EMBRAPA - São Carlos, SP)



Prof. Doutor **ARTHUR MATTOS**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)



Prof. Dra. **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Coordenadora da Área de Ciências da Engenharia Ambiental



JOSE CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

*Para meus pais:
que nem sempre me entendem,
mas sempre me compreendem.*

Dedico . . .

AGRADECIMENTOS

Ao amigo e orientador prof. Dr. Harry Edmar Schulz, pela oportunidade de trabalho concedida, disposição, paciência e discussões ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho.

Ao grande prof. Dr. Fazal H. Chaudry, pela inestimável ajuda em momentos extremamente delicados ao longo do curso.

Ao pessoal dos diversos setores do C.R.H.E.A., pelos serviços prestados, dados fornecidos, ajudas de laboratório, entre outros “quebra-galhos”.

Aos funcionários dos diversos setores da Prefeitura Municipal de São Carlos-SP (Limpeza Urbana, Assessoria e Planejamento, Horta Municipal, Oficina Mecânica), pelo material vegetal triturado cedido, bem como diversas informações, dados e dicas.

Ao pessoal da “Orquestra Sinfônica de Limeira” pela oportunidade oferecida de integrar este grande grupo e praticar aquilo que eu chamaria de “futebol de domingo” (ensaios, concertos e atividades afins que eliminavam o *stress* da vida acadêmica).

Aos colegas da turma de mestrado (“BROA-94”), pelas festas, sugestões, trabalhos em grupos nas disciplinas, e pela convivência.

A todos que contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

• SUMÁRIO:

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE ANEXOS.....	v
RESUMO.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	viii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - OBJETIVOS.....	3
2.1 - Ensaio sobre controle de erosão.....	3
2.2 - Proposta de estruturação de informações que auxiliem no gerenciamento do sistema de poda, coleta, tratamento e destino dos resíduos vegetais da zona urbana para a zona rural de um município.....	3
3 - REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 - Gerenciamento, disposição e características dos resíduos sólidos urbanos.....	4
3.1.1. - Os resíduos sólidos.....	4
3.1.2. - Os resíduos sólidos vegetais ou “lixo-verde”.....	6
3.2. - Exploração, depauperamento e conservação do solo.....	11
3.2.1. - A exploração do recurso natural “solo”.....	11
3.2.2. - A erosão do solo.....	13
3.2.3. - Conservação e práticas conservacionistas.....	24

3.2.3.1 - A prática da cobertura vegetal morta: Da barreira contra o impacto da água da chuva à fonte de matéria orgânica para o solo.....	27
3.3 - Utilização do “lixo-verde” para fins de conservação do solo.....	37
4 - JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	44
5 - MATERIAL E MÉTODOS.....	45
5.1 - Localização da área e características ambientais da área do experimento.....	45
5.1.1. - Localização da área.....	45
5.1.2 - Geologia, geomorfologia e solos da área.....	45
5.1.3 - Clima.....	47
5.2. - Procedimentos.....	47
5.2.1. - Aquisição do material vegetal	47
5.2.2 - Obtenção do grau de declividade da área do experimento.....	48
5.2.3 - Descrição da estruturação e montagem do experimento.....	48
5.3. - Análises, quantificações e determinações realizadas.....	51
5.3.1 - Análise do número de eventos chuvosos e avaliação da erosividade das ocorrências chuvosas na região durante o experimento.....	51
5.3.2 - Análise química do solo.....	53
5.3.3 - Análises físicas.....	54
5.3.3.1 - Cor, textura e erodibilidade do solo.....	54
5.3.3.2 - Umidade.....	55
5.3.3.3 - Temperatura.....	55
5.3.4 - Quantificação do material salpicado para cada evento chuvoso.....	56

5.3.5 - Análise química do material vegetal.....	57
5.3.6 - Determinação da porcentagem de cobertura proporcionada à superfície do solo pelo “lixo-verde” triturado ao longo do tempo.....	58
5.3.7 - Perdas de solo e água.....	59
5.3.8. - Análise de parâmetros físicos e químicos da água do escoamento superficial.....	59
5.3.8.1. - pH.....	60
5.3.8.2. - Material em Suspensão.....	60
5.3.8.3. - Nitrato	61
5.3.8.4 - Íon amônio	61
5.4 - Análise estatística.....	62
5.5 - Desenvolvimento de subsídios para auxílio no gerenciamento de resíduos originados nas atividades de podas em praças públicas, residências e outras áreas (jardins de fábricas, clubes, entre outros estabelecimentos).....	63
6 - RESULTADOS.....	64
6.1 - Parte experimental.....	64
6.1.1 - Características das ocorrências de chuva durante o período do experimento.....	64
6.1.2 - Variáveis do solo.....	66
6.1.2.1 - Química.....	66
6.1.2.2. - Cor, textura e erodibilidade do solo.....	68
6.1.2.3. - Umidade.....	69
6.1.2.4 - Temperatura do solo.....	73
6.1.3 - Quantificação do material salpicado.....	76

6.1.4 - Química vegetal.....	78
6.1.5 - Índice de decaimento da porcentagem de cobertura vegetal sobre o solo.....	79
6.1.6 - Perdas de solo e água.....	81
6.1.6.1 - Perdas de solo.....	81
6.1.6.2 - Perda de água.....	83
6.1.7 - Parâmetros físico-químicos da água do escoamento superficial.....	85
6.1.7.1- pH.....	85
6.1.7.2 - Material em suspensão.....	86
6.1.7.3. - Nitrato.....	89
6.1.7.4 - Amônio.....	91
6.1.8 - Análise estatística.....	92
6.2 - Parte de levantamento de dados para desenvolvimento de subsídios do programa de gerenciamento do “lixo-verde” em áreas urbanas.....	93
6.2.1 - Características gerais, urbanas e rurais que podem influenciar na produção e gerenciamento dos resíduos vegetais.....	93
6.2.2 - Características operacionais que podem influenciar na produção e gerenciamento dos resíduos vegetais	101
7 - DISCUSSÃO.....	104
8 - CONCLUSÕES.....	131
9 - RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS.....	133
10 - BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA E CONSULTADA.....	137
11 - ANEXOS.....	146

FIGURA 6.6 - Médias de temperatura do horário 13:00 para as parcelas na condição de controle e para as parcelas na condição de tratamento.....	74
FIGURA 6.7 - Médias de temperatura do horário 15:15 para as parcelas na condição de controle e para as parcelas na condição de tratamento.....	74
FIGURA 6.8 - Curvas de decaimento obtidas para cada parcela.....	79
FIGURA 6.9 - Traçado resultante com as médias calculadas entre as três parcelas para cada período.....	80
FIGURA 6.10 - Valores médios de pH obtidos para as condições tratamento e controle para cada evento chuvoso que ocasionou escoamento superficial.....	86
FIGURA 6.11 - Concentração total (fixos + orgânicos) de material em suspensão para cada coleta	87
FIGURA 6.12 - Concentrações de material em suspensão para as parcelas da condição tratamento (fixos + orgânicos).....	89
FIGURA 6.13 - Concentrações de material em suspensão para as parcelas da condição controle (fixos + orgânicos).....	89
FIGURA 6.14 - Concentrações de NO_3^- para cada dia de coleta para ambas as condições experimentais.....	90
FIGURA 6.15 - Concentrações de NH_4^+ para cada dia de coleta para ambas as condições experimentais.....	91
FIGURA 6.16 - Área total do município de São Carlos onde está inserida a área urbana.....	98
FIGURA 6.17 - Carta de potencial à erosão obtida para a região periférica da área urbana de São Carlos-SP.....	99

• LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 2.1 - Foto mostrando simultaneamente o modo comum de disposição do “lixo-verde” em áreas urbanas, e início de sulcos na superfície do solo.....21
- FIGURA 2.2 - Relação da porcentagem de cobertura do solo com a quantidade de resíduos culturais obtida por LOPES *et al.*28
- FIGURA 2.3 - Dinâmica da mobilização e imobilização do nitrogênio, durante a mineralização do resíduo.....35
- FIGURA 5.1 - Fotografia mostrando a picadeira utilizada para a trituração do material vegetal originado nas atividades de podas de jardins e praças públicas.....49
- FIGURA 5.2 - Fotografia mostrando duas das seis parcelas montadas no C.R.H.E.A. para a realização do experimento, uma sendo controle e outra com a cobertura vegetal morta sobre a superfície do solo.....50
- FIGURA 5.3 - Fotografia mostrando o detalhe dos coletores feitos por ETTLIN & STEWART (1993) e confeccionados de forma semelhante para o presente trabalho.....50
- FIGURA 5.4 - Esquema (vista lateral) ilustrando o procedimento adotado para quantificar-se o nível de salpicamento (em gramas de peso seco) em solos com superfície com cobertura e sem cobertura - dimensões citadas no texto.....56
- FIGURA 6.1 - Relação, em %, dos componentes da textura do solo.....68
- FIGURA 6.2 - Médias de % de umidade do solo para as parcelas na condição de controle e para as parcelas na condição de tratamento.....70
- FIGURA 6.3 - Diferenças observadas entre as médias de porcentagem de umidade das duas condições experimentais, para cada dia de coleta.....71
- FIGURA 6.4 - Comparação entre o comportamento da umidade do solo e a frequência de chuvas.....72
- FIGURA 6.5 - Médias de temperatura do horário 8:30 para as parcelas na condição de controle e para as parcelas na condição de tratamento.....73

• LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Composição do lixo em São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Manaus (AM) e St. Louis (E.U.A.).....	05
TABELA 2.2 - Usinas de compostagem instaladas no Brasil.....	10
TABELA 2.3 - Conteúdo de nutrientes na biomassa arbórea (peso seco) em árvores de <i>Eucalyptus saligna</i> com 8 anos.....	12
TABELA 2.4 - Variação de perdas de solo pela erosão em função do uso da terra.....	14
TABELA 2.5 - Nutrientes perdidos pela erosão e retirado pela cultura do algodão, em kg/ha.....	15
TABELA 2.6 - Comparação de preços de nutrientes (N, P e K) entre um estado brasileiro e um estado americano no período entre 1966 -1967.....	16
TABELA 2.7 - Efeito da adição de matéria orgânica na cultura da laranja.....	30
TABELA 2.8 - Equivalência em adubos comerciais de material orgânico além do efeito sobre o solo.....	31
TABELA 2.9 - Porcentagem de Matéria Orgânica e relação C/N de alguns restos vegetais de interesse como matéria-prima a serem empregados como adubo orgânico.....	33
TABELA 2.10 - Generalizações sobre as relações carbono por unidade de N, P e S, na matéria orgânica, e disponibilidade de nutrientes no solo.....	34
TABELA 2.11 - Resultados dos testes de controle de erosão em função do tipo de material utilizado.....	39
TABELA 5.1 - Classe, subclasse e processos erosivos com probabilidade de ocorrência na área de estudo conforme as características morfopedológicas da região.....	46

TABELA 6.1 - Características da chuva no local durante o período do experimento.....	65
TABELA 6.2 - Resultados da análise química do solo.....	67
TABELA 6.3 - Quantificação de material salpicado (em gramas de peso seco) para cada evento chuvoso.....	77
TABELA 6.4 - Valores obtidos na análise química vegetal com as amostras coletadas antes e após o período do experimento.....	78
TABELA 6.5 - Quantidade de solo perdido (t./ha.) para cada coleta.....	82
TABELA 6.6 - Perdas mensais e total de solo (em t/ha).....	83
TABELA 6.7 - Perdas de água (em mm) para as condições experimentais.....	84
TABELA 6.8 - Valores de material em suspensão (minerais e orgânicos), obtidos para cada evento chuvoso e para cada condição experimental.....	88
TABELA 6.9 - Valores de r (coeficiente de correlação de Spearman) encontrados.....	92
TABELA 6.10 - Características gerais, urbanas e rurais que podem influenciar na produção e gerenciamento dos resíduos vegetais e números quantificados para a cidade de São Carlos-SP.....	95
TABELA 6.11 - Lista de espécies vegetais das quais são produzidas mudas para o programa de arborização da área urbana do município de São Carlos.....	100
TABELA 6.12 - Características operacionais que podem influenciar na produção e gerenciamento dos resíduos vegetais e números quantificados para a cidade de São Carlos - SP.....	103
TABELA 7.1 - Porcentagem do valor médio anual do índice de erosão que ocorre entre 1º de julho e as datas indicadas, calculado para a região onde está inserida a área do experimento.....	104

• LISTA DE ANEXOS:

ANEXO 1 - Valores sobre as características das chuvas para o cálculo da erosividade.....	147
ANEXO 2 - Porcentagens de umidade.....	161
ANEXO 3 - Temperatura do solo.....	163
ANEXO 4 - Índice de Salpicamento.....	175
ANEXO 5 - Porcentagens das áreas com material vegetal obtidas nas fotografias.....	176
ANEXO 6 - Volume e peso de sedimento do escoamento superficial.....	177
ANEXO 7 - Valores de pH das amostras de água.....	179
ANEXO 8 - Concentrações obtidas de nitrato e amônio.....	180
ANEXO 9 - Fotografias.....	181

• RESUMO

SILVA, A. M da - *Eficácia de resíduos vegetais de podas de praças e ruas usados como cobertura morta no controle da erosão hídrica*. São Carlos, 1997. 183 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

O problema da acumulação de resíduos em locais inadequados vem crescendo a cada dia; ao mesmo tempo que vem se agravando os problemas de erosão em todas as partes do mundo, sempre exigindo orçamentos muito onerosos para sua recuperação. Contudo, vários tipos de resíduos podem ser aproveitados na proteção do solo contra o impacto direto das gotas de chuva, além de simultaneamente servirem como fertilizante orgânico para diversos tipos de culturas. Um tipo de resíduo que se enquadra nestas características é aquele originado nas atividades de podas de praças, ruas e limpeza de terrenos baldios, comum em municípios de qualquer porte e sempre permanecendo esquecido principalmente nas regiões periféricas do perímetro urbano.

O objetivo do trabalho consistiu em avaliar o potencial de amenização do poder erosivo da água da chuva utilizando-se como cobertura morta o lixo originado a partir de restos de podas de jardins e praças públicas, bem como levantar variáveis das quais é importante ter conhecimento caso se opte colocar em prática a atividade de aproveitar este tipo de resíduo.

O experimento consistiu no uso de seis parcelas medindo 3,30 m de largura por 13,20 m de comprimento, com declividade média de 6,85%, onde em cada parcela conectou-se coletores para armazenar a água e o sedimento transportados. Em três parcelas não se colocou nenhum material e

em cada uma das outras três restantes colocou-se cerca de 23 kg de material vegetal fresco triturado. As coletas foram realizadas após os eventos chuvosos que proporcionaram escoamento superficial e perda de solo, entre os meses de janeiro e março de 1996.

Foram quantificadas variáveis referentes ao processo erosivo, bem como a temperatura, umidade e alterações químicas ocorrentes no solo e no material vegetal ao longo do período do trabalho.

Para a segunda parte do trabalho, procurou-se fazer um levantamento de características potencialmente importantes para o gerenciamento da atividade de aproveitamento dos resíduos através principalmente de pesquisas bibliográficas e como ilustração procurou-se encontrar os valores numéricos de algumas destas variáveis para o município de São Carlos-SP.

Os resultados mostraram principalmente que a administração deste tipo de material não causou impacto negativo no solo, e sim que a presença da cobertura morta proporcionada pelo material contribuiu para a amenização de algumas das etapas do processo erosivo, bem como numa sensível amenização da temperatura do solo e também na conservação da umidade.

Das variáveis levantadas consideradas importantes para a otimização da atividade, algumas mostraram ser de fácil acesso e conhecimento, porém outras requerem algum tempo de levantamento e certo esforço para viabilizar dados confiáveis que contribuiriam decisivamente no sucesso da implantação da atividade em termos de otimização econômica do processo.

PALAVRAS-CHAVE: resíduos vegetais urbanos, erosão, conservação do solo, cobertura vegetal morta.

• *ABSTRACT:*

SILVA, A. M da - *Effectiveness of yard debris as mulch cover on water erosion control*. São Carlos, 1997. 183p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Waste accumulation in inappropriate places is a problem which is increasing in all the world. To reduce the amount of waste, researchers try the question: what amount of this material is really waste, and what amount can be reused? This question induces to another one: where can we reuse some “waste”?

An answer may be on soil conservation. Also erosion problems are increasing in all the world and concentrating the attention of researchers. It is perhaps possible to study jointly both problems and to find a way to solve them, at least partially. Many types of urban solid waste have characteristics which show that they can be a good option for reduction of soil losses and for organic fertilization. Yard debris are a good example of such “wastes”, being very common in any Brazilian cities.

The aim of this study is to evaluate the contribution of yard debris in reducing soil losses when used as mulch on the soil surface. For the experimental studies, six plots were constructed, each with 3,30 m width, 13,20 m length and slope of 6,85%. Each plot was connected to buckets to stock runoff water and sediment. Three plots were covered with 23 kg mulch and three plots remained uncovered, to permit comparisons. Samples were collected after rain periods which caused runoff and soil losses, between January and March, 1996.

Soil and water losses, splash, soil temperature and moisture, and chemical alterations on the soil and mulch were investigated.

The results show a positive influence of the mulch on the amenization of erosion processes, amenization of temperature variation and conservation of soil moisture are among the main characteristics of the obtained results.

Also information was collected to give support to management of yard debris in brazilian cities.

INDEX TERMS: Yard debris, erosion, soil conservation, mulch cover.

1 - INTRODUÇÃO:

As sociedades humanas, tanto em áreas rurais como em áreas urbanas, tendem a promover impactos no ambiente em que vivem, no meio biótico e abiótico, devido tanto ao mau uso dos recursos naturais - material ou energético - como também no destino final inadequado de produtos que perdem o valor comercial nas sociedades (os denominados resíduos). Exemplos disto são vistos no mau uso do solo e da água no meio rural e no meio urbano, provocando conseqüências freqüentemente noticiadas como erosão, poluição e contaminação de lençóis freáticos e demais corpos-d'água, além do freqüente acúmulo de materiais tóxicos e/ou nocivos à saúde humana e aos demais seres vivos que compõem a comunidade biótica do ecossistema em questão.

É também raro encontrar sociedades ou tecnologias que buscam a integração dos meios rurais e urbanos em termos de resolução conjunta de problemas principalmente de ordem ambiental, pertencentes a um ou a ambos os setores. Objetivando que ocorra um melhor equilíbrio econômico, social e ambiental nas sociedades e entre as sociedades, faz-se necessário pensar maneiras de promover maiores oportunidades de integração entre os setores rural e urbano.

Diversos tipos de resíduos de origem urbana podem ser utilizados em propriedades rurais, após o tratamento, que pode ser necessário, dependendo do material e da finalidade de uso. Uma dessas finalidades pode ser a prevenção da erosão para conservação do solo e da água, fenômeno sempre presente em qualquer parte do mundo e que sempre exige altos gastos para seu controle. O uso de resíduos vegetais originados das atividades de podas de jardins, praças e ruas, pode ser visto como boa opção para fins de conservação do solo, se triturados e administrados na forma de uma cobertura morta, imitando a serapilheira dos solos florestais. Esta providência mostra-se

útil não só para minimizar o poder erosivo da chuva, mas também por amenizar a temperatura, conservar a umidade do solo e servir como um fertilizante orgânico. Deve-se enfatizar que, quando surge uma opção de utilização deste tipo de resíduo, ocorre sua eliminação em áreas inadequadas, o que mostra que, além de se estar gerando material de boa qualidade a um baixo custo econômico para fins agrícolas, está-se adicionalmente abordando o problema de disposição final de resíduos sólidos.

2 - OBJETIVOS:

2.1 - Ensaio sobre controle de erosão:

O objetivo do trabalho consistiu em avaliar o potencial de amenização do poder erosivo da água da chuva, utilizando-se como cobertura morta o lixo originado a partir de restos de podas de jardins e praças públicas (“lixo verde”).

2.2 - Proposta de estruturação de informações que auxiliem no gerenciamento do sistema de poda, coleta, tratamento e destino dos resíduos vegetais da zona urbana para a zona rural de um município:

Devido ao fato de a trituração deste material e o seu uso no manejo conservacionista do solo ser um fato infelizmente raro nas prefeituras das cidades brasileiras, teve-se a intenção de elaborar um conjunto de informações que formasse um sistema de apoio ao gerenciamento deste tipo de resíduo para evitar sua acumulação em locais inadequados e ainda prestar contribuição a propriedades rurais e/ou outras localidades que estejam com problemas de esgotamento de solo, erosão ou mesmo adubação orgânica.

3 - REVISÃO DE LITERATURA:

3.1 - Gerenciamento, disposição e características dos resíduos sólidos e do “lixo-verde”:

3.1.1 - Os resíduos sólidos:

O fenômeno da evolução exponencial da produção de lixo no meio urbano vem preocupando cientistas e estudiosos em todo o mundo, uma vez que os métodos convencionais de tratamento e disposição final, com o passar do tempo, estão se tornando inviáveis. Esta preocupação tem, de certa forma, estimulado o surgimento de novos métodos alternativos que visam, em primeira instância, acompanhar a evolução do processo de urbanização, adequando soluções mais precisas às necessidades da sociedade em curso (LIMA, 1989).

O aterro é uma antiga técnica utilizada no manuseio dos resíduos oriundos das atividades da vida diária. Este conceito evoluiu para o que atualmente se conhece como aterro sanitário. Para atingir seus objetivos, o aterro sanitário incorpora uma série de elementos estruturais (sistemas de impermeabilização, coleta e tratamento do chorume, drenagem de gás) e aspectos operacionais (menor frente de trabalho, compactação e cobertura diária do lixo). O aterro sanitário não necessariamente implica uma grande obra de engenharia, com elevados custos (CONSONI *et al.* 1995). Envolve porém, um conjunto de operações que necessitam ser bem administradas.

A quase totalidade dos municípios, no entanto, lança mão de expedientes ambientalmente insatisfatórios, denominadas aterros e lixões. Os aterros “controlados”, apesar do emprego de algumas medidas mitigadoras de impactos, caracterizam-se por não apresentarem sistemas adequados de

impermeabilização. O lixão é uma simples descarga de lixo sobre o solo, sem preocupação com o preparo do local ou aspectos operacionais sanitários (CONSONI *et al.* 1995).

A heterogeneidade encontrada na composição dos resíduos sólidos urbanos é muito grande. O lixo varia em função de características físicas da cidade como (LIMA, 1989):

- População local;
- Área relativa de produção;
- Características climáticas e condições sazonais;
- Tempo e eficiência de coleta;
- Tipo de equipamento de coleta.

O lixo varia ainda em função das características da população que o produz, ou seja, os resíduos diferem na composição em razão dos hábitos e padrões de vida da cidade, assim como nível educacional e poder aquisitivo (GOMES & POVINELLI, 1991; LIMA, 1989). Exemplificando o fato, tem-se a TABELA 3.1 que mostra as características do lixo em algumas cidades brasileiras e estrangeiras:

TABELA 3.1 - Composição do lixo em São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ), Manaus (AM) e St Louis (E.U.A.):

CIDADE	São Paulo (1979)	Rio de Janeiro (1979)	Manaus (1979)	St Louis (E.U.A.) (1979)
COMPONENTE	BASE ÚMIDA (% EM PESO)			
Matéria orgânica putrescível	37,80	20,70	51,12	22,00
Papel e papelão	29,60	33,70	29,01	38,00
Metal ferroso	5,40	3,00	6,77	8,00
Trapo, couro, borracha	2,20	3,60	3,45	2,00
Plástico fino e grosso	9,00	3,10	2,83	15,00
Vidro, terra, pedra	14,60	33,60	4,67	12,00
Madeira	0,80	1,10	2,10	1,00
Metal não ferroso	0,10	0,20	0,01	1,00
Diversos	0,50	1,00	0,04	1,00

FONTE: diversos autores citados por LIMA (1989).

3.1.2. - Resíduos vegetais urbanos ou “lixo-verde”:

Dentre os muitos tipos de materiais encontrados no lixo está o chamado “lixo verde”, que compreende as diversas partes de árvores e plantas de menor porte originados a partir de podas realizadas em praças públicas e/ou jardins de residências ou ainda em propriedades maiores. Este tipo de material é comumente destinado a aterros sanitários, ou é queimado, ou, ainda, permanece esquecido em terrenos baldios (FIGURA 3.1) e nas calçadas da cidade.

GOMES & POVINELLI (1991) enquadram este tipo de lixo na classe de lixo especial, juntamente com restos de animais mortos e entulhos. LIMA (1989) divide este tipo de resíduo em madeira, quando se refere ao tronco de uma árvore e em matéria orgânica putrescível, quando se refere aos demais componentes das plantas. KIEHL (1985) enquadra este tipo de material, quanto a sua capacidade de utilização, como fertilizante orgânico simples, juntamente com esterco animal, turfa, guanos, entre outros.

Sendo o processo de arborização urbana uma atividade de crucial importância para a manutenção da qualidade de vida dos moradores de uma cidade (CESP, 1988), é logicamente esperado que este tipo de resíduo ocorra em qualquer município, porém em diferentes quantidades, conforme características da cidade e da população, como já foi anteriormente citado, e ainda de alguns fatores como: número de praças públicas contidas na área urbana, área verde total, frequência de podas que são realizadas durante o ano, entre outros.

Além disso, conforme a espécie vegetal que é escolhida para se plantar, a espécie pode ser caducifolia, semi-caducifolia ou perenifolia (CESP, 1988). Isto implica não só na produção de resíduos originados na poda como também na senescência, abscisão e maior ou menor produção de folhas e outras partes da planta como flores e frutos numa determinada época do ano conforme as características de cada espécie vegetal, o que interfere na quantidade de material coletada nas atividades de varrição de ruas.

Como ilustração, vale citar um texto escrito por Lutzenberger, encontrado em BARRETO (1985) onde o autor faz uma crítica a atividade de poda de árvores, argumentando que na natureza não existe atividade de poda em florestas, e que esta atividade prejudica as árvores muitas vezes de forma fatal. O mesmo autor cita ainda que este tipo de atitude só deve ser realizada se houver franca necessidade e, mesmo assim, deve-se fazê-la de acordo com as técnicas de poda existentes, de forma que não comprometa a saúde do

indivíduo vegetal, respeitando seus processos biológicos como padrões de crescimento, cicatrização, formato da copa adquirido peculiarmente por cada espécie vegetal, entre outras.

Contudo, a produção deste tipo de resíduo não acontece apenas em locais públicos como praças, canteiros e jardins. Cada cidadão muitas vezes contribui também na produção deste tipo de resíduo através da limpeza do jardim e imediações de sua residência. A EARTH WORKS GROUP (1990) cita que nos E.U.A. são desprezados cerca de 28 milhões de toneladas de grama, folhas e galhos mortos por ano, constituindo cerca de 20% de todo o lixo sólido, enquanto que o vidro constitui 8% (onde 75% desta quantidade é usada em embalagens) e o plástico constitui cerca de 7%. Citam ainda que, deste total de lixo de jardim que é produzido anualmente, cerca de 70% é constituído de gramas, variando esta porcentagem de uma região para outra.

O acúmulo deste tipo de material (“lixo-verde”) em locais inadequados traz, logicamente, uma série de conseqüências negativas à população circunvizinha do local onde está o depósito. Conseqüências estas que são (FIGURA 3.1):

- Formação de abrigos e oferta de alimento à população de animais vetores de doenças tais como diversas espécies de ratos, baratas, animais peçonhentos, moscas, entre outros.
- Problemas de escoamento de água pluvial em função de entupimentos de bocas-de-lobo e da canalização do sistema de drenagem urbana, quando acumulados em sarjetas.
- Riscos de incêndios nos terrenos em dias secos quando este material já estiver seco.
- Deterioração da paisagem e estética da área.
- Incentivo à população de depositar também outros tipos de lixo, muitas vezes mais perigosos e não degradáveis como plástico e vidro, entre outros.

Visando aproveitar não só este tipo de material, mas sim toda a fração de matéria orgânica existente no lixo, algumas instituições (prefeituras, comunidades, empresas) promovem a compostagem deste material, processo que se dá através da trituração do material e de sua disposição em leiras de compostagem. Muitas vezes utilizam-se inoculantes preparados com culturas de laboratório, objetivando acelerar o processo de decomposição do material para conferir-lhe uma condição quimicamente estável e assimilável pelas plantas num reduzido espaço de tempo (KIEHL, 1985).

Apesar desta atividade ser a mais apropriada sob o ponto de vista teórico, é importante ressaltar alguns problemas de ordem prática que surgem, principalmente quando este sistema é operado em grande escala (LIMA, 1989):

- Processo geralmente caro, pois utiliza-se de máquinas separadoras de lixo e trituradores de grande porte;
- Requer mão-de-obra especializada;
- Necessita de grandes espaços para a formação das leiras de compostagem (chamados pátios de compostagem) quando é utilizado o sistema de compostagem em ambiente aberto (KIEHL, 1985);
- Necessidade de aquisição de silos ou tanques e ainda revolvedores mecânicos quando é utilizado o sistema de compostagem em ambiente fechado (KIEHL, 1985);
- Conforme o sistema de compostagem empregado, há a exalação de odores, causando incômodo à população vizinha

Ainda, especificamente no Brasil, a absorção de uma porcentagem insuficiente da tecnologia gerada no campo da compostagem, associado ao planejamento deficiente no momento de instalação destas usinas vem causando a desativação de algumas delas, como é mostrado na TABELA 3.2:

TABELA 3.2 - Usinas de compostagem instaladas no Brasil:

LOCAL	SISTEMA	CAPACIDADE (t/dia)	SITUAÇÃO ATUAL
São Paulo	Beccari	- - -	desativada
Niterói	Beccari	- - -	operando
Recife	Beccari	- - -	operando
Maceió	Beccari	- - -	operando
Brasília	Dano	400	operando
Vila Leopoldina (SP)	Dano	400	operando
São Matheus (SP)	Dano	200	operando
S. J. dos Campos	Dano	150	parada
Belém	Dano	150	desativada
Belo Horizonte	Dano	60	operando
Boa Vista (Roraima)	Dano	200	operando
Manaus	Farfield - Hard	- - -	parada
Araçatuba	Sanurbe	- - -	desativada
Bauru	Sanurbe	- - -	desativada
Presidente Prudente	Sanurbe	- - -	desativada

T O T A L: 8 usinas em atividade de um total de 15.

FONTE: LIMA(1989).

Em termos de composição química e bioquímica, os resíduos de praças e jardins são constituídos basicamente dos mesmos componentes comumente encontrados em circulação na vegetação de ecossistema florestal em equilíbrio. Estes componentes são: celulose, hemicelulose, lignina, fração solúvel em água, fração solúvel em éter, proteínas e minerais, entre outros (DE LA BRUNA apud SILVA, 1993), presentes tanto no material vegetal das plantas vivas como também na parte que se encontra em decomposição na

serapilheira (manta orgânica formada no piso florestal), constituindo o horizonte "O" dos solos.

Deste coquetel de componentes, juntamente com alguns outros presentes em tecidos de animais mortos, uma porcentagem muito variável do material é constituído por água, uma outra parte é a fração mineral e a outra é a matéria orgânica, de fundamental importância à manutenção das condições físico-químicas do solo, sob qualquer aspecto (KIEHL, 1985).

Os resíduos vegetais possuem em média 60 a 90 % de água, dependendo da espécie vegetal, da parte da planta e do grau de maturação; as folhas são mais ricas em água, enquanto que os ramos são mais pobres. Já as sementes possuem baixo teor de água, buscando conferir maior resistência ao ataque de microrganismos e menor possibilidade de deterioração. A matéria seca das plantas contém 1 a 10 % de compostos minerais e de 90 a 99 % de compostos orgânicos (KIEHL, 1985).

3.2 - Exploração, depauperamento e conservação do solo:

3.2.1. - A exploração do recurso natural "Solo":

Num breve comentário sobre a ciclagem biogeoquímica dos elementos, convém salientar que, num ecossistema natural, ocorre uma circulação dos elementos do sistema solo para o sistema planta e vice-versa, ocorrendo baixas taxas de entrada e saída, especialmente quando se trata de um sistema já senil (ODUM, 1988). Já para um agroecossistema, há uma exploração dos nutrientes armazenados no solo em função do crescimento vegetal e, em função da retirada de toda a produção agrícola do local, ocorre uma exportação dos nutrientes que estavam anteriormente armazenados no solo, resultando num empobrecimento do solo, principalmente quanto aos teores de matéria orgânica, ficando susceptível a graves consequências como a erosão.

Exemplificando o fato, tem-se o trabalho de POGGLIANI *et al.* (1983) no qual os autores quantificaram, num talhão de *Eucalyptus saligna* com 8 anos de idade, a biomassa (peso seco) produzida totalmente, pelo fuste e pelos “resíduos florestais” da copa (ramos e folhas) e constataram que os troncos produziram uma biomassa lenhosa correspondente a 89,97 t/ha, enquanto que os resíduos totalizaram 16,28 t/ha, ou seja, cerca de 15,32 % da biomassa total. Em termos químicos, observou-se que os resíduos acumularam grande parte dos nutrientes contidos na biomassa do talhão (TABELA 3.3), evidenciando a importância na ciclagem de elementos químicos que as partes consideradas “resíduos florestais” possuem se forem devolvidas ao solo no momento da exploração, ocorrendo o mesmo processo de forma semelhante, em culturas de menor porte, bem como nos resíduos florestais de áreas urbanas.

TABELA 3.3 - Conteúdo de nutrientes na biomassa arbórea (peso seco) em árvores de *Eucalyptus saligna* com 8 anos:

COMPONENTES	COPA (folhas + galhos)		FUSTE (lenho + casca)		TOTAL PESO (100 %)
	PESO	%	PESO	%	
Biomassa (t/ha)	16,28	15,32	89,97	84,67	106,25
N (kg/ha)	83,30	38,17	134,90	61,82	218,20
P (kg/ha)	10,60	37,19	17,90	62,80	28,50
K (kg/ha)	50,40	28,58	125,90	71,41	176,30
Ca (kg/ha)	51,30	27,55	134,90	72,44	186,20
Mg (kg/ha)	14,90	35,60	27,00	64,43	41,90
Fe (kg/ha)	1,00	12,98	6,70	87,01	7,70
Cu (kg/ha)	0,08	32,00	0,17	68,00	0,25
Mn (kg/ha)	3,80	34,23	7,30	65,76	11,10
Zn (kg/ha)	0,14	24,13	0,44	75,86	0,58

FONTE: POGGLIANI *et al.* (1983).

3.2.2. - A erosão do solo:

Erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo causado pela água e pelo vento. A erosão do solo constitui, sem dúvida, a principal causa do depauperamento acelerado das terras. As enxurradas, provenientes das águas de chuva que não ficaram retidas sobre a superfície, ou não infiltraram, transportam partículas de solo em suspensão e elementos nutritivos essenciais em dissolução. Outras vezes, esse transporte de partículas de solo se verifica, também, por ação do vento (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A erosão hídrica é causada pela chuva e pelo escoamento superficial sendo afetada por um grande número de agentes naturais e antropogênicos. Pode ser expressa como a relação existente entre a erosividade da chuva, ou seja, o potencial da chuva de causar erosão, e a erodibilidade do solo, que por sua vez é a susceptibilidade do solo à erosão (HOLÝ, 1980).

