

Eixo Temático ET-03-024 - Meio Ambiente e Recursos Naturais

PROCESSOS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS EM DIFERENTES REGIMES DE PRECIPITAÇÃO ANUAL EM UMA MICROBACIA SEMIÁRIDA

Marcos Makeison Moreira de Sousa¹, Helba Araújo de Queiroz Palácio²,
Matheus Magalhães Silva Moura³, Daniel Lima dos Santos⁴,
Geovane Barbosa Reinaldo Costa⁵

¹IFCE, Campus Iguatu-Ce. e-mail: makeisonmoreira14@gmail.com.

²IFCE-Campus Iguatu. e-mail: helbaraujo23@yahoo.com.br.

³IFCE, Campus Iguatu-Ce. e-mail: matheusmsm@hotmail.com.br.

⁴IFCE, Campus Iguatu-Ce. e-mail: dlsdaniel1035@gmail.com.

⁵IFCE, Campus Iguatu-Ce. e-mail: geovanebarbosa09@gmail.com.

RESUMO

O estudo das perdas de água e solo é fundamental para compreender os efeitos negativos provocados pela erosão hídrica. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o comportamento dos totais de perda de solo e escoamento superficial, submetidos ao manejo do raleamento para um ano seco (precipitação abaixo da média histórica) e um ano chuvoso (precipitação acima da média histórica). O estudo foi realizado em uma microbacia com base nos dados de precipitação dos anos de 2009 e 2016, onde se aplicou o manejo do raleamento, localizada no Semiárido Cearense na sub-bacia do Alto Jaguaribe. Para o monitoramento do escoamento superficial foram instaladas, no exutório das microbacias, calhas Parshall equipadas com sensores para medir a elevação do nível do escoamento, com a aquisição a cada cinco minutos. A produção de sedimentos foi monitorada a partir de fossos com capacidade de 180 litros, que foram instalados a montante das calhas, para coleta de sedimentos de arraste no leito do curso, e uma torre, para coleta de sedimentos em suspensão. Os dados foram agrupados a partir da técnica de Análise Multivariada/Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH). Formaram-se 3 grupos, onde se observa de maneira clara a interferência direta da intensidade máxima de 30 minutos (I30) e da precipitação acumulada em 5 dias principalmente no grupo 3, onde estas variáveis denotaram maior relação com os totais de perda de solo e escoamento superficial. Para o ano de 2009 o I30 se apresentou como principal fator influenciador, já para 2016 além desde, a precipitação acumulada em 5 dias também demonstrou grande influência. Para o agrupamento dos dois anos o grupo 3 se destacou por denotar os maiores índices de perda de solo e lâmina escoada.

Palavas-chave: Precipitação; Intensidade; Escoamento.

INTRODUÇÃO

A erosão do solo é uma das questões ambientais mais graves e desafiadoras relacionadas à gestão da terra em todo o mundo (DIYABALANAGE, 2017). Compreender a erosão e as taxas de deposição em uma pequena bacia hidrográfica é importante para a concepção de medidas de conservação do solo e da água (LI et al., 2009). Logo, o entendimento das implicações da variação no uso e ocupação das áreas sobre a perda de solo e a vazão em uma bacia é essencial para a tomada de decisões sobre o manejo de uso da terra (SANTOS et al., 2015).

As questões relacionadas à erosão têm aumentado consideravelmente nos últimos anos, especialmente em regiões semiáridas de países como o Brasil, onde grande parte da população depende de atividades econômicas ligadas à agricultura (SANTOS et al., 2013). Sobretudo, as intensificações da ação antrópica sobre os recursos naturais, principalmente em regiões semiáridas, afetam as propriedades físicas do solo e processos hidrológicos e sedimentológicos

em microbacias hidrográficas, como retenção de água, escoamento e produção de sedimentos, além de alterações na cobertura vegetal (CHAMIZO et al. 2012).

