

**DETERMINAÇÃO DE PERDAS
DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES EM
LATOSSOLO AMARELO, TEXTURA
ARGILOSA DO NORDESTE PARAENSE**

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente

Fernando Henrique Cardoso

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Ministro

Marcus Vinícius Pratini de Moraes

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Presidente

Alberto Duque Portugal

Diretores

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Elza Ângela Battaggia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres

Chefia da Embrapa Amazônia Oriental

Emanuel Adilson Souza Serrão - Chefe Geral
Jorge Alberto Gazel Yared - Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento
Antonio Carlos Paula Neves da Rocha - Chefe Adjunto de Comunicação, Negócios e A
Antonio Ronaldo Teixeira Jatene - Chefe Adjunto de Administração

**DETERMINAÇÃO DE PERDAS
DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES EM
LATOSSOLO AMARELO, TEXTURA
ARGILOSA DO NORDESTE PARAENSE**

Otávio Manoel Nunes Lopes
Tarcísio Ewerton Rodrigues
Raimundo Cosme de Oliveira Júnior



Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Amazônia Oriental

Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n

Telefones: (91) 276-6853, 276-8333

Fax: (91) 276-9845

e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br

Caixa Postal, 48

66095-100 – Belém, PA

Tiragem: 200 exemplares

Comitê de Publicações

Leopoldo Brito Teixeira – Presidente

Antonio de Brito Silva

Antonio Pedro da S. Souza Filho

Expedito Ubirajara Peixoto Galvão

Joaquim Ivanir Gomes

Maria do Socorro Padilha de Oliveira

Maria de N. M. dos Santos – Secretária Executiva

Revisores Técnicos

Dirse Kern – MPEG

Ilton Moraes – FCAP

Maria Regina F. Möller – Embrapa Amazônia Oriental

Expediente

Coordenação Editorial: Leopoldo Brito Teixeira

Normalização: Célia Maria Lopes Pereira

Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos

Antonio Ronaldo Camacho Baena (texto em Inglês)

Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho

LOPES, O.M.N.; RODRIGUES, T.E.; OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. de. **Determinação de perdas de solo, água e nutrientes em latossolo amarelo argiloso do nordeste paraense.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 36p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 19).

ISSN 1517-2228

1. Erosão do solo – Tomé-Açu – Pará – Brasil. 2. Manejo do solo. 3. Latossolo amarelo. I. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). II. Título. III. Série.

CDD: 631.45098115

AGRADECIMENTOS

Aos pesquisadores Robson Afonso Moncaio e Leo Darc, pelo apoio na implantação dos trabalhos; aos pesquisadores Osvaldo Rihoei Kato e Eduardo Jorge Maklouf de Carvalho, pela colaboração prestada; ao trabalhador rural José Gilberto Alves, pela dedicação na coleta dos dados climáticos e amostras de solos.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
PERDAS DE SOLO E ÁGUA.....	15
PERDAS DE MATÉRIA ORGÂNICA E NUTRIENTES	25
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

DETERMINAÇÃO DE PERDAS DE SOLO, ÁGUA E NUTRIENTES EM LATOSSOLO AMARELO, TEXTURA ARGILOSA DO NORDESTE PARAENSE

Otávio Manoel Nunes Lopes¹
Tarcísio Ewerton Rodrigues²
Raimundo Cosme de Oliveira Júnior¹

RESUMO: A caracterização das perdas de solo, água e nutrientes em sistemas de produção do nordeste paraense foi realizada em Latossolo Amarelo textura argilosa, no município de Tomé-Açu, mesorregião do nordeste paraense, no Estado do Pará. A pesquisa foi realizada em terreno com 4% de declividade, no período de 1989 a 1993, em área desmatada e destocada em 1988, utilizando-se cinco tratamentos: solo descoberto preparado com aração e gradagem; pastagem de *Brachiaria humidicola*, sem aração e gradagem; pimenta-do-reino, com aração e gradagem e sem preparo do solo; culturas anuais em consórcio e rotação, com aração e gradagem. Os resultados obtidos no período apresentaram uma perda média anual de 144,5 t/ha de solo; 8.327,8 m³/ha de água e 1.800,0 kg/ha de matéria orgânica no tratamento com solo descoberto, enquanto que, nos demais tratamentos sob diferentes sistemas agrícolas, a perda média anual foi de 35,2 t/ha de solo; 4.570,8 m³/ha de água e 744,4 kg/ha de matéria orgânica. As maiores perdas foram registradas nos meses de janeiro a maio de cada ano, evidenciando que maiores cuidados no controle da erosão devem ser dispensados durante esse período, devido ser o período de maior precipitação no ano e onde ocorrem as maiores taxas de perdas de solo, água e matéria orgânica.

Termo para indexação: Latossolo, erosão, chuva, perda de solo, água, nutriente, Amazônia.

¹Eng.-Agr., M.Sc., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA.

²Eng.-Agr., Doutor, Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental.

DETERMINATION OF SOIL, WATER AND NUTRIENTS LOSSES IN CLAYEY TEXTURE YELLOW LATOSOL FROM NORTHEAST OF PARÁ STATE

ABSTRACT: The characterization of soil, water and nutrients losses in systems of production from northeast of Pará state was carried out from 1989 to 1993 on yellow latosol clayey texture in the municipality of Tomé-Açu, Pará state. The research was conducted on area with a 4% slope, that had been deforested in 1988, using 5 treatments: 1) uncovered plowed and harrowed soil; 2) *Brachiaria humidicola* pasture with no plowing and no harrowing; 3) black pepper with plowing and harrowing; 4) black pepper zero tillage and; 5) annual crops in consortium and rotation with plowing and harrowing. The results show an average annual loss of 144,5 t/ha of soil; 8.327,8 m³/ha of water and of 1.800kg/ha of organic matter on the uncovered soil, while on the others treatments, the average annual loss was of 35,2 t/ha of soil; 4.570,8 m³/ha of water and 744,4 kg/ha of organic matter. The highest loss were registered on the period of january to march of each year, pointing that more care on erosion control shall be taken during this period, that has the higher rainfall and when occurs the higher rates of soil, water and organic matter losses.

Index terms: Latosols, soil losses, water losses, soil nutrient losses, soil erosion, Amazonia.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo pela chuva é um grave problema em áreas cultivadas em grande parte do mundo. Sua ação é particularmente grave em áreas declivosas das regiões tanto úmidas como semi - áridas. Nestas últimas regiões, ciclos de seca anual e sazonal que retardam o estabelecimento e manutenção de coberturas vegetativas, criam um problema de erosão tão severo como em áreas de fortes chuvas. Quatro fatores e suas inter - relações têm sido considerados como determinantes básicos do processo de erosão. São eles: (1) clima, principalmente chuva; (2) solo, resistência inerente à dispersão e capacidade de absorção e taxa de transmissão de água; (3) topografia, particularmente o grau e o comprimento de declive; (4) cobertura viva ou resíduos de vegetação morta. Qualquer um destes fatores pode assumir valores que, por si só, criam um problema de erosão.

A erosão do solo pela água das chuvas é um processo de duas fases. A primeira é a desagregação das partículas superficiais pelo impacto das gotas das chuvas ou enxurrada; a segunda é o transporte dessas partículas desagregadas pela enxurrada do seu ponto de origem para um local no declive, onde ocorre a deposição, quando a carga de sedimentos na enxurrada ultrapassa sua capacidade de transporte.

O uso inadequado do solo, associado à erosão hídrica, tem sido a principal causa da queda da produtividade dos solos tropicais, pelo arraste dos sedimentos pela enxurrada, junto com a matéria orgânica e dos nutrientes, que se encontram na camada superficial do solo.

