

ISSN 1676-4412

Luís Carlos Hernani

*PERDAS DE NUTRIENTES
E MATÉRIA ORGÂNICA
POR EROSÃO*

— dez anos de pesquisa —

Embrapa

Agropecuária Oeste

Dourados, MS
1999

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Agropecuária Oeste
Área de Comunicação Empresarial - ACE
BR 163, km 253,6 - Trecho Dourados-Caarapó
Caixa Postal 661
Fone: (0XX67) 422-5122 - Fax (0XX67) 421-0811
79804-970 Dourados, MS
E-mail: sac@cpao.com.br

COMITÊ DE PUBLICAÇÕES:

Embrapa Agropecuária Oeste
Júlio Cesar Salton (Presidente)
André Luiz Melhorança
Clarice Zanoni Fontes
Edelma da Silva Dias
Eliete do Nascimento Ferreira
Henrique de Oliveira
José Ubirajara Garcia Fontoura
Luís Armando Zago Machado
Luiz Alberto Staut

PRODUÇÃO GRÁFICA:

Coordenação: Clarice Zanoni Fontes
Editoração eletrônica: Eliete do Nascimento Ferreira
Revisão: Eliete do Nascimento Ferreira
Normalização: Eli de Lourdes Vasconcelos
Capa: Nilton Pires de Araújo

TIRAGEM: 1.000 exemplares

IMPRESSÃO: Gráfica Seriema (0xx67) 422-4664)

HERNANI, L.C. Perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão: dez anos de pesquisa. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1999. 14p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Coleção Sistema Plantio Direto, 2).

1. Plantio direto. 2. Erosão. 3. Nutriente - Perda. 4. Matéria orgânica - Perda. Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados, MS). II. Título. III. Série.

SUMÁRIO

- *INTRODUÇÃO*, 5

- *PROCEDIMENTO*, 5

- *RESULTADOS E COMENTÁRIOS*, 8
 - Concentração de matéria orgânica e nutrientes na enxurrada*, 8

 - Taxa de enriquecimento da enxurrada*, 10

 - Perdas de Ca^{2+} e de Mg^{2+}* , 11

 - Perdas de P*, 12

 - Perdas de K^+* , 12

 - Perdas de matéria orgânica*, 13

- *CONCLUSÕES*, 14

Perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão hídrica são fortemente influenciadas pelo manejo do solo. O uso de sistema de manejo inadequado pode causar poluição e eutroficação de mananciais, aumentar os custos com adubação e induzir à degradação de agroecossistemas.

Embora já se verifique algumas mudanças positivas em relação aos tipos de exploração agrícola, em Mato Grosso do Sul a pastagem extensiva e o monocultivo de soja ainda são predominantes. A maioria das pastagens encontra-se em diferentes estágios de degradação. Quanto ao manejo da cultura da soja, é bastante comum o uso do sistema de preparo de solo que envolve gradagens pesadas e niveladoras com cerca de sete operações por ano. Com a ausência de cobertura, ocorre o aumento da exposição do solo à chuva e ao sol, produzindo desagregação e encrostamento da camada mais superficial e compactação de camadas mais profundas do solo. Com isso, amplia-se a erosão, gerando inundações, assoreamentos e poluição de mananciais, piorando, conseqüentemente, a qualidade da água e aumentando os custos sociais, devido ao tratamento de água, a desobstrução de leitos e à despoluição de rios e recuperação de estradas.

Neste texto são apresentados resultados de experimento realizado durante dez anos, onde se comparou o plantio direto a outros sistemas de manejo do solo, quanto aos seus efeitos nas perdas de nutrientes e de matéria orgânica por erosão hídrica superficial.

O experimento foi conduzido na área experimental da *Embrapa Agropecuária Oeste*, localizada no município de Dourados (MS), num Latossolo Roxo álico epieutrófico A moderado textura muito argilosa, com 3% de declividade. Teores médios de Ca^{2+} , Mg^{2+} ,

K^+ , P (disponível) e matéria orgânica de amostras compostas da camada 0-0,05 m do solo, obtidas em 1988, nos diferentes sistemas de manejo, estão na Tabela 1.

TABELA 1. Teores médios de cátions trocáveis (Ca, Mg e K), fósforo disponível (P) e matéria orgânica (MP), na camada 0-0,05 m de um latossolo roxo, em outubro de 1988, para os diferentes sistemas de manejo de solo.

