

SEÇÃO VI - MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA

RAZÃO DE PERDAS DE TERRA E FATOR C DA CULTURA DO CAFEIEIRO EM CINCO ESPAÇAMENTOS, EM PINDORAMA (SP)⁽¹⁾

Daniel Prochnow⁽²⁾, Sonia Carmela Falci Dechen⁽³⁾,
Isabella Clerici De Maria⁽³⁾, Orlando Melo de Castro⁽³⁾
& Sidney Rosa Vieira⁽³⁾

RESUMO

A literatura brasileira é escassa em dados sobre perdas de terra e água por erosão hídrica em culturas perenes, embora tais dados sejam imprescindíveis ao planejamento conservacionista e estudos de modelagem de erosão. Dados de um experimento de perdas de terra e água sob chuva natural em Pindorama (SP), de julho de 1960 a junho de 1972, foram usados para o cálculo da razão de perdas de terra (RPT) e do fator C da equação universal de perdas de solo, em cinco espaçamentos na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Foram estabelecidas parcelas com espaçamentos de 3,0 x 0,5 m, 3,0 x 1,0 m, 3,0 x 2,0 m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 2,0 m em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico textura arenosa/média com declividade média de 0,100 m m⁻¹. O ciclo da cultura foi dividido em dois estádios: do plantio aos 60 meses e dos 60 aos 144 meses. Os resultados mostraram que: (a) as perdas anuais de terra e água para a cultura do cafeeiro foram de 4 Mg ha⁻¹ e 18 mm respectivamente; (b) os valores de RPT para o cafeeiro foram de 0,1346, 0,0883, 0,1015, 0,1422 e 0,1001 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha, para os espaçamentos 3,0 x 0,5 m, 3,0 x 1,0 m, 3,0 x 2,0 m, 3,0 x 3,0 m e 4,0 x 2,0 m respectivamente; (c) a magnitude do fator C, para os referidos espaçamentos, foi, respectivamente, de 0,1354, 0,0866, 0,0995, 0,1412 e 0,1004 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha; (d) as RPTs e os fatores C variaram amplamente entre os espaçamentos, bem como e, mais expressivamente, entre os estádios da cultura, indicando forte efeito do espaçamento e da cobertura vegetal; (e) o espaçamento 3,0 x 1,0 mostrou-se mais eficiente na redução da erosão hídrica na cultura do cafeeiro.

Termos de indexação: erosão hídrica, manejo conservacionista, equação universal de perdas de solo.

⁽¹⁾ Trabalho apresentado no XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, em julho de 2003. Recebido para publicação em junho de 2003 e aprovado em novembro de 2004.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Mestre em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico, Área de Gestão de Recursos Agroambientais. Control Union Warronts Ltda. Av. Brigadeiro Faria Lima, 1485, cj71 - Torre Norte, Jardim Paulistano, CEP 01452-002 São Paulo (SP). Bolsista da CAPES. E-mail: danprochnow@bol.com.br

⁽³⁾ Pesquisador Científico do Instituto Agronômico - IAC. Caixa Postal 28, CEP 13020-902 Campinas (SP). E-mails: dechen@iac.sp.gov.br; icdemaria@iac.sp.gov.br; omcastro@iac.sp.gov.br; sidney@iac.sp.gov.br

SUMMARY: *SOIL LOSS RATIO AND C FACTOR FOR COFFEE PLANTATIONS IN FIVE SPACINGS IN PINDORAMA, STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL*