As características de clima do ecossistema amazônico são favoráveis à ocorrência do processo de erosão hídrica dos solos. Esse processo atinge, indiscriminadamente, tanto os sistemas de exploração agrícola nativa ou nômades como os tecnificados, nos quais devem ser utilizadas práticas conservacionistas para minimizar as perdas de solo.

As práticas de manejo e conservação de solo devem ser coerentes com os sistemas de uso do solo, assim, para subsidiar uma prática, deve-se monitorar os efeitos da erosão nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, principalmente, no que se refere a perdas de solo e de nutrientes.

Na década de 40, realizaram-se os primeiros levantamentos de perdas de solo no campo, em Minas Gerais e, especialmente, no Sul do País, sobre as primeiras parcelas, para quantificar as perdas por erosão em São Paulo, em fins de março de 1943 (Bertoni, 1948).

A equação de perdas de solo ($A=R K LS C P$), desenvolvida por Wenschmeier & Smith (1978), representa importante suporte para a avaliação das taxas de perdas de solo e para a elaboração de um planejamento de controle de erosão, capaz de manter tais perdas dentro de limites de tolerância aceitáveis. Essa equação foi desenvolvida para regiões temperadas, contudo, tem sido adotada em vários países de regiões tropicais, com algumas modificações, mesmo no Brasil tem sido significativa a sua aplicação na pesquisa conservacionista nos últimos anos.

Numerosos trabalhos para quantificar as perdas de solo foram realizados em várias regiões do Brasil, dentre eles os do Nordeste brasileiro em Solo Terra Roxa Estruturada e Regossolo (Silva et al, 1986) e Podzólico Vermelho-Amarelo Orto (Campos Filho et al. 1991). Em Planaltina (DF), em Latossolo Vermelho-Escuro (Dedecek et al. 1986).

No nordeste paraense ocorre uma distribuição de solos com dominância do Latossolo Amarelo Distrófico, com baixa fertilidade natural (Silva, 1989; Embrapa, 1990, Rodrigues et al. 1974, 1991; Rodrigues & Baena, 1974; Santos, 1993), e submetidos à intensa pluviosidade. Após o desmatamento da floresta e poucos anos de uso agrícola, esses solos de baixa fertilidade se exaurem e perdem a sua capacidade produtiva. Para colocá-lo em produção, torna-se necessária a recuperação química destes solos, por meio da aplicação de fertilizantes químicos e orgânicos. A exposição destes solos à intensa pluviosidade da região pode acarretar problemas sérios de erosão, concorrendo para perda de solo.

As perdas por erosão nestas condições são economicamente mais graves, considerando os investimentos feitos para correção da fertilidade natural e, ambientalmente, pela poluição e assoreamento dos cursos d'água.

Considerando, também, a representatividade de clima e solo e as condições de infra-estrutura disponível, optou-se por desenvolver este estudo na área do município de Tomé-Açu, Estado do Pará, onde se desenvolvem sistemas de produção bem distintos, um bem tecnificado em grandes propriedades e outro de agricultura tradicional, empregando baixo nível tecnológico em pequenas áreas.

O trabalho teve por objetivo quantificar e avaliar as perdas de solo, água, matéria orgânica e nutrientes em solos da região do nordeste paraense, submetidos a diferentes sistemas de cultivo, de modo a permitir o equacionamento de um sistema de manejo capaz de manter ou elevar a sua capacidade produtiva e o equilíbrio de ecossistema.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Campo Experimental INATAM, pertencente à Embrapa Amazônia Oriental, situado entre as coordenadas de 02° 36' 32" e 02° 36' 52" de latitude sul e 48° 20' 58" e 48° 21' 47" de longitude oeste de Greenwich, no município de Tomé-Açu, integrante da mesorregião nordeste paraense (Figs. 1 e 2).

As características ambientais da área estão representadas por um clima do tipo Ami da classificação de Köppen, com normal pluviométrica de 2.591 mm e isoterma mensal de 27,9 °C. Nas áreas não cultivadas predomina a vegetação do tipo floresta equatorial subperenifólia densa, enquanto que nas áreas antrópicas são encontradas culturas de ciclos curto e longo e cobertura vegetal secundária (capoeira). O relevo predominante na área é o plano e suave ondulado. Os principais solos encontrados foram os Latossolos Amarelos Distróficos de texturas média e argilosa, de baixa fertilidade química, porém, com boas propriedades físicas, bem drenados, friáveis e profundos (Embrapa, 1990; Rodrigues et al. 1991).

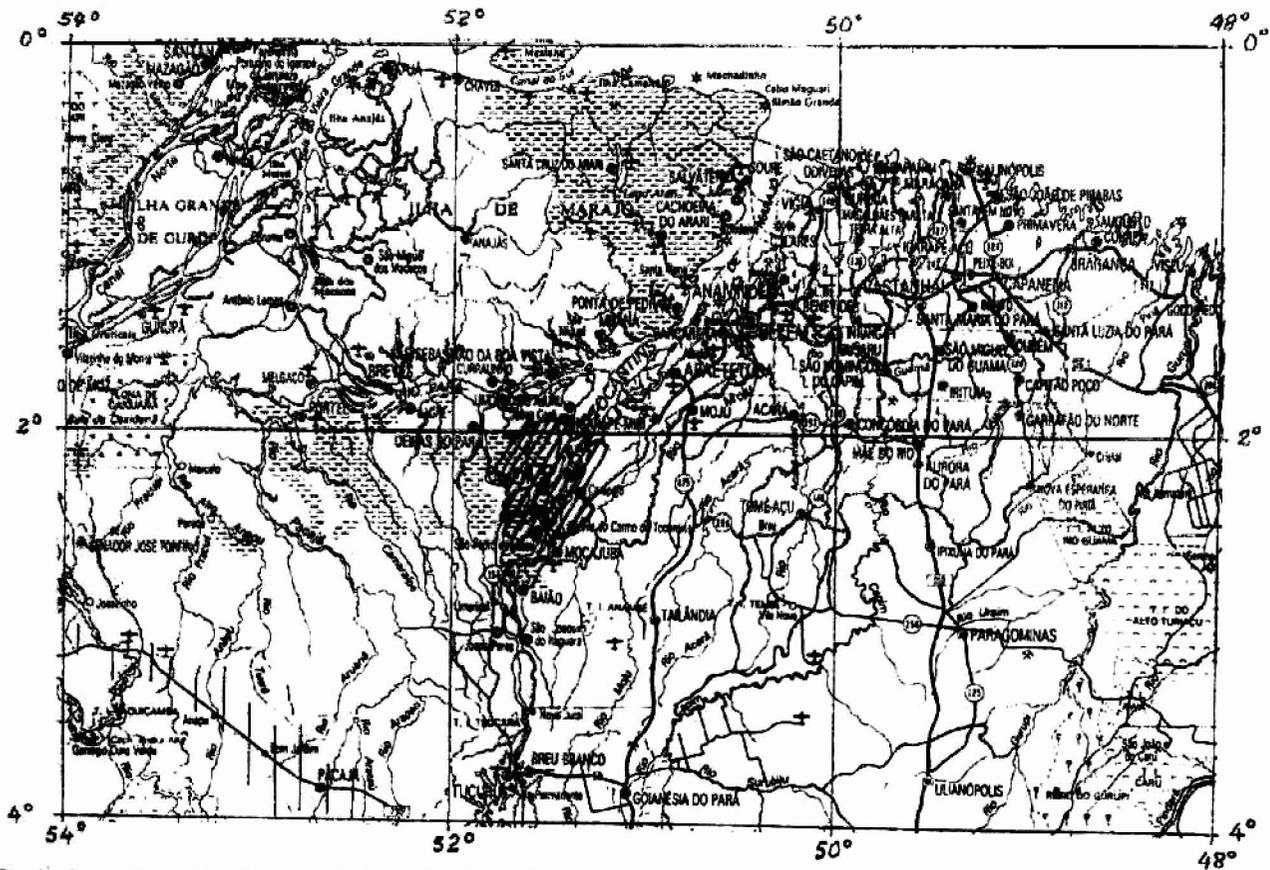


FIG. 1. Localização do município de Tomé-Açu, Pará.