Sistema de Manejo ^a	Ca ²⁺ ———cmol _c /dm ³ ———	Mg ²⁺ ———	P ——— mg/dm ³ ———	K ⁺ ———	MO g/kg
ES	4,7	1,5	9	360	28
GP	5,2	1,6	12	288	22
PD	5,5	1,9	11	462	24
DE	4,9	1,3	12	140	26

^a ES: escarificador + gradagem niveladora; GP: gradagens pesada + niveladora; PD: semeadura sem preparo sobre palha de trigo e/ou de soja e DE: aração com discos + duas gradagens niveladoras.

Para medir as perdas por erosão foram utilizadas parcelas permanentes de 22,0 (paralelo ao declive) x 3.5 m (perpendicular ao declive). Essas parcelas são delimitadas com chapas de ferro galvanizado e ligadas a um sistema coletor de enxurrada (fig. 1), onde foram medidos o volume de água e o peso de solo transportados pela erosão, sob chuva natural. A enxurrada foi coletada e, em laboratório, separou-se o sedimento da solução. Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e P disponível foram determinados tanto na solução quanto no sedimento e a matéria orgânica apenas no sedimento.



FIG. 1. Vista parcial do sistema de coleta de enxurrada e das parcelas permanentes.

A taxa de enriquecimento da enxurrada foi determinada dividindo-se a concentração média (do período estudado) da matéria orgânica ou dos nutrientes contidos na enxurrada pelos teores médios dos mesmos, determinados em amostra composta coletada na camada 0-0,05 m do solo, em 1988 (Tabela 1). Os valores de taxa de enriquecimento da enxurrada maiores do que a unidade indicam um incremento na concentração de matéria orgânica (no sedimento) e de nutrientes (no sedimento e em solução), em relação ao solo; valores menores do que a unidade indicam um decréscimo nessas concentrações.

Durante o período do experimento, foram comparados os efeitos de quatro sistemas de manejo de solo, aplicados, todos os anos, antes da semeadura da soja (*Glycine max* Merrill) e antes da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), cultivados, portanto, e sucessão.

Os sistemas de preparo de solo foram: a) ES: escarificação com escarificador de cinco hastes, distanciadas em 0,25 m entre si, com poneiras estreitas, trabalhando à profundidade de 0,25 m, seguida de gradagem niveladora com grade de 42 discos de 0,48 m de diâmetro e profundidade de trabalho de 0,05 m; b) GP: gradagem com grade de 16 discos de 0,60 m de diâmetro e à profundidade de 0,15 , seguida de gradagem niveladora, semelhante à anterior; c) PD: plantio direto ou semeadura direta em solo coberto com palha de soja e/ou de trigo; e d) DE: aração com arado de discos (três discos de 0,80 m de diâmetro), à profundidade de 0,20 m, seguida de duas gradagens niveladoras, caso em que o solo foi manual e superficialmente escarificado e mantido limpo de cobertura vegetal.

Os tratamentos foram aplicados desde novembro de 1987, sendo que em outubro desse mesmo ano o solo foi corrigido quanto à acidez, fósforo, potássio e micronutrientes. As correções químicas e as adubações foram baseadas em análise química de solo, sendo que as fertilizações realizadas no período de estudo encontram-se condensadas na Tabela 2. Todas as operações foram mecanizadas e realizadas no sentido do declive.

Os dados aqui discutidos referem-se a coletas de enxurrada realizadas entre outubro de 1988 e maio de 1994.

TABELA 2. Adubação de manutenção efetuada nas culturas de soja e de trigo, entre 1988 e 1994.

Safr	Cultura	kg/ha	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
1988	Trigo	60	60
1988/89	Soja	50	50
1989	Trigo	72	30
1989/90	Soja	40	40
1990	Trigo	60	60
1990/91	Soja	68	40
1991	Trigo	50	50
1991/92	Soja	60	60
1992	Trigo	60	60
1992/93	Soja	60	60
1993	Trigo	60	60
1993/94	Soja	60	60

^a Na safra de soja 1990/91, aplicaram-se, também, em kg/ha, 22 de CaO e 11 de s; na de trigo 1991, aplicaram-se 2,5 de kg/ha Zn, 0,25 de B, 0,13 de Mo e 0,03 de Co.

