

**PERDAS DE TERRA E ÁGUA EM SISTEMAS DE MANEJO NA
CULTURA DO CAFÉ NO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

DANIEL PROCHNOW

Campinas
Estado de São Paulo
Julho de 2003

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**PERDAS DE TERRA E ÁGUA EM SISTEMAS DE MANEJO NA
CULTURA DO CAFÉ NO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO**

DANIEL PROCHNOW
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: **Dr.^a Sonia Carmela Falci Dechen**
Co-orientadora: **Dr.^a Isabella Clerici De Maria**

Dissertação apresentada ao Instituto
Agrônômico para obtenção do título de
Mestre em Agricultura Tropical e
Subtropical - Área de Concentração em
Gestão de Recursos Agroambientais.

Campinas
Estado de São Paulo
Julho de 2003

P941p

Prochnow, Daniel

Perdas de terra e água em sistemas de manejo na cultura do café no Oeste do Estado de São Paulo / Daniel Prochnow. – Campinas, 2003.

xiv, 119 p.

Orientadora: Sonia Carmela Falci Dechen

Dissertação (mestrado em agricultura tropical e subtropical) – Instituto Agronômico.

1. Erosão hídrica. 2. Erosividade. 3. Cobertura do solo.
4. Fator "C" da USLE.

CDD: 631.45

AGRADECIMENTOS

À Dr.^a Sonia Carmela Falci Dechen, pela orientação.

À Dr.^a Isabella Clerici De Maria, pela competente e assídua co-orientação.

Ao Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônomo, na pessoa do Dr. Orivaldo Brunini, pelo empréstimo de pluviogramas para complementação das séries históricas.

Ao Dr. Sidney Rosa Vieira, pela amizade e colaboração no desenvolvimento do trabalho.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da Bolsa de Mestrado.

Ao engenheiro agrônomo Matheus de Oliveira Chaves, pela ajuda na digitalização e análise dos pluviogramas.

Ao Dr. José Ruy Porto de Carvalho, da Embrapa-CNPTIA, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao Dr. Altino Aldo Ortolani e a todos os professores com quem tive a oportunidade de adquirir conhecimentos de grande importância para a elaboração desta dissertação.

Aos funcionários de apoio da pós-graduação do Instituto Agrônomo.

A todos aqueles, que de uma forma ou outra, fizeram com que o trabalho chegasse ao fim e fosse apresentado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. A erosão hídrica e as práticas para seu controle.....	3
2.2. Fator C – Cobertura do solo.....	9
2.3. Índice de erosividade EI ₃₀	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Localização e caracterização da área experimental.....	19
3.2. Unidades experimentais e tratamentos.....	20
3.3. Sistemas coletores de perdas por erosão.....	24
3.4. Erosividade.....	27
3.5. Determinação da razão de perdas de terra.....	28
3.5.1. Definição dos estádios da cultura.....	28
3.5.2. Cálculo da razão de perdas de terra (RPT).....	29
3.6. Cálculo do fator C da EUPS.....	29
3.7. Análise estatística.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Caracterização climática.....	31
4.1.1. Erosividade, precipitação pluvial total e precipitação pluvial erosiva.....	31
4.1.2. Distribuição mensal média do índice de erosividade, precipitação pluvial total e precipitação pluvial erosiva.....	35
4.1.3. Frequência mensal da chuva individual mais erosiva do ano.....	41
4.2. Perdas de terra e água.....	43
4.2.1. Efeito dos espaçamentos nas entrelinhas e nas linhas.....	43
4.2.2. Efeito do manejo das invasoras nas entrelinhas.....	58
4.2.3. Efeito do uso de cordões em contorno.....	75
4.3. Razão de perdas de terra (RPT) e fator C.....	78
4.4. Rendimento da cultura do cafeeiro.....	90
5. CONCLUSÕES.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS.....	111

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1: Espaçamento do cafeeiro, número de plantas por cova, de covas por 1.000 m ² e de plantas por hectare, em Pindorama, SP.....	23
Quadro 2: Índice de erosividade médio anual para localidades do Brasil determinado pelo EI ₃₀	32
Quadro 3: Volume anual de chuvas e índice de erosividade durante o período de julho de 1956 a junho de 1999 em Pindorama, SP.....	34
Quadro 4: Índice de erosividade distribuído no período de outubro e março para municípios do Estado de São Paulo e para Caruaru, PE.....	37
Quadro 5: Índice de erosividade distribuído no trimestre de dezembro a fevereiro para municípios do Estado de São Paulo.....	38
Quadro 6: Índice de erosividade distribuído no trimestre de novembro a janeiro para municípios do Estado de São Paulo.....	38
Quadro 7: Comparação entre as perdas médias anuais de terra nos cordões em contorno, no plantio em espaçamento 4 x 2 m e em solo descoberto, e erosividade média anual de julho de 1960 a junho de 1972 em Pindorama, SP.....	76
Quadro 8: Comparação entre as perdas médias anuais de água nos cordões em contorno e no plantio em espaçamento 4 x 2 m, de julho de 1960 a junho de 1972, em Pindorama, SP.....	77
Quadro 9: Comparação, no cafeeiro recepado, entre as perdas médias anuais de terra nos cordões em contorno, no plantio em espaçamento 4 x 2 m, no solo descoberto e erosividade média anual de setembro de 1972 a agosto de 1981 em Pindorama, SP.....	78
Quadro 10: Comparação, no cafeeiro recepado, entre as perdas médias anuais de água nos cordões em contorno e no plantio em espaçamento 4 x 2 m, de setembro de 1972 a agosto de 1981, em Pindorama, SP..	78
Quadro 11: Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha ⁻¹), fração do índice de erosividade (FEI ₃₀), razão de perda de terra (RPT; em Mg ha ⁻¹ Mg ⁻¹ ha ⁻¹) e fator C (C) dos tratamentos com espaçamento em cafeeiro de Pindorama, SP.....	82

Página

- Quadro 12:** Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha^{-1}), fração do índice de erosividade (FEI_{30}), razão de perda de terra (RPT; em $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$) e fator C (C) dos tratamentos com espaçamento no cafeeiro recepado em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP..... 83
- Quadro 13:** Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha^{-1}), fração do índice de erosividade (FEI_{30}), razão de perda de terra (RPT; em $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$) e fator C (C) do cafeeiro em Pindorama, SP. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual e CM: cultivo mecânico..... 86
- Quadro 14:** Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha^{-1}), fração do índice de erosividade (FEI_{30}), razão de perda de terra (RPT; em $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$) e fator C (C) do cafeeiro em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP. AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida..... 87
- Quadro 15:** Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha^{-1}), fração do índice de erosividade (FEI_{30}), razão de perda de terra (RPT; em $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$) e fator C (C) do cafeeiro recepado em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual e CM: cultivo mecânico..... 88
- Quadro 16:** Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha^{-1}), fração do índice de erosividade (FEI_{30}), razão de perda de terra (RPT; em $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$) e fator C (C) do cafeeiro em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP. AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida..... 89
- Quadro 17:** Comparação do rendimento do cafeeiro cultivado com cordões de contorno e espaçamento 4 x 2 m de julho de 1960 a junho de 1972 e de setembro de 1972 a agosto de 1981, em Pindorama, SP..... 93

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Talhões coletores de perdas por erosão instalados em cafezal adulto em Pindorama, SP.....	21
Figura 2a: Detalhamento do sistema coletor da enxurrada utilizado nas parcelas com a cultura do cafeeiro em Pindorama, SP.....	25
Figura 2b: Detalhamento do divisor tipo Geib 1/11 utilizado nas parcelas de coleta de enxurrada na cultura do cafeeiro em Pindorama, SP.....	26
Figura 3: Distribuição média mensal do índice de erosividade no município de Pindorama, SP, durante o período de julho de 1956 a junho de 1999..	37
Figura 4: Distribuição média mensal da precipitação pluvial total e da precipitação pluvial considerada erosiva no município de Pindorama, SP, no período de julho de 1956 a junho de 1999.....	40
Figura 5: Frequência da chuva individual mais erosiva do ano, dentro de um mês específico. Análise de 42 anos de registro de dados compreendendo julho de 1956 a junho de 1999, em Pindorama, SP....	41
Figura 6: Perdas médias anuais de terra em cafeeiro com cinco espaçamentos e perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972.....	46
Figura 7: Perdas acumuladas de terra em cafeeiro nos diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972.....	47
Figura 8: Perdas totais anuais de terra em cafeeiro nos diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1965 (período crítico).....	48
Figura 9: Perdas médias anuais de água em cafeeiro em cinco espaçamentos e precipitação pluvial média anual em Pindorama, SP, durante julho de 1960 a junho de 1972.....	50
Figura 10: Perdas acumuladas de água em cafeeiro com diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972.....	51
Figura 11: Perdas médias anuais de terra em cafeeiro recepado em cinco espaçamentos e perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto em Pindorama, SP, entre setembro de 1972 e agosto de 1981.....	53
Figura 12: Perdas acumuladas de terra em cafeeiro recepado com diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981.....	54

	Página
Figura 13: Perdas totais anuais de terra em cafeeiro recepado com diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1976.....	55
Figura 14: Perdas médias anuais de água em cafeeiro recepado com cinco espaçamentos e precipitação pluvial média anual para Pindorama, SP, durante setembro de 1972 a agosto de 1981.....	57
Figura 15: Perdas acumuladas de água em cafeeiro recepado com cinco espaçamentos em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981.....	57
Figura 16: Perdas médias anuais de terra em cafeeiro com diversos manejos das invasoras e perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.....	62
Figura 17: Perdas acumuladas de terra em cafeeiro com diversos manejos das invasoras no município de Pindorama, SP, entre julho de 1960 e junho de 1972. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.....	63
Figura 18: Perdas totais anuais de terra em cafeeiro com diversos manejos das invasoras em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1965. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.....	64
Figura 19: Perdas médias anuais de água em cafeeiro com diversos manejos das invasoras e precipitação pluvial média anual em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.....	66

Página

- Figura 20:** Perdas acumuladas de água em cafeeiro com manejos das invasoras em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida..... 67
- Figura 21:** Perdas médias anuais de terra em cafeeiro recepado com manejos das invasoras e perdas médias anuais de terra estimadas para o solo descoberto em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida... 69
- Figura 22:** Perdas acumuladas de terra em cafeeiro recepado com diversos manejos das invasoras em Pindorama, SP, entre setembro de 1972 e agosto de 1981. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida..... 70
- Figura 23:** Perdas totais anuais de terra em cafeeiro com diversos manejos das invasoras em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1965. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida..... 71
- Figura 24:** Perdas médias anuais de água em cafeeiro recepado com manejos das invasoras e precipitação pluvial média anual para Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida..... 73
- Figura 25:** Perdas acumuladas de água em cafeeiro recepado com manejos das invasoras em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida..... 74

	Página
Figura 26: Rendimento do cafeeiro (julho de 1960 a junho de 1972) e cafeeiro recepado (setembro de 1972 a agosto de 1981) com diversos espaçamentos no município de Pindorama, SP.....	91
Figura 27: Rendimento do cafeeiro (julho de 1960 a junho de 1972) e cafeeiro recepado (setembro de 1972 a agosto de 1981) com manejos das invasoras em Pindorama, SP. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.....	91

RESUMO

A erosão hídrica é uma das causas da degradação dos solos e, no Estado de São Paulo, principalmente dos de textura arenosa com gradiente textural. Assim, manejos que não revolvam-no são importantes, pois a cobertura vegetal tem ação protetora significativa para a superfície do solo, prevenindo a desagregação e erosão.

Dados de experimento de perdas de terra e água sob chuva natural em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1984, foram usados para calcular as perdas de terra e água, calcular a razão de perdas de terra (RPT) e o fator C da equação universal de perda de solo, em cinco espaçamentos e oito manejos das invasoras na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). O experimento teve lugar em talhões coletores de enxurrada com dimensões de 20 x 50 m instalados em um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média com declividade média de 0,100 m m⁻¹. Os resultados mostraram que: (a) o fator R calculado utilizando-se o EI₃₀ é de 5.848 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹; (b) a ocorrência de erosão atinge seus mais altos níveis no semestre de outubro a março; (c) o período crítico no cafeeiro, em relação à erosão, é representado pelos primeiros cinco anos e, no cafeeiro recepado, pelos quatro anos após a recepa; (d) os valores médios anuais de perdas de terra e água para o cafeeiro são de 5,2 Mg ha⁻¹ e 23 mm; (e) os valores médios das RPTs para a cultura do cafeeiro e cafeeiro recepado são de 0,1224 e 0,0914 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹; (f) a magnitude do fator C, para o cafeeiro e cafeeiro recepado é de 0,1151 e 0,1073; (g) as RPTs e os fatores C variaram amplamente entre os tratamentos, bem como e mais expressivamente, entre os estádios da cultura, indicando forte efeito dos espaçamentos, manejos e da cobertura vegetal; (h) os tratamentos quase não afetaram o rendimento da cultura, com exceção no cafeeiro recepado; (i) a cobertura da superfície do solo com palha de capim é a técnica mais eficiente na redução da erosão hídrica na cultura do cafeeiro.

Manejos que enfatizam o revolvimento da superfície do solo majoram a erosão. A duradoura cobertura do solo e sistemas adensados de plantio são práticas eficientes no controle da erosão em cafeeiros.

ABSTRACT

Water erosion is one of the causes of soil degradation. In particular, in the State of São Paulo, Brazil, where there are large areas with soils of sandy texture and textural gradient, this problem is even more important. Therefore, soil management that does not revolve the soil profile is significant, because the vegetal cover has a considerable protective action on soil surface, preventing soil disaggregation and erosion.

Soil and water losses data under natural rainfall in Pindorama, State of São Paulo, from July 1960 to June 1984, were used to calculate soil losses and runoff. These data were used to calculate the soil loss ratio (SLR) and C factor for the Universal Soil Loss Equation (USLE) in coffee (*Coffea arabica* L.) planted in five line spacings and eight weed control managements. The experiment was carried out in plots of 20 m x 50 m on an Arenic Ultic Orthoxic Tropudalf with an average slope of 0.100 m m⁻¹. The results showed that: (a) the R factor calculated using the EI₃₀ is 5,848 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹; (b) the probability of occurrence of erosion achieves its highest levels between October and March; (c) the critical period related to erosion is represented by the first five years for coffee crop; for the pruned coffee crop, the critical period is represented by the first four years after pruning; (d) the annual average values for soil losses and runoff for the coffee crops are 5,2 Mg ha⁻¹ and 23 mm; (e) the average values for SLR for the coffee and pruned coffee are of 0.1224 and 0.0914 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹; (f) the magnitude of the C Factor, for coffee and pruned coffee is of 0.1151 and 0.1073; (g) the SLRs and C Factor values had a wide range among the treatments, as well and most expressively, among the crop phases, indicating a strong effect of the line spacing, the managements and the vegetal cover; (h) the line spacing and weed control management treatments barely affected the coffee production; (i) the surface cover with a canopy is the most effective technique to reduce the water erosion in coffee crops.

Managements that emphasize soil surface disturbance increase the erosion process. A long lasting soil cover and dense line spacing systems were found to be efficient in controlling erosion in coffee crops.

1. INTRODUÇÃO

A degradação dos solos impõe elevados custos à sociedade, pela grande perda de terras agricultáveis por causa da erosão hídrica devido as chuvas intensas. Entre os fatores responsáveis pela erosão dos solos, o seu uso incorreto, ou seja, a utilização acima de sua capacidade de uso, representa grave ameaça ao ambiente, pois potencializa os efeitos da erosão. Nesse aspecto, deve-se dar especial importância aos solos de textura arenosa, que possuem gradiente textural e fraca estabilidade estrutural, sendo por isso altamente suscetíveis à ocorrência de erosão. Em São Paulo, localizados principalmente no Oeste do Estado, esses solos tornam imprescindível a utilização de práticas e manejos conservacionistas que diminuam os impactos devidos à erosão hídrica.

A erosão tem sido, nas condições de agricultura intensiva no Estado de São Paulo, um dos fatores de depauperamento da fertilidade dos solos, tanto em culturas anuais como em perenes, como a cultura do cafeeiro. Tal fato é agravante, pois a cultura do cafeeiro, que de há muito tem sentido os efeitos da erosão hídrica descontrolada, é muito importante para a economia do Estado.

Surge, assim, a necessidade do planejamento conservacionista com bases sólidas, buscando as melhores técnicas para o controle da erosão nessa cultura que já foi o sustentáculo do Estado de São Paulo e ainda continua ser importante para sua economia. A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), desenvolvida nos Estados Unidos nos anos 50, é uma ferramenta importante e pode ser utilizada para auxiliar na escolha de práticas e manejos adequados a cada condição de solo, topografia e clima. Entretanto, são necessárias adaptações dessa equação às condições regionais, determinando, especialmente, os valores de seus parâmetros, visto ter sido desenvolvida em condições diferentes das brasileiras.

A determinação de parâmetros de modelos tem grande importância para sua utilização em condições locais e específicas. A estimativa prévia das quantidades de

perdas de sedimentos, nutrientes, defensivos agrícolas, pelos processos erosivos, em diferentes tipos de manejos agrícolas, permitirá o uso dos solos de forma racional, evitando a redução de sua capacidade produtiva, assoreamento de reservatórios de água, destruição de estradas, contaminação de rios, entre outros danos.

Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram: (a) caracterizar o clima de Pindorama, SP, pelo estudo da quantidade de chuva e, principalmente, sua capacidade erosiva (Fator R da EUPS); (b) determinar as perdas de terra e água em sistemas de manejo e de espaçamentos na cultura do cafeeiro; (c) calcular as razões de perda de terra (RPTs) para os tratamentos; (d) obter o Fator C da EUPS e (e) observar a influência dos tratamentos na produção da cultura do cafeeiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A erosão hídrica e as práticas para seu controle

O processo erosivo que ocorre no solo tem como causa inicial o impacto direto das gotas de chuva sobre sua superfície o qual corresponde à primeira fase da erosão, denominada desagregação. A desestruturação dos agregados do solo em frações menores faz com que estas, ao se acomodarem, obstruam os poros, resultando em redução das taxas de infiltração e conseqüente elevação das taxas de escoamento superficial. Isso acarreta a segunda fase do processo erosivo, denominada de transporte, e consiste no movimento das partículas desagregadas de sua posição original e ocorre quando a capacidade de transporte da enxurrada é maior que a carga de sedimentos nela contida. A deposição, terceira fase, é o final do processo erosivo e consiste na sedimentação do material desagregado e transportado (STALLINGS, 1957; MEYER et al., 1975), responsável pelo assoreamento do leito de rios, de barragens, de baixadas e poluição ambiental (VEIGA e AMADO, 1991).

Conforme SMITH e WISCHMEIER (1962), quatro fatores e suas inter-relações são considerados os determinantes da taxa de erosão hídrica: o clima, principalmente a precipitação pluviométrica; o solo, com sua resistência à dispersão; o comprimento e declive; e a cobertura do solo. Qualquer um destes fatores pode, isoladamente, determinar um problema capaz de provocar erosão hídrica. Como os três primeiros fatores não podem ser modificados, a cobertura do solo assume importante papel no que se refere ao controle da erosão provocada pela chuva e pode ser também proveniente do estágio de desenvolvimento da cultura ou da quantidade de resíduos sobre a superfície do solo (FOSTER, 1982).

A ação erosiva da chuva é ainda mais intensa nos locais onde a cobertura protetora do solo é totalmente removida, pois expõe as superfícies desnudas à ação direta do impacto das gotas de chuva. De acordo com WÜNSCHE e DENARDIN (1980),

esse impacto é responsável por 95% da erosão hídrica, sendo que a energia cinética provocada pelo impacto das gotas de chuva é utilizada, principalmente, na desagregação das partículas de solo, e a energia do escoamento superficial, no transporte das partículas desagregadas. Há muitas décadas inúmeros pesquisadores têm observado o efeito da cobertura vegetal na redução da erosão e escoamento superficial. KONHKE e BERTRAND (1959), ao discutirem o efeito de coberturas vegetais no processo erosivo, concluíram que o tamanho e a forma das folhas da vegetação determinam o tamanho da gota que atingirá o solo. Assim, uma chuva que incide sobre um cultivo de alfafa seria fragmentada em gotículas - com baixa energia cinética -, enquanto que em uma cultura de milho a chuva atingiria a superfície do solo em grandes gotas - de alta energia cinética. Os autores argumentaram que as plantas altas e eretas são de menor valor para o intuito de proteger o solo. Nesse sentido, a utilização de espécies vegetais que proporcionem uma eficiente cobertura do solo pode trazer uma série de benefícios para sistemas de produção de café, destacando-se o controle da erosão, o aumento da disponibilidade de água pela redução da evaporação e a adição de matéria orgânica ao solo que promove melhorias em suas características físicas, químicas e biológicas.

A presença de cobertura vegetal evita o impacto das gotas de chuva diretamente sobre a superfície do solo e dissipa sua energia cinética. Isso impede que ocorra a desagregação das partículas e formação de crostas superficiais de baixa permeabilidade, favorecendo a infiltração da água no solo e a conseqüente redução do escoamento superficial (STALLINGS, 1957). As perdas de terra decrescem quando há uma efetiva cobertura vegetal, pois há um efeito benéfico das folhas, de outros resíduos vegetais e dos adubos verdes deixados na superfície do solo. Assim, reduz-se a velocidade e quantidade de enxurrada, aumenta-se a infiltração e diminuem-se as perdas de terra e nutrientes (TAYLOR et al., 1977; MISHRA e RAMAKRISHNAN, 1983; STOCKING, 1988; MAASS et al., 1988; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; MOSTAGHIMI et al., 1994 e PETERSON, 1994). GÓMEZ (1990) aponta que as coberturas vegetais conhecidas como "invasoras nobres" são muito eficientes para o controle da erosão, reduzindo de 95 a 97% as perdas de terra em cafeeiro plantado em declives maiores que $0,3 \text{ m m}^{-1}$. Da

mesma forma, as plantações de cafeeiro com culturas de cobertura nas entrelinhas (pastagens e leguminosas) e a utilização de práticas conservacionistas permitem a conservação da água e o controle da erosão em terras com declive elevado, melhorando algumas características químicas e físicas do solo (LAL, 1989a; RIVERA e GÓMEZ, 1992; FASSBENDER, 1993; ANECKSAMPHANT et al., 1995 e CRASWELL et al., 1997).

É imprescindível a busca de alternativas capazes de promover o aumento da proteção da superfície do solo durante o maior período de tempo possível. Sob esta ótica, a introdução de espécies que proporcionem cobertura ao solo durante o inverno e verão são de grande significado para a redução da erosão hídrica (DEBARBA, 1993). Segundo MEDEIROS (1985), a eficiência de determinada cobertura vegetal no controle da erosão está relacionada diretamente com a espécie a ser utilizada, sendo consideradas a rapidez com que as plantas cobrem o solo, a agressividade do sistema radicular, a capacidade de agregação das partículas de solo, a quantidade e a qualidade dos resíduos produzidos e o manejo das culturas e seus resíduos. De acordo com LOPES (1984), a partir de 80% de cobertura do solo, as perdas de terra tornam-se insignificantes.

Outro fator que exerce importante influência sobre a erosão é o manejo do solo. Técnicas de preparo que preconizam o revolvimento do solo, se trouxerem benefícios às condições físicas, como o rompimento de camadas compactadas e aumento da infiltração da água, podem incorporar os resíduos, o que provoca a redução da cobertura do solo e a exposição de sua superfície à ação erosiva das chuvas (CARVALHO et al., 1990). Portanto, sob o ponto de vista conservacionista e ambiental, deve-se buscar sistemas de manejo que promovam a mínima mobilização do solo e a máxima conservação de resíduos na superfície.

A manutenção da umidade do solo é de fundamental importância para a obtenção de altos rendimentos na agricultura. Segundo VEIGA e AMADO (1991), a disponibilidade de água na zona radicular é influenciada pela presença de cobertura no solo. Em condições de solo coberto, verifica-se aumento da infiltração, redução do escoamento superficial, decréscimo da evaporação e alteração na curva característica de retenção de água. Dessa forma, sistemas de preparo que possibilitem a manutenção da

cobertura, tais como o plantio direto e o preparo reduzido, apresentam maior quantidade de água disponível às culturas do que aqueles que resultam em solo descoberto, como o preparo convencional. Torna-se, pois, necessário intensificar as pesquisas na busca de alternativas de sistemas de produção capazes de diminuir os efeitos da erosão hídrica, elevar a infiltração e a disponibilidade de água, e que gerem redução do custo da adubação mineral pelo aporte de material orgânico e, de maneira geral, melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

A alternância de épocas de capina em ruas adjacentes, durante o período chuvoso, é uma maneira que praticamente não apresenta despesas e diminui as perdas por erosão, tanto em culturas anuais como perenes. Para estas últimas, de acordo com dados de MARQUES (1950), tal procedimento proporciona um controle de 41% e 17% para perdas de terra e de água, respectivamente.

Outra opção para controlar a erosão é a utilização de práticas de manejo como a adubação verde, cobertura morta, plantio em contorno e outras práticas que elevem o nível de cobertura vegetal do solo. Sua importância está no fato de atuar exatamente no ponto inicial do processo erosivo, evitando distúrbios mais sérios na estrutura do solo, seja pela interferência no impacto das gotas da chuva, seja pela redução da velocidade de escoamento superficial pelo aumento da rugosidade do terreno.

Dados obtidos pelo Instituto Agrônomo mostraram que a aplicação de uma cobertura de palha de capim-gordura, na base de 25 Mg ha⁻¹, em cafeeiros, controla as perdas de terra e água em 65% e 55% respectivamente (LOMBARDI NETO, 1993).

Na Venezuela, ARELLANO G. (2000) analisou as perdas de terra em cafeeiro com idade de 5 a 6 anos, em um declive de 0,37 m m⁻¹, com um distanciamento entre plantas de 1,2 m e de 1,6 m nas entrelinhas, e deparou-se com uma perda anual de 0,3 Mg ha⁻¹, sendo este valor considerado baixo, conforme citado pela autora, se comparado aos obtidos por GÓMEZ (1972) em condições similares de cobertura. Em outro experimento de cafeeiro cultivado em declives de 0,6 m m⁻¹, GÓMEZ (1972) encontrou perdas anuais de terras que variaram de 0,04 Mg ha⁻¹, com cobertura natural,

a $0,7 \text{ Mg ha}^{-1}$, com cobertura de diversos tipos de pastos e capina manual. As perdas anuais mais altas - $4,8$ e $4,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ - foram observadas em cafeeiros sem práticas conservacionistas e sem cobertura vegetal, respectivamente.

Gómez e Alarcón (citados por ARELLANO G., 2000) registraram, em 1975 perdas anuais de terra da ordem de $0,33 \text{ Mg ha}^{-1}$ no cafeeiro com cobertura natural e $1,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ no cafeeiro com barreira viva de cordões de vegetação permanente. Já Sancho (1991), citado por VEIHE et al. (2001), na Costa Rica, mensurou perdas anuais de terra que variaram de 2 a 42 Mg ha^{-1} , dependendo da prática utilizada para o controle das plantas invasoras nas entrelinhas.

ATAROFF e MONASTERIO (1997) determinaram as perdas de terra em cafeeiro com idade de 1 e 2 anos e densidade de 3.300 plantas por hectare, na Venezuela, em declive de $0,31 \text{ m m}^{-1}$ e precipitação de 1.779 mm anuais. Esses autores encontraram perdas de $6,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o primeiro ano e $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o segundo. No mesmo experimento, apontaram perdas de $1,82$, $1,83$, $0,4$ e $0,74 \text{ Mg ha}^{-1}$ no sétimo, oitavo, nono e décimo ano após o plantio. Tal observação demonstra que as perdas de terra tendem a reduzir com o passar dos anos, devido ao aumento da cobertura proporcionada pelos cafeeiros. Nota-se que, durante o primeiro ano da fase de estabelecimento, os distúrbios causados no sistema, ocasionados pelo plantio e outros manejos necessários, provocaram elevada erosão em comparação aos demais anos. Na Colômbia, Castro e Rodriguez (1955), citados por SANCHEZ (1976), observaram que a erosão é cerca de três vezes maior durante a fase de estabelecimento: $1,8 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ comparados ao $0,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ da cultura já estabelecida. LOMBARDI NETO et al. (1976a) em Latossolo Vermelho de São Paulo, determinaram que o período crítico dos cafeeiros, em relação à ocorrência de erosão, coincide com os primeiros 60 meses pós-plantio das mudas no campo. Ou seja, é nesse período que há necessidade de maiores cuidados com a manutenção da cobertura da superfície do solo, com o intuito de evitar a ocorrência de erosão em níveis elevados.

LIZASO (1980), em plantações de cafeeiro nas montanhas ao nordeste da Venezuela, assinalou perdas de $1,4 \text{ Mg ha}^{-1}$, durante os três meses de alta precipitação.

Renda et al. (1988), citados por ATAROFF e MONASTERIO (1997), estudaram plantações de café com sombreamento, em Cuba, e identificaram perdas de 0,0035 e 0,0012 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ nos declives de 0,12 m m⁻¹ e 0,09 m m⁻¹, respectivamente, sob condições de chuva artificial de 25 mm, com intensidades de 1,6 e 1,85 mm por minuto.

LOMBARDI NETO et al. (1976a) analisaram diversos espaçamentos no cafeeiro, em Latossolo de Ribeirão Preto, SP e observaram as maiores perdas de terra, nos primeiros 60 meses, em espaçamento de 3 x 0,5 m, e perdas de água de 3% em relação à precipitação pluvial do período. No mesmo local, com diferentes manejos das invasoras nas entrelinhas, as perdas médias anuais de terra foram inferiores a 1,3 Mg ha⁻¹, e de 0,1 Mg ha⁻¹ quando houve uso de acolchoamento alternado de capim. Após os 60 meses, as perdas médias anuais de terra nos espaçamentos estiveram abaixo de 0,06 Mg ha⁻¹ e de 0,3 Mg ha⁻¹, para diversos manejos das invasoras. Ataroff e Monasterio (citados por ATAROFF e MONASTERIO, 1997) encontraram, em 1996, em cafeeiros plantados em declive de 0,31 m m⁻¹, perdas de água de 7% em café sombreado e 8% em café ao sol, indicando que esses solos possuem alta capacidade de infiltração.

Comparando as perdas por erosão em um Latossolo Vermelho de Ribeirão Preto, SP, com tratamentos de manejo de invasoras e espaçamentos, LOMBARDI NETO et al. (1976b), encontraram perdas de terra bem superiores, nos primeiros 60 meses, para o Argissolo de Pindorama, SP: 49,4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ no cultivo mecânico, no qual o controle das invasoras foi realizado com carpideira/cultivador. Nos diversos espaçamentos, as maiores perdas de terra ocorreram no plantio em esquadro (3 x 3 m), justamente onde há um maior espaçamento nas linhas. As perdas de água foram inferiores a 10% da precipitação. Após os 60 meses, as perdas anuais de terra estiveram aquém de 1,2 Mg ha⁻¹, demonstrando que nesse estágio os cafeeiros já são eficientes no controle das perdas de terra e água, independentemente dos manejos e espaçamentos adotados. BERTONI et al. (1972) relataram maiores perdas de terra e água em cafeeiro nos tratamentos com cultivo mecânico, uso de herbicidas, grade de discos e sem aruação na colheita. Esses mesmos autores constaram que as menores perdas de terra e água foram observadas nos tratamentos com uso de cobertura de palha de capim nas

entrelinhas da cultura (acolchoamento alternado com palha de capim e cobertura de palha de capim com adubação reduzida).

Observa-se que os escassos estudos de perdas de terra e água em cafeeiro apresentam valores bem diferenciados, mesmo sob condições semelhantes. Porém, de uma maneira geral, nota-se que as perdas de terra são baixas, mesmo quando o cafeeiro é instalado em áreas de declive acentuado, demonstrando que é possível o seu cultivo nessas áreas, desde que sejam usados manejos ou práticas conservacionistas adequados, ou ambos.

2.2. Fator C – Cobertura do solo

Na Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), o fator C combina a influência da cultura e dos manejos adotados para o preparo, o plantio e o cultivo. Segundo a definição de WISCHMEIER e SMITH (1978), o fator C nessa equação corresponde à razão entre a perda de terra de um solo preparado e cultivado e a de um mantido continuamente descoberto. Tal fator mede o efeito combinado de todas as variáveis inter-relacionadas de cobertura e manejo.

O fator C - uso e manejo - demanda pesquisas para cada cultura e manejos específicos, que consomem tempo e recursos. Poucas determinações desse fator têm sido realizadas para condições encontradas nas regiões tropicais (LAL, 1990), embora sejam necessárias, uma vez que as tabelas apresentadas por WISCHMEIER e SMITH (1978) são restritas em relação a culturas e formas de manejo.

A determinação do fator C é realizada a partir dos valores da razão de perdas de terra (RPT), relação entre as perdas de terra ocorridas no sistema de manejo adotado e as de um solo descoberto, e a fração do índice de erosividade (FEI_{30}) do ciclo da cultura. As RPTs variam de zero a um, o mesmo ocorrido com a FEI_{30} , significando o percentual do índice de erosividade que produziu a erosão utilizada no cálculo da

respectiva RPT. Assim, o fator C da EUPS que varia de zero a 1, aproxima-se de zero nos sistemas de manejo conservacionistas e de 1, nos sistemas não conservacionistas.

A erosão de uma parcela continuamente descoberta, não afetada por resíduos culturais ou aplicação de matéria orgânica, foi selecionada como base comum porque a perda de terra nessas condições é altamente correlacionada com o índice de erosividade da chuva e porque, para qualquer outra cultura, o efeito da cobertura e dos resíduos varia significativamente durante o ano (WISCHMEIER, 1960).

