

EFICIÊNCIA DE CORDÕES DE PEDRA EM CONTORNO NA RETENÇÃO DE SEDIMENTOS E MELHORAMENTO DE PROPRIEDADES DE UM SOLO LITÓLICO⁽¹⁾

J.R.C. SILVA⁽²⁾ & F. J. da SILVA⁽³⁾

RESUMO

Em face de suas características de moderada a alta erodibilidade e pequena profundidade efetiva, os solos litólicos requerem eficientes práticas conservacionistas no sentido de protegerem sua estreita camada arável, que é ameaçada por altas taxas de erosão em regiões semi-áridas do Estado do Ceará. Conhecem-se bem as conseqüências da erosão nesses solos, porém são escassas as pesquisas sobre os efeitos, a longo prazo, das práticas conservacionistas sobre a intensidade de perdas de solo, bem como sobre o melhoramento de suas propriedades. Treze anos após a construção de cordões de pedra em contorno, a massa de sedimentos retida e as mudanças que esta prática de controle da erosão induziu nas características químicas, físicas e topográficas de um solo litólico foram avaliadas. O experimento foi executado em Quixadá (CE), de março a julho de 1994. Sob declive de 0,03 mm⁻¹, essa prática conservacionista reteve uma média de 60 t ha⁻¹ ano⁻¹ de sedimentos em camadas de até 0,30 m de espessura ao longo das barreiras de pedra. As deposições, provocadas por esses obstáculos às enxurradas, formaram, progressivamente, patamares pelo nivelamento natural da superfície original do terreno. Essa prática conservacionista induziu expressivos melhoramentos na qualidade do solo relacionados à elevação dos seguintes parâmetros: profundidade efetiva, porosidade, água disponível, matéria orgânica, nitrogênio, soma de bases, saturação de bases e capacidade de troca de cátions; por outro lado, verificou-se um decréscimo de alumínio nas camadas de sedimentos retidos pelos cordões de pedra, ao longo dos treze anos de controle da erosão.

Termos de indexação: sedimentos, controle da erosão, patamares, qualidade do solo.

SUMMARY: *EFFECTIVENESS OF STONE BARRIER CONTOURS ON SEDIMENT RETENTION AND IMPROVEMENT OF CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES IN A LITHOLIC SOIL*

Litholic soils are characterized by moderate to high erodibility and low depth. Due to these attributes, litholic soils require effective conservation practices protecting their thin top soil layer from the high erosion rates in the semiarid regions of the State of Ceará, Brazil. While the

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do segundo autor apresentada ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará. Financiada pelo CNPq. Recebido para publicação em junho de 1996 e aprovado em abril de 1997.

⁽²⁾ Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará. Caixa Postal 12.168, CEP 60455-760 Fortaleza (CE). Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo. Mestre em Solos e Nutrição de Plantas. Pró-Reitoria de Extensão. Universidade Federal do Ceará. CEP 60455-760 Fortaleza (CE).

consequences of erosion on these soils are well known, the long term effects of this conservation practice on the rate of soil losses and improvement of their properties have been scarcely studied. Mass of retained sediment and changes in chemical, physical and topographical characteristics of a litholic soil were determined thirteen years after the construction of stone barrier contours. The experiment was conducted in Quixadá, State of Ceará, Brazil, from March to July, 1994. In a 0.03 m m⁻¹ slope, an average of 60 ton ha⁻¹ yr⁻¹ of sediment was retained on layers up to 0.30 m deep along the stone barriers. Deposition induced by those obstacles to runoff progressively formed bench terraces through natural levelling of the original terrain surface. This conservation practice induced significant improvements in soil quality, increasing effective depth, porosity, available water, organic matter, nitrogen, sum of bases, base saturation and cation-exchange capacity and decreasing aluminum content.

Index terms: sediment, erosion control, bench terraces, soil quality.