RESULTADOS E COMENTÁRIOS

Concentração de matéria orgânica e nutrientes na enxurrada

Concentrações de Ca²⁺ e de Mg²⁺ foram mais elevadas na solução da enxurrada do que no sedimento; já em relação ao P e K⁺, ocorreu o inverso (Tabela 3). As concentrações de Ca²⁺, de P e de matéria orgânica, no sedimento, e a de K⁺ em solução foram significativamente mais elevadas no plantio direto (PD) do que no sistema convencional de preparo de solo, sem cobertura vegetal (DE). Comparado às gradagens (GP) e à escarificação + gradagem niveladora (ES), os quais envolvem o cultivo de soja/trigo, o plantio direto apresentou maiores concentrações de P no sedimento e de Ca²⁺ em solução. Nesse tratamento, a concentração média de P no sedimento foi cerca de três vezes maior do que a verificada no sistema convencional, sem cobertura vegetal, e cerca de duas vezes maior do que a observada nos demais sistemas. Ao longo do tempo, o plantio direto proporciona maiores índices de infiltração e menores perdas dos adubos aplicados e, nesse sentido, nas camadas mais superficiais do solo, sob esse tratamento, os teores de nutrientes e de matéria orgânica tendem a ser mais elevados do que nos demais

tratamentos. Assim, a enxurrada nas parcelas com plantio direto é uma dispersão comparativamente mais rica em nutrientes (P, especialmente) e em matéria orgânica, do que a dos demais sistemas estudados.

TABELA 3. Concentrações médias^a, na enxurrada, de matéria orgânica (no sedimento); de Ca, Mg, P e K (em solução e no sedimento) e perdas médias anuais de solo e de água, no período 1988-1994, para os diferentes sistemas de manejo de solo.

Sistema de Manejo ^b	Concentração de nutrientes e matéria orgânica					Perdas de solo (kg/ha)
	Ca ²⁺ -----cmol _c /dm ³ -----	Mg ²⁺ -----	P -----mg/dm ³ -----	K ⁺ -----	MO (g/kg)	
Sedimento						
ES	3,9 ab	0,6 a	26 b	102 a	35 ab	2.864 c
GP	4,4 ab	0,6 a	24 b	120 a	32 ab	5.124 b
PD	5,1 a	0,9 a	56 a	150 a	36 a	605 d
DE	2,8 b	0,6 a	19 b	63 a	30 b	6.918 a
Solução						Perdas de água (dm ³ /m ²)
ES	11,8 c	0,9 b	0,06 a	5,2 a	-	72,5 b
GP	13,1 bc	1,1 ab	0,06 a	5,1 a	-	106,3 b
PD	15,3 a	1,2 a	0,06 a	4,5 a	-	19,8 c
DE	14,0 ab	1,3 a	0,05 a	3,0 b	-	146,3 a

^a Nas colunas, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Duncan, 5%).

^b ES: escarificador + gradagem niveladora; GP: gradagem pesada + niveladora; PD: semeadura sem preparo sobre palha de trigo e/ou de soja e DE: aração com discos + duas gradagens niveladoras.

Taxa de enriquecimento da enxurrada

No sedimento, valores positivos para a taxa de enriquecimento foram verificados para o P e a matéria orgânica, os quais apresentaram forte incremento de suas concentrações em relação aos respectivos teores na camada 0-0,05 m do solo (Tabela 4). Em solução, enriquecimento foi verificado apenas com o Ca²⁺. O plantio direto proporcionou os maiores valores para a taxa de enriquecimento de P (5,09) e de matéria orgânica (1,50) no sedimento e os menores de K⁺ em solução, enquanto o convencional, sem cobertura vegetal, proporcionou os valores mais elevados de Mg²⁺ (1,0) e de K⁺ (0,021), em solução. Os valores para as taxas de enriquecimento verificadas no plantio direto estão relacionados com o incremento nos teores de P e de matéria orgânica

observado nas camadas superficiais do solo sob esse sistema, em relação aos demais (dados de fertilidade são apresentados em outro trabalho). No plantio direto, o fertilizante fosfatado praticamente permanece imóvel e concentrado onde é depositado, aumentando a probabilidade de o fertilizante ser carregado pela enxurrada, o que pode explicar os altos índices de enriquecimento desse atributo nesse sistema. Com base nos resultados aqui obtidos, ressalta-se haver necessidade de análise técnica criteriosa para decidir sobre a eliminação de terraços e áreas sob Sistema Plantio Direto. Isto porque, nessas áreas, a enxurrada, embora praticamente translúcida, apresenta taxa de enriquecimento mais elevada (especialmente em P) do que a de outros sistemas menos conservacionistas, podendo, ao longo do tempo, contribuir para a eutroficação de mananciais.

TABELA 4. Taxa de enriquecimento da enxurrada (TEE) de matéria orgânica (no sedimento) e de Ca, Mg, P e K (no sedimento e em solução), relativa aos teores obtidos em 1988, da camada 0-0,05 m do solo, nos diferentes sistemas de manejo.