Brazilian literature lacks data on soil and water loss by water erosion in perennial crops although such data would be essential for conservation planning and erosion modeling studies. Data of soil and water loss under natural rainfall (July 1960 to June 1972) in Pindorama, State of São Paulo, Brazil, 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 spacings (3.0 x 0.5 m, 3.0 x 1.0 m, 3.0 x 2.0 m, 3.0 x 3.0 m, and 4.0 x 2.0 m). The crop cycle was divided in two stages: from planting to 60 months and from 60 to 144 months, on an Arenic Ultic Orthoxic Tropudalf with an average slope of 0.100 m m⁻¹. Results showed that: (a) the annual average soil and water losses for coffee plantations are 4 Mg ha⁻¹ and 18 mm respectively; (b) the SLR values for the coffee tree are 0.1346, 0.0883, 0.1015, 0.1422, and 0.1001 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha for the spacings 3.0 x 0.5 m, 3.0 x 1.0 m, 3.0 x 2.0 m, 3.0 x 3.0 m, and 4.0 x 2.0 m respectively; (c) the C Factor values for the same spacing are, respectively, 0.1354, 0.0866, 0.0995, 0.1412 and 0.1004 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha; (d) the SLRs and C Factor values varied greatly among the spacings as well as among the crop phases, indicating a strong effect of the row spacing and plant cover; (e) the spacing of 3.0 x 1.0 was the most effective to control water erosion in coffee.

Index terms: water erosion, conservation tillage, USLE.

INTRODUÇÃO

A manutenção da capacidade produtiva dos solos do estado de São Paulo é limitada por fatores adversos, destacando-se a erosão hídrica, principal responsável pela degradação dos solos agrícolas. Assim, é importante estimá-la antes da instalação das culturas, principalmente perenes, pois possibilita a escolha antecipada de práticas e sistemas de manejo conservacionistas adequados, objetivando manter a erosão hídrica em níveis baixos.

A predição da erosão hídrica visando ao planejamento de uso da terra é importante, pois possibilita comparar as perdas efetivas de terra com a tolerância de perda permitida para determinado solo, tanto do ponto de vista agrícola, quanto ambiental. Para tanto, é necessário quantificar os fatores envolvidos na modelagem de erosão hídrica e, posteriormente, validar o modelo para cada local e condição edafoclimática.

A equação universal de perdas de solo (EUPS) é um modelo empírico que possibilita prever a perda média anual de terra por erosão hídrica, com base no conhecimento dos fatores locais que influenciam a erosão: erosividade da chuva e enxurrada a ela associada (fator R), susceptibilidade natural do solo à erosão (fator K), associação do comprimento da rampa e percentagem do declive (fator LS), cobertura e manejo do solo (fator C) e práticas conservacionistas de suporte (fator P) (Wischmeier & Smith, 1978).

Nos EUA, a EUPS foi, por longo tempo, utilizada no planejamento conservacionista das propriedades

agrícolas para definir práticas conservacionistas e sistemas de manejo do solo adequados (Murphree & Mutchler, 1980). Atualmente, a EUPSR (RUSLE - Revised Universal Soil Loss Equation) é o modelo adotado e tem, como base principal, os mesmos dados utilizados pela EUPS (Renard et al., 1997). Naquele país, seu uso é obrigatório pelos produtores que usufruem incentivos oferecidos pelos órgãos oficiais.

No Brasil, tanto EUPS como EUPSR não vêm sendo utilizadas sistematicamente por falta de dados para dimensionar seus fatores, dificultando, assim, seu uso com segurança. Esforços iniciais concentrados para o uso da EUPS pelos extensionistas estão ocorrendo principalmente no estado de Santa Catarina, com o treinamento de técnicos e publicação de um manual prático para sua utilização (Pundek, 1994).

O fator C da EUPS, para determinada cultura, é o somatório dos produtos da razão de perda de terra (RPT) pela fração do índice de erosividade (FEI₃₀) de cada estágio da cultura (Wischmeier & Smith, 1978). A RPT é o quociente da perda de terra ocorrida em determinado sistema de manejo pela ocorrida num solo sem cultura e descoberto, variando, portanto, de zero a um. A FEI₃₀ também varia de zero a um, significando a percentagem do índice de erosividade que produziu a erosão utilizada no cálculo da respectiva RPT dentro de cada estágio. Assim, o fator C da EUPS varia de zero a um, aproximando-se de zero, nos sistemas de manejo conservacionistas, e de um, nos sistemas não-conservacionistas.