INTRODUÇÃO

Em face de suas características de moderada a alta erodibilidade, pequena profundidade efetiva, presença de pedregosidade, altas taxas de desmatamento e uso predatório em agricultura de subsistência, os solos litólicos requerem um criterioso manejo e maior atenção ao aspecto conservacionista (Margolis et al., 1985), do que a usualmente dispensada no Estado do Ceará (Silva, 1994). Estudos preliminares desenvolvidos por Silva & Paiva (1985) anunciavam que os cordões de pedra em contorno constituiriam promissora técnica antierosiva, a partir de observações de redução do assoreamento em reservatórios de água, alertando para os benefícios que os sedimentos retidos por essa prática poderiam proporcionar, em curto prazo, na melhoria das propriedades dos solos litólicos. Os cordões de pedra em contorno segmentam o comprimento dos declives, fazem diminuir o volume e a velocidade das enxurradas, forçam a deposição de sedimentos nas áreas onde são construídos e formam patamares naturais. Em conseqüência, provocam aumento na profundidade efetiva do solo e diminuem os desgastes provocados pela exportação de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica, melhorando a condição de infiltração e o armazenamento de água para as plantas (Rosso, 1982; Shaxson et al., 1989).

Entretanto, ainda não foram determinados os efeitos dos cordões de pedra em estimativas das taxas de retenção de sedimentos e na caracterização das possíveis mudanças que promovem, ao longo do tempo, nos solos sob sua proteção. Considerando que o conhecimento desses efeitos em campo poderá definir, com maior clareza, as vantagens dessa técnica conservacionista, pela sua influência no aumento da produtividade do solo, este trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- a) Estimar a massa de sedimentos retidos por meio do controle da erosão proporcionado pelos cordões de pedra em contorno, após treze anos de sua construção, em área de pastagem sob solo litólico;
- b) Avaliar a influência dessa prática na modificação da topografia original do terreno e na profundidade efetiva do solo;

- c) Determinar, após esse longo prazo, as mudanças nas características físicas e químicas do solo nas áreas de deposição de sedimentos, sob influência de cordões de pedra em contorno, quando comparadas àquelas onde predominam processos de remoção e transporte de sedimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

As determinações foram desenvolvidas na Fazenda Lavoura Seca da Universidade Federal do Ceará, situada no Município de Quixadá (CE), em solo litólico eutrófico A fraco textura média fase pedregosa caatinga hipoxerófila relevo suave ondulado substrato gnaíse. A área em estudo situa-se numa encosta ao norte de uma barragem vertedora, cuja água supre parte da demanda da fazenda. Essa área estava, há 13 anos, sob uso de pastagem natural, com sinais de superpastejo por bovinos e ovinos em alguns locais. Silva & Paiva (1985), estudando a área experimental, observaram que sob declividades de 0,03 a 0,15 m m⁻¹, os longos comprimentos das vertentes (de até mais de 150 m) constituíam fatores agravantes do processo erosivo no solo daquela área. Com a finalidade de diminuir a intensidade de deposição de sedimentos na barragem dessa área, foram construídos nove cordões de pedra em contorno, totalizando 2.180 m de comprimento. Nesse sentido, pedras com diâmetro médio de 0,15 m foram empilhadas a uma altura aproximada de 0,40 m e uma largura similar ao longo de todo o comprimento de cada cordão em nível, cujo espaçamento vertical variou de 0,50 a 3,50 m. O primeiro cordão de pedra ficou distando 15 m da linha d'água do reservatório e o último, no divisor de água da vertente, 200 m dessa linha, entre os quais foram locados os sete restantes, a espaçamentos de 17 a 24 m, em função da declividade.

Treze anos após a construção dos cordões de pedra, uma área de 625 m² foi preparada com implementos manuais, efetuando-se o plantio de milho e caupi para análise comparativa da produtividade do solo sob essas condições e sob as condições normais de remoção e deposição de sedimentos, conforme descrito no trabalho de Silva & Silva (1997). No topo da encosta

(declividade de $0,03 \text{ m m}^{-1}$), foram realizadas nove amostragens à profundidade de 0 a 15 cm, ao longo de 25 m de um dos cordões de pedra em contorno, formando amostras compostas, com três repetições dos seguintes tratamentos:

1. Deposição (**D**): amostragens efetuadas imediatamente a montante e tangenciando o cordão de pedra, onde se evidenciavam a retenção e a deposição de sedimentos por essa prática, em decorrência da diminuição da velocidade e da energia cinética das enxurradas;

2. Remoção (**R**): amostragens a 19 m do cordão de pedra, onde era visível o efeito da desagregação e transporte do solo.