Para Gaspar et al. (2013), quantificar as taxas de erosão do solo é o primeiro requisito para enfrentar a ameaça ambiental provocada pela perda de solo produtivo. E para que essa quantificação seja facilitada, necessita-se de estudos que investiguem fatores relacionados também as características das chuvas e do escoamento superficial, uma vez que o conhecimento das características das chuvas e a distribuição da vegetação em um ambiente semiárido estão entre os principais componentes para a prevenção da perda de solo (ZHOU et al., 2016).

Partindo desse pressuposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento dos totais de perda de solo e escoamento superficial, submetidos ao manejo do raleamento para um ano seco (precipitação abaixo da média histórica) e um ano chuvoso (precipitação acima da média histórica).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma microbacia, onde se aplicou o manejo do raleamento, que é a retirada de parte da vegetação para permitir a maior penetração de luz e favorecer o desenvolvimento da vegetação herbácea, localizada no Semiárido Cearense na sub-bacia do Alto Jaguaribe. A área experimental pertence ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) Campus Iguatu, estando entre as coordenadas geográficas $6^{\circ}23'36''$ a $6^{\circ}23'57''$ S e $39^{\circ}15'15''$ a $39^{\circ}15'30''$ W, com altitude média de 217,8 m (Figura 1).

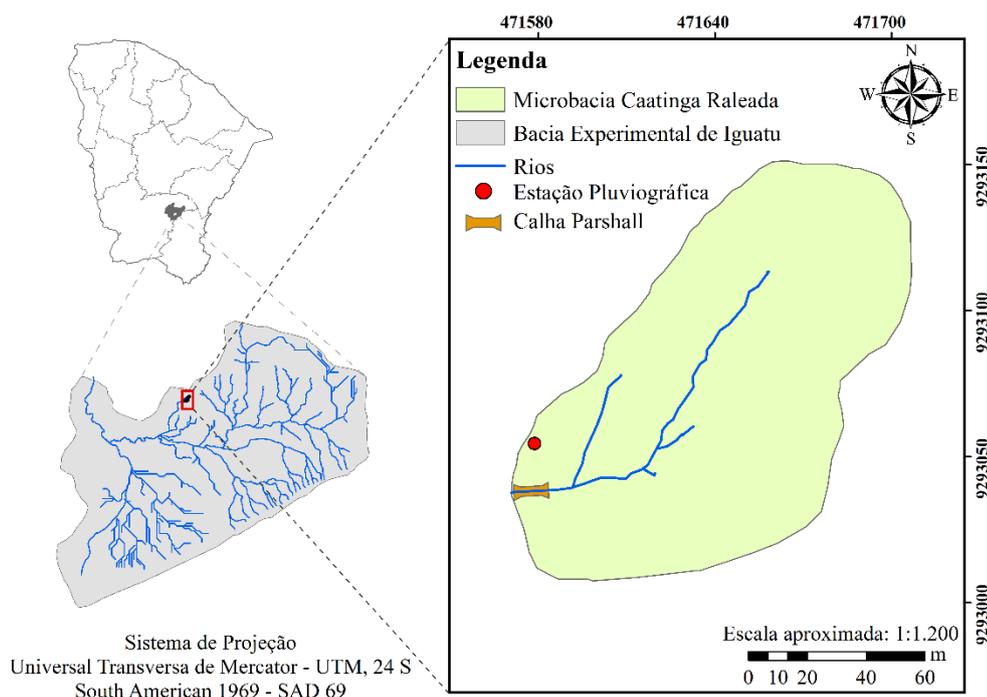


Figura 1. Localização da área de estudo nas microbacias experimentais no município de Iguatu, Ceará.

O clima da região é do tipo BSw'h' (Semiárido quente), conforme a classificação de climática de Köppen. A precipitação média histórica no município de Iguatu entre os anos de 1912 e 2015 é de 867,1 mm (RIBEIRO FILHO, 2016). O solo da microbacia foi classificado como Vertissolo Ebânico Carbonático Típico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

A rede de drenagem da microbacia é formada por cursos d'água de 1ª e 2ª ordem, segundo a classificação de Strahler, sendo desta forma, áreas de nascentes. A Tabela 1 apresenta a classificação morfométrica da microbacia estudada.

Tabela 1. Classificação morfométrica da microbacia estudada.

