

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM MICROBACIAS EXPERIMENTAIS NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO CEARÁ

Ticia Cavalcante de Souza¹ ; Waleska Martins Eloi² & Helba Araújo de Queiróz Palácio³

RESUMO – A disponibilidade hídrica na região semiárida apresenta intensa variabilidade, sendo influenciada pela interação de diversos fatores climáticos, os quais podem intensificar ou reduzir os índices pluviométricos e de temperatura da região. O uso e a ocupação do solo de maneira desordenada junto aos fatores naturais têm provocado sérios impactos ambientais, como por exemplo o aumento do escoamento superficial e da produção de sedimentos. Percebe-se uma grande dificuldade no monitoramento desses impactos ambientais, em especial na produção de sedimentos pela erosão da chuva. A presente pesquisa avaliou os índices pluviométricos e a produção de sedimentos em três microbacias experimentais da região semiárida do município de Iguatu. As microbacias experimentais estudadas possuem diferentes manejos aplicados, a fim de analisar o comportamento sedimentológico destas, em condições de caatinga nativa, caatinga raleada e manejo de queima e pastagem. Com base nos dados coletados em campo no período de 2010 a 2013, observou-se que o uso e o manejo do solo influenciam diretamente a produção de sedimentos de cada microbacia, tornando claro que a microbacia de queima e pastagem foi a que apresentou maior produção de sedimentos e a microbacia raleada a menor produção de sedimentos.

ABSTRACT– The semi-arid region may vary in water availability and is influenced by different climatic and temperature parameters of the region. The use and occupation of the soil in a disorderly way together with natural issues caused by environmental impacts, such as increased surface performance and sediment production. There is great difficulty in realizing the environmental impacts, especially in the production of sediments by the erosion of the rain. Since the consumption of electric energy is lower, the consumption of electric energy and the energy consumption in experimental microcatchments of the semi-arid region of the municipality of Iguatu. Experimental microbasins studied have different forms of expression, thinning caatinga and management of burning and pasture. Based on the data collected in the period from 2010 to 2013, it was observed the soil management directly influenced in the sediment production of each microbasin, making it clear that the microbasin of burning and pasture was the one that produced greater sediment yield and thinned microbasin a lower sediment yield.

Palavras-Chave – Região semiárida; Impactos ambientais; Sedimentos

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida se caracteriza por apresentar temperaturas relativamente elevadas, um regime pluviométrico escasso e irregular, e a vegetação adaptada à forte insolação, em sua maioria caducifólias e espinhosas (MOREIRA E TARGINO, 2007).

1 Mestre IFCE – Campus Fortaleza, (85) 3307-3668, tcavalcantedesouza@gmail.com

2 Professora IFCE – Campus Fortaleza, (85) 3307-3668, waleska@ifce.edu.br

3 Professora IFCE – Campus Iguatu, (85) 3307-3668, helbaraujo23@yahoo.com.br

Embora não exista uma definição universal para a seca, esse fenômeno está sempre associado à deficiência hídrica, podendo ser avaliada em termos de sua duração, intensidade e variação espacial (BARRA *et al.*, 2002).

Entre os fatores que possuem influência direta na precipitação da região semiárida do nordeste brasileiro, podemos citar os fenômenos de El Niño e La Niña, conforme destacado na pesquisa de Araujo *et al.* (2013). Estes fenômenos são inversamente proporcionais, e de acordo com a intensidade de cada um, no oceano Pacífico, pode ocorrer períodos chuvosos ou secos na referida região. Marengo (2008) destaca que as interações desses fenômenos com fatores climáticos podem intensificar ou reduzir os índices pluviométricos e de temperatura, as quais podem ocasionar grandes secas como em 1877, 1983 e 1998 na região Nordeste do país. Períodos de secas frequentes, desmatamento desordenado, mineração, pecuária extensiva e com manejo inadequado do solo, pode levar ao processo de desertificação de muitas áreas desta região (SANTOS *et al.*, 2014).