As RPTs, para cada tipo de cultura e de manejo, são fornecidas em uma tabela geral por WISCHMEIER e SMITH (1978) e o cálculo do valor do fator C para ser utilizado na EUPS é realizado pelo usuário para as condições locais de distribuição anual da erosividade da chuva.

A dificuldade para se obter o fator C está no estabelecimento das RPTs para um número infinito de possíveis com

identificar o fator C de algumas culturas para diversas regiões dos trópicos (BERTONI et al., 1975; LAL, 1976; ROOSE, 1977).

RUFINO et al. (1985), em Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, no Estado do Paraná, determinaram o fator C em cafeeiro, encontrando índice médio anual de 0,6568 nos primeiros 62 meses de instalação da cultura. BRASIL (2003), também no Paraná, obtiveram perdas médias de 30 Mg ha⁻¹ de terra em cafeeiro e 80 Mg ha⁻¹ no solo descoberto. De modo semelhante, esses autores determinaram o fator C para a cultura, encontrando um valor médio de 0,375 naquelas condições.

2.3. Índice de erosividade EI₃₀

WISCHMEIER e SMITH (1958) estudaram a energia cinética da chuva e sua correlação com a perda de terra. Através deste estudo, desenvolveram uma equação de regressão que calcula tal energia com elevada significância estatística. A equação obtida é a seguinte:

$$E = 916 + 331 * \log I,$$

onde:

E = é a energia cinética em tf pé acre⁻¹ pol⁻¹;

I = é a intensidade da chuva em pol h⁻¹.

Esta equação foi baseada em dados detalhados de distribuição do tamanho de gotas da chuva de LAWS e PARSONS (1943), como também em velocidades terminais para vários tamanhos de gotas, avaliados tanto por LAWS (1941) como por GUNN e KINZER (1949). FOSTER et al. (1981) fizeram a conversão desta equação para o Sistema Internacional de Unidades, destacada a seguir:

$$E = 0,119 + 0,0873 * \log I,$$

onde:

E = é a energia cinética da chuva em MJ ha⁻¹ mm⁻¹;

I = é a intensidade da chuva em mm h⁻¹.

WISCHMEIER e SMITH (1958), quando correlacionaram parâmetros da chuva com as perdas de terra, determinaram que a melhor variável simples para a predição das perdas de terra em alqueive é o produto da energia cinética total da chuva e a sua intensidade máxima em 30 minutos. Este produto, o qual os autores chamaram de EI ou EI₃₀, é diretamente proporcional às perdas de terra e reflete as capacidades erosivas combinadas do impacto da gota da chuva e da enxurrada.

WISCHMEIER (1959) analisou informações a respeito de enxurrada, perda de terra e precipitações correspondentes, de aproximadamente 8.000 parcelas/ano. O objetivo do autor era de obter a maior correlação possível entre as características da chuva e a perda de terra, na tentativa de definir um índice de erosividade da chuva para a Equação Universal de Perdas de Solo. As análises mostraram que a energia cinética da chuva prediz melhor a perda do que a quantidade de chuva, sendo esta última de baixa correlação. No geral, a intensidade máxima em 30 minutos apresentou altas correlações com a perda, sendo tais correlações muito maiores do que as intensidades máximas em 5, 15 ou 60 minutos. O autor observou, ainda, que para todas as parcelas em alqueive estudadas, a variável EI₃₀, isoladamente, explicou a maior parte das perdas de terra, sendo que seus coeficientes de correlação variaram de 0,84 a 0,98, concluindo que a correlação matemática entre as perdas de terra e os valores de EI₃₀ estão de acordo com os princípios básicos da erosão hídrica pluvial.

Conforme WISCHMEIER (1959), o cálculo da energia cinética da chuva como um componente do valor de EI₃₀ requer a definição exata de uma “chuva individual erosiva”. O tempo mínimo entre chuvas, a 351 tem

caso de 0,25 polegada (6,4 mm) em 15 minutos. Grande parte do trabalho foi poupado pela adoção do valor limite de 0,5 polegada para conceituação de chuva erosiva.

A soma dos EI_{30} calculados para um determinado período de tempo representa a avaliação numérica da erosividade da chuva de tal período. O índice de erosividade da chuva para um local é obtido através do EI_{30} total médio anual calculado para um longo período de anos. Os valores dos EI_{30} das chuvas refletem as interações entre as características significantes das mesmas. Por meio da soma destes valores, é adicionado ao índice de erosividade o efeito da frequência das chuvas erosivas dentro do ano (WISCHMEIER e SMITH, 1965). Devido ao padrão cíclico aparente dos dados de chuva, os valores dos índices de erosividade publicados foram baseados em dados de 22 anos (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

WISCHMEIER e SMITH (1965) chamaram de isoerodentes as linhas contidas em um mapa geográfico, ligando pontos de mesmo valor de índice de erosividade. Os valores do índice de erosividade de qualquer localidade podem ser tomados diretamente no mapa. Os locais situados entre tais linhas podem ter o seu fator determinado através da interpolação linear.

Em países de clima temperado, concluiu HUDSON (1973), a intensidade da chuva raramente excede 75 mm h^{-1} , ocorrendo tal evento apenas em aguaceiros de verão, os quais são esporádicos. Por outro lado, em países tropicais, intensidades de 150 mm h^{-1} são observadas regularmente. A máxima intensidade ocorrida por somente poucos minutos foi registrada na África pelo autor, sendo de 340 mm h^{-1} .

HUDSON (1973) estudou as curvas de distribuição do tamanho da gota, em função do aumento da intensidade da chuva, em condições de clima tropical. O autor demonstrou que o valor mediano do diâmetro da gota aumenta até os valores de intensidade aproximarem-se de 80 a 100 mm h^{-1} . Para as intensidades acima das mencionadas, tais valores decrescem. Então, concluiu-se que a correlação do tipo $D_{50} = I b_i$, onde D_{50} é o diâmetro mediano da gota, I é a intensidade da chuva e b_i é uma constante, é válida apenas para baixas intensidades, as quais são típicas do seu local de origem (USA), não podendo, entretanto, ser extrapolada para as chuvas tropicais de altas

intensidades. O diâmetro mediano da gota de chuva cessa de aumentar com a elevação da intensidade acima de 3 polegadas h^{-1} ($76,2 \text{ mm h}^{-1}$), sugerindo a adoção do limite máximo de energia cinética da chuva para este valor de intensidade (WISCHMEIER e SMITH, 1978).

O índice de erosividade EI_{30} , desenvolvido nos EUA (WISCHMEIER e SMITH, 1978), tem sido calculado e testado em diversos países, sendo sua adaptabilidade questionada em países tropicais e subtropicais (HUDSON, 1973; LAL, 1976). Nesse sentido, no Brasil, o índice de erosividade EI_{30} tem sido amplamente determinado (LOMBARDI NETO, 1977; DEDECEK, 1978; CASTRO FILHO et al., 1982; PEREIRA, 1983; MARGOLIS et al., 1985; RUFINO, 1986; MEDINA e OLIVEIRA JÚNIOR, 1987; MOURA e MEDEIROS, 1987; MORAIS et al., 1988; CARVALHO et al., 1989; OLIVEIRA JÚNIOR e MEDINA, 1990; SILVA, 1990; MORAIS ET AL

e um coeficiente de variação de 35,8%. O autor observou, ainda, que apenas 74% da precipitação média anual foi considerada no cálculo daquele índice para a localidade. No estudo de distribuição mensal do potencial erosivo de Campinas, o mesmo autor determinou que 90,7% do índice de erosividade ocorreu durante os meses de outubro a março, sendo que para este período a quantidade total anual de chuva correspondente é de 80,1%. Para o curto período de dezembro, janeiro e fevereiro, manifestou-se 62,5% do índice, correspondendo a 50% da precipitação anual, o que deixa claro que para esse trimestre é esperada uma grande quantidade de perda de terra.

LOMBARDI NETO (1977), ao estudar a erosividade da chuva de Campinas, através da análise de dados de 22 anos, comentou sobre os cálculos e a metodologia necessários para a determinação da curva de distribuição do índice de erosividade. Segundo o autor, a distribuição mensal dos índices de erosividade é, normalmente, expressa como porcentagem do total anual. A tendência desse cálculo, em estimar aguaceiros esporádicos, é minimizada pela exclusão dos valores extremos mensais. A probabilidade de uma chuva com um período de retorno de 100 anos ocorrer em um mês específico é, naturalmente, muito menor que 1%. Quando esse tipo de chuva ocorre dentro do período de 22 anos de registro de dados, proporciona uma tendência superavaliada das estimativas das porcentagens dos EI_{30} totais daquele mês. Considerando-se que em cada mês, separadamente, foram omitidos os valores extremos do índice de erosividade, calculou-se a porcentagem mensal com base nos 20 outros anos restantes. Se existir uma tendência de tais tipos de chuvas estarem concentrados dentro de um mês em particular, esses 20 valores remanescentes incluiriam ainda valores suficientemente altos para refletir este fenômeno. Já com relação à determinação da curva de distribuição dos índices de erosividade, o autor relata que foram inseridas em gráfico as porcentagens médias mensais dos valores dos índices. Em seguida, esses pontos foram unidos por uma curva média, graficamente ajustada. Tal processo de ajuste se faz necessário pelo seguinte motivo: uma grande chuva, que venha a ocorrer tardiamente no mês, teria talvez a mesma probabilidade de ocorrer precocemente no mês seguinte.

A partir da equação de correlação, entre o índice de erosividade médio mensal e o coeficiente de chuva, LOMBARDI NETO et al. (1981) determinaram para 115 locais do estado de São Paulo, para um período de 22 anos de análise de dados, os valores locais dos índices de erosividade médios anuais. Foram obtidos, então, valores, os quais variaram entre 5.866 a 11.772 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, podendo-se, dessa forma, traçar o mapa de isoerodentes do Estado. Também foram estabelecidas no Estado, 14 áreas relativamente homogêneas em relação à distribuição de erosividade. Foi mencionado ainda que tais distribuições da erosividade fornecem valiosas informações para o cálculo do fator uso e manejo (C) da Equação Universal de Perda de Solo, para as áreas em questão.

PEREIRA (1983), ao estudar a erosividade da chuva, sua distribuição e relação com a precipitação de Piracicaba, SP, para 20 anos de análise de dados, através do EI₃₀ e KE>25, encontrou valores médios dos índices de erosividade entre 5.729 e 5.229 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente para EI₃₀ e KE>25, os quais não diferiram estatisticamente entre si. Em relação ao EI₃₀, para o período analisado, seus valores anuais variaram de 3.551 a 9.555 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e apresentaram as seguintes medidas de dispersão: desvio padrão de 2.158 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹; erro padrão da média de 481 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, e um coeficiente de variação de 37,6%. Durante a estação de elevada precipitação, isto é, na primavera e verão, foram concentrados 86,1% do EI₃₀ total anual. Por outro lado, durante o trimestre de dezembro a fevereiro ocorreu 58% do total anual do referido índice. Foi concluído, portanto, que grandes riscos de erosão são esperados neste período.

RUFINO (1986) efetuou a avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná, por meio da análise de dados das 32 estações pertencentes à Rede Meteorológica do Instituto Agrônomo do Estado (IAPAR), com uma média de 8,8 anos de observação por estação. O autor encontrou para o Estado sete linhas isoerodentes, as quais foram determinadas por interpolação, e com uma amplitude de 1.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Os valores extremos observados foram de 5.275 e 12.559

5.275 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, estando muito próximos dos encontrados por LOMBARDI NETO et al. (1981) para o Estado de São Paulo.

CARVALHO et al. (1989) estudaram em Teodoro Sampaio, SP, 1.011 chuvas individuais erosivas e encontraram um EI₃₀ médio anual de 7.747 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, com um desvio padrão de 2.064 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, erro padrão da média de 474 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e coeficiente de variação de 26,6%. Os valores extremos anuais de erosividade variaram entre 3.322 e 10.942 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Os dados evidenciaram que 85,4% do índice de erosividade ocorrem no semestre de outubro a março; e em relação à precipitação, esta corresponde a 80,1% da quantidade média anual de chuva. No mesmo período ocorrem 89,5% do total das chuvas individuais mais erosivas do ano. Da mesma forma que Teodoro Sampaio, o mês de dezembro apresentou a maior erosividade (23%) em relação ao total anual.

ROQUE et al. (2001) avaliaram a erosividade de 874 chuvas individuais erosivas de uma série contínua de 23 anos em Piraju, SP, e encontraram um índice médio anual de 7.074 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Os autores observaram as seguintes medidas de dispersão: desvio padrão de 2.301 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, erro padrão da média de 480 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e coeficiente de variação de 32,5%. No semestre de outubro a março ocorreu 78,5% do índice de erosividade anual, esperando-se nesta época a maior parte das perdas anuais de terra por erosão nesta localidade. Sendo que o mês de janeiro foi o mais erosivo, com 19,3 % do índice de erosividade, e apresentou o maior número de chuvas individuais mais erosivas do ano (8 vezes de um total de 23).

COLODRO et al. (2002), em análise de 812 chuvas individuais erosivas de uma série de 19 anos, em Teodoro Sampaio, SP, encontraram um fator R de 7.172 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ com dispersão de 2.076 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para o desvio padrão, 476 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para o erro padrão da média e coeficiente de variação de 28,9%. O mês de dezembro foi o que apresentou o maior percentual da erosividade anual, 22%. Sendo que no semestre de outubro a março ocorreu 74% da erosividade anual, esperando-se dessa forma a maior parte das perdas anuais de terra por erosão. Os

meses de março e dezembro apresentaram o maior número de chuvas individuais mais erosivas do ano.

De modo geral, de acordo com os estudos já realizados, observa-se que para o estado de São Paulo, o semestre de outubro a março é o mais problemático com relação à erosão hídrica, visto que é nesse período que se concentra a maior parte da precipitação pluvial anual e do índice de erosividade. Desse modo, fica evidente que é nesse semestre que as perdas de terra e água tendem a ser acentuadas, caso não haja proteção adequada da superfície do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área experimental

O presente trabalho foi realizado com dados obtidos pelo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo, em experimento instalado na Estação Experimental de Pindorama hoje atual Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Norte, situada no oeste do Estado de São Paulo. A referida estação localiza-se na extremidade sul do município de Pindorama, nas coordenadas 48°55' de longitude oeste de Greenwich e 21°13' de latitude sul, com altitude que varia entre 498 e 594 m acima do nível do mar, possuindo uma área total de 532,8 ha.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (CRITCHFIELD, 1983), é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. A precipitação média anual é de 1.444 mm. A temperatura média anual é de 21,5 °C, sendo que a temperatura média dos três meses de inverno (junho, julho e agosto) é de 19,3 °C e a média dos três meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) é de 23,8 °C. O balanço hídrico indica os meses de julho, agosto e setembro como os mais secos, e os meses de janeiro e março como aqueles que apresentam considerável excedente hídrico (THORNTON e MATHER, 1955).

O solo da área experimental, segundo a classificação brasileira (EMBRAPA, 1999), é tido como um Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico textura arenosa/média, A moderado (Arenic Ultic Orthoxic Tropudalf), apresentando uma declividade média de 0,100 m m⁻¹. A composição granulométrica dos horizontes Ap (0 a 28 cm) e Bt (72 a 100 cm) é a seguinte, respectivamente: 416 e 136 g kg⁻¹ de areia grossa, 484 e 559 g kg⁻¹ de areia fina, 50 e 40 g kg⁻¹ de silte e 50 e 265 g kg⁻¹ de argila (LEPSCH e VALADARES, 1976), com saturação de bases de 52% e 76%. A erodibilidade,

estimada para o parâmetro $a+b(EI_{30})$ é de $0,0044 \text{ t ha h ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ (CARVALHO et al., 1997a).

SOSA (1987), em seu trabalho de mestrado, utilizou 16 anos de dados climatológicos dessa estação e encontrou o valor de $6.143 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para a erosividade das chuvas (R), considerando o ano civil para análise.

3.2. Unidades experimentais e tratamentos

A instalação das parcelas experimentais, por João Quintiliano de Avellar Marques e José Bertoni, teve início em 1944/45 com as 9 primeiras parcelas, nas quais as mensurações começaram já em 02/03/1945, visto que a delimitação das parcelas ocorreu em área coberta por cafeeiro adulto (Figura 1). As parcelas de números 11, 12, 13 e 14 foram instaladas somente em 1946/47, começando a ser realizada as medições em 28/01/1947. A parcela 10, por sua vez, só entrou em funcionamento em 1951/52. Na parcela 6, os cordões em contorno, que nos dois primeiros anos eram um par, distanciados de 12,5 m dos extremos das parcelas e de 25 m entre si, foram em 30/12/1946 mudados de posição, ficando um imediatamente acima da soleira na base da parcela e outro precisamente no meio, ou seja, a 25 m dos extremos. O mesmo experimento também foi instaurado no município de Ribeirão Preto, SP, com os mesmos tratamentos.

Assim, o período estudado, de 1944 a 1994, foi dividido em 4 fases, a saber: I) 1944 a 1959; II) 1960 a 1972 (anexo 1a); III) 1972 a 1982 (cafeeiro recepado) (anexo 1b) e IV) 1983 a 1994. Porém, por se tratar do início do experimento e falha de coleta de dados, a fase I não será apresentada e nem discutida nesta dissertação. Também a fase IV não será trabalhada, visto que, após o primeiro ano de instalação, houve morte de muitas plantas devido a ocorrência de chuvas de granizo e geadas, deixando algumas parcelas com apenas 50% da população inicial de plantas, comprometendo os dados coletados nesse período.



Figura 1: Talhões coletores de perdas por erosão instalados em cafezal adulto em Pindorama, SP.

As unidades experimentais constituíram-se de parcelas com dimensões de 20 m de largura e 50 m de comprimento no sentido do declive, totalizando uma área de 1.000 m², com o objetivo facilitar os cálculos que inicialmente eram feitos manualmente. O declive médio nas parcelas é de 0,10 m m⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 14 tratamentos sem repetições no campo. Consideraram-se as observações anuais como repetições experimentais (SNEDECOR e COCHRAN, 1976).

Os tratamentos de espaçamento que incluíram práticas manuais para adubação, arruamento, esparramação, colheita e capina das plantas invasoras do cafeeiro, foram os seguintes:

- 1- 3 m na entrelinha e 0,5 m na linha (3 x 0,5 m);
- 2- 3 m na entrelinha e 1 m na linha (3 x 1 m);
- 3- 3 m na entrelinha e 2 m na linha (3 x 2 m);

- 4- 3 m na entrelinha e 3 m na linha (3 x 3 m);
- 5- 4 m na entrelinha e 2 m na linha (4 x 2 m);
- 6- 4 m na entrelinha e 2 m na linha, com cordões em contorno (CC): dois cordões por talhão, estando o primeiro imediatamente após a soleira na base do talhão, e o outro precisamente no meio do talhão, ou seja, a 25 metros dos extremos;

Os tratamentos de manejo das plantas invasoras e de tratos culturais do cafeeiro, que incluíram sempre o espaçamento de 4 m na entrelinha e 2 m na linha foram os seguintes:

- 7- Sem arruação (SA): não se realizou o arruamento preliminar para a colheita e nem a conseqüente esparramação dos resíduos. Efetuou-se a colheita tantas vezes quantas necessárias a fim de que o café não caísse no chão. Os cultivos envolvendo adubação, colheita e capinas das invasoras foram manuais;
- 8- Alternância de capinas (AC): as capinas efetuadas foram manuais sempre alternando duas ruas; passado algum tempo, voltava-se para capiná-las, deixando assim, sempre duas ruas com mato imediatamente abaixo das outras recém-capinadas. Em cada rua, o intervalo entre as carpas é o mesmo que o dos outros tratamentos, mas de uma rua para a adjacente, o intervalo é a metade. A adubação, arruamento e esparramação e colheita foram realizadas manualmente;
- 9- Grade de discos (GD): o controle das invasoras realizou-se mecanicamente com grade de discos. A adubação, arruamento, esparramação e colheita foram realizadas manualmente;
- 10- Adubação verde anual (AV): semeou-se nas entrelinhas dos cafeeiros o feijão de porco em novembro, sendo manejado e deixado na superfície do solo como cobertura quando do seu pleno florescimento. A adubação, arruamento e esparramação, capina e colheita foram realizadas manualmente;
- 11- Acolchoamento alternado com palha de capim (AA): cobertura com palha de capim gordura na base de 30 toneladas por hectare. Colocou-se a palha de capim na superfície em duas ruas adjacentes, deixando-se de colocá-lo nas outras duas imediatas, e assim por diante. No ano seguinte, a palha de capim foi colocado

apenas nas ruas onde não foi aplicado no ano anterior. A adubação, arruamento e esparramação, capina e colheita foram realizadas manualmente;

12- Cultivos mecânicos (CM): os tratos culturais para o controle das invasoras foram realizados com auxílio de um cultivador/carpideira (anexo 2). A adubação, arruamento e esparramação e colheita foram realizadas manualmente;

13- Cultivo com herbicidas (CH): aplicou-se, de outubro a março, herbicida de contato para o controle das invasoras presentes nas entrelinhas. A adubação, arruamento e esparramação, pulverização e colheita foram realizadas manualmente;

14- Cobertura de palha de capim com adubação reduzida (CA): cobertura com palha de capim-gordura na base de 30 Mg ha⁻¹ em todas as linhas, com adubação reduzida pela metade. A adubação, arruamento e esparramação, capina, e colheita foram realizadas manualmente.

A adubação foi completa e igual em todos os talhões, com exceção do tratamento 14, onde a adubação química foi reduzida pela metade. Constituiu-se, basicamente, por pé, de sulfato de amônio (300 g), superfosfato (100 g) e cloreto de potássio (100 g). As adubações foram realizadas de 3 a 4 vezes por ano: setembro, dezembro, fevereiro e início de abril. O adubo foi espalhado na superfície do solo e sob a copa dos cafeeiros.

O café plantado foi da variedade Mundo Novo LCP 379-19, sendo o número de plantas por cova e destas na parcela experimental e por hectare apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Espaçamento do cafeeiro, número de plantas por cova, de covas por 1.000 m² e de plantas por hectare, em Pindorama, SP.

Espaçamentos	Plantas/cova	Covas/1.000 m ²	Plantas/ha
3 x 0,5 m	1	663	6.630
3 x 1 m	2	323	6.460
3 x 2 m	4	170	6.800
3 x 3 m	4	119	4.760
4 x 2 m	4	130	5.200

Os manejos das plantas invasoras nas entrelinhas ocorreram durante a estação chuvosa. Na estação seca seu controle não foi realizado.

Na fase II (1960 a 1972), os tratamentos AC, GD, CH, AV e CM sofreram rodízio de parcelas, o que não se repetiu durante a fase III (1972 a 1982 - café recepado).

3.3. Sistemas coletores de perdas por erosão

A descrição mais detalhada do procedimento para as medições das perdas de terra nos sistemas coletores, bem como os cálculos a serem realizados para se obter as perdas de terra e água, estão em BERTONI (1949).

Para a coleta do material erodido em cada chuva, instalou-se na parte inferior das parcelas uma soleira concentradora que conduz a enxurrada até um primeiro tanque de decantação, no qual a terra arrastada se deposita (Figura 2a). Esse tanque tem, em seu interior, duas peneiras verticais, de espessuras diferentes, para auxiliar a decantação dos sedimentos transportados e a retenção de palhas e outros detritos orgânicos que, livres, poderiam obstruir facilmente as janelas do divisor. Esse primeiro tanque é ligado a um segundo por meio de um divisor de janelas 1/11 do tipo idealizado por GEIB (1933) e HARROLD e KRIMGOLD (1943), e este segundo, por sua vez, é conectado a um terceiro tanque por divisor Geib 1/5.

Tais divisores de Geib consistem em uma bica, com a extremidade de saída fechada por uma chapa que apresenta uma série de janelas verticais perfeitamente iguais, em número ímpar, de modo que a janela do meio deságua em outro tanque uma fração alíquota conhecida da enxurrada escoada (Figura 2b). O restante é desprezado para efeitos de amostragem, mas é computado no cálculo do volume total de enxurrada.

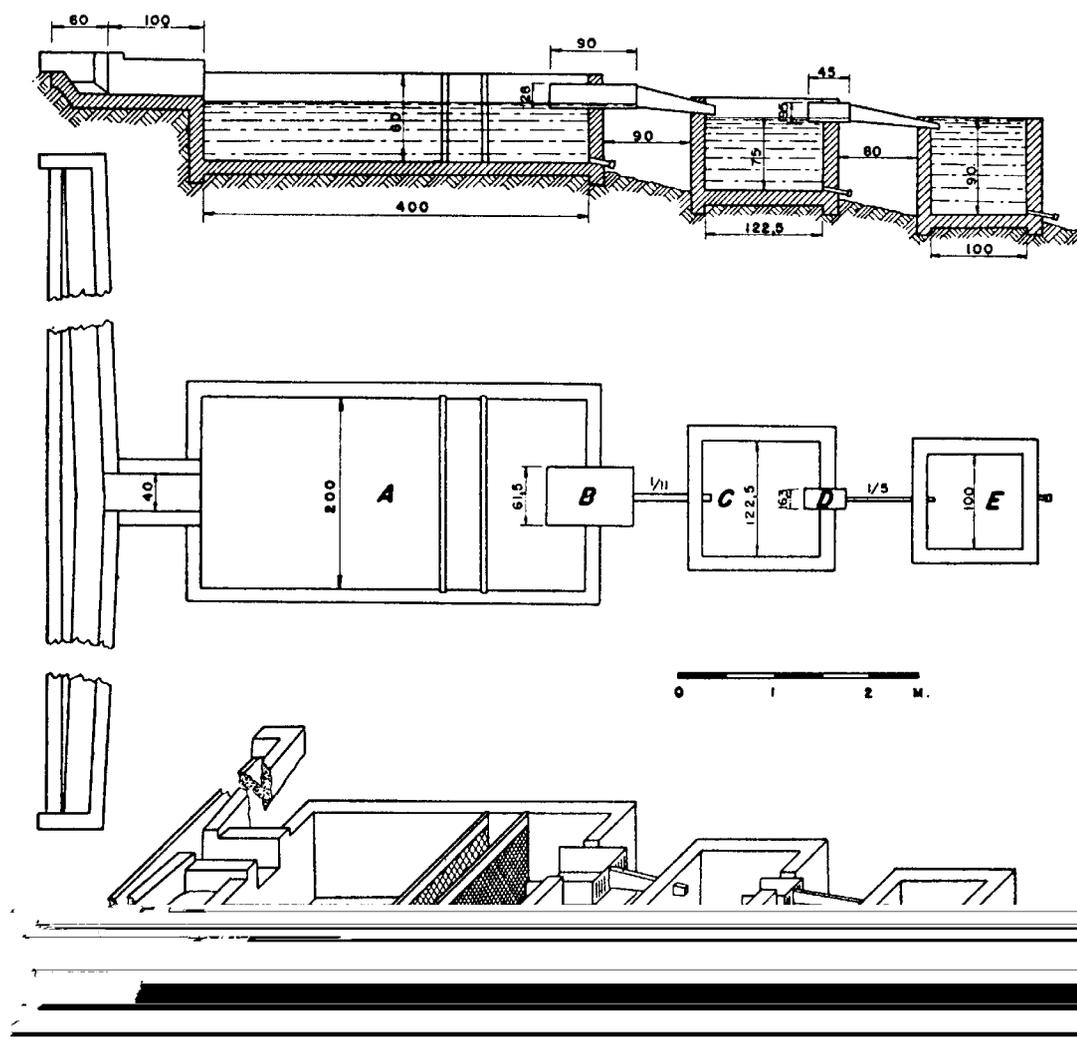


Figura 2a: Detalhamento do sistema coletor da enxurrada utilizado nas parcelas com a cultura do cafeeiro em Pindorama, SP.

As perdas de terra foram determinadas em intervalos de 24 horas. Após cada chuva, a altura da água foi mensurada em cada caixa, bem como o solo da caixa de decantação, pesado. Além disso, logo no início do experimento, foram tiradas amostras de água para determinar a concentração de sedimentos na água da enxurrada em todos os tratamentos. Os cálculos deste trabalho foram feitos em programas em linguagem Basic, sendo os valores totalizados por ano agrícola, expressos em Mg ha^{-1} para as perdas de terra e em mm para a enxurrada.

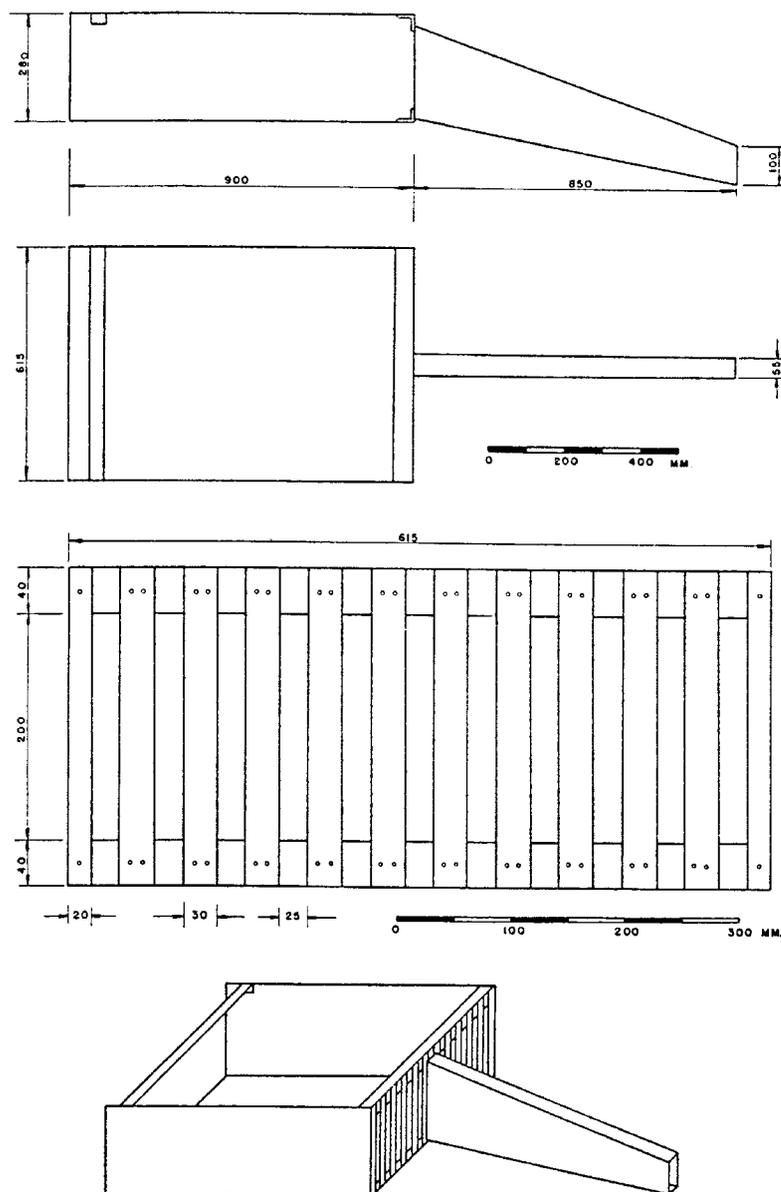


Figura 2b: Detalhamento do divisor tipo Geib 1/11 utilizado nas parcelas de coleta de enxurrada na cultura do cafeeiro em Pindorama, SP.

Para facilitar a análise dos dados, as fases de condução do experimento foram divididas em dois estádios distintos, sendo elas: a) de 0 a 60 meses após o plantio e b) após os 60 meses até arranquio ou recepa do café. No cafeeiro recepado, os estádios foram os seguintes: a) de 0 a 48 meses após a recepa e b) após os 48 meses.

3.4. Erosividade

Para calcular a erosividade foram analisados, durante o período de julho de 1956 a junho de 1999, mais de 1.740 pluviogramas pertencentes às antigas Seções de Conservação de Solo e Climatologia do Instituto Agrônômico, que possuem pluviógrafos instalados na Estação Experimental de Pindorama. Para o registro dos pluviogramas utilizou-se um pluviógrafo modelo Hillman, o qual registra incrementos sucessivos de chuva, assim como o total acumulado. Tal aparelho possui autonomia para registrar chuvas ocorridas dentro de um intervalo de 24 horas, sendo movido a corda por meio de um mecanismo de relógio. Os pluviogramas Modelo 700, nos quais as precipitações foram registradas, apresentam na ordenada o registro da quantidade de chuva e na abscissa o seu tempo de ocorrência. A amplitude de registro de chuva varia de zero a 10 milímetros (mm) de precipitação com unidade de 0,1 mm. O registro de tempo é efetuado durante 24 horas, com unidade de 10 em 10 minutos.

As chuvas foram consideradas erosivas quando apresentavam 10 milímetros ou mais, ou quando apresentavam o mínimo de 6 milímetros precipitados em um período máximo de 15 minutos, tendo sido as demais consideradas não erosivas (WISHMEIER e SMITH, 1978).

Para a digitalização dos pluviogramas foi utilizada mesa digitalizadora ligada a um microcomputador por meio do software Autocad. Os valores de tempo e correspondente precipitação foram obtidos a cada mudança na inflexão da curva registrada graficamente. Os arquivos de saída com todos os valores de tempo e precipitação de cada chuva foram processados em Excel com o intuito de criar o arquivo de entrada para o programa Erosivo, com todas as chuvas do ano. A fim de calcular a erosividade, foi utilizado o programa computacional em linguagem Fortran IV (Erosivo), proposto por CATÂNEO et al. (1982), com algumas alterações para permitir a leitura dos dados no formato de saída da mesa digitalizadora introduzidas pela pesquisadora Isabella Clerici De Maria do IAC (comunicação pessoal).