Características	Raleada	Unid.
Área	1,15	ha
Perímetro	478,35	m
Comprimento do talvegue	120,54	m
Comprimento do curso principal	147,18	m
Comprimento da bacia	188,17	m
Declividade média da bacia	8,72	%
Fator de forma	0,32	-
Coefficiente de compacidade	1,25	-
Tempo de concentração	20	min
Sinuosidade do curso principal	1,2	-

Fonte: Alves (2008)

O tratamento do raleamento foi aplicado com propósito de verificar a influência desta prática na caatinga sobre os processos de geração de escoamento superficial, erosão hídrica e produção de sedimentos. Foram mantidas na área as espécies vegetais com diâmetro igual ou superior a 10 cm, e espécies de crescimento herbáceo. Torna-se importante salientar, também, que parte da vegetação cortada ficou sobre o solo (Figura 2), servindo como fonte adicional de matéria orgânica ao solo. O tratamento foi aplicado no início de novembro de 2008 e as manutenções foram feitas nos meses de dezembro de 2010 e em dezembro de 2012.



(A)



(B)

Figura 3. Microbacia experimental com Caatinga – Raleada (A) período chuvoso e (B) período seco. Fonte: Eunice Maia de Andrade, 2010.

O estudo foi desenvolvido com base nos dados dos anos de 2009 e 2016, com chuvas concentradas de janeiro a junho, correspondendo à estação chuvosa da região. Determinou-se os anos em estudo como sendo seco e chuvoso com base na média histórica da região que entre 1912 e 2015 é de 867,1 mm (RIBEIRO FILHO, 2016), sendo considerado chuvoso aquele ano que apresentou o total precipitado acima da média, e seco o que teve o total a baixo da média histórica. O ano de 2009 foi considerado chuvoso tendo um total precipitado de 1011,4 mm estando 16,64% acima da média histórica da região. Já o ano de 2016 foi definido como ano seco 679,8 mm estando 21,60% a baixo da média histórica.

Os dados pluviométricos foram obtidos em uma estação meteorológica automatizada instalada na área de estudo, a qual contém um pluviógrafo de balsa, com aquisição de dados a cada cinco minutos e também um pluviômetro Ville de Paris, servindo como referência aos dados do pluviógrafo de balsa, sendo que os dados no pluviômetro foram coletados durante o acumulado de 24 h.

Para o monitoramento do escoamento superficial foram instaladas, no exutório das microbacias, calhas Parshall equipadas com sensores para medir a elevação do nível do escoamento, com a aquisição a cada cinco minutos. A produção de sedimentos foi monitorada a partir de fossos com capacidade de 180 litros, que foram instalados a montante das calhas, para coleta de sedimentos de arraste no leito do curso, e uma torre, para coleta de sedimentos em suspensão. A torre de coleta automática de sedimentos de ramo ascendente possui garrafas de 100 mL dispostas a cada 7,5 cm sendo que a primeira garrafa encontra-se a 15 cm do solo.

As coletas para quantificação do volume escoado superficialmente e de amostras para determinação da perda de sedimentos foram realizadas a cada evento de chuva erosiva (que geraram escoamento superficial), no acumulado de 24 horas. As análises das concentrações de sólidos totais foram realizadas posteriormente no Laboratório de Água, Solos e Tecido Vegetal do IFCE - *Campus* Iguatu, seguindo a metodologia descrita por APHA (2005).

Afim de se conhecer a similaridade dos eventos pluviométricos e as respostas na produção de sedimentos, dividiu-se as chuvas em grupos através da técnica de Análise Multivariada/Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH), levando em consideração a precipitação pluviométrica (PPT), intensidade máxima de 30 minutos (I30), precipitação acumulada em 5 dias, intensidade da chuva, lâmina escoada e perda de solo (P.S), onde utilizou-se programa de análise estatística Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 16.0. Para se minimizar os erros com relação às escalas e as unidades das variáveis selecionadas, foi feita a normalização dos dados ($x = 0$, $\sigma = 1$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da técnica de análise multivariada/Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH), os eventos foram agrupados em 3 grupos distintos (Tabela 1). A formação de diferentes grupos expressa a alta variabilidade temporal dos eventos, o que é característica da região (LIMA et al., 2013).