Segundo Sá *et al.* (2015), a cobertura vegetal é, talvez, o mais importante dos fatores de controle do fenômeno da desertificação no espaço semiárido. Os autores explicam que a vegetação da Caatinga desempenha papel fundamental na proteção do solo e por ter baixa capacidade de regeneração, quando uma área é descoberta por motivos agrícolas ou fornecimento de madeira para outros fins, o solo fica desprotegido por longos períodos.

O processo de erosão do solo segundo Bagantini *et al.* (2011) se dá pela relação entre a erosividade e a erodibilidade, ou seja, a capacidade que a chuva possui em erodir e a capacidade do solo em resistir a esta ação. Além disso, Wischmeier e Smith (1978) destacam outros fatores relevantes no processo de erosão, como a inclinação do declive, a cobertura e o manejo do solo e as práticas conservacionistas de suporte.

A erosão hídrica é um fenômeno causado pela ação da água da chuva sobre o solo que ocorre em três fases: desagregação, transporte e deposição, as quais se desenvolvem concomitantemente (ELLISON, 1947 E SCHULTZ, 1987 apud SANTOS E CARNEIRO, 2014). Complementando, Ferreira *et al.* (2010) citaram que o primeiro passo no processo da erosão se dá pelas gotas de chuva quando golpeiam o solo em alta velocidade, as quais serão responsáveis por desagregar, transportar substâncias e reorientá-las.

Para considerar os sedimentos que são carreados em uma bacia hidrográfica, é necessário avaliar alguns fatores como a topografia, clima, fatores de intemperismo e principalmente o uso e cobertura da superfície (CERDAN *et al.*, 2002). Santos e Pereira (2013) explicam em sua pesquisa a influência do relevo no escoamento superficial, mostrando que em áreas planas ou relativamente planas pode haver maior taxa de infiltração, resultando em menores valores de escoamento.

Os processos geomorfológicos naturais, de acordo com Renschler e Harbor (2002) são resultados da dinâmica do clima, dinâmica geológica do solo e vegetação, tendo um destaque maior

para este último, pois além de resistir aos processos naturais é bastante atingido pelas ações antrópicas.

Quando ocorre a retirada da vegetação natural, o solo fica descoberto e mais vulnerável às ações do intemperismo. Oliveira (2010) comenta que devido às perturbações que o homem tem causado no equilíbrio solo-vegetação-clima tem acelerado o processo de erosão e, conseqüente, produção de sedimentos.

Candido *et al.* (2014) destacam que a erosão hídrica em áreas tropicais é a principal fonte para o desgaste natural do solo sendo de fundamental importância a cobertura do solo e as formas de manejo para minimizar os impactos desse processo erosivo. Marchioro, *et al.*, (2014) ratificam a naturalidade da erosão dos solos em todo o mundo, mas destacam que a intensificação desta se dá pela ausência de práticas de manejo e conservação, além do desmatamento da cobertura vegetal original.

Santos e Pereira (2013) acrescentam que quando o solo possui matéria orgânica incorporada a ele isto o torna mais poroso e aumenta sua capacidade de retenção e infiltração de água.

Os autores Castro, Castro e Souza (2013) destacam que a mata ciliar é responsável por reduzir o assoreamento nas faixas às margens de rios e riachos e Candido *et al.* (2014) destacam a cobertura vegetal pelas folhas mortas sob o solo, ou serapilheira, e o dossel das árvores como formas para reduzir os processos erosivos da chuva.

Até mesmo as características das espécies vegetais, como o tipo de raiz e de folha, o ângulo de disposição das folhas em relação ao colmo, a quantidade e espessura dos colmos e o hábito de crescimento das plantas, influenciam na dinâmica da água no solo (KLEIN E KLEIN, 2014).

Em pesquisa, Xu *et al.* (2013) demonstraram que as taxas de erosão em áreas descobertas foram de 3 a 10,2 vezes maiores que as observadas em áreas com cobertura vegetal preexistente. Yang, Chen e Wei (2015) destacam que a partir da relação entre vegetação/topografia e a umidade do solo é possível identificar a influência humana nos ecossistemas.