O produto da energia cinética total da chuva, pela sua intensidade máxima em 30 minutos forneceu, para cada chuva, o índice de erosividade EI_{30} . O

índice mensal foi obtido pelo somatório dos índices de erosividade de cada chuva ocorrida ao longo do referido mês, e o fator anual, pelo somatório dos índices mensais. As médias mensais e anuais resultaram da soma dos valores mensais e anuais observados em cada ano, divididos pelo número de anos estudados.

3.5. Determinação da razão de perdas de terra (RPT)

3.5.1. Definição dos estádios da cultura

Para determinação dos valores da razão de perdas de terra (RPT) e do fator C foram estabelecidos dois estádios para a cultura do cafeeiro, utilizando-se a metodologia de WISCHMEIER e SMITH (1978). Porém, esses autores, no mesmo trabalho, estabeleceram que os limites entre os estádios, após o plantio, devem ser definidos em função da porcentagem de cobertura do solo. Principalmente por não disporem dos valores de cobertura, outros autores (ALBERTS et al., 1985; MARGOLIS et al., 1985; KRAMER e ALBERTS, 1986; DE MARIA, 1995) apresentaram adaptações dessa metodologia no estabelecimento dos limites dos estádios.

Assim, os limites dos estádios foram definidos em função da curva de perda de terra acumulada em todos os tratamentos, que dá uma idéia aproximada da cobertura proporcionada pelos cafeeiros e, correspondem, aproximadamente, aos valores de porcentagem de cobertura estabelecidos por WISCHMEIER e SMITH (1978).

3.5.2. Cálculo da razão de perdas de terra (RPT)

Por conceito, a razão de perdas de terra (RPT) é a relação existente entre as perdas de terra da parcela com uma cultura e as perdas de terra da parcela padrão mantida descoberta, em cada um dos estádios da cultura. Pode-se, assim, representar o cálculo das RPTs pela seguinte equação:

$$RPT_i = \frac{PC_i}{PD_i}$$

onde:

i = estádio da cultura

PC = perda de terra no tratamento com cafeeiro

PD = perda de terra no tratamento descoberto

As RPTs para uma dada condição variam substancialmente de um ano para outro devido às variáveis aleatórias e erros experimentais (WISCHMEIER e SMITH, 1978). Na determinação da RPT de cada estádio utilizaram-se as perdas de terra acumuladas durante as avaliações em cada estádio, reduzindo-se o efeito da variação ocorrida entre os anos, mesmo procedimento adotado por KRAMER e ALBERTS (1986).

Mesmo não tendo unidade visto seu conceito optou-se, neste trabalho, pelo uso das unidades com vistas a um maior entendimento do cálculo.

3.6. Cálculo do fator C da EUPS

O fator C é geralmente apresentado como um valor médio anual para uma combinação particular de culturas, manejo e distribuição da chuva. Para determinar os valores locais do fator C, a RPT de cada estádio deve ser associada aos dados de distribuição da erosividade (FEI_{30}).

Com os valores das RPTs de cada estádio da cultura e a distribuição da erosividade no mesmo estádio, calculou-se o fator C para o café com a equação:

$$C = \sum RPT_i * \frac{R_i}{R}$$

onde:

i = estádio do cafeeiro

RPT_i = razão de perdas de terra no estádio i

R_i = erosividade no estádio i

R = erosividade total

3.7. Análises estatísticas

Os dados foram analisados por meio da análise da variância e aplicação do teste Duncan, para comparação de médias. Usou-se o programa computacional SAS com o nível de 15% de significância para entrada e manutenção de variáveis no processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização climática

4.1.1. Erosividade, precipitação pluvial total e precipitação pluvial erosiva

Para a determinação do índice de erosividade do local, consideraram-se as duas variáveis simples que melhor se correlacionam com as perdas de solo, ou seja, a energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima em 30 minutos - EI_{30} - (WISHMEIER e SMITH, 1958). A erosividade anual é representada pela adição dos índices de erosividade de todas as chuvas erosivas ocorridas durante o ano. Segundo WISHMEIER (1959), o fator erosividade (R) é representativo quando são tomados pelo menos 20 anos para a análise de dados. SOSA (1987), seguindo recomendações de SCHWAB et al (1981), adequaram o número de anos de registro de dados de erosividade, com um nível de significância de 10%, para 12,4 anos como o tempo mínimo aceitável para a obtenção do fator R em Pindorama. No presente estudo analisaram-se 42 anos de dados, o que coloca o fator R aqui obtido como de grande confiabilidade.

A título de comparação, o Quadro 2 apresenta os índices de erosividade médios anuais (fator R) para algumas localidades do Brasil. Nota-se grande variabilidade espacial do fator erosividade no Brasil, o que é natural, decorrente da grande variabilidade climática existente entre as diversas regiões do país, indicando também grande variabilidade no risco de erosão hídrica.

As diferenças e os valores encontrados para os diversos locais de São Paulo vem a confirmar a tendência decrescente dos valores médios anuais do índice de erosividade da chuva, tanto no sentido norte-sul como no sentido nordeste-sudoeste, conforme apresentado no mapa de isoerodentes do Estado de São Paulo, elaborado por LOMBARDI NETO et al. (1981) e VIEIRA e LOMBARDI NETO (1995).

Quadro 2: Índice de erosividade médio anual para localidades do Brasil determinado pelo EI_{30} .

Localidade	Região	Fator R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Autor(es)
Caruaru, PE	Nordeste	2.086	ALBUQUERQUE (1991)
Pelotas, RS	Sul	3.924	LAGO (1984)
Piracicaba, SP	Sudeste	5.719	PEREIRA (1983)
Lages, SC	Sul	5.790	BERTOL et al. (2002a)
<i>Pindorama, SP</i>	<i>Sudeste</i>	<i>5.848</i>	<i>Dados da dissertação</i>
Campos Novos, SC	Sul	6.329	BERTOL (1994)
Campinas, SP	Sudeste	6.769	LOMBARDI NETO (1977)
Novo Horizonte, SP	Sudeste	7.044	ROQUE e CARVALHO (1999)
Piraju, SP	Sudeste	7.074	ROQUE et al. (2001)
Teodoro Sampaio, SP	Sudeste	7.172	COLODRO et al. (2002)
Mococa, SP	Sudeste	7.747	CARVALHO et al. (1989)
Brasília, DF	Centro Oeste	8.319	DEDECEK (1978)
Goiânia, GO	Centro Oeste	8.355	SILVA et al. (1997)
Chapecó, SC	Sul	10.005	BEUTLER (2000)

Durante o período analisado, os valores anuais variaram de 3.176 a 15.909 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, nos períodos de julho de 1982 a junho de 1983 e de julho de 1967 a junho de 1968, respectivamente.

O coeficiente de variação de 34,6%, obtido a partir dos valores do índice de erosividade anual de Pindorama é menor que os obtidos em Campinas (35,8%) por LOMBARDI NETO (1977), em Piracicaba (37,6%) por PEREIRA (1983), em Caruaru (51%) por ALBUQUERQUE (1991) e em Pindorama (43,3%) por SOSA (1987). E foi superior aos valores obtidos em Mococa (26,6%) por CARVALHO et al. (1989), em Teodoro Sampaio por COLODRO et al. (2002) e em Piraju (32,5%) por ROQUE et al. (2001), respectivamente. O desvio padrão obtido no presente estudo (2.022 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹) foi menor que os obtidos por SOSA (1987) na mesma localidade e os de Campinas, Piraju, Piracicaba e Mococa. Foi superior apenas ao desvio padrão encontrado para Teodoro Sampaio, em 2,7%. Com relação ao erro padrão da média de Pindorama (312 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹), foi 132,9%, 66,6%, 54,1%, 53,8%, 52,6% e 51,9% inferior que o de Pindorama (SOSA, 1987), Campinas, Piracicaba, Piraju, Teodoro Sampaio e Mococa, respectivamente. Portanto, a média verdadeira dos dados de Pindorama, neste estudo, é o mais próximo possível do seu fator R, uma vez que o erro padrão da média é o menor entre os seis municípios.

No Quadro 3, também são apresentados os valores anuais e a média dos 42 anos, em volume (mm), da precipitação pluvial total e da precipitação pluvial considerada erosiva. A precipitação média anual encontrada para o período de julho de 1956 a junho de 1999 foi de 1.444 mm, valor esse muito próximo do encontrado para Piraju (1.483 mm) por ROQUE et al. (2001). A análise estatística mostrou as seguintes medidas de dispersão: desvio padrão de 286 mm; erro padrão da média de 44 mm, e um coeficiente de variação de 19,8%. Durante o período analisado, os valores anuais variaram entre 2.304 mm e 793 mm, nos anos de julho de 1982 a junho de 1983 e julho de 1968 a junho de 1969, respectivamente.

Quadro 3: Volume anual de chuvas e índice de erosividade durante o período de julho de 1956 a junho de 1999 em Pindorama, SP.

Ano	Índice de Erosividade MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹	Volume de precipitação	
		Total mm	Erosiva mm
1956/57	5.920,3	1.555,1	1.127,8
1957/58	4.905,9	1.735,9	1.015,5
1958/59	4.694,8	1.311,7	905,9
1959/60	5.201,7	1.216,6	970,6
1960/61	7.640,7	1.750,9	1.308,4
1961/62	3.778,2	1.282,8	609,8
1962/63	6.259,0	1.224,9	960,9
1963/64	5.196,6	1.040,2	805,9
1964/65	6.951,8	1.685,6	1.343,8
1965/66	6.809,9	1.549,9	1.119,3
1966/67	5.329,1	1.121,5	1.117,6
1967/68	3.175,9	1.001,2	731,8
1968/69	3.437,2	792,5	586,9
1969/70	5.267,9	1.319,1	1.013,8
1970/71	4.177,8	1.144,8	806,2
1971/72	6.004,1	1.351,8	1.062,9
1972/73	5.439,6	1.261,8	905,7
1973/74	5.020,9	1.494,0	1.024,8
1974/75	4.063,5	976,3	670,5
1975/76	7.908,7	1.533,3	1.341,0
1976/77	4.946,8	1.384,1	974,4
1977/78	5.411,4	1.491,4	1.101,8
1978/79	6.119,9	1.654,8	1.221,9
1979/80	7.064,0	1.970,1	1.302,8
1980/81	5.884,2	1.382,1	973,9
1981/82	8.558,2	1.822,0	1.556,0
1982/83	15.909,3	2.304,3	1.984,7
1983/84	6.386,7	1.427,0	522,7
1984/85	6.386,6	1.281,2	943,1
1985/86	6.027,1	1.661,8	928,6
1987/88	4.457,2	1.309,0	925,0
1988/89	6.542,3	1.785,7	977,7
1989/90	6.321,0	1.592,0	1.167,9
1990/91	5.282,2	1.590,9	1.136,6
1991/92	3.841,1	1.297,5	942,5
1992/93	4.443,8	1.363,8	956,8
1993/94	7.561,4	1.507,8	1.063,6
1994/95	6.835,9	1.759,2	1.176,0
1995/96	4.759,1	1.218,4	833,0
1996/97	3.881,7	1.615,4	1.149,3
1997/98	5.412,9	1.372,6	772,6
1998/99	6.417,8	1.524,9	1.249,7
Média	5.848,0	1.444,0	1.031,0
Desvio padrão	2.022,0	286,0	264,0
Erro padrão da média	312,0	44,0	40,0
CV (%)	34,6	19,8	25,6

A quantidade de chuva que foi incluída no cálculo do fator R de Pindorama correspondeu a 71,4% da precipitação pluviométrica média anual do local (Quadro 3 e Figura 4), enquanto as não erosivas representaram 28,6%. Esse valor, porém, é inferior aos encontrados para Campinas (74%) por LOMBARDI NETO (1977), ao de Mococa (79%) por CARVALHO et al. (1989) e ao de Pindorama (84%) por SOSA (1987). Mesmo assim, o elevado percentual do volume de chuva erosiva em relação ao total indica claramente a necessidade da preocupação com o uso de manejos e ou práticas conservacionistas na região.

O volume médio anual das chuvas erosivas foi de 1.031 mm, apresentando as seguintes dispersões: desvio padrão de 264 mm; erro padrão da média de 40 mm; e um coeficiente de variação de 25,6%. É possível, então, observar que o volume da precipitação erosiva apresentou uma variação mais acentuada em relação à precipitação pluviométrica total no decorrer dos anos de amostragem. Durante o período analisado, os valores anuais erosivos variaram de 523 mm a 1.985 mm nos anos de julho de 1982 a junho de 1983 e julho de 1983 a junho de 1984, respectivamente.

4.1.2. Distribuição mensal média do índice de erosividade, precipitação pluviométrica total e precipitação pluviométrica erosiva

Segundo WISCHMEIER (1959), em condições de alqueive contínuo com idênticas condições físicas, declive e tratamentos culturais, em duas localidades com igual valor de índice de erosividade, espera-se que a perda média de terra seja igual. Entretanto, isto não é verdadeiro para áreas cultivadas, onde a distribuição do potencial erosivo das chuvas no tempo em relação à aração, semeadura e colheita, varia significativamente de local para local, para todas as culturas. Assim, o fator erosividade da chuva, da forma como é representado pelo índice de erosividade médio anual, não é suficiente para avaliar os efeitos de chuvas distintas em causar perdas localizadas de terra.

É necessário detalhar a forma como está distribuído, no ano, o potencial erosivo das chuvas de determinada localidade. Dessa forma, os dados obtidos evidenciam que 83,6% do índice de erosividade anual ocorre durante os meses de outubro a março, que é o período de maior precipitação pluvial (Figura 3) (anexo 3). Isso indica que, no referido período, espera-se grande parte das perdas anuais de terra para Pindorama. Essa constatação é importante e capaz de ilustrar que, nesses meses é preciso atenção especial com a manutenção e manejo da cobertura da superfície do solo, para que se evite a conseqüente perda de produtividade e qualidade das terras, além dos problemas ambientais decorrentes. Destaca-se, também, o mês de janeiro como o mais erosivo, com $1.217 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ou seja, 20,8% do índice de erosividade anual (Figura 3). O mesmo comportamento foi observado para Campinas (LOMBARDI NETO e MOLDENHAUER, 1992) e Piraju (ROQUE et al., 2001), porém, não para Mococa (CARVALHO et al., 1989) e Teodoro Sampaio (COLODRO et al., 2002), onde o mês mais erosivo foi o de dezembro. Ocorre da mesma forma, no mês de julho a menor porcentagem do EI_{30} total anual: $54 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, ou seja, 0,93% do total anual. Sendo assim, em condições semelhantes de solo, relevo e manejo, a maior e a menor expectativa de ocorrência de erosão do solo em Pindorama correspondem, respectivamente, aos meses de janeiro e julho.

Tomando-se por base os dados do Quadro 4, correspondentes ao período de outubro a março, verifica-se que o valor relativo de 83,6% concernente a $4.889 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ é menor quando comparado àqueles de Campinas, Mococa, Novo Horizonte e Piracicaba. Em termos absolutos é menor que todos os valores encontrados, exceção feita ao de Caruaru. Em valores relativos, $4.889 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (83,6%), foi maior que os encontrados para Caruaru, Piraju, Teodoro Sampaio e para Pindorama segundo SOSA (1987).

Quadro 4: Índice de erosividade distribuído no período de outubro e março para municípios do Estado de São Paulo e para Caruaru, PE.

Local	Índice de erosividade	Valor relativo,	Autor
	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹	%	
Mococa	6.616	85,4	CARVALHO et al. (1989)
Campinas	6.140	90,7	LOMBARDI NETO (1977)
Novo Horizonte	6.037	85,7	ROQUE e CARVALHO (1999)
Piraju	5.553	78,5	ROQUE et al. (2001)
Teodoro Sampaio	5.307	74,0	COLODRO et al. (2002)
Pindorama	5.117	83,3	SOSA (1987)
Piracicaba	4.932	86,1	PEREIRA (1983)
<i>Pindorama</i>	4.889	83,6	<i>Dados da dissertação</i>
Caruaru	1.285	61,6	ALBUQUERQUE (1991)

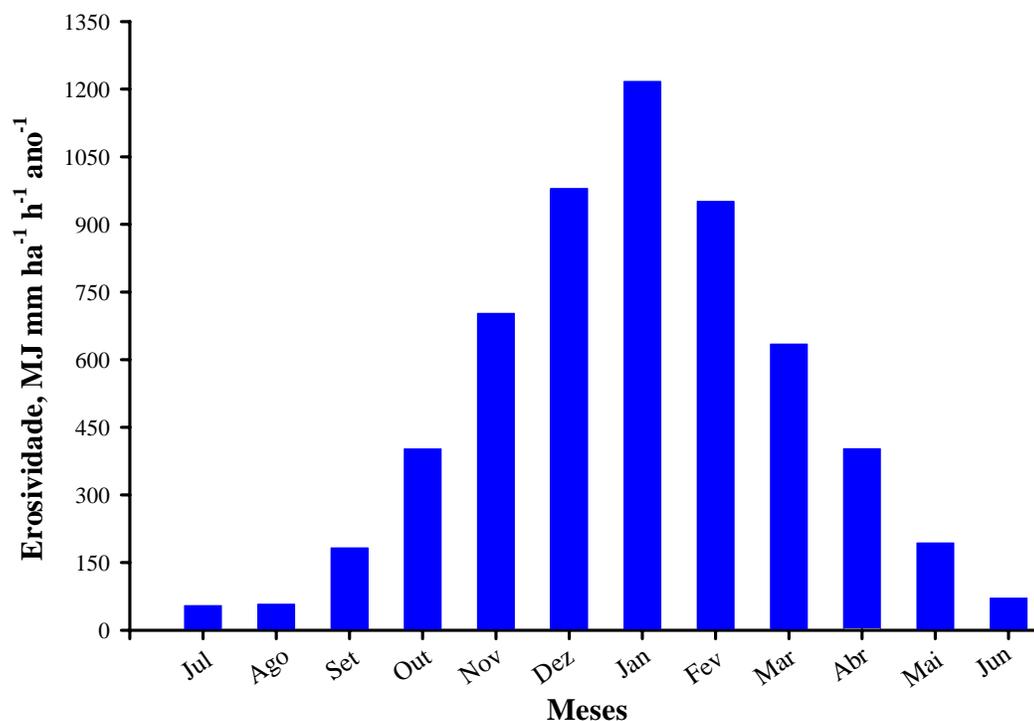


Figura 3: Distribuição média mensal do índice de erosividade no município de Pindorama, SP, durante o período de julho de 1956 a junho de 1999.

Em termos relativos, no trimestre de dezembro a fevereiro (Quadro 5), a quantia observada de 53,8% do total do EI₃₀ anual de Pindorama é menor que a de

Campinas e Piracicaba, e maior que a quantia de Mococa, Piraju e Teodoro Sampaio. Entretanto, em termos absolutos, Pindorama situa-se, durante o período referido, na penúltima posição, uma vez que tal valor só é inferior ao de Teodoro Sampaio.

Quando se considera o trimestre de novembro a janeiro (Quadro 6), Pindorama apresentou, entre os seis locais, a menor quantia observada do EI₃₀ anual, em termos relativos, com exceção de Campinas, Teodoro Sampaio e Piraju. Já, em termos absolutos, Pindorama apresenta a menor quantia do EI₃₀ anual comparado a Mococa, Campinas e Piraju, e apresenta maior valor em relação a Piracicaba.

Portanto, pode-se concluir que Pindorama deve apresentar os menores problemas de erosão que Mococa, Campinas e Piraju, e maiores problemas que Piracicaba, no período de novembro a janeiro.

Quadro 5: Índice de erosividade distribuído no trimestre de dezembro a fevereiro para municípios do Estado de São Paulo.

Local	Índice de erosividade	Valor relativo	Autor
	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹	%	
Campinas	4.231	62,5	LOMBARDI NETO (1977)
Mococa	3.982	51,4	CARVALHO et al. (1989)
Piracicaba	3.323	58,0	PEREIRA (1983)
Piraju	3.318	46,9	ROQUE et al. (2001)
<i>Pindorama</i>	<i>3.146</i>	<i>53,8</i>	<i>Dados da dissertação</i>
Teodoro Sampaio	2.277	45,7	COLODRO et al. (2002)

Quadro 6: Índice de erosividade distribuído no trimestre de novembro a janeiro para municípios do Estado de São Paulo.

Local	Índice de erosividade	Valor relativo	Autor
	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹	%	
Campinas	3.324	49,1	LOMBARDI NETO (1977)
Mococa	3.284	55,3	CARVALHO et al. (1989)
Teodoro Sampaio	3.273	45,6	COLODRO et al. (2002)
Piraju	3.173	44,9	ROQUE et al. (2001)
<i>Pindorama</i>	<i>2.901</i>	<i>49,6</i>	<i>Dados da dissertação</i>
Piracicaba	2.292	51,0	PEREIRA (1983)

A distribuição da precipitação pluvial anual de Pindorama seguiu o padrão unimodal típico dos países de clima tropical, como já relatado por HUDSON (1971). Dessa forma, nota-se, na Figura 4 (anexo 4), que, nos meses de outubro a março, concentra-se a grande maioria das chuvas convectivas e tem-se 79,8% da precipitação, ocorrendo os outros 20,2% de abril a setembro. Esse valor relativo é inferior ao encontrado para Novo Horizonte (78,9%) por ROQUE e CARVALHO (1999), muito próximo aos encontrados para Campinas e Mococa (80,1%) por LOMBARDI NETO e MOLDENHAUER (1992) e CARVALHO et al. (1989), e superior aos de Piraju (69%) por ROQUE et al. (2001) e Teodoro Sampaio (64,9%) por COLODRO et al. (2002). Isso torna evidente que é nesse período que se deve ter maior cuidado com a manutenção da cobertura do solo.

Considerando-se o trimestre de dezembro a fevereiro, em termos relativos, ocorreu 50,3% da precipitação anual. Esse valor está muito próximo aos encontrados para Campinas e Mococa (50 e 48,1%, respectivamente) e superior aos observados para Piraju e Teodoro Sampaio: 39,4 e 37,3%, respectivamente.

Os valores extremos absolutos e relativos encontrados para a precipitação mensal média foram de 262 mm (18,2%) e 26 mm (1,8%), nos meses de janeiro e agosto, respectivamente (Figura 4). Assim, pode-se perceber que nos meses de junho, julho e agosto será a época em que as culturas poderão mais sofrer um déficit hídrico, tendo em vista a baixíssima precipitação pluvial média que ocorre. Essa mesma constatação foi observada para Teodoro Sampaio, onde o trimestre de junho a agosto é o período mais seco do ano.

Em relação ao volume de precipitação erosiva, observa-se que 80,5% concentra-se no semestre de outubro a março e os 19,5% restantes no semestre de abril a outubro. Sendo que os valores extremos absolutos e relativos encontrados para a precipitação média mensal erosiva foram de 189,5 mm (18,4%) e 15,5 mm (1,5%), nos meses de janeiro e julho, respectivamente (Figura 4). Considerando o bimestre equivalente a julho e agosto é esperado o menor volume erosivo (3,15%) do total anual.

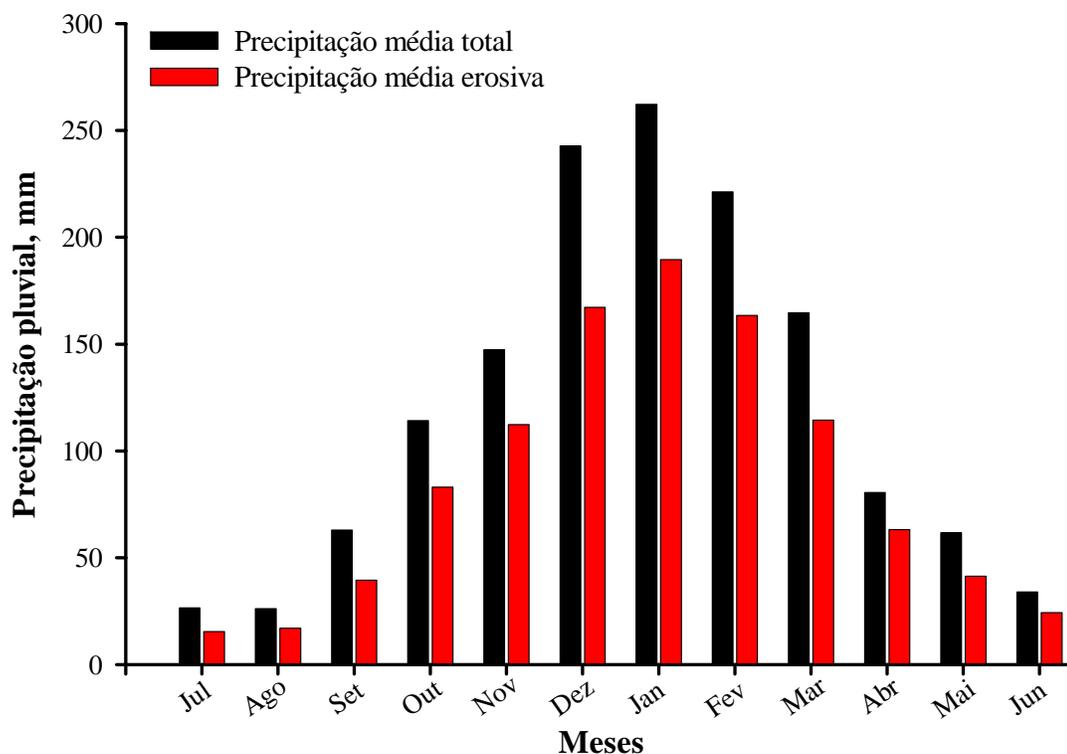


Figura 4: Distribuição média mensal da precipitação pluvial total e da precipitação pluvial considerada erosiva no município de Pindorama, SP, no período de julho de 1956 a junho de 1999.

Foi confirmado existir, para Pindorama, a mesma concordância na distribuição da erosividade e precipitação pluvial média mensal (Figura 3 e 4, respectivamente), conforme já observado para Campinas, Piracicaba, Mococa, Teodoro Sampaio e Piraju ambos no Estado de São Paulo, por LOMBARDI NETO (1977), PEREIRA (1983), CARVALHO et al. (1989), COLODRO et al. (2002) e ROQUE et al. (2001), respectivamente. Isto é, no semestre de elevado índice de erosividade (outubro a março), a precipitação também o é. Da mesma forma, vale a concordância para o semestre de baixo índice de erosividade (abril a setembro). Esse fato destaca, uma vez mais, o efeito preponderante da intensidade da chuva em caracterizar seu potencial erosivo. Vale a pena destacar que Goiânia, GO (1.280 mm) (SILVA et al., 1996), Cáceres, MT, (1.246 mm) e Corixa, MT, (1.259 mm) (MORAIS et al., 1991) com precipitação menor que

Pindorama apresentaram uma erosividade bem superior a 8.355, 7.766 e 7.278 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Essas diferenças decorrem, especialmente, do clima e relevo distintos entre as localidades.

4.1.3. Freqüência mensal da chuva individual mais erosiva do ano

Na Figura 5, é apresentada a freqüência de ocorrência mensal da chuva mais erosiva do ano, ou seja, a freqüência mensal do maior valor do índice de erosividade do ano, para Pindorama, durante o período de julho de 1956 a junho de 1999. Como se pode observar os meses de janeiro e dezembro são os de maior freqüência de chuva individual mais erosiva do ano, sendo que tais chuvas ocorrem 9 vezes por mês. Já os meses de março e abril apresentam freqüência de 6 vezes por mês, ficando fevereiro, com a freqüência de 5 vezes. Nos meses de maio, julho e agosto não houve ocorrência de chuva mais erosiva do ano.

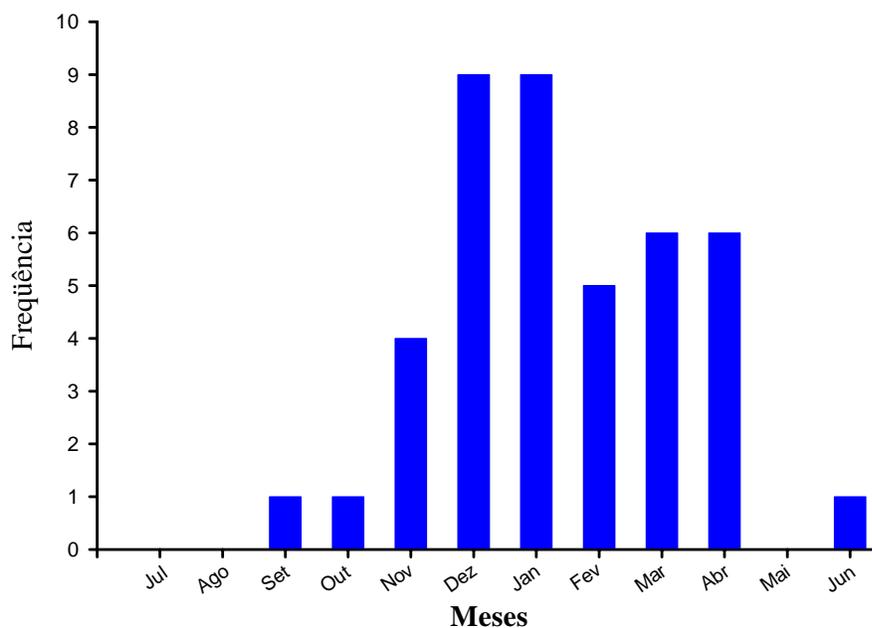


Figura 5: Freqüência da chuva individual mais erosiva do ano, dentro de um mês específico. Análise de 42 anos de registro de dados compreendendo julho de 1956 a junho de 1999, em Pindorama, SP.

Esse comportamento é parcialmente semelhante aos de Piraju e Campinas, nos quais o mês de janeiro apresentou a maior frequência, aos de Mococa, onde dezembro apresentou a sua maior frequência, aos de Pindorama (16 anos) e Teodoro Sampaio, em que se pôde verificar que os meses de maior frequência são os de março e dezembro.

A análise da Figura 5 e da Figura 3 reforça a conclusão de que, realmente, o mês de janeiro se constitui no período do ano em que a erosividade da chuva é crítica para Pindorama. Embora esse mês apresente uma frequência igual ao mês de dezembro, é aquele em que a probabilidade de ocorrência de erosão atinge seus mais altos níveis, pois detém o mais alto valor para o índice de erosividade médio mensal. Esses dados concordam com os encontrados por ROQUE e CARVALHO (1999) para Novo Horizonte, no qual o mês de janeiro foi o mais crítico em termos de distribuição de EI_{30} , com 20,2% do total anual.

O conhecimento da distribuição estacional ou sazonal da erosividade das chuvas de Pindorama, no período de outubro a março, constitui-se em um importante fato para o manejo correto das suas áreas agrícolas. Nesse período, além de ter ocorrido 83,6% do total do EI_{30} anual (Figura 3), assim como 79,8 e 80,5% da precipitação média anual total e erosiva (Figura 4), observou-se também 80,9% das chuvas individuais mais erosivas do ano (Figura 5), isto é, aproximadamente 34 vezes, em um total de 42 anos. Tal valor, para as chuvas individuais mais erosivas do ano, no semestre de outubro a março, foi 8,6, 14,6, 10,1, 19,1% e 19,1% inferior, se comparado a Mococa, Campinas, Piraju, Teodoro Sampaio e Pindorama (16 anos), conforme observado por CARVALHO et al. (1989), LOMBARDI NETO (1977), ROQUE et al. (2001), COLODRO et al. (2002) e S

4.2. Perdas de terra e água

4.2.1. Efeito dos espaçamentos nas entrelinhas e nas linhas

As perdas médias anuais de terra e água são apresentadas em Mg ha^{-1} e mm, respectivamente, divididas em dois semestres. Estes correspondem aos meses de setembro a fevereiro e de março a agosto, de acordo com as práticas de arruação e esparramação realizadas anualmente na colheita do café. Já o ciclo da cultura foi separado em dois estádios distintos, sendo que o primeiro corresponde ao período crítico com relação às perdas: a) do plantio aos 60 meses de idade e b) dos 60 meses em diante. No cafeeiro recepado os estádios foram distribuídos da recepa aos 48 meses e dos 48 meses em diante.

Os valores médios anuais das perdas de terra na cultura do cafeeiro, em diversos espaçamentos na entrelinhas e nas linhas encontram-se na Figura 6, juntamente com as perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto, conforme a parcela padrão determinada por WISCHMEIER e SMITH (1978).

As perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto foram altas ($39,5 \text{ Mg ha}^{-1}$), considerando o ciclo de 144 meses de avaliação. Nota-se que, nos primeiros 60 meses, no semestre de setembro a fevereiro, ocorreu 82% da perda de terra estimada para o solo descoberto, sendo que o percentual restante foi no semestre de março a agosto. No estádio dos 60 aos 144 meses, as perdas foram de 75 e 25% no semestre de setembro a fevereiro e de março a agosto, respectivamente. Esses dados comprovam o quanto esse solo é susceptível à erosão hídrica, caso seja mantido sem efetiva cobertura da superfície, principalmente no semestre de outubro a março, período que apresenta a maior parte da erosividade anual e da precipitação pluvial. Comprova-se tal fato por meio da avaliação da Figura 6, na qual a maior parte das perdas anuais de terra ocorreu no semestre de setembro a fevereiro (66%), enquanto que, no semestre de março a agosto, pode-se visualizar a ocorrência de 34% restante das perdas de terra nos primeiros 60 meses. No entanto, dos 60 aos 144 meses não se observou o mesmo comportamento, pois 41% das perdas de terra ocorreram no semestre de setembro a fevereiro e 59% de março a agosto. Essas perdas de terra estimadas para o solo descoberto foram, porém, inferiores às encontradas por RUFINO et al. (1985), em um

Latossolo no Estado do Paraná, de 139 Mg ha^{-1} e às encontradas por WENDLING et al. (2000) para um Argissolo no Estado do Rio Grande do Sul, de 157 Mg ha^{-1} com apenas $0,055 \text{ m m}^{-1}$ de declividade. Tal fato ocorre devido às diferenças climáticas existentes entre os locais e às de solo e intensidade/distribuição anual e estacional das chuvas.

