



Revista Brasileira de Ciência do Solo

ISSN: 0100-0683

revista@sbccs.org.br

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

Brasil

AMADO, T. J. C.; PROCHNOW, D.; ELTZ, F. L. F.
PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM PERÍODOS DE ANOMALIAS CLIMÁTICAS: "EL NIÑO" E "LA NIÑA"
NO SUL DO BRASIL

Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 26, núm. 3, 2002, pp. 819-827
Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
Viçosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180218340028>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

PERDAS DE SOLO E ÁGUA EM PERÍODOS DE ANOMALIAS CLIMÁTICAS: “EL NIÑO” E “LA NIÑA” NO SUL DO BRASIL⁽¹⁾

T. J. C. AMADO⁽²⁾, D. PROCHNOW⁽³⁾ & F. L. F. ELTZ⁽⁴⁾

RESUMO

O Sul do Brasil tem seu clima influenciado por anomalias climáticas denominadas “El Niño” e “La Niña”. Durante o “El Niño”, verifica-se precipitação pluvial em volume superior ao normal. De forma oposta, observa-se déficit hídrico durante o “La Niña”. Resultados de perdas de solo e água associados a essas anomalias climáticas são escassos, sendo o seu estudo o objetivo principal deste trabalho. Para isso, durante sete anos (abril de 1993 a março de 2000), utilizou-se um experimento de perdas de solo sob chuva natural, desenvolvido em Santa Maria (RS). O solo da área experimental era um Argissolo Vermelho distrófico arênico. O clima da região é do tipo “Cfa”, subtropical úmido sem estiagens, de acordo com a classificação climática de Köppen, com precipitação pluvial média anual de 1.686 mm. As parcelas experimentais apresentavam dimensões de 3,5 x 22 m de comprimento, com declividade média de 5,5 %. Elas foram delimitadas por chapas de metal e na sua parte inferior foi instalada uma calha coletora de enxurrada, ligada a um tanque que, por sua vez, foi acoplado a um segundo por meio de um divisor “Geib”. Os tratamentos selecionados em delineamento inteiramente casualizado, com duas repetições, foram os seguintes: (a) solo descoberto e (b) milho (*Zea mays*)/mucuna cinza (*Stizolobium cinereum*) sob sistema plantio direto. O volume total de chuva, o índice de erosividade (EI_{30}) e a intensidade da chuva foram determinados com base em dados da estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria. Após cada chuva, foram avaliadas as perdas de solo e água. Durante o “El Niño”, ocorreram chuvas com elevada intensidade que resultaram no aumento da erosão em relação à média do período experimental. Por outro lado, no “La Niña”, as perdas de solo e água foram inferiores àquela média. Um único evento de precipitação pluvial do “El Niño” apresentou perda de solo equivalente à de um ano inteiro do “La Niña”. O sistema plantio direto de milho/mucuna foi eficiente em controlar a erosão, mesmo durante o “El Niño”, e importante estratégia de convivência com o “La Niña”.

Termos de indexação: chuva natural, erosão, conservação do solo.

⁽¹⁾ Trabalho financiado pela FAPERGS, CNPq e Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Recebido para publicação em janeiro de 2001 e aprovado em maio de 2002.

⁽²⁾ Professor Adjunto, Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. CEP 97119-900 Santa Maria (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: tamado@mail.ufsm.br

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, Centro de Ciências Rurais, UFSM. Bolsista da FAPERGS. E-mail: dprochnow@bol.com.br

⁽⁴⁾ Professor Titular, Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: feltz@ccr.ufsm.br

SUMMARY: SOIL AND WATER LOSSES IN PERIODS OF CLIMATIC ANOMALIES: "EL NIÑO" AND "LA NIÑA" IN SOUTHERN BRAZIL

*The climate of Southern Brazil is affected by climatic anomalies called "El Niño" and "La Niña". During the first phenomenon, the precipitation volume is higher than normal. On the contrary, water deficits are observed during "La Niña". Data of soil and water losses associated to these climatic anomalies are scarce, making their study the main objective of this work. An experiment on soil loss by natural rainfall was carried out on that account in Santa Maria, Rio Grande do Sul State, Brazil, during seven years (April 1993 to March 2000) on a Ultisol soil. The regional climate is a subtropical Cfa without droughts, according to the Köppen climate classification, with an annual mean precipitation of 1,686 mm. Experimental plots were 3.5 m wide and 22 m long, with 0.055 m m⁻¹ slope, enclosed by metal borders, with a runoff collector device at the lower end. This recipient was linked to a tank, on its behalf linked to a second tank by a GEIB divisor. In a completely randomized design with two replications, two treatments were evaluated: a) bare soil, and b) corn (*Zea mays*) cropped with velvet bean (*Stizolobium cinereum*) under no tillage. The total volume of precipitation, erosivity index (EI_{30}) and rainfall intensity were determined using weather data from the meteorological station of the Federal University of Santa Maria. After each rainfall event, soil and water loss were determined. Rainfalls of extreme intensity during "El Niño" gave rise to erosion increase above the mean of the whole experimental period, while on the other hand soil and water losses were lower during "La Niña", compared to this mean. One rainfall event during "El Niño" caused soil losses equivalent to those of a whole year of "La Niña". The no tillage system of corn/velvet bean was efficient for erosion control, even during "El Niño", and was an important strategy to counter "La Niña".*

Index terms: climate anomalies, natural rainfall, erosion, soil conservation.