Por meio da quantidade de sedimentos transportada é possível verificar as características e o estado da bacia hidrográfica. Isto possibilita o planejamento e o aproveitamento dos recursos hídricos da região na qual a bacia hidrográfica está inserida (XAVIER, 2009).

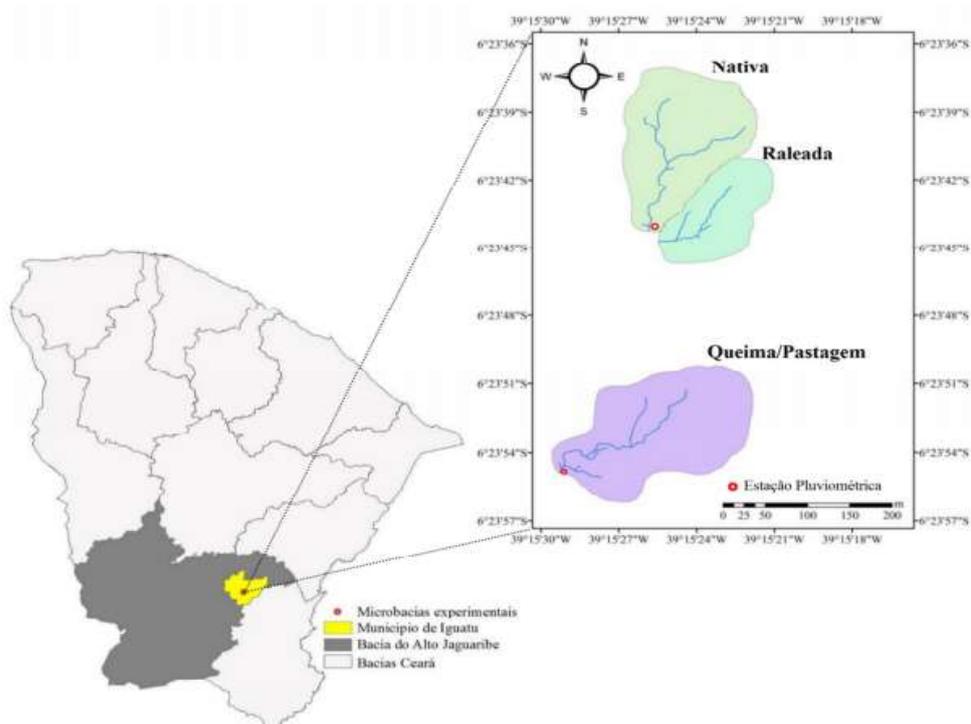
Deste modo, os estudos hidrológicos nestas áreas semiáridas, devem ser incentivados, a fim de prever os eventos e seus impactos ambientais e/ou sócio econômico, visando promover ações de mitigação ou ações de convivência com estes. Nesse contexto a pesquisa teve como objetivo avaliar os índices pluviométricos e a produção de sedimentos em três microbacias experimentais da região semiárida do município de Iguatu.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Localização e Caracterização da Área de Estudo

A área delimitada para estudo localiza-se no estado do Ceará, na região centro-sul do estado, no município de Iguatu, entre as coordenadas geográficas 6° 23' 42'' a 6° 23' 47'' S e 39° 15' 24'' a 39° 15' 29'' W (Figura 1), abrangendo três microbacias do Alto Jaguaribe, em área pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Iguatu.

Figura 1 – Localização das microbacias experimentais da área de estudo.



Fonte: Araújo Neto (2012).

A área experimental para aplicação do presente trabalho consiste em três microbacias hidrográficas denominadas Bacia Nativa, Bacia Raleada, e Bacia Queima/ Pastagem, com respectivas áreas de 1,14; 2,06 e 2,80 ha e declividades médias de 8,7%, 10,6%, 5,6% com cursos de drenagem de regime hidrológico efêmero.