 Área de estudo

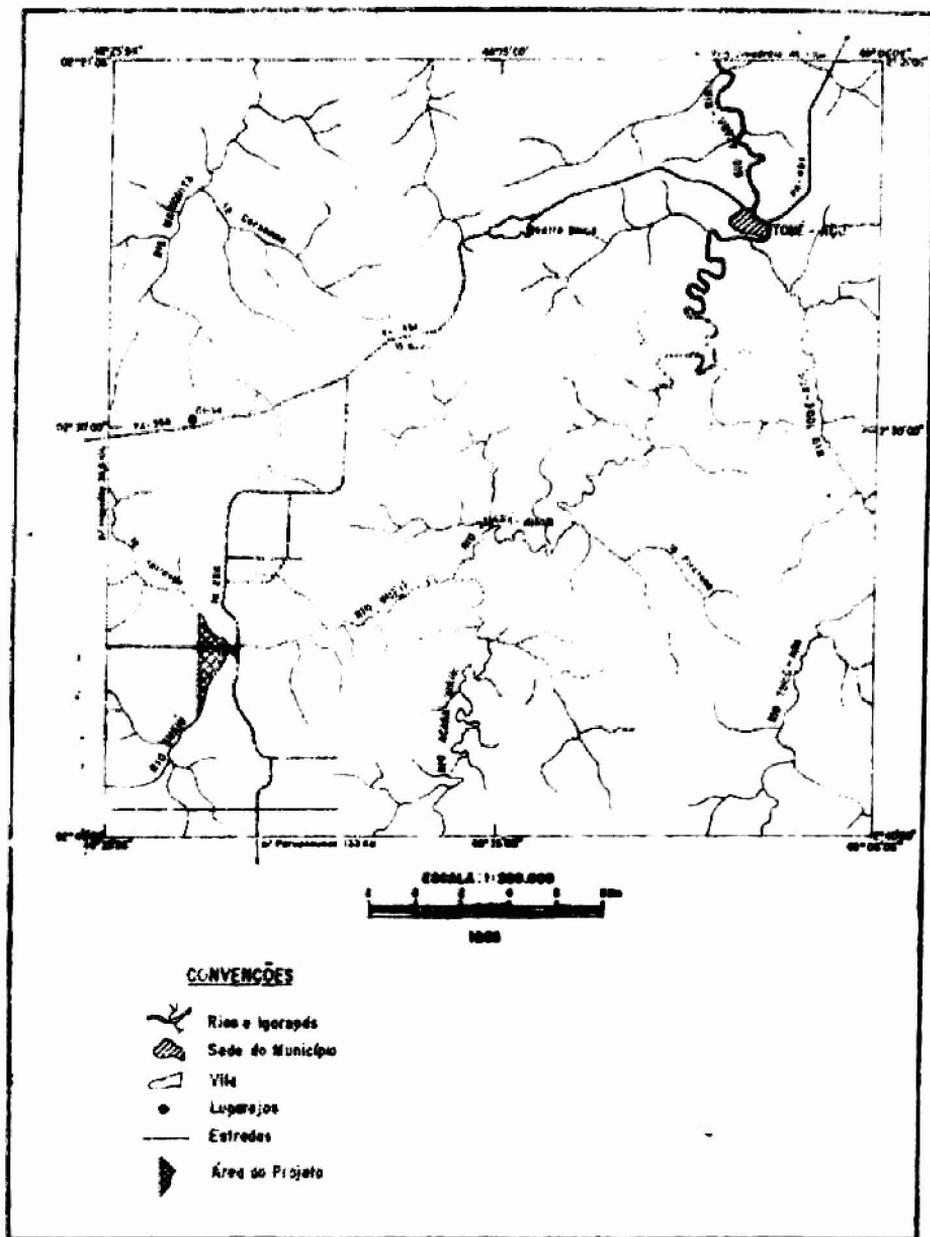


FIG. 2. Localização do campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Tomé-Açu, Pará.

O trabalho foi realizado em área de Latossolo Amarelo Distrófico A moderado textura argilosa, com estruturas fraca, pequena e média, blocos subangulares, em relevo suave ondulado, com 4% de declividade e desmatado e destocado em 1988. O tamanho das parcelas dos tratamentos teve uma área útil de 22,0 m de comprimento por 3,5 m de largura, exceto para a pimenta-do-reino, cuja largura foi de 5,0 m. As estruturas de coleta do material erodido foram estabelecidas conforme modelo proposto por Wischmeier & Smith (1978). A avaliação das perdas de matéria orgânica e de nutrientes foi realizada em amostras de sedimentos de acordo com a metodologia adotada por Távora et al. (1985). A perda de solo foi determinada pela coleta de amostras de sedimentos devido à erosão laminar e, as perdas de água, foram determinadas pela coleta de amostras de água devido à enxurrada, segundo metodologia descrita por Bertoni et al. (1975).

A determinação de matéria orgânica e dos nutrientes nitrogênio, cálcio, potássio, fósforo e magnésio foi feita em amostras coletadas por sedimentos retirados das caixas, segundo metodologia adotada pela Embrapa (1997) para análises de solos.

No delineamento experimental para perdas de solo e de água em relação aos tratamentos, foi utilizado o ano como repetição.

Os sistemas culturais (tratamentos) utilizados para medir as perdas foram os seguintes: parcela 01 – rotação/consorciação com milho, caupi, mandioca, pousio com leguminosa, seguido de milho e mandioca solteiros, em solo arado e gradeado; parcela 02 – pimenta-do-reino, em sistema convencional, sem aração e gradagem, com correção na cova e adubação; parcela 03 – solo descoberto, mantido sem vegetação ou cobertura o ano inteiro, submetido a uma aração e gradagem leve todos os anos; e, parcela 04 – pastagem de capim-quicuí (*Brachiaria humidicola*) plantado. O período de coleta foi de cinco anos (1989 a 1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PERDAS DE SOLO E ÁGUA

O solo (Latossolo Amarelo) submetido aos sistemas de uso (tratamentos) é bem drenado, poroso, friável, profundo, de estruturas fraca, pequena e média, em forma de bloco subangular, de textura argilosa e baixa reserva de nutrientes essenciais às plantas, evidenciada pelos baixos teores de bases trocáveis menores que 2,60 cmol/kg-1 de solo encontrados neste solo (Tabela 1). Os teores de Ca+Mg são mais altos (0,2 a 2,5 cmol kg-1 de solo) nos horizontes superficiais, devido à correção e adubação do solo em plantio anterior.

A distribuição das chuvas no local do experimento, no período de 1989 a 1993, foi bastante irregular, demonstrando que cerca de 70% a 80% do total anual da chuva ocorre no período que engloba os meses de janeiro a maio, evidenciando, pois, uma intensa energia cinética e sucessividade de precipitação pluviométrica nesse período do ano (Fig.3).

A distribuição dos resultados mensais de perdas de solo e água, no período de 1989 a 1993, em Latossolo Amarelo Distrófico argiloso da região do nordeste paraense, submetidos a cinco sistemas de cultivo (tratamentos) foi bastante variável entre os sistemas de cultivos e em relação ao solo descoberto com aração e gradagem, conforme visualizado nas Figs. 4 e 5. A maior concentração de perdas de solo e água, durante o ano, ocorreu no período de janeiro a maio, correlacionando-se diretamente com a magnitude das chuvas sucessivas (Fig. 3), correspondendo a aproximadamente 20% das perdas de solo e água durante o ano.

TABELA 1. Características químicas e físicas de Latossolo Amarelo, do Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, Tomé-Açu, PA.