INTRODUÇÃO

O fenômeno Oscilação Sul (ENOS) é cíclico, com período de recorrência de dois a sete anos (Stormfax, 2000), possuindo duas fases distintas: uma quente ("El Niño"), com o aquecimento das águas do Oceano Pacífico tropical e Índice de Oscilação Sul negativo, e outra fria ("La Niña"), com o resfriamento das águas do Oceano Pacífico tropical e Índice de Oscilação Sul positivo. O aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico, no período próximo ao Natal, dá origem ao nome da primeira fase do fenômeno, que tem sido registrado há pelo menos uma centena de anos (Cunha, 1998; Stormfax, 2000).

A temperatura das águas do Oceano Pacífico, associada aos campos de pressão, altera o padrão de circulação atmosférica e da precipitação pluvial em escala regional, que, por sua vez, provocam mudanças nas condições meteorológicas em várias partes do mundo (Cunha, 1998). Os desvios em relação ao clima normal podem durar de 6 a 18 meses e, por isso, são denominados anomalias climáticas persistentes (Ropelewski & Halpert, 1987).

Há pelo menos 20 regiões no mundo nas quais o clima é influenciado pelo ENOS. Nessas regiões, inclui-se o Brasil, especialmente o Nordeste, a Amazônia (na faixa tropical) e o Sul. Nesta última região, durante o fenômeno "El Niño", verifica-se

incremento no volume de precipitação pluvial e durante o fenômeno "La Niña" déficit hídrico (Cunha, 1998).

As anomalias climáticas mais conhecidas são as relacionadas com o regime de chuvas, embora o regime térmico também possa ser modificado. De qualquer forma, ambos os fenômenos climáticos têm intensidade variável. Durante o século XX, o "El Niño" considerado mais intenso foi o de 1997, enquanto o "La Niña" foi o de 1988 (CPTEC/INPE, 2000).

Nos últimos dez anos, quatro estiagens associadas ao "La Niña" causaram perdas de 13,8 milhões de toneladas de grãos no Rio Grande do Sul (Cunha, 1998). Além da redução no rendimento, também ocorreram: diminuição da qualidade dos produtos colhidos; menor eficiência de herbicidas, de fertilizantes e de outros insumos; gastos com replantio e dificuldade de obtenção de adequadas populações de plantas nas lavouras e favorecimento à ocorrência de pragas.

Por outro lado, com o excesso de precipitação pluvial ("El Niño"), verificaram-se rendimentos mais elevados do que a média histórica. No entanto, são comuns: atrasos na semeadura; redução da luminosidade; dificuldades para a colheita; qualidade inferior de grãos; presença de erosão e prejuízos às estradas rurais (Pott et al., 1998). Em 1978, durante a vigência do "El Niño" (Stormfax, 2000), a ocorrência

de 15 dias com elevada precipitação pluvial, no mês de novembro, provocou a remoção de uma camada de solo estimada de 10 cm em cerca de 192.000 hectares do planalto rio-grandense. Esse "El Niño" ficou conhecido como "novembro vermelho" e ocasionou, somente na agricultura, aproximadamente US\$33 milhões de prejuízos (Gianluppi et al., 1979).

No sul do Brasil, as épocas do ano mais sujeitas às anomalias climáticas são: primavera, início de verão, final de outono e início de inverno. Esses períodos coincidem com a semeadura e com a fase inicial de desenvolvimento das culturas, propiciando elevada predisposição à erosão hídrica, decorrente da baixa cobertura do solo proporcionada pelas plantas (Eltz et al., 1977). Dessa forma, a coincidência de anomalias climáticas, como o "El Niño", com esses períodos, pode resultar em elevadas perdas de solo e água. Porém, o impacto das anomalias climáticas ("El Niño" e "La Niña") sobre as perdas de solo e água ainda é pouco estudado no Brasil, sendo o objetivo principal deste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em experimento de perdas de solo e água, sob chuva natural, conduzido desde o ano de 1991, na área do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS), situada na região Fisiográfica da Depressão Central. A localização geográfica da área experimental é 29° 45' de latitude Sul e 53° 42' de longitude Oeste. A altitude é de 96 m. Todas as chuvas ocorridas no período de abril/1993 a março/2000 foram analisadas, quantificando-se as perdas de solo e água por erosão hídrica.

A área experimental, pertencente à unidade de mapeamento São Pedro, classifica-se como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 1999), de textura superficial arenosa/média (Typic Paleudalf) com 730, 120 e 150 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. Este solo possui 17 g kg⁻¹ de Fe₂O₃ e o argilomineral predominante é a caulinita (Brasil, 1973; Amado et al., 2001), apresenta fraca estabilidade estrutural, sendo, por isso, altamente suscetível à erosão hídrica. A erodibilidade do solo da área experimental é de 0,033 t ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹ (Zufferey, 1999).