Tabela 1. Características dos eventos de chuva, lâmina escoada e perda de solo em uma bacia raleada no semiárido cearense agrupados com uso de Análise de Agrupamento Hierárquico para a estação chuvosa de 2009

	Variáveis	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
PPT (mm)	Nº de eventos	21	14	2
	Média+ DP	14,89 ± 6,14	33,89 ± 13,35	46,48 ± 17,60
	Mediana	14,48	30,35	46,48
	Máximo	26,01	59,69	58,93
	Mínimo	6,09	10,71	34,04
I30 (mm/h)	Nº de eventos	21	14	2
	Média + DP	22,51 ± 12,59	32,34 ± 11,19	66,30 ± 14,71
	Mediana	17,3	29,55	66,3
	Máximo	51,3	51,3	76,7
	Mínimo	4,1	19,8	55,9
Intensidade da PPT (mm/h)	Nº de eventos	21	14	2
	Média + DP	22,98 ± 13,78	13,02 ± 5,9	25,97 ± 3,39
	Mediana	22,01	12,93	25,97
	Máximo	59,69	22,15	28,36
	Mínimo	3,62	2,43	23,57

Tabela 1. Continuação.

P. Acm 5 Dias (mm)	Nº de eventos	21	14	2
	Média + DP	28,29 ± 21,26	53,57 ± 42,99	30,48 ± 25,86
	Mediana	21,84	64,14	30,48
	Máximo	65,02	119,38	48,77
	Mínimo	0	0	12,19
Lâmina Esc. (mm)	Nº de eventos	21	14	2
	Média + DP	0,28 ± 0,52	3,15 ± 2,2	10,3 ± 0,54
	Mediana	0	3,13	10,3
	Máximo	1,9	8,06	10,68
	Mínimo	0	0	9,91
P.S (Kg^{-ha})	Nº de eventos	21	14	2
	Média + DP	2,47 ± 11,03	33,55 ± 37,58	351,06 ± 78,22
	Mediana	0	17,13	351,06
	Máximo	50,61	104,75	406,37
	Mínimo	0	0	295,75

O grupo 1 se destacou por apresentar a maior quantidade de eventos pluviométricos, somados representam um 56,75% do total de 37 eventos para o ano de 2009, apresentando valores de precipitação média de 14,89 mm. Porém este também foi o grupo responsável por denotar os menores valores para as demais variáveis. Este resultado demonstra que altura pluviométrica não é o único fator responsável por interferir nos totais de perda de solo e escoamento superficial, sendo necessário conhecimentos a respeito de outros fatores relacionados as características da chuva, intensidade, duração, I30 e precipitação acumulada (ARAÚJO NETO et al., 2013).

Observou-se que o grupo 2 apresentou valores intermediários de lâmina escoada e perda de solo relativamente, teve um total de 14 eventos, representando 37,83% dos eventos, sendo também o responsável pelos maiores valores de precipitação acumulada em 5 dias e denotando I30 maior que o grupo 1, fato este que possivelmente interferiu nos maiores valores de perda de solo e lâmina escoada em relação ao grupo 1. Chamizo et al. (2012) observaram que em eventos de baixa altura pluviométrica e baixo I30 as condições de umidade antecedente do solo será o fator determinante no processo escoamento/perda de solo.

Contraopondo-se aos grupos 1 e 2, o grupo 3 concentrou apenas 2 eventos de precipitação, correspondendo a somente 5,40% dos 37 eventos precipitados para o ano de 2009. Porém foi este grupo o responsável pelos maiores índices de perda de solo e lâmina escoada, em que suas médias foram de 351,06 Kg^{-h} e 10,3 mm respectivamente. Este grupo se caracterizou pelos altos valores médios de intensidade da chuva (25,97 mm^{-h}), I30 (66,30 mm^{-h}) e por ter eventos de alta precipitação relativamente ao grupo 1 e 2, em que um evento de 58,92 mm foi responsável por interferir nos altos valores de perda de solo e escoamento para este grupo. Este fato demonstra a importância de estudos sobre as características da precipitação. Fang et al. (2012) analisando o escoamento e perda de solo em relação aos regimes de chuvas e mudanças de uso da terra em uma microbacia na área das Três Gargantas, verificaram que as características da precipitação foram determinantes para a importância relativa dos diferentes mecanismos de geração de escoamento.