O fator C varia de acordo com a erosividade e com a erodibilidade, para cada cultura e tipos de manejo ou cultivo do solo. Portanto, há grande dificuldade na determinação desse fator, em virtude das muitas combinações possíveis de erosividade, cultura, sistemas de cultivo, tipos de preparo e manejo e tipos de solo.

Rufino et al. (1985), estudando a influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo no estado do Paraná, encontraram RPT média de $0,6125 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}$, nos primeiros 62 meses, e fator C de $0,6568 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}$, para a cultura. Nesse mesmo estudo, os autores relataram perdas médias de terra de 68 Mg ha^{-1} nos primeiros 62 meses, as quais decresceram anualmente após o plantio. Essa redução ocorreu pela interferência das práticas de aruação e esparramação e, principalmente, pelo crescimento das plantas que ofereceram maior cobertura vegetal ao solo.

Biscaia & Osaki (1994), também no Paraná, observaram perdas médias de terra de 30 Mg ha^{-1} em cafeeiro e 80 Mg ha^{-1} no solo descoberto. Esses autores determinaram o fator C para a cultura, encontrando um valor médio de $0,375 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}$ naquelas condições, que, como relatado, era 50 % inferior ao para a cultura da batata ($0,75 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ Mg}^{-1} \text{ ha}^{-1}$).

Lombardi Neto et al. (1976), em Latossolo Vermelho de Ribeirão Preto (SP), observaram perdas anuais de terra, nos primeiros cinco anos, inferiores a $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ para cafeeiro com diversos espaçamentos. Após os cinco anos, as perdas anuais foram inferiores a $0,1 \text{ Mg ha}^{-1}$. Os mesmos autores determinaram os primeiros sessenta meses como sendo o período crítico com relação às perdas de terra e água em cafeeiro.

Na Venezuela, Arellano G. (2000), trabalhando em cafeeiros com quatro anos de idade, cultivados sem sombreamento, em declive de $0,370 \text{ m m}^{-1}$ e espaçamento de 1,6 m, na entrelinha, e 1,2 m, na linha, encontrou perdas de terra de $0,31 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, consideradas baixas, levando-se em conta o alto declive da área em estudo em comparação com as perdas obtidas por Gómez, em 1972, em condições similares, como citado pela autora.

O objetivo deste trabalho foi, além de determinar as perdas de terra e água, calcular a RPT e o fator C para a cultura do cafeeiro com diversos espaçamentos nas linhas e entrelinhas, em condições de chuva natural, em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico. Além de permitir a escolha de espaçamentos que auxiliem no controle das perdas, o trabalho pretendeu obter fatores para predição da perda de terra na região de Pindorama, com a utilização da EUPS.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na então Estação Experimental de Pindorama do Instituto

Agrônomo (IAC) situada no planalto ocidental a oeste do estado de São Paulo, hoje sede do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Norte, da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), de julho de 1960 a junho de 1972. A referida Estação situa-se nas coordenadas $48^{\circ} 55'$ de longitude Oeste de Greenwich e $21^{\circ} 13'$ de latitude Sul, com altitude que varia de 498 a 594 m acima do nível do mar. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, apresentando precipitação pluvial média anual de 1.444 mm. O solo da área experimental, descrito por Lepsch & Valadares (1976), é, segundo a classificação brasileira (Embrapa, 1999), um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico textura arenosa/média A moderado e apresenta declividade média de $0,10 \text{ m m}^{-1}$.

Os tratamentos de espaçamentos na entrelinha e na linha da cultura do cafeeiro não tiveram repetição no campo (Quadro 1). A adubação foi igual em todas as parcelas, sendo realizada de três a quatro vezes por ano, em setembro, dezembro, fevereiro e início de abril, constituindo-se basicamente de sulfato de amônio, superfosfato e cloreto de potássio. O adubo foi espalhado na superfície do solo e sob a copa dos cafeeiros. O manejo das plantas invasoras nas entrelinhas ocorreu durante a estação chuvosa, com capina manual, não tendo sido feito seu controle na estação seca.