A massa de terra retida, em t ha^{-1} , foi estimada por meio do cálculo do volume da secção transversal da camada de acumulação de sedimentos, estendida ao longo de 100 metros de comprimento do cordão de pedra, após treze anos de sua construção. Essa secção transversal (Figura 1) tinha a forma de um triângulo retângulo cuja altura (**h**) era a espessura da camada de sedimentos em contato direto com o cordão de pedra, medida por diferença entre a altura original da barreira de pedras e a altura atingida pela camada de acumulação desses materiais. A base desse triângulo (**b**) era formada pela superfície aplainada do patamar desenvolvido naturalmente e sua hipotenusa (**a**) caracterizava-se pela linha formada pela superfície original do terreno em declive de $0,03 \text{ m m}^{-1}$, determinada antes da construção dos cordões.

A área desse triângulo (m^2), multiplicada por 100 m, forneceu o volume de terra acumulada (m^3), cujo valor multiplicado pela média da densidade global dessa camada (determinada em três repetições), fornece a massa de terra retida. O somatório das massas de sedimentos acumulados ao longo dos cordões existentes na área de 1 ha, cujo espaçamento foi calculado em função da declividade da área em estudo, permitiu a estimativa do total de terra retida nessa superfície. Dividindo-se esse total por treze anos, obteve-se a média anual de retenção de sedimentos pelos cordões de pedra em contorno em $\text{t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

As propriedades físicas e químicas do solo nas áreas de deposição e remoção de sedimentos foram determinadas em uma amostragem composta de nove volumes de terra de 500 cm^3 , coletados à profundidade de 0-15 cm, em três diferentes locais de cada tratamento. Seguiu-se o Manual de Métodos de Análise de Solo do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos da EMBRAPA (1979) para a determinação da granulometria, densidade global, densidade de partícula, porosidade, água disponível, matéria orgânica, C, N, P, K, Ca, Mg, H e Al, em cada uma das três repetições de cada tratamento. As médias dos valores de cada uma dessas propriedades nos dois tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Controle da erosão, formação natural de patamares e estimativa da deposição de sedimentos

Para a declividade de $0,03 \text{ m m}^{-1}$ na área experimental, observaram-se a deposição e a retenção de uma massa de sedimentos que, em contato com o cordão de pedra, atingia uma altura de 30 cm. Em função do gradiente original da superfície do terreno, esse material originário da desagregação e transporte do solo na área de remoção foi, ao longo de 13 anos, sedimentando e suavizando o declive, até nivelar-se com o solo a cerca de 10 m (Figura 1). O cálculo da secção transversal triangular ($1,5 \text{ m}^2$), formada pela base de 10 m de comprimento e altura de 0,3 m, correspondente à deposição dos sedimentos ao longo de 100 m lineares do cordão de pedra, permitiu o cálculo do volume de terra retido igual a 150 m^3 . Para uma densidade de $1,3 \text{ kg dm}^{-3}$, esse volume equivale a uma massa de 195 t. Na declividade de $0,03 \text{ m m}^{-1}$ da área delimitada para o experimento, os cordões de pedra estão espaçados de 24 m, ocorrendo, portanto, em número de quatro por hectare. A soma das massas retidas pelas barreiras de pedras em 1 ha nessas condições corresponde, portanto, a 780 t no período de 13 anos, equivalendo a uma média de $60 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de solo mantido nessa área confinada, de pequena