Analisando o comportamento dos grupos para o ano de 2016, constatou-se que assim como o ano de 2009 o grupo 1 e 2 foram caracterizados pelos maiores números de eventos, juntos representam 97,05% do total de eventos estudados para este ano.

Embora o grupo 1 e 2 tenham denotado os maiores números de eventos e também apresentado valores significativos de I30 e intensidade não foram suficientes para que se gerasse escoamento e perda de solo.

Tabela 2. Características dos eventos de chuva, lâmina escoada e perda de solo em uma bacia raleada no semiárido cearense agrupados com uso de Análise de Agrupamento Hierárquico para a estação chuvosa de 2016

	Variáveis	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
PPT (mm)	Nº de eventos	22	11	1
	Média+ DP	7,5 ± 6,25	36,15 ± 17,46	45,80 ± 0
	Mediana	5	32	45,8
	Máximo	23,2	65,8	45,8
	Mínimo	1,6	16,8	45,8
I30 (mm/h)	Nº de eventos	22	11	1
	Média + DP	10,09 ± 9,50	30,11 ± 17,22	44,80 ± 0
	Mediana	5	29,2	44,8
	Máximo	31,2	73,6	44,8
	Mínimo	1,2	9,2	44,8
Intensidade da PPT (mm/h)	Nº de eventos	22	11	1
	Média + DP	7,16 ± 8,59	9,55 ± 9,65	7,30 ± 0
	Mediana	2,75	7	7,3
	Máximo	33,2	37,6	7,3
	Mínimo	0,4	2,6	7,3
P. Acm 5 Dias (mm)	Nº de eventos	22	11	1
	Média + DP	38,66 ± 33,49	8,42 ± 12,58	96,40 ± 0
	Mediana	35	0	96,4
	Máximo	139,4	36,8	96,4
	Mínimo	0	0	96,4
Lâmina Esc. (mm)	Nº de eventos	22	11	1
	Média + DP	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,08 ± 0
	Mediana	0	0	1,08
	Máximo	0	0	1,08
	Mínimo	0	0	1,08
P.S (Kg^{-ha})	Nº de eventos	22	11	1
	Média + DP	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	6,63 ± 0
	Mediana	0	0	6,63
	Máximo	0	0	6,63
	Mínimo	0	0	6,63

O grupo 3 por sua vez teve apenas 1 evento de precipitação de 45,80 mm, porém este evento teve uma precipitação acumulada em 5 dias de 96,40 mm e também um alto valor de I30 44,8 mm h⁻¹. Fato este que interferiu diretamente na lâmina escoada e perda de solo para este grupo. Pois, uma precipitação que ocorre quando o solo está úmido devido a uma chuva anterior, terá maior facilidade de escoamento (SANTOS et al., 2011).

Logo para o ano de 2016, as precipitações acumuladas em 5 dias em conjunto com o I30 se mostraram determinantes nos totais de escoamento e perda de solo. Estudos realizados por Mugabe et al. (2007) compararam as respostas hidrológicas de duas microbacias em clima semiárido no Sul da África. Os autores comentam que, mesmo com climas bastante parecidos, as microbacias apresentaram respostas hidrológicas bastante diferentes dependendo das características da precipitação pluviométrica. Neste estudo as respostas hidrológicas foram significativamente afetadas pelas condições de umidade antecedente devido as precipitações anteriores.

Estudando o comportamento da perda de solo e do escoamento superficial em parcelas de erosão, para o ano de 2015 que teve precipitação média anual de 521,1 mm, Sousa et al. (2017) também constataram a influência direta do I30 e da precipitação acumulada em 5 dias, sendo estas variáveis responsável pela diferenciação de grupos e apresentar maior relação com os totais do volume escoado e da produção de sedimentos.