As unidades experimentais constituíram-se de cinco parcelas com dimensões de 20 m de largura e 50 m de comprimento no sentido do declive, totalizando uma área de 1.000 m^2 . Para coletar o material erodido em cada chuva, instalou-se, na parte inferior das parcelas, uma soleira concentradora que conduzia a enxurrada até um primeiro tanque, no qual a terra arrastada depositava-se por decantação. O primeiro tanque era ligado a um segundo por meio de um divisor de janelas de 1/11 do tipo idealizado por Geib (1933) e

Quadro 1. Tratamentos de espaçamentos de cafeeiro, com número de plantas por cova e de covas por 1.000 m^2

Espaçamento	Número de plantas/cova	Número de covas/ 1.000 m^2
m		
3,0 x 0,5	1	663
3,0 x 1,0	2	323
3,0 x 2,0	4	170
3,0 x 3,0	4	119
4,0 x 2,0	4	130

Harrold & Krimgold (1943), e este, por sua vez, era conectado a um terceiro tanque por divisor Geib 1/5.

As perdas de terra foram determinadas em intervalos de 24 h. Após cada chuva, a altura da enxurrada foi mensurada em cada caixa e a terra da caixa de decantação, pesada. No início do experimento, foram tiradas amostras de água para determinar a concentração de sedimento na água da enxurrada em todos os tratamentos. Descrições mais detalhadas do procedimento para as medições das perdas de terra nos sistemas coletores, bem como os cálculos para obtenção das perdas, estão em Bertoni (1949). Os resultados foram calculados com utilização de programa em linguagem Basic, sendo os valores, totalizados por dia, mês e ano agrícola, expressos em Mg ha^{-1} .

Para calcular a erosividade (EI_{30}), estudaram-se chuvas erosivas individuais, conceituadas por Wischmeier (1959) e Wischmeier & Smith (1978). A energia cinética e a intensidade foram calculadas por meio de programa computacional proposto por Catâneo et al. (1982), com os resultados expressos em unidade métrica, conforme sugerido por Foster et al. (1981).

Para obter o fator C, os estádios durante o ciclo das culturas devem ser estabelecidos, considerando-se a percentagem de cobertura do solo (Wischmeier & Smith, 1978). Contudo, na época deste experimento, esse procedimento não era adotado. Assim, para estabelecer os referidos estádios, observou-se o período crítico para as perdas de terra em trabalho publicado por Lombardi Neto et al. (1976), sendo então o ciclo da cultura dividido em dois estádios, o primeiro correspondente aos 60 meses iniciais após o plantio e o segundo, dos 60 meses em diante.

Para o cálculo da RPT são necessários os valores de perdas de terra de parcela descoberta nas mesmas condições do solo do experimento. Utilizaram-se os fatores R, K e LS da EUPS para a estimativa desses valores de perdas de terra; para o fator LS, empregou-se a equação de Bertoni & Lombardi Neto (1990) e, para o fator K, utilizou-se o valor determinado por Carvalho et al. (1997). Esse procedimento baseou-se no também adotado por Wischmeier (1960) e Mutchler & Greer (1984), quando não havia dados de uma parcela-padrão, para determinação do fator C.

A RPT anual em cada estádio do ciclo da cultura é o quociente entre as perdas de terra ocorridas no tratamento com determinado espaçamento e as estimadas para a parcela descoberta. Para a obtenção da RPT para cada estádio, fez-se a soma das RPTs anuais, dividindo-se pelo número de anos do referido estádio. Para a RPT da cultura em cada espaçamento, somaram-se todas as RPTs e dividiu-se o valor pelos anos de observação. A FEI_{30} anual, em cada estádio do ciclo da cultura, é o quociente do valor da erosividade que causou a perda de terra