TEE ^a	Sistema de Manejo ^b	Nutrientes ^c				Matéria orgânica
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	K ⁺	
No sedimento	ES	0,83 ab	0,40 a	2,89 b	0,28 a	1,25 bc
	GP	0,85 ab	0,38 a	2,00 b	0,42 a	1,45 ab
	PD	0,93 a	0,47 a	5,09 a	0,32 a	1,50 a
	DE	0,57 b	0,46 a	1,58 b	0,45 a	1,15 c
Em solução	ES	2,51 a	0,60 b	0,007 a	0,014 c	-
	GP	2,52 a	0,69 b	0,005 ab	0,018 b	-
	PD	2,78 a	0,63 b	0,006 ab	0,010 d	-
	DE	2,86 a	1,00 a	0,004 b	0,021 a	-

^aValor maior do que um significa enriquecimento e menor do que um, ausência de enriquecimento.

^bES: escarificador + gradagem niveladora; GP: gradagens pesada + niveladora; PD: semeadura sem preparo sobre palha de trigo e/ou de soja e DE: aração com discos + duas gradagens niveladoras.

^cNas colunas, valores seguidos de letras iguais não diferem entre si (Duncan, 5%).

Perdas de Ca²⁺ e de Mg²⁺

Perdas de Ca²⁺ e de Mg²⁺ na enxurrada foram, respectivamente, de 2,0 a 3,7 e de 2,0 a 3,0 vezes mais elevadas em solução do que no sedimento (Tabela 5). As maiores perdas de Ca²⁺ foram verificadas no sistema convencional, sem cobertura vegetal (19,2 kg/ha/ano) e nas gradagens (15,6 kg/ha/ano), enquanto as menores ocorreram com o plantio direto (3,1 kg/ha/ano). As perdas de Ca²⁺ sob o tratamento gradagens foram

cinco vezes maiores que as verificadas no plantio direto, tanto em solução como no sedimento, sendo essas perdas proporcionais às de água e de solo, cujos dados estão na Tabela 3. Em termos de perdas totais (solução + sedimento) de Ca^{2+} , a relação entre os tratamentos PD, ES, GP e DE, foi de 1:3:5:6.

No caso do Mg^{2+} , a relação entre os tratamentos foi bastante próxima à verificada para o Ca^{2+} , ou seja, 1:3:4:6, indicando comportamento semelhante quanto à intensidade e forma do processo em que esses nutrientes são erodidos.

TABELA 5. Perdas médias^a por erosão de Ca, Mg, P e K, em solução, no sedimento e total (solução + sedimento), e de matéria orgânica (MO), no sedimento, em diferentes sistemas de manejo de solo, no período 1988-1994.

Perdas	Sistema de Manejo ^b	Perdas por erosão hídrica superficial (kg/ha/ano)				
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	P	K^+	MO
No sedimento	ES	2,2 bc	0,19 b	0,06 b	0,29 bc	86 c
	GP	5,2 a	0,39 a	0,13 a	0,61 a	162 b
	PD	0,9 c	0,10 b	0,04 b	0,14 c	29 d
	DE	4,1 ab	0,49 a	0,13 a	0,44 ab	216 a
Em solução	ES	6,8 b	0,57 b	0,25 a	4,60 b	-
	GP	10,3 b	0,76 b	0,75 a	8,50 a	-
	PD	2,2 c	0,20 c	0,11 a	1,30 c	-
	DE	15,1 a	1,21 a	0,71 a	7,40 ab	-
Total	ES	9,0 b	0,80 c	0,31 a	4,90 b	-
	GP	15,5 a	1,10 b	0,87 a	9,10 a	-
	PD	3,1 c	0,30 d	0,15 a	1,40 c	-
	DE	19,2 a	1,70 a	0,84 a	7,80 a	-

^a Nas colunas, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si (Duncan, 5%).

^b ES: escarificador + gradagem niveladora; GP: gradagens pesada + niveladora; PD: semeadura sem preparo sobre palha de trigo e/ou de soja e DE: aração com discos + duas gradagens niveladoras.

Perdas de P em solução foram de 2,8 a 5,8 vezes maiores do que no sedimento (Tabela 5), refletindo a alta taxa de enriquecimento da solução em relação ao sedimento. Em relação aos demais nutrientes, as perdas de P foram pequenas. O sistema de gradagens foi o que perdeu a maior quantidade total desse elemento, e o plantio direto o que proporcionou a menor perda. Embora essas diferenças não sejam significativas, foram proporcionais às perdas de solo e água, cujas magnitudes foram influenciadas pelos sistemas de manejo. A relação entre PD:ES:GP:DE foi de 1:2:6:6. Isto significa que para

cada quilo de P perdido por erosão hídrica no plantio direto, tem-se a perda de seis quilos tanto no sistema com gradagens quanto no convencional sem cobertura vegetal.