Na Tabela 1 observa-se algumas características morfométricas das microbacias experimentais.

Tabela 1 - Características morfométricas das microbacias experimentais nativa, raleada e de queima/pastagem.

Parâmetros	Microbacia Nativa	Microbacia Raleada	Microbacia de Queima e Pastagem
Área da bacia (m ²)	20637,6	11491,9	28013,7
Perímetro (m)	594,5	478,4	696,8
Comprimento da bacia (m)	204,4	188,2	253,9
Comprimento do talvegue (m)	183,9	120,5	187,9
Comprimento do curso principal(m)	252,1	147,2	238,2
Declividade da bacia (%)	10,60	8,70	5,60
Fator de forma	0,5	0,3	0,4

Tempo de concentração (h)	0,1	0,1	0,1
---------------------------	-----	-----	-----

Fonte: Adaptado de Alves

Na microbacia nativa foi mantida a cobertura vegetal original do local, tipicamente caatinga fechada. Conforme pesquisa de Alves (2008), são encontradas na área *Hyptis sauaviolens* (L.) point (bambural), *Hyptis* sp. (melosa) e *Cróton* SP (velame), *Aspidosperma pyrifolium* Mart (pereiro) *Croton sonderianus* Muell. Arg (marmeleiro).

Na microbacia raleada foi empregado o seguinte manejo: manteve-se as espécies vegetais de circunferência do caule igual ou maior que 10 cm e as de crescimento herbáceo, em seguida realizou-se o corte das demais plantas, permitindo assim, que prevalecesse o desenvolvimento de espécies herbáceas de caráter forrageiro, em virtude da maior incidência de luz na área. É importante ressaltar que esta prática vem sendo incentivada aos pequenos agricultores, a fim de promover a preservação da caatinga, bem como fornecer alimento para a criação agrosilvopastoril.

Na terceira microbacia em estudo (bacia de queima/ pastagem), iniciou-se o seu manejo no ano de 2009, por meio da realização do desmatamento total da área, seguida da queima do material; e no ano seguinte houve o plantio da gramínea andropogon (*Andropogon gayamus* Kunt) com o devido controle por meio de herbicidas seletivos, a fim de permitir o desenvolvimento apenas da cultura desejada.

A região apresenta características climáticas do tipo BSw'h' (Semiárido quente), considerando a classificação climática proposta por Köppen e Geiger em 1928, variação de temperatura sempre superior a 18°C, considerando o mês mais frio, e média de precipitação é de 864 ± 304 mm (média de 1932 a 2013). A precipitação pluviométrica na região concentra-se principalmente nos meses de janeiro a maio, sendo os maiores valores constatados no mês de março. As temperaturas médias mais altas ocorrem entre setembro e janeiro, relacionando-se com a forte insolação e baixa nebulosidade durante esse período (SANTOS et al., 2014; ARAUJO NETO, 2012).

O relevo é suave ondulado e o solo pouco profundo e pedregoso, sendo classificado como Vertissolo Ebânico Carbonático Típico. Em épocas secas o solo se contrai, e em épocas chuvosas, por sua forma plástica, facilmente se encharca, devido à presença elevada de silte (38,7%) e argila (32,2%) nas camadas superficiais e subsuperficiais (EMBRAPA, 2006; LOBATO et al., 2009; SANTOS et al., 2014).

O bioma característico do local é a Caatinga, especificamente, caatinga arbustiva - arbórea fechada, pois há uma predominância de vegetação do tipo caducifólia, cujas folhas são adaptadas naturalmente para caírem durante o período de poucas chuvas. (RODRIGUES et al. 2013).