em cada ano pelo valor total da erosividade em cada estádio. O fator C, para cada estádio durante o ciclo da cultura, foi calculado pelo somatório dos valores anuais do fator C. Já para o fator C e espaçamento, usou-se a média dos valores dos estádios de 0 a 60 meses e de 60 a 144 meses.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas médias anuais de terra (Quadro 2), estimadas, foram altas para o solo descoberto - $39,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ -, considerando a tolerância de perdas para esse solo, de $4,5 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Lombardi Neto & Bertoni, 1975). Esses dados comprovam que esse solo é susceptível à erosão hídrica quando mantido sem cobertura na superfície nos meses mais chuvosos e de erosividade mais elevada. Essas perdas, porém, são menores que as encontradas por Biscaia & Osaki (1994), de $80 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e por Wendling et al. (2000), de $157 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em Argissolo Vermelho-Amarelo com $0,055 \text{ m m}^{-1}$ de declividade em Santa Maria (RS). Tal fato se explica pelas diferenças pedológicas e principalmente climáticas existentes entre essas localidades.

A cultura do cafeeiro reduziu significativamente as perdas de terra em relação às da parcela descoberta, em todos os espaçamentos (Quadro 2). A redução média foi de 78 % nos primeiros 60 meses, que é o período crítico, e de quase 100 % no estádio dos 60 aos 144 meses. Tais reduções são semelhantes às encontradas por Bertol et al. (1989). Esses autores estudaram sistemas de manejo de solo, com e sem

Quadro 2. Perdas médias anuais de terra em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de Pindorama (SP), em dois estádios da cultura do cafeeiro, no período de julho de 1960 a junho de 1972

Espaçamento	Perda de terra ^{ns}			
	Meses		Meses	
	0-60	60-144	0-60	60-144
m	- $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ -		- % ⁽¹⁾ -	
3,0 x 0,5	11,83	0,03	27,0	0,1
3,0 x 1,0	7,51	0,07	17,1	0,2
3,0 x 2,0	8,62	0,08	19,7	0,2
3,0 x 3,0	12,24	0,11	27,9	0,3
4,0 x 2,0	8,74	0,05	19,9	0,1
Solo descoberto	43,84	35,17	100	100
Erosividade ⁽²⁾	5.693	4.567	-	-

⁽¹⁾ Percentagem em relação ao solo descoberto. ⁽²⁾ $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. ^{ns} diferença, entre os tratamentos, não-significativa pelo teste Duncan ($\alpha = 0,15$).

cobertura, e encontraram redução de 89 % nas perdas de terra naqueles em que a cobertura da superfície do solo, proporcionada por resíduos vegetais, foi da ordem de 60 %.

As perdas de terra nos tratamentos com café foram relativamente baixas - 12,24 Mg ha⁻¹ no espaçamento 3,0 x 3,0 m - independentemente dos espaçamentos (Quadro 2). As perdas elevadas no espaçamento 3,0 x 0,5 m - 11,83 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ -, apesar de não diferirem estatisticamente das dos outros tratamentos, possivelmente devem-se ao fato de haver maior número de covas por área, a que promoveu maior movimentação do solo na implantação da cultura, deixando-o susceptível ao arraste pela enxurrada.

Tal fato pode ser atribuído à proteção do solo proporcionada pela cultura, especialmente após os 60 meses. Essas perdas foram superiores, principalmente nos primeiros 60 meses, às relatadas por Lombardi Neto et al. (1976), em Latossolo de Ribeirão Preto (SP), para tratamentos idênticos.

Distintamente das perdas de terra, diferenças significativas entre os tratamentos, com relação às perdas de água, ocorreram nos primeiros 60 meses (Figura 1). 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 café levam mais tempo para recobrir totalmente o solo, pois cada planta tem uma área maior para desenvolvimento e conseqüente proteção (9 e 8 m² respectivamente). Os espaçamentos de 3 x 3 e 4 x 2 m diferiram estatisticamente do 3 x 1 e do 3 x 2 m. Esses dados discordam parcialmente dos encontrados por Lombardi Neto et al. (1976), 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 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 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. 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 café. Hagedorn (1995), no México, constatou que os cafés cultivados com sombra densa interceptaram 21 % da chuva, cafés com pouca sombra 14 % e cafés sem sombra 12 %. Ou seja, boa parte da precipitação não atinge a superfície do solo, e o restante tem condições favoráveis para

infiltrar, motivo pelo qual se reduz 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.