Horizonte	Granulometria				Características químicas								
	Prof.	dag kg ⁻¹ de solo			cmolc kg ⁻¹ de solo							mg kg ⁻¹ de solo	dag kg ⁻¹ de solo
Simbo	Prof.	Areia	Silte	Argila	PH	Ca + Mg	K	Al	H	S	CTC	P	C. Org.
A1	0 - 10	67	8	25	6,8	2,5	0,08	0,2	2,1	2,60	4,90	2	1,27
A3	-30	49	13	38	6,7	0,6	0,02	0,7	1,3	0,64	2,60	1	0,75
B4	-51	47	8	45	6,3	0,4	0,02	0,9	1,0	0,44	2,34	1	0,49
B21	-85	47	8	45	4,8	0,2	0,02	0,9	0,7	0,23	1,83	1	0,37
B22	-120	53	2	45	6,3	0,2	0,02	0,6	0,7	0,24	1,54	1	0,28
B23	-125	47	7	46	5,9	0,2	0,01	0,6	0,8	0,22	1,62	1	0,20

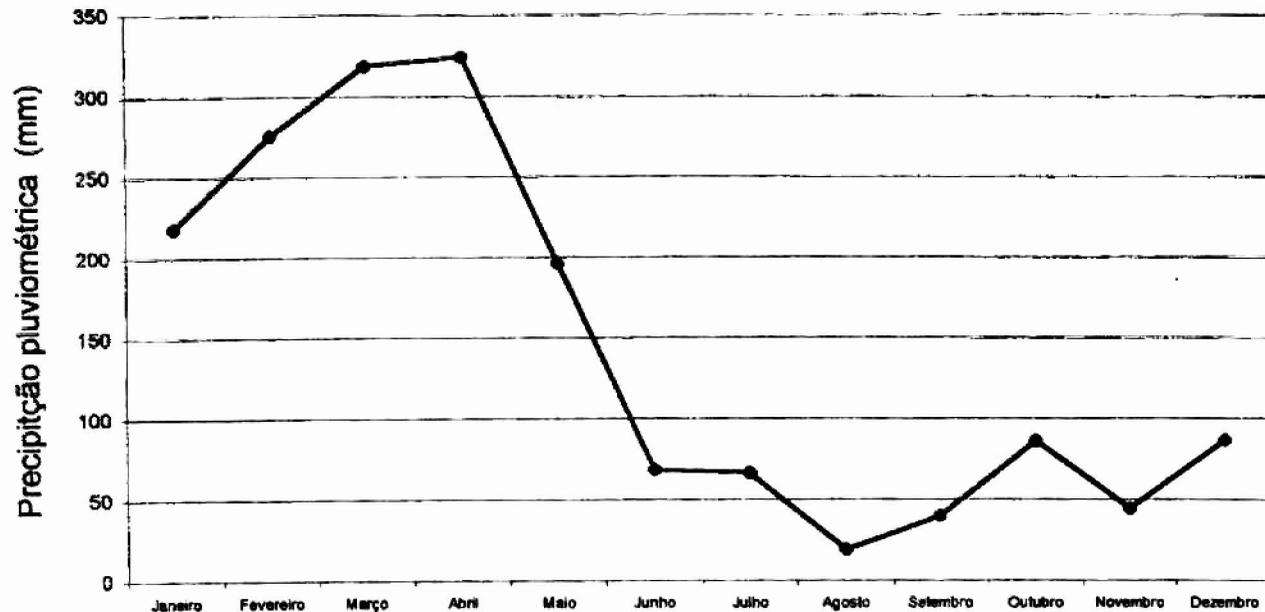


FIG. 3. Distribuição mensal das chuvas durante os anos de 1989 a 1993, no campo Experimental Inatam, Tomé-Açu, PA.

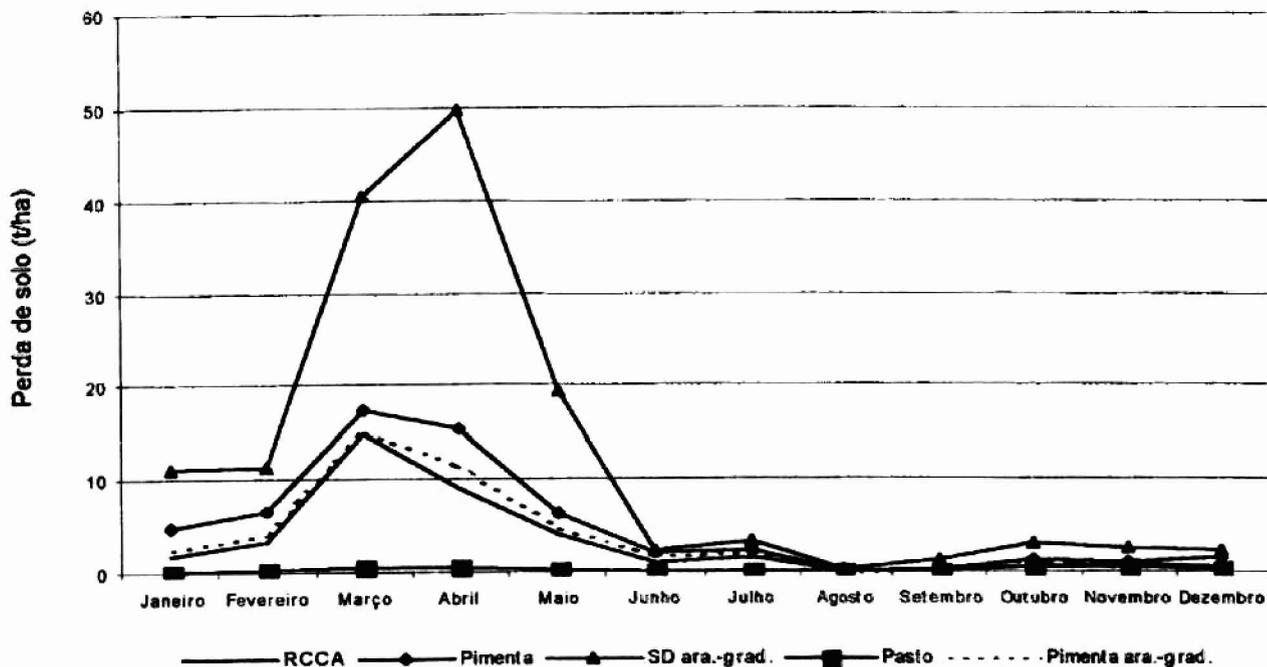


FIG. 4. Distribuição mensal das perdas de solos dos tratamentos pimenta s/ara.-grad.; pimenta c/ ara.-grad.; rotação/consorciação de culturas anuais; solo descoberto c/ara.-grad. e pastagem, no período de cinco anos (1989 a 1993) em Tomé-Açu, PA.