Anteriormente à instalação do experimento, em abril de 1991, a área encontrava-se sob condição de campo nativo, com predominância de gramíneas e presença de plantas daninhas de diversas espécies (Debarba, 1993). A análise química do solo, na época, apresentou os seguintes valores: pH = 4,5; P = 1,8 mg dm⁻³; K = 0,042 cmol_c dm⁻³; Ca + Mg = 2,6 cmol_c dm⁻³; e teor de Matéria Orgânica = 24,6 g kg⁻¹ (Debarba, 1993; Amado et al., 2001).

O clima da região é do tipo "Cfa", isto é, subtropical úmido sem estiagens, de acordo com a classificação climática de Köeppen (Moreno, 1961), com precipitação pluvial média anual de 1.686 mm.

As quatro parcelas experimentais utilizadas no experimento apresentavam dimensões de 3,5 m de largura por 22 m de comprimento, com declividade média de 5,5 %. Cada parcela foi delimitada por chapas de metal galvanizado, com 20 cm de altura, introduzidas no solo a uma profundidade de 10 cm. Na parte inferior de cada parcela, foi instalada uma calha coletora de enxurrada, ligada a um tanque de 1.000 L, sendo este ligado a um segundo, por meio de um divisor "Geib" de nove partes.

Os tratamentos selecionados, em delineamento inteiramente casualizado com duas repetições, foram os seguintes: (a) solo descoberto e (b) milho (*Zea mays*)/mucuna cinza (*Stizolobium cinereum*). O primeiro tratamento foi utilizado com o objetivo de avaliar o efeito das anomalias climáticas nas perdas de solo e água, enquanto o segundo objetivou avaliar a eficiência de sistemas conservacionistas de manejo do solo em atenuar estes efeitos.

O tratamento com solo descoberto foi mantido em completa ausência de plantas e de seus resíduos, por meio de herbicida glyphosate e capinas manuais, sendo ainda periodicamente escarificado manualmente, visando eliminar crostas superficiais.

O tratamento com cultivo de milho/mucuna foi manejado sob sistema plantio direto. A mucuna foi utilizada como cultura de cobertura, sendo semeada manualmente na entrelinha do milho na fase de grão leitoso desta cultura. Durante o período experimental, a semeadura do milho foi realizada no mês de outubro e a da mucuna em dezembro. A população de milho, ajustada por meio de desbaste, foi de 50.000 plantas ha⁻¹, com adubação anual de base de 60 kg ha⁻¹ de N, K₂O e P₂O₅. A ocorrência de geadas nos meses de outono/inverno foi responsável pela morte da mucuna, dispensando o uso de herbicidas para dessecção. Os resíduos de mucuna permaneceram protegendo a superfície do solo até à próxima semeadura de milho.

As produtividades de matéria seca da mucuna e do milho foram avaliadas no pleno florescimento, em área de 0,80 m² e com três repetições por parcela. De cada amostra, retirou-se uma subamostra que foi seca em estufa a 65 °C até peso constante.

O índice de erosividade das chuvas (EI₃₀) foi calculado conforme critérios propostos por Cabeda (1976), cujas unidades foram transformadas para o sistema internacional, segundo Foster et al. (1981). Os dados climáticos utilizados foram obtidos na estação meteorológica da UFSM, distante aproximadamente 1 km da área experimental. Durante a ocorrência das anomalias climáticas de "El Niño" e "La Niña", foram selecionadas, com base no volume de precipitação e intensidade, seis chuvas

representativas de cada fenômeno. Os meses de anomalias climáticas seguiram informações da Stormfax (2000) e CPTEC/INPE (2000).

A determinação das perdas de solo e água, durante o período de 1993 a 2000, seguiu o método proposto por Cogo (1978), sendo a amostragem efetuada após cada precipitação pluvial. As perdas de solo e água foram calculadas com auxílio de planilha eletrônica, sendo os resultados de perdas de solo expressos em $Mg\ ha^{-1}$ e os de perdas de água, em mm de enxurrada. Detalhes experimentais encontram-se em Debarba & Amado (1997) e Segnfredo et al. (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Precipitações pluviais anuais durante as anomalias climáticas

Durante o período de avaliação (1993 a 2000), foi verificada, segundo classificação de Stormfax (2000), a ocorrência de quatro anos com predominância do fenômeno "El Niño" e três anos de "La Niña". Observou-se que, na média de quatro anos de "El Niño", a precipitação foi, aproximadamente, 393 mm superior à precipitação pluvial normal (média de 30 anos) (Figura 1). Por outro lado, naqueles anos de "La Niña", a precipitação pluvial foi, na média dos três anos, 167 mm inferior à normal. Essas alterações no regime pluvial têm reflexos em praticamente todas as atividades agrícolas, especialmente quanto ao manejo e conservação do solo e da água.

Assim, com o aprimoramento da previsão destas anomalias, é possível tomar a melhor decisão quanto

a práticas de manejo, como, por exemplo: sistema de preparo, quantidade e qualidade de resíduos a serem mantidos na superfície do solo, parcelamento da adubação nitrogenada de cobertura, aplicação de pesticidas e população de plantas, dentre outras.