2.2 Coleta de Dados

Cada microbacia foi equipada com estações hidroclimatológicas, com pluviômetros, calhas Parshall, sensores de temperatura do ar e do solo, sensores de umidade relativa do ar, umidade do

solo e pluviógrafos automáticos. Todos esses dados são coletados por meio de uma plataforma de coleta de dados (PCD) instalada em cada microbacia e programada para obtenção de dados a intervalos de 5 minutos. Este intervalo de tempo foi determinado em função das altas intensidades de chuva que ocorrem na região com curta duração (RODRIGUES, 2009; ARAUJO NETO, 2012).

Para a medição pluviométrica, foram instaladas duas estações pluviográficas: uma estação compreendendo a microbacia nativa e a microbacia raleada e outra estação na microbacia de queima/pastagem. Utilizou-se para medição pluviógrafo de báscula e pluviômetros do tipo Ville de Paris.

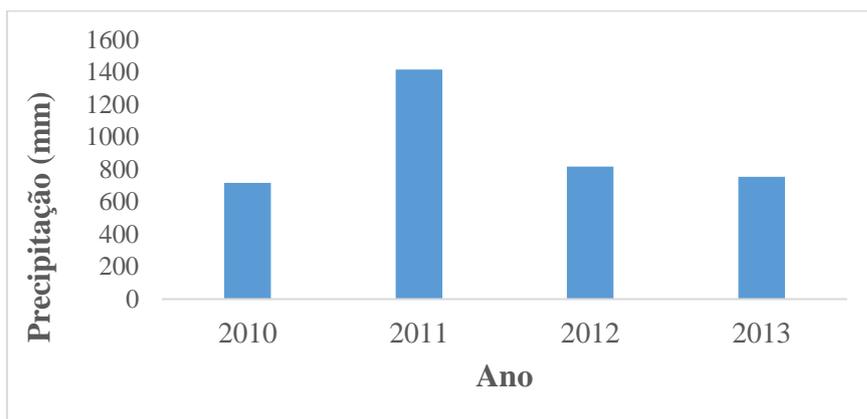
Os dados de escoamento superficial são medidos por sensores capacitivos, funcionando como linígrafos instalados em um poço tranquilizador ao lado das calhas Parshall de cada bacia, formando um banco de dados dessas informações locais do período. Estes dados vêm sendo coletados desde o ano de 2009 até a presente data.

Para a coleta relativa à produção de sedimentos suspensos em cada microbacia, foi instalada uma torre de coleta automática de sedimentos, de ramo ascendente, à montante da calha Parshall. Esta contém garrafas de 100 ml dispostas equidistantes a 7,5 cm, sendo a primeira a 15 cm do solo, sendo o ar liberado pelo sistema respirador (tubo transparente) que possui contato com a superfície no topo da torre. As amostras foram coletadas logo após eventos de chuva, que geravam escoamento superficial, quando atingissem pelo menos um ponto na torre de sedimentos. Também foram realizadas coletas em fossos instalados à montante da calha Parshall, para coleta da produção de sedimentos de arraste. Após as coletas, as amostras foram levadas ao Laboratório de água, solos e tecido vegetal (Labas), para realização das análises segundo metodologia descrita por Piveli e Kato (2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observam-se na Figura 2 os dados de precipitação no período de 2010 a 2013 coletados por meio dos pluviômetros instalados na área experimental. Durante o período de estudo percebeu-se que apenas o ano de 2011 apresentou pluviosidade acima da média histórica da região, de acordo com Santos (2011) essa média gira em torno de 304 a \pm 867 mm, e este ano apresentou um total de 1.416,8 mm. Os demais anos apresentaram os seguintes valores: 2010 com 717,4 mm, 2012 com 817,5 mm, 2013 com 755 mm.

Figura 2 - Índice pluviométrico anual no período de 2010 a 2013.