A erosividade das chuvas (Quadro 3) apresentou grande variação anual dentro de cada estágio, da mesma forma que as perdas de terra na parcela descoberta. Dessa forma, a erosividade variou de 27 a 13 % (FEI₃₀ = 0,2684 a 0,1327), entre as observações anuais no primeiro estágio (60 meses). Já no segundo estágio (60-144 meses), a erosividade variou de 21 a 8 % (FEI₃₀ = 0,2130 a 0,0785). Essa variação na distribuição temporal da erosividade das chuvas é normal e decorrente da variação climática, confirmando que pesquisas nesse sentido necessitam de um longo prazo de avaliação (Wischmeier & Smith, 1978).

Refletindo os valores dos totais anuais de perdas de terra, os valores de RPT (Quadro 3) variaram amplamente entre os anos dentro de cada estágio e, principalmente, entre estágios. No primeiro estágio, as RPTs variaram de 0,3372 a 0,2097 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha, demonstrando a influência dos espaçamentos. No entanto, esses valores de RPT divergiram do encontrado por Rufino et al. (1985), no Paraná, que foi de 0,6125 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha para os primeiros 62 meses após o plantio do café, em espaçamento de 4,0 x 2,0 m. No segundo estágio, as RPTs variaram de 0,0028 a 0,0008 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha, bastante inferiores aos valores observados no primeiro estágio, pois é esperado que as RPTs diminuam à medida que a cultura se desenvolve e passe a proteger o solo pelo aumento da cobertura.

Observou-se que a maior RPT para o café ocorreu no espaçamento 3 x 3 m, justamente o tratamento que tem o maior espaçamento nas linhas e maior área útil por planta

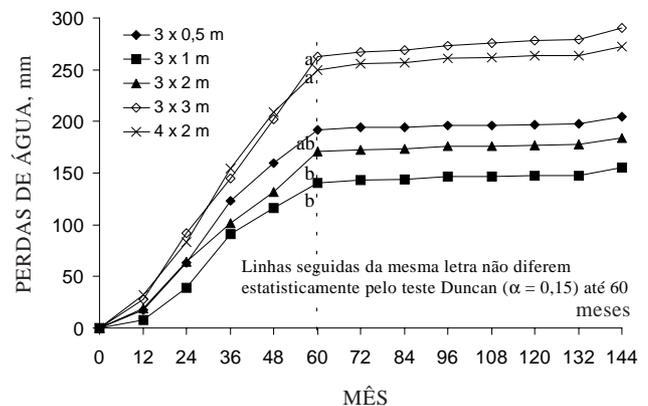


Figura 1. Perdas acumuladas de água em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de Pindorama (SP), com a cultura de café, de julho de 1960 a junho de 1972. Precipitação total: 14.462 mm.

Quadro 3. Precipitação pluvial (Prec.), perdas de terra no solo descoberto (Desc.), fração do índice de erosividade (FEI_{30}), razão de perda de terra (RPT) e fator C (C) para cafeeiro plantado em cinco espaçamentos em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de Pindorama (SP)

Estádio	Ano	Prec.	Desc.	FEI_{30}	Espaçamento (m)									
					3,0 x 0,5		3,0 x 1,0		3,0 x 2,0		3,0 x 3,0		4,0 x 2,0	
					RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C	RPT	C
		mm	Mg ha ⁻¹	- ⁽¹⁾	Mg ha ⁻¹ Mg ⁻¹ ha									
0 a 60 meses	1960/61	1.751	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	1.283	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	1.028	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	1.040	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	1.686	53,53	0,2442	0,0960	0,0234	0,0740	0,0181	0,1024	0,0250	0,2008	0,0490	0,1084	0,0265
Total		6.787	219,18	1,0000	0,3219	0,2698	0,2097	0,1714	0,2406	0,1966	0,3372	0,2793	0,2385	0,1993
60 a 144 meses	1965/66	1.550	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	1.122	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	1.001	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	1.158	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	1.352	46,23	0,1878	0,0015	0,0003	0,0058	0,0011	0,0072	0,0013	0,0086	0,0016	0,0033	0,0006
Total		7.674	246,18	1,0000	0,0008	0,0009	0,0016	0,0019	0,0022	0,0024	0,0028	0,0031	0,0012	0,0014
Média		1.205	38,78	1,0000	0,1346	0,1354	0,0883	0,0866	0,1015	0,0995	0,1422	0,1412	0,1001	0,1004