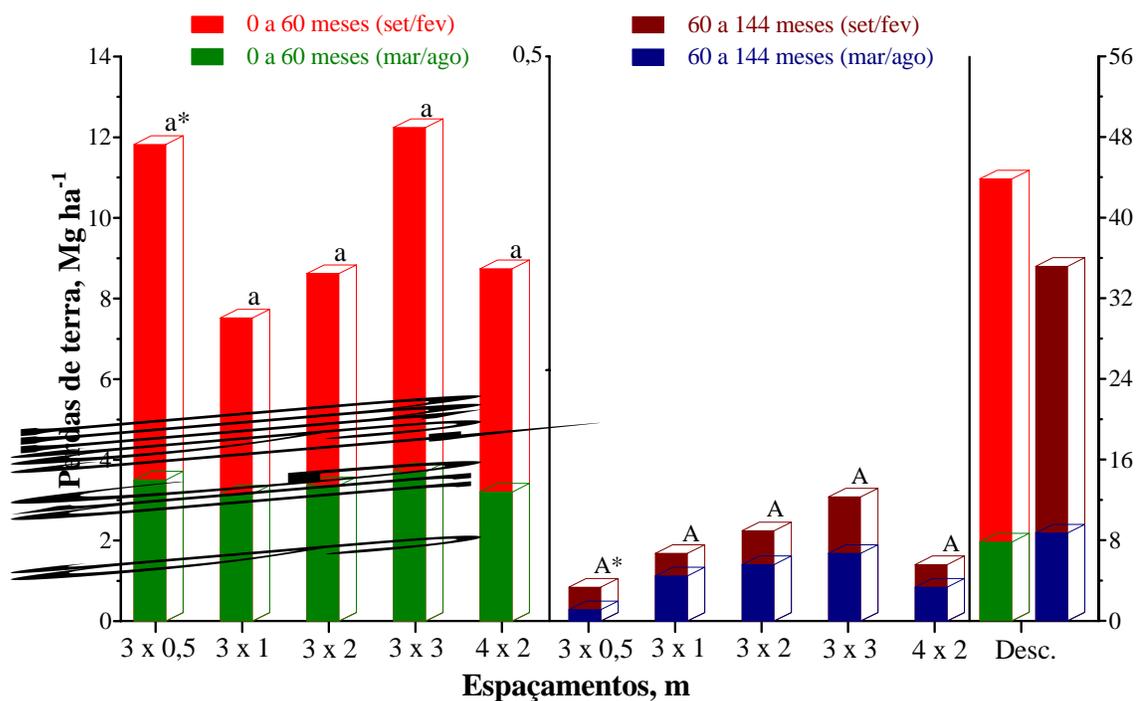
A cultura do cafeeiro, em todos os espaçamentos, reduziu significativamente as perdas de terra em relação ao solo descoberto, como pode ser observado na Figura 6. Tal cultura, na média de todos os tratamentos, reduziu em 78% as perdas de terra nos primeiros 60 meses, em relação ao ocorrido no solo descoberto. No período compreendido dos 60 aos 144 meses, a redução foi de quase 100%, relacionada ao solo descoberto. A redução acima de 78%, nas perdas de terra nos primeiros 60 meses, é semelhante à apontada por BERTOL et al. (1989) que estudaram métodos de preparo do solo com e sem cobertura. Esses autores encontraram uma diminuição de 89% nas perdas de terra devido à presença de 60% de cobertura em solos com crostas superficiais. Já em solo recém-preparado e mesma cobertura, BERTOL et al. (1987) encontraram redução de 82% nas perdas de terra pela presença de cobertura nos diversos preparos. Essa redução nas perdas de terra nos cafeeiros pode ser explicada pela ação dos resíduos culturais (arruação/esparramação) e da própria cultura na proteção da superfície do solo contra a desagregação devida à energia de impacto das gotas da chuva (WISCHMEIER, 1973; SINGER et al., 1981); pela elevação da capacidade de armazenamento superficial de água (LATTANZI et al., 1974); pela redução da velocidade da enxurrada (LOPES et al., 1987); pelo aumento da infiltração da água e diminuição das perdas de terra e água (BERTOL et al., 1987; LOPES et al., 1987). Ratifica-se que o principal agente erosivo da erosão hídrica é o impacto direto das gotas da chuva, por meio de sua energia cinética (WISCHMEIER, 1973; SINGER et al., 1981). Dessa forma, uma vez enfraquecido esse agente pela cobertura do solo, as perdas de terra são reduzidas, independentemente da condição física em que se encontra a superfície. Contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos com diferentes espaçamentos em cafeeiro nos primeiros 60 meses e tão pouco no período dos 60 a 144 meses. Um dos fatores que influenciou fortemente para esse resultado foram as altas variações nas perdas de terra ocorridas durante os anos de observação, tendo em vista também a variação da erosividade de ano para ano, o que, conseqüentemente, afeta as

perdas de terra. Para os primeiros 60 meses, o comportamento foi semelhante ao ocorrido no café recepado (Figura 11), onde, porém as perdas médias foram inferiores, devido à estabilização da superfície do solo.

As perdas médias de todos os tratamentos, nos primeiros 60 meses, foi cerca de $9,8 \text{ Mg ha}^{-1}$. Vale ressaltar que esse valor é mais que o dobro do limite de tolerância estabelecido para esse solo, de $4,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, segundo LOMBARDI NETO e BERTONI (1975). Mostra-se assim a necessidade de manejos complementares para reduzir as perdas abaixo desse limite. Esse valor observado é superior ao encontrado por LOMBARDI NETO et al. (1976a), em um Latossolo Vermelho de Ribeirão Preto, que foi de $1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$. Isso demonstra que aquele solo é bem mais resistente à erosão hídrica do que o do presente estudo, ou seja, necessita de menos cuidados para manter a erosão hídrica dentro de patamares sustentáveis.

Na Venezuela, em um declive de $0,37 \text{ m m}^{-1}$ e espaçamento de 1,6 e 1,2 m na entrelinha e linha, respectivamente, ARELANO G. (2000) indicou perdas de terra da ordem de $0,31 \text{ Mg ha}^{-1}$, em cafeeiros com quatro anos de idade. Tais perdas são muito baixas considerando-se o alto declive da área em estudo e em comparação com os dados obtidos por A. Gómez em 1972, em condições similares, como citado pela autora. Demonstra-se, assim que, quanto mais próximos os cafeeiros são plantados na entrelinha e na linha, mais rápida será a cobertura total do solo e menor será o período crítico com relação às perdas de terra e água.

Outro fato observado é que as perdas de terra reduziram-se ainda mais após os 60 meses (Figuras 6 e 7), apresentando valores menores que $0,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, ou seja, inferior ao limite de tolerância desse solo. Isso ocorre devido à proteção eficiente proporcionada pelo cafeeiro que, após os 60 meses, já atingiu o pleno desenvolvimento e a cobertura de praticamente toda a superfície do solo.



* - colunas seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15)

Figura 6: Perdas médias anuais de terra em cafeeiro com cinco espaçamentos e perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972.

Na Figura 7 (anexo 5) são apresentadas as perdas acumuladas de terra sendo possível observar que os primeiros 60 meses após o plantio dos cafeeiros são os mais críticos em relação à erosão hídrica, concordando com LOMBARDI NETO et al. (1976a) que também encontraram tal comportamento efeeiros são os

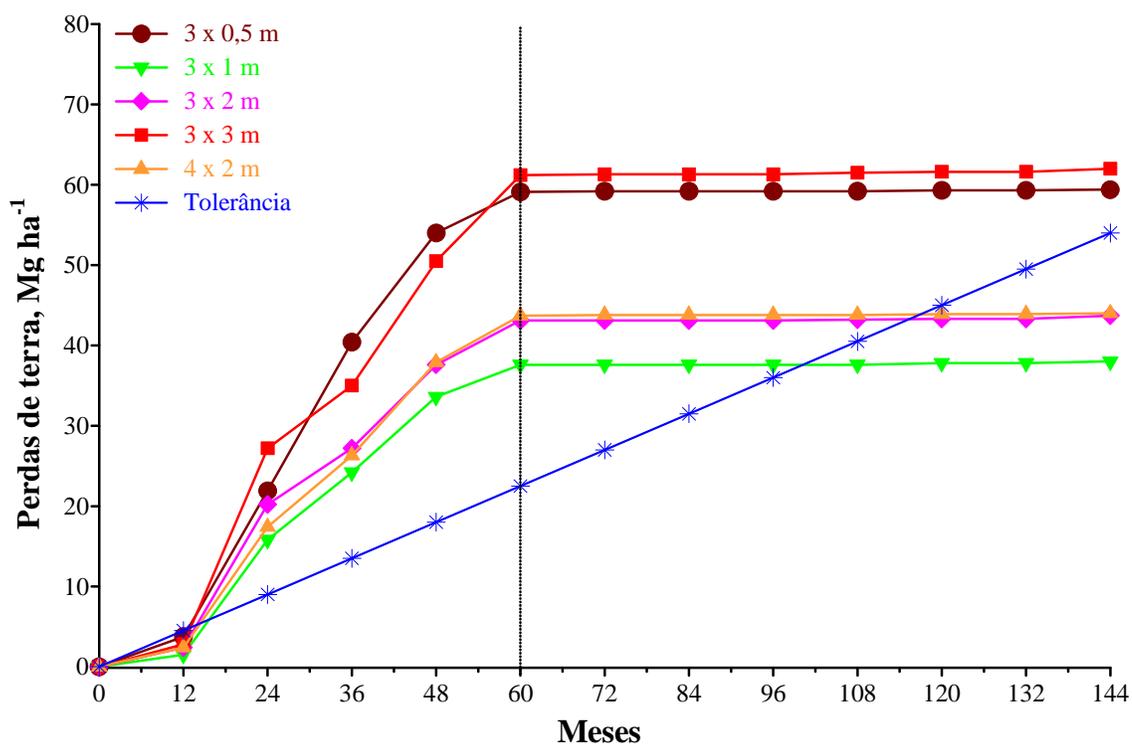


Figura 7: Perdas acumuladas de terra em café em diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972.

A Figura 8 apresenta as perdas totais anuais de terra durante os primeiros 60 meses de implantação dos tratamentos, considerado o período crítico. É possível observar que os tratamentos perderam terra além do limite de tolerância, que é de $4,5 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Portanto, é necessária a utilização de alguma prática ou manejo conservacionista complementar além da redução de espaçamento, com o objetivo de reduzir as perdas de terra para aquém do limite de tolerância para esse solo. Se as perdas forem altas nesse período podem comprometer o rendimento do café no restante dos anos ou então exigindo altos gastos com adubação.

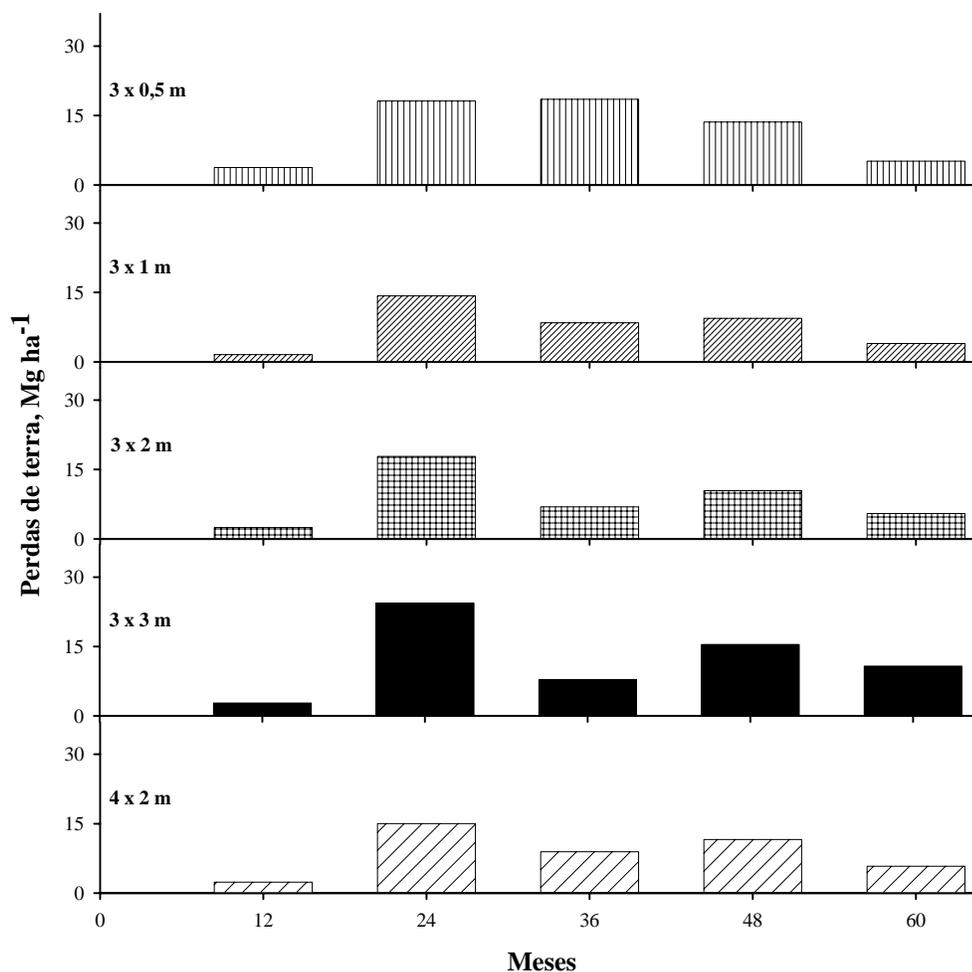


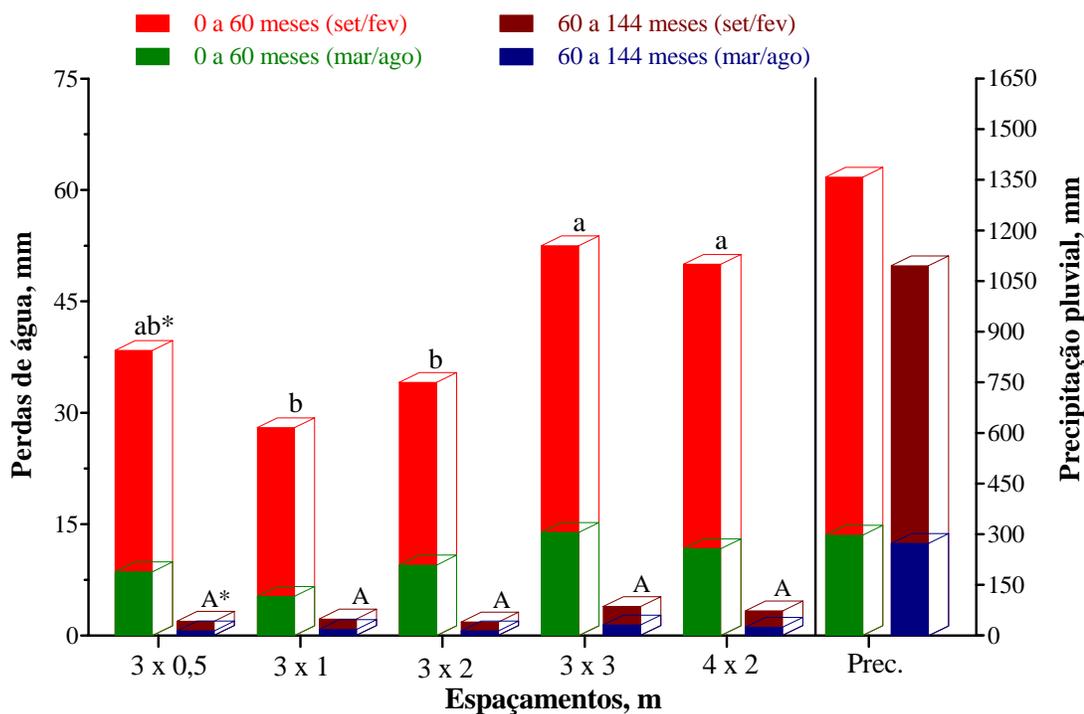
Figura 8: Perdas totais anuais de terra em cafeeiro nos diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1965 (período crítico).

As perdas médias anuais de água por enxurrada e também a precipitação pluvial são apresentadas na Figura 9. Nota-se que, nos primeiros 60 meses, no semestre de setembro a fevereiro, na média de todos os tratamentos, ocorreram 76% das perdas anuais de água, sendo que o percentual restante de 24% ocorreu no semestre de março a agosto. Conclui-se, então, que as perdas de água são mais concentradas no semestre de setembro a fevereiro que as perdas de terra, nos 60 meses iniciais.

Distintamente das perdas de terra, diferenças significativas entre os tratamentos, com relação às perdas de água, ocorreram nos primeiros 60 meses. As maiores perdas foram observadas nos espaçamentos 3 x 3 m (4%), 4 x 2 m (4%) e 3 x 0,5 m (3%), ou seja, nos tratamentos com maior espaçamento na linha e na entrelinha e menor espaçamento na linha, respectivamente. Isso ocorre porque as plantas de cafeeiro levam mais tempo para recobrir o solo totalmente, pois cada planta tem uma área maior para desenvolvimento e conseqüente proteção (9 e 8 m², respectivamente). Os espaçamentos de 3 x 3 m e 4 x 2 m diferiram estatisticamente do 3 x 1 m e do 3 x 2 m. Esses dados discordam parcialmente dos encontrados por LOMBARDI NETO et al. (1976a), em Latossolo Vermelho, onde as maiores perdas de água ocorreram no espaçamento 3 x 0,5 m.

As menores perdas de água nos primeiros 60 meses foram apontadas nos espaçamentos 3 x 1 m e 3 x 2 m, porém, não diferiram estatisticamente das do 3 x 0,5 m. Com relação à precipitação pluvial, nesse período, os tratamentos 3 x 1 m e 3 x 2 m perderam apenas 2 e 3%, respectivamente, do volume de água que precipitou sobre o solo.

No período dos 60 aos 144 meses, as perdas de água foram reduzidas ainda mais, chegando a níveis insignificantes (Figura 9 e 10). Parte dessa diminuição deriva da interceptação da água da chuva, a qual é a quantidade de água que é diretamente retida e evaporada pela superfície da vegetação, pela cultura do cafeeiro. HAGEDORN (1995), no México, constatou que os cafeeiros cultivados com sombra densa interceptaram 21% da chuva, cafeeiros com pouca sombra 14% e cafeeiros sem sombra 12%. Ou seja, boa parte da precipitação não atinge a superfície do solo, e o restante tem condições favoráveis para infiltrar, por isso, reduz-se sua perda pela enxurrada. Nesse período, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Com relação à distribuição anual das perdas, nesse período, no semestre de setembro a fevereiro ocorreram 66% das perdas e no semestre de março a agosto, 34%, o contrário do ocorrido nas perdas de terra.



* - colunas seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15)

Figura 9: Perdas médias anuais de água em cafeeiro em cinco espaçamentos e precipitação pluvial média anual em Pindorama, SP, durante julho de 1960 a junho de 1972.

A Figura 10 apresenta as perdas de água acumuladas nos 144 meses (anexo 6), podendo ser observado com maior nitidez as perdas mais elevadas dos espaçamentos 3 x 3 m e 4 x 2 m, conforme já visto na Figura 9.

Da mesma maneira que o analisado para as perdas de terra, para as perdas de água, o período mais crítico é aquele que compreende os primeiros 60 meses após o plantio. Isso já era esperado, visto que os sedimentos são transportados pela água das enxurradas. Após esse período, os cafeeiros já apresentam uma boa cobertura vegetal própria, tornando as perdas de água desprezíveis (menos que 1% da precipitação), o que em consequência também reduz as perdas de terra. Essa diminuição tão drástica não foi encontrada por LOMBARDI NETO et al. (1976a) em Latossolo Vermelho, porém os valores lá apontados já eram menores que os determinados neste estudo.

As maiores perdas de água acumulada ocorreram nos espaçamentos 3 x 3 m e 4 x 2 m, estando em nível intermediário os tratamentos 3 x 0,5 m e 3 x 2 m. Já o 3 x 1 m apresentou as menores perdas acumuladas. O comportamento geral foi semelhante ao ocorrido nas perdas acumuladas de terra (Figura 7).

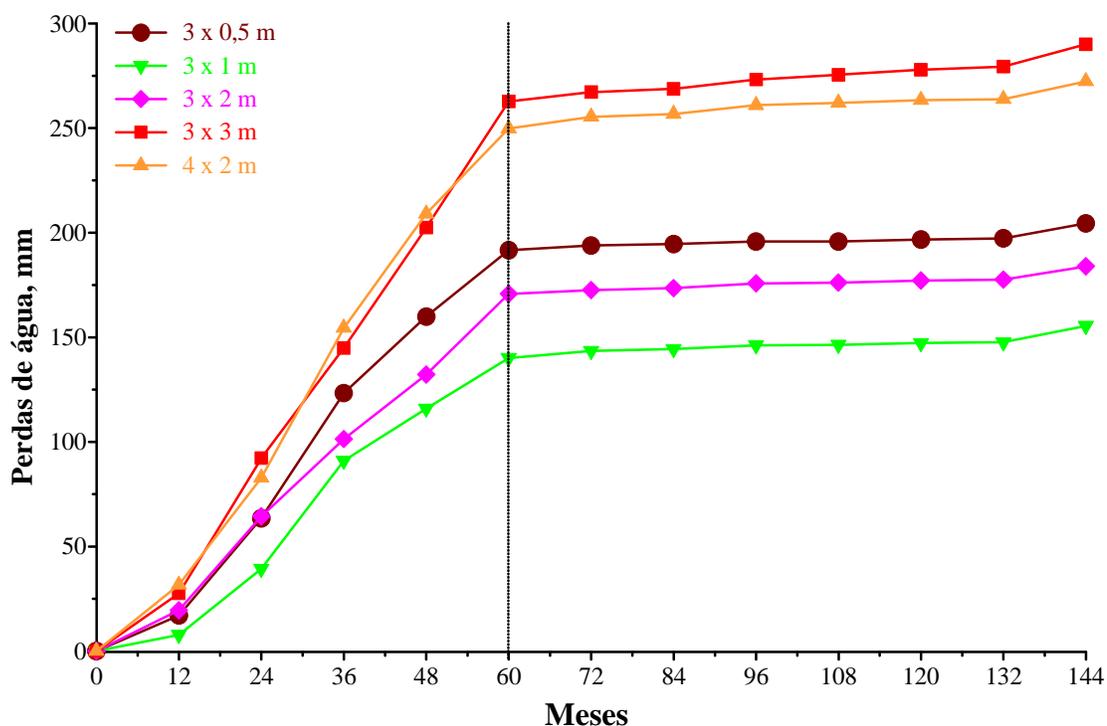


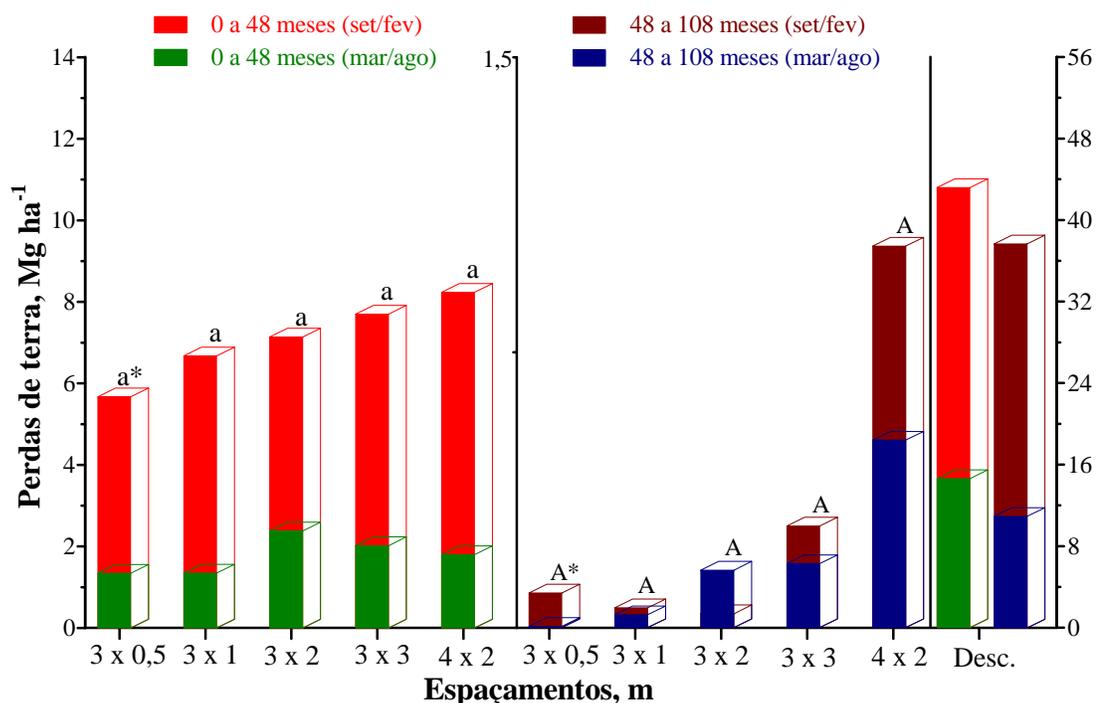
Figura 10: Perdas acumuladas de água em cafeeiro com diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972.

As perdas médias anuais de terra em cafeeiro recepado (12 anos de idade) estão demonstradas na Figura 11, na qual pode ser observado que não houve influência significativa dos espaçamentos sobre as perdas de terra nos primeiros 48 meses de idade. Esse resultado é igual ao encontrado para o cafeeiro antes da recepa (Figura 6).

As perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto foram altas, ficando próximas a 40 Mg ha^{-1} no período de 108 meses. A maior parte ocorreu no semestre de setembro a fevereiro, tanto nos primeiros 48 meses (66%) como após (71%), conforme esperado, por causa das precipitações e erosividade mais elevadas nesse período.

A cultura do cafeeiro teve uma redução drástica nas perdas de terra em relação ao solo descoberto. Entretanto, foram superiores, nos 60 meses iniciais, ao limite de tolerância estabelecido por LOMBARDI NETO e BERTONI (1975). Essa redução, nos cafeeiros recepados em diversos espaçamentos, foi da ordem de 86%, nos primeiros 48 meses, cerca de 9% superior que no café sem recepa no período crítico (78%), pois neste houve revolvimento do solo para plantio e instalação dos tratamentos. Isso não ocorreu quando o café foi recepado e, além disso, os tratamentos já estavam plenamente instalados e protegendo a superfície do solo. Nota-se a importância de adotar, no planejamento conservacionista, práticas complementares para manter as perdas de terra abaixo do limite tolerado, além da diminuição do espaçamento, especialmente em solos de textura arenosa. As perdas encontradas neste trabalho foram maiores que as relatadas por ARELLANO G. (2000), na Venezuela, em cafeeiro de quatro anos, com espaçamento de 1,6 x 1,2 m na entrelinha e na linha, em declive de 0,37 m m⁻¹ (0,31 Mg ha⁻¹). Tal fato pode ser explicado devido à maior proteção que os cafeeiros proporcionam ao solo, visto que o espaçamento entrelinhas é aproximadamente 50% menor que o utilizado no presente estudo. Percebe-se que neste estágio, no semestre de setembro a fevereiro, houve 76% das perdas de terra.

No período compreendido dos 48 aos 108 meses, houve diferença estatística, destacando que as mais elevadas perdas ocorreram no espaçamento 4 x 2 m. Houve, nesse tratamento, uma redução de 84% nas perdas de terra e 87% nos demais, em relação ao solo descoberto. Porém, tal observação não é relevante pelo fato das perdas já serem baixas nesse período - menores que 2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ - de acordo com a Figura 9. Nesse estágio, no semestre de setembro a fevereiro, concentraram-se 55% das perdas de terra contra os 45% no intervalo de março a agosto.



* - colunas seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15)

Figura 11: Perdas médias anuais de terra em cafeeiro recepado em cinco espaçamentos e perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto em Pindorama, SP, entre setembro de 1972 e agosto de 1981.

A Figura 12 (anexo 7) apresenta as perdas de terra acumuladas durante 108 meses, em cafeeiro recepado, podendo-se notar claramente que não houve diferença entre os tratamentos nos primeiros 48 meses, e aquela apontada para o espaçamento 4 x 2 m dos 48 aos 108 meses.

Observa-se que o período crítico, com relação às perdas de terra no cafeeiro recepado, é representado pelos 48 meses iniciais, diferentemente do café antes da recepa, no qual o período perdura até os 60 meses. Isto ocorre devido ao crescimento mais acelerado dos cafeeiros, visto que os troncos e sistema radicular já são mais vigorosos que no café plantado recentemente, além da superfície do solo estar mais estabilizada. Assim, nos planejamentos conservacionistas, há inerente necessidade de adoção de práticas e manejos que priorizem o controle da erosão hídrica nos 48 meses iniciais após a recepa do cafeeiro adulto, para manter a sustentabilidade da atividade.

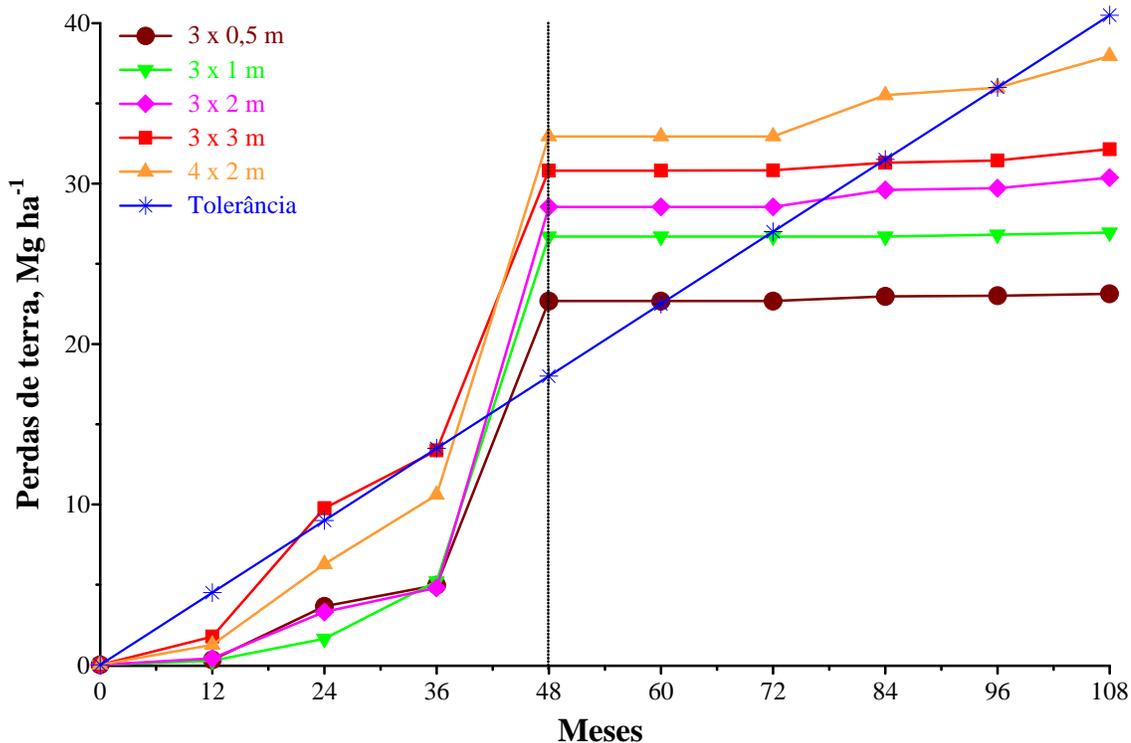


Figura 12: Perdas acumuladas de terra em cafeeiro recepado com diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981.

Na Figura 13 estão demonstradas as perdas totais anuais de terra ocorridas durante o período crítico do cafeeiro recepado, sendo possível observar que as perdas em muitos anos ficaram acima do limite de tolerância. Necessita-se indubitavelmente de manejos conservacionistas complementares para reduzir as perdas a níveis abaixo do tolerado por esse solo, com o objetivo de manter a sustentabilidade da atividade agrícola.

As perdas de água no cafeeiro recepado, nos primeiros 48 meses, não diferiram significativamente entre si nos espaçamentos utilizados (Figura 14). Tal observação divergiu dos encontrados no café não recepado, o qual apresentou diferenças substanciais entre os tratamentos (Figura 9). Essas perdas são baixas em todos os tratamentos (em média 3%), considerando uma precipitação pluvial média de aproximadamente 1.300 mm.