Deve-se destacar que a precipitação pluvial anual nem sempre permite identificar as anomalias climáticas, uma vez que é possível ocorrer déficit hídrico concentrado em alguns meses e excessos em outros, de forma que o volume anual precipitado é pouco alterado, como no ano de 1996 (Figura 1). Nesse caso, a distribuição mensal da precipitação pluvial é a informação mais útil.

Precipitações pluviais mensais durante as anomalias climáticas

Fenômeno "El Niño" - Observou-se que o "El Niño", no período 1993/94, transcorreu com uma distribuição regular do excesso de precipitação pluvial, durante o ano, enquanto o "El Niño", no período 1997/98, ocorreu com elevada precipitação de forma concentrada em poucos meses (Figura 2). Este último fato faz com que, durante este período, o solo mantenha-se constantemente úmido e, consequentemente, a infiltração torna-se reduzida e a enxurrada incrementada. Nestas condições, também aumentam os riscos de compactação do solo decorrentes do trânsito e operações de máquinas agrícolas sobre o solo com elevada umidade.

A ocorrência de eventos com elevado volume de precipitação pluvial, nos meses de primavera e verão, é uma característica do "El Niño" e foi verificada em todos os anos desta anomalia climática, durante o período experimental. Notadamente em 1997, no mês de outubro, o volume de precipitação pluvial total foi de 477 mm, representando três vezes a precipitação normal desse mês (Figura 2b). No "El Niño" de 1993/94, também foi registrada no mês de janeiro uma precipitação superior ao dobro da normal desse período (Figura 2a). Essas precipitações pluviais, com elevado volume, aumentam em muito os riscos de erosão.

Fenômeno "La Niña" - Nos anos de ocorrência de "La Niña", foi observada, na maioria dos meses, precipitação pluvial muito inferior à normal (Figura 3). Exemplificando, em novembro de 1995, a precipitação pluvial foi de apenas 7,8 % da normal (Figura 3a) e, em agosto de 1999, a precipitação foi de 19,7 % (Figura 3b). Tal fato acarretou sérios prejuízos à agricultura e ao abastecimento de água para muitas cidades da região Sul. Convém destacar que nem todo "La Niña" é sinônimo de prejuízo, pois os maiores rendimentos de trigo, no Sul do Brasil, têm ocorrido em anos dessa anomalia climática, graças à menor incidência de doenças nessa cultura (Cunha, 1998).

Pela figura 3, observa-se que, mesmo em anos de ocorrência do "La Niña", sobretudo nos meses de janeiro/96 e outubro/99, perceberam-se precipitações

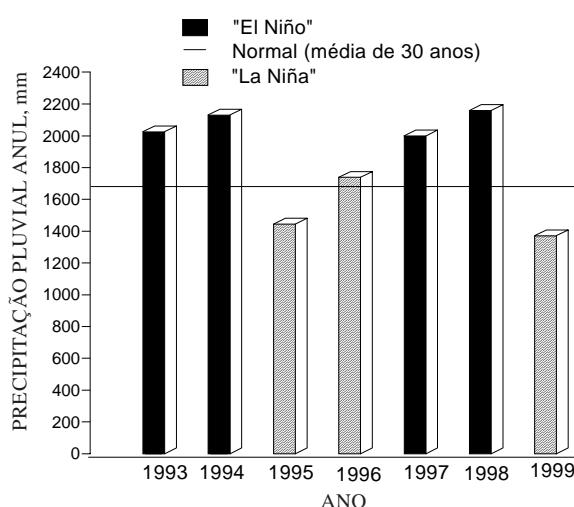


Figura 1. Precipitação pluvial anual ocorrida durante os fenômenos "El Niño" e "La Niña", no período de 1993-1999 e precipitação normal (média de 30 anos).