Para termos uma idéia mais acessível e concreta que o problema da erosão pode causar em termos agroeconômicos, temos o trabalho de BATIE & HEALY apud ODUM (1988), desenvolvido nos Estados Unidos. Os autores estimam que 25% de todas as terras aráveis dos E.U.A. estão perdendo solo a uma velocidade maior do que a velocidade julgada "tolerável", que são 5 t/acre x ano. Colocando-se isso numa perspectiva correta, consideramos que um acre de solo bom, de uma profundidade de 15,0 cm (que é aproximadamente uma camada revirada pelo arado), pesa cerca de 1000 toneladas, de forma que uma camada de 1,0 cm de solo equivale a aproximadamente 67 toneladas. Uma perda anual de 10 toneladas/acre resulta numa perda de 1 cm de solo, de sete em sete anos. Assim, uma safra de milho custa três toneladas ou mais de solos perdidos, dado que 3000 kg por acre é um bom rendimento. Indo mais adiante, LANGDALE *et al.* apud ODUM (1988), estimam que, para cada 2,5 cm de solo perdido, ocorre uma redução na

produtividade de 200 kg por acre ou até 10% da colheita anual. Concluindo, se todas essas estimativas forem realistas e a degradação continuar, é difícil imaginar como serão satisfeitas as necessidades e demandas por uma quantidade maior de alimentos a partir de uma área disponível menor.

Embora o processo de erosão do solo ocorra mesmo em ecossistemas naturais, o seu considerável aumento que ocorre em muitos sistemas agrícolas (TABELA 3.4), é sempre sintoma de declínio da fertilidade do solo. Assim como graves avarias ou destruição total de grandes áreas anteriormente férteis e aráveis, noticiadas de todos os continentes do mundo, a erosão é geralmente o resultado da incapacidade de conservar e restabelecer a fertilidade em declínio associadas a práticas agrícolas impróprias, bem como de evitar incêndios florestais em regiões inclinadas e os processos acelerados e desordenados de urbanização (ODUM, 1988). A medida que a fertilidade declina, a estrutura edáfica enfraquece e o solo torna-se susceptível à erosão (GALETI, 1972).

TABELA 3.4 - Variação de perdas de solo pela erosão em função do uso da terra:

Uso da terra	Perdas médias em kg/ha x ano
mata natural	4
pastagem	400 a 700
cafezal	900 a 1.100
algodoal	26.600 a 38.000

FONTE: BERTI (1965) apud VIEIRA (1988); JORGE (1969); LEPSCH (1993).

JORGE (1969) cita que a perda de nutrientes numa área agrícola pela erosão é sempre imensamente maior do que a quantidade retirada pelas culturas, conforme mostra a TABELA 3.5:

TABELA 3.5 - Nutrientes perdidos pela erosão e retirado pela cultura do algodão, em kg/ha:

MATERIAL	EROSÃO	ALGODÃO
Matéria Orgânica	780,0	---
Azoto	46,5	13,5
Fósforo	8,0	4,5
Potássio	12,3	6,5
Cálcio	90,2	1,9

FONTE: GROHMAN & CATANI apud JORGE (1969).

Buscando compensar as saídas de nutrientes e o não esgotamento do solo, bem como aumentar a produção por hectare, comumente se realiza a conhecida fertilização inorgânica ou adubação mineral, em função de técnicas agrícolas desenvolvidas no ocidente, a qual é baseada na assimilação direta de íons químicos simples pelas raízes das plantas, desprezando, pelo menos em partes, os processos biológicos existentes no solo (HODGES, 1983).

As atuais técnicas empregadas na agricultura em termos de fertilizantes inorgânicos e defensivos agrícolas têm causado sérios impactos ao ambiente, principalmente no tocante à erosão do solo e à contaminação ambiental (HODGES, 1983; PRIMAVESI, 1987; TIVY, 1990); sendo que para muitas nações a erosão do solo é a fonte não pontual de poluição hídrica de maior expressão (ETTLIN & STEWART, 1993).

Como já foi mencionado, quando se promove a adubação essencialmente mineral, grande parte do fertilizante que é incorporado ao solo

fica sujeito a ser transportada pelas águas da chuva, sendo que apenas uma pequena parcela é realmente assimilada pelas plantas. Convém mencionar que além do grande impacto que este fenômeno de transporte causa tanto em termos de perda das propriedades naturais e resistência do solo contra a erosão, bem como uma entrada significativamente alta de nutrientes em corpos d'água, causando acelerada eutrofização, ocorre que a perda de nutrientes significa perda de dinheiro, principalmente no Brasil onde estes produtos são especialmente caros. JORGE (1969) cita uma comparação de preços (TABELA 3.6) de nutrientes entre um região brasileira e uma americana e, apesar de já ser antiga, nos dá a idéia dos custos que, certamente, nos dias de hoje, não estão mais baratos, além do fato de que os adubos são muito mais valiosos nos E.U.A. pois, quando comparado com as terras do estado de São Paulo em termos de fertilidade, são bem menos férteis.

TABELA 3.6 - Comparação de preços de nutrientes (N, P e K) entre um estado brasileiro e um estado americano no período entre 1966 - 1967 (preços em centavos de US\$ / kg):

Localidade	Nitrogênio	Fósforo	Potássio
São Paulo (Brasil)	34	17	11
Carolina do Norte (EUA)	26	16	14

FONTE: JORGE (1969).

Um outro fator que merece destaque como responsável pelo depauperamento dos solos é o cultivo sucessivo de culturas sem adoção de práticas conservacionistas adequadas. Infelizmente é comum vermos, após a época de colheita, os agricultores queimarem os restos culturais. Essa prática contribui não só com o aumento de gases poluentes na atmosfera como também na eliminação total da biota edáfica, diminuindo ainda mais o tempo

de vida útil de um solo agrícola e necessitando aumentar cada vez mais a adição de insumos neste.

Uma vez que a cobertura vegetal viva e/ou morta é(são) eliminada(s), o solo fica exposto à luz solar ocorrendo altas temperaturas na camada arável (primeiros 30 cm de solo), ocasionando alterações de ordem física e biológica em função de um aquecimento indesejável que ocorre nesta camada de terra (PRIMAVESI, 1987).

Sem a cobertura vegetal sobre a superfície do solo, há também a total exposição do solo à erosão hídrica provocada pela água da chuva. Os danos causados pelas gotas de chuva que golpeiam o solo a uma alta velocidade constituem o primeiro passo no processo da erosão. As gotas podem ser consideradas como bombas em miniaturas que golpeiam a superfície do solo, rompendo os grânulos e torrões, reduzindo-os a partículas menores e, em consequência, fazendo diminuir a capacidade de infiltração de água no solo. Uma gota golpeando um solo úmido forma uma cratera, compactando a área imediatamente sob o centro da gota, movimentando as partículas soltas para fora em um círculo em volta de sua área (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

PRUSKI *et al.* (1993) denominam este fenômeno como selamento superficial, e citam que sua ocorrência é comum particularmente em solos que tenham sido intensivamente cultivados. A superfície do solo torna-se compacta após as primeiras ocorrências de chuva, ocasionando redução da capacidade de infiltração da água no solo e conseqüentemente redução na disponibilidade de água para as plantas, bem como interferindo também na dinâmica das trocas gasosas entre o solo e a atmosfera e na emergência das plantas contribuindo, logicamente, no aumento do escoamento superficial, favorecendo a erosão.

Conforme as características do terreno, há o transporte de partículas para a parte mais baixa da rampa, em função da enxurrada que vai

se formando. Como a enxurrada tende a passar pelo mesmo caminho, ocorre a formação de sulcos (FIGURA 3.1) que vão se aprofundando até encontrar o lençol freático formando então as conhecidas voçorocas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

A quantidade e o tamanho dos sedimentos transportados na enxurrada são função da velocidade do escoamento superficial da água e sua turbulência, os quais, por sua vez, são influenciados pela rugosidade superficial, comprimento da rampa, declividade e cobertura do solo (LOPES *et al.*, 1987a).

Além do transporte de materiais sob o aspecto físico (partículas de solo), há também, simultaneamente, o arraste de elementos químicos (principalmente fertilizantes minerais) pela água do escoamento superficial, ocorrendo então o empobrecimento químico do solo e contribuindo na aceleração do processo de eutrofização artificial dos corpos d'água atingidos pela água da enxurrada.

A atividade agrícola vem sendo considerada como uma das principais fontes de fosfato e nitrogênio para os ecossistemas lacustres (ESTEVES, 1988; HOLÝ, 1980; TIVY, 1990). Seu grau de interferência aumentou consideravelmente a partir de 1942, com a introdução de superfosfatos como meio de incrementar a produção agrícola. As perdas de nutrientes a partir de terras cultivadas podem ocorrer principalmente de duas maneiras: por lavagem da parte superior do solo após as primeiras chuvas, e por lavagem e percolação de nutrientes solúveis, principalmente nitrogênio, que atingem o lençol freático. De acordo com dados europeus, perde-se, em áreas agrícolas adubadas, de 16 a 25% de nitrogênio e 0,7 a 1,4% de fosfato, e a maior parte atinge os corpos d'água (VOLLENWEIDER, 1968 apud ESTEVES (1988)).

Um exemplo brasileiro é o lago Paranoá, onde o escoamento superficial, com 57% do aporte total, representa a segunda maior fonte de

fosfato (CORDEIRO NETTO & DUTRA FILHO apud ESTEVES (1988)). No entanto, considerando a contribuição dos pequenos tributários como escoamento superficial, como fazem alguns autores, a contribuição das águas superficiais alcança cerca de 28% do aporte total de fosfato para o ecossistema citado.

ODUM (1988) mostra que para uma área que foi recentemente desmatada, o aporte de nitrogênio para os corpos d'água é cerca de 15 vezes maior do que quando era florestada, justamente devido a uma maior quantidade de água que flui para o riacho e que, na verdade, deveria ficar contida no solo se houvesse algum tipo de cobertura sobre a superfície do solo.

Dentre as várias formas de nitrogênio encontradas na natureza, as que mais facilmente são transportadas pelas águas do escoamento superficial são o nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+) (PRADO FILHO & SELBACH, 1988) e são justamente estas formas que representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

O fato das formas minerais serem solúveis em água realmente é um problema quanto ao transporte deste material pelas águas da chuva. Porém, as mesmas são muito utilizadas por constituírem-se uma fonte de rápida disponibilidade deste nutriente, à medida em que as plantas necessitam. Dentre os adubos nitrogenados mais utilizados estão o salitre-do-chile (com 16% de N), sulfato de amônio (com cerca de 20% de N), a uréia (forma orgânica, com 42 % de N) (JORGE, 1969).

Quanto ao fosfato, entre os componentes principais do solo estão os minerais secundários em diferentes graus de intemperização. Entre as várias frações constituintes dos minerais secundários estão as argilas, que apresentam grande capacidade de adsorção de fosfato, principalmente aquelas que têm na sua constituição ferro e alumínio, como a hematita e a gipsita. A adsorção de fosfato às argilas pode compreender dois processos: 1^o) ligação química da

carga negativa do fosfato com a positiva das bordas argilas e 2^o) Substituição do fosfato por silicatos da argila (STUMM & MORGAN apud ESTEVES (1988)).

O fenômeno da adsorção de fosfato às argilas assume grande importância em águas continentais pelo fato de a maioria destes corpos d'água receber, cada vez, mais consideráveis aportes de argilas em suas bacias de drenagem. Estas argilas, ao atingirem os ecossistemas aquáticos, podem, dependendo das condições físico-químicas do meio (por exemplo ambiente oxigenado) e sua taxa de concentração em ferro e alumínio, precipitar grandes quantidades de fosfato, reduzindo a concentração deste íon na água. Os freqüentes processos erosivos observados nos ecossistemas terrestres e as várias atividades de mineração, muitas das quais de grande porte, têm aumentado de maneira significativa a carga de argila dos corpos d'água, em diferentes regiões do Brasil. Este acréscimo artificial de argila, além dos efeitos negativos sobre a concentração de fosfato, reduz fortemente a transparência da água, que se constitui em mais um importante fator na diminuição da produtividade dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988).

Convém mencionar que há ainda um outro tipo de erosão ocasionada pelo arraste de partículas pelo vento, que é a denominada erosão eólica. Contudo, esta se torna de significativa importância quando os ventos da região ultrapassam a velocidade de 15 km/h (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990) e, segundo mapa elaborado por HUDSON (1971) e apresentado por HOLÝ (1980) mostrando as áreas do globo mais susceptíveis à erosão eólica, o continente sulamericano não apresenta áreas de risco, ficando as principais na África e Ásia.

Considerando a erosão como um grave problema de ordem ambiental e buscando ter-se uma previsão das taxas de perdas de solo em função do modo e intensidade de uso, muitos pesquisadores desta área têm desenvolvido e empregado um grande número de modelos matemáticos onde,

conforme o caso estudado e associado ao processo de desenvolvimento da modelagem, o número de variáveis é aumentado e são atribuídos diferentes “pesos” às variáveis. Isto se deve ao fato de que a frequência e a intensidade do fenômeno da erosão não é o mesmo em todos os lugares (FOSTER, 1986).

Segundo BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), os primeiros trabalhos para desenvolver equações que avaliassem as perdas de solo de uma área datam de 1940, na região do Corn Belt dos Estados Unidos. O processo empregado a partir daquela época até 1956 era conhecido por método do plantio em declives. A partir daí alguns pesquisadores começaram a



FIGURA 3.1 - Foto mostrando simultaneamente o modo comum de disposição do “lixo-verde” em áreas urbanas e início de sulcos na superfície do solo (região periférica de Bauru - SP, em outubro de 1995).

desenvolver equações associando variáveis e verificando o grau de influência destas nas taxas de perdas de solo de uma área, além de descobrirem novas variáveis que influenciam na ocorrência de perdas de solo. Muitos pesquisadores têm também direcionado suas pesquisas em observações e

experimentos de campo, experimentos de laboratório, com um máximo de condições controladas e estudos teóricos (HOLÝ, 1980).

Dentre as muitas equações que buscam exprimir a ação dos principais fatores que sabidamente exercem influência nas perdas de solo pela erosão hídrica, aquela que trata o assunto de modo mais dinâmico, devido ao fato de superar restrições climáticas e geográficas e ter uma aplicação generalizada é a chamada "EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO" (UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION - U.S.L.E.), desenvolvida por WISCHMEIER & SMITH (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990; HOLÝ, 1980), cuja expressão é:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

onde:

A - perda de solo calculada por unidade de área, em t/ha

R - fator chuva: índice de erosão pela chuva, em MJ/ha x mm/h.

É um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção.

Dados de chuva totais ou médias mensais e anuais pouco significam em relação à erosão. A apresentação dos dados de chuvas totais diários, limitados pelas observações realizadas a cada 24 horas, também não têm grande significado em relação à erosão, uma vez que nunca a chuva se distribui uniformemente no período de um dia.

A intensidade (mm/h) é o fator mais importante, juntamente com a duração que juntos determinam a chuva total.

As gotas de chuva que golpeiam o solo são um agente que contribui para o processo erosivo pelo menos três formas:

- a) desprendem partículas de solo no local que sofre o impacto;
- b) transportam, por salpicamento, as partículas desprendidas;
- c) imprimem energia, em forma de turbulência, à água superficial.

K - fator erodibilidade do solo: intensidade de erosão por unidade de índice de erosão da chuva, para um solo específico que é mantido continuamente sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais, em um declive de 9% e comprimento de rampa de 25 m, em t/ha

A erosão não é a mesma em todos os solo. As propriedades físicas, principalmente a estrutura, que é o modo como se arranjam as partículas; a textura, que é o tamanho das partículas; a permeabilidade e a densidade, assim como as características químicas e biológicas do solo, exercem diferentes influências na erosão.

L - fator comprimento do declive: 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.

S - fator grau de declive: relação de perdas de solo entre um declive qualquer e um declive de 9% para o mesmo solo e comprimento de rampa.

* Vale salientar que para a equação de perda de solo as variáveis "L" e "S" são representados separadamente, contudo, para aplicação prática da equação são considerados conjuntamente como um fator topográfico.

C - fator uso e manejo: relação entre perdas de solo de 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.

P - fator prática conservacionista: relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prática e as perdas quando se planta morro abaixo.

A “U.S.L.E.” prevê apenas a erosão média da vertente, mas não a deposição. Além disso, como é um modelo empírico, pelo menos alguns de seus fatores, como R, K e C, tem que ser obtidos experimentalmente, em condições semelhantes àquelas onde será utilizado (WISCHMEIER apud CHAVES (1995)). Esta mesma equação pode ser combinada com Sistemas de Informação Geográfica para estimar a erosão laminar e em sulcos em bacias hidrográficas e a nível regional, com bons resultados (CHAVES *et al.* apud CHAVES (1995)).

Atualmente, em função do crescente uso de defensivos agrícolas (fertilizantes minerais e agrotóxicos), vem sendo desenvolvidos modelos buscando a compreensão, descrição e previsão do processo de transporte também destes produtos junto à água do escoamento superficial e ao longo do perfil do solo, principalmente pelo fato de que estes produtos possuem alta capacidade de promover impactos ambientais, quer por intoxicação, como é o caso dos agrotóxicos, quer por eutrofização acelerada de corpos d’água causada pelo arraste de grandes quantidades de fertilizantes do solo para os rios e represas.

3.2.3. - Conservação do solo e práticas conservacionistas:

Apesar da erosão ser um dos maiores problemas para a agricultura em qualquer parte do mundo, há formas de controlá-la e, principalmente, evitá-la.

Segundo GALETI (1972), tudo o que se faça no sentido de diminuir a desagregação das partículas do solo e o seu arraste, constitui prática de controle à erosão. As principais práticas baseiam-se em:

a) Proteger o solo contra o impacto da água que cai; “vestir” o solo para que a queda das gotas das chuvas sejam amortecidas.

Com essas práticas procura-se diminuir o “desprendimento” das partículas minerais e orgânicas do solo. Dentre as práticas podemos citar: cobertura com palhas, capins, cascas e coberturas com plantas vivas.

b) Diminuir a velocidade das águas:

Como se sabe, quanto maior a velocidade que a enxurrada adquire, maiores prejuízos causa. Diminuir a velocidade da enxurrada é diminuir a sua capacidade de erodir. Dentre as medidas usadas para isso temos:

- Cobertura com palhas, capins, cascas;
- Aumento da cobertura vegetal com plantas que “cobrem” bastante o solo;
- Cultivos em nível (enleiramentos, arações, gradagens, plantios, carpas);
- Terraços, valetamentos, sulcamentos, estruturas anti-erosivas, culturas em faixas, entre outras.

c) Diminuir o volume das águas na enxurrada:

Quanto maior a quantidade de água na enxurrada, maior erosão ela provoca. Existem práticas que não deixam as águas se unirem e se avolumarem. As águas são divididas e “presas”, ou desviadas da gleba. Dentre essas práticas pode-se citar:

- Terraceamento (terraços propriamente ditos, cordões de contorno, banquetas individuais, patamares, sulcamento e valetamento);
- Cultivos em nível;
- Enleiramentos permanentes;
- Trincheiras anti-erosivas;
- Culturas em faixas.

d) Aumento da permeabilidade do solo e da infiltração da água.

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) dividem as práticas conservacionistas em dois grupos:

a) *Práticas de caráter mecânico*: Consiste no deslocamento de massas de solo para obter barreiras físicas e diminuir a velocidade da enxurrada. Constituem práticas de caráter mecânico: terraceamento, enleiramentos permanentes, trincheiras anti-erosivas, entre outras.

b) *Práticas de caráter vegetativo*: Consiste na instalação de material vegetal visando obter não só barreira física para diminuir a velocidade da enxurrada como também proteger o solo contra o impacto das gotas da água da chuva e evitar o desprendimento e salpicamento das partículas além do selamento superficial. Constituem práticas de caráter vegetativo: Lançamento de herbicida seletivo, ceifar o mato e deixar os resíduos no próprio local, adição de resíduos oriundos de outros locais na sua devida quantidade, plantio de espécies leguminosas denominado “adubação verde”.

MARQUES *et al.* (1951), realizando trabalho sobre determinação de perdas por erosão no estado de São Paulo apresentaram resultados parciais mas que já permitiram obter conclusões gerais de que as práticas de caráter vegetativo, principalmente a cobertura com palha, mato selecionado e ceifa do mato - nesta ordem -, conferem melhor controle da erosão quando comparado com práticas de caráter mecânico.

3.2.3.1 - A utilização da cobertura vegetal morta: da barreira física contra os impactos da água da chuva à fonte de matéria orgânica para o solo:

Uma das mais simples, eficaz e econômica atividade agrícola que pode ser empregada para promover a conservação do solo é a utilização da cobertura morta sobre o solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990; GALETI, 1972).

Não é uma prática nova, mas apesar disso, ainda é pouco utilizada. Pouco estudada, seu uso pode trazer uma série de benefícios, às vezes facilmente visíveis e comprováveis, e pode, também, fazer-se acompanhar de alguns riscos. Embora sendo recomendada para todas as circunstâncias (todas as culturas, tipos de solos e climas), ela é mais usada nas culturas permanentes (figo, uva, café, pêra, maçã, morango, abacaxi, citrus). No Havai ela é usada sobretudo nas regiões altas (de serra) e frias, onde se planta abacaxi, com o objetivo de absorver e reter o calor do solo; em outras regiões ela é usada quase que só visando o controle da erosão; em outras, para aumentar a infiltração e o armazenamento da água das chuvas (GALETI, 1972).

Plantas e resíduos culturais possuem diferentes capacidades de proteger o solo contra a erosão. O efeito dos resíduos culturais no controle da erosão varia com o tipo, quantidade, porcentagem de cobertura no solo, manejo e estágio de decomposição (GALETI, 1972; LOMBARDI NETO *et al.*, 1988; LOPES *et al.*, 1987b; PRIMAVERESI, 1987).

LOPES *et al.* (1987b), numa pesquisa sobre eficácia de controle de erosão em função da quantidade e do tipo de cobertura morta detectaram que, para uma mesma porcentagem de cobertura do solo e com cobertura morta de diferentes espécies vegetais (os resíduos culturais utilizados na pesquisa foram trigo, milho e soja), foram similarmente eficazes na redução

das perdas de solo. Por outro lado, conforme variaram a porcentagem de cobertura morta sobre o solo, detectaram que, independentemente da espécie vegetal que estava sendo utilizada, uma cobertura morta sobre o solo de aproximadamente 20% foi suficiente para reduzir a erosão em 40 a 60%, em comparação ao controle que foi o solo descoberto. Encontraram também a equação que relaciona a quantidade de resíduo cultural com a porcentagem média de cobertura do solo, sendo a seguinte : $C.S = 100 (1 - e^{-0,000297 M.R.})$ onde C.S.: cobertura do solo (%), M.R.: quantidade de resíduo cultural (kg/ha) (FIGURA 3.2).

Segundo vários autores citados por LOMBARDI NETO *et al.* (1988), o principal efeito da cobertura morta é a absorção da energia cinética da chuva, induzindo a uma redução da desagregação do solo e conseqüentemente a uma diminuição da quantidade de solo transportado pela água da chuva. É importante também frisar que quanto mais uniforme for a distribuição do resíduo e maior a porcentagem de cobertura, maior será o controle da erosão.

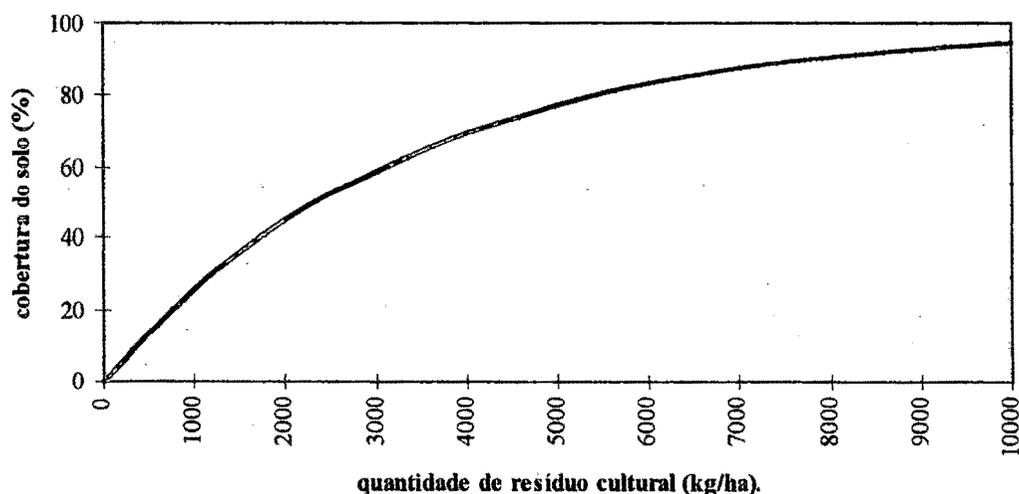


FIGURA 3.2 - Relação da porcentagem de cobertura do solo com a quantidade de resíduos culturais obtida por LOPES *et al.* (1987b).

Para verificar a eficiência do resíduo cultural no controle da erosão, utiliza-se o fator de cobertura vegetal (FC), que relaciona a perda de solo no tratamento com um nível qualquer de cobertura e a perda de solo no tratamento descoberto. O fator cobertura pode ser calculado, dividindo-se a perda de solo em cada tratamento pelo valor do coeficiente linear (a) da equação ajustada para perda de solo e quantidade de resíduo (LAFLEN & COLVIN apud LOMBARDI NETO *et al.* 1988).

O valor do FC tende a variar a cada mês em função da erosividade da chuva, bem como devido à decomposição dos resíduos. Porém, mesmo considerando o processo de decomposição, após um período de aproximadamente 10 meses há ainda efeito da cobertura sobre as perdas de solo e água (LOMBARDI NETO *et al.* 1988)

JORGE (1969) cita que a característica física do solo mais influenciada pela presença de matéria orgânica é a capacidade de retenção de água. Os solos de mata retêm mais água que os solos idênticos utilizados para fins agrícolas. As camadas superficiais dos solos de mata, compreendidas pelas profundidades entre 0 a 30 cm, têm maior capacidade de retenção de água, em virtude do maior teor de matéria orgânica. Não se verificam, também, mudanças bruscas na temperatura dos solos, quando com proteção de cobertura morta.

A cobertura vegetal morta sobre o solo contribui não somente na diminuição do impacto da água da chuva no solo e na amenização da velocidade do escoamento superficial, mas também na diminuição da flutuação da temperatura da camada superficial do solo ao longo do dia (RUSSEL & RUSSEL, 1968), além de conservar o solo com maiores taxas de umidade mesmo nas épocas secas do ano (PRIMAVESI, 1987).

Além da contribuição conferida no sentido de atuar como uma barreira física entre as gotas de chuva e a superfície do solo, o fato de colocar-se cobertura vegetal morta sobre o solo significa também uma "entrada" de

matéria orgânica neste sistema pois, com a decomposição destes restos vegetais, os elementos minerais que estavam contidos em seus tecidos ficam à disposição para retenção das raízes das plantas vivas (PRIMAVESI, 1987) (TABELA 3.7).

TABELA 3.7 - Efeito da adição de matéria orgânica na cultura da laranjeira:

TRATAMENTO	COLHEITA EM Kg/ha (média de 4 anos)
herbicida	2606
cobertura morta (capim)	5357
adubação verde (mucuna)	3897
adubação verde (guandu)	3176
duas arações (para limpeza)	3051

** Obs: No tratamento "cobertura morta", baixou o nível de N nas folhas mas aumentaram os níveis de Ca, P e Mg.*

FONTE: GALLO (1960) apud PRIMAVESI (1987).

As plantas necessitam de dezesseis elementos químicos essenciais para sua nutrição, subdivididos em duas classes: macronutrientes e micronutrientes. São macronutrientes, por serem absorvidos em maiores quantidades: oxigênio, hidrogênio, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre; são micronutrientes, exigidos pelos vegetais em pequenas quantidades, tornando-se tóxicos se encontrados em altos teores: ferro, cobre, manganês, zinco, boro, molibdênio e cloro. Para os microrganismos há necessidade, ainda, de outros micronutrientes como cobalto, vanádio e sódio. Nem todos os nutrientes são obtidos do solo, pois o

carbono, hidrogênio, oxigênio o são do ar e da água; todavia, todos eles, sem exceção, podem ser encontrados na matéria orgânica (KIEHL, 1985).

TABELA 3.8 - Equivalência em adubos comerciais de material orgânico além do efeito sobre propriedades físicas do solo:

MATERIAL	quilogramas por toneladas de material		
	sulfato de amônio	superfosfato	cloreto de potássio
palha de arroz	30,0	20,0	16,6
palha de leguminosas	80,0	17,5	20,0
serragem de madeira	9,0	45,0	3,0
bagaço de cana	19,0	7,5	2,8
casca de café (curtida)	42,5	9,0	15,6
torta de mamona	275,0	100,0	16,0
lixo urbano	60,0	17,5	19,0
resíduo de fumo	125,0	(*)	108,3
cama de frangos	205,0	108,0	40,1

(*) dados incompletos

FONTE: ACAR (1976) apud PRIMAVESI (1987).

Segundo SIQUEIRA & FRANCO (1988), os resíduos incorporados, assim como a fração orgânica nativa do solo, representam um importante reservatório de nutrientes, especialmente N, P, S e micronutrientes. Quando se adiciona um resíduo orgânico ao solo, ocorre um estímulo de crescimento da população microbiana e a demanda de nutrientes aumenta. A respiração (taxa de liberação de CO_2) do solo é aumentada rapidamente e os nutrientes minerais, como NO_3^- , são absorvidos em grande quantidade pelos microrganismos.

Os mesmos autores citam que, dependendo da relação C/N do material adicionado, pode ocorrer um esgotamento temporário de nitrogênio (N) no solo. À medida que o carbono (C) é liberado, na forma de CO₂, a concentração relativa de N no material é aumentada, o que resulta na redução da sua relação C/N (TABELA 3.9). De maneira bem generalizada, esta relação controla o balanço entre os processos de *imobilização*, que é o estado em que o elemento "x" fica retido no tecido vegetal morto e não está disponível ainda à rizosfera e a *mineralização*, que é a conversão de um elemento sob a forma orgânica para o estado inorgânico, em função do resultado de decomposição microbiana. Para o caso do N, quando a relação C/N for maior que 30, a taxa de imobilização (I) será superior a de mineralização (M), resultando em imobilização líquida. À medida que o resíduo é decomposto, e sua relação C/N cai para entre 20 e 30, tem-se uma equivalência entre imobilização e mineralização, sendo a mineralização favorecida a partir do momento em que a relação C/N se torna menor que 20. Nesse ponto, o material encontra-se em estado bem avançado de humificação e parte dos nutrientes minerais contidos no material originalmente depositado, e posteriormente na biomassa, tornam-se disponíveis, elevando seu nível no solo e sua disponibilidade para as plantas (FIGURA 3.3). Mecanismo semelhante acontece para o fósforo (P) e o enxofre (S) contidos nos restos orgânicos. Porém, as relações C/P e C/S são bastante diferentes em função de um menor requerimento destes nutrientes pela microbiota do solo (TABELA 3.10).

TABELA 3.9 - Porcentagem de Matéria Orgânica e relação C/N de alguns restos vegetais de interesse como matéria-prima a serem empregados como adubo orgânico:

MATERIAL	% de Matéria Orgânica	RELAÇÃO C / N.
Amoreira: folhas	86, 08	13 / 1
Arroz: cascas	85, 00	39 / 1
Arroz: palhas	54, 34	39 / 1
Aveia: palhas	85, 00	72 / 1
Banana: talos de cachos	85, 28	61 / 1
Banana: folhas	88, 99	19 / 1
Café: palhas	93, 13	38 / 1
Capim guiné	88, 75	33 / 1
Capim Jaraguá	90, 51	64 / 1
Eucalipto: resíduos	77, 60	15 / 1
Feijoeiro: palhas	94, 68	32 / 1
Gramma batatais	90, 80	36 / 1
Lenheiro: resíduos	39, 92	30 / 1
Mandioca: folhas	91, 64	12 / 1
Mandioca: ramas	95, 26	40 / 1
Milho: palhas	96, 75	112 / 1
Samambaia	95, 90	109 / 1
Serapilheira	30, 68	17 / 1
Serragem de madeira	93, 45	865 / 1
Trigo: palhas	92, 40	70 / 1

FONTE: KIEHL (1985).

Além da relação entre o carbono e os demais nutrientes, a concentração desses no material pode servir de orientação para seus efeitos nutricionais, quando adicionados ao solo. Resíduos orgânicos contendo menos que 1,2% de N e 0,2% de P promoverão imobilização líquida de N e P, com redução na disponibilidade de NO_3^- e PO_4^{3-} no solo, pelo menos temporariamente, ao contrário daqueles com teores superiores a 1,8% de N e 0,3% de P, que promoverão mobilização líquida durante a sua decomposição (SIQUEIRA & FRANCO, 1988).

TABELA 3.10 - Generalizações sobre as relações carbono por unidade de N, P e S, na matéria orgânica, e disponibilidade de nutrientes no solo:

Relação			Imobilização (I) /	Disponibilidade de NH_4^+ ,
C/N	C/P	C/S	Mineralização (M)	NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}
>30	>300	>400	I > M	Diminuída
20-30	200-300	200-400	I = M	Não alterada
< 20	< 200	< 200	I < M	Aumentada

FONTE: STEVENSON apud SIQUEIRA & FRANCO (1988).

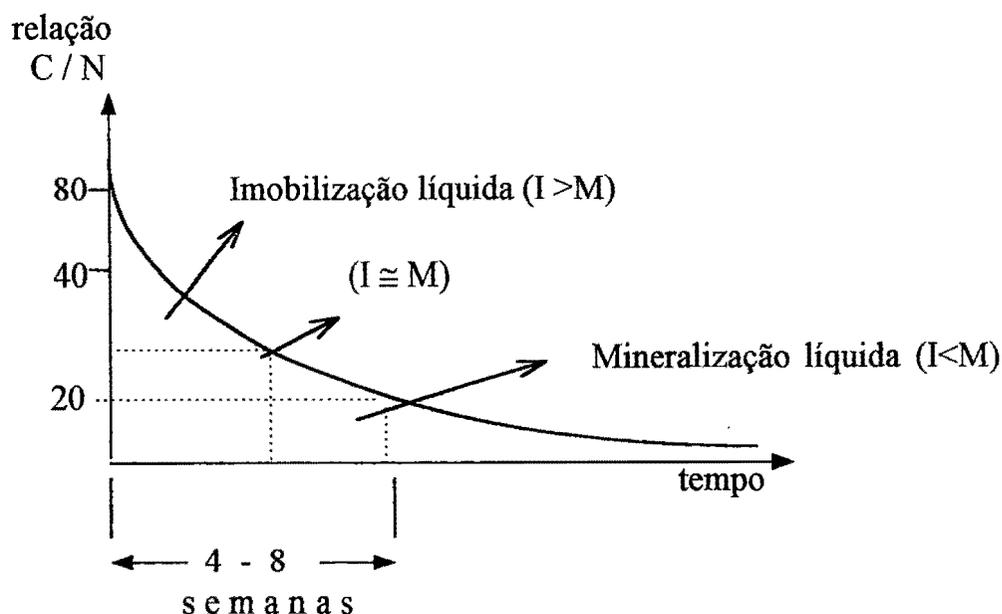


FIGURA 3.3 - Dinâmica da mobilização e imobilização do nitrogênio, durante a mineralização do resíduo orgânico (SIQUEIRA & FRANCO, 1988), quando este é enterrado.

A imobilização causada pela adição de resíduos orgânicos é mais comum para o caso do nitrogênio, cuja exigência, pelos microrganismos do solo, é muito elevada. A demanda de nitrogênio para a decomposição é conhecida como fator N, que expressa o grau pelo qual um material é deficiente em nitrogênio para a decomposição, e é definido como o “número de unidades de N inorgânico necessárias para a mineralização de 100 unidades de material orgânico, sem que ocorra imobilização líquida do N do solo”.