⁽¹⁾ FEI_{30} : MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

(9 m²). Já a menor RPT foi encontrada no tratamento 3 x 1 m, sendo o que controlou melhor a perda de terra. O espaçamento 3 x 0,5 m, que contém maior número de covas (Quadro 1), apresentou RPT semelhante ao do 3 x 3 m; isso se justifica pelo maior revolvimento do solo no momento do plantio e nas operações de cultivo, com o conseqüente aumento das perdas de terra.

O fator C (Quadro 3) foi calculado utilizando-se as razões de perdas de terra e as frações do índice de erosividade. Para o primeiro estágio, o fator C variou de 0,2793 a 0,1714 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha. Esses valores discordam do apresentado por Rufino et al. (1985), ou seja, 0,6568 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha, para os primeiros 62 meses do cafeeiro, em espaçamento de 4,0 x 2,0 m, sendo, no entanto, mais próximos daquele proposto por Biscaia & Osaki (1994), também no estado do Paraná, de 0,375 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha com uma perda média de terra de 30 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Os dados confirmam que, quanto maior a cobertura do solo, maior é a proteção contra os agentes erosivos.

Para o segundo estágio, o fator C variou de 0,0031 a 0,0009 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha. Esses valores foram semelhantes aos do fator C apresentado por Biscaia & Osaki (1994) para floresta natural e vegetação secundária, demonstrando, assim, a alta eficiência dos cafeeiros em proteger o solo após os 60 meses de idade.

Quadro 4. RTP, médias para o cafeeiro plantado em cinco espaçamentos em Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico de Pindorama (SP)

Espaçamento	RTP
m	Mg ha ⁻¹ Mg ⁻¹ ha
3,0 x 0,5	0,1346
3,0 x 1,0	0,0883
3,0 x 2,0	0,1015
3,0 x 3,0	0,1422
4,0 x 2,0	0,1001

Observou-se que o menor valor médio para o fator C (0,0866 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha), nos cinco tratamentos estudados, foi proporcionado pelo espaçamento 3,0 x 1,0 m (Quadro 3). Os valores encontrados para o fator C nos cinco espaçamentos em cafeeiro foram, em geral, semelhantes àqueles das culturas de milho (Margolis et al., 1985; De Maria & Lombardi Neto, 1997; Bertol et al., 2002), soja (Bertol et al., 2001), mamona e palma (Margolis et al., 1985), cana-de-açúcar (De Maria et al., 1994) e pastagem (Biscaia & Osaki, 1994), e inferiores aos do labelabe e capim-sempre-verde (Margolis et al., 1985). Portanto, no planejamento conservacionista, é preciso levar em

consideração a necessidade de controle da erosão principalmente no primeiro estágio da cultura, quando ela ainda apresenta baixa capacidade de proteção do solo pela copa.

CONCLUSÕES

1. A cultura do cafeeiro mostrou-se eficiente no controle das perdas de terra, diminuindo-as em 78 % nos primeiros cinco anos e em 99 % do quinto ano em diante, independentemente dos espaçamentos estudados.

2. A redução do espaçamento nas entrelinhas e nas linhas do cafeeiro foi importante para o controle da erosão hídrica. O espaçamento 3,0 x 1,0 m foi o mais eficiente na redução da erosão hídrica na cultura do cafeeiro.

3. As perdas médias anuais de terra e de água para o cafeeiro foram de 4 Mg ha⁻¹ e 18 mm respectivamente.

4. Para os primeiros cinco anos, o valor médio da razão de perda de terra no cafeeiro foi de 0,2696 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha e de 0,0017 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha para o quinto ano em diante.