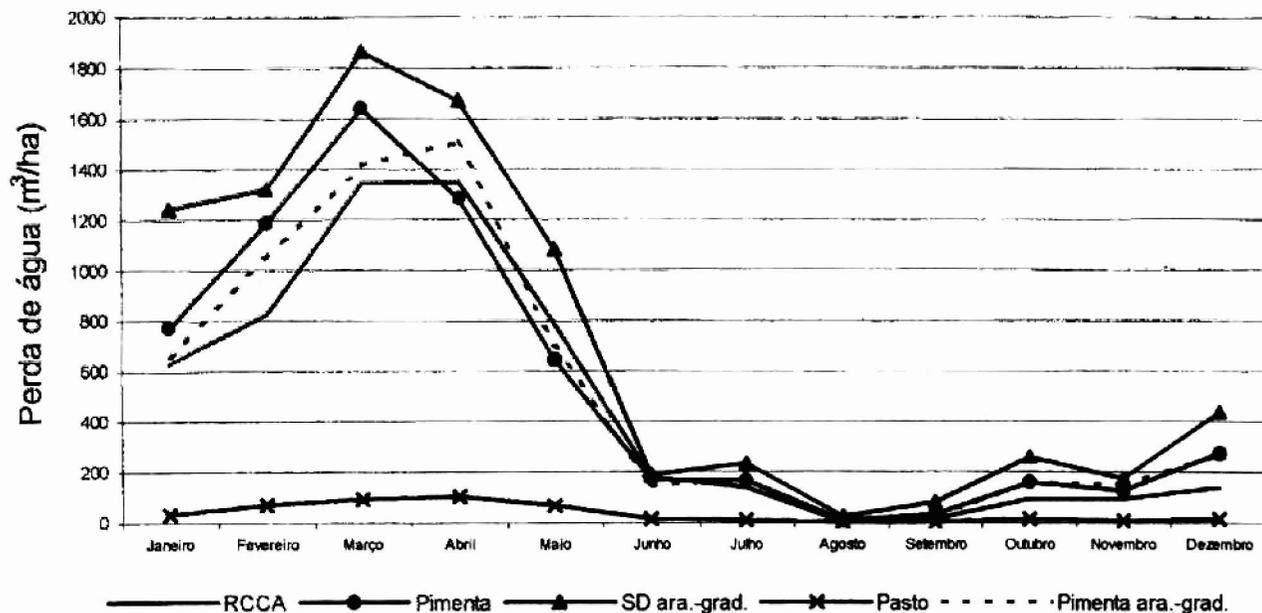


FIG. 5. Distribuição das perdas de água nos tratamentos pimenta s/ ara.-grad.; pimenta c/ ara.-grad.; rotação/consorciação de culturas anuais; solo descoberto com ara.-grad. e pasto, no período de cinco anos (1989 a 1993), em Tomé- Açu, PA.

Em áreas com chuvas sucessivas, que permanecem por longo período de tempo, a taxa de infiltração no solo pode ser superada pela quantidade de água precipitada, saturando inicialmente a camada superficial e, posteriormente, provocando o escoamento superficial, conforme afirmam Ahuja et al. (1976). Este efeito, associado a elevados valores de erosividade das chuvas, explica a ocorrência de maiores perdas do solo por erosão hídrica no período de maior intensidade de queda pluviométrica.

Os valores de perda de solo (Tabela 2) determinados durante o período da pesquisa variaram de 0,18 t/ha (tratamento pastagem) a 308,40 t/ha de solo (tratamento SD ara.-grad.) e de perda de água variaram de 14,35 m³/ha de água (tratamento pimenta c/ara-grad) a 11.437,00 m³/ha (tratamento SD ara.-grad.). Estas diferenças entre os tratamentos refletem a influência do tipo de preparo e manejo do solo. Este fato pode ser visualizado pelos valores de perdas de solo do tratamento pasto (parcela 04) (0,18 t/ha a 5,83 t/ha) e do tratamento SD ara.-grad. (parcela 3) (54,02 t/ha a 308,40 t/ha), onde o primeiro apresenta-se com cobertura em 100% do solo e sem revolvimento do solo e, o segundo, sem cobertura em 100% da área e revolvimento da camada superficial (aração e gradagem) (Figs. 4 e 5).

A magnitude das perdas de solo e de água verificadas, especialmente no tratamento com solo descoberto, com médias de 144,5 t/ha de solo e 8.327,8 m³/ha de água (Tabela 2), está relacionada à intensidade das chuvas na Amazônia.

Estudos sobre perdas de solo por erosão no Nordeste brasileiro, em parcelas com solo descoberto mostraram perdas de solo alcançando 74,6 t/ha numa Terra Roxa Estruturada e 72,9 t/ha num Regossolo (Silva et al. 1986) e de 81,4 t/ha num Podzólico Vermelho-Amarelo Orto (Campos Filho et al. 1991). Em Planaltina, DF, Dedecek et al. (1986) registraram uma perda média anual de 52,6 t/ha de solo, entretanto, no ano agrícola 1979/1980, as maiores perdas ocorreram em apenas três chuvas sucessivas, que provocaram uma perda de 100 t/ha de solo na parcela com solo descoberto. Caso semelhante parece ter ocorrido no experimento em Tomé-Açu, PA, porque as maiores perdas foram constatadas em apenas dois meses (março e abril) dos anos de 1992 e 1993, alcançando valores totais da ordem de 154,12 t/ha e 221,89 t/ha de solo, respectivamente (Fig. 4), na parcela com solo descoberto.

TABELA 2. Perdas de solo e água, por erosão hídrica, em Latossolo Amarelo argiloso, com 4% de declividade, sob diferentes sistemas de cultivo, no período de 1989 a 1993. Tomé-Açu, PA.

Ano	Precipitação (mm)	Parcela O1		Parcela O2		Parcela O3		Parcela O4		Parcela O5	
		Perdas de solo (t/ha)	Perdas de água (m ³ /ha)	Perdas de solo (t/ha)	Perdas de água (m ³ /ha)	Perdas de solo (t/ha)	Perdas de água (m ³ /ha)	Perdas de solo (t/ha)	Perdas de água (m ³ /ha)	Perdas de solo (t/ha)	Perdas de água (m ³ /ha)
1989	2.617,8	25,34	8.532,78	50,21	6.817,97	54,02	6.453,91	5,83	951,24	21,47	6.457,34
1990	1.924,7	93,73	7.412,59	96,68	8.119,89	86,66	7.523,36	3,17	341,56	75,56	7.677,06
1991	1.431,2	8,44	5.622,88	24,45	8.792,89	39,39	9.237,76	0,18	320,99	14,35	6.514,51
1992	826,5	20,64	1.677,92	84,71	3.914,58	234,01	6.985,83	0,44	143,87	49,35	3.478,15
1993	1.656,2	36,60	3.923,00	33,60	3.917,80	308,40	11.437,90	3,05	365,30	57,07	6.433,80
Total	8.456,4	184,75	27.168,77	289,65	31.563,13	722,48	41.638,76	12,67	2.122,96	217,80	30.560,86
Média	1.691,3	36,95	5.433,75	57,93	6.312,63	144,50	8.327,75	2,53	424,59	43,56	6.112,17

Parcela O1 = rotação/conSORCIAÇÃO de culturas anuais; parcela O2 = pimenta sem aração e gradagem; parcela O3 = solo descoberto (padrão) sem aração e gradagem; parcela O4 = pastagens sem aração e gradagem; parcela O5 = pimenta com aração e gradagem.

As maiores perdas de solo e de água ocorridas nos anos de 1992 e 1993 (Figs. 4 e 5) estão relacionadas à ação erosiva das chuvas sucessivas, pela superação da taxa de infiltração pela água precipitada, saturando a camada superficial, provocando escoamento superficial e maior arraste de partículas (Ahuaja et al. 1976).

Nos tratamentos sob diferentes cultivos, as perdas de solo e de água médias no período, entre os tratamentos utilizados, foram de 35,2 t/ha de solo e 4.750,8 m³/ha de água, dados estes semelhantes a resultados obtidos em outras regiões e parecem relacionar-se, diretamente, com o grau de cobertura que a vegetação proporcionou ao solo e com o preparo mecanizado através de aração e gradagem. Segundo Dedecek et al. (1986), a presença de vegetação, mesmo na forma de culturas anuais, é suficiente para reduzir em até 90% as perdas de solo em relação às parcelas com o solo descoberto. Nos diferentes tratamentos utilizados, os autores obtiveram no de menor cobertura do solo, com plantio de milho convencional, a perda de 29 t/ha de solo e no de maior cobertura do solo, com pastagem de *Brachiaria decumbens*, a perda foi de 0,4 t/ha.