A maioria dos restos vegetais que atingem o solo possui relação C/N alta, por isso, quando incorporada ao solo, promoverá imobilização do nitrogênio, o que poderá causar problemas nutricionais às plantas, pelo menos temporariamente. Para evitar isso, o produtor possui as seguintes alternativas:

a) Incorporar os resíduos com alta relação C/N, no mínimo 60 dias antes do plantio, para que quando a cultura necessitar de grandes quantidades de N, a fase de imobilização mais intensa já tenha ocorrido.

b) Adicionar fertilizantes nitrogenados sempre que resíduos com alta relação C/N forem incorporados aos solos destinados ao plantio imediato. Esse N será utilizado para a decomposição dos resíduos e, posteriormente, pela cultura, um mês ou mais depois, quando a decomposição for avançada.

c) Queimar os restos culturais e não incorporá-lo ao solo. Embora seja muito simples e largamente empregada em países de clima frio, ela diminui a matéria orgânica no solo, o que pode trazer graves problemas biológicos, físicos e nutricionais a médio ou longo prazo, que poderão comprometer a produtividade do solo. Nas condições tropicais, em que a taxa de decomposição desses resíduos é elevada e os solos são pobres em matéria orgânica, a queima dos restos culturais não deve ser praticada.

d) Fazer a compostagem do material antes de sua aplicação no solo. Durante a compostagem ocorre a decomposição, com perda de carbono, hidrogênio e oxigênio; como o N não é perdido, a relação C/N torna-se mais estreita, reduzindo o fator N e a imobilização. Embora difícil de ser praticada em grandes áreas, esta seria a alternativa tecnicamente indicada.

Apesar da teoria sobre matéria orgânica não aconselhar o espalhamento de resíduos orgânicos ainda não compostado no solo, há um exemplo de aumento de 50% na produtividade da cultura de inhame na região de Juiz de Fora - MG, reportado pela Rev. MANCHETE RURAL (1988) com o uso exclusivamente de resíduos de algodão provenientes de tecelagens da

região. A reportagem mostra que para a região a produção média de inhame é 15 a 20 t/ha, enquanto que um agricultor, utilizando somente resíduos de algodão e nenhum outro tipo de adubo químico ou orgânico e nenhum tipo de praguicida qualquer, vem conseguindo uma produção média de 30 a 35 t/ha, além de simultaneamente conseguir, sem esforços adicionais, aumento no teor de umidade e de porosidade do solo nos primeiros 15 cm de profundidade.

3.3 - Utilização do “lixo-verde” para fins de conservação do solo:

Apesar da utilização da cobertura morta ser uma das mais eficientes técnicas de manejo que vise a conservação do solo (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990; PRIMAVESI, 1987), GALETI (1972) aponta um problema de ordem prática quanto a adoção desta técnica, que é o da quantidade de resíduos vegetais que se necessita para ter uma cobertura morta considerável e aponta que, em média, para cobrir-se um terreno de 1 hectare, é necessário uma quantidade de capim equivalente a 3 hectares de capim plantado.

Em função desta alta demanda de material vegetal que é necessário para ter-se efetivamente uma cobertura no solo que confere proteção contra a erosão, surge então a idéia da utilização do resíduo originado nas atividades de podas de praças, jardins e ruas como opção de fonte de material, contanto que este passe por uma máquina trituradora para ser reduzido a partículas menores. Essa idéia surge com o propósito então de se promover um destino mais racional e adequado para um tipo de material que é muito comum em qualquer cidade, geralmente desprezado e destinado a locais impróprios para sua permanência. Por outro lado, passa-se a contribuir não só para uma atividade de conservação do solo no que diz respeito ao controle da erosão, mas também de uma alternativa de uso de adubação orgânica.

No sentido de justificar o uso de "lixo-verde" na proteção do solo, menciona-se que ETTLIN & STEWART (1993) observaram uma redução grande nos níveis de sólidos sedimentáveis e total de sólidos suspensos quando compararam perdas de solo entre superfícies cobertas com palha, que é o material mais comumente utilizado neste tipo de atividade e restos de jardim, conforme mostra a TABELA 3.11.

O procedimento de picar o material é recomendado pois, desta maneira, ocorre um aumento na superfície de contato das partículas tornando a ação dos microrganismos decompositores facilitada (TIBAU, 1986).

Adicionalmente, há o fato de que desta forma ocorra uma cobertura de modo mais uniforme sobre o solo (LOPES *et al.*, 1988b). KIEHL (1985) cita que mesmo para restos de cultura que ficam no campo é recomendável que se faça a "quebra" destes materiais (picá-los por meio de uma grade de disco), justamente para torná-los mais finos e fáceis de serem incorporados ao solo, além de proporcionar menores riscos de incêndio.

Convém mencionar que já nos trabalhos referentes a esta pesquisa, segundo funcionários que operam a picadeira localizada na Horta Municipal de São Carlos-SP (comunicação pessoal), após aproximadamente dois a três meses de formação da pilha de material triturado, em função de uma decomposição mais rápida das partes mais frágeis das plantas - folhas, flores e frutos - o que predomina no material são as partes trituradas do sistema sustentador da planta que são os ramos e troncos, com alta relação C/N e cuja decomposição é mais lenta.

A erosão superficial é geralmente a forma de erosão mais importante e, por isso mesmo, a decisiva no estudo de práticas conservacionistas. A determinação das perdas por arrastamento superficial constitui o método mais útil e acessível de estudar o efeito global das características do solo, o efeito da cobertura vegetal, das práticas culturais e,

especialmente, das práticas conservacionistas (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

TABELA 3.11 - Resultados dos testes de controle de erosão em função do tipo de material utilizado:

material utilizado	SÓLIDOS SEDI-MENTÁVEIS (ml/L)	TOTAL DE SÓLIDOS SUSPENSOS (mg/L)
controle - sem cobertura	34,0	31000,00
barreira de sedimentos	32,0	26000,00
restos de jardim, partículas de tamanho médio, cobertura uniforme	0,8	280,00
palha úmida	3,0	740,00
restos de jardim, partículas grosseiras, cobertura uniforme	1,4	690,00
barreira com material misturado	2,6	1300,00
composto de folhas, cobertura uniforme	2,8	740,00

FONTE: ETTLIN & STEWART (1993).

Cabe citar que, objetivando fornecer proteção à superfície do solo, algumas empresas, como a NORTH AMERICAN GREEN (1988) e a MACCAFERRI (1990), já utilizam uma espécie de “biomanta”, que consiste basicamente de material vegetal (gramíneas) picado e prensado. A primeira empresa utiliza a biomanta já como única proteção e comenta as principais vantagens deste tipo de material:

- Conserva em baixos níveis a temperatura do solo.
- Conserva a umidade do solo.
- Reduz a velocidade do escoamento superficial.
- Reduz a concentração de sedimentos e conseqüentemente as perdas de solo.

Já a empresa MACCAFERRI (1990), em seu informe técnico, recomenda o uso da “biomanta” nas obras de proteção em taludes e encostas onde há terrenos soltos e com forte inclinação. O uso da biomanta é efetuado após a disposição de pedras sobre o terreno e antes da colocação de tela metálica. Cita o informe que a função da biomanta é garantir uma perfeita aderência da mistura de sementes e adubo ao solo bem como favorecer e garantir o rápido crescimento da vegetação.

Num artigo publicado pela “COMPOST OPERATORS FORUM” na revista *Biocycle* (1996), os autores mencionam que, em função do grande número de locais que processam este tipo de material para alguma forma de aproveitamento nos Estados Unidos, houve uma necessidade e um incentivo de publicar tal artigo onde eles sugerem que o conhecimento de algumas variáveis abaixo relacionadas contribuem para a otimização da atividade de processamento e elevação da qualidade do produto final obtido após o processamento do material bruto.

1 - *Características de peso e volume do material* : Mencionam que esta variável é importante para facilitar o manejo pois, conforme o tipo de material que está sendo utilizado (árvores de grande porte, grama), estes produtos possuem características peculiares de peso e volume.

2 - *Conteúdo de umidade*: Influenciará no peso do material e conseqüentemente no rendimento que este material terá no campo pois, por exemplo, para um material que possui 35% de umidade, para cada tonelada que é levada a campo, 350 kg corresponde a água e que vai ser evaporada, restando somente 650 kg de material que efetivamente agirá sobre o solo.

3 - *Produtos destinados à servirem de cobertura morta*: Os autores mencionam que é conveniente fazer uma pesquisa de mercado para saber que tipo de material terá mais sucesso de saída. Para o caso da realidade brasileira, onde os solos são geralmente pobres e carentes de matéria orgânica e, em função do clima haver uma decomposição relativamente rápida, além dos preços dos fertilizantes serem normalmente caros e de difícil acesso de compra por parte dos pequenos produtores rurais, acredita-se que o melhor caminho seria a mistura das diferentes partes deste material e administrá-los no campo, para uso agrícola.

4 - *Capacidade e planejamento da área destinada a atividade*: Esta parte é de suma importância pois requer um planejamento da área de estocagem do material bruto que será triturado e também uma área de estocagem do material já pronto para sair. Para isto há a necessidade de se saber a quantidade de resíduo que é gerado e coletado por unidade de tempo (semana ou mês) e ainda a quantidade de material triturado que é demandado para os produtores da região (conforme a cultura instalada, época do ano, tipo de solo da propriedade agrícola, entre outras características).

5 - *Área de controle*: Os autores sugerem a existência de um local onde possa ser realizado todo tipo de controle da atividade (número de viagens dos caminhões, pesagem, inspeção (verificação da possível presença de algum tipo de material não desejado ou não útil para a atividade))

6 - *Área de processamento*: Este item já estaria incluído dentro do item número 4, porém são necessários para o cálculo desta área dados sobre a tecnologia utilizada (que para o presente trabalho é sugerida a trituração por meio de uma picadeira), em função da tecnologia utilizada tem-se um rendimento que é a quantidade de material processado por unidade de tempo.

7 - *Áreas de estocagem e cura (tratamento do material)*: Este item é dedicado mais para aqueles que optarem por fazer a compostagem do material. Desta forma a área será calculada em função da quantidade de material produzido, quantidade de material processado e tamanho (altura, largura e comprimento das leiras de compostagem) além do tempo que o material ficará no pátio para o processamento (compostagem).

8 - *Tipo de superfície da área de descarregamento de material*: Refere-se às condições dos caminhos que darão acesso ao local de processamento. Citam que, obviamente, é desejável que as ruas sejam asfaltadas e aptas para que transitem veículos de grande porte e peso. Também os pátios de estocagem dos dois tipos de material (bruto e já triturado) sugerem que seja pavimentado para que não haja mistura de material vegetal com solo e nem percolação da água que possa escoar das pilhas em eventos chuvosos.

9 - *Controle da poeira*: O controle da poeira seria para casos onde ocorra o processamento de material já bem seco, com chances de promover algum efeito negativo na população vizinha da área ou até mesmo para os funcionários que trabalham no local. Para o presente caso, como se trata de processamento de material vegetal ainda fresco, este problema talvez não venha a ocorrer.

10 - *Controle do barulho*: É principalmente quanto ao trânsito de caminhões e o barulho da própria picadeira. Como forma de evitar este problema, uma sugestão que é colocada seria de promover a instalação da área de processamento numa região periférica da cidade onde não esteja havendo forte expansão urbana, para haver certa facilidade de acesso aos caminhões e pouco ou nenhum risco de transtorno à população.

4 - JUSTIFICATIVA DA PESQUISA:

A proposta do presente trabalho baseia-se na problemática da acumulação e disposição final dos resíduos originados nas atividades de poda de praças e jardins, problema este que é comum em qualquer cidade do Brasil e do qual raramente se tem notícia de que esteja sendo destinado corretamente. Paralelamente a este problema está o clássico e tradicional problema da erosão nos solos brasileiros, quer seja em áreas urbanas, quer seja em áreas rurais, mas sempre com orçamentos muito onerosos em termos econômico e ambiental para prefeituras e demais segmentos da sociedade.

A obtenção de resultados de um trabalho que trate este tema como objeto de estudos é de grande interesse para prefeituras e/ou outras comunidades, uma vez que deve lhes proporcionar uma base de conhecimentos que, complementada com as características regionais sempre existentes, pode induzir à criação de programas de aproveitamento deste tipo de resíduo, que envolvem atividades e problemas tão distintos como: ocupação de terrenos para disposição deste tipo de material, gerenciar melhor o sistema de limpeza de terrenos baldios, praças públicas e da varrição de ruas, criação de, por exemplo, hortas municipais, uma vez que há uma fonte contínua de material a ser utilizado como recondicionador de solos e por fim contribuir, quando cabível, com propriedades rurais que estejam necessitando de cobertura morta para proteção do solo com alguma cultura ou mesmo em entressafras.

5 - MATERIAL E MÉTODOS:

5.1 - Localização e características ambientais da área do experimento:

5.1.1 - Localização da área:

O local onde foi realizado o experimento é o Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA), pertencente ao departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos - U.S.P. O Centro localiza-se às margens da Represa do Lobo (BROA), que por sua vez localiza-se no município de Itirapina, na região central do Estado de São Paulo, entre os meridianos $47^{\circ} 46'$ e $47^{\circ} 57'$ de longitude oeste e os paralelos $22^{\circ} 10'$ e $22^{\circ} 21'$ de latitude sul (SÉ, 1992; SOUZA, 1977), a aproximadamente 762 m de altitude (MATTOS, 1982).

O terreno escolhido para a realização do experimento, nos últimos anos vem sendo ocupado por capim colônia e na época das chuvas (setembro a março) vem sendo feita uma roça do mato uma vez por mês, aproximadamente, com passagem de grade.

5.1.2 - Geologia, geomorfologia e solos da área:

Quanto à sua geomorfologia, a Bacia do Lobo está incluída na província de "Cuestas" Basálticas e abrange um amplo anfiteatro de erosão aberto para o oeste (SOUZA, 1977).

O solo da área onde foi realizado o experimento é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa (SOUZA, 1977). Segundo LEPSCH apud SOUZA (1977), este tipo de solo engloba solos de arenosos a areno-barrentos, de pequena diferenciação entre horizontes, coloração amarela a vermelha, ácidos, com saturação baixa por bases, baixos teores de óxidos de ferro e grande pobreza em nutrientes. Ele se encontra em locais de relevo

muito acentuado a suavemente ondulado, sendo a vegetação original sobre ele o cerrado, e o material de origem arenítico.

No “Mapa de Erosão do Estado de São Paulo” elaborado pelo I.P.T (1995), a área de estudo, que por sua vez faz parte da região de São Carlos, é classificada como classe média e sub classe III-B, conforme o índice de suscetibilidade à erosão, onde para esta classe predominam as seguintes características (TABELA 5.1):

TABELA 5.1 - Classe, subclasse e processos erosivos com probabilidade de ocorrência na área de estudo conforme as características morfopedológicas da região:

SUSCETIBILIDADE		UNIDADE MORFOPEDEOLÓGICA			PROCESSOS EROSIVOS
CLASSE	SUB CLASSE	GEOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	SOLOS	
III M É D I A	III - B	<u>Arenitos</u> - Regiões localizadas nas Formações: Botucatu e Pirambóia, Rio Claro, Itaqueri e correlatas. Itararé, Aquidauana e Furnas	<u>Relevo suave</u> <u>e suave</u> <u>ondulado.</u> Colinas amplas, Encostas retilíneas. Declividade inferior a 15 %. Rampas longas.	<u>Solos de</u> <u>textura média</u> <u>e arenosa.</u> Latosolos vermelho- escuros, espessos e homogêneos. Areias quartzosas. Lençol freático no contato com a rocha	Ravinas e voçorocas de encosta frequentes, de grandes dimensões. Erosão Laminar moderada a intensa. Sulcos frequentes.

FONTE: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (I.P.T.) (1995).

5.1.3 - Clima:

Segundo autores citados por SOUZA (1977), o clima da região da Bacia do Lobo apresenta isothermas anuais entre 19 e 21°C, isothermas de julho (mês mais frio) entre 15 e 17°C, isothermas de janeiro (mês mais quente) entre 21 e 23°C. É classificado, segundo MATTOS (1982) como Úmido Subtropical.

O regime de chuvas na região, segundo TOLENTINO (1967), caracteriza-se pela existência de uma estação seca e outra chuvosa, bem definidas pelos seus índices pluviométricos.

5.2 - Procedimentos:

5.2.1 - Aquisição do material vegetal:

Foi adquirido junto à Horta Municipal da Cidade de São Carlos cerca de 100 kg (peso fresco) de material vegetal, que foi triturado com triturador do tipo "Sotenco - Vermeer - 620", com motor movido a gasolina (FIGURA 5.1). Este material vegetal é constituído de restos de podas realizadas em jardins e praças públicas da cidade pelo Departamento de Limpeza Pública da Prefeitura Municipal de São Carlos e compõe-se de todas as partes vegetais: tronco, ramos, folhas, raízes, flores e frutos das várias espécies vegetais que são utilizadas na atividade de arborização da área urbana do município.

5.2.2 - Obtenção do grau de declividade da área do experimento:

A declividade da área do experimento foi medida com o auxílio de uma mangueira plástica transparente (“nível de pedreiro”) e constatou-se uma declividade média de 6,85%.

5.2.3 - Descrição da estruturação e montagem do experimento:

O experimento consistiu na utilização de 6 parcelas, cada uma medindo 13,20 m de comprimento e 3,30 m de largura, distanciadas entre si cerca de 1,5 m, com as delimitações confeccionadas com pranchas de madeira, sendo que na cota inferior de cada parcela havia uma lona plástica servindo de calha para a água do escoamento superficial, conforme mencionado em BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990; LOPES *et al.* 1987a; LOPES *et al.*, 1987b; PRADO FILHO & SELBACH, 1988 (FIGURA 5.2). Neste plástico foi conectado um tubo de PVC de 1 e 1/2” de diâmetro e 0,5 m de comprimento, afinando a água resultante do escoamento superficial que era escoada sobre o plástico (ETTILN & STEWART, 1993). Junto à extremidade do tubo de saída havia um balde graduado de plástico de 17 litros que armazenava a água da chuva escorrida sobre a parcela, a qual era posteriormente utilizada para análises físico-químicas (FIGURA 5.3).

Os baldes ficavam cobertos com plástico para evitar a entrada de água que não fosse pelo tubo. Junto ao balde de cada parcela foi conectado, também por meio de um outro tubo, um outro balde também protegido com plástico para armazenar o excesso de água que poderia transbordar no primeiro balde.

Em três das seis parcelas não se colocou nenhum tipo de cobertura sobre a superfície, sendo considerado então como controle do experimento. Nas outras três parcelas foi colocado cerca de 23 kg de material

vegetal triturado (equivalendo a aproximadamente 5 t/ha) vindo da Horta Municipal, constituindo um tipo de material semelhante ao que é encontrado na serapilheira em pisos florestais. Por sorteio, foi estipulado que as parcelas números 1, 2 e 4 ficariam representando a condição de tratamento (P1, P2 e P4) e as parcelas 3, 5 e 6 ficariam representando a condição de controle (P3, P5 e P6).

Vale salientar que o objetivo inicial foi utilizar duas parcelas como controle, duas com tratamento usando-se material triturado e outras duas com material triturado e posteriormente moído, obtendo-se partículas de menor tamanho com o intuito de estimular uma



FIGURA 5.1 - Fotografia mostrando a picadeira utilizada para a trituração do material vegetal originado nas atividades de podas de jardins e praças públicas.



FIGURA 5.2 - Fotografia mostrando duas das seis parcelas montadas no C.R.H.E.A. para a realização do experimento, uma sendo controle e outra com a cobertura vegetal morta sobre a superfície do solo.



FIGURA 5.3 - Fotografia mostrando o detalhe dos coletores feitos por ETTLIN & STEWART (1993) e confeccionados de forma semelhante para o presente trabalho.

decomposição mais rápida do material quando este fosse colocado em campo. Porém, quando se procedeu a utilização do moinho, que é do tipo “Villey”, utilizado para moer material vegetal destinado à análise química, notou-se imediatamente um baixo rendimento no processo de moagem, ocasionando um gasto energético muito alto (alto consumo de energia elétrica por parte do motor que rotacionava as facas do moinho). Uma vez que o objetivo da pesquisa foi, sobretudo, estruturar um sistema de utilização do “lixo-verde” financeiramente barato, esta atividade de moer não se mostrou interessante para uma prefeitura, por exemplo, dadas as grandes quantidades de material a ser moído.

5.3 - Análises, quantificações e determinações realizadas:

5.3.1 - Análise do número de eventos chuvosos e avaliação da erosividade das ocorrências chuvosas na região durante o experimento:

O número de ocorrências chuvosas bem como o volume e a intensidade de cada ocorrência foi obtido através de leitura no pluviógrafo da estação climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, a qual se localiza ao lado da área do experimento.

A energia cinética das gotas de chuva foi avaliada para cada ocorrência chuvosa através da seguinte equação descrita por FOSTER *et al.* (1981) e BERTONI & LOMBARDI NETO (1990):

$$E_c = 0,119 + 0,0873 \log I$$

onde:

E_c = energia cinética em MJ/ha x mm.

I = intensidade da chuva em mm / h.

Utilizando os valores obtidos na equação acima calculou-se o índice de erosão (EI) para o período em que se realizou o experimento através da seguinte equação citada por FOSTER *et al.* (1981):

$$EI = E_c \times I_{30}$$

onde:

EI: Índice de erosão em MJ/ha x mm/h.

E_c : Energia cinética da chuva.

I_{30} : Intensidade máxima em 30 minutos multiplicado por 2, em milímetros/hora.

$$R = \sum_{j=1}^n (EI)_j$$

R - erosividade da chuva no período

n - número de eventos chuvosos computados para a soma

EI: Índice de erosão em MJ/ha x mm/h.

É fundamental observar o fato de que, segundo FOSTER *et al.* (1981), ocorrências chuvosas menores que 13 mm e separadas entre si por um período de tempo superior a 6 horas, não são computadas para o cálculo da erosividade do período, com exceção de chuvas maiores que 6 mm por um tempo de 15 minutos.

5.3.2 - Análise química do solo:

Com o intuito de se conhecerem as condições iniciais de fertilidade do solo da área em que foi realizado o experimento, foram coletadas aleatoriamente e com o auxílio de um trado, quinze amostras de solo no horizonte superficial (primeiros 20 cm de profundidade). Estas amostras foram juntadas num recipiente, misturadas e da amostra composta foram extraídos aproximadamente 500 g de terra, que representaram as condições químicas de todo o local de estudo (correspondendo a uma área de aproximadamente 500 m²). A amostra representativa do local foi levada ao laboratório de análises químicas do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ - Piracicaba, para análise química das variáveis abaixo relacionadas, as quais representaram as condições iniciais de fertilidade do solo do local do experimento (PRADO,1991):

- pH
- Matéria orgânica.
- P.
- K,
- Soma de bases (S).
- N
- Ca
- Mg
- H⁺ + Al³⁺.
- Soma total de cátions (T).
- Grau de saturação por bases (V).

Após o período do experimento, foram coletadas 5 amostras de terra do horizonte superficial de solo (20 cm aproximadamente) de cada parcela. As amostras das parcelas controle foram juntadas e homogeneizadas num recipiente e do total retirou-se uma amostra de 500 g de terra que representou as condições químicas do solo que não recebeu material vegetal. O mesmo procedimento acima descrito foi adotado para as parcelas que receberam a cobertura vegetal morta. As amostras foram levadas ao laboratório

de análises químicas do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ, para análise química das variáveis anteriormente relacionadas.

5.3.3. - Análises físicas:

5.3.3.1 - Cor, textura e erodibilidade do solo:

O mesmo procedimento de coleta de amostras de terra foi adotado para análise física, no laboratório de mecânica dos solos do Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC - USP), sendo determinadas a cor e a textura da amostra.

O grau de erodibilidade do solo foi obtido através da equação descrita por BOUYOUCOS (1935). O autor descreve esta técnica em função da teoria de que a argila, juntamente com o húmus, possuem a tendência juntar e cimentar as partículas de solo em agregados, dificultando a dispersão das partículas de solo. Os resultados obtidos utilizando-se a relação abaixo citada, correlaciona com outros métodos citados pelo próprio autor, porém esta leva a vantagem de ser simples e permitir rápida obtenção do grau de susceptibilidade à erosão.

$$K = \frac{\% \text{ de areia} + \% \text{ de silte}}{\% \text{ de argila}}$$

onde:

K - grau de susceptibilidade do solo à erosão.

areia - grãos de tamanho entre 0,06 - 2,00 mm.

silte - grãos de tamanho entre 0,002 - 0,06 mm.

argila - grãos de tamanho menores que 0,002 mm.

5.3.3.2 - Umidade:

Durante o período de execução do experimento, foi realizada a coleta de duas amostras de solo em cada parcela, numa frequência de três vezes por semana. Estas amostras eram pesadas para obtenção de peso úmido e transportadas a uma estufa com temperatura de cerca de 90°C por aproximadamente 48 horas, quando então eram novamente pesadas visando a obtenção do peso seco. Calculou-se então a umidade do solo (%) através da seguinte fórmula, descrita por BANDEIRA apud SILVA (1993):

$$US = \frac{\Delta S}{S_o} \times 100$$

onde:

US = umidade do solo (%).

ΔS = diferença entre peso úmido e seco da amostra.

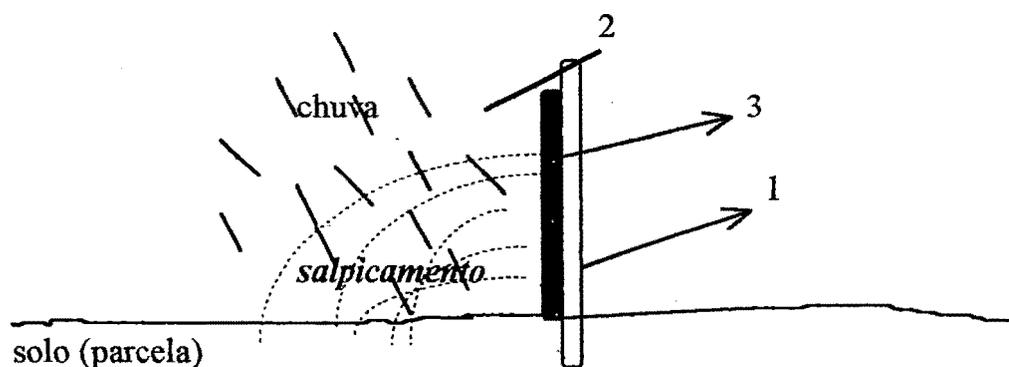
S_o = peso úmido da amostra.

5.3.3.3 - Temperatura:

Realizou-se, também numa frequência de três dias por semana e em três horários ao dia (aproximadamente às 8:30, 13:00 e 15:15), a leitura da temperatura em dois pontos de cada parcela escolhidos ao acaso. O geotermômetro utilizado era inserido a 5 cm de profundidade em cada ponto de amostragem e após a estabilização o valor da temperatura era lido e anotado.

5.3.4 - Quantificação do material salpicado para cada evento chuvoso:

A quantificação da eficiência de proteção do solo pela presença de cobertura morta foi efetuada utilizando o dispositivo de captura de partículas de solo descrito a seguir. Um anteparo rígido foi fixado perpendicularmente ao solo, tendo 19 cm de altura e 28 cm de largura. Sobre a superfície do anteparo foi fixada uma lâmina de espuma de 1,0 cm de espessura. Sobre o conjunto foi montada uma placa protetora, de forma a evitar que a chuva atingisse diretamente a espuma, carreando o material nela salpicado (FIGURA 5.4).



1 - Anteparo.

2 - Placa protetora para impedir que as gotas de chuva atinjam diretamente a superfície da espuma.

3 - Espuma de coleta de salpicamento disposta rente à superfície do solo, retém as partículas de solo desprendidas e salpicadas pelo impacto das gotas de chuva.

Linhas inteiras - água da chuva caindo sobre o solo.

Curvas pontilhadas - partículas de solo sendo lançadas contra a espuma em função do impacto causado pelas gotas de chuva.

FIGURA 5.4 - Esquema (vista lateral) ilustrando o procedimento adotado para quantificar-se o nível de salpicamento (em gramas de peso seco) em solos com superfície com cobertura e sem cobertura - dimensões citadas no texto.

Nesta montagem, a espuma fica disposta no sentido vertical e, para cada evento chuvoso, as partículas que se desprendem do solo e atingem a espuma ficam retidas na mesma. A água da chuva que também atinge a espuma por sua vez, escorre para o solo. O peso da espuma era quantificado antes de ser colocada no campo e, após cada evento chuvoso, a espuma era transportada ao laboratório, seca em estufa a 90°C por aproximadamente 48 horas e posteriormente pesada. Do peso seco final foi subtraído o peso da espuma previamente conhecido, obtendo-se a quantidade de solo que foi desprendido e que atingiu a superfície da espuma. Foram colocados dois dispositivos de captura de partículas (dispositivos de salpicamento) em cada parcela, em sentidos opostos para evitar desvios em função do sentido da chuva.

5.3.5 - Análise química do material vegetal:

Da quantidade total do material vegetal que serviu de cobertura morta (proteção) à superfície do solo coletou-se, antes do espalhamento sobre o terreno, uma amostra de 500 g que foi levada ao laboratório de análises químicas do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ - Piracicaba, para serem realizadas análises químicas visando quantificar as seguintes variáveis:

- N. - P. - K - C.
- Ca. -Mg. - S.

Após o período do experimento no campo, coletou-se três amostras da quantidade remanescente de cobertura sobre o solo de cada parcela, juntou-se num recipiente, homogeneizou-se a quantidade total e dela foi extraído uma amostra representativa de 500 g que foi transportada ao

mesmo laboratório para que fosse realizada a análise química das variáveis acima mencionadas.

5.3.6 - Determinação da porcentagem de cobertura proporcionada à superfície do solo pelo “lixo-verde” triturado ao longo do tempo:

A determinação da porcentagem de cobertura do solo pelo resíduo vegetal foi realizada por método fotográfico. No momento em que se espalhou o material sobre a superfície do solo das parcelas, obteve-se uma cobertura uniforme por toda a parcela e que, conforme a FIGURA 5.2, para a quantidade de material administrado sobre as parcelas (aproximadamente 5 t/ha). Esta quantidade conferiu cerca de 70% de cobertura inicial da superfície do solo.

Cerca de 40 dias após o início do experimento, foi colocado, duas vezes em cada parcela que recebeu material triturado e em locais diferentes de cada parcela, um quadro de 1 m². Tirou-se uma foto de cada local onde estava o quadro.

Das fotos reveladas copiou-se toda a imagem do quadrado numa folha de papel de seda na mesma escala da foto e recortaram-se as áreas onde haviam manchas de cobertura. Foi pesado o quadrado inteiro (100% de peso e da área) e também os pedaços correspondentes às áreas com manchas de cobertura vegetal sobre o solo, daí obtendo-se a porcentagem de área ainda coberta para cada quadrado montado, conforme mostra a equação abaixo. O mesmo procedimento foi realizado na última semana de execução do experimento. A expressão utilizada para quantificar a área coberta foi:

$$C = \frac{P}{P} * 100$$

onde:

C - área coberta (em %).

p - peso dos pedaços de papel de seda correspondentes às manchas de cobertura dentro do quadro da fotografado (em gramas).

P - peso do pedaço de papel de seda correspondente à área inteira do quadro fotografado (em gramas).

5.3.7 - Perdas de solo e água:

Para cada ocorrência de chuva, durante o período do experimento, com a água que escoou para os baldes de cada parcela foram sendo feitas as seguintes quantificações:

- volume de sedimento que foi transportado e depositado nos coletores.
- volume de água escoada em cada parcela;

5.3.8 - Análise de parâmetros físicos e químicos da água do escoamento superficial:

Do volume total de água de cada balde, coletou-se uma alíquota de 200 ml que foi transportada ao laboratório de limnologia do C.R.H.E.A.. As alíquotas das parcelas com cobertura foram juntadas num recipiente, homogeneizadas e daí efetuava-se a análise das variáveis descritas abaixo, sendo adotado o mesmo procedimento para as amostras coletadas das parcelas sem cobertura:

5.3.8.1 - - pH - Determinado através da utilização de um pHmetro DMpH-2, marca DIGIMED.

5.3.8.2 - Material em suspensão: Foi feito por diferença de pesagem de filtro. Um volume conhecido da amostra era filtrado com o auxílio de uma bomba de vácuo utilizando-se filtros Millipore AP-40. Antes da filtração os filtros foram previamente queimados em mufla a 400°C e após a queima e estabilização da temperatura em dessecador, foram pesados. Após realizada a filtração da amostra, os filtros (sempre dois para cada amostra - original e réplica) eram levados à estufa a 80°C por 24 horas e posteriormente pesados (obtendo-se o peso total), em seguida eram levados à mufla a 400°C por aproximadamente 2 horas para a queima da fração orgânica do material filtrado, sendo então retirados, mantidos em dessecador por aproximadamente 40 minutos e posteriormente pesados, para obtenção do peso da fração mineral. A concentração do material em suspensão total, foi obtida através da seguinte fórmula:

$$C = \frac{(P_1 - P_0) * 1000}{V}$$

onde:

C = concentração de material (mg/l).

P₀ = peso seco do filtro, queimado e pesado antes da filtração e anotado a parte (miligramas).

P₁ = peso seco do filtro após a filtração da amostra.(miligramas).

V = volume de amostra utilizado na filtração (em litros).

A concentração de material mineral foi obtida através da seguinte fórmula:

$$M = \frac{(P_2 - P_0) * 1000}{V}$$

onde:

M = concentração de material - fração mineral (mg/l).

P₀ = peso seco do filtro, queimado e pesado antes da filtragem e anotado a parte (miligramas)

P₂ = peso seco do filtro após queima em mufla (miligramas).

V = volume de amostra utilizado na filtragem (em litros).

O cálculo da concentração da fração orgânica foi feito utilizando-se a seguinte equação:

$$O = C - M$$

onde:

O = concentração de material - fração orgânica (mg/l).

C = concentração total de material (mg/l).

M = concentração de material - fração mineral (mg/l).

5.3.8.3 - Nitrato (NO₃⁻) - Determinado segundo método de MACKERETT *et al.* (1978) apud C.R.H.E.A. (1996), com leitura realizada em espectrofotômetro a 543 nm.

5.3.8.4 - Íon amônio (NH₄⁺) - Determinado pelo método de KOROLEFF (C.R.H.E.A., 1996), com leitura realizada em espectrofotômetro a 630 nm.

5.4 - Análise estatística:

Buscando ter o conhecimento do efeito da diminuição da cobertura morta na conservação da umidade do solo ao longo do tempo, calculou-se as diferenças dos valores obtidos entre as condições experimentais para cada data de coleta e com estas diferenças foi calculada uma reta através de regressão linear e que foi plotada num gráfico juntamente com os valores calculados para as diferenças.

Para testar o grau de relação entre algumas variáveis, efetuou-se o teste de correlação não paramétrica (teste de Spearman) (AYRES & AYRES JÚNIOR, 1987) para as seguintes variáveis nas suas respectivas datas de coletas:

salpicamento (condição controle) x erosividade.

salpicamento (condição tratamento) x erosividade.

salpicamento (condição controle) x perda de solo (condição controle).

salpicamento (condição tratamento) x perda de solo (condição tratamento).

perda de solo (condição controle) x erosividade.

perda de solo (condição tratamento) x erosividade.

5.5 - Desenvolvimento de subsídios para auxílio no gerenciamento de resíduos originados nas atividades de podas em praças públicas, residências e outras áreas (jardins de fábricas, clubes, entre outros estabelecimentos):

Buscou-se listar os procedimentos que foram considerados de importância para serem adotados, desde a coleta do material até a obtenção do produto final para ser levado a campo e ser administrado sobre a superfície do solo. Algumas características físicas, urbanas e rurais, que uma equipe deve ter em mãos para decisão do planejamento da atividade de aproveitamento deste tipo de resíduo também foram acrescentadas à listagem, objetivando contribuir para a geração de informações que otimizem tal atividade dentro de um município.