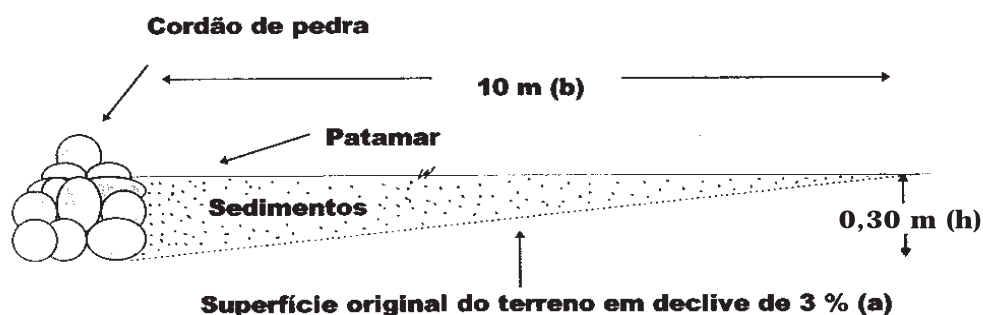


Figura 1. Esquema da deposição do solo desagregado, transportado e retido sob forma de sedimentos pelo cordão de pedra em contorno (b), com a suavização do declive (a), formando um patamar natural (h).

profundidade efetiva. Sob declividades maiores, como a de 0,15 m m⁻¹, que ocorrem em áreas contíguas, a retenção e a deposição de terra superavam muitas vezes aquela massa de sedimentos, posto que, em alguns locais, os cordões já se apresentavam soterrados pelo acúmulo de solo transportado e depositado. Evidencia-se, portanto, a importância dessa prática conservacionista tanto no aumento da profundidade efetiva do solo litólico em estudo, quanto na gradativa modificação das condições microtopográficas, pelo nivelamento do terreno em função da deposição de sedimentos. Diminuindo os efeitos da principal limitação dos solos litólicos, caracterizada pela pequena profundidade efetiva, os cordões de pedra em contorno efetivamente contribuíram para a melhoria da produtividade por meio de maior volume de terra disponível ao ar, à água, à retenção de nutrientes e ao melhor desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Considerando que a massa de 60 t ha⁻¹ ano⁻¹ retida pelos cordões de pedra em contorno corresponde a cerca de doze vezes a tolerância de perdas de solo estabelecida para solos rasos como os litólicos, os resultados aqui expostos concordam com as observações de Hudson (1981), Silva (1994) e Corrêa (1994), no que concerne à gravidade do problema da erosão nas regiões tropicais. Nessas, a forte agressividade das chuvas e, particularmente, o inadequado uso e manejo do solo têm conduzido muitas áreas anteriormente produtivas ao limiar da desertificação (Dregne, 1978). Ficam também evidenciadas as conclusões de Rosso (1982), Silva & Paiva (1985) e Shaxson et al. (1989) sobre controle da erosão, aumento da vida útil dos reservatórios de água, melhoria de áreas para cultivo, suavização do declive e formação natural de patamares, em função da deposição de sedimentos ao longo dos cordões de pedra. Entretanto, a associação dos cordões de pedra em contorno com práticas de cobertura morta do solo e, ou, a redução dos espaçamentos entre os cordões seriam alternativas para um controle ainda mais efetivo da erosão pois os espaçamentos adotados não evitaram a remoção de terra na parte superior das áreas entre cordões.

Propriedades físicas

Os resultados da análise granulométrica revelam mudanças nos teores de areia, silte e argila com diferenças significativas nos dois tratamentos (Quadro 1).

Enquanto o teor de areia no tratamento **R** (remoção) foi superior ao do **D** (deposição), neste, os teores de silte e argila apresentaram aumentos de 53,1 e 113,3%, respectivamente, em relação ao primeiro.

A melhoria nas propriedades de retenção e armazenamento de água do solo, influenciada pelo aumento do teor de argila, pode ser avaliada pela água disponível e pela porosidade, que aumentaram 63,3 e 8,8%, respectivamente, nas camadas de deposição em relação às de remoção (Quadro 1). Esse acréscimo na água disponível foi consequência direta do aumento da ordem de 111,5 e 173,7% na água retida a -0,03 e -1,5 MPa respectivamente, determinado no tratamento **D**, por comparação com os valores determinados no **R**. O menor conteúdo de água disponível, no tratamento **R**, está coerente com a menor porosidade encontrada nesse tratamento, onde a má estrutura não só dificulta a expansão das raízes, mas também reduz a aeração (Shaxson et al., 1989). A maior porosidade no tratamento **D**, por sua vez, foi influenciada pela redução de 10,3% no valor da densidade global determinada nesse tratamento, em relação à **R**.