Neste trabalho, a relação é semelhante, pois na Tabela 2 verifica-se que os tratamentos com menor cobertura de solo, representados pelas parcelas 02 (pimenta) e 05 (pimenta c/ ara. grad.), onde a pimenta-do-reino foi plantada no espaçamento de 2,5 m x 2,5 m, as perdas foram maiores, com valores de 57,93 t/ha de solo e 43,56 t/ha de solo, respectivamente. No tratamento de cobertura de solo intermediário, representado pela rotação/consorciação de culturas anuais (parcela 01), a perda foi um pouco menor, da ordem de 36,95 t/ha de solo, enquanto que a menor perda foi registrada no tratamento que promoveu maior cobertura do solo, representado pela pastagem de capim-quicuío (*Brachiaria humidicola*), parcela 03, na ordem de 2,53 t/ha de solo. No tratamento sem cobertura (parcela 3), a perda foi de 144,50 t/ha de solo.

O efeito do preparo do solo através de aração e gradagem na redução de perdas por erosão foi evidenciado nas parcelas 02 e 05. Em ambas as parcelas, a pimenta-do-reino recebeu os mesmos tratos culturais, diferindo apenas quanto ao preparo do solo mencionado anteriormente, sem preparo na parcela 02 e com preparo na parcela 05. Verificou-se na Tabela 2, que no período de 1989 e 1992, as perdas de solo sempre foram maiores na parcela 02 do que na parcela 05. As menores perdas registradas na parcela 05 deveu-se ao preparo do solo, possivelmente, por diminuir a compactação e aumentar a porosidade do solo, favorecendo maior taxa de infiltração e, conseqüentemente, proporcionando redução no processo de enxurrada. Segundo Dedecek et al. (1986), o preparo convencional do solo permite obter valores iguais ao do plantio direto, devido aos ganhos em infiltração obtidos por um período de tempo após a realização dessa prática.

Em 1993, a situação foi inversa, pois a menor perda de solo foi registrada na parcela 02 (tratamento pimenta s/ ara.-grad.) (Tabela 2), em razão de ter sido introduzida nessa parcela a leguminosa feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), que promoveu excelente cobertura do solo, reduzindo, com isso, a desagregação do mesmo, pelo impacto das gotas de chuva e, conseqüentemente, a diminuição do arraste do solo pelas enxurradas. Esse efeito foi, também, observado na parcela 01 (tratamento RCCA), no ano de 1991, onde foi obtida a menor perda de solo no período, que foi de 8,44 t/ha, em razão de, nesse ano, o solo ter ficado em pousio com a leguminosa *Pueraria phaseoloides*, a qual promoveu boa cobertura do solo.

A Tabela 3 mostra que não houve diferenças significativas para perdas de solo entre meses para os tratamentos pastagem, pimenta, rotação/consorciação CA, entretanto, houve para os tratamentos pimenta com ara.-grad. e solo descoberto com ara.-grad. Enquanto que, entre tratamentos, foram verificadas diferenças significativas para pimenta com aração e gradagem e solo descoberto com aração e gradagem, em relação aos outros tratamentos. Este fato, parece estar relacionado ao efeito da preparação do solo e da percentagem de cobertura do solo dos tratamentos em relação ao tratamento solo descoberto (parcela 03).

TABELA 3. Valores médios de perda de solo nos tratamentos: pastagem, pimenta sem aração e gradagem, pimenta com aração e gradagem, rotação/conSORCIAÇÃO de culturas anuais e solo descoberto com aração e gradagem, no período de 1989 a 1993, em Tomé-Açu, Pará.

Meses	Tratamentos					
	Pastagem	Pimenta sem aração/gradagem	Pimenta com aração e gradagem	Rotação/conSORCIAÇÃO de culturas anuais	Solo descob. com aração/gradagem	Médias mensais
Janeiro	0,045 aA	4,730 aA	11,142 cA	1,705 aA	11,142cA	5,753 b
Fevereiro	0,184 aA	6,416 aA	11,416 cA	3,318 aA	11,416 cA	6,550 b
Março	0,594 aB	17,422 aB	40,396 abA	14,836 aB	40,396 abA	22,729 a
Abril	0,394 aB	15,396 aB	49,628 aA	9,112 aB	49,628 aA	24,832 a
Maio	0,358 aA	6,356 aA	19,242 bcA	3,914 aA	19,242 bcA	9,822 b
Junho	0,036 aA	1,908 aA	2,358 cA	1,118 aA	2,358 cA	1,614 b
Julho	0,076 aA	2,280 aA	3,358 cA	1,458 aA	3,358 cA	2,106 b
Agosto	0,008 aA	0,082 aA	0,162 cA	0,036 aA	0,162 cA	0,090 b
Setembro	0,020 aA	0,292 aA	1,192 cA	0,126 aA	1,192 cA	0,564 b
Outubro	0,398 aA	1,272 aA	3,120 cA	0,518 aA	3,120 cA	1,686 b
Novembro	0,392 aA	1,102 aA	2,508 cA	0,662 aA	2,508 cA	1,434 b
Dezembro	0,238 aA	1,620 aA	2,000 cA	0,488 aA	2,200 cA	1,349 b
Média	0,232	4,909	12,245	3,182	12,245	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, e maiúscula, na mesma linha, não são significativamente diferentes entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4, são mostrados os valores médios de perda de água, na qual verificou-se que houve diferenças significativas nos tratamentos entre meses, exceto para o tratamento pastagem (parcela 04). Enquanto que, para tratamentos observaram-se diferenças significativas entre os mesmos. Estes dados sugerem que as diferenças observadas estão relacionadas ao preparo do solo e à percentagem de cobertura vegetal em relação ao solo descoberto.

A análise de variância para os dados de perda de solo e água, considerando os anos como repetição (Tabela 5), demonstrou que não houve diferenças significativas entre anos tanto para perda de solo como para perda de água, enquanto que, para tratamentos, houve diferenças significativas para perda de solo e muito significativas para perda de água. Para meses e para interações TXM e AXM, as diferenças foram significativas. Estas diferenças observadas estão mais relacionadas aos efeitos da aração e gradagem e percentagem de cobertura do solo, em relação ao solo descoberto, do que ao acaso, tendo em vista, que a área onde foi instalado o experimento é bastante homogênea em relevo e tipo de solo.

PERDAS DE MATÉRIA ORGÂNICA E NUTRIENTES

Os resultados de perdas anuais de matéria orgânica e nutrientes, no período de 1989 a 1993, estão apresentadas na Tabela 6 e os valores médios de perda de matéria orgânica e nutrientes, na Tabela 7.

Os valores de perdas de matéria orgânica e nitrogênio, no período de 1989 a 1993, foram bastante elevados nas parcelas 01, 02, 03 e 05, variando em torno de 126,5 kg/ha (parcela 01) a 3.723,9 kg/ha (parcela 03) e de 6,5 kg/ha (parcela 01) a 246,6 kg/ha (parcela 03), respectivamente. As perdas referentes ao cálcio oscilaram em torno de 3,1 kg/ha a 102,1 kg/ha; para o magnésio foi da ordem de 0,8 kg/ha a 23,4 kg/ha; para o potássio foi de 0,1 kg/ha a 1,6 kg/ha e para o fósforo foi de 0,1 kg/ha a 1,5 kg/ha, respectivamente, nas parcelas 01, 02, 03 e 05. Na parcela 04, somente houve perda de 7,9 kg/ha de matéria orgânica e 0,5 kg/ha de cálcio. Esses valores elevados de perda em solo sob uso, poderão acarretar degradações física e química do solo.

TABELA 4. Valores médios de perda de água nos tratamentos: pastagem, pimenta sem aração e gradagem, pimenta com aração e gradagem, rotação/consorciação de culturas anuais e solo descoberto com aração e gradagem, no período de 1989 a 1993, em Tomé-Açu, PA.