Perdas de K⁺

A quantidade de K⁺ perdido em solução foi de 9,3 a 16,8 vezes maior do que a no sedimento (Tabela 5). Em termos totais, as perdas deste nutriente foram maiores no tratamento com gradagens e menores no plantio direto. A relação entre os sistemas PD:ES:GP:DE foi de 1:3:6,5:6. Em outras palavras, enquanto o plantio perdeu um quilo de K⁺, o sistema GP perdeu 6,5 e o sistema convencional, sem cobertura vegetal, perdeu 6 kg de K⁺.

Considerando que as parcelas cultivadas com a sucessão soja/trigo receberam adubações básicas anuais médias de 87,0 kg/ha de K⁺, verifica-se que o sistema gradagens proporcionou, anualmente, perdas por erosão de cerca de 10,5% do fertilizante aplicado, enquanto o plantio direto apenas cerca de 1,6%. As perdas de K⁺ nesses tratamentos estão associadas às perdas de solo e água. Essas, no plantio direto, são significativamente menores do que no tratamento com gradagens, o que pode ser explicado, entre outras razões, pela manutenção de maior cobertura morta no plantio direto. A palha que, nesse caso, é gradativamente incorporada ao solo, com o tempo, eleva os teores de matéria orgânica das camadas superficiais, o que, aliado a uma melhor fertilidade, pode aumentar a capacidade de retenção e manutenção do K⁺ no sistema solo-planta.

Perdas de matéria orgânica

A matéria orgânica, avaliada apenas no sedimento da enxurrada, atingiu perda máxima de 216 kg/ha/ano no sistema convencional, sem cobertura vegetal, refletindo as maiores quantidades de solo erodidas por este tratamento (Tabela 5). A relação entre os tratamentos PD:ES:GP:DE foi de 1:3:5,5:7,5.

Embora o plantio direto tenha apresentado, em relação aos demais tratamentos, as maiores concentrações de nutrientes e de matéria orgânica na enxurrada, as suas perdas totais foram, respectivamente, cerca de seis e oito vezes menores do que as verificadas no sistema convencional, sem cobertura vegetal. Em relação aos demais tratamentos cultivados (escarificação + gradagem niveladora e gradagens pesada + niveladora), as perdas totais no plantio direto foram de duas a sete vezes menores para o caso dos nutrientes e, respectivamente, de três e seis vezes menores em termos de matéria orgânica. Esses efeitos do plantio direto são uma função da ausência de revolvimento e da presença de cobertura permanente sobre a superfície do solo, o que leva a perdas mínimas por erosão de solo e de água, refletindo-se na sua capacidade de manter nutrientes e matéria orgânica no ambiente solo, o que determina, conseqüentemente, a melhoria da sua fertilidade e de sua produtividade.

CONCLUSÕES

1. As concentrações de cálcio e de magnésio na enxurrada foram maiores em solução do que no sedimento, enquanto as de fósforo e de potássio foram maiores no sedimento.
2. No plantio direto, ocorreram maiores concentrações médias de fósforo no sedimento e de cálcio em solução. Além disso, neste tratamento, no sedimento, as taxas de enriquecimento em fósforo foram mais elevadas do que nos sistemas gradagens (pesada + niveladora) e escarificação + gradagem niveladora.
3. O plantio direto foi, entre os sistemas estudados, o mais eficaz no controle da erosão, devido às menores quantidades totais de nutrientes e de matéria orgânica perdidas na enxurrada.

- .4. Para o cultivo da sucessão soja/trigo, o sistema de gradagens (pesada + niveladora) foi o menos eficaz e, comparado ao plantio direto, perdeu 6,5 vezes mais K, 6,0 vezes mais P, 5,5 vezes mais matéria orgânica, 5,0 vezes mais Ca e 4,0 vezes mais Mg.
5. No controle das perdas por erosão de nutrientes e matéria orgânica, o sistema escarificação + gradagem niveladora foi menos eficiente do que o plantio direto, porém mais eficiente do que as gradagens pesada + niveladora.
6. Cálcio foi o nutriente perdido em maior quantidade, seguindo-se o potássio, o magnésio e o fósforo.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO
Marcos Vinícius Pratini de Moraes
Ministro



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Alberto Duque Portugal
(Presidente)

Elza Angela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres
Dante Daniel Giacomelli Scolari
(Diretores)

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE

José Ubirajara Garcia Fontoura
(Chefe Geral)
Júlio Cesar Salton
(Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento)
Josué Assunção Flores
(Chefe Adjunto de Administração)