O procedimento básico para a obtenção dessas informações foi a coleta de dados e entrevistas pessoais em alguns departamentos da Prefeitura Municipal de São Carlos-SP, como o Departamento de Serviços Urbanos (D.S.U.), a Assessoria de Planejamento (ASPLA), além de pesquisa bibliográfica e de dados do I.B.G.E.. A quantificação do volume de material coletado em São Carlos foi feita acompanhando a atividade de poda efetuada por funcionários da Prefeitura de São Carlos, acompanhamento este registrado em fotografias.

6 - RESULTADOS:

São apresentados a seguir, os resultados obtidos nas duas partes do trabalho, a parte experimental (parte I) que compreende os resultados obtidos durante a realização do experimento descrito no capítulo anterior e a parte de elaboração de diretrizes para auxílio no programa de aproveitamento de resíduos vegetais de origem urbana para conservação do solo (parte II). A discussão destes resultados é feita no próximo capítulo, cujo objetivo é discutir de forma integrada os resultados, uma vez que há forte dependência e influência entre si de muitas variáveis estudadas, principalmente na primeira parte.

6.1 - Parte experimental:

6.1.1 - Características das ocorrências de chuva durante o período do experimento:

Conforme mostra a TABELA 6.1, durante os 91 dias de duração do experimento, houve no total 50 dias de chuva, sendo que 19 ocorreram no mês de janeiro, 13 no mês de fevereiro e 18 no mês de março. Janeiro foi o mês em que se obteve também a maior altura de precipitação (336,0 mm), respondendo por 50,1% do total de chuva precipitada no período, assim como o maior número de precipitações totais (24) e maior número de precipitações computadas para cálculo da erosividade da chuva no período (12). Fevereiro ficou com os menores valores destas variáveis, obtendo 162,4 mm de chuva (24,41% do total), 13 chuvas no total e 6 chuvas as quais foram computadas para cálculo da erosividade no período. Os valores intermediários ficaram para o mês de março, com 116,7 mm de chuva (25,06%), 7 ocorrências chuvosas computadas para o cálculo da erosividade no período dentro do total das 22

chuvas que ocorreram no mês. Também o número de coletas realizadas seguiram esta mesma ordem, realizando-se 6 coletas em janeiro, 4 coletas em março e 3 coletas em fevereiro, com um total de 13 coletas realizadas. O maior valor da erosividade foi verificado no mês de março (2227,31 MJ/ha x mm/h), ficando logo após o mês de janeiro com 1668,88 MJ/ha x mm/h e em seguida o mês de fevereiro com 968,38 MJ/ha x mm/h. O valor total da erosividade obtida para o período (R), que é a soma dos valores obtidos para os meses de janeiro, fevereiro e março, foi 4864,57 MJ/ha x mm/h.

TABELA 6.1 - Características da chuva no local durante o período do experimento:

CARACTERÍSTICA	JAN	FEV	MAR	TOTAIS
nº de dias no mês	31	29	31	91
nº de dias com chuva	19	13	18	50
precipitação total no período (mm)	336,0	162,4	166,7	665,1
nº de precipitações (geral)	24	13	22	59
nº de precipitações computadas para obtenção de (R) para o período	13	6	7	26
nº de coletas de sedimento e água realizadas	6	3	4	13
erosividade (R) (MJ/ha x mm/h)	1673,28	968,38	2227,31	4868,97

6.1.2 - Variáveis do solo:

As variáveis referentes à dinâmica do solo revelou, de maneira geral, que as parcelas que tiveram a superfície coberta com material vegetal apresentaram um quadro mais favorável do ponto de vista agrícola e de conservação do solo quando comparadas com as parcelas que foram mantidas com solo exposto, isto é, obtiveram temperaturas mais amenas principalmente nos horários mais quentes do dia, maiores porcentagens de umidade e enriquecimento de algumas variáveis químicas, principalmente nitrogênio e matéria orgânica, dada a proteção conferida pela cobertura vegetal morta sobre o solo.

6.1.2.1 - Química:

Conforme mostra a TABELA 6.2, foi observada uma ligeira neutralização do pH das parcelas onde administrou-se a cobertura e uma ligeira acidificação no solo das parcelas mantidas como controle, quando comparado com o valor do pH da amostra coletada na área na fase inicial do experimento. Obteve-se também um aumento na porcentagem de matéria orgânica (M.O.), ainda que muito discreto, tanto nas parcelas com cobertura como sem cobertura. O mesmo incremento é notado na porcentagem de nitrogênio (N) na fase final para as parcelas que receberam material vegetal.

A relação C/N aumentou em ambas as condições experimentais, porém obteve-se maior valor nas parcelas controle, devido provavelmente, ao aumento da porcentagem de matéria orgânica no solo e, principalmente, à diminuição da porcentagem de nitrogênio.

Também foi notado aumento no valor dos íons hidrogênio + alumínio (H + Al) para o solo das parcelas controles, enquanto que para as parcelas com tratamento esta variável se manteve inalterada.

TABELA 6.2: Resultados da análise química do solo:

variável	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	P	V	M.O.	N	C/N
				meq / 100 cm ³				µg / cm ³		%		
fase inicial	4,9	0,28	5,0	2,3	4,2	7,6	11,8	11,0	64,0	3,8	0,2	11,04
fase final (tratamento)	5,1	0,11	3,4	1,1	4,2	4,6	8,8	10,0	52,0	4,2	0,22	11,09
fase final (controle)	4,8	0,07	3,1	0,9	5,2	4,1	9,3	8,0	44,0	4,3	0,18	13,88

fase inicial - coleta realizada na última semana de dezembro de 1995.

fase final - coleta realizada na última semana de março de 1996.

pH - potencial hidrogeniônico

H + Al - soma de íons hidrogênio + íons alumínio

T - soma total de cátions

V - grau de saturação por bases

C/N - relação carbono / nitrogênio

µg / cm³ - microgramas por centímetros cúbicos

meq / 100 cm³ - miliequivalentes por 100 centímetros cúbicos

K - potássio

Ca - Cálcio

Mg - Magnésio

SB - soma de bases

P - fósforo

N - nitrogênio

M.O. - matéria orgânica

CaCl₂ - cloreto de cálcio

% - porcentagem

As variáveis fósforo, potássio, cálcio, magnésio, soma de bases (SB), soma total de cátions (T) e grau de saturação por bases (V), sofreram uma diminuição em seus valores para ambas as condições experimentais ao longo do período do experimento, porém de forma mais acentuada nas parcelas controle.

6.1.2.2 - Cor, textura e erodibilidade do solo:

A análise da amostra realizada pelo Departamento de Geotecnia (EESC - USP), revelou que o solo do local possui cor vermelho-escuro, segundo a tabela de Munsell, revelando, portanto, a presença de óxidos de ferro pouco hidratados.

A textura apresentou-se com a seguinte composição: 50 % de areia, 30 % argila e 20 % silte, revelando um solo, segundo o Departamento de Geotecnia, de caráter: areia - argilo - siltosa (FIGURA 6.1).

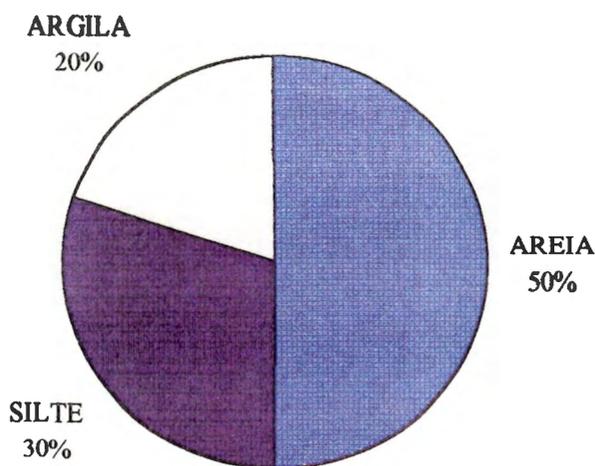


FIGURA 6.1 - Relação, em %, dos componentes da textura do solo.

Em função da proporção de grãos de areia, silte e argila encontrada no solo da área do experimento, obteve-se um índice de erodibilidade, segundo a relação sugerida por BOYOUCOS (1935) e já mencionada na metodologia, igual a 4,0, dentro de uma faixa cujos extremos são 0,517 e 11,2.

6.1.2.3 - Umidade:

A FIGURA 6.2 mostra o comportamento das linhas obtidas de médias aritméticas de umidade do solo nas parcelas com cobertura (tratamento) e sem cobertura (controle). Dos valores médios foi calculado o valor médio de cada condição experimental em cada coleta através da média aritmética dos valores das três parcelas de controle e dos valores das três parcelas de tratamento.

Nota-se que em todas as datas de coletas, obteve-se maiores valores em porcentagens de umidade do solo para as parcelas com cobertura, exceções são feitas para o dia 31 de janeiro, em que se obteve porcentagem média ligeiramente maior para as parcelas controle e para o dia 27 de março, onde ambas as condições experimentais obtiveram mesmas porcentagens de umidade. As causas para esta inversão não são claras. O que se pode observar é que a inversão ocorreu em períodos de baixa umidade, o que, entretanto, não é uma tendência geral, visto que entre 16 e 26 de fevereiro há um período seco no qual a porcentagem de umidade das parcelas com cobertura é maior que aquelas sem cobertura.

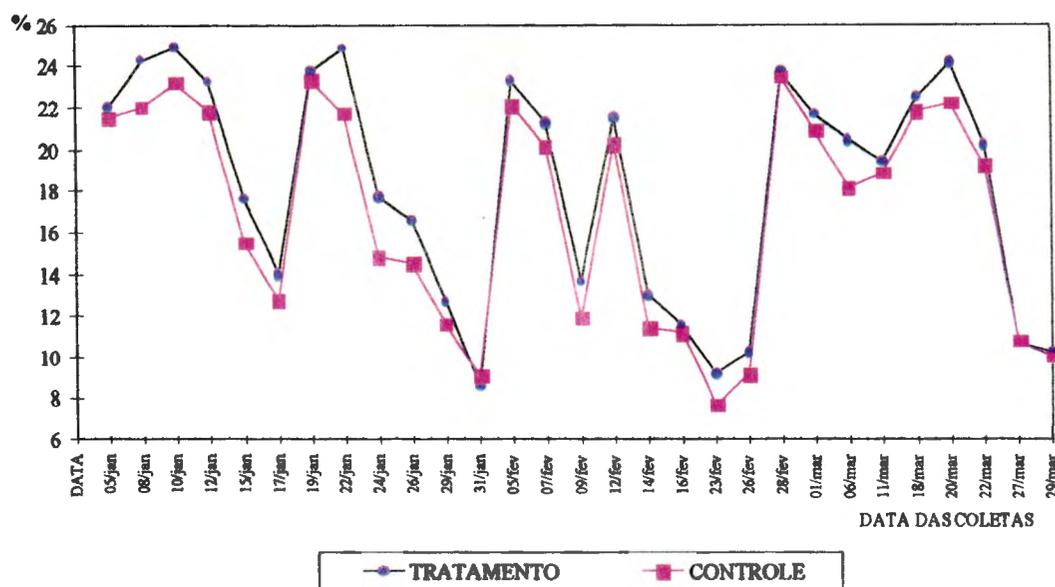


FIGURA 6.2 - Médias de % de umidade do solo para as parcelas na condição de controle e para as parcelas na condição de tratamento.

Considerando os menores valores de umidade, verifica-se a ocorrência de dois momentos (dias 31 de janeiro e 23 de fevereiro) em que se constataram valores menores que 10% em ambas as condições experimentais.

Por outro lado, considerando os maiores valores de umidade, verifica-se que em apenas três datas de coleta obteve-se valores de umidade maiores que 22% para as parcelas sem cobertura, enquanto que para as parcelas nas quais foi administrado resíduo vegetal obtiveram-se valores superiores a 22% em nove coletas.

Em termos globais, portanto, as parcelas tratadas com cobertura morta conservaram o solo com maiores índices de umidade em quase todo o período do experimento. A FIGURA 6.3 mostra com mais nitidez as diferenças observadas na FIGURA 6.2, para cada dia de coleta, entre as duas condições experimentais testadas. Nota-se pela figura que em 65% dos dias de coleta obteve-se diferenças maiores que 1% na porcentagem de umidade.

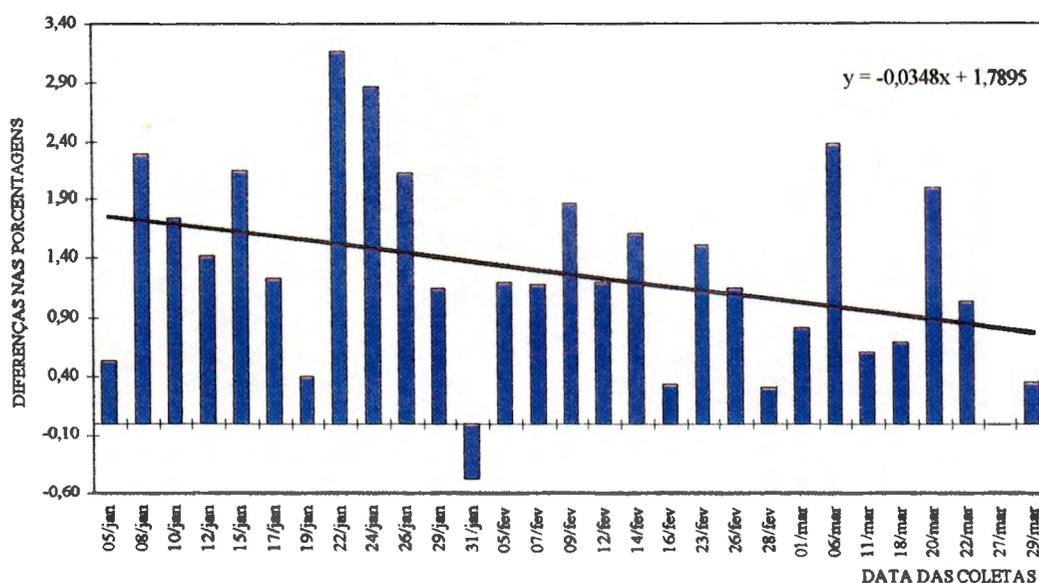


FIGURA 6.3 - Diferenças observadas entre as médias de porcentagem de umidade das duas condições experimentais, para cada dia de coleta.

Nesta mesma figura plotou-se uma reta de regressão linear obtida através da equação $y = -0,0348x + 1,7895$. A reta nos mostra a tendência de diminuição da diferença entre as médias das condições experimentais ao longo do tempo.

A FIGURA 6.4 mostra a estreita relação existente entre o comportamento das chuvas (principalmente a frequência com que ocorre) e a quantidade de água no solo, independentemente da condição experimental em questão, fato muito comentado por pesquisadores, e que ocorre tanto em solos agrícolas como em solo florestais e também de modo sazonal (valores maiores de umidade na época das chuvas e baixos valores na época da seca).

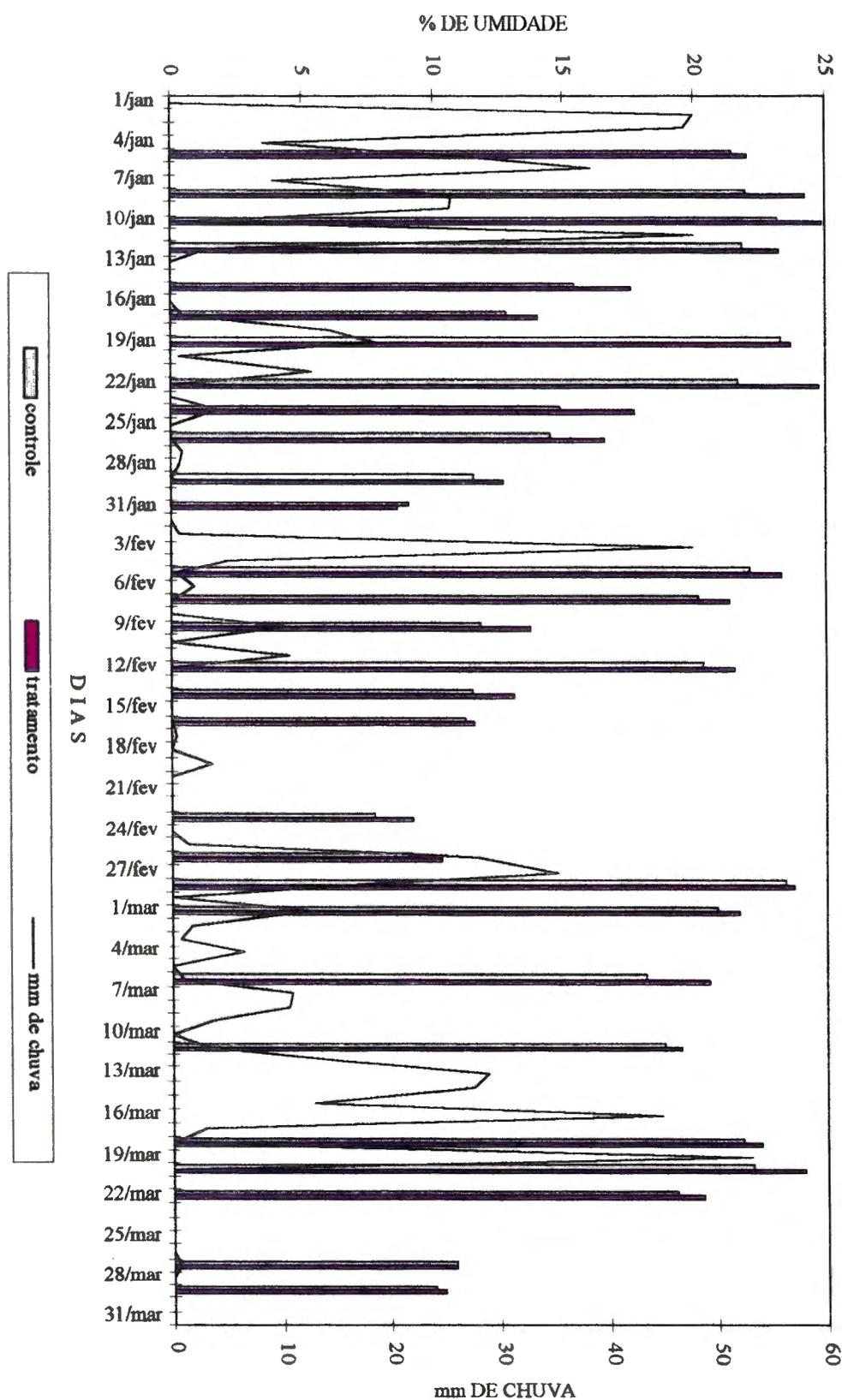


FIGURA 6.4 - Comparação entre o comportamento da umidade do solo e a frequência de chuvas.

6.1.2.4 - Temperatura do solo:

Verificou-se que para os três horários diários em que foi feita a leitura, a temperatura foi menor nas parcelas com cobertura morta. Tal comportamento foi observado em todos os dias para os horários das 8:30 (FIGURA 6.5) e 13:00 (FIGURA 6.6) e, com exceção da leitura do dia 20 de março, também para o horário das 15:15 (FIGURA 6.7). A diferença mostra-se maior nos dias mais quentes, nos quais a temperatura chegou a altos valores especialmente ao meio-dia e no período da tarde. Nestes horários o solo já sofreu considerável exposição ao sol, enquanto que para o período da manhã as condições térmicas para o ambiente e para o solo ainda estão mais amenas.

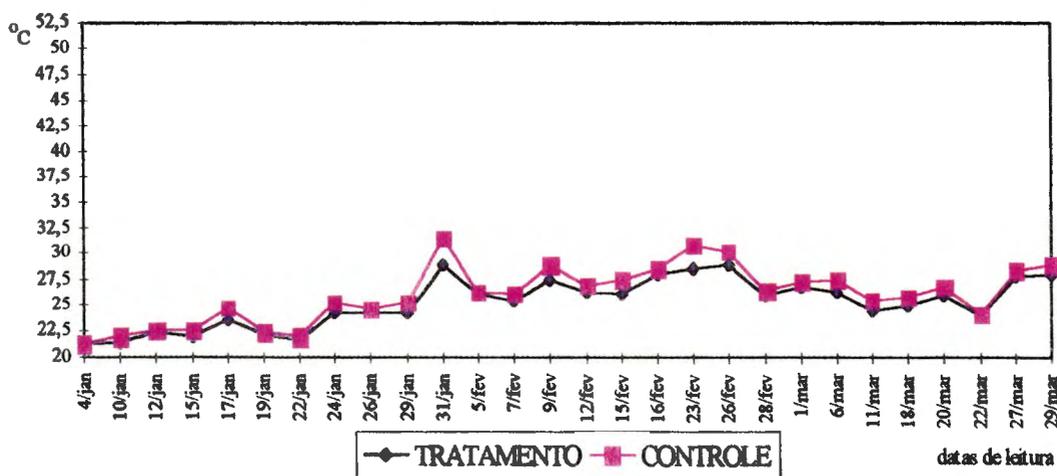


FIGURA 6.5 - Médias de temperatura do horário 8:30 para as parcelas na condição de controle e para as parcelas na condição de tratamento.

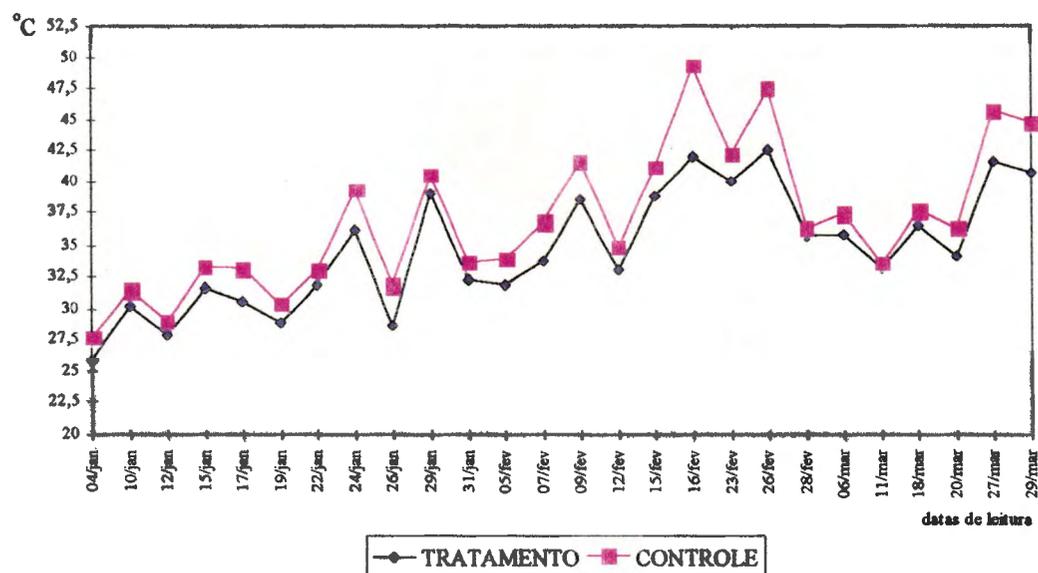


FIGURA 6.6 - Médias de temperatura do horário 13:00 para as parcelas na condição de controle e para as parcelas na condição de tratamento.

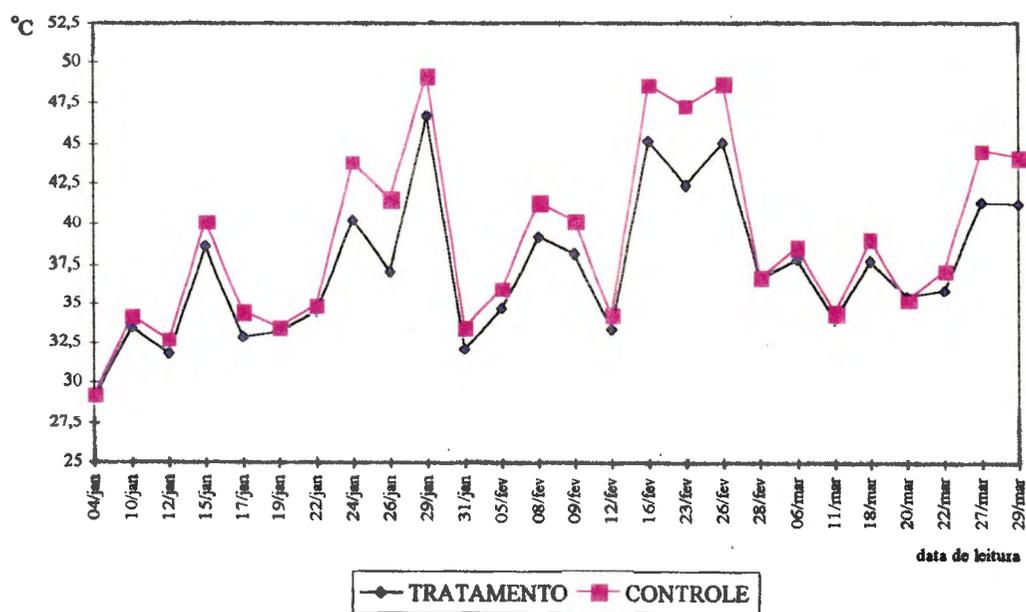


FIGURA 6.7 - Médias de temperatura do horário 15:15 para as parcelas na condição de controle e para as parcelas na condição de tratamento.

Para os dias cuja temperatura foi mais amena, verificou-se maior proximidade entre as médias dos valores de temperatura das duas condições experimentais.

Considerando as temperaturas extremas, para o horário das 8:30 verificou-se que em três ocasiões a temperatura das parcelas controle ultrapassou os 30°C, não sendo notado este fato para as parcelas que continham cobertura morta. O valor mínimo (média) obtido para a condição de controle foi 21,15°C e o máximo foi 31,50°C, já para a condição de tratamento o mínimo observado foi 21,13°C e o máximo foi 28,92°C.

Para o horário das 13:00, foi observado que em 30% de todos os dias de coleta a temperatura das parcelas controle ultrapassou os 40°C e que tal fato foi notado em 19% de todos os dias de coleta para as parcelas com cobertura morta. A temperatura mínima obtida para a condição de controle foi 27,47°C e a máxima foi 49,17°C. Para a condição de tratamento a mínima observada foi 25,80°C e a máxima foi 42,50°C.

Finalmente, em 42% de todos os dias de coleta os valores da temperatura do solo ultrapassaram os 40°C para a condição de controle no horário das 15:15 e em 27% de todos os dias de coleta os valores ultrapassaram os 40°C para a condição de tratamento. O valor mínimo obtido para a condição de controle foi 29,20°C e o máximo foi 49,0°C, já para a condição de tratamento o mínimo observado foi 29,1°C e o máximo foi 46,67°C.

6.1.3 - Quantificação do material salpicado:

A TABELA 6.3 mostra os valores (médias) de material salpicado, em gramas de peso seco, para cada condição: tratamento e controle. Os maiores valores obtidos foram no dia 28 de fevereiro, enquanto que os menores ficaram para o dia 29 de janeiro, seguido pelo dia 11 de março e pelo dia 22 de janeiro.

Em todas as coletas efetuadas obteve-se valores menores de material salpicado para a condição de tratamento. Em cinco das nove coletas efetuadas observou-se que a diferença de peso de material salpicado entre as médias das condições experimentais foi superior a 50%. A maior diferença observada (75%) foi para o dia onde obteve-se menores valores de material salpicado, 29 de janeiro.

Convém mencionar que nem todas as datas de coleta de dados do salpicamento coincidem com as datas de coleta de dados de material transportado por escoamento superficial. Isto se deve ao fato de que só foi possível colocar as espumas no campo no dia 15 de janeiro e também pelo fato de que ocorreram algumas chuvas cuja intensidade não foi suficiente para causar transporte de material aos coletores, contudo foram suficientes para causar desprendimento e lançamento de partículas de solo às espumas.

TABELA 6.3 - Quantificação de material salpicado (em gramas de peso seco) para cada evento chuvoso:

data da coleta	TRATAMENTO (médias e D.P.)	CONTROLE (médias e D. P.)	altura de chuva (mm)	erosividade (MJ/ha . mm/h)
19/JAN	15,73 (± 3,921)	36,35 (± 3,797)	28,3	126,34
22/JAN	5,50 (± 1,646)	11,10 (± 2,762)	13,5	44,14
29/JAN	0,63 (± 0,437)	2,62 (± 0,896)	4,2	4,40
5/FEV	20,93 (± 2,558)	27,57 (± 5,465)	46,1	565,92
12/FEV	18,65 (± 6,736)	24,53 (± 7,006)	22,5	70,46
28/FEV	23,27 (± 6,576)	53,00 (± 4,998)	64,7	260,06
29/FEV	8,36 (± 1,211)	14,33 (± 3,080)	16,4	71,83
6/MAR	- - -	- - -	13,0	39,17
11/MAR	3,56 (± 0,471)	9,25 (± 0,612)	17,4	32,24
18/MAR	22,20 (± 2,993)	32,58 (± 4,393)	129,9	1260,98

6.1.4 - Química vegetal:

Os valores obtidos na análise química do material vegetal antes e após o período do experimento são apresentados na TABELA 6.4. Verifica-se a diminuição da porcentagem das variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) quando são comparadas os valores das variáveis em amostras coletadas antes (fase inicial) e após o período do experimento (fase final). A maior taxa de diminuição foi observada para o potássio, onde para a fase final o valor ficou com cerca de 9% do valor inicial. Decaimento acelerado também foi notado para o cálcio, que ficou com cerca de 40% do valor inicial, sendo verificado semelhante taxa de decaimento para o magnésio

Já as variáveis enxofre (S), matéria orgânica (M.O.) e relação carbono - nitrogênio (C/N) sofreram aumento em suas porcentagens, nesta mesma fase, sendo que a relação C/N aumentou não só em função do aumento da porcentagem de carbono (que é estimado pela equação $\%C = \% M.O./1,722$; onde: % M.O. é a porcentagem de matéria orgânica obtida na análise da amostra), mas também pela diminuição observada na % de nitrogênio.

TABELA 6.4 - Valores obtidos na análise química vegetal com as amostras coletadas antes e após o período do experimento:

variável	N	P	K	Ca	Mg	S	M.O.	C/N
	(%)							
fase inicial	0,70	0,08	1,52	1,72	0,17	0,10	81,73	67,88
fase final	0,64	0,05	0,14	0,73	0,07	0,28	83,78	76,10

N - nitrogênio **K** - potássio **Mg** - magnésio **S** - enxofre

P - fósforo **Ca** - cálcio **M.O.** - matéria orgânica

C/N - relação carbono / nitrogênio.

6.1.5 - Índice de decaimento da porcentagem de cobertura vegetal sobre o solo:

Conforme exposto na metodologia, foi considerado no início do experimento a porcentagem de cobertura correspondente a 70%, em função da quantidade de material administrado na superfície das parcelas (equivalendo a 5 t/ha).

A FIGURA 6.8 mostra a curva de decaimento das três parcelas. Cada ponto de cada curva corresponde a uma média aritmética da porcentagem de cobertura de duas fotos tiradas em cada parcela.

A curva de decaimento obtida com os dados da parcela 4 mostra uma ligeira estabilização na primeira metade do período do experimento seguido de um acentuado decaimento, sendo verificado um comportamento inverso para as curvas das parcelas 1 e 2. Contudo, nota-se que após 85 dias todas conferem em torno de 10% de cobertura.

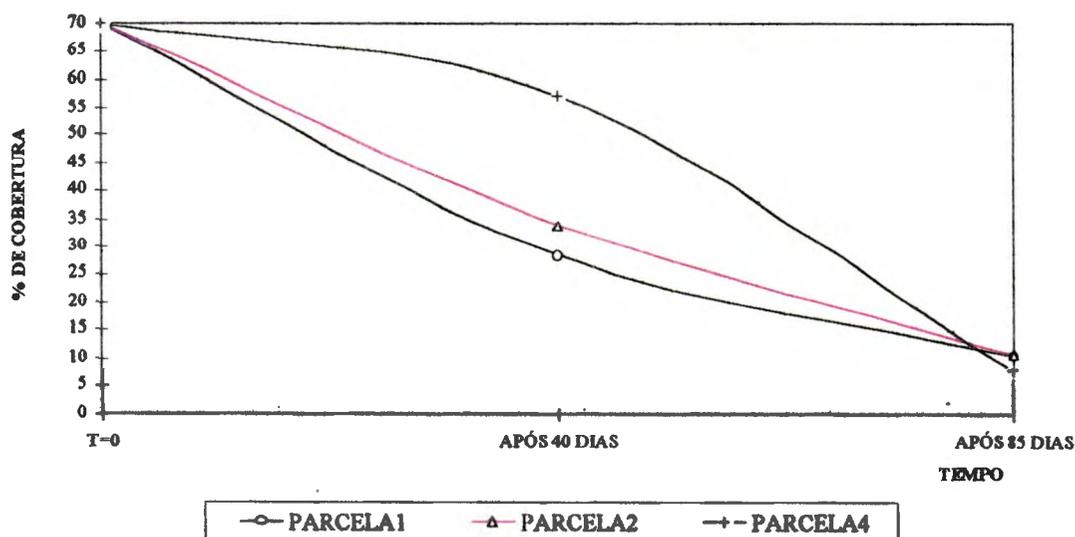


FIGURA 6.8 - Curvas de decaimento obtidas para cada parcela.

A FIGURA 6.9 indica um comportamento geral obtido para as três parcelas. Dos valores médios obtidos na FIGURA 6.8 foi calculado um valor médio (média aritmética dos três valores obtidos após 40 dias e média aritmética dos três valores obtido após 85 dias).

Verifica-se que para o período estudado, o material obteve metade da porcentagem da cobertura inicial após a metade do período considerado para o experimento e que já passados dois meses (60 dias) depois do início, ainda conferia valor superior a 20% de cobertura sobre a superfície.

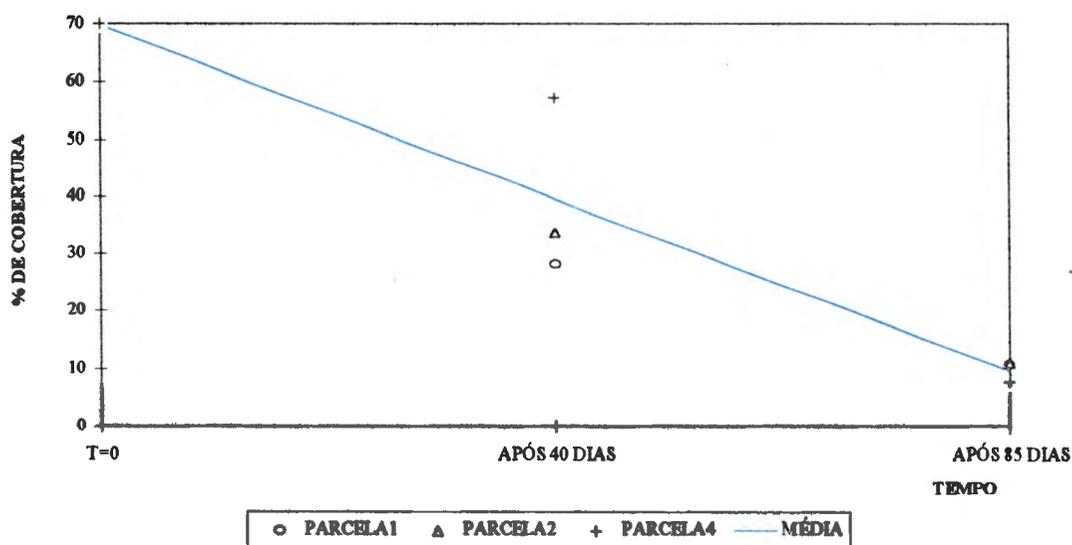


FIGURA 6.9 - Traçado resultante com as médias calculadas entre as três parcelas para cada período.