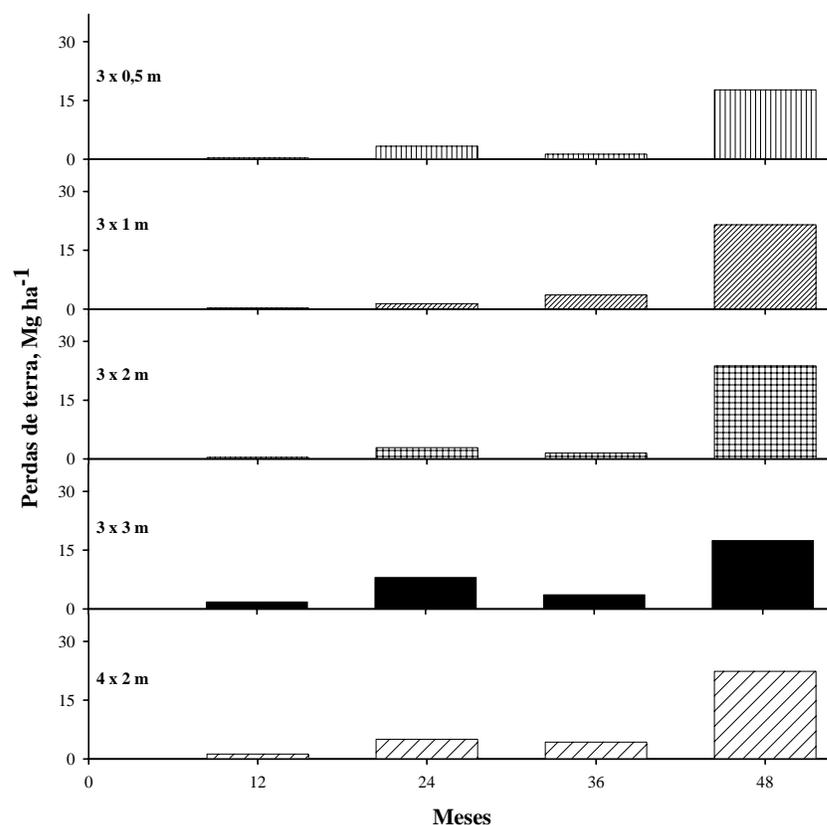


Figura 13: Perdas totais anuais de terra em cafeeiro recepado com diversos espaçamentos em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1976.

As perdas médias gerais foram 38% inferiores às encontradas em café não recepado, para uma precipitação pluvial semelhante (Figura 14). Essas perdas, porém, são em média 50% superiores às apresentadas por BERTONI et al. (1972) nos mesmos tratamentos e no mesmo solo. Tal ocorrência explica-se pela variação climática existente nos períodos avaliados, sendo que também os autores não elucidam por quanto tempo os tratamentos foram avaliados e qual a idade dos cafeeiros.

Nesse estágio, as perdas anuais de água ficaram distribuídas em 59 e 41%, nos semestres constituídos de setembro a fevereiro e de março a agosto, respectivamente.

Com relação às perdas de água dos 48 aos 108 meses, estas foram 345% maiores que as observadas no café não recepado (Figura 9). Tal fato aconteceu devido à

mais elevada precipitação pluvial (1.540 mm) nesse período em relação ao anterior (1.096 mm). Dos 48 aos 108 meses, os tratamentos diferiram entre si significativamente em relação às perdas de água, sendo que as perdas mais expressivas foram notadas nos espaçamentos 4 x 2 m, 3 x 2 m e 3 x 3 m, destacando que o tratamento 4 x 2 m diferiu do espaçamento 3 x 1 m e 3 x 0,5 m. O espaçamento 4 x 2 m é justamente o que apresenta maior espaçamento entrelinhas, demonstrando que nesse espaçamento os cafeeiros não conseguem recobrir todo o solo e, quando a precipitação é muito elevada, podem ocorrer perdas de água mais altas que em espaçamentos menores nas entrelinhas e linhas. Isso se confirma conforme demonstrado na Figura 14, na qual as menores perdas de água nessa fase ocorreram nos espaçamentos 3 x 0,5 m e 3 x 1 m, onde o espaçamento entrelinha é 1 m menor que no 4 x 2 m, 1,5 e 1 m menores na linha, respectivamente.

No estágio dos 48 aos 108 meses, 86% das perdas de água ocorreram no semestre de setembro e fevereiro, e apenas 14% no outro semestre, comprovando mais uma vez que é preciso primordial cuidado com a manutenção da cobertura do solo especialmente no semestre de setembro a fevereiro.

O período mais crítico com relação às perdas de água em cafeeiro recepado, em função dos espaçamentos, perdura durante os 48 meses iniciais após a recepa, conforme observado na Figura 15 (anexo 8). Tal período é igual ao apresentado para as perdas de terra (Figura 12), porém, é 12 meses inferior que no café não recepado, pois naquelas condições o desenvolvimento torna-se mais lento, além de sofrer a influência das práticas de instalação dos cafeeiros e das parcelas experimentais.

Após os 48 meses, as perdas de água não se estabilizaram conforme ocorreu com o café não recepado (Figura 10). Isso se deve, como já mencionado, à maior precipitação no período do café recepado.

As perdas acumuladas de água mais relevantes foram registradas no espaçamento 4 x 2 m, cujo espaçamento entrelinhas é o maior dentre os tratamentos. Os espaçamentos 3 x 3 m e 3 x 2 m apresentaram perdas acumuladas em nível intermediário, sendo que os tratamentos 3 x 1 m e 3 x 0,5 m destacaram as perdas totais de água menos expressivas. Esses dois últimos são os que apresentaram os menores espaçamentos nas linhas, ou seja, apresentam rápida cobertura da superfície do solo, além da possível maior interceptação das chuvas.

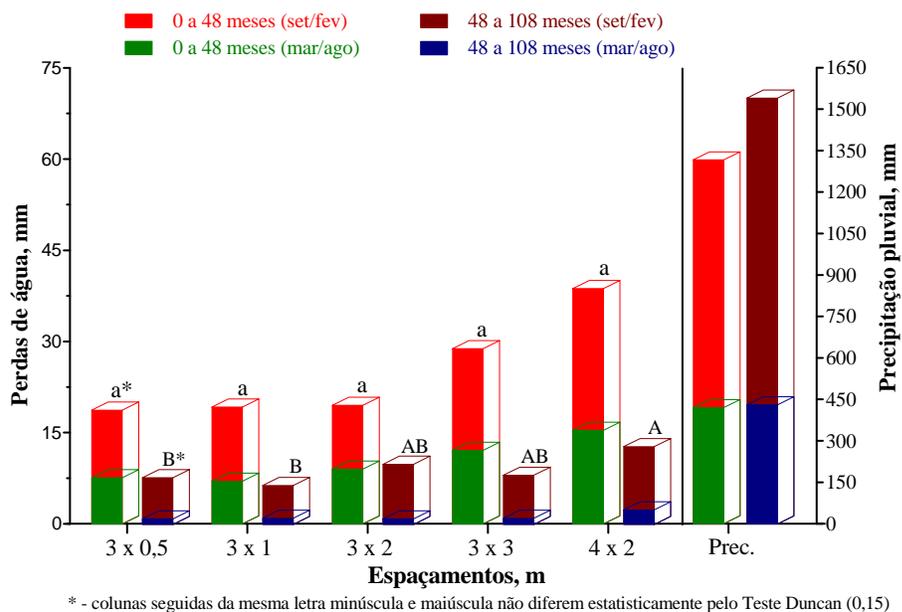


Figura 14: Perdas médias anuais de água em cafeeiro recepado com cinco espaçamentos e precipitação pluvial média anual para Pindorama, SP, durante setembro de 1972 a agosto de 1981.

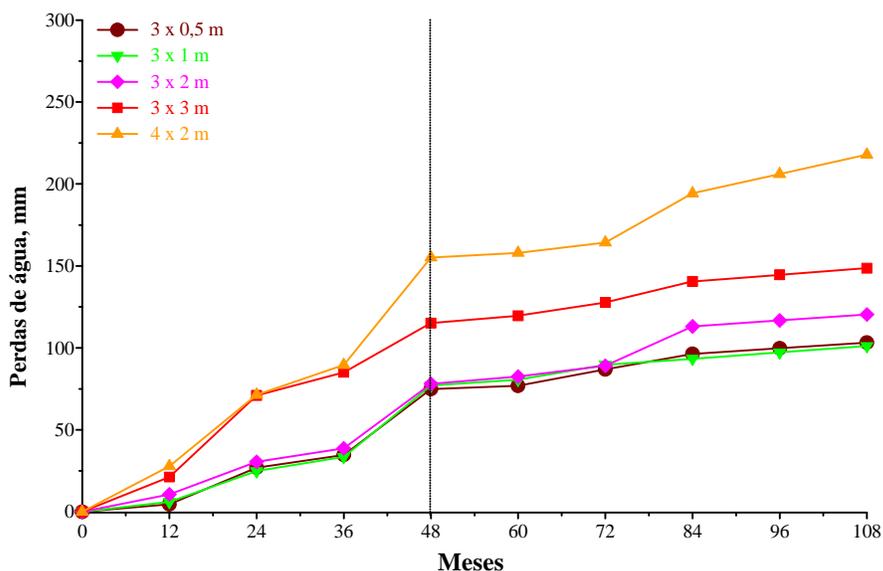


Figura 15: Perdas acumuladas de água em cafeeiro recepado com cinco espaçamentos em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981.

4.2.1. Efeito do manejo das invasoras nas entrelinhas

As perdas de terra anuais de $43,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ estimadas para o solo descoberto, nos primeiros 60 meses, foram superadas em, aproximadamente, $14,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ no cafeeiro com cultivo mecânico ($57,9 \text{ Mg ha}^{-1}$), mais que dez vezes o limite de tolerância de perdas de solo proposto por LOMBARDI NETO e BERTONI (1975) (Figura 16). Isso comprova que o revolvimento da superfície do solo é prejudicial em relação à erosão, pois causa desagregação das partículas, o que facilita sua ocorrência. Esse valor é bem próximo ao apresentado por Morgan e Finney (1982) citados por MORGAN (2001), na Tanzânia, em solo argiloso siltoso, para cafeeiros onde as entrelinhas permaneciam sem cultivo e resíduos, que foi de $43 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Porém, se comparado a outra cultura perene, como citros, só que em Taiwan, com solo e manejo semelhante, essas perdas são consideradas baixas, pois os autores observaram perdas médias anuais de $156,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ nos citros com entrelinha descoberta. Já LOMBARDI NETO et al. (1976a) indicaram perdas, ao ano, de apenas $0,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ para o cultivo mecânico nos primeiros 60 meses. Tal fato deve-se às diferentes condições climáticas e pedológicas.

As perdas médias anuais, nos vários manejos das invasoras nas entrelinhas, variaram substancialmente entre si nos primeiros 60 meses. Nesse sentido, as maiores perdas foram registradas no cultivo mecânico (Figura 16), não perfazendo um manejo adequado e recomendado. O manejo inadequado é capaz de diminuir o potencial produtivo do solo e constitui uma grande ameaça para a sustentabilidade agrícola e qualidade do ambiente (LAL, 1989b; REICOSKY et al., 1995). Sabe-se que o solo é o maior dreno para os gases, e, caso manejado apropriadamente, pode favorecer o equilíbrio de dióxido de carbono, que é importante na manutenção do clima; mas, se mal manejado, afeta os seres vivos pela poluição do ar, da água e pela baixa produção de alimentos. Esses dados do presente estudo concordam com os apresentados por BERTONI et al. (1972), que observaram, para manejo das invasoras em cafeeiro, maiores perdas médias anuais de terra quando do uso de cultivo mecânico nas entrelinhas seguido pelo cultivo com emprego de herbicidas.

Mostraram-se em um nível intermediário, o cultivo com herbicidas, sem arruação, grade de disco, adubação verde anual e alternância de capinas; apenas o cultivo com herbicidas diferiu do acolchoamento alternado com palha de capim e da cobertura de palha de capim com adubação reduzida. O cultivo com herbicida diminuiu as perdas de terra em apenas 30%, se comparado ao solo descoberto, sendo que os demais reduziram-na em 81%. Morgan e Finney (1982) citados por MORGAN (2001), apontaram perdas anuais de terra da ordem de 4 Mg ha^{-1} , na Tanzânia, para cafeeiros com cultura de cobertura nas entrelinhas (adubação verde anual). Assim, o valor observado neste estudo, para os primeiros 60 meses, é igual ao encontrado por estes autores.

As maiores perdas de terra no cultivo mecânico justificam-se pelo revolvimento intenso da superfície do solo. Isso causa desagregação, o que facilita a remoção das partículas juntamente com a água da enxurrada, além de diminuir a porosidade e continuidade dos poros, gerando, como conseqüência, aumento do escoamento superficial devido à infiltração reduzida. As elevadas perdas no cultivo com herbicidas são explicadas pela ausência de vegetação recobrindo o solo, visto que seu uso contínuo diminui o banco de sementes. Assim, o solo permanece descoberto, ficando à mercê da ação erosiva das gotas da chuva, o que ocasiona altas perdas pela erosão hídrica.

As perdas do cultivo mecânico foram 87% superiores às perdas médias dos espaçamentos distintos. O cultivo com herbicida, por sua vez, apresentou perdas 73% mais elevadas. Já os tratamentos sem arruação, grade de discos, adubação verde anual e alternância de capinas demonstraram perdas 39% mais altas que a perda média dos tratamentos com espaçamentos. A perda média geral de todos os tratamentos com manejo do mato nas entrelinhas foi de $17,3 \text{ Mg ha}^{-1}$, nos primeiros 60 meses, sendo 77% superior à média dos tratamentos com diversos espaçamentos no mesmo período e local, que foi de $9,8 \text{ Mg ha}^{-1}$. Os únicos tratamentos que não contribuíram para tal fato foram acolchoamento alternado com palha de capim, cobertura de palha de capim com adubação reduzida, adubação verde anual e alternância de capinas. Isso só vem comprovar que a diminuição dos espaçamentos nas linhas e entrelinhas dos cafeeiros é altamente eficiente no controle da erosão no período mais crítico, juntamente com as

práticas conservacionistas que revolvem minimamente a superfície do solo e o deixa mais protegido contra os agentes erosivos.

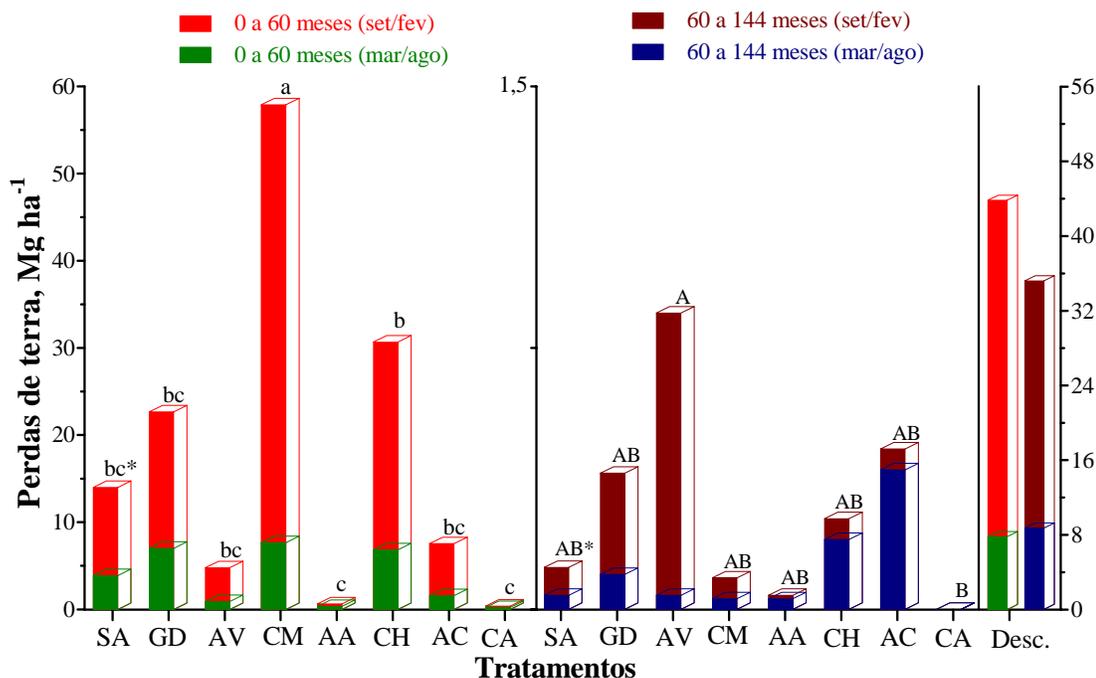
No período correspondente dos 60 aos 144 meses, essas perdas foram ainda maiores em percentagem, em relação aos tratamentos com espaçamentos diferenciados, chegando a 300%, mas mesmo assim, tais perdas aqui encontradas podem ser consideradas baixas (menores que $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

As insignificantes perdas ocorridas no acolchoamento alternado com palha de capim ($0,28 \text{ Mg ha}^{-1}$) e cobertura de palha de capim com adubação reduzida ($0,16 \text{ Mg ha}^{-1}$) (Figura 16) são resultantes da cobertura com palha de capim utilizadas nas entrelinhas dos cafeeiros. Isto demonstra que a manutenção da cobertura da superfície do solo é vital para o controle das perdas de terra por erosão. Tal fato ocorre pela proteção que a cobertura proporciona, pois ela dissipa a energia cinética das gotas da chuva, impedindo a desagregação e selamento superficial que diminuiria a infiltração e aumentaria o volume de enxurrada e a quantidade de sedimentos arrastados. Além disso, a palha de capim reduz a velocidade de escoamento, não potencializando a capacidade de transporte de sedimentos pela enxurrada e sendo capaz de expandir o intervalo de tempo que a água possui para infiltrar devido aos microrrelevos e ou anteparos criados. AWATRAMANI (1974) já havia exaltado as vantagens da cobertura morta na proteção contra o encrostamento superficial quando

Os dados encontrados no presente estudo são semelhantes aos encontrados na Costa Rica em plantações com cafeeiro. Naquelas condições, Sancho (1991), citado por VEIHE et al. (2001), observou perdas de terra anuais que variaram de 2 a 42 Mg ha⁻¹, dependendo da prática de controle das invasoras. Já na Venezuela, ATAROFF e MONASTÉRIO (1997) encontraram perdas médias de 5 Mg ha⁻¹, nos primeiros 2 anos, para cafeeiros cultivados em pleno sol em declives de 0,31 m m⁻¹. Também na Venezuela, ARELLANO G. (2000) registrou perdas de 0,31 Mg ha⁻¹ em cafeeiros ao sol, em declives de 0,37 m m⁻¹ e 4 anos de idade, 0,38 Mg ha⁻¹ em cafeeiros com sombreamento (0,42 m m⁻¹ de declive e 13 anos de idade) e 1,04 Mg ha⁻¹ em cafeeiro em consórcio com plantas frutíferas, em declive de 0,38 m m⁻¹ e 6 anos de idade. Nota-se grande variação nas perdas de terra, provavelmente devido aos diferentes regimes pluviométricos, manejos, espaçamentos, cultivares e idades dos cafeeiros.

No período dos 60 aos 144 meses, o tratamento adubação verde anual apresentou as maiores perdas de terra, demonstrando ser significativamente diferente do cultivo com cobertura de palha de capim com adubação reduzida, como pode ser observado na Figura 16. Porém, as perdas em todos os tratamentos foram fortemente diminuídas após os 60 meses de implantação dos cafeeiros (Figuras 16 e 17).

Em todos os tratamentos, dos 60 aos 144 meses houve, em média, uma queda de 99% nas perdas de terra, em comparação ao solo descoberto. Assim, observa-se que se devem usar manejos que mantenham a cobertura do solo, pois controlam as perdas de terra. Vários autores assinalam que as plantações de cafeeiro, combinado com espécies de sombra, árvores frutíferas e com cultivos de cobertura (pastagens e leguminosas) e a utilização de práticas e manejos conservacionistas, permitem a conservação da água e controle da erosão em terras de declives acentuados, além de melhorar algumas características físicas e químicas do solo, o que caracteriza os cultivos essencialmente conservacionistas (LAL, 1989b; RIVERA e GÓMEZ, 1992; FASSBENDER, 1993; ANECKSAMPHANT et al., 1995; CRASWELL et al., 1997).



* - colunas seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15)

Figura 16: Perdas médias anuais de terra em cafeeiro com diversos manejos das invasoras e perdas médias anuais estimadas para o solo descoberto em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

O período considerado crítico, com relação às perdas de terra nos cafeeiros com manejos diferenciados das invasoras nas entrelinhas, são os primeiros 60 meses após o plantio dos cafeeiros, conforme se observa na Figura 17 (anexo 5). Esse comportamento é igual ao encontrado para o cafeeiro não recepado com diversos espaçamentos. A mesma constatação foi verificada por LOMBARDI NETO et al. (1976a) em um Latossolo Vermelho com os mesmos tratamentos em Ribeirão Preto. Porém, para o acolchoamento alternado com palha de capim e cobertura de palha de capim com adubação reduzida (Figura 17), nota-se que não há período crítico evidente, porque as perdas de terra foram baixas e constantes, desde o primeiro ano de instalação,

demonstrando, assim, alta eficiência da cobertura morta ("mulching") no controle das perdas de terra.

Por meio das perdas acumuladas é possível visualizar com mais clareza quais tratamentos são ou não eficientes. O cultivo mecânico, por exemplo, demonstrou menor eficiência no controle das perdas de terra.

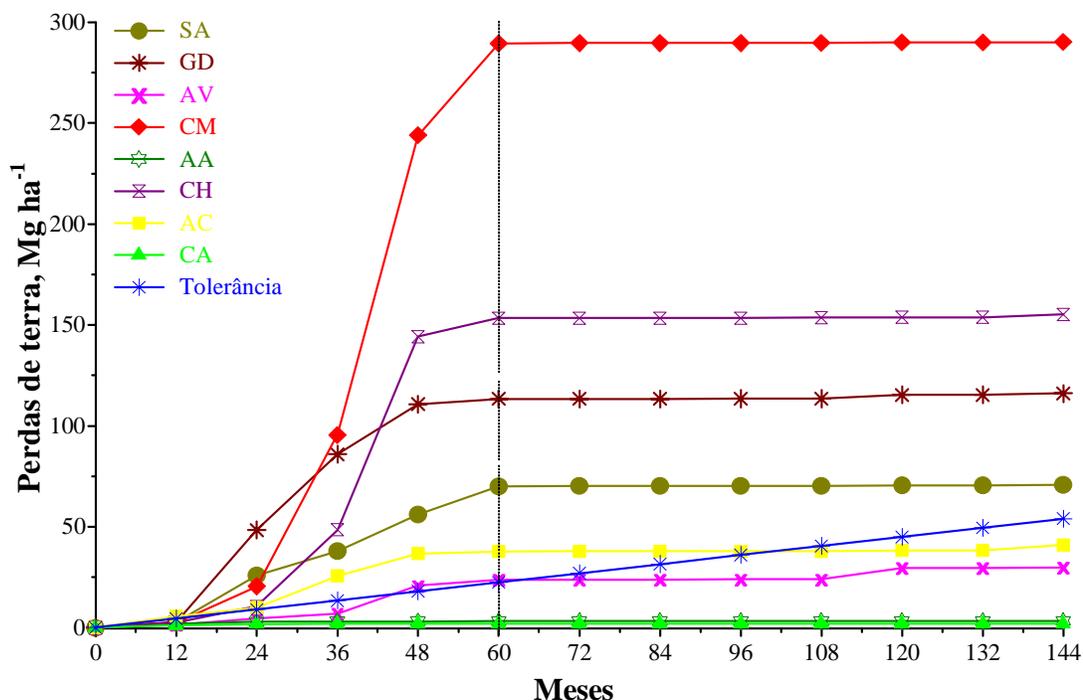


Figura 17: Perdas acumuladas de terra em cafeeiro com diversos manejos das invasoras no município de Pindorama, SP, entre julho de 1960 e junho de 1972. SA: sem aruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

Na Figura 18 é possível observar que a maioria dos tratamentos no período crítico de 60 meses apresentou perdas anuais de terra muito além do limite de tolerância para esse solo. Faz-se necessário intensificar o uso de manejos essencialmente conservacionistas e que priorizem a manutenção de palha na superfície do solo.

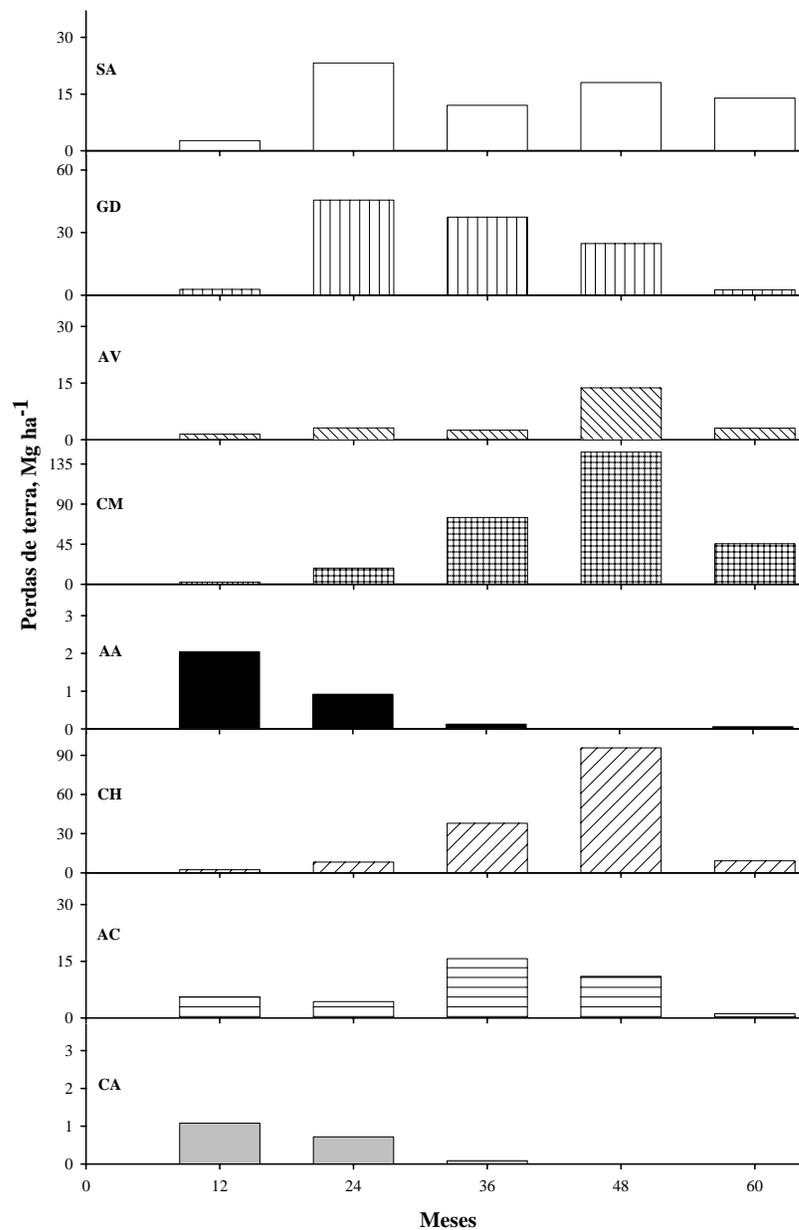


Figura 18: Perdas totais anuais de terra em cafeeiro com diversos manejos das invasoras em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1965. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

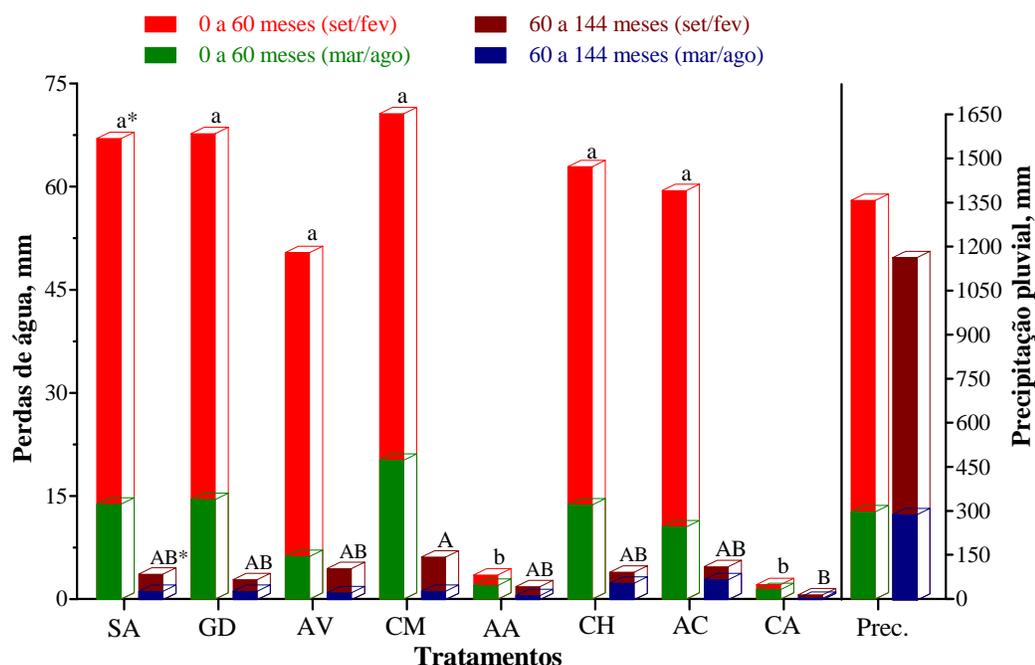
As perdas de água foram mais uniformes entre os tratamentos (Figura 19) do que as perdas de terra (Figura 16). Isso denota que certos tratamentos são eficientes no controle das perdas de terra, mas nem tanto com relação às perdas de água. Calculando-se a média de todos os tratamentos, com exceção do acolchoamento alternado com palha de capim e cobertura de palha de capim com adubação reduzida, essa foi superior em 22,4 mm à obtida para os tratamentos nos quais variaram os espaçamentos no mesmo período (40,6 mm), que corresponde aos primeiros 60 meses. Não foram encontradas perdas superiores de água no cultivo mecânico, como aconteceu com as perdas de terra, o que significa que a concentração de sedimentos na enxurrada foi maior que nos outros tratamentos, visto que as perdas de água foram semelhantes. Esses dados discordam dos verificados por Morgan e Finney (1982) citados por MORGAN (2001), pois tais autores observaram perdas diferenciadas de água quando da utilização de plantas de cobertura, havendo uma redução de aproximadamente 50% nas perdas de água em relação ao café com solo descoberto, que aqui se equivale ao cultivo mecânico. Porém, essas diferenças podem ser explicadas levando-se em conta a espécie de cobertura que foi utilizada, o período do ano que ficou protegendo o solo, pois no presente estudo foi uma leguminosa de rápida decomposição, o que faz com que grande parte do ano a superfície do solo permaneça desprotegida contra a ação das chuvas. Esses dados também são discordantes dos relatados por BERTONI et al. (1972), que encontraram para o cultivo mecânico perdas anuais de água 30% superiores as observadas no cultivo com herbicidas e acima de 48% com relação aos demais tratamentos.

Os únicos manejos que apresentaram diferenças significativas no controle das perdas de água foram os com cobertura com palha de capim (acolchoamento alternado com palha de capim e cobertura de palha de capim com adubação reduzida). Em média, esses tratamentos perderam $2,75 \text{ mm ano}^{-1}$, ou seja, não houve perda de água capaz de gerar perdas de terra. Assim, ambos os tratamentos foram os únicos eficientes tanto no controle das perdas de terra, como nas perdas de água. Isso é relevante, pois desse modo toda a água precipitada será retida e armazenada pelo solo, possibilitando às culturas resistirem mais em condições de estiagens curtas. Novamente, Morgan e Finney (1982) citados por MORGAN (2001), constataram, em citros, eficiência de 91% da

cobertura morta nas entrelinhas em relação ao cultivo sem cobertura da superfície, que houve perda de 1.268 mm. Os autores não especificam o declive da área e nem a precipitação pluviométrica anual, porém, ainda é possível distinguir a alta eficiência da cobertura morta.

No período dos 60 aos 144 meses, as perdas de água variaram estatisticamente entre os tratamentos, mas mesmo assim são insignificantes. Em todos os tratamentos, as perdas anuais de água, após os 60 meses, foram diminuídas sensivelmente, apontando valores inferiores a 7 mm.

As perdas médias, nos primeiros 60 meses, nos tratamentos que mais perderam água, foram de 63 mm anuais (Figura 19).



* - colunas seguidas da mesma letra minúscula e maiúscula não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15)

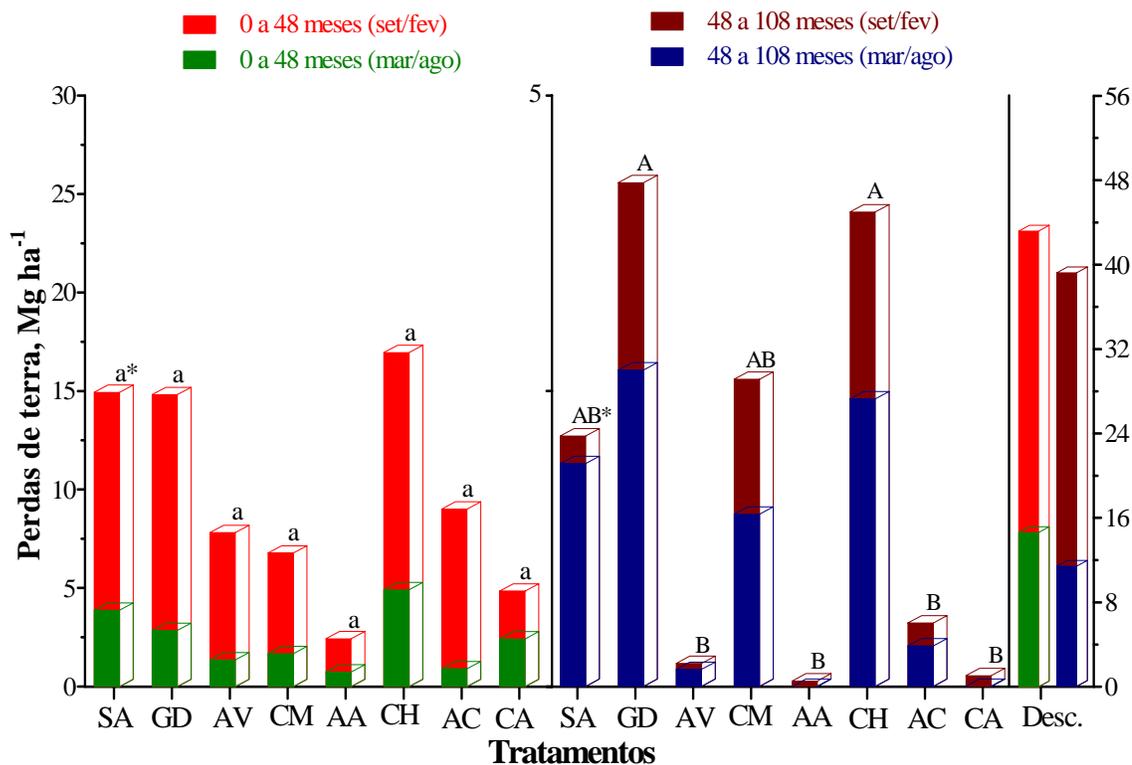
Figura 19: Perdas médias anuais de água em cafeeiro com diversos manejos das invasoras e precipitação pluvial média anual em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

As perdas médias anuais de terra no cafeeiro recepado, nos primeiros 48 meses, concernentes ao manejo das invasoras ($9,7 \text{ Mg ha}^{-1}$), não diferenciaram significativamente entre si, mesmo que os valores absolutos não tenham sido tão próximos (Figura 21).