CONCLUSÃO

Constatou-se que para ambos os anos estudados as características da chuva se mostraram como fatores importantíssimos para com o escoamento e perda de solo. Para o ano de 2009 o I30 se apresentou como principal fator influenciador, já para 2016 além desde, a precipitação acumulada em 5 dias também demonstrou grande influência.

Para o agrupamento dos dois anos o grupo 3 se destacou por denotar os maiores índices de perda de solo e lâmina escoada.

REFERÊNCIAS

- APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
- ARAÚJO NETO, J. R.; ANDRADE, E. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; SANTOS, J. C. N.; LOBATO, F. A. O. Análise comparativa do escoamento superficial de microbacias experimentais em clima semiárido tropical. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, p. 111-120, 2013.
- CHAMIZO, S.; CANTÓN, Y.; RODRÍGUEZ-CABALLERO, E.; DOMINGO, F.; ESCUDERO, A. Runoffatcontrasting scales in a semiaridecosystem: a complex balance between biological soil crust features and rainfall characteristics. **Journal of Hydrology**, v. 452, n. 1/4, p. 130-138 2012.
- DIYABALANAGE, S.; SAMARAKOON, K. K.; ADIKARI S. B.; HEWAWASAM, T. Impact of soil and water conservation measures on the rate of soil erosion and sediment yields in a tropical watershed in the Central Highlands of Sri Lanka. **Applied Geography**, v. 79, p. 103-114, 2017.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.
- FANG, N. F.; SHI, Z. H.; LI, L.; GUO, Z. L.; LIU, Q. J.; AI, L. The effects of rainfall regimes and land use changes on runoff and soil loss in a small mountainous watershed. **Catena**, v. 99, p. 1-8, 2012.
- GASPAR, L.; NAVAS, A.; WALLING, D.E.; MACHÍN, J.; GÓMEZ AROZAMENA, J. Using 137 Cs and 210 Pb ex to assess soil redistribution on slopes at different temporal scales. **Catena**, v.102, p. 46-54, 2013.
- LI, M.; LI, Z.; YAO, W.; LIU, P. Estimating the erosion and deposition rates in a small watershed by the 137Cs tracing method. **Applied Radiation and Isotopes**, v. 67, n. 2, p. 362-366, 2009.
- LIMA, C. A.; PALACIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; SANTOS, J. C. N.; BRASIL, P. P. Characteristics of rainfall and erosion under natural conditions of land use in semi-arid regions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1222-1229, 2013.
- MUGABE, F. T.; HODNETT, M.; SENZANJE, A. Comparative hydrological behavior of two small catchments in semi-arid Zimbabwe. **Journal of Arid Environments**, v. 69, p. 599-616, 2007.

RIBEIRO FILHO, J. C. **Produção de sedimentos em microbacias no semiárido brasileiro submetida a diferentes manejos**. 2016. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Iguatu, Iguatu, 2016.

SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; MOREIRA, M.; CORTE-REAL, J.; MANGUEIRA, L. R. Detecting hydro climatic change using spatio temporal analysis of rainfall time series in the Cobres River basin, Portugal. **Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences**, v. 366, p. 125-126, 2015.

SANTOS, J. C. N. Escoamento superficial versus manejo da vegetação em microbacias do Semiárido. Anais do I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido, Iguatu, 2013.

SANTOS, J. C. N.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; ARAÚJO NETO, J. R. Runoff and soil and nutrient losses in semiarid uncultivated fields. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 813-820, 2011.

SOUSA, M. M. M.; PALÁCIO, H. A. Q.; BRASIL, J. B.; SANTOS, D. L.; COSTA, G. B. R. Fatores determinantes na produção de sedimentos em uma parcela de erosão no semiárido. In: III Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido - SBRNS, 3°. 2017, Fortaleza. Anais do III SBRNS 2017. Fortaleza - CE: UFC, 2017. p. 1 - 6.

ZHOU, J.; FU, B.; GAO, G.; LÜ, Y.; LIU, Y.; LÜ, N.; WANG, S. Effects of precipitation and restoration vegetation on soil erosion in a semi-arid environment in the Loess Plateau, China. **Catena**, v. 137, n. 1/4, p. 1-11, 2016.