Meses	Tratamentos					
	Pastagem	Pimenta sem aração/gradagem	Pimenta com aração e gradagem	Rotação/consorciação culturas anuais	Solo descob com aração/gradagem	Médias mensais
Janeiro	32,682 aB	768,645 bcA	1.240,872 abA	626,925 bcdB	1.240,872 abA	781,999 c
Fevereiro	69,842 aB	1.187,036 abA	1.318,812 abA	826,584 abA	1.318,812 abA	944,217 bc
Março	91,826 aB	1.640,836 aA	1.860,962 aA	1.344,376 aA	1.860,962 aA	1.359,792 a
Abril	105,100 aB	1.282,472 abA	1.670,812 abA	1.349,290 aA	1.670,812 abA	1.215,697ab
Mai	65,424 aB	644,508 dbcB	1.080,354 bcA	786,738 abcA	1.080,354 bcA	731,476 c
Junho	15,556 aA	171,554 dcA	188,444 dA	179,272 bcdA	168,444 dA	147,378 d
Julho	11,044 aA	166,730 dcA	233,276 dA	136,240 cdA	233,276 dA	156,113 d
Agosto	1,966 aA	10,932 dA	27,756 dA	5,150 dA	27,756 dA	14,712 d
Setembro	4,892 aA	31,636 dA	80,124 dA	14,770 dA	80,124 dA	42,309 d
Outubro	13,066 aA	159,092 dcA	259,388 dA	93,150 dA	259,388 dA	136,817 d
Novembro	6,638 aA	126,266 dcA	174,984 dcA	91,992 dA	174,984 dA	114,973 d
Dezembro	13,092 aA	276,648 dcA	439,742 cdA	138,626 A	439,742 dcA	261,570 d
Média	35,982	534,968	705,708	468,265	705,708	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula, na mesma coluna, e maiúscula, na mesma linha, não são significativamente diferentes entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 5. Resultados de análise de variância para os dados de perda de solo e de água para cinco anos em Tomé-Açu, Estado do Pará.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Perda se solo	Perda de água
Ano (A)	4	987,65 NS	504.591,76 NS
Tratamento (T)	4	1.741,25*	4.449.400,00**
Resíduo (RA)	16	381,05	311.965,20
Meses (M)	11	1.835,40**	5.865.500,00**
Interação (TxM)	44	283,21**	357.282,43**
Interação (AxM)	43	379,51**	604.165,02**
Resíduo (RxM)	171	111,61	97.314,07
Média geral (t/ha)		6,57	490,20
C.V. (%)		160,69	63,64

Observação: Ano foi utilizado como repetição.

O tratamento com solo descoberto (parcela 03) registrou uma perda de 1.800 kg/ha de matéria orgânica no período estudado (Tabela 7). Esse valor foi considerado bastante elevado, e parece manter uma relação diretamente proporcional com as perdas de solo (Tabela 2). Neste tipo de tratamento, a perda de matéria orgânica bem mais baixa foi obtida por Távora et al. (1986), no Ceará, com valor de 546,3 kg/ha.

Nos tratamentos sob diferentes sistemas de cultivo, a perda de matéria orgânica apresentou pouca diferença entre tratamentos, e a média geral foi de 744,4 kg/ha. Esse resultado é semelhante ao obtido por Castro et al. (1986), em Campinas, SP, que perdeu 561,1 kg/ha de matéria orgânica, como média de três tratamentos de trigo x soja em diferentes tipos de manejo.

TABELA 6. Perdas de matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica, em Latossolo Amarelo com 4% de declividade sob diferentes sistemas de cultivo em Tomé-Açu.

Tratamentos/parcelas	Ano	Matéria orgânica	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Rotação/consorciação de culturas Anuais/Parcela 01	1989	469,30	9,50	0,40	0,50	11,00	--
	1990	1.575,10	97,30	4,50	3,70	29,20	0,40
	1991	126,50	6,50	0,20	0,20	4,20	0,50
	1992	130,20	9,70	0,40	0,30	3,10	1,00
	1993	648,40	34,20	0,80	1,20	8,80	2,20
Pimenta sem aração e gradagem/parcela 02	1989	664,70	16,70	0,20	0,90	20,60	--
	1990	1.615,00	91,70	0,70	3,80	35,80	11,30
	1991	288,70	17,20	0,10	0,70	16,60	1,60
	1992	1.223,00	68,20	0,60	4,30	58,20	4,30
	1993	412,20	25,30	1,60	0,70	16,90	4,60
Solo descoberto com aração e gradagem/Parcela 03	1989	692,90	22,50	0,20	0,80	15,00	--
	1990	1.643,40	63,40	0,50	1,50	17,70	9,90
	1991	505,40	26,90	0,20	0,40	9,50	1,80
	1992	2.434,40	136,00	0,60	2,20	102,10	14,60
	1993	3.733,90	242,60	1,20	1,20	92,40	23,40
Pastagem ¹ sem aração e gradagem/Parcela 04	1989	7,90	--	--	--	0,90	--
	1990	--	--	--	--	--	--
	1991	--	--	--	--	--	--
	1992	--	--	--	--	--	--
	1993	--	--	--	--	--	--
Pimenta com aração e gradagem/Parcela 05	1989	200,10	11,80	0,10	0,30	7,50	--
	1990	1.352,50	72,70	0,50	2,50	29,20	8,10
	1991	199,80	13,30	0,10	0,40	5,50	0,80
	1992	639,30	48,10	0,50	1,70	17,30	3,50
	1993	820,80	50,70	1,50	0,80	35,10	4,90

1 - Na parcela 04 o traço indica que não houve perda de solo suficiente para determinação de matéria orgânica e de nutrientes.

TABELA 7. Valores médios de perda de matéria orgânica e nutrientes determinados nos sedimentos de solo de Tomé-Açu, PA, no período de cinco anos (1989 a 1993).

Tratamento	Matéria orgânica	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Pimenta sem aração e gradagem	840,84 a	43,82 a	0,64a	2,08a	29,62 a	5,45 ab
Pimenta com aração e gradagem	642,50 a	39,28 a	0,54a	1,14a	18,92 a	4,32 ab
Rotação/conSORCiação de culturas anuais	590,02 a	31,44 a	1,26a	1,18a	11,26 a	1,02 b
Solo descoberto com aração e gradagem	1.800,00 a	98,28 a	0,54a	1,22a	47,34 a	12,42 a
Pastagem ¹	--	--	--	--	--	--

1. O tratamento pastagem não entrou na análise estatística porque só apresentou perda muito pequena em dois anos para matéria orgânica e cálcio.

Valores seguidos pela mesma letra minúscula na mesma coluna não são significativamente diferentes entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As perdas de matéria orgânica e de nutrientes em relação ao preparo e cobertura do solo apresentam o mesmo comportamento já discutido para os resultados de perdas de solo.

As perdas de nutrientes, desconsiderando-se o tratamento com solo descoberto, foram pouco expressivas, se comparadas com as perdas de matéria orgânica, excetuando-se as do nitrogênio, com perda média anual de 38 kg/ha (Tabela 7), que parece estar diretamente relacionada com a perda da matéria orgânica.

As perdas de matéria orgânica verificadas neste trabalho servem para explicar, em parte, o declínio acelerado da fertilidade dos solos amazônicos após pouco tempo de uso sem aplicação de fertilizantes e corretivos. Os Latossolos e Argissolos Distróficos, dominantes na região, apresentam níveis muito baixos de bases no perfil, entretanto, os níveis de nutrientes no horizonte A, geralmente são mais elevados que os dos horizontes B subjacentes, principalmente, por influência da matéria orgânica que, via de regra, apresenta teores mais elevados nos horizontes superficiais. Como nesses solos há uma dominância de minerais de argila do tipo 1:1, de baixa atividade (Rodrigues et al. 1991; Santos, 1993; Silva, 1989), a maior parte da capacidade de troca de cátions – CTC é devido ao conteúdo de matéria orgânica no solo. Em função disso, a magnitude das perdas de matéria orgânica, com média anual de 691 kg/ha, em poucos anos de uso, o solo ficará exaurido e dependente quase que exclusivamente da CTC da fração argila, com valores em torno de 4,5 cmolc/kg de solo. Isto resultará numa baixa capacidade de retenção de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas.