Em relação ao solo descoberto ($43,5 \text{ Mg ha}^{-1}$), os tratamentos reduziram, em média, 78% as perdas de terra nos primeiros 48 meses, que é o período crítico (Figura 22), demonstrando que o cafeeiro recepado também é eficiente no controle das perdas de terra. Essas perdas são baixas considerando-se as mais de $100 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ apresentadas por HAGEDORN (1996), em cafeeiro não recepado, com manejo intenso e destruição da estrutura do solo. Contudo, elas ficam mais próximas à do cafeeiro com manejo intenso e aplicação de herbicida, que foi de $10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e superior às do cafeeiro com alta quantidade de árvores de sombreamento (inferior a $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Após os 48 meses os tratamentos diferiram estatisticamente, sendo que o cultivo mecânico e o cultivo com herbicidas diferiram dos tratamentos com adubação verde anual, alternância de capinas, acolchoamento alternado com palha de capim e cobertura de palha de capim com adubação reduzida. Destaca-se que o cultivo mecânico e cultivo com herbicidas apresentaram perdas muito próximas ao limite de tolerância para esse solo.

Essa redução proporcionada pelos cafeeiros recepados, nos manejos das invasoras, é semelhante à constatada nos cafeeiros com diversos espaçamentos, nos primeiros 60 meses (78%). Porém, em relação aos espaçamentos no cafeeiro recepado, esse foi, em média, 9% inferior no controle das perdas de terra durante os primeiros 48 meses.



* - colunas seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15)

Figura 21: Perdas médias anuais de terra em cafeeiro recepado com manejos das invasoras e perdas médias anuais de terra estimadas para o solo descoberto em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981. SA: sem aruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

A Figura 22 (anexo 7), que apresenta as perdas acumuladas de terra no cafeeiro recepado, só vem a confirmar que não houve diferença estatística entre os tratamentos, principalmente nos primeiros 48 meses. Também é possível distinguir o período crítico com relação às perdas de terra, que corresponde aos primeiros 48 meses. Porém, para o acolchoamento alternado com palha de capim e cobertura de palha de capim com adubação reduzida esse período é de apenas 14 meses, diferindo dos outros manejos e ciclos da cultura nos quais não houve período crítico para esses tratamentos.

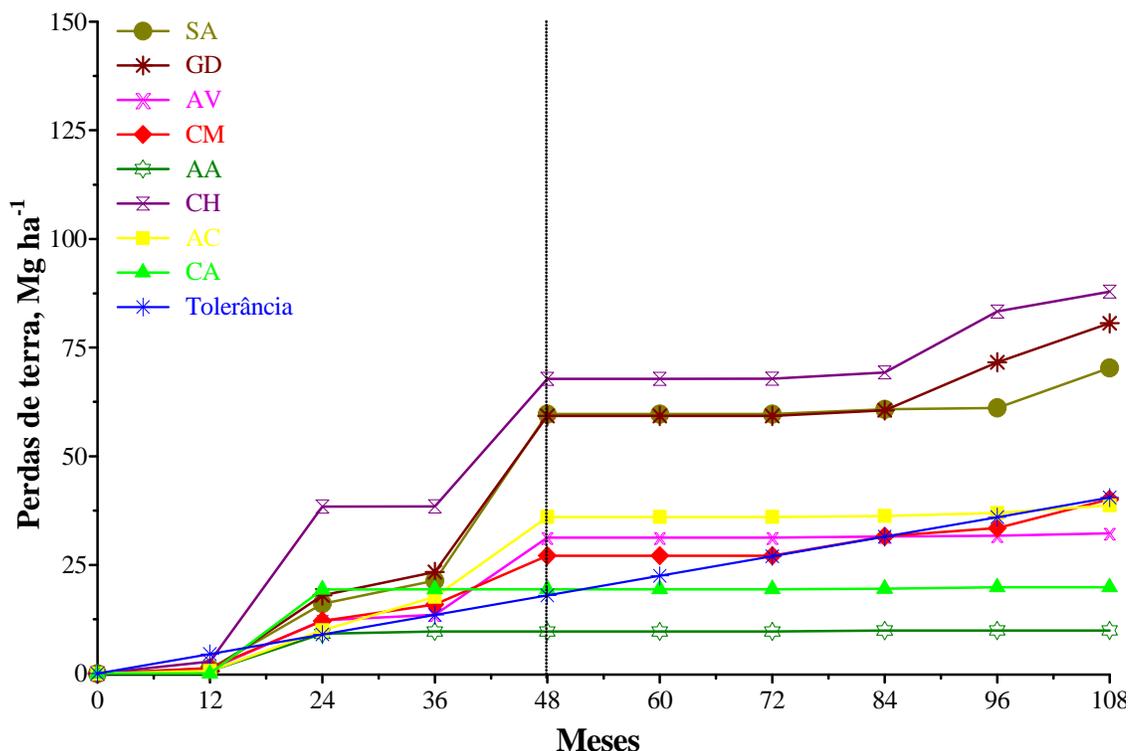


Figura 22: Perdas acumuladas de terra em cafeeiro recepado com diversos manejos das invasoras em Pindorama, SP, entre setembro de 1972 e agosto de 1981. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

No período crítico de 48 meses no cafeeiro recepado são necessários manejos essencialmente conservacionistas e que mantenham o máximo de tempo possível a cobertura da superfície do solo, protegendo-a dos agentes erosivos. Pois pela Figura 23 observa-se que as perdas anuais de terra ficaram acima do limite de tolerância desse solo, para a maioria dos tratamentos. Fica evidente que os manejos que revolvem a superfície do solo são os mais prejudiciais com relação a erosão hídrica, podendo causar danos econômicos e ambientais.

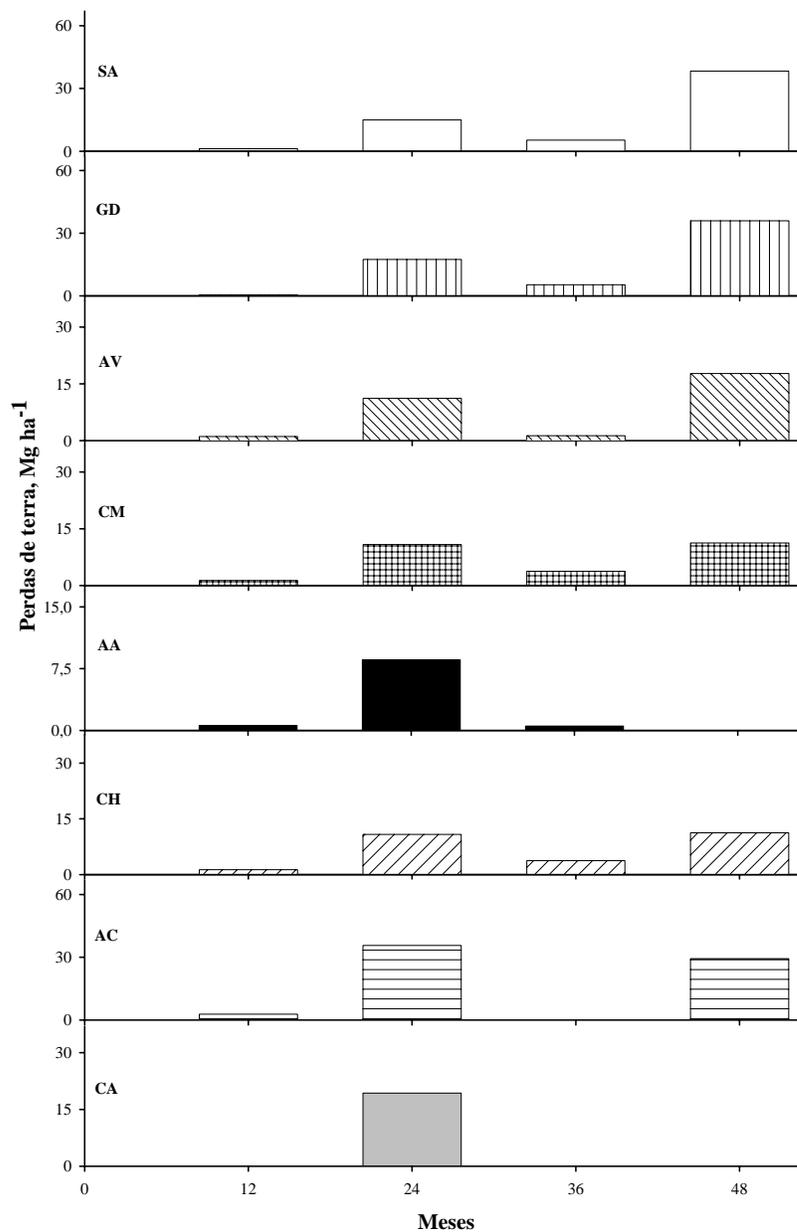


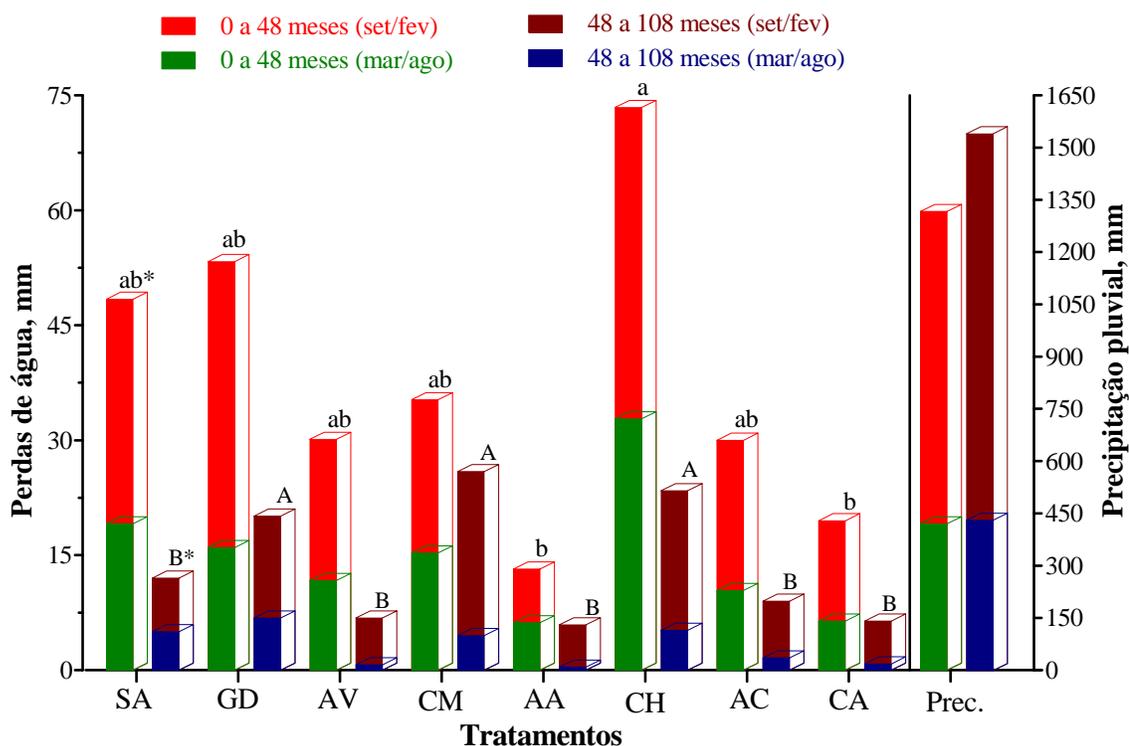
Figura 23: Perdas totais anuais de terra em cafeeiro com diversos manejos das invasoras em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1965. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

As elevadas perdas anuais de água no cultivo com herbicida (Figura 24) supõem-se ser explicadas pela entrada de água da estrada logo acima da parcela, em vários eventos. Os demais tratamentos tiveram perdas idênticas. Entretanto, apenas o cultivo com herbicida diferenciou-se do acolchoamento alternado com palha de capim e cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

As perdas de água, nos primeiros 48 meses, com manejo das invasoras nas entrelinhas, exceto o cultivo com herbicida, foram, em média, 24% acima das perdas médias dos espaçamentos no mesmo período e foram 32% inferiores às ocorridas no café não recepado durante os primeiros 60 meses.

Todas as perdas são baixas se comparadas ao volume de chuva precipitada, sendo menores que 3% nos primeiros 48 meses, considerando-se a média dos oito tratamentos. Portanto, é possível afirmar que todos os tratamentos são altamente eficientes no controle das perdas de água em cafeeiros recepados.

Após os 48 meses, as maiores perdas de água foram desenvolvidas nos tratamentos com revolvimento da superfície do solo (cultivo mecânico e grade de discos) e também no cultivo com herbicida, devido à enxurrada externa, neste último caso, como já comentado.



* - colunas seguidas da mesma letra minúscula e maiúscula não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15)

Figura 24: Perdas médias anuais de água em cafeeiro recepado com manejos das invasoras e precipitação pluviométrica média anual para Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

Na Figura 25 (anexo 8) é possível observar que o período crítico do cafeeiro recepado, em relação às perdas de água, nos tratamentos com manejo das invasoras, é representado pelos 48 meses iniciais, a exemplo do que já havia acontecido no cafeeiro recepado para as perdas de terra nos diversos espaçamentos e manejo das invasoras e, para as perdas de água dos tratamentos com espaçamentos diversos.

Nesse ciclo, os tratamentos acolchoamento alternado com palha de capim e cobertura de palha de capim com adubação reduzida também apresentaram período crítico, ao contrário do que vinha acontecendo. Porém, tal período foi de apenas 24

meses. É possível observar mais claramente que não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos, à exceção do cultivo com herbicida, devido a motivos já mencionados anteriormente nesse trabalho.

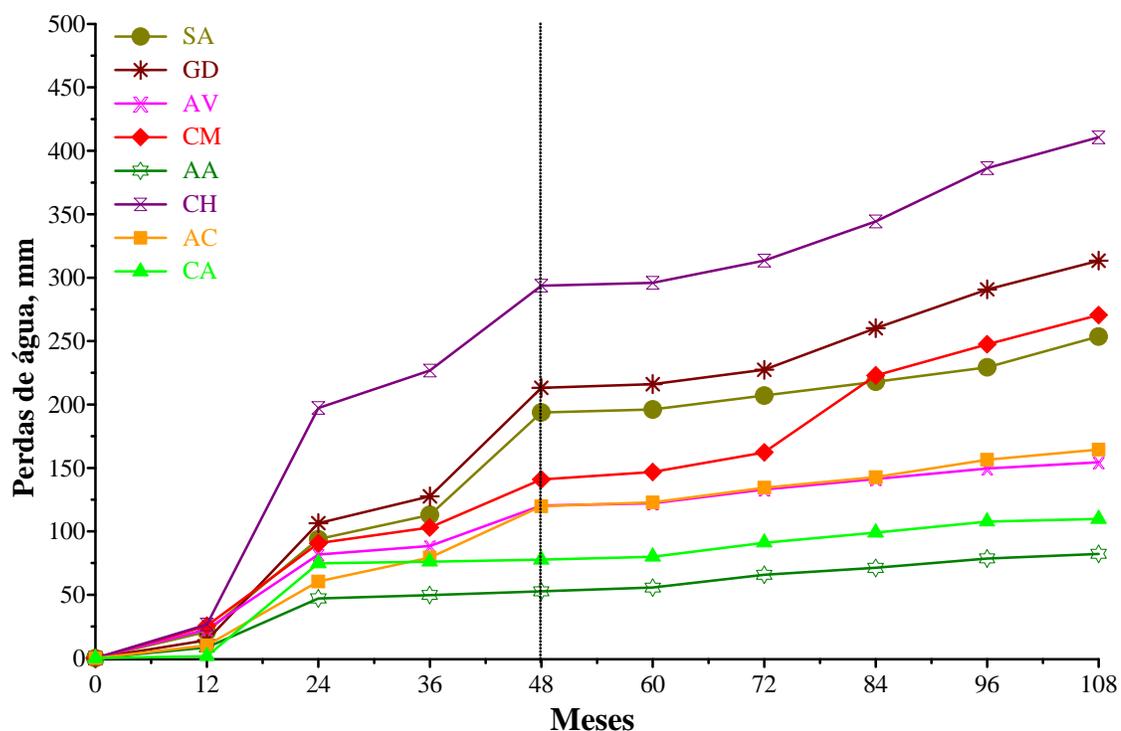


Figura 25: Perdas acumuladas de água em café recepado com manejos das invasoras em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

4.2.2. Efeito do uso de cordões em contorno

Além dos manejos e usos conservacionistas do solo objetivando controlar as perdas de terra e água, pode-se também fazer uso de práticas conservacionistas. Essas práticas podem ser usadas isoladamente ou em associação com manejos e usos, buscando-se um controle mais eficiente das perdas de terra e água, principalmente no período crítico de cada cultura.

O efeito de uma dessas práticas conservacionistas - cordões em contorno - é demonstrado no Quadro 7 para a cultura do cafeeiro. Essa prática está sendo comparada com o solo descoberto e com o plantio em espaçamento 4 x 2 m, que é o que apresenta, tanto espaçamento quanto manejo da cultura, iguais a ela. Assim, é possível separar o efeito devido ao uso dos cordões em contorno.

Nos primeiros 60 meses, a prática de uso de cordões de contorno diminuiu as perdas de terra em aproximadamente 89%, comparadas às ocorridas no solo descoberto no mesmo período. Já em relação ao plantio em espaçamento 4 x 2 m, os cordões em contorno foram 9% mais eficientes no controle das perdas de terra, pois aquele reduziu as mesmas em 80%, em relação ao solo descoberto. Essa eficiência se deve ao maior controle das perdas de água pelos cordões em contorno, além de diminuir a velocidade de escoamento da água, aumentando, assim, a infiltração e possibilitando a deposição de material erodido presente na enxurrada. LOMBARDI NETO et al. (1976a), em Latossolo Vermelho de Ribeirão Preto, encontraram eficiência superior a 57% dos cordões em contorno, quanto ao plantio em espaçamento 4 x 2 m. BERTONI et al. (1972) estudaram práticas conservacionistas em cafeeiro e destacaram que a prática de cordões em contorno foi das mais eficientes no controle das perdas por erosão. Fica, desse modo, comprovado que, nos primeiros 60 meses após o plantio, a associação de manejos e práticas conservacionistas em cafeeiro é mais eficiente no controle das perdas de terra do que o uso isolado de uma ou outra.

Após os 60 meses (60 a 144 meses), não houve diferença considerável entre os cordões em contorno e o plantio em espaçamento 4 x 2 m; ambos, porém, controlaram em mais de 99% as perdas de terra em relação ao solo descoberto (Quadro 7). O mesmo fato foi observado por LOMBARDI NETO et al. (1976a) em

Latossolo Vermelho dos 60 aos 120 meses pós-plantio, demonstrando, assim, que, após os 60 meses são os cafeeiros os responsáveis pelo controle das perdas de terra, quase que independentemente do manejo nas entrelinhas.

Quadro 7: Comparação entre as perdas médias anuais de terra nos cordões em contorno, no plantio em espaçamento 4 x 2 m e em solo descoberto, e erosividade média anual de julho de 1960 a junho de 1972 em Pindorama, SP.

Tratamentos	Meses		Meses	
	0 - 60	60 - 144	0 - 60	60 - 144
	Perdas de terra (Mg ha ⁻¹)		Em % do solo desc.	
Cordões em contorno	5,05 a*	0,06 a	11,5	0,2
Espaçamento 4 x 2 m	8,74 a	0,05 a	19,9	0,1
Solo descoberto	43,84	35,17	100	100
Erosividade (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	5.693	4.567	-	-

* Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15).

As perdas de água, por sua vez, nos primeiros 60 meses (Quadro 8), foram superiores no plantio em espaçamento 4 x 2 m, no qual se perdeu 4% do total anual precipitado. Já nos cordões em contorno perdeu-se menos que 2% do total precipitado, ou seja, 2% a menos que no espaçamento citado. LOMBARDI NETO et al. (1976a), com os mesmos tratamentos em Latossolo Vermelho, encontraram perdas de 2% no espaçamento 4 x 2 m e de próximo a 1% nos cordões em contorno, nos primeiros 60 meses.

Ambos tratamentos foram eficientes no controle das perdas de água após os 60 meses, sendo superior aos 99% em relação ao precipitado e igual ao controle das perdas de terra.

Quadro 8: Comparação entre as perdas médias anuais de água nos cordões em contorno e no plantio em espaçamento 4 x 2 m, de julho de 1960 a junho de 1972, em Pindorama, SP.

Tratamentos	Meses		Meses	
	0 - 60	60 - 144	0 - 60	60 - 144
	Perdas de água (mm)		Em % da chuva	
Cordões em contorno	20,3 b*	2,5 a	1,5	0,1
Espaçamento 4 x 2 m	50,0 a	3,2 a	3,7	0,3
Precipitação pluvial	1.357	1.096	100	100

* Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15).

No cafeeiro recepado (Quadro 9) não foi observada eficiência superior dos cordões em contorno no controle das perdas de terra, em relação ao plantio em espaçamento 4 x 2 m, tanto nos primeiros 48 meses quanto após esse período. Tal fato não está de acordo com os dados obtidos no primeiro período. Porém, quanto ao solo descoberto, ambos apresentaram um controle de mais de 78% nos primeiros 48 meses, e acima de 91% dos 48 aos 108 meses. Por esse motivo, podem ser considerados eficientes no controle das perdas de terra em cafeeiro, podendo-se recomendá-los.

Observou-se que as perdas médias no cafeeiro recepado com cordões em contorno aumentaram, se comparadas ao período anterior, nos primeiros 60 meses, mesmo estando a erosividade média dos dois períodos muito próxima, o que faz supor alguma interferência antrópica, já que no plantio em espaçamento 4 x 2 m as perdas foram muito próximas às ocorridas no período antecedente.

Em relação às perdas médias anuais de água no cafeeiro recepado (Quadro 10), também não houve controle superior por parte dos cordões em contorno, quanto ao plantio em espaçamento 4 x 2 m, nos primeiros 48 meses. Porém, no que se refere à precipitação pluvial média anual do período, o controle foi de 98%, mesmo sendo considerado o período crítico de perdas de água e terra.

Após os 48 meses, os cordões em contorno foram menos eficientes no controle da enxurrada que o plantio em espaçamento 4 x 2 m, mas ambos controlaram acima de 98% das perdas de água, em relação à precipitação do período, sendo assim eficientes. Devido à precipitação média dos 48 aos 108 meses ser 224 mm superior ao

estádio anterior, a perda de água quase não reduziu porcentualmente no segundo estágio, apesar da cobertura do solo proporcionada pelos cafeeiros.

Quadro 9: Comparação, no cafeeiro recepado, entre as perdas médias anuais de terra nos cordões em contorno, no plantio em espaçamento 4 x 2 m, no solo descoberto e erosividade média anual de setembro de 1972 a agosto de 1981 em Pindorama, SP.

Tratamentos	Meses		Meses	
	0 - 48	48 - 108	0 - 48	48 - 108
	Perdas de terra (Mg ha ⁻¹)		Em % do solo desc.	
Cordões em contorno	9,2 a	3,0 a	21,3	7,6
Espaçamento 4 x 2 m	8,2 a	1,0 a	19,0	2,6
Solo descoberto	43,2	39,2	100	100
Erosividade (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	5.609	5.091	-	-

* Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15).

Quadro 10: Comparação, no cafeeiro recepado, entre as perdas médias anuais de água nos cordões em contorno e no plantio em espaçamento 4 x 2 m, de setembro de 1972 a agosto de 1981, em Pindorama, SP.

Tratamentos	Meses		Meses	
	0 - 48	48 - 108	0 - 48	48 - 108
	Perdas de água (mm)		Em % da chuva	
Cordões em contorno	17,8 a	20,2 a	1,3	1,3
Espaçamento 4 x 2 m	15,4 a	12,8 a	1,2	0,8
Precipitação pluvial	1.316	1.540	100	100

* Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15).

4.3. Razão de perdas de terra (RPT) e fator C

Os estádios do cafeeiro e cafeeiro recepado foram estabelecidos em função das perdas acumuladas de terra, as quais estão relacionadas ao grau de cobertura proporcionado pela cultura. Dessa forma, o primeiro estágio correspondeu do plantio até

o desenvolvimento pleno, ou seja, quando as perdas de terra passaram a ser praticamente insignificantes. O segundo estágio coincidiu com o desenvolvimento pleno em diante. Essa metodologia foi utilizada por não haver dados disponíveis a respeito do percentual de cobertura, quando da condução do experimento.

Assim, considerando esses dados, estabeleceram-se os estádios para a cultura do cafeeiro e cafeeiro recepado. Em relação ao primeiro, os estádios são:

I - Do plantio aos 60 meses (desenvolvimento);

II - Dos 60 meses em diante (desenvolvimento pleno).

Já para o cafeeiro recepado, destacam-se os estádios:

I - Da recepa aos 48 meses (desenvolvimento);

II - Dos 48 meses em diante (desenvolvimento pleno).

Em cada um desses estádios e para o ciclo total foram determinados valores de RPT e fator C, para os tratamentos de espaçamentos e manejo das invasoras no cafeeiro e no cafeeiro recepado.

No Quadro 11 estão apontados os valores da fração do índice de erosividade, perdas de terra, razão de perda de terra e fator C para os dois estádios da cultura do cafeeiro, nos tratamentos com espaçamentos.

Os valores de erosividade, perda de terra e precipitação variaram amplamente entre os anos dentro de cada estágio. Assim, reforça-se a necessidade de um intervalo maior de tempo quando os experimentos são realizados sob condições de chuva natural.

Observando-se os valores obtidos para as RPTs em cada ano, nota-se grande variação (Quadro 11). Também está indicado que há grande variação das RPTs e do fator C entre os estádios do plantio aos 60 meses e após os 60 meses. No estágio dos 60 meses iniciais o solo encontra-se com baixa cobertura vegetal, favorecendo a perda de terra por erosão principalmente nos primeiros anos após o plantio.

Refletindo os valores dos totais anuais de perdas de terra, as RPTs apresentaram variação nos tratamentos com espaçamentos nas entrelinhas e nas linhas. No estágio dos 60 meses iniciais, as RPTs (Quadro 11) variaram de 0,3372 a 0,2097 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹ com valor médio de 0,2696 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹. Observa-se que a maior RPT nesse estágio ocorreu no espaçamento 3 x 3 m, justamente o tratamento que

tem o maior espaçamento nas linhas e maior área útil por planta (9 m^2). Já a menor RPT foi encontrada no tratamento $3 \times 1 \text{ m}$, sendo o que controlou melhor a perda de terra. O espaçamento $3 \times 0,5 \text{ m}$ apresentou RPT semelhante ao do $3 \times 3 \text{ m}$; isso se justifica pelo alto revolvimento do solo no momento do plantio, o que reflete nas perdas de terra ocorridas.

O fator C no estádio correspondente aos primeiros 60 meses, nos diversos espaçamentos, variou de 0,2793 a 0,1714, com média de 0,2233.

É esperado que os valores de razão de perdas de terra diminuam à medida que a cultura se desenvolva e passe a proteger o solo pelo aumento da cobertura. Tal fato é verdadeiro, pois, no estádio dos 60 aos 144 meses, as RPTs foram muito inferiores em todos os tratamentos se comparadas às do estádio anterior.

Para o estádio após os 60 meses iniciais, as RPTs e o fator C variaram de 0,0028 a 0,0008 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ e 0,0031 a 0,0009, apresentando médias de 0,0017 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$ e 0,0019, respectivamente, para RPT e fator C. Os valores deste último, nesse estádio, são semelhantes aos apresentados por BRASIL (2003) para a floresta natural e vegetação secundária, demonstrando, assim, a alta eficiência dos cafeeiros para proteger a superfície do solo contra a erosão, após os cinco anos do plantio.

As RPTs médias para a cultura do cafeeiro encontram-se no intervalo de 0,1346 a 0,0883 $\text{Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$, sendo que o fator C encontra-se no intervalo de 0,1354 e 0,0866. Os valores do fator C para a cultura do cafeeiro, em função dos espaçamentos, são próximos aos valores de culturas como milho (MARGOLIS et al., 1985; DE MARIA e LOMBARDI NETO, 1997; BERTOL et al., 2002b), soja (BERTOL et al., 2001), pastagem (BRASIL, 2003), mamona e palma (MARGOLIS et al., 1985), cana-de-açúcar (DE MARIA et al., 1994). Esses valores, porém, discordam do apresentado por RUFINO et al. (1985) de 0,6568, para os primeiros 62 meses do cafeeiro, em espaçamento de $4 \times 2 \text{ m}$. Contudo, tais valores são mais próximos ao proposto por BRASIL (2003) para cultura do cafeeiro que foi de 0,375.

No Quadro 12 são apresentados as RPTs e fator C para o cafeeiro recepado e plantado em diversos espaçamentos. As perdas de terra no solo descoberto variaram bastante entre os anos, principalmente no estádio inicial, atingindo $60,9 \text{ Mg ha}^{-1}$

em 1975/76. Já no estágio dos 48 aos 108 meses, as perdas foram mais uniformes entre os anos, em relação ao estágio anterior.

As RPTs no estágio dos primeiros 48 meses variaram de 0,1613 a 0,1026 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹, respectivamente, nos espaçamentos 4 x 2 m e 3 x 0,5 m. Esse valor inferior no espaçamento 3 x 0,5 m já era esperado, pois mais rápido é o recobrimento da superfície do solo, além de não ter na recepa o efeito do sulcamento de plantio que aumentou a RPT (perda de terra) no ciclo anterior. As RPTs desse estágio, em média, foram reduzidas em mais de 50% no cafeeiro recepado, se comparadas aos mesmos tratamentos antes da recepa, no estágio dos primeiros 60 meses. Isso reflete as menores perdas de terra no cafeeiro recepado, mesmo no período crítico.

No estágio após os 48 meses, as RPTs variaram de 0,0320 a 0,0018 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹, nos espaçamentos 4 x 2 m e 3 x 1 m, respectivamente. Contudo, esses valores são superiores às RPTs encontradas para o período correspondente do ciclo anterior (Quadro 11). No entanto, observou-se uma drástica redução das RPTs do estágio inicial após os 48 meses da recepa, o que já tinha sido verificado.

O fator C variou de 0,1829 a 0,1253 no período crítico, não havendo diferença relevante entre os tratamentos. Porém, no estágio pós 48 meses da recepa foi bem inferior o valor do fator C, variando de 0,0262 a 0,0013. Mostra-se, dessa forma, que a cobertura promovida pelos cafeeiros, após os 48 meses da recepa, é eficiente no controle das perdas de terra.

As RPTs para a cultura variaram de 0,0862 a 0,0469 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹, nos espaçamentos 4 x 2 m e 3 x 0,5 m, respectivamente. Assim, esses valores são inferiores aos dos mesmos tratamentos no cafeeiro sem recepa e também aos do manejo das invasoras, principalmente dos tratamentos com revolvimento da superfície do solo.

O fator C da cultura recepada variou de 0,1046 a 0,0638, com média de 0,0831. Tais valores estão abaixo dos apresentados por BRASIL (2003) que é de 0,375.

Quadro 11: Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha⁻¹), fração do índice de erosividade (FEI₃₀), razão de perda de terra (RPT; em Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹) e fator C (C) dos tratamentos com espaçamento em cafeeiro de Pindorama, SP.