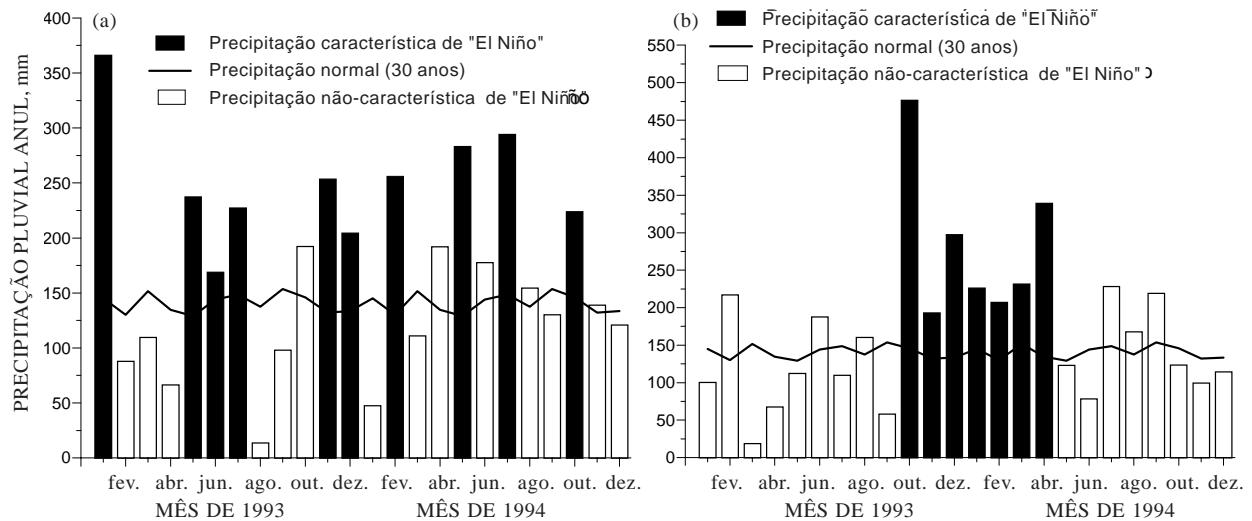


Figura 2. Distribuição da precipitação pluvial mensal durante o fenômeno "El Niño" de 1993/1994 (a) e 1997/1998 (b) e precipitação pluvial normal (média de 30 anos).

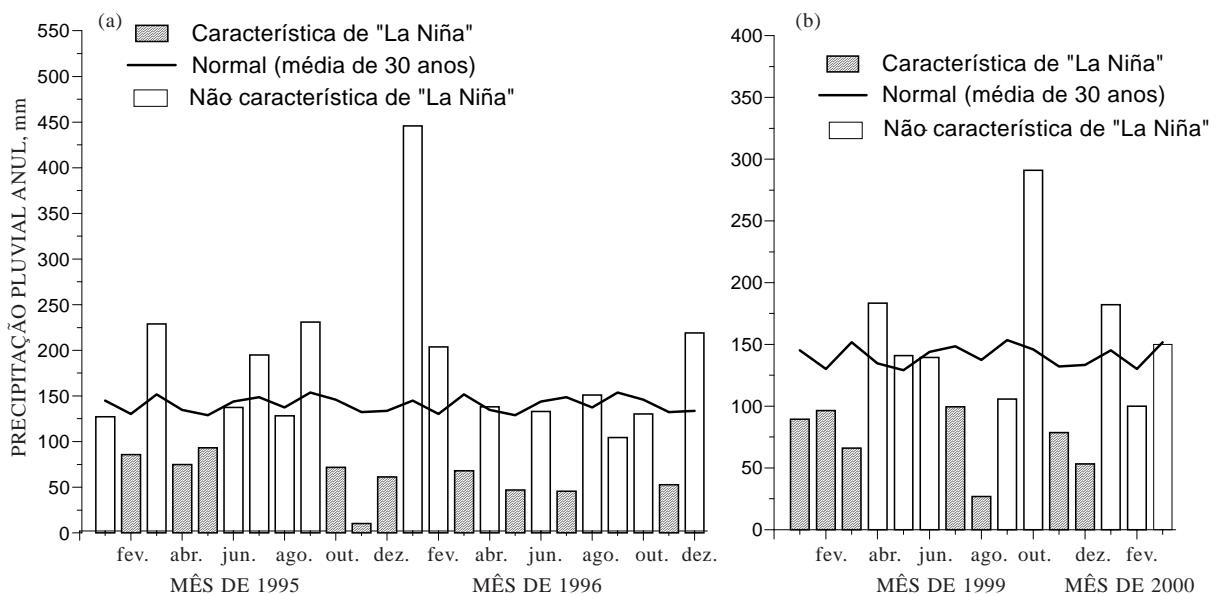


Figura 3. Distribuição da precipitação pluvial mensal durante o fenômeno "La Niña" de 1995/1996 (a) e 1999/2000 (b) e precipitação pluvial normal (média de 30 anos).

pluviais até duas vezes superiores à normal, indicando a existência do risco de ocorrência de elevada erosão hídrica. A irregularidade da distribuição da precipitação pluvial é uma das características dessa anomalia climática.

Erosividade das chuvas e perdas de solo e água por erosão nas principais chuvas durante o "El Niño" e a "La Niña"

Observou-se que, além do elevado volume de precipitação pluvial, as chuvas selecionadas durante

o fenômeno "El Niño" apresentaram elevado índice de erosividade (Quadro 1). Esse elevado incremento no potencial das chuvas em causar erosão foi refletido nas perdas de solo e água por erosão determinadas em seis eventos de precipitação selecionados que totalizaram, respectivamente, 151,44 Mg ha⁻¹ e 282,0 mm (Quadro 1). Assim, durante os meses de predomínio do fenômeno "El Niño", essas perdas em solo descoberto, mesmo sendo concentradas em poucos eventos, apresentaram substancial aumento. Por exemplo, a

chuva ocorrida em 20/10/1994 apresentou perda de solo de 37,80 Mg ha⁻¹, representando, isoladamente, 19 % da perda anual de solo daquele ano. Essa perda foi seis vezes superior ao limite de tolerância de perda de solo (6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹) para Argissolos (Bertoni & Lombardi Neto, 1990).

Veiga et al. (1992), ao avaliar a erosão em parcelas descobertas, também registraram que poucos eventos de chuva foram responsáveis pela maior proporção das perdas de solo verificadas durante o ano. Edwards & Owens (1991) observaram que os cinco maiores eventos de chuva, entre os mais de 4.000 ocorridos, foram responsáveis por 66 % da erosão total ocorrida durante 28 anos de pesquisa, reforçando os resultados deste trabalho.