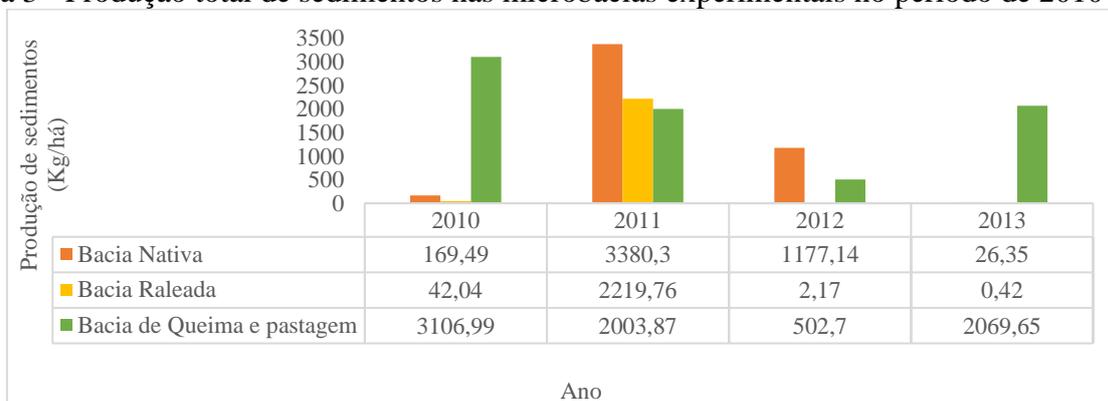


Fonte: Souza, (2016).

Ribeiro Filho (2016) em estudo realizado na região comenta sobre os dados pluviométricos, resalta dos eventos de precipitação ocorridos no período de 2010 a 2015, apenas 40 destes registraram precipitação efetiva, ou seja, uma parcela de chuva que produz escoamento superficial, e destas 40 ocorrências, 23, 25 e 18 eventos produziram sedimentos nas respectivas bacias: nativa, raleada e de manejo de queima e pastagem.

Na Figura 3 é destacado um resumo com a produção de sedimentos nas microbacias experimentais com os diferentes manejos. Sendo possível observar uma relação diretamente proporcional entre o volume precipitado e a produção de sedimentos, em especial para o ano de 2011, o qual possuiu maior volume precipitado e maior produção de sedimentos nas três microbacias.

Figura 3 - Produção total de sedimentos nas microbacias experimentais no período de 2010 a 2013.



Fonte: Souza (2016).

Palácio (2011) explica que a elevada produção de sedimentos na microbacia de queima/pastagem em relação às demais no ano de 2010, ocorreu em resposta ao recente manejo aplicado na microbacia durante este ano, cuja vegetação cultivada (gramínea *Andropogon gayanus* Kunt) não estava plenamente consolidada durante coleta de dados.

O ano de 2013 foi um dos períodos de maior seca na região, as chuvas não foram consideradas erosivas, logo houve baixos índices de perda de solo nas bacias nativa e raleada. Porém percebe-se

que o manejo de queima e pastagem é o que apresenta maiores índices na produção de sedimentos, com 2069,65 kg.ha⁻¹, atribuindo-se este fato ao manejo aplicado na área.

Contudo, vale ressaltar que nem todos os eventos de chuva registrados neste período houve produção de sedimentos, conforme registrado na Tabela 2, pois este fato ocorre somente se atender a alguns fatores, por exemplo, que intensidade da chuva seja superior à capacidade de infiltração do solo ou que a umidade do solo atinja a sua saturação total.

Tabela 2 – Relação entre o total de eventos de chuva e a quantidade de eventos com produção e sedimentos.

Ano	Total de eventos de chuva	Eventos com produção de sedimentos		
		Bacia Nativa	Bacia Raleada	Bacia de Queima e pastagem
2010	26	7	8	14
2011	61	35	35	39
2012	26	13	9	8
2013	21	1	2	11

Fonte: Souza (2016).

Analisando a Tabela 2, do total de 134 eventos de precipitação registrados nas microbacias, 56 eventos produziram sedimentos na bacia de caatinga nativa, 54 eventos na bacia raleada e 72 eventos na bacia com manejo de queima e pastagem.

A pesquisa de Ribeiro Filho (2016) considera menor número eventos neste período, pois o autor desconsiderou os valores de produção de sedimentos inferiores a 1,0 Kg.ha⁻¹.