Carbono, nitrogênio e matéria orgânica

De forma semelhante ao que ocorreu com as características físicas, o efeito benéfico da prática conservacionista em estudo materializou-se por meio do aumento de C, N e matéria orgânica nas camadas de deposição dos sedimentos (Quadros 1 e 2). Nessas camadas, os teores de nitrogênio e matéria orgânica foram, respectivamente, 1,7 e 3 vezes maiores do que aqueles determinados na área de remoção. Esse notável aumento da matéria orgânica constituiu um dos efeitos mais significativos do ponto de vista de melhoria da produtividade do solo, proporcionada pelo cordão de pedra, pois atingiu um patamar que supera em cerca de 180% os teores desse constituinte do solo em regiões semi-áridas do Ceará (Ministério da

Quadro 1. Características físicas da camada arável (0-20 cm) do solo litólico determinadas nas áreas de remoção e deposição de sedimentos. Médias de três repetições

Características	Remoção	Deposição	DMS ⁽¹⁾
Areia grossa (2-0,2 mm), g kg ⁻¹	400a	323b	65
Areia fina (0,2-0,05 mm), g kg ⁻¹	403a	327a	86
Silte (0,05-0,002 mm), g kg ⁻¹	113a	173b	41
Argila (< 0,002 mm), g kg ⁻¹	84a	177b	93
Densidade global, kg dm ⁻³	1,45a	1,30a	0,18
Densidade de partícula, kg dm ⁻³	2,65a	2,56a	0,12
Porosidade calculada, m ³ m ⁻³	0,45a	0,49a	0,05
Água disponível, kg kg ⁻¹	0,05a	0,08a	0,04
Matéria orgânica, g kg ⁻¹	10,0a	30,0a	27,0

⁽¹⁾ DMS: Diferença mínima significativa (0,05). Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Agricultura, 1973). Além disso, ao lado do aumento do teor de argila no tratamento **D**, o aumento da matéria orgânica está coerente com o incremento da capacidade de troca de cátions detectada no presente estudo, em concordância com trabalho desenvolvido por da Silva et al. (1994). Esse acréscimo assume maior importância ao se verificar que, ao contrário de climas mais frios, onde ocorre maior acúmulo de matéria orgânica, em clima quente e seco, como o do presente estudo, as taxas de oxidação e as perdas desse constituinte do solo são bastante aceleradas. A melhoria da qualidade do solo, influenciada pela prática conservacionista em estudo, concorda, portanto, com resultados obtidos por Dedecek (1987) e Sparovek et al. (1991, 1993), ao demonstrarem a importância da matéria orgânica não somente na produtividade das culturas, mas na própria recuperação da capacidade produtiva de solos erodidos. Os resultados aqui obtidos reforçam também as conclusões de Hudson (1994), com referência à alta prioridade que deve ser dada às práticas conservacionistas que reduzem a erosão e mantêm os níveis de matéria orgânica no solo. As conclusões deste autor, com referência ao pronunciado efeito da matéria orgânica na capacidade de água disponível do solo, adquirem maior importância ao se considerar a necessidade vital de conservar a água no solo em regiões onde as chuvas são escassas, como no local do presente estudo.

O aumento da matéria orgânica no tratamento **D** também está coerente com os aumentos da porosidade e da retenção e disponibilidade de água determinados nas camadas de sedimentos depositados ao longo dos cordões de pedra na área de deposição. Além disso, no tratamento **D**, a disponibilidade de N também foi maior, pois nenhuma das amostras nesse tratamento apresentou uma relação C/N superior a 30, quando, geralmente, a imobilização excede a mineralização do nitrogênio (Foth, 1978).