5. O fator C médio do cafeeiro foi de 0,1126 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha, com um valor máximo de 0,1412 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha e mínimo de 0,0866 Mg ha⁻¹ Mg⁻¹ ha.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos ao diretor do Centro de Ecofisiologia e Biofísica do Instituto Agrônomo, Dr. Orivaldo Brunini, pela cessão de séries históricas de pluviogramas para complemento das do Centro de Solos e Recursos Ambientais - Conservação do Solo.

LITERATURA CITADA

- ARELLANO G., R. Pérdida de suelo y nutrientes en agroecosistemas de café en la subcuenca del río Castán, Trujillo-Venezuela. R. Flor. Venezolana, 44:79-86, 2000.
- BAUMANN, J. Factores determinantes en el proceso hidrológico-erosivo en las cuencas hidrográficas de la costa de Chiapas. In: CONGRESO NACIONAL DE IRRIGACIÓN, 9., México, 1999. Anais. México, 1999. p.54-62.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo do solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. R. Bras. Ci. Solo, 13:373-379, 1989.
- 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 Aluminico. R. Bras. Ci. Solo, 25:451-461, 2001.
- BERTOL, I.; SCHICK, J. & BATISTELA, O. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. R. Bras. Ci. Solo, 26:545-552, 2002.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.
- BERTONI, J. Sistemas para determinações de perdas por erosão. Bragantia, 9:147-155, 1949.
- BISCAIA, R.C.M. & OSAKI, F. Estimativa do fator de gerenciamento para a agricultura do estado do Paraná com base nos dados dos relatórios de pesquisa do IAPAR. Curitiba, IAPAR, 1994.
- 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. R. Bras. Ci. Solo, 21:279-286, 1997.
- CATÂNEO, A.; CASTRO FILHO, C. & ACQUAROLE, R.M. Programa para cálculo de índices de erosividade de chuvas. R. Bras. Ci. Solo, 6:236-239, 1982.
- DE MARIA, I.C. & LOMBARDI NETO, F. Razão de perdas de solo e fator C para sistemas de manejo da cultura do milho. R. Bras. Ci. Solo, 21:263-270, 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, Embrapa Produção de Informações. RJ: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the Universal Soil Loss Equation the SI metric units. J. Soil Water Conserv., 36:355-359, 1981.
- GEIB, H.V. A new type of installation for measuring soil and water losses from control plots. J. Am. Soc. Agron., 25:429-440, 1933.
- 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. Technol. Public. Soil Conserv. Service USDA, 51:1-42, 1943.
- LEPSCH, I.F. & VALADARES, M.A.S. Levantamento pedológico detalhado da Estação Experimental de Pindorama (SP). Bragantia, 35:13-40, 1976.
- 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, 1976. p.581-583.

- MARGOLIS, A.; SILVA, A.B. & JACQUES, F.O. Determinação dos fatores da equação universal das perdas de solo para as condições de Caruaru (PE). *R. Bras. Ci. Solo*, 9:165-169, 1985.
- MURPHREE, C.E. & MUTCHLER, C.K. Cover and management factors for cotton. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 23:585-595, 1980.
- MUTCHLER, C.K. & GREER, J.D. Reduced tillage for soybeans. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 27:1364-1369, 1984.
- PUNDEK, M. Utilização prática da equação universal de perdas de solo para as condições de Santa Catarina. In: SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água: projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas. 2.ed. Florianópolis, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina, 1994. 384p. p.99-129.
- RENARD, K.G.; FOSTER, G.R.; WEESIES, G.A.; McCOOL, D.K. & YODER, D.C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington, D.C., USDA-ARS, 1997. 384p. (Agriculture Handbook, 703)
- RUFINO, R.L.; HENKLAIN, J.C. & BISCAIA, R.C.M. Influência das práticas de manejo e cobertura vegetal do cafeeiro nas perdas de solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:277-280, 1985.
- 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. & 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. A rainfall index for a universal soil loss equation. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 23:246-249, 1959.
- WISCHMEIER, W.H. Cropping-management factors for Universal Soil Loss Equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 24:322-326, 1960.