6.1.6 - Perdas de solo e água:

6.1.6.1 - Perdas de solo:

Os dados coletados e calculados são apresentados na TABELA 6.5, a qual mostra as relações de perdas de solo entre as parcelas de controle, isto é, sem cobertura, e as parcelas de tratamento, sobre as quais colocou-se cobertura uniforme de resíduos vegetais triturados.

Verificou-se, como é possível observar na tabela, que em todas as coletas houve uma grande diferença nas taxas de perdas de solo quando são comparados os valores entre as parcelas de controle e as parcelas de tratamento. O valor total das médias de perdas de solo para o controle ficou em 20,028 t/ha enquanto que para o tratamento o valor médio ficou em 2,213 t/ha

TABELA 6.5 - Quantidade de solo perdido (t/ha) para cada coleta:

Condição ⇒ experimental coletas ↓	TRATA- MENTO	CONTROLE	Altura de chuva (mm)	Erosividade no intervalo (MJ/ha x mm/h)
4/JAN	0,077 (± 0,018)	2,796 (± 1,186)	100,3	494,34
8/JAN	0,026 (±0,009)	3,823 (± 2,150)	63,0	294,06
10/JAN	0,140 (±0,155)	1,540 (± 1,210)	39,1	148,77
12/JAN	0,153 (±0,107)	1,980 (± 0,393)	47,6	561,22
19/JAN	0,010 (± 0,001)	0,990 (± 0,700)	28,3	126,34
22/JAN	0,013 (± 0,004)	0,273 (± 0,089)	13,5	44,14
5/FEV	0,103 (± 0,018)	1,440 (± 0,388)	50,3	570,32
28/FEV	0,283 (± 0,245)	1,980 (±1,260)	87,2	330,52
29/FEV	0,290 (± 0,240)	1,200 (±0,472)	16,4	71,84
6/MAR	0,120 (± 0,053)	0,306 (± 0,065)	13,0	39,17
11/MAR	- - -	- - -	17,4	32,24
18/MAR	0,903 (± 0,839)	3,160 (± 0,990)	129,9	1260,99
20/MAR	0,095 (± 0,045)	0,540 (± 0,180)	53,0	894,912

A diferença de comportamento de perda de solo entre as parcelas com e sem cobertura em cada coleta (TABELA 6.5) e mensal (TABELA 6.6) pode ser explicada pelo fato de haver alterações no microrelevo das parcelas conforme as ocorrências de chuva de maior ou menor intensidade e também no processo de selamento superficial, o que faz com que ora seja dificultada a infiltração de água, ora seja facilitada, sendo também função do comportamento erosivo da chuva ao longo de sua duração.

TABELA 6.6 - Perdas mensais e total de solo (em t/ha):

	Tratamento	Controle	Altura de chuva (mm)	Erosividade no período (MJ/ha x mm/h)
JAN.	0,419	11,402	336,0	1673,28
FEV.	0,676	4,620	162,4	968,38
MAR.	1,118	4,006	166,7	2227,31
TOTAL	2,213	20,028	665,1	4868,97

6.1.6.2 - Perda de água (mm):

A quantificação regular da perda de água por escoamento superficial em cada parcela, embora possa ser considerado um fator importante neste tipo de trabalho, ficou impossibilitada. O dimensionamento do tamanho dos coletores foi baseado na literatura, porém não foi possível englobar o espectro de variação do escoamento superficial para este equipamento. Ocorreram chuvas onde não houve formação de escoamento superficial e chuvas cujo volume e poder erosivo foram tão fortes que ocorreu o

transbordamento do segundo balde de cada parcela, o qual foi projetado para ser o coletor/armazenador da água de escoamento superficial.

Houve apenas uma ocorrência de chuva cujo (11/MAR.) volume e erosividade foram de valores intermediários aos extremos acima citados. Entretanto, a mesma ocasionou perda de água porém não de sedimento (nota-se que para esta data obtiveram-se dados para a quantificação do salpicamento, porém não se obtiveram dados para o sedimento transportado).

O dimensionamento do equipamento foi mantido, uma vez que o objetivo principal do trabalho estava relacionado à parte sólida.

Os valores obtidos são apresentados na TABELA 6.7, a qual mostra menor altura de água perdida para as parcelas tratamento, bem como a porcentagem de água perdida em relação a altura de chuva (17,4 mm = 100%).

TABELA 6.7 - Perdas de água (em mm) para as condições experimentais (média e desvio padrão):

data	Altura (mm)	Erosividade (MJ/ha x mm/h)	<i>condição</i> <i>Controle</i>	<i>condição</i> <i>Tratamento</i>
11 / MAR	17,4	32,240	0,186 (± 0,068)	0,056 (± 0,032)
% de perda de água ⇒			1,068	0,321

6.1.7 - Parâmetros físicos e químicos da água do escoamento superficial:

6.1.7.1- pH:

Os dados obtidos na leitura do pH são apresentados na FIGURA 6.10, para cada coleta e entre as condições tratamento e controle. Nota-se que houve pouca diferença entre valores de pH entre as duas condições experimentais quando analisados isoladamente cada data de coleta realizada. A maior diferença entre os dados foi 3,56, sendo o maior valor obtido 7,71 (condição de controle - em 20 de março) e o menor 4,15 (condição de controle - em 29 de fevereiro). Para a condição de tratamento obteve-se a maior diferença correspondendo a 1,93, ocorrendo o maior valor (7,29) no dia 11 de março e o menor (5,36) no dia 29 de fevereiro.

Observa-se diferença mais pronunciada entre os dados das condições experimentais a partir da oitava data de coleta (28 de fevereiro). Em duas datas (11 e 20 de março) obtiveram-se valores de pH maiores que 7,0 (alcalinos) para a condição de tratamento e em uma data obteve-se pH maior que 7,0 também para a condição de controle (20 de março). Os demais dias apresentaram comportamento ácido ou ligeiramente ácido.

De maneira geral, observa-se que para todas as datas de coleta os valores de pH da condição de tratamento tiveram tendência maior de neutralização, isto é, aproximação do valor 7,0, do que os valores da condição de controle.

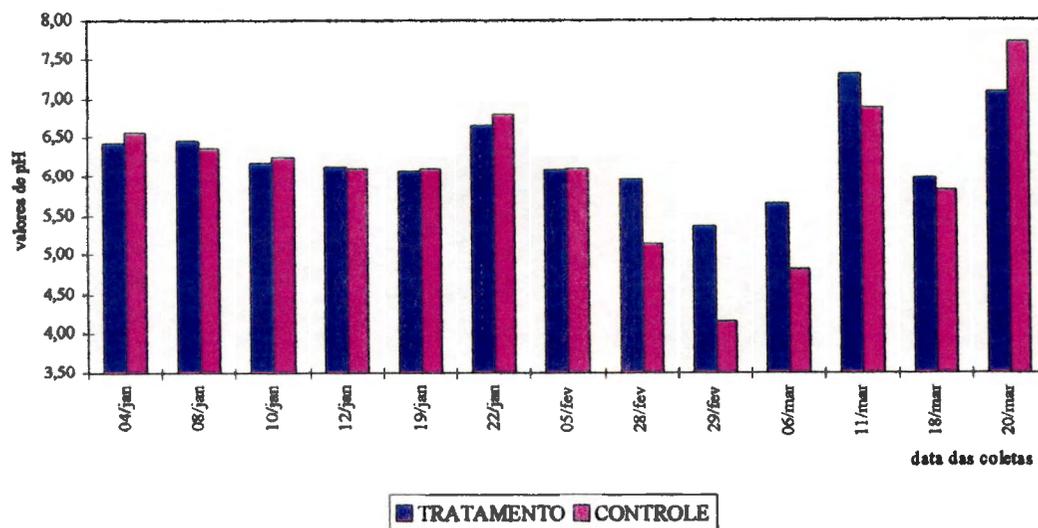


FIGURA 6.10 - Valores médios de pH obtidos para as condições tratamento e controle para cada evento chuvoso que ocasionou escoamento superficial.

6.1.7.2 - Material em suspensão:

Os valores obtidos para o material em suspensão (totais) são apresentados na FIGURA 6.11. Observa-se que houve grande variação nas concentrações totais principalmente para a condição de controle e na primeira metade do período do experimento. Em dez das treze coletas efetuadas obtiveram-se valores maiores (médias) de concentração para a condição de controle, enquanto que para as três restantes (19 de janeiro, 29 de fevereiro e 18 de março), os valores foram maiores para a condição de tratamento. O maior valor observado da concentração total para a condição de controle foi no dia 8 de janeiro (382,16 mg/l), enquanto que o menor ficou no dia 11 de março (40,86 mg/l). Para a condição de tratamento o maior valor observado na concentração total ficou dia 19 de janeiro (108,49 mg/l) e o menor ocorreu no dia 20 de março (14,18 mg/l).

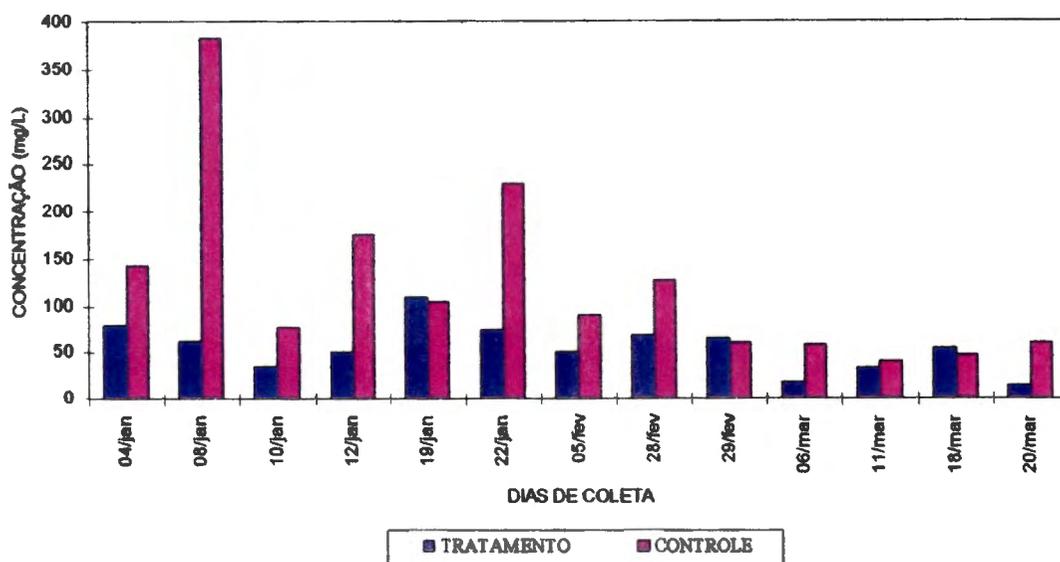


FIGURA 6.11 - Concentração total (fixos + orgânicos) de material em suspensão para cada coleta (médias para as três parcelas de cada condição experimental).

Verifica-se, segundo a TABELA 6.8, que para todas as coletas efetuadas, as concentrações de material mineral (fração fixa) foram maiores para as parcelas onde não foi colocado cobertura vegetal morta. Já a fração orgânica obteve maiores valores de concentração para essas mesmas parcelas em dez das treze datas, respondendo então pelos maiores valores obtidos nas concentrações totais para esta condição experimental nas datas anteriormente mencionadas. As FIGURAS 6.12 e 6.13 ilustram e comparam as diferenças obtidas nas frações orgânica e mineral para cada condição experimental em cada data de coleta.

O maior valor da fração mineral foi observado na condição de controle no dia 8 de janeiro (171,13 mg/l) e o menor valor foi observado no dia 6 de março para as parcelas com cobertura morta (8,88 mg/l). Para a fração orgânica, o maior valor observado foi para a condição de controle também no dia 8 de janeiro (211,03 mg/l), enquanto que o menor aconteceu na condição de tratamento no dia 20 de março (5,55 mg/l).

TABELA 6.8 - Valores de material em suspensão (minerais e orgânicos), obtidos para cada evento chuvoso e para cada condição:

DATA DA COLETA	FRAÇÃO	TRATAMENTO (mg/l)	CONTROLE (mg/l)
4/jan	Mineral	52,27	94,00
	Orgânica	25,78	47,90
8/jan	Mineral	38,26	171,13
	Orgânica	22,04	211,03
10/jan	Mineral	22,23	41,83
	Orgânica	12,33	34,70
12/jan	Mineral	34,16	106,12
	Orgânica	14,93	69,37
19/jan	Mineral	53,26	57,36
	Orgânica	55,23	46,31
22/jan	Mineral	35,78	108,22
	Orgânica	38,15	122,13
5/fev	Mineral	33,43	51,25
	Orgânica	16,38	39,22
28/fev	Mineral	43,65	90,70
	Orgânica	24,04	34,67
29/fev	Mineral	38,05	46,63
	Orgânica	25,45	13,51
6/mar	Mineral	8,88	30,33
	Orgânica	8,09	25,28
11/mar	Mineral	14,5	21,13
	Orgânica	18,45	19,73
18/mar	Mineral	28,25	31,75
	Orgânica	24,63	14,59
20/mar	Mineral	8,63	42,13
	Orgânica	5,55	16,91

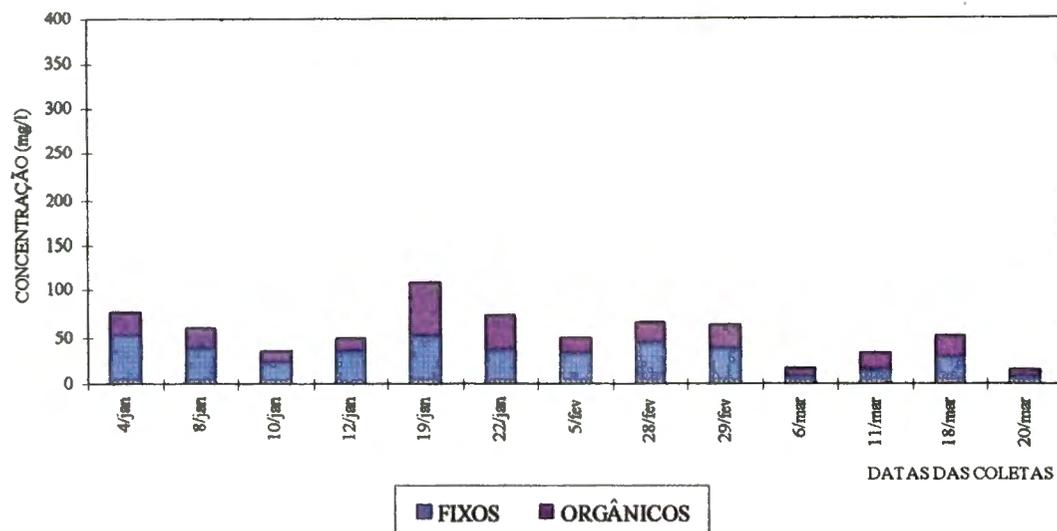


FIGURA 6.12 - Concentrações de material em suspensão para as parcelas da condição tratamento (fixos + orgânicos).

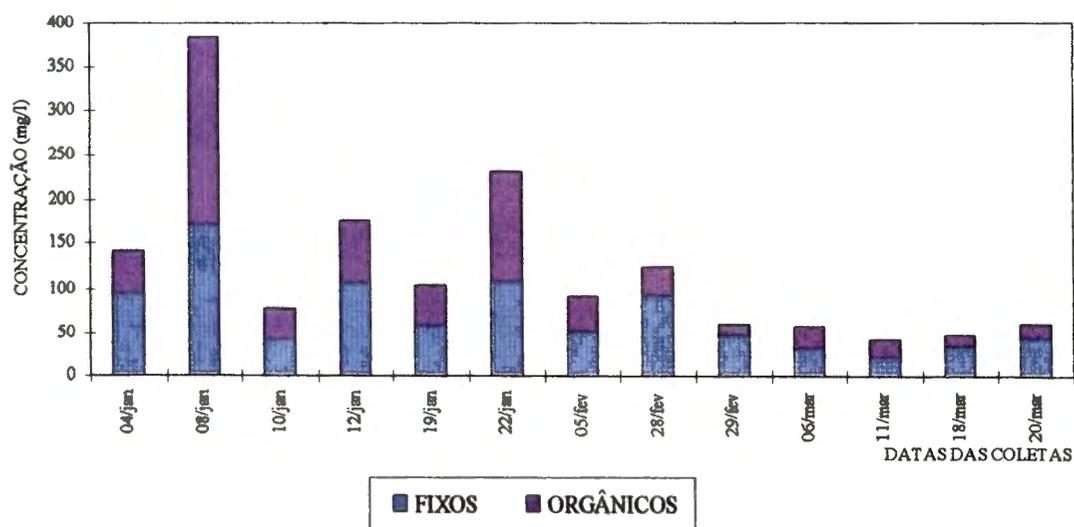


FIGURA 6.13 - Concentrações de material em suspensão para as parcelas da condição controle (fixos + orgânicos).

Nota-se também que em três das treze coletas a fração orgânica obteve valores maiores que a fração mineral para a condição de tratamento, enquanto que para a condição de controle isto foi observado em duas coletas, acontecendo este fato em ambas as condições experimentais no dia 22 de janeiro.

6.1.7.3. - Nitrato:

Os valores obtidos na análise do nitrato para as amostras de água coletadas de cada chuva que ocasionou escoamento superficial estão apresentados na FIGURA 6.14. Verifica-se que em todas as datas de coleta as concentrações de nitrato permaneceram menores para as parcelas que receberam a cobertura vegetal morta (tratamento).

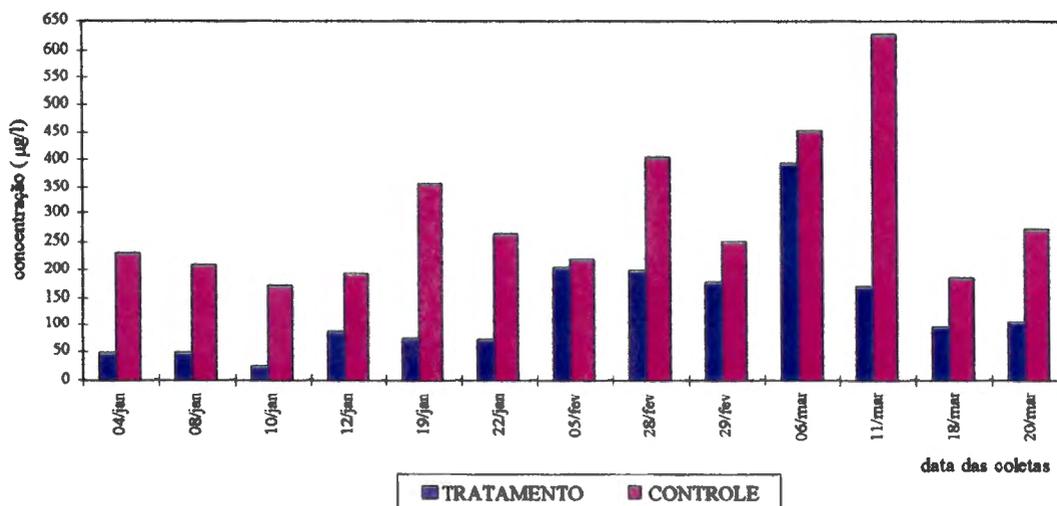


FIGURA 6.14 - Concentrações de NO_3^- para cada dia de coleta para ambas as condições experimentais.

Nota-se que em dez das treze coletas efetuadas os valores (médias aritméticas) das concentrações de nitrato da condição de tratamento

ficaram 50% ou mais abaixo dos valores das concentrações da condição de controle. O maior valor de concentração de nitrato (NO_3^-) observado foi para a condição de controle na coleta do dia 11 de março (628,03 $\mu\text{g/l}$), enquanto que o menor ficou para a condição de tratamento no dia 10 de janeiro (24,40 $\mu\text{g/l}$). A maior diferença observada foi no dia 11 de março (459,19 $\mu\text{g/l}$).

6.1.7.4 - Amônio:

Os valores obtidos na análise de amônio para as amostras de água coletadas estão apresentados na FIGURA 6.15. Observou-se maiores valores nas concentrações de amônio para a condição de controle em todas as datas de coleta com exceção do dia 18 de março.

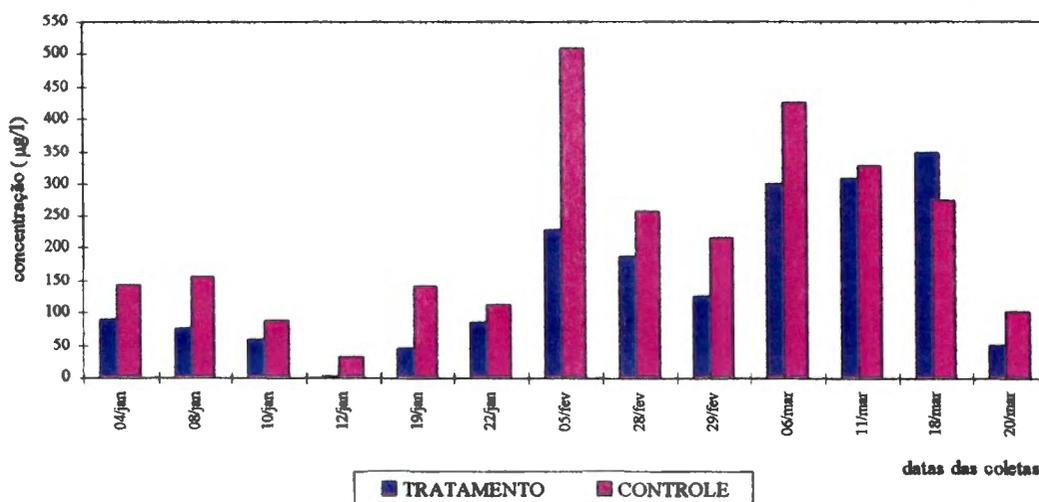


FIGURA 6.15 - Concentrações de NH_4^+ para cada dia de coleta para ambas as condições experimentais.

O maior valor observado para a condição de controle foi no dia 5 de fevereiro (277,99 $\mu\text{g/l}$), enquanto que o menor foi observado no dia 12 de janeiro (30,30 $\mu\text{g/l}$). Para as parcelas cuja superfície foi coberta com resíduos

vegetais, a concentração máxima obtida foi 346,38 μ g/l, observada no dia 18 de março, que foi superior ao valor da condição de controle; já o valor mínimo da concentração foi observado no dia 12 de janeiro (1,27 μ g/l), mesmo dia em que se observou também a menor concentração para as parcelas de superfície não coberta (controle). A maior diferença obtida entre as médias das condições experimentais (277,99 μ g/l) foi observada no dia 5 de fevereiro.

6.1.8 - Análise estatística:

Para a variável umidade do solo calculou-se uma equação de reta de regressão linear, conforme já mencionado, a partir das diferenças calculadas entre os dados das condições controle e tratamento. A equação obtida foi $y = - 0,0348x + 1,7895$ onde y é a diferença mencionada e x é o tempo em dias, a reta está plotada na FIGURA 6.3.

Os cálculos de correlação feitos entre algumas variáveis resultou nos seguintes coeficientes, apresentados na TABELA 6.9:

TABELA 6.9 - Valores de r (coeficiente de correlação de Spearman) encontrados entre as seguintes variáveis:

variáveis correlacionadas	valores de r
salpicamento (controle) x erosividade:	0,85 (*)
salpicamento (tratamento) x erosividade:	0,90 (*)
salpicamento (controle) x perda de solo (controle):	0,54
salpicamento (tratamento) x perda de solo (tratamento):	0,42
perda de solo (controle) x erosividade:	0,75 (*)
perda de solo (tratamento) x erosividade	0,41(**)

(*) Significativo ao nível de 1%.

(**) Significativo ao nível de 5%.

Segundo o teste de correlação não-paramétrico de Spearman, a variável salpicamento (de ambas as condições experimentais), teve correlação significativa ao nível de 1% com a variável erosividade. A variável perda de solo (condição controle) teve correlação significativa ao nível de 1% com a variável erosividade e a variável perda de solo (condição tratamento) teve correlação significativa ao nível de 5% com a variável erosividade. As variáveis salpicamento e perda de solo (de ambas as condições experimentais) não tiveram níveis significativos de correlação entre si.

6.2 - Parte de levantamento de dados para desenvolvimento de subsídios do programa de gerenciamento do “lixo-verde” em áreas urbanas:

6.2.1 - Características gerais, urbanas e rurais que podem influenciar na produção e gerenciamento dos resíduos vegetais:

Objetivando ter o melhor aproveitamento possível deste tipo de resíduo, foram levantadas e analisadas as variáveis julgadas importantes na etapa do planejamento do programa de gerenciamento.

A tentativa de otimizar o aproveitamento deste tipo de resíduo também se baseia na experiência anterior de que quando é encontrada uma forma economicamente e ambientalmente viável de destino e aplicação para um tipo de resíduo, este adquire valor comercial na praça, como vem ocorrendo, por exemplo, com o bagaço da cana-de-açúcar nas usinas sucroalcooleiras, nas quais o bagaço é vendido atualmente pelo mesmo preço da cana “*in natura*”. Uma vez comprovada e divulgada certa potencialidade de aplicação do tipo de resíduo tratado neste trabalho, é desejável que semelhante processo seja desencadeado, de forma que possa ocorrer certa concorrência para sua aquisição, principalmente se for doado ou vendido a baixo custo.

São várias as características que podem contribuir na otimização de coleta, processamento e destino/aplicação dos resíduos vegetais. A

TABELA 6.10 apresenta uma lista das características julgadas mais importantes, juntamente com seus respectivos valores, encontrados para o caso do município de São Carlos-SP.

Os itens “área urbana total” e “área rural”, da TABELA 6.10, dão uma idéia sobre o potencial de produção e o potencial de absorção do resíduo, respectivamente. A área rural é muito maior que a área urbana total (95 % contra 5%). Já dentro da área urbana ainda é feita a divisão entre área construída e área dos vazios (assim chamada pela equipe da ASPLA - Assessoria de Planejamento da Prefeitura Municipal de São Carlos-SP), ficando 60% da área total como área construída e 40% do total como área dos vazios, sendo que nesta última categoria estão computadas as 32 praças públicas existentes em São Carlos. Para o caso das praças, a medida padrão é o quarteirão quadrado e 10% da área é considerada área construída, que compreende calçamento mais área de bancos (conforme informações fornecidas pela ASPLA). A população total do município, para o caso de São Carlos, é 158.139 habitantes, segundo o censo de 1991 do I.B.G.E. (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Das 644 propriedades rurais existentes no município, ocorre a predominância de propriedades de 20 a 100 ha (34 %), em seguida vem as propriedades com área entre 100 e 500 ha (23%) e logo após os 19,9 % da classe de propriedades com área entre 5 e 20 ha

Das culturas mais cultivadas no município, há a predominância de áreas de pastagens, ocupando 48,12 % da área total , seguido pela cultura da cana-de-açúcar com 20,89 % de ocupação, áreas com floresta nativa (8,72 %), cultura do milho (7,64 %), áreas reflorestadas com eucalipto ou pinus (6,46%), citricultura (5,85 %), entre outras.

Nas variáveis “caracterização do clima” e “solos”, ambas de importância para orientar a época e a quantidade de material a ser colocado em uma determinada área, aparece a informação “ver trabalhos referentes ao

tema”. Isto foi escrito porque cada cidade pode ter sua forma particular de obter estas informações, seja com cartas do projeto RADAM, cartas do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), pesquisas realizadas em universidades (para o caso de se obter informações sobre os solos de uma determinada área), ou ainda em estações climatológicas da região ou próximas a ela (onde pode-se obter informações sobre a caracterização e histórico do clima da região). Para o caso da cidade de São Carlos, com referência à caracterização do solo, sugere-se a verificação das dissertações de AGUIAR (1989), SÉ (1992), SANTOS (1993), bem como cartas pedológicas da região. No caso da caracterização climática, sugere-se a consulta o trabalho de TOLENTINO (1967) e as pesquisas da USP (Universidade de São Paulo - “*Campus*” de São Carlos), UFSCar (Universidade Federal de São Carlos) e EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - unidades de São Carlos).

As FIGURAS 6.16 e 6.17 mostram, respectivamente, a área total do município de São Carlos juntamente com a área urbana e também a carta de potencial de erosão da área de expansão urbana de São Carlos, mostrando pontos com maior susceptibilidade ao fenômeno, ficando alguns até em pontos altamente críticos como cabeceira de rios.

TABELA 6.10 - Características gerais, urbanas e rurais que podem influenciar a produção e gerenciamento dos resíduos vegetais e números quantificados para a cidade de São Carlos-SP:

Características	Números obtidos para a cidade de São Carlos - SP
área total do município (km ²) ☒	1132,24
área urbana total (km ²) ☒	72,52
área rural (km ²) ☒	1059,72

TABELA 6.10 - Continuação:

área verde dentro da área urbana (km ²) ☒	29,008 (correspondente a 40% da área urbana total -a qual é denominada área dos vazios)
nº de praças na área urbana ☒	32
população total ☉	158.139 (senso de 1991)
número total de propriedades rurais no município ☉	644
distribuição de estabelecimentos rurais em classes de área ☉	menos de 5 ha: 90
	de 5 a 20 ha: 128
	de 20 a 100 ha: 217
	de 100 a 500 ha: 146
	de 500 a 2000 ha: 41
culturas predominantes na área rural do município * (1077,04 ha)	de 2000 a 10.000 ha: 04
	arroz: 0,31 % da área total
	cana-de-açúcar: 20,89 %
	milho: 7,64 %
	café: 0,47 %
	citrus: 5,85 %
	soja: 1,08 %
pastagem: 48,12 %	
caracterização do clima (temperatura e regime de chuvas)	eucalipto / pinus: 6,46 %
	outras: 0,416 %
	floresta nativa: 8,72 %
solos	ver trabalhos referentes ao tema
uso de práticas conservacionistas pelos estabelecimentos ☉	plantio em nível: 397
	terraceamento: 76
	outras: 14
propriedades que usam fertilizantes *	químico: 505
	orgânico: 536

FONTES: * IEA apud PINTO (1996).

☉ IBGE (1991).

☒ ASPLA (Pref. Mun. São Carlos-SP) - informações obtidas por
comunicação verbal.

A listagem de espécies vegetais utilizadas no programa de arborização permite a obtenção de informações sobre a poda, pois cada espécie tem sua peculiaridade sobre taxa de crescimento, volume da copa, taxa de produção de biomassa e época correta de poda.

Dentre as espécies vegetais utilizadas no programa de arborização, para o município de São Carlos, as espécies utilizadas estão listadas na TABELA 6.11, cujas mudas são produzidas no viveiro da cidade. Contudo, vale salientar que, apesar de constar um número de cinco espécies, não é raro encontrar dentro do perímetro urbano do município uma

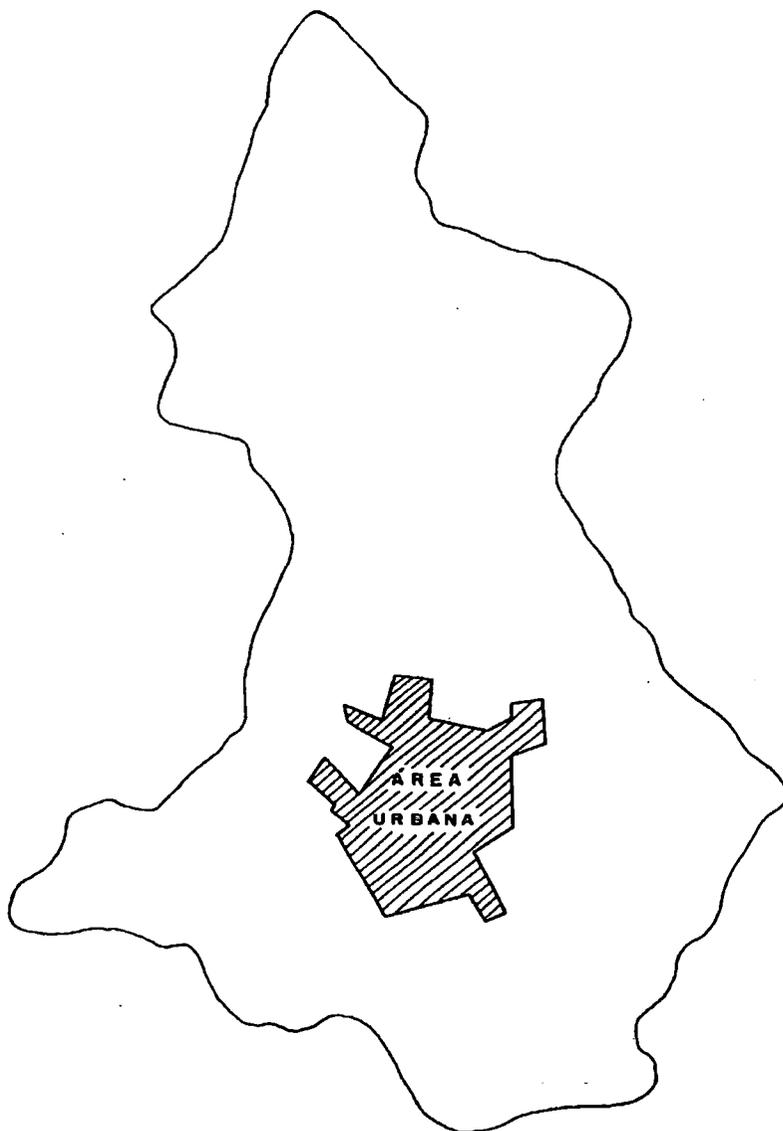
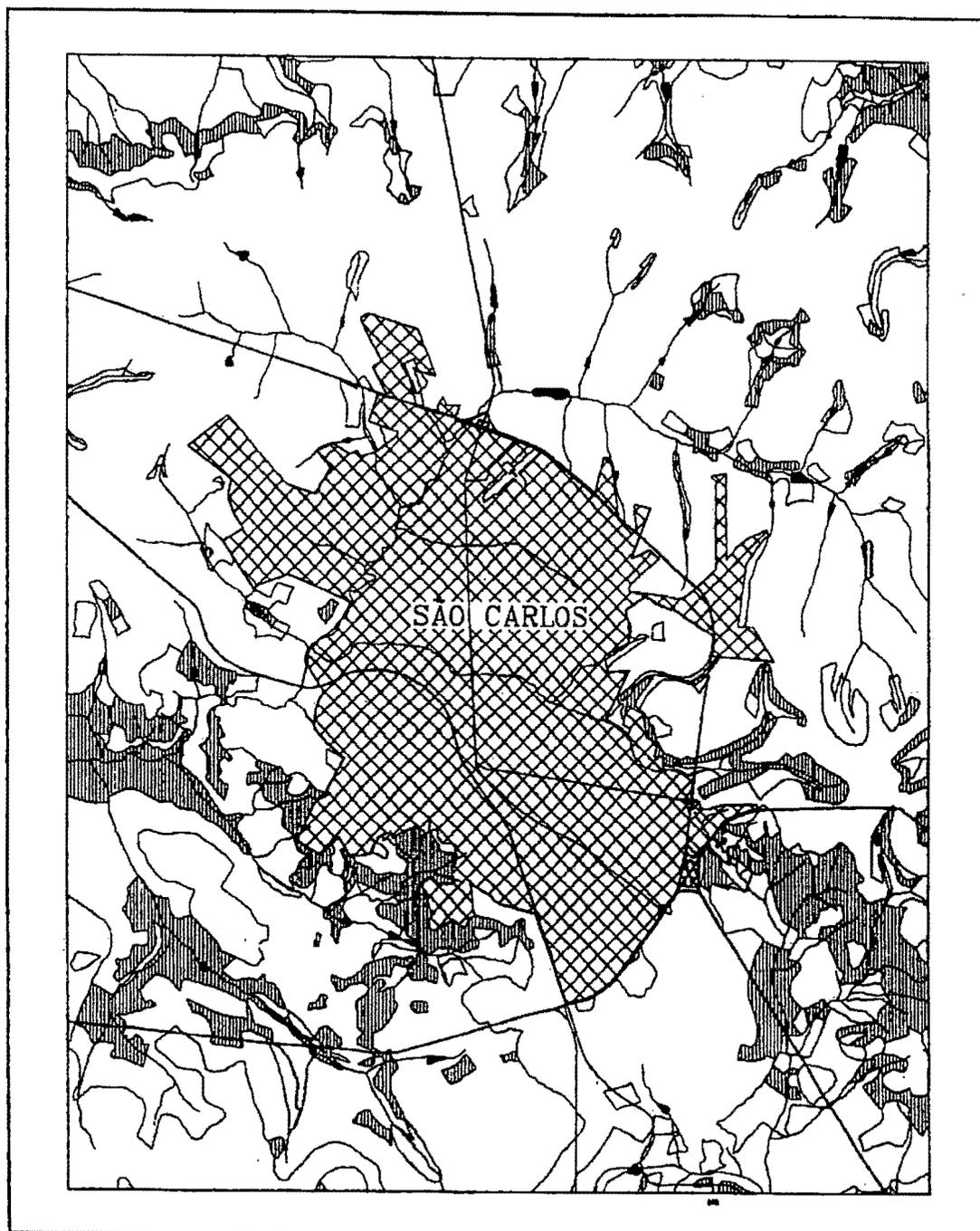


FIGURA 6.16 - Área total do município de São Carlos onde está inserida a área urbana (sem escala). (FONTE - ASPLA - Pref. Mun. de São Carlos.).