Comparando com o solo descoberto, as perdas de solo com milho/mucuna cinza representaram menos de 1 %, mostrando a eficiência da cobertura do solo na redução da erosão hídrica, mesmo em situações de elevada erosividade da chuva, como nestes casos de "El Niño" (Quadro 1).

As perdas de água por escoamento superficial também foram elevadas durante as chuvas selecionadas do "El Niño". Streck et al. (1998) verificaram, neste mesmo experimento, perdas médias de 19,4 %, para o período de 1996/97. Tal valor foi muito inferior ao verificado nas principais chuvas, e, em algumas, as perdas por enxurrada alcançaram mais de 50 % do volume total precipitado. Isso deveu-se, provavelmente, à freqüência e ao volume das chuvas, notadamente durante o "El Niño" de 1998 (Figura 2b), que mantiveram o solo com elevada umidade. Além disso, acresce-se o impacto das gotas de chuva de elevada intensidade, que, em solo descoberto, provoca

obstrução de macroporos, causando a diminuição da taxa de infiltração de água no solo. O aumento das perdas de água por enxurrada aumentam a capacidade de transporte de solo, de nutrientes e de matéria orgânica, com prejuízos à qualidade do solo e ao ambiente.

Enquanto em solo descoberto as perdas de água por escoamento superficial representaram 45,5 % do total precipitado, em milho/mucuna cinza representaram apenas 12,6 %, demonstrando a eficiência da cobertura do solo na redução destas perdas (Quadro 1).

Durante o "La Niña", as chuvas selecionadas apresentaram reduzido volume e baixo índice de erosividade (Quadro 2). Como consequência, as perdas de solo e água por erosão também foram reduzidas. As pequenas perdas de água verificadas durante o fenômeno "La Niña" podem ser explicadas, em parte, pela baixa umidade antecedente do solo, fato que favorece a infiltração. As seis chuvas selecionadas durante essa anomalia climática ilustram que as precipitações características do "La Niña" mostram baixo potencial para promover perdas de solo e água por erosão.

Perdas de solo e água anuais durante as anomalias climáticas

A comparação entre perdas de solo por erosão durante os fenômenos "El Niño" e "La Niña" (Figura 4a) indica que tais perdas foram muito mais pronunciadas nos anos de ocorrência do primeiro fenômeno. Tal resultado encontra respaldo nas características das chuvas anteriormente apresentadas (Quadros 1 e 2). Assim, durante o

Quadro 1. Precipitação pluvial, intensidade máxima da chuva em 30 minutos (I_{30}), índice de erosividade (EI_{30}) e perdas de solo e água por erosão, em solo descoberto e em milho/mucuna cinza, ocasionadas pelas chuvas de maior intensidade do fenômeno "El Niño", no período de 1993-2000

Data evento	Precipitação pluvial	I_{30}	EI_{30}	Solo descoberto			Milho/mucuna cinza		
				Perda de solo	Perda de água	Perda de solo	Perda de água	Perda de solo	Perda de água
	mm	mm h ⁻¹	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	Mg ha ⁻¹	mm	% ⁽¹⁾	Mg ha ⁻¹	mm	% ⁽¹⁾
12/05/1993	57,5	34,0	158,3	27,24	28,4	49,0	0,84	38,4	0,8
24/05/1994	131,1	14,6	426,1	26,23	59,0	45,0	0,08	3,1	2,2
20/10/1994	85,9	126,0	444,5	37,80	38,6	44,9	0,03	26,2	0,8
30/10/1997	88,2	44,4	826,3	17,05	44,8	50,8	0,11	2,5	2,8
23/12/1997	167,5	35,7	1.436,3	18,93	52,9	31,6	0,05	3,1	1,9
07/01/1998	90,2	51,6	1.117,7	24,19	58,3	64,6	0,05	4,6	5,0
Total	620,4	-	4.409,2	151,44	282,0	45,5	1,16	77,9	12,6

⁽¹⁾ Em relação à precipitação pluvial.

Quadro 2. Precipitação pluvial, intensidade máxima da chuva em 30 min (I_{30}), índice de erosividade (EI_{30}) e perdas de solo e água, em solo descoberto, ocasionadas pelas chuvas representativas do fenômeno "La Niña", no período de 1993-2000

Data evento	Precipitação pluvial	I_{30}	EI_{30}	Solo descoberto		
				Perda de solo	Perda de água	
	mm	mm h ⁻¹	MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	Mg ha ⁻¹	mm	% ⁽¹⁾
19/04/1995	20,1	19,6	41,1	0,03	1,50	7,5
01/05/1995	18,8	10,8	80,1	0,34	2,40	12,8
19/07/1996	14,3	9,6	29,2	0,13	1,00	7,0
02/11/1996	12,5	-	15,4	0,00	0,04	0,3
07/08/1999	19,6	9,5	21,3	0,17	4,64	23,7
13/08/1999	7,4	7,2	3,8	0,00	0,03	0,4
Total	92,7	-	190,9	0,67	9,61	10,4

⁽²⁾ Em relação à precipitação pluvial.