Propriedades químicas

Além do material retido durante treze anos de ocupação da área com pastagem, o cultivo, após esse período, e realizado antes das amostragens,

proporcionou maior desagregação e transporte de solo, cujos sedimentos continuaram sendo retidos ao longo do cordão de pedra em contorno, enriquecendo, significativamente, a área onde foram depositados. O contraste entre o empobrecimento da área onde ocorreu remoção e o enriquecimento e aumento da fertilidade da área onde houve a deposição pode ser avaliado no quadro 2.

Na área de deposição, além de o solo apresentar maior potencial de produtividade, em função da maior disponibilidade de água, do maior teor de matéria orgânica, da maior profundidade efetiva e da maior porosidade, foram encontrados, ainda, benefícios adicionais, como os incrementos de 123,8 e 237,1% para a capacidade de troca e soma de bases respectivamente.

Individualmente, conforme quadro 2, o cálcio, o magnésio e o potássio foram, respectivamente, 4,5, 1,7 e 1,3 vezes maiores na camada de deposição. Resultados semelhantes também foram determinados por Resck et al. (1980) em solo podzólico, ao detectarem que, na enxurrada, as maiores perdas de nutrientes seguiam a mesma ordem decrescente acima referida. Essa escala de magnitude, naquele trabalho, correspondia, por sua vez, à ordem semelhante à da composição química original do solo, tal como ocorreu no presente estudo, ou seja, Ca > Mg > K.

O efeito benéfico do cordão de pedra também se fez presente na reação do solo, em função do alto teor de cálcio retido e da diminuição de 56,5% no teor de alumínio na área de deposição (Quadro 2), com reflexos positivos na melhoria da qualidade do solo e no aumento de seu potencial produtivo (Dedecek, 1987).

Por sua vez, conforme quadro 2, o fósforo apresentou-se com baixo teor no tratamento **R**, refletindo diminuição do potencial de produtividade da área erodida, enquanto, nos sedimentos retidos, o conteúdo desse macronutriente foi 2,3 vezes maior.

O comportamento do fósforo em relação à presença do alumínio mostrou-se idêntico ao observado por Resck et al. (1980): valores mais altos de Al na área

Quadro 2. Características químicas de amostras do solo litólico (0-15 cm) determinadas nas áreas de remoção e deposição de sedimentos. Médias de três repetições

Características	Remoção	Deposição	DMS ⁽¹⁾
Carbono, g kg ⁻¹	5,8a	17,6a	15,9
Nitrogênio, g kg ⁻¹	0,4a	0,6a	0,5
Capacidade de troca de cátions, mmol _c kg ⁻¹	63,2a	141,0b	68,0
Soma de bases, mmol _c kg ⁻¹	35,2a	117,7b	59,4
Cálcio, mmol _c kg ⁻¹	20,3a	88,7b	51,6
Magnésio, mmol _c kg ⁻¹	14,0a	24,0a	12,8
Potássio, mmol _c kg ⁻¹	3,2a	4,0a	1,9
Alumínio, mmol _c kg ⁻¹	2,3a	1,0a	2,9
Fósforo, mg dm ⁻³	5,3a	12,0a	11,5

⁽¹⁾ DMS: Diferença mínima significativa (0,05). Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem, estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

de remoção ($2,3 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$) corresponderam, proporcionalmente, a valores mais baixos de P ($5,3 \text{ mg dm}^{-3}$), enquanto nos sedimentos o teor de Al baixou ($1,0 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e o P aumentou significativamente ($12,0 \text{ mg dm}^{-3}$). Essa relação inversamente proporcional entre os teores desses elementos constitui mais uma confirmação do benefício dos cordões de pedra no potencial produtivo do solo, contribuindo, inclusive, para a diminuição de custos com corretivos e fertilizantes (Sparovek et al., 1991).

Evidenciada no presente estudo, a melhoria da qualidade da camada arável do solo em função da técnica conservacionista adotada está em consonância com preocupações de Daniels et al. (1987), conferindo uma ênfase que deve ser dada às pesquisas que visam superar os efeitos negativos que a erosão provoca na produtividade do solo e no rendimento das culturas, corroborada por Sparovek et al. (1993).