Estádio	Ano	Prec.	Desc.	FEI ₃₀	Espaçamentos, m									
					3 x 0,5		3 x 1		3 x 2		3 x 3		4 x 2	
					RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C
0 a 60 meses	1960/61	1751	58,83	0,2684	0,0637	0,0171	0,0260	0,0070	0,0415	0,0111	0,0473	0,0127	0,0401	0,0108
	1961/62	1283	29,09	0,1327	0,6233	0,0827	0,4896	0,0650	0,6121	0,0812	0,8382	0,1113	0,5165	0,0686
	1962/63	1028	38,88	0,1774	0,4765	0,0845	0,2172	0,0385	0,1782	0,0316	0,2023	0,0359	0,2295	0,0407
	1963/64	1040	38,85	0,1772	0,3499	0,0620	0,2416	0,0428	0,2686	0,0476	0,3974	0,0704	0,2980	0,0528
	1964/65	1686	53,53	0,2442	0,0960	0,0234	0,0740	0,0181	0,1024	0,0250	0,2008	0,0490	0,1084	0,0265
<i>Total</i>		<i>6787</i>	<i>219,18</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,3219</i>	<i>0,2698</i>	<i>0,2097</i>	<i>0,1714</i>	<i>0,2406</i>	<i>0,1966</i>	<i>0,3372</i>	<i>0,2793</i>	<i>0,2385</i>	<i>0,1993</i>
60 a 144 meses	1965/66	1550	52,44	0,2130	0,0007	0,0001	0,0009	0,0002	0,0005	0,0001	0,0013	0,0003	0,0014	0,0003
	1966/67	1122	41,03	0,1667	2,4 10 ⁻⁵	4,1 10 ⁻⁶	4,9 10 ⁻⁵	8,1 10 ⁻⁶	4,9 10 ⁻⁵	8,1 10 ⁻⁶	0,0001	2,4 10 ⁻⁵	0,0001	2,4 10 ⁻⁵
	1967/68	1001	24,45	0,0993	0,0004	4,1 10 ⁻⁵	0,0007	0,0001	0,0010	0,0001	0,0010	0,0001	0,0009	0,0001
	1968/69	793	26,47	0,1075	0	0	0	0	0,0038	0,0004	0,0051	0,0006	0,0001	1,2 10 ⁻⁵
	1969/70	1158	36,24	0,1472	0,0032	0,0005	0,0036	0,0005	0,0027	0,0004	0,0036	0,0005	0,0025	0,0004
	1970/71	699	19,32	0,0785	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1971/72	1352	46,23	0,1878	0,0015	0,0003	0,0058	0,0011	0,0072	0,0013	0,0086	0,0016	0,0033	0,0006	
<i>Total</i>		<i>7674</i>	<i>246,18</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,0008</i>	<i>0,0009</i>	<i>0,0016</i>	<i>0,0019</i>	<i>0,0022</i>	<i>0,0024</i>	<i>0,0028</i>	<i>0,0031</i>	<i>0,0012</i>	<i>0,0014</i>
Média		1205	38,78	1,0000	0,1346	0,1354	0,0883	0,0866	0,1015	0,0995	0,1422	0,1412	0,1001	0,1004

Quadro 12: Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha⁻¹), fração do índice de erosividade (FEI₃₀), razão de perda de terra (RPT; em Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹) e fator C (C) dos tratamentos com espaçamento no cafeeiro recepado em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP.

Estádio	Ano	Prec.	Desc.	FEI ₃₀	Espaçamentos, m									
					3 x 0,5		3 x 1		3 x 2		3 x 3		4 x 2	
					RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C
0 a 48 meses	1972/73	1084	37,69	0,2182	0,0082	0,0018	0,0069	0,0015	0,0108	0,0023	0,0466	0,0102	0,0331	0,0072
	1973/74	1494	38,66	0,2238	0,0866	0,0194	0,0354	0,0079	0,0750	0,0168	0,2079	0,0465	0,1305	0,0292
	1974/75	976	31,29	0,1811	0,0415	0,0075	0,1126	0,0204	0,0473	0,0086	0,1133	0,0205	0,1358	0,0246
	1975/76	1533	60,88	0,3524	0,2741	0,0966	0,3326	0,1172	0,3676	0,1295	0,2698	0,0951	0,3458	0,1218
	1976/77	135	4,24	0,0245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Total</i>		<i>5223</i>	<i>172,76</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,1026</i>	<i>0,1253</i>	<i>0,1219</i>	<i>0,1470</i>	<i>0,1252</i>	<i>0,1572</i>	<i>0,1594</i>	<i>0,1723</i>	<i>0,1613</i>	<i>0,1829</i>
48 a 108 meses	1976/77	1384	38,09	0,1727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1977/78	1453	40,53	0,2112	0	0	0	0	0	0	0,0005	0,0001	0	0
	1978/79	1655	47,12	0,2404	0,0065	0,0016	0	0	0,0235	0,0056	0,0105	0,0025	0,0572	0,0138
	1979/80	1970	41,88	0,2137	0,0010	0,0002	0,0029	0,0006	0,0025	0,0005	0,0033	0,0007	0,0113	0,0024
	1980/81	1382	31,75	0,1620	0,0038	0,0006	0,0043	0,0007	0,0209	0,0034	0,0221	0,0036	0,0620	0,0100
1981/82	0	0,00	0,0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Total</i>		<i>6460</i>	<i>161,28</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,0023</i>	<i>0,0024</i>	<i>0,0014</i>	<i>0,0013</i>	<i>0,0094</i>	<i>0,0096</i>	<i>0,0073</i>	<i>0,0069</i>	<i>0,0261</i>	<i>0,0262</i>
Média		1298	37,12	1,0000	0,0469	0,0638	0,0550	0,0742	0,0608	0,0834	0,0749	0,0896	0,0862	0,1046

Os valores das RPTs e do fator C para a cultura do cafeeiro nos sistemas de manejo das invasoras nas entrelinhas são apresentados nos Quadros 13 e 14. As RPTs e fator C calculados para o estágio inicial variaram de 0,7030 a 0,0091 $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$ e 0,6560 a 0,0005, respectivamente, para cultivo mecânico e cobertura de capim com adubação reduzida. A maioria desses valores é superior aos observados no cafeeiro com variados espaçamentos, exceto o plantio com adubação verde, acolchoamento alternado de capim, alternância de capinas e cobertura de capim com adubação reduzida. Desse modo, observa-se que os espaçamentos e manejos essencialmente conservacionistas, que não revolvam a superfície do solo, são eficientes no controle das perdas de terra, conforme as RPTs e fator C.

No estágio dos 60 aos 144 meses, as RPTs e o fator C variaram entre 0,0231 e 0 (zero) $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$, e 0,0241 e 0 (zero). Percebe-se que as RPTs e o fator C variaram amplamente entre os estádios da cultura. Além disso, esses valores também variaram entre os tratamentos, refletindo as diferenças nas perdas de terra quantificadas no experimento.

As RPTs da cultura estiveram entre 0,2944 e 0,0038 $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$, em função do manejo das invasoras. Os valores alteraram-se significativamente entre os tratamentos em função do manejo das invasoras nas entrelinhas, o que reflete os valores dos totais anuais de perdas de terra.

O fator C da cultura variou de 0,3293 a 0,0003, respectivamente, no cultivo mecânico e cobertura de capim com adubação reduzida, podendo-se inferir que o manejo das invasoras é importante, porque práticas que revolvam o solo excessivamente são prejudiciais por favorecerem a erosão.

Os Quadros 15 e 16 apresentam as RPTs e o fator C para os manejos das invasoras no cafeeiro recepado, para o estágio dos 48 meses iniciais e após os 48 meses, bem como para a cultura em cada manejo.

No período crítico, as RPTs e o fator C variaram de 0,3636 a 0,0637 $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$, e 0,3327 a 0,0510, respectivamente, com médias de 0,2066 $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$ e 0,2183. Denota-se, assim, grande variação das RPTs e fator C entre os tratamentos nesse estágio, reflexo das perdas de terra. Os tratamentos com cobertura de capim apresentaram baixas RPTs e fator C. Entretanto, esses valores

discordam do apresentado por RUFINO et al. (1985) de 0,6568, para os primeiros 62 meses no cafeeiro, em espaçamento de 4 x 2 m. Tais valores são mais próximos do proposto por BRASIL (2003), para cultura do cafeeiro, que foi de 0,375. Esses valores também são significativamente inferiores aos observados no café não recepado, nos mesmos tratamentos, no período crítico correspondente.

Para o estádio após os 48 meses da recepa, as RPTs variaram de 0,1154 a 0,0010 $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$ e o fator C de 0,1094 a 0,0012. Esses valores já são bem mais próximos aos observados nos mesmos tratamentos com cafeeiro não recepado no estádio equivalente.

Constata-se a grande variação dos valores de RPT e fator C entre os dois estádios, sendo reflexo da variação das perdas de terra.

Para a cultura recepada e manejos das invasoras, as RPTs variaram de 0,2187 a 0,0289 $\text{Mg ha}^{-1} \text{Mg}^{-1} \text{ha}^{-1}$, respectivamente, no cultivo com herbicidas e acolchoamento alternado de capim. O fator C variou de 0,2433 a 0,0287, no cultivo com uso de herbicida e acolchoamento alternado de capim, apresentando média de 0,1315.

Quadro 13: Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha⁻¹), fração do índice de erosividade (FEI₃₀), razão de perda de terra (RPT; em Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹) e fator C (C) do cafeeiro em Pindorama, SP. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual e CM: cultivo mecânico.

Estádio	Ano	Prec.	Desc.	FEI ₃₀	Tratamentos							
					SA		GD		AV		CM	
					RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C
	1960/61	1751	58,83	0,2684	0,0454	0,0122	0,0481	0,0129	0,0253	0,0068	0,0401	0,0108
	1961/62	1283	29,09	0,1327	0,7995	0,1061	1,0000*	0,1327	0,1070	0,0142	0,6240	0,0828
	1962/63	1028	38,88	0,1774	0,3100	0,0550	0,9641	0,1710	0,0649	0,0115	1,0000*	0,1774
	1963/64	1040	38,85	0,1772	0,4649							

Quadro 14: Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha⁻¹), fração do índice de erosividade (FEI₃₀), razão de perda de terra (RPT; em Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹) e fator C (C) do cafeeiro em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP. AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

Estádio	Ano	Prec.	Desc.	FEI ₃₀	Tratamentos							
					AA		CH		AC		CA	
					RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C
0 a 60 meses	1960/61	1751	58,83	0,2684	0,0347	0,0093	0,0401	0,0005	0,0948	0,0012	0,0184	0,0001
	1961/62	1283	29,09	0,1327	0,0315	0,0042	0,2844	0,0302	0,1492	0,0198	0,0248	0,0004
	1962/63	1028	38,88	0,1774	0,0033	0,0006	0,9748	0,0536	0,4035	0,0690	0,0022	2,5 10 ⁻⁵
	1963/64	1040	38,85	0,1772	0	0	1,0000*	0,0824	0,2832	0,0320	0	0
	1964/65	1685	53,53	0,2442	0,0012	0,0003	0,1708	0,0109	0,0212	0,0003	0	0
<i>Total</i>		<i>6787</i>	<i>219,18</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,0141</i>	<i>0,0144</i>	<i>0,4940</i>	<i>0,1775</i>	<i>0,1904</i>	<i>0,1223</i>	<i>0,0091</i>	<i>0,0005</i>
60 a 144 meses	1965/66	1550	52,44	0,2130	0,0001	1,6 10 ⁻⁵	0,0002	6,2 10 ⁻⁸	0,0006	7,2 10 ⁻⁸	0	0
	1966/67	1122	41,03	0,1667	0	0	0,0001	8,3 10 ⁻⁹	0,0001	1,6 10 ⁻⁹	0	0
	1967/68	1001	24,45	0,0993	0,0005	4,9 10 ⁻⁵	0,0004	3,0 10 ⁻⁸	0,0007	5,7 10 ⁻⁸	0,0001	7,0 10 ⁻⁹
	1968/69	792	26,47	0,1075	0	0	0,0082	5,8 10 ⁻⁶	0	0	0	0
	1969/70	1158	36,24	0,1472	0,0011	0,0002	0,0053	5,5 10 ⁻⁶	0,0106	0,0001	0	0
	1970/71	699	19,32	0,0785	0	0	0	0	0	0	0	0
	1971/72	1352	46,23	0,1878	0,0052	0,0010	0,0300	3,2 10 ⁻⁵	0,0613	0,0001	0	0
<i>Total</i>		<i>7674</i>	<i>246,18</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,0010</i>	<i>0,0012</i>	<i>0,0063</i>	<i>4,4 10⁻⁵</i>	<i>0,0105</i>	<i>0,0001</i>	<i>1,8 10⁻⁵</i>	<i>7,0 10⁻⁹</i>
Média		1205	38,78	1,0000	0,0065	0,0078	0,2095	0,0888	0,0854	0,0612	0,0038	0,0003

* Computado como RPT = 1

Quadro 15: Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha⁻¹), fração do índice de erosividade (FEI₃₀), razão de perda de terra (RPT; em Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹) e fator C (C) do cafeeiro recepado em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP. SA: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual e CM: cultivo mecânico.

Estádio	Ano	Prec.	Desc.	FEI ₃₀	Tratamentos							
					SA		GD		AV		CM	
					RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C
0 a 48 meses	1972/73	1084	37,69	0,2182	0,0303	0,0066	0,0145	0,0032	0,0284	0,0062	0,0345	0,0075
	1973/74	1494	38,66	0,2238	0,3882	0,0869	0,4529	0,1014	0,2898	0,0649	0,2811	0,0629
	1974/75	976	31,29	0,1811	0,1664	0,0301	0,1695	0,0307	0,0409	0,0074	0,1184	0,0214
	1975/76	1533	60,88	0,3524	0,5933	0,2091	0,5556	0,1958	0,2747	0,0968	0,1735	0,0611
	1976/77	135	4,24	0,0245	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Total</i>		<i>5223</i>	<i>172,76</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,2945</i>	<i>0,3327</i>	<i>0,2981</i>	<i>0,3310</i>	<i>0,1584</i>	<i>0,1752</i>	<i>0,1519</i>	<i>0,1530</i>
48 a 108 meses	1976/77	1384	38,09	0,1727	0	0	0	0	0	0	0	0
	1977/78	1453	40,53	0,2112	0	0	0	0	2,3 10 ⁻⁵	4,9 10 ⁻⁶	0	0
	1978/79	1655	47,12	0,2404	0,0238	0,0057	0,0286	0,0069	0,0057	0,0014	0,0999	0,0240
	1979/80	1970	41,88	0,2137	0,0081	0,0017	0,2656	0,0568	0,0046	0,0010	0,0450	0,0096
	1980/81	1382	31,75	0,1620	0,2895	0,0469	0,2829	0,0458	0,0167	0,0027	0,2091	0,0339
1981/82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Total</i>		<i>6460</i>	<i>161,28</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,0643</i>	<i>0,0544</i>	<i>0,1154</i>	<i>0,1094</i>	<i>0,0054</i>	<i>0,0051</i>	<i>0,0708</i>	<i>0,0675</i>
Média		1298	37,12	1,0000	0,1666	0,1935	0,1966	0,2202	0,0734	0,0901	0,1068	0,1103

Quadro 16: Precipitação pluvial (Prec.; em mm), perdas de terra no solo descoberto (Desc.; em Mg ha⁻¹), fração do índice de erosividade (FEI₃₀), razão de perda de terra (RPT; em Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹) e fator C (C) do cafeeiro em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP. AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

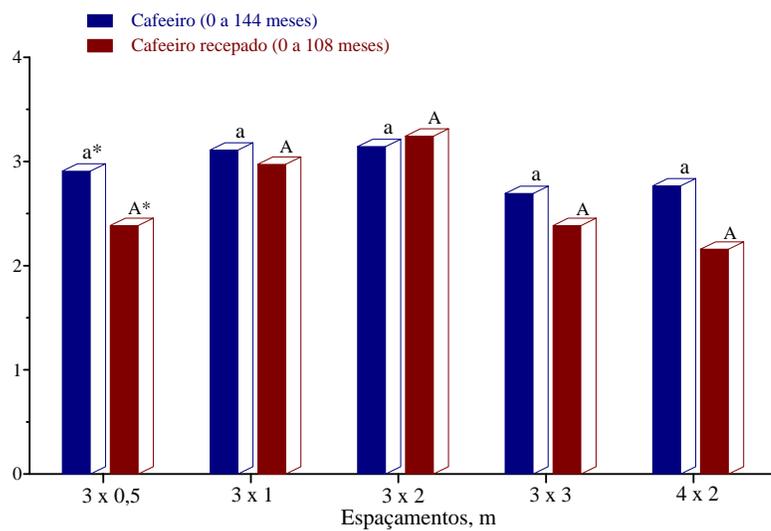
Estádio	Ano	Preci.	Desc.	FEI ₃₀	Tratamentos							
					AA		CH		AC		CA	
					RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C
0 a 48 meses	1972/73	1084	37,69	0,2182	0,0158	0,0034	0,0741	0,0162	0,0160	0,0035	0	0
	1973/74	1494	38,66	0,2238	0,2225	0,0498	0,9250	0,2070	0,2430	0,0544	0,5023	0,1124
	1974/75	976	31,29	0,1811	0,0166	0,0030	0,0015	0,0003	0,2431	0,0440	0,0015	0,0003
	1975/76	1533	60,88	0,3524	0	0	0,4538	0,1599	0,2840	0,1001	0,0001	3,3 10 ⁻⁵
	1976/77	135	4,24	0,0245	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Total</i>		<i>5223</i>	<i>172,76</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,0637</i>	<i>0,0563</i>	<i>0,3636</i>	<i>0,3834</i>	<i>0,1965</i>	<i>0,2020</i>	<i>0,1260</i>	<i>0,1127</i>
48 a 108 meses	1976/7	1384	38,09	0,1727	0	0	0,0003	0,0001	0	0	0	0
	1977/7	1453	40,53	0,2112	0	0	0,0004	0,0001	0	0	0	0
	1978/7	1655	47,12	0,2404	0,0051	0,0012	0,0323	0,0078	0,0054	0,0013	0,0034	0,0008
	1979/8	1970	41,88	0,2137	0	0	0,3367	0,0719	0,0165	0,0035	0,0072	0,0015
	1980/8	1382	31,75	0,1620	0	0	0,1444	0,0234	0,0553	0,0090	0	0
	1981/8	0	0,00	0,0000	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Total</i>		<i>6460</i>	<i>161,28</i>	<i>1,0000</i>	<i>0,0010</i>	<i>0,0012</i>	<i>0,1028</i>	<i>0,1032</i>	<i>0,0154</i>	<i>0,0138</i>	<i>0,0021</i>	<i>0,0024</i>
Média		1298	37,12	1,0000	0,0289	0,0287	0,2187	0,2433	0,0959	0,1079	0,0572	0,0575

4.4. **Rendimento da cultura do cafeeiro**

O rendimento médio dos cafeeiros não recepados (anexo 9) e recepados (anexo 10) é demonstrado na Figura 26. Nota-se que não há diferença estatística entre os tratamentos de espaçamentos e nem entre os dois ciclos. Os rendimentos, no entanto, podem ser considerados altos, levando em conta que na safra de 2002/03 o Estado de São Paulo colheu, em média, cerca de $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ (IEA, 2003). Assim, os tratamentos produziram em média 50% a mais que a média estadual. Os tratamentos mais adensados não tiveram maior rendimento pelo fato de que no somatório geral, a densidade de plantas por área era a mesma em todos os tratamentos.

Em relação ao manejo das invasoras nas entrelinhas (Figura 27), o rendimento foi muito semelhante (próximo a 3 Mg ha^{-1}), demonstrando, claramente, que os tratamentos não a influenciaram.

Os rendimentos dos cafeeiros com sistemas de manejo das invasoras não apresentaram diferença estatística (Figura 27) no cafeeiro sem recepa, resultado esse idêntico ao observado para cafeeiros cultivados em diferentes espaçamentos (Figura 26). No cafeeiro recepado o maior rendimento foi do tratamento com adubação verde anual que diferiu do sem arruação, cultivo com herbicidas e alternância de capinas. O maior rendimento no tratamento com adubação verde deve-se provavelmente ao aporte de nitrogênio pela leguminosa.



* - colunas seguidas da mesma letra minúscula ou maiúscula n 4997 1328.07999 509.51999 lmerem estatistic 0 6.e pelo Teste DuncanTEM,15ape MCID 22 0195 0

As respostas de produção devidas ao manejo e outras práticas culturais em áreas com cafeeiros têm sido difíceis de detectar. Segundo ALCÂNTARA e FERREIRA (2000), diferenças em produção em cafeeiros só têm sido observadas em estudos com muitas repetições. BERTONI et al. (1972) concluíram em seus estudos sobre efeito na produção das várias práticas conservacionistas usadas em cafeeiro, tais como cordões em contorno, sem arruação, sem grade de discos e com grade de discos, que os dados de dez anos mostraram pouca influência na produção. REIS e SOUSA (1996) constataram produção do cafeeiro diferentes, após trabalharem com a média de cinco colheitas altas (ou seja, 10 anos). Porém, no presente estudo encontrou-se apenas algumas diferenças significativas. Tal fato se deve, possivelmente, devido ao uso de altas doses de adubação em todos os tratamentos, podendo assim, mascarar os efeitos dos tratamentos e, conseqüentemente, os efeitos negativos da erosão. Tal fato acontece em muitas regiões onde há alta erosão e as culturas continuam a proporcionar colheitas fartas devido à alta tecnologia aplicada. Contudo, os custos de produção poderiam ser menores se fossem adotados manejos conservacionistas, o que manteria a produtividade das culturas, elevaria o lucro e, principalmente, preservaria o ambiente.

Os aumentos no rendimento devido a manejos, em geral, não têm sido rotineiramente constatados, embora um bom manejo seja dependente de melhoria nas propriedades físicas e químicas, na medida que estas consigam atingir um nível satisfatório, em determinados solos, sujeitas a práticas de manejo (RHOTON et al., 1993). Esses autores comentam que o sucesso do manejo do solo é relativo a fatores como: controle da erosão hídrica, economia de insumos agrícolas, aumento da produtividade do solo e, principalmente, a preservação do ambiente.

Em relação ao rendimento, não se observou maior eficiência dos cordões em contorno em ambos os ciclos (Quadro 17), pois foi muito semelhante à do plantio em espaçamento 4 x 2 m. O efeito benéfico só é expresso no controle maior das perdas água, conforme observado para o primeiro ciclo, ou seja, do ponto de vista ambiental, os cordões em contorno somam para a conservação da qualidade do ambiente. Da mesma forma que outros manejos (espaçamento e controle das invasoras), nos quais o uso de cordões em contorno apresentou altos níveis de rendimento, considerando a média do Estado de São Paulo.

Quadro 17: Comparação do rendimento do cafeeiro cultivado com cordões de contorno e espaçamento 4 x 2 m de julho de 1960 a junho de 1972 e de setembro de 1972 a agosto de 1981, em Pindorama, SP.

Tratamentos	Rendimento, Mg ha ⁻¹	
	Julho de 1960 a junho de 1972	Setembro de 1972 a agosto de 1981
Cordões em contorno	2,869 a	2,392 a
Espaçamento 4 x 2 m	2,766 a	2,159 a

* Valores na coluna seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste Duncan (0,15).

5. CONCLUSÕES

- O fator R da EUPS calculado para o município de Pindorama, SP, pelo índice EI_{30} , é de $5.848 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.
- A erosão atinge seus mais altos níveis, no município de Pindorama, SP, no semestre de outubro a março, no qual ocorre 84% do total do EI_{30} anual e 80% do total da precipitação pluvial anual.
- No mês de janeiro ocorrem as chuvas mais erosivas, com 21% do EI_{30} anual. Junto com o mês de dezembro, apresenta a maior ocorrência da chuva mais erosiva do ano.
- O cafeeiro, plantado em diversos espaçamentos, reduziu as perdas de terra em 78%, nos primeiros 60 meses, em relação às do solo descoberto. No cafeeiro recepado, essa redução foi de 86% nos primeiros 48 meses.
- Os primeiros 60 meses de todo o ciclo da cultura do cafeeiro representam o período crítico para o controle das perdas por erosão. Quando se trata de café recepado, esse período crítico cai para os 48 meses após a recepa.
- Sistemas de cultivo que revolvam a superfície do solo potencializam o processo erosivo, principalmente no período crítico da cultura do cafeeiro.
- Na cultura do cafeeiro em Argissolo de Pindorama, as perdas médias anuais de água, na forma de enxurrada, são inferiores a 2% do total das chuvas, ou seja, inferiores a 25 mm. As de terra tiveram média de $5,2 \text{ Mg ha}^{-1}$.
- A cobertura com palha de capim é eficiente no controle das perdas de terra em cafeeiro, baixando-as para aquém do limite de tolerância de perdas para o Argissolo.
- A redução do espaçamento nas entrelinhas e nas linhas do cafeeiro auxilia no controle da erosão hídrica.
- No período crítico os valores obtidos para as RPTs e o Fator C são inferiores para o cafeeiro recepado quando comparados ao sem recepa.

- As RPTs médias para a cultura do cafeeiro e cafeeiro recepado são 0,1224 e 0,0914 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha⁻¹.
- Os fatores C médios para a cultura do cafeeiro e cafeeiro recepado são 0,1151 e 0,1073.
- Nas condições do experimento, os tratamentos de espaçamentos e manejo de invasoras não afetaram o rendimento da cultura do cafeeiro. No cafeeiro recepado, o tratamento com adubação verde intercalar aumentou o rendimento da cultura do cafeeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTS, E.E.; WENDT, R.C.; BURWELL, R.E. Corn and soybean cropping effects on soil losses and C factors. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.49, p.721-728, 1985.
- ALBUQUERQUE, A.W. *Determinação da erosividade das chuvas de Caruaru-PE: 1. Correlação com perdas de solo. 2. Distribuição e probabilidade de ocorrência*. Piracicaba, 1991, 100p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- ALCÂNTARA, E.N.; FERREIRA, M.M. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas sobre a produção de cafeeiros instalados em Latossolo Roxo distrófico. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.24, n.1, p.54-61, 2000.
- ANECKSAMPHANT, C., BOONCHEE, S., INTHAPAN, S., TAEJAJAI, U.; SAJJAPONGSE, A. The management of sloping lands for sustainable agriculture in northern Thailand. In: *The Management of Sloping Lands for Sustainable Agriculture in Asia*. International Board for Soil Research and Management (IBSRAM), Bangkok, Thailand, 1995. p.165-204. (ASIALAND Network Document, 12)
- ARELLANO G., R. Pérdida de suelo y nutrientes en agroecosistemas de café en la subcuenca del río Castán, Trujillo-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, Mérida, v.44, n.2, p.79-86, 2000.
- ATAROFF, M.; MONASTERIO, M. Soil erosion under different management of coffee plantations in the Venezuela Andes. *Soil Technology*, Cremlingen, v.11, p.95-108, 1997.
- AWATRAMANI, N.A. Minimum tillage in coffee culture. *Indian Coffee*, Bangalore, v.38, n.7, p.176-178, 1974.

- BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, p.1453-1458, 1994.
- BERTOL, I. Índice de erosividade (EI_{30}) para Lages (SC): primeira aproximação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, p.515-521, 1993.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, p.373-379, 1989.
- BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Relações da erosão hídrica com métodos de preparo do solo, na ausência e na presença de cobertura por resíduo cultural de trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, p.187-192, 1987.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para as culturas de soja e trigo em três sistemas de preparo em um Cambissolo húmico alumínico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, p.451-461, 2001.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para o milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, p.545-552, 2002b.
- BERTOL, I.; SCHICK, J.; BATISTELA, O.; LEITE, D.; VISENTIN, D.; COGO, N.P. Erosividade das chuvas e sua distribuição entre 1989 e 1998 no município de Lages (SC). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.455-464, 2002a.
- BERTONI, J. Sistemas para determinações de perdas por erosão. *Bragantia*, Campinas, v.9, p.147-155, 1949.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 3.ed. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. *Equação de perdas de solo*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1975. 25p. (Boletim técnico, 21)

- BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JÚNIOR, R. *Conclusões gerais das pesquisas sobre conservação do solo no Instituto Agronômico*. Campinas: Instituto Agronômico, 1972. 56p. (Boletim técnico, 20)
- BEUTLER, J.F. *Erosão hídrica num Latossolo Vermelho aluminoférrico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo*. Lages, 2000. 105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Estado de Santa Catarina.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Plano diretor para a utilização dos recursos hídricos do Estado do Paraná - relatório setorial - volume J. *Capítulo 3: Atual perda bruta do solo*. Brasília, 2003. Disponível na internet (acesso em 18 de junho de 2003): http://www.hidricos.mg.gov.br/ufparana/volume_j/indice.htm.
- CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, p.251-257, 1990.
- CARVALHO, M.P.; CATÂNEO, A.; LOMBARDI NETO, F. Parâmetros de erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um Podzólico Vermelho-Amarelo de Pindorama. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.279-286, 1997a.
- CARVALHO, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J.; CATÂNEO, A. Erosividade da chuva de Mococa (SP) analisada pelo índice EI₃₀. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, p.243-249, 1989.
- CARVALHO, M.P.; PISSARA, T.C.; PAULINO, H.B. Erosividade da chuva de Selvíria (MS): distribuição, período de retorno e probabilidade de ocorrência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997b. (CD-ROM)
- CASTRO FILHO, C.; CATÂNEO, A.; BISCAIA, R.C.M. Utilização da metodologia de Wilkinson, para cálculo do potencial erosivo das chuvas em cinco localidades do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, p.240-241, 1982.

- CASTRO FILHO, C.; CAVIGLIONE, J.H.; RUFINO, R.L. Determinação do potencial erosivo das chuvas da bacia do rio Paraná. 1ª aproximação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. *Anais...* Ilhéus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. (CD-ROM)
- CATÂNEO, A.; CASTRO FILHO, C.; ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de índices de erosividade de chuvas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.6, n.3, p.236-239, 1982.
- CHAVES, I.B.; LEITE JÚNIOR, G.P.; MAIA NETO, F.F. Análise da pluviometria e da erosividade das chuvas de Patos (PB). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. (CD-ROM)
- COGO, C.M.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade das chuvas de Santa Maria, RS, determinada pelo índice EI₃₀ no período de 1963 a 2000. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 14., Cuiabá, 2002. *Anais...* Cuiabá: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. (CD-ROM)
- COGO, N.P. Conceitos e princípios científicos envolvidos no manejo de solo para fins de controle da erosão hídrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., Campinas, 1988. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.251-262.
- COLODRO, G.; CARVALHO, M.P.; ROQUE, C.G.; PRADO, R.M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, p.809-818, 2002.
- CRASWELL, E.T.; SAJJAPONGSE, A.; HOWLWTT, D.B.J.; DOWLING, A.J. Agroforestry in management of sloping land in Asia and the Pacific. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v.38, p.121-137, 1997.
- CRITCHFIELD, H.J. *General climatology*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1983. 453p.

- DE MARIA, I.C. *Razão de perdas de solo para alguns sistemas de manejo da cultura de milho*. Piracicaba, 1995. 93p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- DE MARIA, I.C.; LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.263-270, 1997.
- DE MARIA, I.C.; LOMBARDI NETO, F.; DECHEN, S.C.F.; CASTRO, O.M. Fator da equação universal de perdas de solo (EUPS) para a cultura de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., Florianópolis, 1994. *Anais...* Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p.148-149.
- DEBARBA, L. *Sistemas de produção de milho adaptados à conservação do solo*. Santa Maria, 1993. 150p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria.
- DEDECEK, R.A. Capacidade erosiva das chuvas de Brasília-DF. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo, 1978. *Anais...* Passo Fundo: CNTRIGO; EMBRAPA; SNLCS, 1978. p.157-161.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informações; RJ: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FASSBENDER, H.W. *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. 2.ed. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie de Manuales de Enseñanza, n.29, 1993. 492p.
- FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: Hydrological modeling of small watersheds. *American Society of Agricultural Engineering*, Saint Joseph, v.8, p.297-370, 1982.

- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.36, p.355-359, 1981.
- GEIB, H.V. A new type of installation for measuring soil and water losses from control plots. *Journal of the American Society of Agronomy*, Washington, D.C, v.25, p.429-440, 1933.
- GÓMEZ, A. Erosión en cafetales, bajo diferentes sistemas de manejo. *Avances Técnicos de CENICAFÉ*, Manizales, Tomo II, n.19, p.23-28, 1972.
- GÓMEZ, A. Las malezas nobles previenen la erosión. *Avances Técnicos de CENICAFÉ*, Manizales, Tomo II, n.151, p.125-128, 1990.
- GUNN, R.; KINZER, G.D. The terminal velocity of fall for water droplets. *Journal of Meteorology*, Bournemouth, Dorset, v.6, p.243-248, 1949.
- HAGEDORN, A. *Untersuchungen zur Bodenerosion in der Kaffeeregion Soconusco/Mexiko*. In: MITTEILUNGEN DER FRÄNKISCHEN GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFT, Band 42, Seite 165-181, 1995.
- HARROLD, L.L.; KRIMGOLD, D.B. Devices for measuring rates and amounts of runoff employed in soil conservation service. *Technical Publication of the Soil Conservation Service of USDA*, Washington, D.C., v.51, p.1-42, 1943.
- HUDSON, N. Raindrop size. In: *Soil Conservation*. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1971. p.50-56.
- HUDSON, N. *Soil Conservation*. 2.ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1973. 320p.
- IEA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. APTA - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Instituto de Economia Agrícola. *Banco de dados IEA*. Disponível na internet (acesso em 18 de junho de 2003): <http://www.iea.sp.gov.br/out/ibcoiea.htm>
- KOHNKE, H.; BERTRAND, A.R. *Soil Conservation*. New York: McGraw-Hill, 1959. 233p.

- KRAMER, L.A.; ALBERTS, E.E. C factors for corn under changing management. *Transactions of the ASAE*, Saint Joseph, v.29, p.1590-1596, 1986.
- LAGO, J.C. Erosividade das chuvas de Pelotas-RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 5., Porto Alegre, 1984. *Resumos...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1984. p.72.
- LAL, R. Agroforestry systems and soil surface management of a tropical Alfisol. II: water runoff, soil erosion and nutrient. *Agroforestry Systems*, Gainesville, v.8, p.97-112, 1989a.
- LAL, R. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropics versus temperate environments. *Advances in Agronomy*, New York, v.42, p.85-197, 1989b.
- LAL, R. *Soil erosion in the Tropics: principles and management*. New York: McGraw-Hill, Inc., 1990. 580p.
- LAL, R. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria: effects of mulch rates. *Geoderma*, Amsterdam, v.16, p.377-387, 1976.
- LATTANZI, A.R.; MEYER, L.D.; BAUMGARDNER, M.F. Influences of mulch rate and slope steepness on interrill erosion. *Proceedings of the Soil Science Society of America*, Madison, v.38, p.946-950, 1974.
- LAWS, J.O. Measurements of the fall-velocity of water drops and raindrops. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, v.22, p.707-721, 1941.
- LAWS, J.O.; PARSON, D.A. The relation of raindrop-size to intensity. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, v.24, p.452-460, 1943.
- LEPSCH, I.F.; VALADARES, J.M.A.S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama, (SP). *Bragantia*, Campinas, v.35, n.2, p.13-40, 1976.
- LIZASO, J. *Erosión laminar bajo diferentes coberturas y pendientes en un Palehurnult de las Cuencas Altas del Programa Guanare-Masparro*. Mérida, Venezuela: CIDIAT, 1980. 149p.