Os baixos valores na produção de sedimentos na bacia de manejo raleada são atribuídos ao fato de a vegetação herbácea reter mais água que as demais bacias, promovendo menor lamina de escoamento superficial, maior taxa de infiltração e maior umidade no solo (RODRIGUES *et al.*, 2013). Os autores também ressaltam que além da cobertura vegetal, os restos culturais deixados sobre o solo contribuíram para a dissipação da energia das gotas de chuva sobre o solo, favorecendo a retenção de água no sistema.

O autor Araújo Neto (2012) corrobora com estes resultados, tendo em vista sua pesquisa na mesma região, pois observou que este tipo de manejo é eficaz em reduzir o escoamento superficial na área, fator diretamente relacionado para a produção de sedimentos.

Em relação à microbacia com manejo de queima e pastagem, Palácio (2011) constatou a elevada perda de solo em sua pesquisa, associando este fato a ausência de matéria orgânica após a queima e a consequente exposição do solo, resultado semelhante ao encontrado nessa pesquisa.

4. CONCLUSÕES

- O uso e manejo do solo influencia a produção de sedimentos na bacia.
- A maior produção de sedimentos ocorreu na microbacia queima/pastagem

- A microbacia raleada foi a que apresentou a menor produção de sedimentos.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap) e ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFCE.

5. REFERÊNCIAS

- ALVES, N. N. L. **Caracterização de micro-bacia hidrográfica experimental no semiárido brasileiro como suporte a estudos da degradação.** Dissertação Mestrado em Irrigação e Drenagem – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 2008.
- ARAUJO NETO, J. R. **Efeito de diferentes manejos sobre o escoamento superficial em microbacias experimentais no semiárido tropical.** Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará – UFC, CE, 2012.
- ARAUJO, R. G.; ANDREOLI, R. V.; CANDIDO, L. A.; KAYANO, M. T.; SOUZA, R. A. F. A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Revista ACTA Amazônica**, v. 43, n. 4, p. 469-480, 2013.
- BAGATINI, T.; COGO, N. P.; GILLES, L.; PORTELA, J. C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, H. T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p. 999-1011, 2011.
- BARRA, T. S.; COSTA, J. M. N.; RAO, T. V. R.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; DANTAS NETO, F. S. Caracterização climatológica da severidade de secas do Estado do Ceará – Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.2, p.266-272, 2002.
- CANDIDO, B. M.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; BATISTA, P. V. G. **Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio Paraná, no leste do Mato Grosso do Sul.** **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 38, p. 1565-1575, 2014.
- CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M.; SOUZA, P. C. **A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo.** **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 4, n.4, p. 230-241, 2013.
- CERDAN, O.; BISSONNAIS, Y. L.; COUTURIER, A.; SABY, N. **Modelling interrill erosion in small cultivated catchments.** In: Wiley InterScience, n. 16, p. 3215-3226, 2002.
- COSTA, J. A. O fenômeno el niño e as secas no nordeste do Brasil. **Revista Científica do IFAL**, v. 1, n. 4, 2012.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2ª Edição, Rio de Janeiro, 2006.
- FERREIRA, A. O.; GONZATTO, R.; MIOLA, A.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C. Influência da declividade e de níveis de cobertura do solo no processo de erosão com chuva simulada. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.5, (Número Especial) p. 182 – 190, dezembro de 2010.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. **Influência do manejo do solo na infiltração de água.** **Revista Monografia Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3915-3925, 2014.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.
- LAFLEN, J. M.; ELLIOT, W. J.; FLANAGAN, D. C.; MEYER, C. R.; NEARING, M. A. **WEPP – Predicting water erosion using a process-based model.** **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 52, n. 2, p. 96-102, 1997.
- LOBATO, F. A. O.; ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; SANTOS, J. C. N.; LOPES, J. F. B. **Perdas de solo e nutrientes em área de Caatinga decorrente de diferentes alturas pluviométricas.** **Revista Agroambiente online**, v. 3, n. 2, p. 65-71, 2009.
- MARCHIORO, E.; FERNANDES, N. F.; MACEDO, J. R.; BHERING, S. B.; GONÇALVES, A. O.; PRADO, R. B. **Modelagem da produção de sedimentos usando cenário ambiental alternativo no noroeste do Rio de Janeiro – Brasil.** **Geografias (UFMG)**, v.10, n.1, p.54-70, 2014.
- MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas.** **Estudos Avançados**, v.22, n. 63, 2008.
- MOREIRA, E.; TARGINO, I. De território de exploração a território de esperança: organização agrária e resistência camponesa no semi-árido paraibano. **Revista Nera**, n.10, p.72-93, 2007.