CONCLUSÕES

1. A eficiência dos cordões de pedra em contorno como prática conservacionista foi claramente evidenciada por meio da retenção de uma média de $60 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de sedimentos.

2. A profundidade efetiva do solo foi aumentada nas áreas de deposição em 30 cm, nas quais, no decorrer do período de treze anos, houve progressiva formação natural de patamares.

3. Em função da massa de sedimentos retida pelo cordão de pedra em contorno na área de deposição, uma sensível melhoria, em todas as propriedades físicas e químicas, é notada, em relação à área de remoção, com aumentos em: profundidade efetiva, matéria orgânica, teor de argila, água disponível, teores de N, Ca, Mg, K e P, acompanhados de uma diminuição nos teores de Al.

LITERATURA CITADA

- CORRÊA, A.A.M. O Brasil no rumo do inabitável. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 19:38-43, 1994.
- DANIELS, R.B.; GILLIAN, J.W.; CASSEL, D.K. & NELSON, L.A. Quantifying the effects of past soil erosion on present soil productivity. *J. Soil Wat. Cons.*, Ankeny, 42:183-187, 1987.
- DEDECEK, R.A. Efeitos das perdas e deposição de camadas de solo na produtividade de um latossolo vermelho-escuro dos cerrados. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 11:323-328, 1987.
- DREGNE, H.E. Desertification: man's abuse of the land. *J. Soil Wat. Cons.*, Ankeny, 33:11-15, 1978.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979. 247p.
- FOTH, H.D. Fundamentals of soil science. 6.ed. New York, John Wiley, 1978. 436p.
- HUDSON, N.H. Soil conservation. Ithaca, Cornell University Press, 1981. 324p.
- HUDSON, B.D. Soil organic matter and available water capacity. *J. Soil Wat. Cons.*, Ankeny, 49:189-194, 1994.
- MARGOLIS, E.; SILVA, A.B. da & REIS, O.V. Controle da erosão com diferentes práticas conservacionistas num solo litólico de Caruaru (PE). *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 9:161-164, 1985.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento exploratório e de reconhecimento de solos do Estado do Ceará. Recife, 1973. v.1, 310p. (Série Pedologia, 16)
- RESCK, D.V.S.; FIGUEIREDO, M.S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M. & SILVA, T.C.A. da. Intensidade de perdas de nutrientes em um podzólico vermelho-amarelo, utilizando-se simulador de chuva. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 4:188-192, 1980.
- ROSSO, A. A conservação do solo através de patamar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 4., Campinas, 1982. Resumos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1982. p.10.
- SHAXSON, T.F.; HUDSON, N.W.; SANDERS, D.W.; ROOSE, E. & MOLDENHAUER, W.C. Land husbandry: a framework for soil and water conservation. Ankeny, Soil and Water Conservation Society/World Association of Soil and Water Conservation, 1989. 64p.
- SILVA, J.E. da; LEMAINSKY, J. & RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região do cerrado do oeste baiano. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 18:541-547, 1994.
- SILVA, J.R.C. Erodibilidade dos solos do Ceará: distribuição espacial e avaliação de métodos para sua determinação (1a. aproximação). Fortaleza, UFC, 1994. 60p. (Tese de Professor Titular).
- SILVA, J.R.C. & PAIVA, J.B. Retenção de sedimentos por cordões de pedra em contorno em uma encosta de solo litólico. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 9:77-80, 1985.
- SILVA, F.J. da & SILVA, J.R.C. Produtividade de um solo litólico associada ao controle da erosão por cordões de pedra em contorno. *R. bras. Ci. Solo*, Viçosa, 21:435-440, 1997.
- SPAROVEK, G.; van LIER, Q.J.; ALOISI, R.R. & VIDAL-TORRADO, P. Previsão do rendimento de uma cultura em solos de Piracicaba em função da erosão. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 17:465-470, 1993.
- SPAROVEK, G.; TERAMOTO, E.R.; TORETA, D.M.; ROCHELE, T.C.P. & SHAYER, E.P.M. Erosão simulada e a produtividade da cultura do milho. *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, 15:363-368, 1991.