"El Niño", as perdas médias de solo foram 12 % superiores à média do período 1993-2000, enquanto, no "La Niña", essas perdas foram 54,4 % inferiores àquela média. As mais elevadas perdas de solo, durante o período experimental, ocorreram no "El Niño" do ano de 1993, quando alcançaram 276 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Tal perda superou em quarenta e seis vezes o limite de tolerância deste solo, sendo sete vezes superior à verificada no "La Niña" de 1995. Nesse último fenômeno, as perdas durante todo o ano de 1995 totalizaram 40 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e foram equivalentes às perdas de um único evento de precipitação do "El Niño" de 1994, ocorrido em outubro, que alcançou 37,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ (Quadro 2).

As perdas anuais de água também foram influenciadas pelas anomalias climáticas (Figura 4b); todavia, não de forma tão intensa quanto as perdas de solo. As perdas de água durante o "El Niño" foram 11,6 % superiores à média do período experimental. Por outro lado, no "La Niña", essas foram 22,4 % inferiores àquela média.

As elevadas perdas de solo verificadas durante o "El Niño" avaliadas em parcelas mantidas descobertas (Figura 4a), em comparação ao tratamento milho/mucuna (Quadro 1), indicam que as freqüentes e intensas chuvas durante o fenômeno requerem medidas especiais de controle da erosão. Entre estas, a manutenção do solo permanentemente

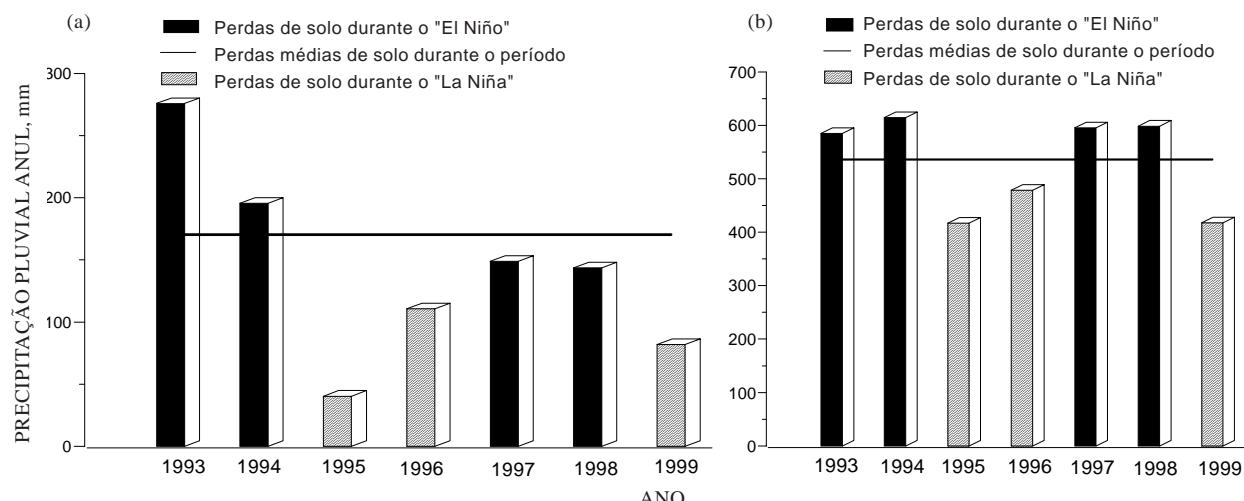


Figura 4. Perdas de solo (a) e de água (b) anuais, durante as anomalias climáticas "El Niño" e "La Niña", e perdas médias de solo e água, em solo descoberto, no período de 1993-1999.

Quadro 3. Adição de matéria seca, perdas anuais de solo e de água em solo descoberto e no sistema milho/mucuna em plantio direto, referentes aos anos de “El Niño”

Período	Solo descoberto			Milho/mucuna cinza			
	Perda de solo	Perda de água		Perda de solo	Perda de água	Adição anual de matéria seca	
	Mg ha ⁻¹	mm	% ⁽¹⁾	Mg ha ⁻¹	mm	% ⁽¹⁾	Mg ha ⁻¹
Abril 1992/mar.1993	171,80	443,4	21,6	1,47	41,1	2,0	11,4
Abril 1993/mar.1994	220,14	519,4	23,8	1,42	28,3	1,3	8,8
Abril 1997/mar.1998	148,82	595,4	29,3	0,60	44,8	2,2	10,5
Média dos períodos	180,3	519,4	24,9	1,16	38,1	1,8	10,2

⁽¹⁾ Em relação à precipitação pluvial.

coberto com resíduos vegetais destaca-se como uma das alternativas mais simples, econômica e eficiente (Moldenhauer & Wischmeier, 1960). O sistema plantio direto representa importante alternativa de convivência com esta anomalia climática (Quadro 1).

No quadro 3, observa-se que, mesmo durante o período de “El Niño”, o sistema milho/mucuna cinza, sob plantio direto, mostrou-se eficiente em controlar as perdas de solo e água por erosão, com uma redução, na média dos períodos, de 99 % das perdas de solo e 93 % das perdas de água, em relação ao solo descoberto. A utilização da cultura de cobertura de solo (mucuna), juntamente com o milho, proporcionou uma adição média anual de 10,2 Mg ha⁻¹ de resíduos (Quadro 3), que, mantidos na superfície, representam, além do controle da erosão, importante estratégia para amenizar os efeitos negativos de déficits hídricos verificados no “La Niña”, uma vez que a cobertura reduziu as perdas de água por enxurrada e potencialmente pode ter amenizado a taxa de evaporação de água no solo.