- OLIVEIRA, F.P. **Modelagem do escoamento superficial e da erosão hídrica em bacia rural em Arvorezinha, RS, utilizando o WEPP.** Tese de doutorado em ciência do solo - UFRS, 2010.
- PALÁCIO, H. A. Q. **Avaliação Emergida de microbacias hidrográficas do Semiárido submetidas a diferentes manejos.** Tese de Doutorado em Irrigação e Drenagem – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza, 2011.
- RAMOS, J. C.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; MARIOTI, J.; WERNER, R. S. **Influência das condições de superfície e do cultivo do solo na erosão hídrica em um cambissolo húmico.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 38, p. 1587-1600, 2014.
- RENSCHLER, C. S.; HARBOR, J. Soil erosion assessment tools from point to regional scales-the role of geomorphologists in land management research and implementation. **Geomorphology**, v. 47, p. 189-209, 2002.
- RIBEIRO FILHO, J. C. **Produção de sedimentos em microbacias no semiárido brasileiro submetida a diferentes manejos.** Monografia em Irrigação e Drenagem – Instituto Federal do Ceará, Iguatu, CE, 2016.
- RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; MENDONÇA, L. A. R.; ARAUJO, J. C.; PALACIO, H. A. Q.; ARAUJO, E. M. **Respostas hidrológicas em pequenas bacias na região semiárida em função do uso do solo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.3, p.312–318, 2013.
- SÁ, I. B.; CUNHA, T. J. F.; TAURA, T. A.; DRUMOND, M. A. Mapeamento da desertificação da Região de Desenvolvimento Sertão do São Francisco com base na cobertura vegetal e nas classes de solos. **Revista Brasileira de Geografia Física** vol. 08, número especial, 2015.
- SANTOS, E. G.; SANTOS, C. A. C.; BEZERRA, B. Z.; NASCIMENTO, F. C. A. Análise de parâmetros ambientais no núcleo de desertificação de irauçuba - ce usando imagens de satélite. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n.05, 2014.
- SANTOS, J. N.; PEREIRA, E. D. Carta de susceptibilidade a infiltração da água no solo na sub-bacia do rio Maracanã-MA. **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 20, n. especial, julho 2013.
- SOUZA, T. C. **Produção de sedimentos em microbacias experimentais na região semiárida estimada pelo modelo kineros2.** Dissertação Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental, Instituto Federal do Ceará-IFCE, Fortaleza, 2016.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, **Agriculture Handbook**, n.537, p.4, 1978.
- XAVIER, F. V. **Contribuições metodológicas ao estudo da produção e distribuição espacial de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Manso utilizando o modelo AVSWAT.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Mato Grosso, Campo Grande, MT, 2009.
- XU, Q. X.; WANG, T. W.; CAI, C. F.; LI, Z. X.; SHI, Z. H.; FANG, R. J. **Responses of runoff and soil erosion to vegetation removal and tillage on steep lands.** In: Pedosphere, n. 23, p. 532- 541, 2013.
- YANG, L.; CHEN, L.; WEI, W. **Effects of vegetation restoration on the spatial distribution of soil moisture at the hillslope scale in semi-arid regions.** In: Catena, n. 124, p. 138-146, 2015