CARTA DE POTENCIAL À EROSÃO

Classificação das unidades

□ Baixo a médio ▨ Alto
 — - Limites entre unidades

Escala: 1 : 100.000

FIGURA 6.17 - Carta de potencial à erosão obtida para a região periférica da área urbana de São Carlos-SP. (modificado) Fonte: AGUIAR *et al.* (1995).

predominância de indivíduos da espécie conhecida popularmente como “unha-de-vaca” (*Bauhinia* sp. - Leguminosae) de cuja espécie as mudas não são mais produzidas em função da baixa aceitação da população, principalmente em se tratando de arborização de calçadas de residências. O motivo alegado pelos moradores é que esta espécie “faz muita sujeira”, em função da quantidade de folhas, flores e frutos (vagens) que se destacam da árvore-mãe.

TABELA 6.11 - Lista de espécies vegetais das quais são produzidas mudas para o programa de arborização da área urbana do município de São Carlos (*):

Nome popular	Nome científico	Família
Arborização de grande porte		
Magnólia amarela	<i>Michelia champaca</i>	Magnoliaceae
Alfeneiro ou Ligustro	<i>Ligustrum</i> sp.	Oleaceae
Arborização de médio porte		
Chorão mexicano	<i>Schinus molle</i>	Anacardiaceae
Arborização de pequeno porte		
Falsa murta	<i>Murraya exotica</i>	Rutaceae
Flamboyanzinho	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Leguminosae

* Produção de cerca de 150.000 mudas/ano exclusivamente para plantio em áreas urbanas.

Fonte: Parque Ecológico de São Carlos - SP- comunicação verbal.

6.2.2 - Características operacionais que podem influenciar na produção e gerenciamento dos resíduos vegetais:

Os dados coletados e apresentados nas fotografias do ANEXO 9 e na TABELA 6.12 foram todos obtidos a partir de entrevistas com os funcionários que trabalham como “catadores” ou motoristas no Departamento de Limpeza Pública da Prefeitura Municipal de São Carlos-SP. Realizaram-se ainda, viagens de acompanhamento com caminhões coletores dos resíduos vegetais nas áreas urbanas de São Carlos (SP) e Porto Nacional (TO). Além das fotografias, obtiveram-se informações através de questionários (entrevistas) aplicados aos funcionários da Prefeitura de São Carlos.

Segundo os funcionários, a atividade de poda na cidade é realizada pela Prefeitura (via pedidos ou por vistorias feitas pelos funcionários do citado departamento), pela Companhia Paulista de Força e Luz (C.P.F.L.) e pela empresa “Águia Branca”, a qual é contratada pela C.P.F.L.. Estas duas últimas empresas podam galhos de árvores que estão oferecendo algum risco à fiação elétrica urbana. Porém a catação é 100% realizada pela prefeitura, uma vez que a empresa coletora do lixo domiciliar não promove a coleta deste tipo de material.

Quando em atividade normal, a operação de coleta é realizada por dois caminhões, sendo que cada um realiza quatro a cinco viagens por dia entre os pontos de coleta e o ponto de destino do material. Em cada caminhão trabalham cinco funcionários e um motorista. Para operar a picadeira, trabalham dois funcionários. Um caminhão só retorna ao ponto de descarga quando com a carroceria lotada, cujo volume é de aproximadamente 10 m³. O material que é transportado é essencialmente resíduo vegetal, ou seja, folhas, frutos, flores, galhos e troncos de até aproximadamente 5 polegadas de diâmetro. A velocidade de processamento da picadeira é de, aproximadamente 10 m³/hora.

Infelizmente, por problemas de ordem administrativa na prefeitura (segundo os funcionários), apenas um caminhão está operando normalmente e a picadeira não está em atividade, sendo que atualmente todo o material coletado durante o dia é queimado em algum local da periferia da cidade. Quando em funcionamento, o material já processado (triturado) é fornecido a proprietários rurais que requisitam, sem cobrança de taxa.

Também, segundo informações dos funcionários, por todo o ano há a necessidade de haver coleta de material. Entretanto, no mês de agosto há um aumento no volume de material coletado em função principalmente das podas que são realizadas em jardins particulares (residenciais) e cujos resíduos são dispostos na calçada para posterior coleta.

Vale mencionar que a forma de coleta de material de poda pode ser simplificada ao longo dos anos, de acordo com a evolução econômica das cidades. Para exemplificar, a coleta e o transporte de material de desbaste até locais de depósito e processamento, a partir dos quais os veículos das prefeituras efetuam o transporte, pode ser feito pela própria população, como ocorre em algumas cidades do primeiro mundo.

TABELA 6.12 - Características operacionais que podem influenciar na produção e gerenciamento dos resíduos vegetais e números quantificados para a cidade de São Carlos - SP, obtidos com funcionários da Prefeitura Municipal:

Características	Números obtidos para a cidade de São Carlos - SP
Volume de material produzido (estimativa)	50 a 60 m ³ / dia
Características do material que chega para o processamento	Material vegetal de poda em partes médias e com troncos de até 5 polegadas de diâmetro, aproximadamente
Modo de gerenciar a atividade de poda da cidade (critérios estabelecidos)	Por solicitações e por circulação da equipe de poda e coleta.
Tecnologia adotada para o processamento do material	uso da máquina trituradora (picadeira)
Rendimento do processamento (estimativa)	10 m ³ /hora
maquinário, ferramentas e acessórios utilizados	moto-serra, serrinha (ou serra de arco), foice, cordas, luvas
Número de trabalhadores para tal finalidade	6 "catadores" + 1 motorista (na rua) e 2 operadores para a picadeira
Distância percorrida entre a área urbana e rural	aproximadamente 4 km entre a região central e o local de descarga.
Meio de transporte - combustível	caminhões - óleo diesel
Critérios estabelecidos para a distribuição do material processado em propriedades rurais	atendimentos a pedidos de produtores rurais, sem cobrança de taxa.
Informação à população urbana e rural	procedimento informal (boca-a-boca)

7 - DISCUSSÃO:

O regime de chuvas para a região durante o período mostrou, em termos de altura de chuva, certa proximidade com as normais calculadas entre 1961 e 1990 e mostrado na TABELA 4.2. No mês de janeiro precipitaram 336 mm, enquanto que a normal calculada é 248,7 mm. Já o mês de fevereiro/96 mostrou 162,4 mm contra os 191,4 mm dos anos anteriores e o mês de março/96 mostrou 166,7 mm contra 167,3 mm. O total dos três meses de 1996 ficou com 665,1 mm contra 607,4 mm da TABELA 4.2.

O valor da erosividade da chuva calculados para o período (4864,57 MJ/ha x mm/h) confere com o valor esperado em função dos valores das linhas isoerodentes anual calculado e apresentado por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) para o estado de São Paulo, valor este que é aproximadamente 7000 MJ/ha x mm/h. Os mesmos autores dividiram o estado em quatorze áreas nas quais a distribuição do potencial de erosão das chuvas é uniforme e ainda calcularam a porcentagem do valor médio anual do índice de erosão que ocorre entre 1º de julho e o dia 1º dos meses seguintes para as quatorze áreas estabelecidas. Para a região onde se localiza a área do experimento, a distribuição obtida é a seguinte:

TABELA 7.1 - Porcentagem do valor médio anual do índice de erosão que ocorre entre 1º de julho e as datas indicadas, calculado para a região onde está inserida a área do experimento:

mês	1º/7	1º/8	1º/9	1º/10	1º/11	1º/12	1º/1	1º/2	1º/3	1º/4	1º/5	1º/6	1º/7
%	0	1	2	3	13	21	45	68	86	95	97	99	100

FONTE: BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

Subtraindo os valores das porcentagens dos meses março e janeiro (valor de 1º de abril, 95 % menos o 1º de janeiro, 45 %), resulta o valor de 50 % do valor total do índice de erosão para a região. Neste caso, para 7000 MJ/ha x mm/h tem-se um valor de 3500 MJ/ha x mm/h. Este é o valor esperado para o índice do período, e para o ano de 1996, acima citado, o valor obtido considerando-se as parcelas estudadas foi ligeiramente superior.

Verifica-se também que 50% do valor total do potencial erosivo do ano concentra-se no primeiro trimestre do ano e este valor é o mesmo ou ainda maior para outras dez do total das quatorze áreas do estado de São Paulo, conforme a divisão estabelecida por BERTONI & LOMBARDI NETO (1990).

O comportamento da chuva vem influenciar diretamente também os níveis de umidade do solo. Verifica-se, conforme já apresentado na FIGURA 6.4 que, independentemente da condição experimental considerada, os níveis de umidade do solo seguiram o regime das ocorrências de chuva no período, diminuindo drasticamente os valores especialmente nas ocasiões em que havia ocorrência chuvosa seguida de alguns dias secos, voltando a aumentar conforme retornavam as chuvas, independentemente da erosividade da ocorrência da precipitação.

Ainda com referência à influência da chuva nos níveis de porcentagem de umidade no solo, numa escala anual, SILVA (1993) encontrou alta relação entre médias mensais de porcentagens de umidade com altura mensal de chuva em áreas reflorestadas com *Eucalyptus umbra*, *Anadenanthera falcata* e *Pinus taeda*. MEDCALF (1956), citado por PRIMAVESI (1987), também apresenta resultados mensais de uma pesquisa realizada por três anos e igualmente encontrou alta relação entre estas duas variáveis. VIEIRA (1988) e SIQUEIRA & FRANCO (1988) citam que a atividade microbiana está regulada pelo conteúdo de umidade e, conseqüentemente, pelo volume da precipitação pluviométrica e mencionam

ainda que obviamente, na ausência da água, nem os microrganismos nem os animais do solo podem viver.

A análise química dos solos (TABELA 6.2) apontou, independentemente da condição experimental, certa alteração em todas as variáveis químicas analisadas. Tal fato se deve principalmente ao fato de que nesta época do ano ocorrem altas temperaturas no solo e altos índices de chuva, aumentando a concentração de água no solo, seja sob a forma armazenada, ou mesmo percolando ou sob a forma de escoamento superficial. VIEIRA (1988) cita que em condições ambientais como esta, a velocidade das reações que ocorrem no solo é acelerada, tanto do ponto de vista de absorção de nutrientes (inclusive água) pelas plantas, como também liberação de nutrientes pela decomposição acelerada da matéria orgânica, além de perdas por erosão e lixiviação.

Conforme exposto nos resultados, foram apontadas pequenas alterações nos valores do pH quando comparada a fase final com a fase inicial do experimento, havendo tendência à acidificação no caso do solo da condição de controle e tendência à neutralização no caso do solo da condição tratamento.

PRIMAVESI (1987) e SIQUEIRA & FRANCO (1988) citam que o pH é um indicador de uma situação biológico-físico-química que está ocorrendo no solo, e seria enganoso considerar somente efeitos químicos na explicação de seu valor.

SIQUEIRA & FRANCO (1988) mencionam que para a faixa dos valores de pH determinados em ambas as fases do experimento e em ambas as condições experimentais no caso da fase final do experimento, é esperada uma densidade proporcionalmente maior de fungos. Isto acontece porque as espécies de fungos possuem um caráter acidófilo, isto é, possuem tendência a terem sucesso de crescimento de suas colônias em pH ácidos ou levemente ácidos (entre 4,0 e 6,0), já as bactérias possuem um caráter

neutrófilo, ou seja, aumentam suas colônias quando o pH de seu habitat microbiano se aproxima do valor 7,0.

O fato de ter sofrido um pequeno acréscimo no caso das parcelas da condição de tratamento parece estar relacionado com a ação da água da chuva sobre os resíduos vegetais, bem como a ação da água da chuva sobre os componentes do próprio solo. Em outras palavras, é provável que a mesma água da chuva que infiltra ao longo do perfil do solo e leva consigo certa quantidade de compostos solúveis, esteja agindo na lixiviação de compostos hidrossolúveis dos fragmentos vegetais da cobertura morta e isto promova um efeito tampão no pH pois, nas parcelas da condição de controle, como não havia cobertura morta sobre a superfície do solo, a água removeu somente os nutrientes do solo, promovendo ligeira queda do pH.

Comparando-se os resultados obtidos entre a fase inicial e a fase final, as variáveis químicas potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases (SB) e soma total de cátions (T), sofreram decréscimo em ambas as condições experimentais.

Entretanto, comparando-se os resultados das condições experimentais na fase final do experimento, verifica-se que as perdas foram menores para a condição tratamento. Tal fato ocorreu provavelmente, para o caso das parcelas com cobertura, porque há a liberação de nutrientes dos tecidos vegetais dos resíduos e, de certa forma, atua como uma compensação nas perdas dos elementos, apesar da literatura mencionar que para solos cobertos, a velocidade de infiltração da água da chuva é várias vezes maior que solos descobertos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990) e isto pode acarretar a lixiviação de nutrientes ao longo do perfil do solo (PRIMAVESI, 1987).

Ainda, quando o alumínio e o íon hidrogênio, adsorvidos pelo complexo de troca, são substituídos por elemento alcalino ou alcalino-terroso, como o sódio, magnésio, potássio e cálcio, a concentração de íons hidrogênio

na solução diminui e aumenta a concentração de hidroxilas (OH^-) e também o pH, como foi realmente verificado. Para o caso destas variáveis - o alumínio e o íon hidrogênio - notou-se que para a condição de tratamento o valor obtido foi igual ao valor inicial, porém para a condição controle tal valor sofreu um aumento, evidenciando ainda mais a explicação que foi dada acima e mostrando com mais clareza a relação existente entre a concentração destes íons e a dinâmica da acidez no solo.

Os valores encontrados para o grau de saturação por bases ou ainda chamado de porcentagem de equivalência (VIEIRA, 1988), cuja fórmula é: $V\% = \text{SB} \times 100 / T$ (onde V = grau de saturação por bases; SB = soma de bases; T = soma total de cátions), representam da mesma maneira a relação exposta acima pois, segundo o mesmo autor, para a porcentagem de V encontrada (que para este experimento foi 64% na fase inicial e 52% e 44% para a fase final para tratamento e controle respectivamente), os 64% encontrados para a V na fase inicial significa que a capa de íons está composta de 64 % de íons de cálcio, magnésio, sódio e potássio e o restante (36 % está composta de íons alumínio e íons hidrogênio), sendo que o mesmo raciocínio é válido para os demais dados apresentados. Em outras palavras, a dinâmica de lixiviação de nutrientes pela água da chuva, bem como uma possível compensação de perdas em função dos compostos liberados pelos tecidos vegetais (para o caso das parcelas da condição tratamento), é evidenciada também pela análise desta variável.

Também para o caso do fósforo, nota-se que houve decréscimo deste elemento em ambas as condições experimentais entre a fase inicial e a fase final, porém de forma menos acentuada para as parcelas da condição de tratamento. Provavelmente este decréscimo de fósforo esteja relacionado com a perda de solos em função do arraste de solo pela enxurrada das chuvas pois, como já exposto na revisão bibliográfica, ESTEVES (1988) menciona que o carreamento de formas de fósforo no sedimento (principalmente de fosfato) é

geralmente alto em solos de caráter argiloso e em regiões tropicais ou subtropicais onde as chuvas são geralmente de alto poder erosivo e que esta fonte de fósforo para os sistemas aquáticos é uma das mais significativas e de maior poder impactante do ponto de vista da eutrofização acelerada dos corpos d'água.

A porcentagem de matéria orgânica sofreu um aumento na fase final quando comparada com o valor da fase inicial e de forma ligeiramente mais acentuado na condição controle do que na condição tratamento. Para a condição tratamento, este aumento foi devido à administração do resíduo vegetal e do processo de incorporação deste no solo. Para a condição controle este aumento, não esperado, esteja talvez relacionado com algum erro de coleta de amostra de solo (acidentalmente pode ter sido incluído algum tipo de material orgânico na amostra enviada ao laboratório) ou mesmo algum erro de trabalho de laboratório, uma vez que o esperado seria algum decréscimo do valor ou permanência deste para esta variável em relação à fase final para a condição controle ao valor encontrado na fase inicial.

SILVA (1993) encontrou valores semelhantes de porcentagem de matéria orgânica em área reflorestada por *Eucalyptus umbra* (em latossolo roxo) - 3,72%, já em área de latossolo vermelho claro e reflorestada por *Anadenanthera falcata* (angico), encontrou o valor de 5,17% e em área de latossolo vermelho escuro-fase arenosa reflorestada por *Pinus taeda*, encontrou valor bem menor (1,55%), mostrando a influência que o tipo de matéria orgânica exerce grande influência sobre as propriedades físicas e químicas dos solos, o que é ainda muito enfatizado por PRIMAVESI (1987).

TIBAU (1986) cita que a matéria orgânica tem sido, através dos séculos, o ponto culminante de apoio à agricultura. Historicamente houveram oscilações nas opiniões acerca de sua importância: ora, como fator condicionador de primeira grandeza e de imprescindibilidade quase absoluta, pois houve quem proclamasse que sem matéria orgânica a agricultura não seria

possível; ora, relegada para segundo plano com se fosse uma simples tradição agronômica, sem ser, sequer, cogitada nas análises de solo. É importante ressaltar que atualmente todos os especialistas da área de agronomia parecem ter opinião unânime sobre a importância que a matéria orgânica exerce principalmente no tocante à agregação de partículas e resistência à erosão. Contudo, PRIMAVESI (1987) chama a atenção sobre a forma de manejo deste material e aponta que se for mal manejada conforme o tipo de solo, pode trazer conseqüências negativas como lixiviação e/ou acidificação, ao invés de benefícios.

Nos experimentos aqui executados notaram-se variações nas porcentagens de nitrogênio comparando-se os dados da fase final com a fase inicial. Para o caso da condição de controle houve um decréscimo de 0,2 %, provavelmente carregado com a água do escoamento superficial, dada a razão que todas as coletas foram efetuadas na região superficial do solo. Para a condição de tratamento houve um discreto aumento o qual pode estar relacionado não só pela maior proteção conferida pela cobertura morta, que evitou perdas do elemento junto às enxurradas, como também houve alguma provável fixação do elemento pela microbiota, uma vez que o material vegetal foi administrado de forma superficial e não incorporado (este último resultaria provavelmente num tipo de decomposição anaeróbia, além de ocorrer um "roubo" temporário do nitrogênio disponível no solo para os vegetais por parte dos microrganismos decompositores). Também é provável que tenha ocorrido alguma contribuição de nitrogênio por parte da decomposição dos tecidos vegetais ao longo do período do experimento.

A relação C/N, como era esperado, teve relação estreita com o comportamento dos teores de matéria orgânica (que indiretamente nos fornece a informação do teor de carbono) e do nitrogênio. A condição tratamento obteve menor valor da relação devido ao aumento do teor de nitrogênio, enquanto que a condição controle sofreu um aumento ainda maior devido ao

aumento no teor de matéria orgânica além da diminuição na porcentagem de nitrogênio.

A classe taxonômica de solo do local do experimento, que é Latossolo Vermelho Amarelo, caracteriza-se por ter horizonte "A" moderado e "B" com perfil normalmente profundo, fertilidade natural baixa. São solos geralmente encontrados sob floresta densa, aberta ou mesmo de campo cerrado (VIEIRA, 1988).

A cor determinada para o horizonte superficial do solo (amostra coletada nos primeiros 15 cm) - vermelho-escuro - demonstra a presença de sesquióxidos de ferro e óxidos de ferro não hidratados (hematita). A intensidade da cor vermelha é, segundo VIEIRA (1988), função do grau de hidratação destes compostos e o solo tende a ter um vermelho de tom mais escuro quanto menos hidratados forem estes compostos de ferro. O tom escuro é atribuído também, segundo o autor supracitado, ao teor de matéria orgânica, podendo variar de branco a negro conforme o teor de matéria orgânica presente no solo.

A cor do solo é pois um caráter significativo de condições importantes do solo, como o conteúdo de matéria orgânica, o grau de hidratação dos sesquióxidos e das condições de drenagem, podendo dar também uma idéia sobre o grau de aquecimento do solo. É sabido que cores escuras absorvem calor mais rapidamente e o refletem com menor intensidade; por esta razão é que, quando um solo encontra-se seco, há grandes diferenças de temperatura entre as cores claras e escuras, desaparecendo tal diferença quando este encontra-se molhado (VIEIRA, 1988).

A composição mecânica do solo (textura) refere-se às proporções dos vários grupos de grãos que o formam (FIGURA 6.1). A proporção encontrada para o solo da área do experimento (50 % areia, 20 % argila e 30 % silte) mostrou um aspecto físico geral areia-argilo-siltosa, sendo nomeada "franca", segundo a classificação do Soil Survey Staff dos Estados Unidos

(VIEIRA, 1988). Para esta classe são dados os seguintes limites: material do solo que contém 7 a 27 % de argila, 28 a 50 % de silte e menos de 52 % de areia.

TIBAU (1986) menciona que a presença da argila em percentual variando entre 20 a 30 % é um bom condicionante de fertilidade do solo, influenciando grandemente na formação da sua estrutura e na sua economia hídrica.

Em função da análise da textura do solo, foi possível realizar o cálculo do índice de erodibilidade de acordo com o método proposto por BOYOUCOS (1935) e cujo índice, que já foi exposto nos resultados, é igual a 4,0. Este valor coloca o solo local com um valor numérico médio (com tendência a ser pouco erodível) dentre os limites encontrados por trabalhos anteriores feito pelo autor do método, os quais variam de 0,517 até 11,2, sendo que quanto maior o valor, mais frágil tende a ser o solo, pois menor será a porcentagem de argila dentro do volume total.

Este mesmo autor faz também comentário sobre a função da argila no complexo denominado de solo e menciona que a argila, junto com os colóides de húmus, tende a juntar as partículas do solo em agregados, daí talvez a validade de um método como este, o qual estima diretamente a erodibilidade de um solo pelo teor de argila, além de ser um método extremamente simples, barato e de extrema rapidez para obtenção de resultados.

É importante salientar sobre a existência de outros parâmetros que visam classificar as propriedades físicas dos solos, sendo que alguns contribuem até na observação sobre a eficiência de recuperação de solo degradado submetido a alguma forma de recuperação. Um exemplo seria a observação da estrutura do solo, que é o modo de união das partículas unitárias do solo em partículas compostas ou agregados, as quais, ao associarem-se, darão origem a torrões, que constituem a parte macroscópica da estrutura do

solo. Outro exemplo seria a quantificação da consistência do solo, a qual compreende os atributos do material do solo que são expressos pelo grau de natureza de coesão ou adesão ou pela resistência à deformação pela rotura (VIEIRA, 1988).

Tais variáveis não foram quantificadas neste trabalho devido ao fato de que a palha e qualquer matéria orgânica morta, mas ainda intacta, não tem efeito sobre a estrutura do solo. Somente durante a sua decomposição é que se formam substâncias agregantes e estabilizantes para os grumos, e especialmente os ácidos poliurônicos, produzidos pelas *Cytophagas*, exercem efeito grande (PRIMAVESI, 1987). Este efeito, embora provavelmente estivesse ocorrendo durante o período do experimento, seria difícil de identificar claramente, pois requer um período de tempo maior do que o período de estudo, em função principalmente da velocidade de decomposição e humificação da matéria orgânica administrada sobre a superfície do solo.

Os resultados referentes à quantificação e comparação entre as condições experimentais da umidade no solo (FIGURA 6.2) mostram a influência positiva da presença da cobertura sobre a superfície do solo e como já anteriormente mencionado, a estreita relação que tem esta variável com a frequência de ocorrências de chuvas (FIGURA 6.4).

PRIMAVESI (1987) cita uma tabela que mostra grandes diferenças na porcentagem de umidade do solo na superfície de solos cultivados com cafeeiro (23,21 % em solos com cobertura morta e 9,31 % em solos sem cobertura morta), diferentes dos valores obtidos no presente trabalho, provavelmente porque no experimento descrito, o solo contava ainda com a proteção dos próprios cafeeiros contra a ação direta da luz solar, enquanto que no presente experimento havia somente a proteção da camada de cobertura morta. Outro aspecto a ser considerado é a porcentagem de cobertura da superfície. No presente estudo, como já foi mencionado, ela foi inicialmente de 70% e decresceu ao longo do período de execução do

experimento. A autora menciona ainda que solos cobertos permanecem mais úmidos na camada superficial e que tal fato pode ser atribuído tanto a menor evaporação como também a maior infiltração da água.

Como mostra a reta plotada na FIGURA 6.3, há uma tendência de queda da diferença das porcentagens de umidade entre as condições experimentais ao longo do período do experimento e, a partir do quinquagésimo dia (dois meses e meio, aproximadamente), a diferença entre as porcentagens se torna menor que 1%, provavelmente já não produzindo efeito satisfatório como retentora de umidade do solo, sendo tal acontecimento já esperado em função do próprio processo de decomposição do material vegetal bem como a incorporação deste no solo.

Este fato pode ser utilizado talvez em conjunto com outros fatores, como um indicador de que seria época de administrar uma nova quantidade de resíduos triturados no solo. Outra solução que poderia ser apontada, baseando-se neste comportamento de caráter limitante do material vegetal, seria administrar uma quantidade maior de material por área de solo, visando um efeito mais prolongado sobre a umidade, uma vez que PRIMAVESI (1987) ressalta que, apesar da prática de administrar matéria orgânica ser um ótimo caminho na conservação da umidade do solo, a importação de material orgânico de outras localidades torna-se geralmente cara. Assim surge naturalmente a sugestão de administrar quantidade um pouco maior de material, buscando um efeito prolongado e evitando possíveis gastos extras.

Os resultados obtidos nas leituras do comportamento da temperatura do solo (FIGURAS 6.5, 6.6 e 6.7) mostram diferenças mais pronunciadas principalmente para o horário das 13:00 (em torno de 2,3°C), seguido pelo horário das 15:15 (diferenças em torno de 1,4°C) no qual o material já sofreu um grau de aquecimento a ponto de diminuir seu efeito de isolamento térmica entre a atmosfera e a superfície do solo, e por último o

horário das 8:00 (diferenças em torno de 1°C) quando a temperatura ainda está amena.

O comportamento observado coincide com aquele verificado por BANDY apud PRIMAVERSI (1987) onde este encontrou, para profundidade de 5 cm e no horário das 14:00 horas, diferenças em torno de 4°C quando comparou solo nu com solo coberto com cobertura superficial morta feita com capim e diferenças em torno de 1,5 a 2°C quando comparou solo nu com solo coberto com cobertura morta de kudzu. Convém citar que o mesmo autor encontrou diferenças muito sutis (menores que 1°C), quando comparou os mesmos materiais anteriormente citados porém incorporados ao solo, também aos 5 cm de profundidade.

Convém mencionar que, apesar da cobertura morta, independentemente do material vegetal que está sendo utilizado, amenizar a temperatura na superfície do solo, há de se verificar se a nova temperatura ainda não é muito elevada do ponto de vista da fisiologia vegetal, principalmente se estiver associado com certa deficiência hídrica no solo, segundo PRIMAVERSI (1987) a temperatura influi diretamente no metabolismo da planta, sendo este mais rápido em temperaturas mais elevadas, elevando com isso o gasto de produtos fotossintetizados e enfraquecendo o potencial osmótico radicular. Para diminuir ainda mais a temperatura do solo, deve-se lançar mão de outras técnicas agrícolas combinadas com a da cobertura morta, tais como efetuar a plantação com espaçamentos menores entre as plantas, ou ainda plantar culturas intercalares entre as linhas de cultivo da cultura principal.

Vale comentar que, diferentemente da relação encontrada na quantificação da umidade, observa-se que em nenhum dos três horários existiu tendência de diminuição das diferenças de temperatura entre as duas condições experimentais, conforme era esperado em função do decaimento da porcentagem de área de superfície de solo coberta. Pode ter ocorrido,

provavelmente, algum tipo de “vício” amostral (de forma involuntária) em algumas datas de coletas, havendo tendência de leitura somente em pontos das parcelas onde ainda predominavam manchas de material vegetal na superfície, valendo esta ressalva para a condição tratamento, já que para a condição controle ficou isenta deste provável tipo de erro amostral.

Os dados obtidos na tentativa de quantificação do processo de desprendimento e lançamento de partículas de solo (salpicamento) (TABELA 6.3) mostram-que para todos os eventos chuvosos houve amenização das gotas de chuva por parte da cobertura morta, pois os dados obtidos na condição de tratamento foram menores que os dados obtidos na condição de controle.

Apesar de não ser possível comparar os dados com outros autores devido à originalidade da metodologia utilizada (segundo a literatura consultada), os dados sobre salpicamento nos fornecem informações complementares que integram, juntamente com os dados de perda de solo e material em suspensão na água do escoamento superficial, o conjunto de variáveis que explicam não só a dinâmica do processo erosivo nos solos, mas também realça a visualização da contribuição de proteção ao solo que a cobertura morta pode fornecer quando for utilizada. Conforme já foi mencionado no capítulo da Revisão Bibliográfica: “A maior contribuição proporcionada pela cobertura morta na proteção do solo é a absorção da energia cinética da chuva, evitando assim o “efeito bomba” das gotas de chuva sobre a superfície do solo e, conseqüentemente, o selamento superficial e o desprendimento e lançamento das partículas de solo, evitando assim a degradação do solo” (- WISCHMEYER - LATTANZI *et al.* - SINGER - todos citados por LOMBARDI NETO *et al.* (1988); LOPES *et al.* 1987a; LOPES *et al.*, 1987b; PRIMAVESI, 1987).

Trabalhos como o de McINTYRE (1958), também objetivando a quantificação do processo de salpicamento (“splash”) de partículas de solo, são geralmente desenvolvidos utilizando containers com quantidade conhecida

de solo e realizados geralmente com simuladores de chuva e visam quantificar e descrever os processos de salpicamento, perda de solo por superfície e também o processo de compactação da superfície do solo (selamento superficial) pelo impacto das gotas de água da chuva. Comumente variam-se nestes experimentos, a intensidade da chuva, energia das gotas de água da chuva, tipo de solo em função do teor de argila, permeabilidade e outras características.

Nota-se pelos resultados, que o valor obtido para esta variável pode ser considerado um resultado conjunto entre: característica da chuva + propriedades físicas do solo, as quais influenciam o valor da sua erodibilidade + prática de manejo (que para o presente caso compreende as condições experimentais). Quanto às características da chuva, algum comentário já foi feito anteriormente. Contudo nota-se que houveram datas em que os valores da altura de chuva, embora próximos, conduziram a valores da erosividade diferentes (22/JAN e 29/FEV onde encontrou-se, respectivamente, 13,5 mm e 44,144 MJ/ha x mm/h contra 16,4 mm e 71,838 MJ/ha x mm/h). Entretanto houve diferença pouco acentuada entre os valores de material salpicado para estas datas, segundo a presente metodologia.

O teste de correlação (TABELA 6.9) revelou que houve índice de correlação muito significativo entre a taxa de salpicamento para as parcelas da condição tratamento e o valor da erosividade no período da data de coleta ($r = 0,90$) e também entre as parcelas da condição controle e o valor da erosividade no período da data de coleta ($r = 0,85$). Apesar desta relação estatística observada, pode-se constatar alguma irregularidade do solo a qual é mais pronunciada em solo sem nenhum tipo de proteção superficial, tendo provavelmente influenciado também por outras variáveis não detectadas, acarretando alterações que influenciaram o comportamento de salpicamento do solo, resultando num valor de "r" não idêntico.

A influência da característica do solo poderá ser melhor explicada quando forem realizados experimentos utilizando-se este mesmo tipo de dispositivo porém em solos com características diferenciadas. Contudo, vale ressaltar que a forma de manejo do solo exerce grande influência sobre as propriedades do solo e isto deverá ser verificado também quando se quantificar o desprendimento das partículas e a infiltração da água da chuva ao longo do perfil do solo.

Não foi verificada diminuição na diferença de material salpicado entre as condições experimentais ao longo do período do experimento. O que era esperado seria alguma diminuição em função do decréscimo da porcentagem de cobertura, já mencionado e comentado anteriormente. Provavelmente em algumas ocasiões pode ter havido uma colocação dos dispositivos de forma que ficassem nas manchas maiores de cobertura nas parcelas tratamento e que ainda proporcionavam altos índices de proteção da superfície do solo mesmo na fase final do experimento. Também deve ser levado em consideração o fato de que apesar de na fase final do experimento já não haver uma substancial quantidade de material vegetal sobre o solo, parte deste pode ter sido incorporado nos primeiros centímetros e ainda contribuir na proteção do solo contra o processo de salpicamento e compactação da superfície do solo, bem como amenizar o processo de compactação da superfície do solo e favorecer o processo de infiltração da água, como exposto por DERPSCH *et al.* (1991) e PRIMAVERSI (1987).

A análise química realizada com amostra do material vegetal utilizado no experimento (fase inicial) (TABELA 6.4), mostrou uma porcentagem de nitrogênio igual a 0,7%. KIEHL (1985) comenta que para resíduos a serem decompostos os quais têm porcentagem de nitrogênio menor que 1,5 % e elevado conteúdo de material celulósico, pequena porcentagem de amônia é liberada, mesmo após alguns meses sofrendo decomposição. O material vegetal utilizado mostrou que sofreu uma queda no teor deste

elemento quando foi analisado na fase final do período do experimento, tal fato mostra que, ao longo do período do experimento, enquanto o material sofria simultaneamente o processo de decomposição e de lixiviação, foi liberado e “transportado” para o solo ou para os microrganismos presentes neste, fato comprovado com o aumento no teor deste elemento para o solo das parcelas que receberam cobertura de material vegetal.

Verificou-se uma diminuição nos teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) do material vegetal entre o início e o final do experimento. KIEHL (1985), discorrendo sobre a potencialidade de fornecimento destes elementos por parte da matéria orgânica, menciona que materiais orgânicos são, geralmente, importantes fontes de fósforo para as plantas, contendo porcentagens significativas do fósforo total encontrado no solo. Contudo, a contribuição é pequena quando trata-se dos demais elementos citados anteriormente e que a maior parte destes elementos fornecidos às plantas provém dos minerais do solo.

Na diminuição notada, o mesmo autor anteriormente citado menciona que para o caso do potássio, este elemento não participa das combinações orgânicas na planta, como acontece com o nitrogênio e enxofre; ele é um elemento ativo na planta, porém em forma livre, sendo por isso prontamente liberado para o solo quando restos vegetais são a ele incorporados, valendo tal hipótese, segundo RAWITSCHER (1953), também para o ferro e para o cálcio, apesar de não se ter total esclarecimento sobre o assunto.