CONCLUSÕES

1. As perdas de solo e água, determinadas em parcelas mantidas com solo descoberto, foram elevadas, quando da ocorrência do fenômeno “El Niño”, e reduzidas, quando do “La Niña”, em relação à média do período experimental.

2. Durante o “El Niño”, poucos eventos de precipitação pluvial, porém com elevado volume e EI₃₀, foram responsáveis pelo incremento nas perdas de solo e água em comparação à média do período experimental em solo descoberto.

3. O sistema plantio direto de milho/mucuna, com elevada quantidade de resíduos mantidos sobre a superfície do solo, foi eficiente no controle da erosão, mesmo durante o fenômeno “El Niño”.

LITERATURA CITADA

- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *R. Bras. Ci. Solo*, 25:189-197, 2001.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo, Ícone, 1990. 355p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)
- CABEDA, M.S.V. *Computation of storm EI values*. West Lafayette, Purdue University, 1976. 6p. (Não publicado)
- COGO, N.P. Uma contribuição à metodologia de estudo das perdas por erosão em condições de chuva natural, I. Sugestões gerais, medições de volume, amostragem e quantificação do solo e água da enxurrada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2., Passo Fundo. Anais. Passo Fundo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978. 481p.
- CPTEC/INPE. Outras informações/ El Niño, La Niña. Capturado em 10 out. 2000. Disponível na Internet http://www.cptec.inpe.br/outras_informacoes.htm
- CUNHA, G.R. El Niño & agricultura: a arte de administrar riscos. *R. Plantio Direto*, 42:17-21, 1997.
- CUNHA, G.R. Esperando La Niña. *R. Plantio Direto*, 46:22-23, 1998.
- DEBARBA, L. Sistemas de produção de milho adaptados à conservação do solo. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 150p. (Tese de Mestrado)
- DEBARBA, L. & AMADO, T.J.C. Desenvolvimento de sistemas de produção de milho no sul do Brasil com características de sustentabilidade. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:473-480, 1997.
- EDWARDS, W.M. & OWENS, L.B. Large storm effects on total soil erosion. *J. Soil Water Conserv.*, 46:75-78, 1991.

- ELTZ, F.L.F.; COGO, N.P. & MIELNICZUK, J. Perdas por erosão em diferentes manejos de solo e coberturas vegetais em solo Laterítico Bruno Avermelhado distrófico (São Jerônimo). I Resultados do primeiro ano. *R. Bras. Ci. Solo*, 1:123-127, 1977.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, G. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *J. Soil Water Conserv.*, 36:355-359, 1981.
- GIANLUSSI, D., SCOPEL, I. & MIELNICZUK, J. Alguns prejuízos da erosão do solo no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17., Manaus, 1979. Anais. Manaus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1979. p.92.
- MOLDENHAUER, W.C. & WISCHMEIER, W.H. Soil and water losses and infiltration rates on Ida Silt Loam as influenced by cropping systems, tillage practices and rainfall characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 24:409-413, 1960.
- MORENO, J.A. Clima do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, Diretoria de Terras e Colonização, Seção de Geografia, 1961. 46p.
- POTT, C.A.; AMADO, T.J.C.; SANTI, A.; PROCHNOW, D. & BRUM, A.C.R. EL Niño confirma eficiência do plantio direto no controle da erosão. *R. Plantio Direto*, 46:24-28, 1998.
- RASMUSSON, E.M. & WALLACE, J.M. Meteorological aspects of the El Niño/Southern Oscillation. *Science*, 222:1195-1202, 1983.
- ROPELEWSKI, C.F. & HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Monthly Weat. Rev.*, 115:1606-1626, 1987.
- SEGANFREDO, M.L.; ELTZ, F.L.F. & BRUM, A.C.R. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:287-291, 1997.
- STORMFAX. El Niño and La Niña (without the mumbo-jumbo). Capturado em 15 out. 2000. Disponível na Internet <http://www.stormfax.com/elnino.htm>
- STRECK, C.A.; AMADO, T.J.C.; BRUM, A.C.R.; POTT, C.A.; PROCHNOW, D. & ELTZ, F.L.F. Sistemas de produção de milho sob plantio direto adaptados à conservação do solo. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 7., Porto Alegre, 1998. Anais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. p.103.
- VEIGA, M.; WILDNER, L.P. & BALDISSERA, I.T. Erosão e degradação de um LRD em diferentes graus de cobertura do solo, sob chuva natural. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 9., Jaboticabal, 1992. Resumos. Jaboticabal, Universidade Estadual de São Paulo, 1992. p.51-52.
- ZUFFEREY, M. Etude de l'erosibilité d'un sol "Podzolico Vermelho-Amarelo". In: RÉSUMÉS DES RECHERCHES POSTGRADES 27 AVRIL 1998-26 FÉVRIER 1999. Lausanne, Université de Lausanne, 1999. p.1-4.