Apesar de serem observadas diferenças numéricas em relação às perdas de matéria orgânica e nutrientes, pela análise estatística (Tabela 7) foi demonstrado que para os tratamentos não houve diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%, exceto para o nutriente magnésio, que apresen-

toou diferenças para o tratamento do solo descoberto em relação aos demais tratamentos. As diferenças não ficaram evidentes, talvez pelos altos valores de CV%.

A análise de variância (Tabela 8), para os valores de perda de matéria orgânica e de nutrientes evidenciou que não ocorreu diferenças significativas em relação a tratamentos e anos, com exceção para potássio, que apresentou diferença muito significativa em relação a anos e para magnésio com diferença significativa em relação a tratamentos. Os valores elevados de CV% poderão ter acarretado a não-evidência das diferenças numéricas observadas nos dados entre tratamentos e anos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A análise dos resultados obtidos sobre a perda de solo, de água, de matéria orgânica e nutrientes em solo submetido a diferentes sistemas de cultivos, permite as seguintes conclusões:

- Em área desmatada com solo descoberto o ano inteiro o processo erosivo é mais intenso, acarretando perdas médias de 144,5 t/ha de solo; 8.327,8 m³/ha de água e 1.800 kg/ha de matéria orgânica.
- As perdas por erosão decrescem com o aumento do grau de cobertura do solo proporcionada pelas plantas cultivadas, onde as perdas médias alcançaram 35,2 t/ha de solo; 4.570,8 m³/ha de água e 744,4 kg/ha de matéria orgânica no solo descoberto.
- A cobertura total do solo controla o processo erosivo, com perdas médias da ordem de 2,53 t/ha de solo; 424,59 m³/ha de água e 1,6 kg/ha de matéria orgânica.
- A manutenção de áreas agrícolas com cobertura no período de maior ocorrência de chuvas sucessivas serve para controlar o escoamento superficial, fator este preponderante no processo erosivo por ação hídrica.

TABELA 8. Resultados de análise de variância para valores de perdas de matéria orgânica e nutrientes determinados nos sedimentos de solo em Tomé-Açu, Estado do Pará.

Fatores de variação	GL	Matéria orgânica	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Tratamento (T) ¹	3	1.595.400,00 NS	4645,76 NS	0,60 NS	1,02	1222,38 NS	91,98*
Ano (A)	4	1.228.000,00 NS	5003,71 NS	1,60 NS	4,43**	966,12 NS	43,84
Resíduo (R)	12	477.288,26	2304,33	0,86	0,78	576,13	21,53
Média geral (t/ha)		968,34	53,20	0,74	1,40	26,78	5,81
C.V. %		71,35	90,22	124,36	62,74	89,61	79,91

1. O tratamento Pastagem não foi considerado devido ter ocorrido perda de matéria orgânica e cálcio em dois anos.

- As elevadas perdas constatadas pela pesquisa em Tomé-Açu demonstram que tanto a agricultura tradicional como a empresarial degrada o solo.

- A ação da erosão hídrica na Amazônia é prejudicial dos pontos de vista sócio-econômico, pela perda de solo, matéria orgânica e nutrientes; e ambiental, pela poluição e assoreamento de cursos de água.

- Na utilização do solo da Amazônia, sob ação de clima tropical, com período concentrado de incidência de chuvas, nos diversos sistemas de produção agrícola, torna-se imprescindível a aplicação de práticas de manejo e conservação do solo adequadas às características das terras.

- A utilização de sistemas de manejo de solo e de culturas no modelo de plantio direto torna-se essencial para o controle da erosão hídrica nos sistemas de agricultura familiar e empresarial, na região nordeste paraense, como também em outras regiões da Amazônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUAJA, L.R; DANGLER, E.W; EL – SWAFY, S.A. Predicting runoff initiation times under field conditions in tropical Hawii soils. **Soil Science Society of América Journal**, Madison, v.40, n.5, p.777-779, 1976.
- BERTONI, J. Sistemas coletores para a determinação de perdas por erosão. **Bragantia**, Campinas, v.9, p.140-155, 1949.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F.; BENATTI JUNIOR, R. Metodologia para a determinação de perdas por erosão. Campinas: Instituto Agronômico, 1975. 14p. (IAC. Circular, 44).
- CAMPOS FILHO, O.R.; SILVA, I. de F. da; ANDRADE, A.P. de; LEPRUN, J.C. Avaliação de perdas de solo e de água num Podzólico Vermelho-Amarelo Orto do Agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.7, p.1057-1062, 1991.
- CASTRO, O.M. de; LOMBARDI NETO, F; QUAGGIO, J.A.; DE MARIA. L.C; VIEIRA, S.R; DECHEN, S.C.F. Perdas por erosão de nutrientes vegetais na sucessão soja/trigo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.10, n.3, p.293-297, 1986a.
- DEDECEK, R.A.; RESCK, D.V.S.; FREITAS, J.R. e de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Vermelho-Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.10, p.265-272, 1986.

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento semidetalhado dos solos, avaliação da aptidão agrícola das terras e zoneamento agropedoclimático para culturas, essências florestais e pecuária do campo experimental do INATAM, Tomé-Açu, Pará.** Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS, 1990. 202p. não publicado.
- SANTOS, P.L. dos. **Zoneamento agroclimático da bacia do Rio Candiru-Açu, Pará.** Belém: FCAP, 1993. 153p. Dissertação de Mestrado.
- SILVA, L. de F. da; ANDRADE, A.P. de; CAMPOS FILHO, O.R. Efeito de diferentes coberturas vegetais e de práticas conservacionistas no controle da erosão. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v.10, n.3, p.289-292, 1986.
- SILVA, J.M.L. da. **Caracterização e classificação de solos do terciário do Nordeste do Estado do Pará.** Itaguaí: UFRJ, 1989. 180p. Tese de Mestrado.
- RODRIGUES, T.E; OLIVEIRA JR, R.C. de; SILVA, J.M.L. da; VALENTE, M.A.; CAPECHE, C.L. **Caracterização físico-hídrica dos principais solos da Amazônia Legal. I. Estado do Pará: Relatório Técnico.** Belém: Embrapa-CNPS/FAO, 1991. 228p. Datilografado.
- RODRIGUES, T.E; BAENA, A.R.C. Solos da rodovia PA-02 trecho Km 65 ao Km 111 Tomé-Açu-Paragominas. Belém: IPEAN, 1974. p.1-88. (IPEAN. Boletim Técnico, 59).
- RODRIGUES, T.E; SILVA, B.N.R. da; MORIKAWA, I.K.; VIANA, J.A. Solos da rodovia PA-70, trecho Belém-Brasília-Marabá. Belém: IPEAN, 1974. 152p. (IPEAN. Boletim Técnico, 60).

- TAVORA, M.R.P.; SILVA, J.C.R.; HERNANDEZ, F.F.F.; SAUNDERS, L.C.U.; MOREIRA, E.G.S. Perdas de solo, água e nutrientes em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de Ubajara (CE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, n.1, p.63-66, 1985.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses**. a guide to conservation planning. Washington, D.C: USDA, 1978. 58p. (USDA. Agriculture Handbook, 537).



Amazônia Oriental

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n, Caixa Postal 48,

Fax (91) 276-9845, Fone (91) 276-6333, CEP 66095-100

e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br