Quanto ao magnésio, RAWITSCHER (1953), KIEHL(1985) e TIBAU (1986), mencionam que este se localiza na molécula de clorofila, cujo composto é quase que na sua totalidade concentrado nas folhas. RAWITSCHER (1953) cita ainda que, compostos fotoquímicos como a clorofila, quando expostos à luz intensa, tendem a se decomporem. Em função desta decomposição o magnésio estaria livre e provavelmente seria lixiviado

pela água da chuva, resultando numa diminuição do seu teor, como foi observado.

O fósforo, fazendo parte das substâncias protéicas das plantas (RAWITSCHER, 1953; KIEHL, 1985), provavelmente foi liberado dos tecidos vegetais em função do ressecamento sofrido pelo tecido dos fragmentos vegetais sobre a superfície do solo e após a presença da água da chuva foi solubilizado e lixiviado, tendo também, segundo KIEHL (1985), importância do pH do solo como catalisador de tal reação.

Notou-se um aumento no teor de matéria orgânica dos restos vegetais entre a fase inicial e final bem como na relação carbono/nitrogênio. Tal fato já era esperado pois, de acordo com o tipo de material vegetal colocado no solo (material de todas as partes de espécies arbore-arbustivas), onde uma considerável fração do material faz parte do componente estrutural das plantas (troncos e galhos - cujas partes são constituídos predominantemente de material de decomposição lenta, como lignina e celulose), esperava-se que ocorreria uma lixiviação dos compostos hidrossolúveis (açúcares, por exemplo) e uma permanência das partes de decomposição lenta a qual geralmente é colonizada por espécies de microrganismos denominadas tardias, que só começam a atuar na decomposição destas moléculas mais complexas após alguns outros compostos serem decompostos por outras comunidades específicas de microrganismos.

Da quantidade total inicial de material aumentou a quantidade relativa de matéria orgânica e logicamente de carbono, influenciando no aumento da relação C/N, uma vez que o teor de nitrogênio diminuiu, conforme já visto.

A análise do teor de enxofre revelou um aumento entre as duas fases do experimento. Tal fato ilustra o comentário feito por KIEHL (1985) que menciona que cerca de 50 a 70 % do total encontrado de enxofre está na forma orgânica. Para o caso deste trabalho supõe-se que boa parte, senão a

totalidade deste elemento tenha ficado retido em moléculas orgânicas de decomposição lenta, e que seria liberado num espaço de tempo maior do o que foi levado para a realização do presente trabalho.

Apesar desta retenção relativamente longa do enxofre por este tipo de material, TIBAU (1986) cita que, de forma geral, os solos normais são geralmente suficientemente supridos de enxofre, ficando merecedor de certa atenção os solos que estão sob vegetação de cerrados, onde este elemento é escasso ou mesmo ausente.

Antigamente pensava-se que a acidez do solo era devida à presença dos ácidos orgânicos da matéria orgânica; hoje sabe-se que a matéria orgânica quando decomposta em condições aeróbias, tem reação alcalina, em função dos humatos alcalinos que forma, concorrendo para aumentar o pH, pelo menos temporariamente.

Os resultados obtidos no índice de decaimento da porcentagem de área de solo coberta com material vegetal (FIGURAS 6.8 e 6.9) mostraram um comportamento de decaimento (parcelas 1 e 2) semelhante ao comportamento de decomposição obtido em serapilheiras de sistemas florestais, com alto índice de decaimento na fase inicial em função do alto grau de decomposição de compostos facilmente degradáveis pela comunidade de microrganismos existentes no solo além de alto grau de lixiviação ou ainda incorporação de parte do material no solo. Após este período, onde predominam compostos mais complexos e de decomposição mais lenta, a curva tende a ligeira estabilização. Para o caso da parcela 4, a qual obteve-se uma curva com comportamento inverso, provavelmente ocorreu algum erro no momento de armação do quadro para efetuar o levantamento fotográfico (escolheram-se de forma aleatória, podendo ter ocorrido a escolha de áreas não representativas as quais não retratou fielmente a realidade do momento), pois tratava-se do mesmo tipo de material sendo trabalhado na mesma época e na mesma área.

Como já comentado, a diminuição da porcentagem de área de solo coberto vem influenciar diretamente o comportamento das variáveis temperatura, em função de um crescimento das áreas as quais a luz solar incide diretamente; umidade, em função de um possível aumento na taxa de evaporação da água no solo, bem como diminui a proteção geral contra os impactos da água da chuva. De acordo com ALBERTS *et al.* in LOPES *et al.* (1987a), a porcentagem de material grosseiro transportado na enxurrada decresce com o aumento da cobertura do solo, aumentando assim a porcentagem de material mais fino.

Por outro lado, a diminuição da cobertura indica que parte do material administrado sobre o solo foi incorporado a este e/ou sofreu decomposição, passando a contribuir não mais como proteção na superfície do solo como uma manta, mas na formação da bioestrutura do solo bem como no suplemento de nutrientes, conforme vão se estabilizando os compostos ao longo do processo de decomposição, mas ainda assim contribuindo para minimizar fenômenos como o salpicamento e o selamento superficial.

Os resultados obtidos na quantificação de solo transportado (TABELAS 6.5 e 6.6), talvez a variável de maior expressão dentro do processo erosivo, mostram, igualmente com as diferenças de material salpicado e a diferença observada na perda de água, a grande contribuição do material vegetal quando utilizado como cobertura morta.

Dentro da metodologia utilizada para o estudo, os resultados vem ao encontro das citações feitas por LOMBARDI NETO *et al.* (1990), que também encontraram redução de perdas de solo quando administrou-se quantidades semelhantes de resíduos culturais de milho. ETTLIN e STEWART (1990) também encontraram redução significativa de perda de solo quando pesquisaram influência de resíduos de podas e jardins em áreas altamente inclinadas, comparando com parcelas de solo exposto (vide

TABELA 3.11). Já PRADO FILHO & SELBACH (1988) encontraram pouca alteração de redução de perdas de solo quando compararam parcelas tratadas com: 1) fertilizantes essencialmente químicos, 2) fertilizantes químicos mais uma quantidade de composto de lixo orgânico (10 t/ha de composto), 3) adubação orgânica - composto de lixo (20 t/ha) com suplemento de P_2O_5 e 4) adubação completamente orgânica - somente composto de lixo (20 t/ha).

As taxas de redução de perdas de solo nas parcelas com cobertura observadas neste experimento foram bem maiores do que as encontradas por LOMBARDI NETO *et al.* (1988), isto provavelmente se deve ao fato de que as declividades das parcelas foram diferentes (6,85% para este experimento contra 13,00% dos autores supracitados), características físicas do solo das áreas experimentais, além da peculiaridade dos materiais utilizados como cobertura morta nos dois experimentos.

Os resultados mostram também o fato de que, havendo proteção do solo para a primeira etapa do processo erosivo, consequentemente diminui o transporte de solo, pois para todas as coletas efetuadas, as condições experimentais tiveram mesmo comportamento para o salpicamento e a perda de solo. Os menores valores foram observados na condição de tratamento e os maiores na condição de controle nas duas variáveis mencionadas.

Nota-se que há uma tendência de diminuição da diferença de perda de solo conforme avançam as datas de coletas, ou seja, verifica-se de forma mais pronunciada que há uma diminuição da eficiência da cobertura sobre a superfície das parcelas da condição tratamento conforme avança o tempo; diferentemente do comportamento observado para a variável salpicamento. No teste de correlação entre os dados de perda de solo e salpicamento para seus respectivos dias de coleta obteve-se coeficientes não significativos ao nível de 5%, ficando a condição de controle com $r = 0,54$ e a condição de tratamento com $r = 0,42$.

Correlacionando os dados de perda de solo com os valores da erosividade obtidos para os dias correspondentes das coletas obteve-se, para a condição controle $r = 0,75$ e para a condição tratamento $r = 0,41$. Estes coeficientes de correlação, significativos aos níveis de 1% e 5% respectivamente, mostram que houve um comportamento não tão regular de perda de solo por parte das parcelas com tratamento em relação ao comportamento erosivo das chuvas do que as parcelas da condição controle, provavelmente devido a fatores como a própria rugosidade do resíduo vegetal que conferia um controle variável do escoamento da água e sedimentos nestas parcelas ao longo do tempo. Nas parcelas que ficaram desprotegidas, em algumas datas ocorria a formação de sulcos dentro dos limites das parcelas (além de outras irregularidades na superfície, conforme mostra a fotografia 2 do ANEXO 9), sulcos estes que eram de profundidade de 1 a 3 centímetros e que eram nivelados manualmente após realizar as coletas a fim de não influenciar na chuva seguinte.

A única leitura de volume de água escoada que foi possível realizar por razões expostas no capítulo dos Resultados (TABELA 6.7), mostrou que houve diferença na porcentagem de água escoada quando comparam-se os valores obtidos para as duas condições experimentais. Para a condição de controle houve uma perda de 1860 l/ha de água e para a condição de tratamento a perda foi de 560 l/ha, respectivamente 1,06% e 0,32% do total precipitado, que foi 174000 l/ha.

LOMBARDI NETO *et al.* (1988) encontraram uma relação de perda de água de 0,18 mm para 0,23 mm em uma das coletas realizadas, sendo os dados obtidos de parcelas cobertas com cerca de 4 t/ha de resíduo de milho e parcelas controle, respectivamente (índice $0,18/0,23 = 0,78$); enquanto que para o presente trabalho a relação foi de 0,056 mm para 0,186 mm (índice 0,30) na mesma seqüência de condições experimentais. Para o total anual os

autores mencionados encontraram 115,51 mm para as parcelas de tratamento e 629,27 mm para as parcelas de controle (índice 0,24).

PRADO FILHO & SELBACH (1988), comparando perda de água em parcelas com solo nu e parcelas tratadas com 20 t/ha de composto de lixo orgânico (parcelas sofreram mesmo tipo de preparo do solo, que foi uma lavra de 20 cm e uma gradagem) observaram maiores taxas de perdas de água nas parcelas com tratamento em 13 de um total de 16 coletas realizadas. Tais resultados evidenciam uma vez mais o exposto várias vezes neste trabalho que “a maior eficiência de minimização de perdas de solo e água se dá pela aplicação superficial de cobertura morta e não incorporado ao solo” (BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), DERPSCH *et al.* (1991), PRIMAVERSI (1987)).

Fato curioso ocorrido foi que para esta coleta onde não transbordaram os baldes coletores, houve ocorrência de salpicamento (primeira etapa do processo erosivo) e também perda de água, porém não houve transporte de solo e os valores de altura e erosividade da chuva foram respectivamente 17,4 mm e 32,240 MJ/ha x mm/h. Para o dia 6/MAR o valor obtido para a erosividade da chuva foi 39,172 MJ/ha x mm/h, ligeiramente superior ao obtido no dia 11/MAR e neste dia (6/MAR) houve ocorrência de salpicamento, perda de água (inclusive com transbordamento dos baldes coletores) e também perda de solo para ambas as condições experimentais, sendo que para as perdas de solo os valores foram dos mais baixos obtidos nos experimentos. Também os valores de material em suspensão, que contribui para a idéia da quantidade de material transportado, mostraram nesta data a menor concentração total para a condição de controle e o terceiro menor valor para a condição de tratamento.

Tal comportamento das variáveis sugere que o limite de tolerância da erosividade da chuva para o tipo de solo estudado esteja entre os valores mencionados. Para poder afirmar de forma conclusiva, entretanto, é

necessário realizar estudos mais detalhados da chuva (de todas as variáveis necessárias para o cálculo dos valores da erosividade), perda de solo e água e salpicamento.

Dentro das características físico-químicas determinadas para as amostras de água coletadas, verifica-se que os valores de pH (medidos em KCl) (FIGURA 6.10), sofreram menores alterações entre as condições experimentais do que entre as ocorrências chuvosas. Segundo a literatura consultada, a água que vem da chuva e escorre sobre o solo parece não sofrer drásticas alterações de valores pH no momento de contato com o solo. ESTEVES (1988), discorrendo sobre os fatores ambientais que mais influenciam o pH da água em ecossistemas aquáticos continentais, não menciona o escoamento superficial mas sim a água da chuva como um dos principais alteradores desta variável, principalmente com referência ao processo de acidificação da água.

ODUM (1983) e ESTEVES (1988) mencionam que a água geralmente sofre alto nível de modificação de seu pH quando ainda está na atmosfera e sofrendo reações com produtos como compostos de nitrogênio e enxofre além de CO_2 , e já atinge a superfície do solo ou dos corpos d'água com valores de pH impactantes (geralmente muito ácidos), devendo tal causa principalmente aos problemas de poluição atmosférica dos dias atuais.

Mesmo águas que percolam entre lixões e/ou aterros, sofrem pouca alteração do pH, e o impacto que esta ligeira alteração gera vem em decorrência de combinações de baixar o índice de O_2 na água, daí então tornando-a estéril do ponto de vista biológico e imprópria para o consumo humano (LIMA, 1989). Num trabalho realizado por LANGFORD *et al.* (1982) e citado por LIMA (1993), o autor comparou diversos parâmetros indicadores de qualidade da água com amostras de água de escoamento superficial ocorrido entre parcelas recém-desmatadas com outras reflorestadas com Eucalypto e verificou grandes alterações de algumas variáveis, porém o pH

variou muito discretamente. Daí provavelmente a razão de maiores alterações nos valores de pH entre os eventos chuvosos do que entre as condições experimentais. Parece haver então o fato de que a água possui uma potencialidade muito maior de alterar o pH do solo do que o inverso.

Analisando os dados obtidos na quantificação do material em suspensão (totais) (FIGURAS 6.11, 6.12 e 6.13 e TABELA 6.8), percebe-se que a contribuição da cobertura morta foi mais expressiva nos primeiros sete eventos chuvosos (com exceção do dia 19/jan), fase em que os fragmentos vegetais que constituíam a cobertura morta sobre o solo das parcelas de tratamento estavam ainda em condições de fornecer certa proteção ao solo contra o impacto das gotas de chuva e resistência à formação de enxurrada, como visto no item que foi comentado sobre a taxa de decaimento da porcentagem de cobertura morta sobre o solo.

Após este período a proteção do solo tornou-se menos efetiva, como foi verificado também na quantificação da umidade, onde a reta plotada na FIGURA 6.3 indica tendência de uniformização dos comportamentos das duas condições experimentais, fato este que corrobora os comentários feitos em BERTONI & LOMBARDI NETO (1990), LOPES *et al.* (1987-a) e LOPES *et al.* (1987-b), PRIMAVESI (1987).

ETTLIN & STEWART (1993) encontraram taxa de amenização bem maior do que o presente trabalho (31.000 mg/l para parcela controle contra 280 mg/l para parcela coberta com resíduos de podas triturados), tal fato ocorreu provavelmente porque a inclinação da área do citado trabalho era muito maior (34 % contra aproximadamente 7 % para este trabalho) e apesar de não mencionado no artigo, provavelmente o solo do local possuía um valor de erodibilidade alto, isto é, altamente erodível.

Houve, de maneira geral, maior carregamento da fração mineral do que da fração orgânica para ambas as condições experimentais, com exceção dos dias 8 e 22 de janeiro para a condição de controle, onde a fração

orgânica superou a porcentagem da fração fixa. Nota-se que, uma vez que a análise química do solo (fase final) apontou um valor sensivelmente maior para a porcentagem de matéria orgânica para os solos das parcelas da condição de controle em relação ao tratamento, os resultados do material em suspensão em parte explica tal acontecimento, pois a porcentagem relativa de material orgânico foi maior para a condição tratamento e geralmente foi mais discreto para a condição controle. Neste valor maior da condição tratamento está computado também alguma migração de partículas vegetais que faziam parte da cobertura morta e que foram ocasionalmente transportadas pela enxurrada que se formava nas ocasiões de fortes tempestades.

Verifica-se que para as quantificações de nitrato e amônio (FIGURAS 6.14 e 6.15) houve redução de perdas destes compostos para todas as datas de coletas (com exceção para o amônio no dia 20/março) quando comparam-se os valores obtidos entre as duas condições experimentais. Estas variáveis vem esclarecer ainda mais a importância da função que a cobertura morta tem em proteger o solo e conseqüentemente privá-lo de perdas de compostos economicamente importantes para a atividade agrícola, bem como diminuir o transporte destes compostos para os cursos d'água.

As maiores concentrações de amônio ficaram para o segundo e terceiro mês do período do experimento, para ambas as condições experimentais. Já as concentrações de nitrato foram um pouco mais regulares ao longo do experimento, porém atingiram seus picos de concentrações também neste período, especialmente no caso da condição de controle.

PRADO FILHO & SELBACH (1988), aplicando diferentes proporções de composto orgânico de lixo domiciliar combinado também com diferentes proporções de fertilizantes químicos, não verificaram redução de perdas destes elementos nas condições experimentais onde utilizaram produto orgânico, provavelmente devido à baixa capacidade que este tipo de material possui de atuar como amenizador dos impactos causados pela água da chuva,

devendo não serem usados para esta finalidade mas sim como um complemento de fertilização agrícola.

Os mesmos autores ultimamente citados detectaram que as perdas destas formas inorgânicas de nitrogênio aumentaram com as perdas de água. Verificaram também que as maiores concentrações de amônio ocorreram quando as quantidades de água perdidas por escoamento superficial não ultrapassaram 10% do total precipitado. Estes fatores não foram possíveis de se quantificar no presente trabalho devido a problemas da baixa capacidade dos coletores usados, conforme já mencionado anteriormente.

Outro aspecto verificado por PRADO FILHO & SELBACH (1988) foi que as perdas de nitrato foram maiores que as de amônio. Tal fato foi verificado neste trabalho para a condição de controle em onze das treze coletas realizadas, porém na condição de tratamento a concentração de nitrato superou as de amônio em apenas seis das treze coleta, ficando quatro destas na segunda metade da período do experimento (dias 28 e 29 / fevereiro e 6 e 20 de março).

BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) comentam que nutrientes solúveis, como os nitratos, estão mais ligados à enxurrada e, os fosfatos, aos sólidos arrastados. O controle destas que são consideradas fontes de poluição química de corpos-d'água se realiza de dois modos: o primeiro, aplicando os fertilizantes na quantidade mínima necessária à produção das culturas, isto é, aquela utilizada pelas plantas, evitando excessos que seriam lavados pelas enxurradas, fato recomendado também por PRADO FILHO & SELBACH (1988), quando encontraram na água do escoamento superficial destas condições de manejo concentrações de nitrato e amônio menores que as permitidas pela Organização Mundial de Saúde; e o segundo, mais eficiente, reduzindo ao mínimo a enxurrada e as perdas de solo por erosão, estas últimas reduzindo não só o carreamento de fertilizantes mas também do próprio solo.

As informações obtidas sobre as características urbanas e formas de gerenciamento do material vegetal que é produzido na área urbana (FIGURAS 6.16 e 6.17 e TABELAS 6.10, 6.11 e 6.12) mostraram ser úteis no sentido de dar bases a um início de dimensionamento do processo de produção e coleta. As variáveis que mostraram ser de fundamental importância não apresentaram dificuldades de serem identificadas, porém para quantificá-las de forma precisa, há a necessidade de um estudo mais minucioso (por exemplo, a informação da quantidade (t/dia) que é produzida). No presente estudo não se dispunha de meios para efetuar a estimativa e os funcionários entrevistados não possuíam nenhuma estimativa grosseira acerca desta produção.

O destino do produto final (já processado) pareceu não ser problema, uma vez que, segundo os funcionários, vários produtores que sabiam da oferta deste material sempre procuravam obtê-lo e comentavam sobre as melhoras que foram verificadas em culturas nas quais foram administradas certa quantidade deste material. É interessante realizar alguma divulgação maior da oferta deste material no sentido de atingir também pequenos produtores rurais, provavelmente os mais carentes e que mais se beneficiariam com o ganho e aplicação do produto.

8 - CONCLUSÕES:

Dos resultados obtidos pode-se concluir que a utilização do lixo-verde mostrou ser eficiente e favorável como prática de redução de perda de solo.

Os resultados, quando comparados com outros trabalhos, foram semelhantes no tocante a conferir proteção ao solo contra a ação erosiva da chuva. Porém as taxas de redução obtidas foram acentuadamente diferentes dos trabalhos consultados, mostrando a necessidade do conhecimento de certas características locais como: % de declividade da área, características físicas do solo, principalmente a textura, tipo de material vegetal a ser empregado para tal prática, a fim de haver um correto manejo e promover efetiva conservação solo ao longo de sua utilização.

Verificou-se influência positiva da cobertura morta na obtenção de maiores graus de umidade bem como amenização da temperatura principalmente para os horários mais quentes do dia nas parcelas onde administrou-se o resíduo sob a forma de cobertura morta superficial.

Houve diminuição na quantidade de material salpicado bem como menores concentrações de nitrato e amônio nas amostras de água das ocorrências de escoamento superficial.

As variáveis levantadas para a elaboração de subsídios que possam contribuir na realização de um programa de aproveitamento do resíduo em áreas rurais são de utilidade para direcionar a coleta de informações mínimas necessárias acerca do quadro geral da cidade sobre a situação de aproveitamento do lixo verde. Acredita-se que este seja um primeiro trabalho no sentido de organizar as informações, podendo ser útil para qualquer cidade que opte em implantar um programa semelhante.

O fato de ter sido observado um resultado sem impacto negativo no solo e no material resultante do escoamento superficial por parte da

atividade de lançar este tipo de resíduo na superfície do solo, mostrou ser uma boa opção de promover seu destino e/ou aproveitamento. Mesmo que para a área rural de um município a quantidade de material vegetal gerado na área urbana seja muito inferior em relação a quantidade que demandaria para suprir as necessidades de matéria orgânica (fato que provavelmente ocorrerá na maior parte das cidades brasileiras), já se torna interessante o bastante para eliminar um problema que é a sua acumulação em áreas urbanas (principalmente periféricas) ou mesmo nos lixões e aterros das cidades.

9 - RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS:

Como mencionado várias vezes ao longo do trabalho, conforme o modo de administração do material no solo, haverá maior ou menor eficiência de amenização da ação erosiva da chuva, bem como maior ou menor contribuição na conservação da água e amenização da temperatura do solo e também reações químicas benéficas ou maléficas para as plantas de uma cultura instalada na área.

Com o objetivo de tornar mais claro alguns destes pontos que podem ser fundamentais para obter sucesso nos resultados desta atividade, listou-se abaixo alguns dos quais podem ser importantes:

- Priorizar áreas por inclinação de terrenos (para amenizar enxurrada e aumentar a infiltração). Como já mencionado, quanto mais inclinada a rampa maior taxa de perda de solo irá acontecer, daí a necessidade clara de priorizar as áreas com inclinação mais acentuada.

O presente trabalho permite indicar como recomendação a citação de PRIMAVESI (1987): “A prática da cobertura morta é uma medida de conservação do solo. Isoladamente nem sempre aumenta a colheita e deve, geralmente, ser usada em conjunto com a adubação”. Tal afirmação menciona claramente a necessidade de uma complementação de fertilizante conforme for o estado de disponibilidade de nutrientes do solo para as plantas e também conforme o tipo de cultura que se pretende instalar.

- Muitos pesquisadores da área citam que se for ministrado material vegetal cru (sem nenhuma cura) ao solo este terá efeito impactante sobre a cultura sob dois aspectos:

* A alta relação C/N faz com que haja um decréscimo temporário de formas inorgânicas de nitrogênio no solo em função do uso deste produto por parte dos microrganismos do solo.

* Podem ser liberados compostos fitotóxicos que podem prejudicar a saúde das plantas.

Realmente tais problemas existem, porém há formas de minimizá-los ou anulá-los. Para eliminar o primeiro problema o presente trabalho permite concordar com a administração do material de forma **superficial** ou **semi-incorporado** (enterrando-o no máximo a 8 cm de profundidade), desta forma há a tendência, conforme cita PRIMAVESI (1987), que haja a captação de nitrogênio da atmosfera por parte dos microrganismos telúricos.

Para eliminar o segundo problema anteriormente citado faz-se a administração do material cerca de quinze dias antes da instalação da cultura (se for cultura anual ou plantio de mudas, as quais são mais sensíveis). Contudo, as chances de haver algum impacto negativo significativo sobre a cultura é mínimo. GROBE (1995) cita que pomares de algumas regiões americanas vem recebendo altas dosagens deste tipo de material e vem sendo resolvidos, simultaneamente, problemas de umidade e desgase do solo, diminuição de aplicação de herbicidas e melhora nas condições fitossanitárias das plantas das culturas instaladas (abacate, amêndoa e laranja).

- Também quanto à efetividade da cobertura morta para a proteção e conservação da estrutura e fertilidade do solo, é necessário frisar que **é necessário a execução de práticas integradas de conservação do solo**. Uma prática conservacionista, quer seja de caráter mecânico, vegetativo ou edáfico, quando executada isoladamente, tem eficácia muito menor do que quando executada em conjunto com outra(s). É sabido que a cobertura morta

tem uma imperiosa validade na proteção do solo na primeira etapa do processo erosivo, que é a proteção contra o salpicamento; entretanto, para regiões com altas declividades e com rampas muito compridas, o material administrado provavelmente seria arrastado nos momentos em que se formar a enxurrada, se for executada isoladamente, resultando assim numa eficiência pouco satisfatória ou quase nula. Por outro lado, se for executada juntamente com a prática de terraceamento, por exemplo, certamente suas possibilidades de proteção ao solo se multiplicarão e aí então será notada uma alta eficiência por parte de ambas as práticas executadas.

- Anteriormente foi mencionada a necessidade da complementação de insumos quando se deseja que a cobertura atue como uma fonte de nutrientes. PRIMAVESI (1987) cita que sem cálcio e fósforo não pode formar-se húmus de boa qualidade, ilustrando então a necessidade haver um complemento de adubo mineral no manejo de solos.

KIEHL (1985) sugere também que, para resíduos ainda não decompostos com teores de nitrogênio menores que 1,5 % e com alto teor de material celulósico, devem receber a adição de nitrogênio orgânico ou mineral para baixar a relação carbono/nitrogênio inicial, apressando assim o processo de decomposição. O nitrogênio é um dos mais caros dos macronutrientes, o mais instável no solo e o considerado como principal limitador das colheitas.

- Quanto ao tempo que a cobertura irá fornecer uma efetiva proteção, isto é “uma variável muito variável”, pois dependerá de muitos fatores atuando simultaneamente e de forma dinâmica. LOMBARDI NETO *et al.* (1988) verificaram alguma eficiência de proteção usando resíduos de milho já um ano após a aplicação destes resíduos em sem adição posterior. Aplicações na mesma frequência de adubos químicos talvez seja uma sugestão que se torne mais simples do ponto de vista prático.

- A época do ano e a quantidade de material a ser administrado também é um fator que dependerá de muitos outros, alguns sendo particulares do local. Dentro da curva de eficácia encontrada por LOPES *et al.* (1987b), após 6 t/ha há uma tendência de estabilizar a porcentagem de área coberta (cerca de 95%). Baseado nesta informação sugere-se esta quantidade como quantidade máxima para não haver excesso de esforço e também usar o material em outras áreas. Se o material for aplicado na época da seca, terá participação maior na manutenção da umidade do solo e, se for aplicado na época das chuvas, terá maior participação na amenização do poder erosivo das gotas de água de chuva.

10 - BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA E CONSULTADA:

- AGUIAR, R. L. - 1989 - Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana da cidade de São Carlos: Contribuição ao planejamento.
Dissertação - mestrado em Geotecnia - Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 2 volumes.
- AGUIAR, R. L.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSÚ, A. B. - 1995 -
Considerações gerais sobre a carta de potencial à erosão da região de São Carlos-SP. Resumo apresentado ao 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. ANAIS - Boletim de Campo. Bauru - SP. p. 183 -185.
- AYRES, M. & AYRES JÚNIOR, M. - 1987 - Aplicações estatísticas em BASIC. Editora McGraw - Hill. São Paulo, SP. 310p.
- BARRETO, C. - 1985 - Prática em Agricultura Orgânica - Coleção Brasil Agrícola. Ícone Editora. 200 p.
- BERTOLDI, M. DE; FORTE, M; PERA, A.; ZUCCONI, F. - 1981
- Evaluating toxicity of immature compost Biocycle. March / April - 1981. p. 54 - 57.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO F.- 1990 - Conservação do solo. Editora Ícone - SP, 335 p.
- BOYOUCOS, G. J. - 1935 - The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion. Journal of the American Society of Agronomy. Madison, Wisc. Vol. 27, nº 7.p.738 - 741.

- CESP (COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO) - 1988 - Guia de arborização. 3ª edição - Rev. e modificada. Coleção Ecossistemas Terrestres. São Paulo, SP. 33 p.
- CHAVES, H. M. L. - 1995 - Aplicação de modelos na previsão da erosão. Resumo da mesa redonda. 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. ANAIS - Boletim de Campo. Bauru - SP. p. 49 - 54.
- COMPOST OPERATORS FORUM - 1996 - Ten key facts on yard trimmings management Biocycle. vol. 37, nº 2. p. 61-62.
- CONSONI, A. J.; ALMEIDA FILHO, G. S.; RIDENTE JÚNIOR, J. L.; AZEVEDO, S. G. de - 1995 - Como não resolver dois problemas de uma só vez: Erosão e Lixo Urbano. 5º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. ANAIS - Boletim de Campo. Bauru - SP. p. 423 - 425.
- C.R.H.E.A. (CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS E ECOLOGIA APLICADA - E.E.S.C. - U.S.P.) - 1996 - Análise química de nutrientes. Apostila de consulta de laboratório, 16 p.
- DÉRPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. - 1991 - Controle da Erosão no Paraná, BRASIL. Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn, 272 p.

EARTH WORKS GROUP - 1990 - Manual de Reciclagem. Tradução
Outras Palavras. Editora José Olímpio. 163 p.

ESTEVES, F. A. - 1988 - Fundamentos de Limnologia. Editora
Interciência: FINEP. Rio de Janeiro, RJ. 575 p.

ETTLIN, L.; STEWART, B. - 1993 - Yard debris compost for
erosion control. Biocycle. December, 1993, p. 46-47.

FOSTER, G. R. - 1986 - Erosion and Sediment processes for
Agricultural Watersheds. p. 111 a 122 in GIORGINI, A. &
ZINGALES, F. - Agricultural Nonpoint Source Pollution: Model
Selection and Application. Developments in Enviromental
Modelling N^o 10. Elsevier - 1986. 409 p.

FOSTER, G. R.; McCOOL, D. K.; RENARD, K. G.;
MOLDENHAUER, W. C. - 1981 - Conversion of the universal
soil loss equation to SI metric units. Journal of Soil and Water
Conservation. Vol. 36, n^o 6, Nov./Dec. - 1981 - p. 355 - 359.

GALETI, P. A. - 1972 - Conservação do solo: Reflorestamento -
Clima. IMPRES-Instituto Campineiro de Ensino Agrícola.
Campinas, SP. 279 p.

GOMES, L. P.; POVINELLI, J. - 1991 - Caracterização física dos
resíduos sólidos urbanos da cidade de São Carlos - SP. Estudos
Tecnológicos. Engenharia 9 e 10. Vol. XIV, p. 91 - 106.

- GROBE, K. - 1985 - Mulching in California Orchards. Biocycle.
December, 1995, p. 74 - 75.
- HODGES, R. D. - 1983 - Quem precisa afinal, de fertilizantes inorgânicos? Rev. Brasileira de Tecnologia. vol. 14. nº 4, jul. / ago. 1983. p. 24 - 34.
- HOLÝ, M. - 1980 - Erosion and Enviroment Enviromental Sciences and Applications, Vol. 9. Pergamon Press. 225 p.
- I.B.G.E. - 1991 - Censo agropecuário de 1985 - São Paulo. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ. vol. 21, p.1 - 1332.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (I.P.T) - 1995
- Mapa de Erosão do Estado de São Paulo. Escala 1 : 1.000.000
- 1ª Edição. Relatório Nº 33.402. São Paulo, SP. 1995.
- JOLY, A. B. - 1987 - Botânica - Introdução à taxonomia vegetal. 8ª edição Companhia Editora Nacional. São Paulo, SP. 777 p.
- JORGE, J. A. - 1969 - Solos: manejo e adubação. Edições Melhoramentos. Editora da Universidade de São Paulo. 225 p.
- KIEHL, E. J. - 1985 - Fertilizantes Orgânicos. 1ª edição. Editora Agronômica Ceres Ltda. 492 p.
- LEPSCH, I. F. - 1993 - Solos: formação e conservação. São Paulo, SP. Série PRISMA. Editora Melhoramentos. 5ª edição. 157 p.

- LIMA, L. M. Q. - 1989 - Tratamento de lixo - Hemus Editora Ltda, 242 p.
- LIMA, W. P. - 1993 - Impacto Ambiental do Eucalipto. 2ª edição. São Paulo, SP. Editora da Universidade de São Paulo. 301 p.
- LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. de;
DECHEN, S. C. F., VIEIRA, S. R. - 1988 - Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. Rev. Brasileira de Ciência do Solo. 12: p. 71 - 75.
- LOPES, P. R. C.; COGO, N. P. & CASSOL, E. A. - 1987 -
Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. Rev. Brasileira de Ciência do Solo. 11: p. 193 - 197.
- LOPES, P. R.; COGO, N. P. & LEVIEN, R. - 1987 - Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. Rev. Brasileira de Ciência do Solo. 11: p. 71 - 75.
- MACCAFERRI, INDÚSTRIA DE GABIÕES - 1990 -
Informações técnicas - Uma estrutura para proteção e recuperação do meio ambiente. Elaborado por MACCAFERRI® GABIÕES DO BRASIL Ltda.
Jundiaí - SP, 35 p.

- MANCHETE RURAL, REV. - 1988 - O adubo feito de algodão;
resíduo de algodão aumenta a produtividade do cultivo de inhame em até 50%. Rev. Manchete Rural. nº 13. Abril, 1988.
p. 17 e 18.
- MARQUES, J. Q. de A.; GROHMANN, F.; BERTI, J.;
ALENCAR, F. M. A. de - 1951 - Algumas conclusões gerais
preliminares das determinações de perdas por erosão realizadas
em São Paulo. ANAIS DA 3ª REUNIÃO BRASILEIRA DE
CIÊNCIA DO SOLO. 2º Tomo. Recife - PE. julho / 1951.
p. 775 - 804.
- MATTOS, A. - 1982 - Método de previsão de Estiagens em Rios
Perenes usando poucos dados de vazão e longas séries de
precipitação. Tese (Doutorado em Engenharia: Área de
Concentração: Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia
de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC - USP), São
Carlos, SP, 182 p.
- McINTYRE, D. S. - 1958 - Soil splash and the formation of surface
crusts by raindrop impact, Soil Science. Vol. 85 jan - jun. - 1958.
p. 261-266.
- NORTH AMERICAN GREEN - 1988 - Erosion Control - *The Best
Laid Plans Can Go To Waste* - Journal of Soil & Water
Conservation - Vol. 43, Nº 5, p. 395. (informe publicitário).
- ODUM, E. P. - 1988 - Ecologia - Editora Guanabara - Rio de
Janeiro, RJ. 434 p.

PINTO, L. F. G. - 1996 - Estudo propectivo visando o planejamento do uso da adubação verde nos agroecossistemas de São Carlos - SP. Dissertação (mestrado em "Ciências da Engenharia Ambiental") Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada - Escola de Engenharia de São Carlos - USP. 89 p.

POGGIANI, F.; COUTO, H. T Z. do; CORRADINI, L.; FAZZIO, E. C. M. - 1983 - Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. Rev. IPEF - Piracicaba-SP. (25), p.37-39.