- LOMBARDI NETO, F. Cobertura morta. In: RAIJ, B. VAN; LOMBARDI NETO, F.; SATINI, H.J.; KUHN NETO, J.; MOURA, J.C. DE; DRUGOWICH, M.I.; CORSI, M.; CASTRO, O.M.; BERTONI, J. *Tecnologias para aumentar a cobertura vegetal e a infiltração de água no solo*. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada, v.3, p.59-60, 1993. (Manual técnico, 40)
- LOMBARDI NETO, F. *Rainfall erosivity: its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil*. West Lafayette, 1977. 53p. Dissertação (Mestrado) - Purdue University.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J. Tolerância de perdas de terra para solos do Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1975. 12p. (Boletim técnico, 28)
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J.; BENATTI JÚNIOR, R. Práticas conservacionistas em cafezal e as perdas por erosão em Latossolo Roxo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976a. p.581-583.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI, J.; BENATTI JÚNIOR, R. Práticas conservacionistas em cafezal e as perdas por erosão em solos podzolizados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. *Anais*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976b. p.559-562.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, Campinas, v.51, n.2, p.189-196, 1992.
- LOMBARDI NETO, F.; SILVA, I.R.; CASTRO, O.M. Potencial de erosão de chuvas no Estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3., Recife, 1980. *Anais...* Recife: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p.159.
- LOPES, P.C.R.; BRITO, L.T.L. Erosividade da chuva no Médio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, p.129-133, 1993.

- LOPES, P.R.C. *Relações da erosão com tipos e quantidades de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo*. Porto Alegre, 1984. 116p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, p.193-197, 1987.
- MAASS, J.M.; JORDAN, C.F.; SARUKAN, J. Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. *Journal of Applied Ecology*, New York, v.25, p.595-607, 1988.
- MAIA NETO, F.F.; CHAVES, I.B. Mapeamento da erosividade das chuvas da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. *Anais...* Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. (CD-ROM)
- MARGOLIS, E.; SILVA, A.B.; JACQUES, F.O. Determinação dos fatores da equação universal de perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, p.165-169, 1985.
- MARQUES, J.J.G.S.M. *Estimativas e comparações dos fatores erosividade das chuvas e erodibilidade de solos com horizonte B textural no Brasil*. Lavras, 1996. 119p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.
- MARQUES, J.J.G.S.M.; ALVARENGA, R.C.; CURI, N.; SANTANA, D.P.; SILVA, M.L.N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos serrados – primeira aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, p.427-434, 1997.
- MARQUES, J.Q.A. *Processos modernos de preparo do solo e defesa contra a erosão*. Bahia: Instituto Central de Fomento Econômico, 1950. 198p. (Boletim, 19)

- MEDEIROS, J.C. *Sistemas de culturas adaptados à produtividade, recuperação e conservação do solo*. Porto Alegre, 1985. 89p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- MEDINA, B.F.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. A aplicabilidade de alguns índices erosivos em Latossolo Amarelo de Manaus (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, p.67-70, 1987.
- MEYER, L.D.; FOSTER, G.R.; NIKOLOV, S. Effect of flow rate and canopy on rill erosion. *Transactions of the ASAE*, Saint Joseph, v.18, n.5, p.905-911, 1975.
- MISHRA, B.K.; RAMAKRISHNAN, P.S. Slash and burn agriculture at higher elevations in North-eastern India. I: Sediment, water and nutrient losses. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v.9, p.69-82, 1983.
- MORAIS, L.F.B.; MUTTI, L.S.M.; ELTZ, F.L.F. Relações entre características da chuva e perdas do solo no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.12, p.285-288, 1988.
- MORAIS, L.F.B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T.M.C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L.; WEBER, O.L.S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice EI₃₀ e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, p.339-344, 1991.
- MORGAN, R.P.C. A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model. *Catena*, Cremlingen, v.44, p. 305-322, 2001.
- MOSTAGHIMI, S.; GIDLEY, T.M.; DILLAHA, T.A.; COOKE, R.A. Effectiveness of different approaches for controlling sediment and nutrient losses from eroded land. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.49, p.615-620, 1994.
- MOURA, A.R.B.; MEDEIROS, J.F. Determinação inicial da erosividade da chuva (fator R) em 1985, em Mossoró (RN). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, p.229-231, 1987.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R.C.; MEDINA, B.F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.235-239, 1990.

- PEREIRA, H.H.G. *Índices de erosividade da chuva: distribuição e relação com a precipitação em Piracicaba - SP*. Piracicaba, 1983. 70p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- PETERSON, J.B. The relation of soil fertility to soil erosion. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.19, p.15-19, 1994.
- REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDAL, E.G.W. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. *Journal of Soil and Water Conservation*, Ankeny, v.50, n.3, p.253-261, 1995.
- REIS, P.R.; SOUSA, J.C. Manejo integrado do bicho mineiro, *Perileucoptera Coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepitdoptera: Lynetiidae), e seu reflexo na produção de café. *Anais de Sociedade Entomológica do Brasil*, Londrina, v.25, n.1, p.77-86, 1996.
- RHOTON, F.E.; BRUCE, R.R.; BUEHRING, N.W. Chemical and physical characteristics of four soil types under conventional and no-tillage systems. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v.28, n.1, p.51-61, 1993.
- RIVERA, H.; GÓMEZ, A. El sombrío de los cafetales protege los suelos de la erosión. *Avances Técnicos de CENICAFÉ*, Manizales, Tomo II, n.177, p.223-230, 1992.
- ROOSE, E.J. Application of the Universal Soil Loss Equation of Wischmeier & Smith in West Africa. In: GREENLAND, D.J.; LAL, R. *Soil Conservation and Management in the Humid Tropics*. Chichester, RU: Wiley, 1977. p.177-187. (National Soil Erosion Conference, West Lafayette, USA)
- ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P. *Distribuição da erosividade da chuva de Novo Horizonte (SP)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, DF, 1999. *Anais...* Brasília: EMBRAPA Cerrados e SBCS. (CD-ROM)
- ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P.; PRADO, R.M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência, período de retorno e correlação com o coeficiente de chuva. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.25, p.147-156, 2001.

- RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo da chuva para o Estado do Paraná: segunda aproximação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.279-281, 1986.
- RUFINO, R.L.; HENKLAIN, J.C.; BISCAIA, R.C.M. Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, p.277-280, 1985.
- SANCHEZ, P.A. *Properties and management of soils in the Tropics*. New York: John Wiley & Sons, 1976. 618p.
- SCHICK, J. *Erosão hídrica em Cambissolo Húmico álico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo*. Lages, 1999. 114p. Dissertação (Mestrado Agronomia) - Universidade do Estado de Santa Catarina.
- SCHWAB, G.O.; FREVERT, R.K.; EDMINSTER, T.W.; BARNES, K.K. *Soil and water conservation engineering*. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1981. 683p.
- SILVA, J.R.C. *A conservationist approach for Brazilian soils using a geographic information system*. Ithaca, 1990. 280p. Tese (Doutorado) - Cornell University.
- SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; MARTINS, S.G. Erosividade das chuvas na região dos tabuleiros costeiros, município de Aracruz (ES) – primeira aproximação. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. *Anais...* Ilhéus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. (CD-ROM)
- SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., Águas de Lindóia, 1996. *Anais...* Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. (CD-ROM)
- SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J.M. Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade

- de um Latossolo Vermelho-Escuro em Goiânia (GO). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, n.1, p.131-137, 1997.
- SINGER, M.J.; MATSUDA, Y.; BLACKARD, J. Effect of mulch rate on soil loss by raindrop splash. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.45, p.107-110, 1981.
- SMITH, D.D.; WISCHMEIER, W.H. Rainfall erosion. *Advances in Agronomy*, New York, v.14, p.109-148, 1962.
- SNEDECOR, J.W.; COCHRAN, W.G. *Statistical methods*, 6.ed. Ames, Iowa: The State University Press, 1976. 593p.
- SOSA, D.A. *Erosividade da chuva - distribuição e correlação com a perda de solo para Pindorama, São Paulo, Brasil*. Piracicaba, 1987. 105p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- STALLINGS, J.H. *Soil Conservation*. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1957. 575p.
- STOCKING, M.A. Assessing vegetative cover and management effects. In: LAL, R. (Ed.). *Soil erosion research methods*. Wageningen: Soil and Water Conservation Society, 1988. p.163-186.
- TAYLOR, R.E.; HAYS, O.E.; BAY, C.E.; DIXON, R.M. Corn stover mulch for control of runoff and erosion land planted to corn after corn. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.28, p.123-125, 1977.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. *The water balance*. Centertown, New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, v.8, n.1)
- VEIGA, M.; AMADO, T.J.C. Preparo do solo. In: Santa Catarina: Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. *Manual de uso, manejo e conservação do solo*. Florianópolis, 1991. 292p.

- VEIHE, A.; REY, J.; QUINTON, J.N.; STRAUSS, P.; SANCHO, F.M.; SOMARRIBA, M. Modelling of event-based soil erosion in Costa Rica, Nicaragua and Mexico: evaluation of the EUROSEM model. *Catena*, Cremlingen, v.44, p.187-203, 2001.
- VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F. Variabilidade espacial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.54, n.2, p.405-412, 1995.
- WENDLING, A.; PROCHNOW, D.; AMADO, T.J.C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R.; STRECK, C.A. Sistemas de produção agrícola visando o controle da erosão hídrica - resultados de 9 anos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. *Anais...* Ilhéus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. (CD-ROM)
- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.23, n.3, p.246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. Conservation tillage to control water erosion. In: NATIONAL CONSERVATION TILLAGE CONFERENCE, Ankeny, 1973. *Proceedings...* Ankeny: Soil Conservation Society of America, 1973. p.133-141.
- WISCHMEIER, W.H. Cropping-management factors for Universal Soil Loss Equation. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.24, p.322-326, 1960.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning*. Washington, USDA: U.S. Government Printing Office, 1978. 58p. (Agricultural Handbook, 537)
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. *Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide for selection of practices for soil and water conservation*. Washington, USDA, 1965. 47p. (Agriculture Handbook, 282)
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. *Transactions of the American Geophysical Union*, Washington, v.39, p.285-291, 1958.

WÜNSCHE, A.; DENARDIN, J.E. *Conservação e manejo dos solos*. In: Planalto Riograndense, considerações gerais: 1. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1980. 17p. (Circular técnica, 2)

ANEXOS

Anexo 1. Cafeeiro sem recepa (a) e recepado (b) em espaçamento 4 x 2 m e 2 pés por cova

a)



b)



Anexo 2. Detalhes da carpideira e do cultivador



Carpideira



Cultivador

Anexo 3. Distribuição mensal da erosividade ($Mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$) de Pindorama, SP, durante julho de 1956 e junho de 1999.

Ano	MESES												Média
	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	
1956/57	169,8	352,0	179,1	673,6	115,5	1.001,1	1.151,4	542,7	642,2	783,8	275,2	33,9	5.920,3
1957/58	97,4	237,1	118,0	112,9	590,6	835,2	659,0	604,6	230,1	321,3	752,9	346,8	4.905,9
1958/59	53,1	0	63,0	477,5	439,7	747,8	1.305,4	1.084,5	398,6	44,2	0	81,0	4.694,8
1959/60	0	19,7	51,6	1.412,9	396,6	302,8	768,6	1.679,4	113,8	0	291,6	164,7	5.201,7
1960/61	0	13,9	0	427,8	1.154,6	153,4	2.031,7	1.779,7	917,9	601,9	559,8	0	7.640,7
1961/62	0	0	0	134,0	470,0	719,9	824,7	600,6	903,9	0	0	125,1	3.778,2
1962/63	0	0	61,7	909,2	88,7	652,0	2.972,3	1.267,9	165,3	141,9	0	0	6.259,0
1963/64	0	0	0	163,3	499,2	416,2	1.505,9	1.611,9	875,3	0	124,8	0	5.196,6
1964/65	96,6	0	44,9	649,2	511,3	1.997,1	872,0	2.080,8	625,4	53,3	21,2	0	6.951,8
1965/66	64,1	0	287,5	132,4	734,7	1.536,1	1.307,5	395,1	256,2	1.875,8	220,5	0	6.809,9
1966/67	0	13,7	109,3	580,0	318,6	384,3	1.075,7	1.412,1	1.371,7	20,7	0	43	5.329,1
1967/68	0	0	332,2	219,1	762,6	697,0	717,3	179,7	152,1	73,0	0	42,9	3.175,9
1968/69	0	183,3	4,1	301,1	233,0	737,9	435,0	904,9	132,4	461,1	0	44,4	3.437,2
1969/70	0	0	36,5	593,4	703,4	906,5	1.145,5	1.226,6	416,8	94,6	15,8	128,8	5.267,9
1970/71	0	59,1	468,8	410,4	478,2	467,9	190,6	706,0	773,4	151,5	180,4	291,5	4.177,8
1971/72	102,8	0	37,0	235,1	133,4	590,5	1.290,7	2.208,4	758,4	529,5	118,3	0	6.004,1
1972/73	261,1	282,3	56,9	929,1	641,5	216,9	230,5	223,6	1.218,5	1.254,3	124,9	0	5.439,6
1973/74	18,3	0	29,3	521,9	245,9	1.878,3	718,3	619,6	942,7	0	0	46,6	5.020,9
1974/75	0	0	68,6	160,4	41,9	1.449,0	836,4	783,7	133,2	590,3	0	0	4.063,5
1975/76	65,5	0	435,3	438,9	1.284,4	1.155,0	851,8	1.024,3	1.735,0	203,3	645,8	69,4	7.908,7
1976/77	125,8	424,1	236,9	184,5	1.183,8	425,7	634,2	74,6	464,4	734,2	0	458,6	4.946,8
1977/78	0	112,7	639,9	78,0	352,7	1.565,0	976,7	817,2	445,7	0	387,6	35,9	5.411,4
1978/79	327,4	0	222,7	287,7	351,1	2.456,7	453,9	568,5	528,5	299,5	623,9	0	6.119,9
1979/80	24,7	11,8	411,8	233,8	851,2	1.214,3	894,6	423,4	964,0	1.742,1	0	292,3	7.064,0
1980/81	0	0	151,8	41,6	1.189,9	1.120,7	809,9	852,2	1.469,4	100,7	0	148,0	5.884,2
1981/82	0	0	0	1.094,8	654,9	1.028,5	2.636,7	1.570,0	1.281,1	80,9	175,8	35,5	8.558,2
1982/83	0	164,7	62,4	984,3	1.138,2	2.148,0	7.067,8	2.305,8	331,4	993,8	702,7	10,2	15.909,3
1983/84	60,0	0	527,8	900,4	621,6	1.747,3	929,0	692,4	605,0	121,7	181,5	0	6.386,7
1984/85	0	326,1	176,0	92,5	2.738,8	277,4	1.237,3	510,8	266,3	724,6	36,8	0	6.386,6
1985/86	0	0	0	10,4	725,1	752,8	1.056,5	1.199,7	1.831,0	76,4	375,2	0	6.027,1
1987/88	0	0	75,2	232,6	527,5	88,2	1.592,4	311,8	961,8	558,4	109,3	0	4.457,2
1988/89	0	0	0	194,9	58,6	1.286,8	924,1	1.945,0	957,6	98,8	993,3	83,2	6.542,3
1989/90	562,0	20,8	585,5	78,5	1.666,6	1.449,9	707,5	291,3	446,1	268,6	244,2	0	6.321,0
1990/91	73,6	79,2	70,5	18,6	388,2	1.103,2	1.724,8	492,6	565,8	765,7	0	0	5.282,2
1991/92	0	0	160,8	271,3	67,8	1.169,9	264,2	478,6	1.027,5	124,9	276,1	0	3.841,1
1992/93	5,4	20,6	338,6	502,4	455,4	221,1	386,8	711,0	364,5	1.126,3	173,6	138,1	4.443,8
1993/94	0	19,7	766,0	99,5	434,2	1.400,0	3.050,5	734,4	295,1	747,1	14,9	0	7.561,4
1994/95	59,2	0	0	630,7	1.772,1	657,1	825,8	2.041,7	52,3	744,0	26,1	26,9	6.835,9
1995/96	116,5	0	105,5	471,4	161,2	839,4	1.260,8	1.533,9	92,4	35,3	138,1	4,6	4.759,1
1996/97	0	0	229,8	15,3	725,0	673,5	1.231,0	250,6	146,6	198,7	129,3	281,9	3.881,7
1997/98	0	0	74,5	246,6	3.437,4	425,8	0	466,6	554,0	48,6	159,4	0	5.412,9
1998/99	0	79,7	459,2	726,4	373,9	2.040,8	1.568,5	730,1	233,0	98,2	48,7	59,3	6.417,8
Total	2.283,3	2.420,5	7.678,7	16.878,4	29.719,0	40.937,0	51.123,3	39.938,3	26.646,4	16.889,0	8.127,7	2.992,6	245.634,2
Dp	108,1	110,2	201,4	335,5	682,2	596,2	1.138,5	612,9	459,7	467,7	246,0	110,6	2.022,5
Epm	16,7	17,0	31,1	51,7	105,6	91,5	175,7	94,6	70,9	72,1	37,9	17,2	312,1
CV	198,9	191,3	110,1	83,5	97,4	60,5	93,5	64,4	72,5	116,3	127,1	154,1	34,6
Média	54,4	57,6	182,8	401,9	707,6	974,7	1217,2	950,9	634,4	402,1	193,5	71,3	5.848,4

Anexo 4. Distribuição mensal da precipitação pluvial (mm) de Pindorama, SP, durante julho de 1956 e junho de 1999.

Ano	MESES												Média
	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	
1956/57	83,7	59,7	108,2	151,8	26,3	171,0	324,4	236,7	171,7	139,5	64,3	17,8	1.555,1
1957/58	141,7	91,1	163,5	29,3	115,7	239,9	224,4	185,6	191,5	101,0	178,2	74,0	1.735,9
1958/59	24,8	0	68,6	173,1	112,8	192,0	324,7	199,5	143,1	36,3	8,0	28,8	1.311,7
1959/60	0	47,6	23,3	131,4	150,5	127,2	247,7	313,9	32,0	24,2	54,3	64,5	1.216,6
1960/61	0	13,6	0	122,6	272,5	180,5	358,1	383,2	187,3	96,5	136,6	0	1.750,9
1961/62	0	10,0	0	85,6	144,3	247,7	229,8	191,8	276,0	12,4	7,8	77,4	1.282,8
1962/63	6,0	13,5	36,9	185,4	14,0	253,4	442,2	164,5	68,3	40,7	0	0	1.224,9
1963/64	0	7,0	4,3	60,0	118,8	49,9	271,3	318,0	123,0	22,4	50,5	15,0	1.040,2
1964/65	49,3	7,0	47,1	94,5	117,3	388,6	273,4	400,6	218,0	39,9	38,4	11,5	1.685,6
1965/66	55,2	12,5	71,9	105,4	146,0	356,6	262,7	169,6	115,9	164,5	89,6	0	1.549,9
1966/67	0	16,4	44,6	100,9	55,7	199,7	225,8	270,0	191,9	16,5	0	0	1.121,5
1967/68	0	0	55,0	158,1	205,5	244,1	114,5	91,7	84,1	25,0	0	23,2	1.001,2
1968/69	4,5	54,4	16,2	102,5	85,3	132,5	52,7	164,9	89,2	60,5	4,5	25,3	792,5
1969/70	7,0	5,0	25,8	151,3	233,1	105,1	250,9	320,7	108,8	33,0	24,5	53,9	1.319,1
1970/71	20,5	62,2	88,9	118,6	115,7	172,5	47,3	127,6	149,0	42,0	60,3	140,2	1.144,8
1971/72	54,0	7,2	44,0	73,7	93,2	202,4	307,2	267,4	181,4	66,3	55,0	0,0	1.351,8
1972/73	113,0	64,6	65,3	202,7	103,2	138,8	122,5	47,7	194,9	129,2	48,5	31,4	1.261,8
1973/74	24,1	2,8	31,9	122,5	101,7	393,0	222,4	154,0	334,0	40,6	16,2	50,8	1.494,0
1974/75	0	0	26,7	104,3	54,9	337,4	147,2	179,4	44,1	79,0	3,3	0	976,3
1975/76	26,5	0	111,9	128,0	259,9	248,8	72,0	209,3	255,0	83,6	110,3	28,0	1.533,3
1976/77	50,0	128,1	124,0	116,0	174,2	157,5	216,7	42,7	148,5	126,3	32,7	67,4	1.384,1
1977/78	0	38,4	100,3	53,4	187,7	301,1	251,9	211,9	201,0	1,2	125,5	19,0	1.491,4
1978/79	85,0	0	81,9	88,8	174,6	534,1	138,7	249,4	142,1	73,7	86,5	0	1.654,8
1979/80	20,0	28,4	162,5	107,8	244,2	451,6	253,3	179,7	113,4	279,8	27,5	101,9	1.970,1
1980/81	0	8,3	69,6	38,0	171,5	265,2	239,4	160,5	252,0	40,1	24,2	113,3	1.382,1
1981/82	0	0,4	10,2	205,9	153,5	241,4	390,4	334,2	362,6	33,5	70,5	19,4	1.822,0
1982/83	22,9	57,2	20,0	258,9	159,4	342,2	558,5	357,1	151,3	183,2	164,3	29,3	2.304,3
1983/84	56,2	0	182,9	192,6	156,2	231,8	206,1	104,2	119,7	158,6	16,3	2,4	1.427,0
1984/85	1,8	1,4	1,1	15,9	199,6	193,6	237,0	203,8	245,4	43,7	134,7	3,2	1.281,2
1985/86	53,0	89,9	18,0	41,6	76,9	411,5	369,6	300,2	79,6	31,6	170,2	19,7	1.661,8
1987/88	22,3	7,6	65,6	88,9	247,0	83,6	366,1	160,1	127,0	80,8	57,0	3,0	1.309,0
1988/89	0	0	0	136,6	93,4	166,8	474,9	392,5	254,7	16,0	185,2	65,6	1.785,7
1989/90	60,9	33,0	109,2	46,6	157,2	415,2	236,0	104,0	256,8	90,0	79,9	3,2	1.592,0
1990/91	25,7	82,0	46,6	60,0	133,4	188,0	418,4	166,4	295,2	146,8	22,6	5,8	1.590,9

Anexo 5: Perdas totais de terra em cafeeiro sem recepa em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972.

Tratamentos	Meses											
	0 - 12	12 - 24	24 - 36	36 - 48	48 - 60	60 - 72	72 - 84	84 - 96	96 - 108	108 - 120	120 - 132	132 - 144
	Perdas totais de terra, Mg ha⁻¹ ano⁻¹											
Solo descoberto	58,83	29,09	38,88	38,85	53,53	52,44	41,03	24,45	26,47	36,24	19,32	46,23
3 x 0,5 m	3,75	18,13	18,53	13,59	5,14	0,04	1 10 ⁻³	0,01	zero	0,12	zero	0,07
3 x 1 m	1,53	14,24	8,45	9,39	3,96	0,05	2 10 ⁻³	0,02	zero	0,13	zero	0,27
3 x 2 m	2,44	17,81	6,93	10,43	5,48	0,03	2 10 ⁻³	0,03	0,10	0,10	zero	0,33
3 x 3 m	2,78	24,39	7,87	15,44	10,75	0,07	0,01	0,03	0,14	0,13	zero	0,40
4 x 2 m	2,36	15,03	8,92	11,58	5,80	0,07	0,01	0,02	3 10 ⁻³	0,09	zero	0,15
Cordões em contorno	5,23	7,99	6,05	4,21	1,76	0,03	zero	0,02	0,01	0,15	zero	0,19
Sem arruação	2,67	23,26	12,05	18,06	13,94	0,09	0,01	0,02	0,18	0,26	zero	0,26
Alternância de capinas	5,58	4,34	15,69	11,00	1,14	0,03	4 10 ⁻³	0,02	zero	0,38	zero	2,84
Grade de discos	2,83	45,58	37,48	24,80	2,61	0,03	4 10 ⁻³	0,02	zero	1,95	0,02	0,71
Adubação verde anual	1,49	3,11	2,52	13,72	3,08	0,02	zero	0,01	zero	5,60	zero	0,30
Acolchoamento alternado com palha de capim	2,04	0,92	0,13	zero	0,06	4 10 ⁻³	zero	0,01	zero	0,04	zero	0,24
Cultivo mecânico	2,36	18,15	75,02	148,35	45,56	0,04	0,01	0,02	0,14	0,24	zero	0,19
Cultivo com herbicida	2,36	8,28	37,90	95,68	9,14	0,01	0,01	0,01	0,22	0,19	zero	1,39
Cobertura de palha de capim com adubação reduzida	1,08	0,72	0,09	zero	zero	zero	zero	3 10 ⁻³	zero	zero	zero	zero

Anexo 6. Perdas totais de água no cafeeiro sem recepa em Pindorama, SP, de julho de 1960 a junho de 1972.

Tratamentos	Meses											
	0 - 12	12 - 24	24 - 36	36 - 48	48 - 60	60 - 72	72 - 84	84 - 96	96 - 108	108 - 120	120 - 132	132 - 144
	Perdas de água, mm ano⁻¹											
3 x 0,5 m	17,05	46,47	59,83	36,56	31,75	2,23	0,65	1,27	0,02	0,92	0,56	7,16
3 x 1 m	7,78	31,50	51,72	24,92	24,19	3,37	0,87	1,84	0,21	0,87	0,36	7,84
3 x 2 m	19,46	44,90	36,98	30,79	38,58	1,82	0,95	2,28	0,38	0,99	0,44	6,31
3 x 3 m	27,55	64,66	52,63	57,57	60,37	4,44	1,55	4,44	2,27	2,44	1,47	10,70
4 x 2 m	31,67	51,18	71,61	54,57	40,82	5,55	1,36	4,21	1,17	1,24	0,50	8,48
Cordões em contorno	64,30	13,57	7,65	8,07	7,96	2,47	0,68	3,42	1,09	1,46	0,36	8,21
Sem arruação	44,52	63,89	78,92	63,20	84,87	5,63	2,99	2,50	1,82	3,81	0,48	8,05
Alternância de capinas	61,83	28,73	102,85	54,71	48,99	2,29	0,91	2,94	1,27	1,90	0,28	23,64
Grade de discos	36,77	76,61	139,93	58,14	27,15	2,76	1,09	1,65	0,65	2,73	0,36	11,54
Adubação verde anual	18,68	5,43	28,32	166,09	33,55	1,28	0,82	1,77	0,97	12,80	1,25	12,57
Acolchoamento alternado com palha de capim	11,41	4,40	0,70	0,01	0,65	0,67	0,85	1,95	0,20	1,88	0,52	7,22
Cultivo mecânico	39,94	63,43	80,58	143,21	25,84	2,70	1,56	2,47	2,46	21,22	4,55	7,87
Cultivo com herbicida	31,62	49,94	20,33	46,48	165,94	2,36	1,23	2,37	0,47	0,86	2,76	17,83
Cobertura de palha de capim com adubação reduzida	8,46	1,53	0,54	0,00	0,21	0,02	0,16	1,07	0,20	0,37	zero	3,33

Anexo 7. Perdas totais de terra em cafeeiro recepado em Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981.

Tratamentos	Meses								
	0 - 12	12 - 24	24 - 36	36 - 48	48 - 60	60 - 72	72 - 84	84 - 96	96 - 108
	Perdas de terra, Mg ha⁻¹ ano⁻¹								
Solo descoberto	37,83	38,52	31,79	64,62	34,73	43,05	44,89	41,60	31,75
3 x 0,5 m	0,31	3,34	1,32	17,71	zero	zero	0,29	0,04	0,12
3 x 1 m	0,26	1,36	3,58	21,49	zero	zero	zero	0,12	0,14
3 x 2 m	0,41	2,89	1,50	23,75	zero	zero	1,05	0,10	0,66
3 x 3 m	1,76	8,01	3,60	17,44	zero	0,02	0,47	0,14	0,70
4 x 2 m	1,25	5,03	4,32	22,34	zero	zero	2,57	0,47	1,97
Cordões em contorno	1,47	17,16	6,21	12,12	zero	zero	1,26	10,62	3,15
Sem arruação	1,15	14,95	5,29	38,34	zero	zero	1,07	0,34	9,19
Alternância de capinas	0,61	9,36	7,73	18,35	zero	zero	0,24	0,69	1,76
Grade de discos	0,55	17,45	5,39	35,91	zero	zero	1,28	11,05	8,98
Adubação verde anual	1,07	11,16	1,30	17,75	zero	0,001	0,26	0,19	0,53
Acolchoamento alternado com palha de capim	0,60	8,57	0,53	zero	zero	zero	0,23	zero	zero
Cultivo mecânico	1,31	10,83	3,76	11,21	zero	zero	4,49	1,87	6,64
Cultivo com herbicida	2,80	35,64	0,05	29,33	0,01	0,02	1,45	14,00	4,58
Cobertura de palha de capim com adubação reduzida	zero	19,35	0,05	0,01	zero	zero	0,15	0,30	zero

Anexo 8: Perdas totais de água em cafeeiro recepado em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981.

Tratamentos	Meses									
	0 - 12	12 - 24	24 - 36	36 - 48	48 - 60	60 - 72	72 - 84	84 - 96	96 - 108	
	Perdas de água, mm ano⁻¹									
3 x 0,5 m	4,55	22,38	7,75	40,19	1,99	9,99	9,53	13,60	3,44	

Anexo 9. Rendimento do cafeeiro sem recepa (Mg ha^{-1}) em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP, de setembro de 1972 a agosto de 1981. CC: cordões em contorno, AS: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

Ano agrícola	Tratamentos													
	3 x 0,5 m	3 x 1 m	3 x 2 m	3 x 3 m	4 x 2 m	CC	SA	GD	AV	CM	AA	CH	AC	CA
1962/63	2.284	2.577	2.358	915	1.826	1.784	568	688	693	1.519	996	1.281	1.004	968
1963/64	670	428	532	385	163	358	128	295	199	280	58	64	47	45
1964/65	6.488	6.583	6.970	5.179	4.680	5.575	3.856	4.941	4.016	5.047	3.605	3.642	3.432	3.573
1965/66	37	117	203	312	576	740	882	519	906	833	385	616	556	181
1966/67	4.119	3.872	3.719	3.027	4.808	3.695	4.398	4.634	3.669	6.445	4.682	3.315	2.170	3.307
1967/68	4.336	4.420	3.914	2.414	2.505	2.218	1.876	1.645	2.469	1.904	2.261	3.423	2.400	3.100
1968/69	3.385	4.552	4.243	4.729	3.349	4.347	3.534	3.225	2.728	4.536	2.996	2.740	1.828	2.197
1969/70	951	808	874	776	706	561	570	507	341	470	347	274	694	437
1970/71	3.510	4.006	4.138	4.363	4.040	4.821	3.928	3.446	4.064	5.004	3.709	4.147	3.626	2.927
1971/72	3.298	3.740	4.484	4.830	5.009	4.591	5.065	5.603	5.105	4.499	5.620	5.437	5.937	4.643
Média	2.908	3.110	3.144	2.693	2.766	2.869	2.481	2.550	2.419	3.054	2.466	2.494	2.169	2.138

Anexo 10. Rendimento do cafeeiro recepado (Mg ha^{-1}) em Argissolo Vermelho-Amarelo de Pindorama, SP. CC: cordões em contorno, AS: sem arruação, GD: grade de discos, AV: adubação verde anual, CM: cultivo mecânico, AA: acolchoamento alternado com palha de capim, CH: cultivo com herbicidas, AC: alternância de capinas e CA: cobertura de palha de capim com adubação reduzida.

Ano agrícola	Tratamentos													
	3 x 0,5 m	3 x 1 m	3 x 2 m	3 x 3 m	4 x 2 m	CC	SA	GD	AV	CM	AA	CH	AC	CA
1973/74	1.473	2.198	2.188	1.516	975	1.767	1.282	1.046	1.291	1.326	1.119	1.340	1.043	1.455
1974/75	2.570	3.974	6.039	2.797	1.890	2.119	1.813	2.719	3.864	2.724	3.610	2.122	1.730	1.626
1975/76	1.966	2.337	1.895	2.097	2.019	2.138	1.195	1.129	1.298	1.420	1.249	1.411	1.177	1.201
1976/77	4.623	5.533	6.024	4.113	4.316	4.735	3.191	4.166	4.374	3.849	3.888	3.080	3.416	4.072
1977/78	2.811	3.313	3.059	3.143	2.635	2.393	1.189	2.096	3.213	2.927	2.159	2.006	1.121	4.086
1978/79	83	140	333	378	448	582	346	589	1.683	1.216	1.779	429	474	1.299
1979/80	427	618	1.423	2.207	2.620	2.709	1.000	1.033	2.182	2.440	1.377	1.888	1.132	2.680
1980/81	5.130	5.675	4.980	2.830	2.370	2.690	3.165	3.505	6.655	4.875	2.445	3.555	3.610	3.835
Média	2.385	2.974	3.243	2.385	2.159	2.392	1.648	2.035	3.070	2.597	2.203	1.979	1.713	2.532

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)