PRADO FILHO, J. F. & SELBACH, P. A. - 1988 - Nitrogênio inorgânico em águas de escoamento superficial. Ambiente - Rev. CETESB de Tecnologia. Vol. 2, Nº 2. p. 84 - 87.

PRADO, H. do - 1991 - Manejo dos solos: descrições pedológicas e suas implicações. Editora Nobel S. A. 116 p.

PRIMAVESI, A. M. - 1987 - Manejo ecológico do solo: A agricultura em regiões tropicais. 9ª edição. Editora Nobel. São Paulo, 549 p.

PRUSKI, F. F.; FURUKAWA, C.; DA COSTA, L. M.; FONTES, L. E. F.; NETTO, A. M. - 1993 - Análise do escoamento superficial, sob condições de irrigação, em solos com e sem cobertura - Anais do XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. - 1993. Vol. IV, p. 2352 - 2357.

RAWITSCHER, F. - 1953 - Elementos básicos de botânica. 3ª edição. Edições Melhoramentos. 292 p.

RUSSEL, E. J. & RUSSEL, E. W. - 1968 - Condiciones del Suelo y Crecimiento de las Plantas. 9ª edición. Coleccion Ciencia y Tecnica. Aguilar, S. A. de Ediciones. 801 p.

SANTOS, M. F. dos - 1993 - Subsídios para o planejamento conservacionista da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Feijão (São Carlos, Itirapina e Analândia - SP). Dissertação - Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental - C.R.H.E.A. - E.S.C. - U.S.P. "Campus" de São Carlos - SP. 223 p.

SÉ, J. A. da S. - 1992 - O Rio Monjolinho e sua bacia hidrográfica como integradores de sistemas ecológicos. Dissertação - Mestrado em Hidráulica e Saneamento - EESC - USP - São Carlos - SP. 381 p.

SILVA, A. M. - 1993 - Estudo comparativo da decomposição do folheto em *Eucalyptus umbra* (Baker), *Pinus taeda* (L.) e *Anadenanthera falcata* (Speg). UNESP - (Trabalho de formatura - Graduação em Ecologia) - Instituto de Biociências - Universidade Estadual Paulista - "Campus" de Rio Claro - SP - 39 p.

SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. - 1988 - Biotecnologia do Solo: Fundamentos e Perspectivas. Brasília: MEC - ABEAS; Lavras: ESAL, FAEPE, 236 p.

- SOUZA, M. H. A. de O. - 1977 - Alguns aspectos ecológicos da vegetação na região perimetral da represa do Lobo (Brotas-Itirapina - SP). Tese - Doutorado em Ciências na área de Botânica. Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos - SP, 369 p.
- TIBAU, A. O. - 1986 - Matéria Orgânica e Fertilidade do Solo. 3ª Edição. Biblioteca Rural - Livraria Nobel S./A., 220 p.
- TIVY, J. - 1990 - Agricultural Ecology. Longman Scientific & Technical. England. 288 p.
- TOLENTINO, M. - 1967 - Estudo crítico sobre o clima da região de São Carlos. Concurso de Monografias Municipais. São Carlos - SP, 78 p.
- VIEIRA, L. S. - 1988 - Manual da Ciência do Solo - Com ênfase em solos tropicais. 2ª edição. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo - SP, 464 p.

11 - A N E X O S

ANEXO 1

Valores sobre as características das chuvas para o cálculo da erosividade

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	2	8:00			
		10:00	3	120	1,50
		10:15	6	15	24,00
		11:10	5	55	5,45
		12:15	1	65	0,92
		14:15	1	60	1,00
		15:00	2	45	2,67
		16:00	7	60	7,00
		16:40	2	40	3,00
		17:15	1,4	35	2,40
		18:50	0	95	0,00
		20:00	7,6	70	6,51
		20:30	1,4	30	2,80
		24:00:00	6,6	210	1,89
	total =>	44			

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	3	4:00			
		4:30	0,1	30	0,2
		5:00	10	30	20
		5:10	13	10	78
		6:30	4,4	80	3,3
		7:00	0,4	30	0,8
			total =>	27,9	

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	3	12:20			
		12:25	0,2	25	0,48
		12:45	0	20	0
		13:00	0,8	15	3,2
		15:10	0	130	0
		15:30	20	20	60
		16:30	6,6	60	6,6
		17:00	0,4	30	0,8
		18:30	0	90	0
		19:00	0,4	30	0,8
		total ==>		28,4	

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	5	13:45			
		13:50	1	5	12
		17:50	0	120	0
		18:00	7	10	42
		total ==>		8	

mês	dias	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	5 e 6	23:40			
		0:10	17	30	34
		0:30	2	20	6
		1:00	1,6	30	3,2
		1:20	0,4	20	1,2
		total ==>		21	

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	6 e 7	14:50			
		15:00	7	10	42,00
		15:50	0,2	50	0,24
		17:30	0	100	0,00
		18:00	4	30	8,00
		20:00	0	120	0,00
		20:10	0,2	10	1,20
		20:40	0	30	0,00
		21:20	2	40	3,00
		21:40	6	20	18,00
		22:00	0	20	0,00
		22:30	1	30	2,00
		23:00	5	30	10,00
		0:10	2,6	40	3,90
		0:55	0,3	45	0,40
		1:10	1,2	15	4,80
		3:00	0,5	110	0,27
		3:40	3	40	4,50
		4:00	0,5	20	1,50
		6:00	0,5	120	0,25
		total =>	34		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	8 e 9	21:45			
		21:50	0,5	5	6,00
		23:10	0	80	0,00
		23:40	3,4	30	6,80
		0:10	17,2	30	34,40
		0:30	0,8	20	2,40
		1:30	2,8	60	2,80
		total =>	24,7		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	9	12:00			
		12:20	0,3	20	0,90
		12:30	0	10	0,00
		13:00	0,9	30	1,80
		13:20	1,4	20	4,20
		13:25	3,3	5	39,60
		14:20	5,4	55	5,89
		14:30	0,1	10	0,60
		14:40	3	10	18,00
		total =>	14,4		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	11	0:30			
		1:00	9	30	18,00
		1:20	21,6	20	64,80
		2:00	4	40	6,00
		2:30	1,2	30	2,40
		2:40	8	10	48,00
		3:40	3	60	3,00
		4:10	0,8	30	1,60
		total =>	47,6		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	18	15:50			
		16:00	0,2	10	1,20
		16:30	0	30	0,00
		16:40	9,2	10	55,20
		17:00	5,2	20	15,60
		total =>	14,6		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	19	0:30			
		1:00	0,5	30	1,00
		1:15	0	15	0,00
		1:40	10	25	24,00
		2:00	1,6	20	4,80
		4:00	1,6	120	0,80
		total =>	13,7		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
janeiro	21	10:00			
		10:45	10	45	13,33
		11:30	3,2	45	4,27
		12:00	0,3	30	0,60
		total =>	13,5		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
fevereiro	4	14:15			
		14:20	0,2	5	2,40
		14:35	0,3	15	1,20
		15:30	41	55	44,73
		15:50	4,2	20	12,60
		17:00	0,4	70	0,34
		total =>	46,1		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
fevereiro	9	15:00			
		15:10	0,1	10	0,60
		15:50	0	40	0,00
		16:15	8,4	25	20,16
		17:10	0	55	0,00
		17:40	0,3	30	0,60
		19:40	1,8	120	0,90
		total =>	10,6		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
fevereiro	11	15:40			
		16:10	7,1	30	14,20
		16:30	0,9	20	2,70
		16:50	0	20	0,00
		18:00	2	70	1,71
		18:30	1	30	2,00
		20:10	0,6	100	0,36
		22:00	0	110	0,00
		22:20	0,3	20	0,90
		total =>	11,9		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
fevereiro	27	14:20			
		14:40	11,4	20	34,20
		14:55	1	15	4,00
		15:00	2	5	24,00
		15:10	1	10	6,00
		15:40	7	30	14,00
		16:20	5	40	7,50
		18:20	0,8	120	0,40
		20:10	0	110	0,00
		20:30	0,2	20	0,60
		21:40	0	70	0,00
		22:00	5,6	20	16,80
		23:15	4,3	75	3,44
		total =>	38,3		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)	
fevereiro	26	16:20				
		16:45	11	25	26,40	
		17:20	5	35	8,57	
		17:40	4	20	12,00	
		18:10	1	30	2,00	
		18:20	1,2	10	7,20	
		20:00	2,4	40	3,60	
		22:30	1,8	90	1,20	
		total =>	26,4			

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
fevereiro	28	16:30			
		16:55	15	25	36,00
		17:10	0,4	15	1,60
		17:30	0	20	0,00
		17:40	0,1	10	0,60
		19:30	0	110	0,00
		20:30	0,9	60	0,90
		total =>	16,4		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março	1 e 2	19:40			
		19:50	4,6	10	27,60
		20:00	2,4	10	14,40
		20:10	3	10	18,00
		20:20	1,1	10	6,60
		20:30	0,3	10	1,80
		20:40	0,1	10	0,60
		21:50	0	70	0,00
		22:00	0,1	10	0,60
		22:10	0,1	10	0,60
		22:40	0	30	0,00
		22:50	0,3	10	1,80
		23:00	0,3	10	1,80
		23:10	0,4	10	2,40
		23:50	0	40	0,00
		0:00	0,1	10	0,60
		0:20	0,2	20	0,60
		total =>	13		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março	7 e 8	12:10			
		12:20	0,4	10	2,40
		12:30	2,4	10	14,40
		12:40	2,5	10	15,00
		12:50	0,1	10	0,60
		13:00	0	10	0,00
		13:10	0,1	10	0,60
		15:20	0	130	0,00
		15:30	0,5	10	3,00
		15:40	1,6	10	9,60
		15:50	0,6	10	3,60
		16:00	0,3	10	1,80
		16:10	0,3	10	1,80
		16:20	0,3	10	1,80
		16:30	0,9	10	5,40
		16:40	0,1	10	0,60
		16:50	0,2	10	1,20
		17:00	0,3	10	1,80
		17:10	0	10	0,00
		17:20	0,1	10	0,60
		21:50	0	270	0,00
		22:00	0,1	10	0,60
		1:00	0	180	0,00
		1:20	0,2	20	0,60
		3:40	0	140	0,00
		3:50	0,2	10	1,20
		4:00	1,4	10	8,40
		4:10	2	10	12,00

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março (continuação)	7 e 8	4:20	0,6	10	3,60
		4:30	0,4	10	2,40
		4:40	0,3	10	1,80
		4:50	0,6	10	3,60
		5:00	0,3	10	1,80
		5:10	0,2	10	1,20
		5:20	0,1	10	0,60
		5:30	0	10	0,00
		5:40	0,1	10	0,60
		6:10	0	30	0,00
		6:20	0,1	10	0,60
		6:30	0	10	0,00
		6:40	0,1	10	0,60
		total =>		17,4	

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março	12	15:50			
		16:00	6,8	10	40,80
		16:10	5,5	10	33,00
		16:20	2	10	12,00
		16:30	0,4	10	2,40
		16:40	0,1	10	0,60
		17:20	0	40	0,00
		17:30	0,2	10	1,20
		total =>		15	

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março	13 e 14	20:30			
		20:40	1,4	10	8,40
		20:50	3,3	10	19,80
		21:00	0,4	10	2,40
		21:10	1,5	10	9,00
		21:20	9,2	10	55,20
		21:30	3,8	10	22,80
		21:40	7,2	10	43,20
		21:50	1,4	10	8,40
		22:00	0,1	10	0,60
		22:50	0	50	0,00
		23:00	0,1	10	0,60
		23:10	0	10	0,00
		23:20	0,1	10	0,60
		23:30	0,2	10	1,20
		23:40	0,2	10	1,20
		23:50	0	10	0,00
		0:00	0,1	10	0,60
	total =>	29			

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março	14 e 15	14:20			
		14:30	0,2	10	1,20
		14:40	3,7	10	22,20
		14:50	1,5	10	9,00
		15:00	0,1	10	0,60
		15:20	0	20	0,00
		15:30	0,1	10	0,60
		15:40	1,8	10	10,80
		15:50	7,3	10	43,80
		16:00	4,3	10	25,80
		16:10	3,6	10	21,60
		16:20	0,1	10	0,60
		20:10	0	110	0,00
		20:20	1,1	10	6,60

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março	14 e 15 (continuação)	20:30	2,2	10	13,20
		20:40	1,5	10	9,00
		20:50	0	10	0,00
		21:00	0,1	10	0,60
		1:50	0	290	0,00
		2:00	0,1	10	0,60
		2:30	0	30	0,00
		2:40	0,1	10	0,60
		3:10	0	30	0,00
		3:20	2,2	10	13,20
		3:40	1	20	3,00
		3:50	0,5	10	3,00
		4:00	0,7	10	4,20
		4:10	0,3	10	1,80
		4:30	0	20	0,00
		4:40	0,1	10	0,60
		6:00	0	20	0,00
		6:10	5,2	10	31,20
		6:30	0,8	20	2,40
		6:40	0,2	10	1,20
6:50	1,5	10	9,00		
		total =>	40,3		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março	16 e 17	17:40			
		17:50	0,1	10	0,60
		18:00	2,9	10	17,40
		18:10	19	10	114,00
		18:20	15	10	90,00
		18:30	1,2	10	7,20
		18:40	2	10	12,00
		18:50	0,4	10	2,40
		19:00	0,4	10	2,40
		19:10	0,3	10	1,80

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março (continuação)	16 e 17	19:40	0	30	0,00
		19:50	0,1	10	0,60
		20:20	0	30	0,00
		20:30	0,1	10	0,60
		20:40	0	10	0,00
		20:50	0,1	10	0,60
		21:00	0,1	10	0,60
		21:20	0,5	20	1,50
		21:30	0,1	10	0,60
		21:40	0	10	0,00
		21:50	0,1	10	0,60
		22:10	0	20	0,00
		22:20	0,2	10	1,20
		22:30	0,7	10	4,20
		22:40	0,4	10	2,40
		22:50	0,5	10	3,00
		23:00	0,2	10	1,20
		23:20	0	20	0,00
		23:30	0,3	10	1,80
		23:40	0,1	10	0,60
		23:50	0	10	0,00
		0:00	0,1	10	0,60
		0:10	0,1	10	0,60
		0:40	0	30	0,00
		0:50	0,2	10	1,20
		1:10	0,1	20	0,30
		2:10	0	60	0,00
		2:20	0,1	10	0,60
		2:30	0,1	10	0,60
		2:40	0,1	10	0,60
total ==>			45,6		

mês	dia	hora:min	altura (mm)	duração (min)	intensidade (mm/h)
março	19	16:30			
		16:40	10	10	60,00
		16:50	11	10	66,00
		17:00	11	10	66,00
		17:10	13	10	78,00
		17:20	1,6	10	9,60
		17:30	1,4	10	8,40
		17:40	0,7	10	4,20
		17:50	0,8	10	4,80
		18:00	0,7	10	4,20
		18:10	0,7	10	4,20
		18:20	0,8	10	4,80
		18:30	0,7	10	4,20
		18:40	0,2	10	1,20
		18:50	0,2	10	1,20
		19:00	0,1	10	0,60
		19:10	0,1	10	0,60
		total =>	53		

ANEXO 2 - PORCENTAGENS DE UMIDADE

DATA	P1	P2	P4	P3	P5	P6	MÉDIAS	
							CONTROLE (P1:P2:P4)	TRATAMENTO (P3:P5:P6)
05/Jan	21,88	22,40	21,70	21,79	20,99	21,60	21,46	21,99
08/Jan	23,02	23,99	25,70	22,69	21,84	21,30	21,94	24,24
10/Jan	25,63	23,86	25,16	24,65	22,41	22,38	23,15	24,88
12/Jan	24,01	23,22	22,47	21,99	21,26	22,21	21,82	23,23
15/Jan	17,15	17,35	18,25	15,49	15,00	15,84	15,44	17,58
17/Jan	14,53	14,21	13,38	12,80	12,25	13,35	12,80	14,04
19/Jan	23,13	23,84	24,09	23,57	22,97	23,33	23,29	23,69
22/Jan	21,99	29,41	22,90	22,14	21,18	21,54	21,62	24,77
24/Jan	19,02	15,56	18,46	15,28	14,44	14,74	14,82	17,68
26/Jan	16,93	15,70	17,13	15,43	13,72	14,25	14,47	16,59
29/Jan	12,26	11,83	14,00	11,21	11,44	12,01	11,55	12,70
31/Jan	9,26	8,27	8,38	9,64	9,08	8,57	9,10	8,64
05/Fev	23,16	23,68	23,03	22,38	21,92	21,97	22,09	23,29
07/Fev	21,60	20,96	21,34	20,65	19,78	19,92	20,12	21,30
09/Fev	13,28	14,86	12,93	12,15	11,05	12,28	11,83	13,69
12/Fev	21,23	22,21	21,04	20,66	19,79	20,45	20,30	21,49
14/Fev	14,65	12,16	12,38	11,37	11,26	11,76	11,46	13,06

% DE UMIDADE (CONTINUAÇÃO)

DATA	P1	P2	P4	P3	P5	P6	MÉDIAS	
							CONTROLE (P1:P2:P4)	TRATAMENTO (P3:P5:P6)
16/Fev	11,89	10,44	12,36	11,38	10,35	11,98	11,24	11,56
23/Fev	10,01	8,39	9,26	6,14	7,97	9,05	7,72	9,22
26/Fev	11,48	9,94	9,37	8,76	8,51	10,08	9,12	10,26
28/Fev	22,95	24,11	24,06	22,91	22,98	24,32	23,40	23,71
01/Mar	20,82	22,25	21,89	20,92	20,84	20,73	20,83	21,65
06/Mar	21,04	20,77	19,61	17,94	18,37	17,95	18,09	20,47
11/Mar	18,62	19,91	19,73	19,09	19,08	18,26	18,81	19,42
18/Mar	22,48	22,07	22,85	21,92	22,00	21,39	21,77	22,47
20/Mar	23,95	23,55	24,92	22,19	21,93	22,34	22,15	24,14
22/Mar	19,76	20,97	20,03	19,63	18,70	19,33	19,22	20,25
27/Mar	10,99	11,02	10,14	10,98	10,23	11,08	10,76	10,72
29/Mar	10,58	9,27	11,11	9,47	10,28	10,17	9,97	10,32

ANEXO 3 - TEMPERATURA DO SOLO

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 8:30

DIA	04/Jan	10/Jan	12/Jan	15/Jan	17/Jan	19/Jan	22/Jan
PARCELA 1	21,00	21,20	22,20	21,90	23,10	22,00	21,40
PARCELA 2	21,00	21,20	22,20	21,50	23,30	22,00	21,90
PARCELA 4	21,40	21,80	22,40	22,10	23,80	22,10	21,60
PARCELA 3	21,05	21,80	22,40	21,80	24,00	22,20	21,50
PARCELA 5	21,30	22,00	22,30	22,70	25,00	22,10	22,00
PARCELA 6	21,10	21,80	22,80	23,00	25,00	22,50	22,30
MÉDIAS							
TRATAMENTO	21,13	21,40	22,27	21,83	23,40	22,03	21,63
CONTROLE	21,15	21,87	22,50	22,50	24,67	22,27	21,93

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 8:30 (continuação)

DIA	24/Jan	26/Jan	29/Jan	31/Jan	05/Fev	07/Fev	09/Fev
PARCELA 1	24,00	23,90	24,15	28,00	26,25	25,50	27,00
PARCELA 2	24,10	24,10	24,15	29,00	26,00	25,35	27,75
PARCELA 4	24,20	24,30	24,40	29,75	26,25	25,50	27,75
PARCELA 3	24,90	24,10	27,10	30,75	26,25	26,00	27,75
PARCELA 5	25,00	24,80	24,60	32,00	26,50	26,00	30,50
PARCELA 6	25,70	24,80	24,10	31,75	26,25		28,25
MÉDIAS							
TRATAMENTO	24,10	24,10	24,23	28,92	26,17	25,45	27,50
CONTROLE	25,20	24,57	25,27	31,50	26,33	26,00	28,83

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 8:30 (continuação)

DIA	12/Fev	15/Fev	16/Fev	23/Fev	26/Fev	28/Fev	01/Mar
PARCELA 1	26,00	25,75	26,75	27,75	28,75	25,75	26,50
PARCELA 2	26,25	26,00	27,25	28,50	28,75	26,00	26,75
PARCELA 4	26,50	26,50	30,00	29,50	29,25	26,00	27,00
PARCELA 3	27,00	27,50	27,50	30,50	30,00	26,50	27,25
PARCELA 5	27,25	27,50	29,00	31,00	30,25	26,25	27,00
PARCELA 6	26,75	27,50	29,25	30,75	30,00	26,50	27,50
MÉDIAS							
TRATAMENTO	26,25	26,08	28,00	28,58	28,92	25,92	26,75
CONTROLE	27,00	27,50	28,58	30,75	30,08	26,42	27,25

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 8:30 (continuação)

DIA	06/Mar	11/Mar	18/Mar	20/Mar	22/Mar	27/Mar	29/Mar
PARCELA 1	26,25	24,75	25,00	26,00	24,00	28,00	28,00
PARCELA 2	26,25	24,00	24,75	25,75	23,50	27,75	27,75
PARCELA 4	26,50	24,50	25,00	25,75	24,00	27,75	28,00
PARCELA 3	27,25	25,00	25,50	26,50	24,25	28,50	29,00
PARCELA 5	27,25	25,25	25,50	26,50	23,75	27,75	28,50
PARCELA 6	28,00	25,75	26,00	27,25	24,25	28,75	29,00
MÉDIAS							
TRATAMENTO	26,33	24,42	24,92	25,83	23,83	27,83	27,92
CONTROLE	27,50	25,33	25,67	26,75	24,08	28,33	28,83

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 13:00

DIA	04/Jan	10/Jan	12/Jan	15/Jan	17/Jan	19/Jan	22/Jan
PARCELA 1	25,80	29,70	27,90	31,30	30,90	28,10	31,80
PARCELA 2	26,40	30,30	28,00	31,20	30,30	29,30	31,70
PARCELA 4	25,20	30,50	27,60	32,20	30,50	29,20	31,90
PARCELA 3	27,00	31,20	28,90	31,80	33,00	29,70	32,20
PARCELA 5	27,80	31,50	29,30	33,40	32,80	30,20	32,80
PARCELA 6	27,60	31,40	28,40	33,90	32,90	30,90	33,50
MÉDIAS							
TRATAMENTO	25,80	30,17	27,83	31,57	30,57	28,87	31,80
CONTROLE	27,47	31,37	28,87	33,03	32,90	30,27	32,83

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 13:00 (continuação)

DIA	24/Jan	26/Jan	29/Jan	31/Jan	05/Fev	07/Fev	09/Fev
PARCELA 1	35,90	27,30	39,00	32,00	31,50	31,25	37,50
PARCELA 2	36,60	28,00	40,00	32,50	31,50	34,50	38,50
PARCELA 4	36,00	30,50	38,00	32,00	32,50	35,50	39,50
PARCELA 3	38,80	32,00	39,90	32,75	33,00	37,00	41,00
PARCELA 5	38,90	30,50	39,50	33,75	32,75	36,50	42,50
PARCELA 6	39,90	32,50	42,00	33,75	35,50	36,50	41,00
MÉDIAS							
TRATAMENTO	36,17	28,60	39,00	32,17	31,83	33,75	38,50
CONTROLE	39,20	31,67	40,47	33,42	33,75	36,67	41,50

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 13:00 (continuação)

DIA	12/Fev	15/Fev	16/Fev	23/Fev	26/Fev	28/Fev	06/Mar
PARCELA 1	32,25	38,25	39,00	39,50	40,00	35,00	35,25
PARCELA 2	33,25	38,50	41,00	40,75	42,00	35,75	36,25
PARCELA 4	33,50	39,75	46,00	40,00	45,50	36,25	36,00
PARCELA 3	34,50	38,00	49,50	44,00	47,00	35,00	37,25
PARCELA 5	34,75	44,00	50,00	41,00	48,00	37,00	38,00
PARCELA 6	35,00	41,25	48,00	41,00	47,00	36,50	36,75
MÉDIAS							
TRATAMENTO	33,00	38,83	42,00	40,08	42,50	35,67	35,83
CONTROLE	34,75	41,08	49,17	42,00	47,33	36,17	37,33

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 13:00 (continuação)

DIA	11/Mar	18/Mar	20/Mar	27/Mar	29/Mar
PARCELA 1	33,00	37,50	33,50	39,75	40,50
PARCELA 2	33,00	35,50	34,50	43,50	40,75
PARCELA 4	33,25	36,75	34,25	41,75	41,25
PARCELA 3	33,50	38,00	35,00	47,00	43,50
PARCELA 5	33,50	38,50	36,50	44,00	43,50
PARCELA 6	33,00	36,25	37,00	46,00	47,00
MÉDIAS					
TRATAMENTO	33,08	36,58	34,08	41,67	40,83
CONTROLE	33,33	37,58	36,17	45,67	44,67

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 15:20

DIA	04/Jan	10/Jan	12/Jan	15/Jan	17/Jan	19/Jan	22/Jan
PARCELA 1	29,50	33,70	31,70	40,00	31,80	33,70	33,90
PARCELA 2	29,10	33,00	32,20	39,30	33,80	32,50	34,60
PARCELA 4	28,70	33,90	31,50	36,40	33,10	33,30	35,10
PARCELA 3	29,30	33,90	32,50	39,90	34,40	33,50	34,60
PARCELA 5	28,90	34,00	33,00	40,00	34,70	33,40	35,20
PARCELA 6	29,40	34,30	32,30	40,10	34,10	33,20	34,60
MÉDIAS							
TRATAMENTO	29,10	33,53	31,80	38,57	32,90	33,17	34,53
CONTROLE	29,20	34,07	32,60	40,00	34,40	33,37	34,80

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 15:20 (continuação)

DIA	24/Jan	26/Jan	29/Jan	31/Jan	05/Fev	08/Fev	09/Fev
PARCELA 1	39,60	37,60	47,00	32,00	34,00	39,50	38,00
PARCELA 2	40,00	37,10	45,50	32,50	34,50	39,00	38,00
PARCELA 4	41,10	36,50	47,50	32,00	35,50	39,00	38,50
PARCELA 3	44,00	40,60	48,50	32,75	34,00	42,50	40,00
PARCELA 5	44,50	42,50	50,00	33,75	36,50	41,50	40,25
PARCELA 6	42,50	41,50	49,00	33,75	37,25	40,00	40,25
MÉDIAS							
TRATAMENTO	40,23	37,07	46,67	32,17	34,67	39,17	38,17
CONTROLE	43,67	41,53	49,17	33,42	35,92	41,33	40,17

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 15:20 (continuação)

DIA	12/Fev	16/Fev	23/Fev	26/Fev	28/Fev	06/Mar	11/Mar
PARCELA 1	33,00	45,25	41,50	41,00	36,50	36,50	34,00
PARCELA 2	33,50	45,25	43,75	46,25	37,00	39,00	34,25
PARCELA 4	33,75	45,00	42,00	48,00	36,50	38,00	33,75
PARCELA 3	33,75	48,50	46,50	50,00	37,50	39,50	34,75
PARCELA 5	34,75	50,00	48,00	48,00	37,00	37,50	34,00
PARCELA 6	34,00	47,00	47,00	48,00	35,50	38,25	34,50
MÉDIAS							
TRATAMENTO	33,42	45,17	42,42	45,08	36,67	37,83	34,00
CONTROLE	34,17	48,50	47,17	48,67	36,67	38,42	34,42

TEMPERATURA DO SOLO - HORÁRIO 15:20 (continuação)

DIA	18/Mar	20/Mar	22/Mar	27/Mar	29/Mar
PARCELA 1	37,50	36,50	35,25	41,25	41,00
PARCELA 2	38,00	34,75	37,00	42,50	41,50
PARCELA 4	37,75	35,25	35,50	40,50	41,50
PARCELA 3	39,00	35,50	37,00	46,25	46,25
PARCELA 5	39,00	35,25	37,25	43,50	42,50
PARCELA 6	38,75	34,75	37,00	43,75	43,50
MÉDIAS					
TRATAMENTO	37,75	35,50	35,92	41,42	41,33
CONTROLE	38,92	35,17	37,08	44,50	44,08

ANEXO 4

Índice de Salpicamento (em gramas de peso seco)

DATA	P 1	P 2	P 4	P 3	P 5	P 6	MÉDIAS	
							TRATAMENTO (P1:P2:P4)	CONTROLE (P3:P5:P6)
19/Jan	13,20	13,75	20,25	40,50	35,50	33,05	15,73	36,35
22/Jan	4,60	4,50	7,40	10,80	14,00	8,50	5,50	11,10
29/Jan	1,00	0,15	0,75	2,15	2,05	3,65	0,63	2,62
05/Fev	20,70	18,50	23,60	23,60	33,80	25,30	20,93	27,57
12/Fev	12,15	25,60	18,20	16,70	30,20	26,70	18,65	24,53
28/Fev	29,90	16,75	23,15	50,55	49,70	58,75	23,27	53,00
29/Fev	7,80	7,25	10,05	11,15	13,35	18,50	8,37	14,33
11/Mar	3,90	2,90	3,90	9,25	8,50	10,00	3,57	9,25
18/Mar	25,00	23,55	18,05	37,60	26,90	33,25	22,20	32,58

ANEXO 5

Porcentagens das áreas com material
vegetal obtidas nas fotografias

dia	parcela	% DE ÁREA COBERTA
10/fev	1	14,1531
10/fev	1	42,2622
10/fev	2	39,1282
10/fev	2	28,6355
10/fev	4	75,2340
10/fev	4	38,9078
29/mar	1	5,3034
29/mar	1	16,0423
29/mar	2	10,3349
29/mar	2	11,4053
29/mar	4	9,7832
29/mar	4	5,7069

ANEXO 6

VOLUME E PESO (t/ha) DE SEDIMENTO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL
 (VOLUME É A QUANTIDADE DE SEDIMENTO ENCONTRADA EM CADA COLETOR DE CADA PARCELA)
 (QUANTIDADE É A PERDA JÁ CALCULADA EM t/ha PARA CADA PARCELA)

	DATA	04/Jan	08/Jan	10/Jan	12/Jan	19/Jan	22/Jan	05/Fev
PARCELA 1	VOLUME (L)	0,30	0,10	0,10	1,50	0,05	0,05	0,50
	QUANTID. (t/ha)	0,05	0,02	0,02	0,27	0,01	0,01	0,09
PARCELA 2	VOLUME (L)	0,50	0,20	0,20	0,05	0,05	0,05	0,50
	QUANTID. (t/ha)	0,09	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	0,09
PARCELA 3	VOLUME (L)	14,50	12,00	9,00	9,00	3,00	1,10	10,00
	QUANTID. (t/ha)	2,62	2,17	1,62	1,62	0,54	0,20	1,80
PARCELA 4	VOLUME (L)	0,50	0,10	2,00	1,00	0,05	0,10	0,70
	QUANTID. (t/ha)	0,09	0,02	0,36	0,18	0,01	0,02	0,13
PARCELA 5	VOLUME (L)	24,00	13,50	0,10	10,00	11,00	2,20	9,00
	QUANTID. (t/ha)	4,33	2,44	0,02	1,80	1,98	0,40	1,62
PARCELA 6	VOLUME (L)	8,00	38,00	16,50	14,00	2,50	1,20	5,00
	QUANTID. (t/ha)	1,44	6,86	2,98	2,53	0,45	0,22	0,90

VOLUME E PESO (t/ha) DE SEDIMENTO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL (CONTINUAÇÃO)

	DATA	28/Fev	29/Fev	06/Mar	11/Mar	18/Mar	20/Mar
PARCÉLA 1	VOLUME (L)	0,50	0,70	0,50	XXX	2,50	0,30
	QUANTID. (t/ha)	0,09	0,13	0,09	XXX	0,45	0,05
PARCELA 2	VOLUME (L)	0,70	0,60	0,70	XXX	1,00	0,80
	QUANTID. (t/ha)	0,13	0,11	0,13	XXX	0,18	0,14
PARCELA 3	VOLUME (L)	3,00	3,00	1,20	XXX	12,00	4,00
	QUANTID. (t/ha)	0,54	0,54	0,22	XXX	2,17	0,72
PARCELA 4	VOLUME (L)	3,50	3,50	0,80	XXX	11,50	XXX
	QUANTID. (t/ha)	0,63	0,63	0,14	XXX	2,08	XXX
PARCELA 5	VOLUME (L)	20,00	9,00	1,80	XXX	XXX	2,00
	QUANTID. (t/ha)	3,61	1,62	0,32	XXX	XXX	0,36
PARCELA 6	VOLUME (L)	10,00	8,00	2,10	XXX	23,00	XXX
	QUANTID. (t/ha)	1,80	1,44	0,38	XXX	4,15	XXX

ANEXO 7

- pH das amostras de água -

DATA	P1	P2	P4	P3	P5	P6	MÉDIAS	
							TRATAMENTO (P1:P2:P4)	CONTROLE (P3:P5:P6)
04/Jan	6,37	6,33	6,53	6,68	6,30	6,65	6,41	6,54
08/Jan	6,46	6,57	6,33	6,51	6,20		6,45	6,36
10/Jan	6,24	6,15	6,15	6,08	6,29	6,40	6,18	6,26
12/Jan	6,10	6,12	6,11	6,11	6,08	6,11	6,11	6,10
19/Jan	6,10	6,10	6,01	6,10	6,10	6,08	6,07	6,09
22/Jan	6,58	6,68	6,62	6,99	6,69	6,67	6,63	6,78
05/Fev	6,08	6,09	6,10	6,10	6,10	6,11	6,09	6,10
28/Fev	5,70	6,09	6,06	5,50	4,59	5,26	5,95	5,12
29/Fev	4,08	6,09	5,91	3,51	4,27	4,68	5,36	4,15
06/Mar	6,01	5,50	5,40	3,85	5,12	5,44	5,64	4,80
11/Mar		7,68	6,90	6,72	7,25	6,65	7,29	6,87
18/Mar	6,04	6,18	5,72	5,81	5,81	5,81	5,98	5,81
20/Mar	7,12	7,05		7,91	7,50		7,09	7,71

ANEXO 8 - Concentrações obtidas de nitrato e amônio

NITRATO (microgramas por litro)

DATA	TRATAMENTO	CONTROLE
04/Jan	47,72	229,42
08/Jan	48,99	206,59
10/Jan	24,40	169,27
12/Jan	87,18	191,66
19/Jan	73,13	353,65
22/Jan	71,82	264,10
05/Fev	201,32	216,69
28/Fev	198,25	401,51
29/Fev	177,18	249,61
06/Mar	392,31	453,75
11/Mar	168,84	628,03
18/Mar	95,53	185,52
20/Mar	103,87	269,81

AMÔNIO (microgramas por litro)

DATA	TRATAMENTO	CONTROLE
04/Jan	88,80	144,12
08/Jan	77,01	156,87
10/Jan	57,96	86,98
12/Jan	1,27	30,30
19/Jan	46,17	142,76
22/Jan	86,08	111,92
05/Fev	227,56	505,55
28/Fev	188,11	257,04
29/Fev	125,08	214,87
06/Mar	299,91	423,93
11/Mar	305,11	324,16
18/Mar	346,38	274,28
20/Mar	50,25	100,14

- ANEXO 9 - (FOTOGRAFIAS)

Fotografias mostrando manchas de material vegetal com solo retido (1) e situação da superfície erodida do solo em parcela controle (2)

FOTOGRAFIA 1



FOTOGRAFIA 2



Fotografias (3 a 5) ilustrando o modo de coleta e transporte dos resíduos de podas na cidade de São Carlos - SP e (6) na cidade de Porto Nacional - TO.

FOTOGRAFIA 3



FOTOGRAFIA 4



FOTOGRAFIA 5



FOTOGRAFIA 6

