

Dinâmica Sazonal da Cobertura do Solo em uma Região Semiárida e seus Impactos no Ciclo Hidrológico

John Elton de Brito Leite Cunha¹, Itamara Mary Leite de Menezes Taveira²,
Iana Alexandra Alves Rufino¹, Hugo Morais de Alcântara¹

john.e.cunha@gmail.com/john.brito@ufcg.edu.br; itamaramary@gmail.com;
ianaalexandra@ufcg.edu.br; hugo.ma@ufcg.edu.br

Recebido: 18/04/13 - revisado: 19/05/13 - aceito: 07/11/13

RESUMO

As regiões de clima semiárido apresentam vegetação mais susceptível às mudanças em sua biomassa, respondendo rapidamente à presença ou falta de chuvas. Através de técnicas de geoprocessamento é possível identificar a resposta da cobertura do solo à sazonalidade da precipitação e por consequência analisar seus impactos nos processos hidrológicos. Neste trabalho os produtos do sensor MODIS-TERRA são analisados através de séries temporais de índice de vegetação e precipitação na bacia hidrográfica do rio Taperoá. Para uma análise mais detalhada da influência do estado da vegetação sobre o escoamento superficial e produção de sedimentos foram utilizados dados da bacia experimental de São João do Cariri. A partir da análise dos resultados é possível compreender a dinâmica interanual da cobertura do solo e as possíveis influências na geração do escoamento superficial e produção de sedimentos examinadas em alguns pares de eventos. Conclui-se que é imprescindível a consideração da sazonalidade da cobertura vegetal do tipo caatinga nos processos de modelagem hidrossedimentológica.

Palavras-chave: Ciclo hidrológico, índices de vegetação e sensoriamento remoto.

INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das principais forças motrizes para a disponibilidade da biomassa em áreas secas e por isso altamente correlacionada com a cobertura vegetal. Por reunir esta característica o semiárido é um indicador sensível das alterações climáticas (BRINKMAN *et al.*, 2011). Mudanças no regime pluviométrico podem interferir diretamente na resposta da cobertura vegetal e consequentemente nos componentes do ciclo hidrológico.

Nestes ambientes, análise torna-se complexa, pois a cobertura vegetal mostra um alto grau de variabilidade interanual (BRADLEY & MUSTARD, 2005). A vegetação caatinga, característica de regiões semiáridas, apresenta uma enorme variabilidade espacial e temporal, estas variações produzem os mais diversos impactos no ciclo hidrológico. Segundo Santos *et al.* (2000) o escoamento superficial é uma das primeiras alterações causadas pela modificação da cobertura vegetal de uma bacia e, consequentemente, a produção de sedimentos.

A cobertura vegetal é um fator condicionante do processo erosivo. Brandt (1986) ressalta que o tipo de vegetação pode atuar de duas maneiras: (a) reduzindo o volume de água que chega ao solo, através da interceptação, e (b) alterando a distribuição do tamanho das gotas de chuva, afetando, com isso, a energia cinética da chuva.

A região semiárida do Nordeste do Brasil se caracteriza pela distribuição irregular das chuvas com alta variabilidade espacial e temporal, apresentando um período de estiagem que ocorre geralmente de setembro a dezembro, e um período chuvoso, de março a junho, com ocorrência de chuvas de alta intensidade e de curta duração, resultando em elevado risco de perda de solo (SANTOS *et al.*, 2006). Este período chuvoso pode apresentar variações de acordo com a região do semiárido observada.

De acordo com Lima (2003) para ocorrer escoamento em uma superfície vegetada, a água entra em contato primeiramente com a cobertura vegetal, dissipando desta forma a energia cinética e diminuindo os efeitos erosivos no solo. Na superfície sem cobertura vegetal, a precipitação ocorre diretamente sobre o mesmo, ocasionando a desagregação e o transporte das partículas de solo, bem como o

¹- Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

²- Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA

selamento superficial pelas partículas finas, diminuindo a sua capacidade de infiltração.

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com vistas a analisar a influência da cobertura vegetal sobre a erosão em regiões semiáridas (OSTERKAMP *et al.*, 2012; GARCÍA-FAYOS *et al.*, 2010; OKIN *et al.*, 2009). SANTOS *et al.* (2000) analisaram esta influência mediante uma equação empírica da perda de solo, no qual os valores calculados foram comparados aos dados observados em várias parcelas de erosão mantidas em condições de cobertura vegetal distintas e puderam observar que a produção de sedimentos diminui significativamente quando o solo está protegido pela vegetação nativa ou pela cobertura morta.

Silva *et al.* (2011) analisou as perdas de solo e água sob diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo e concluiu que, as perdas de solo para as parcelas experimentais mantidas com vegetação caatinga foram inferiores aos valores obtidos nas parcelas mantidas desmatadas, comprovando assim, a importância deste tipo de vegetação na proteção do solo.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo compreender a dinâmica sazonal da cobertura do solo em uma bacia hidrográfica localizada na região do semiárido nordestino e a sua relação com o ciclo hidrológico.

ÁREAS DE ESTUDO

A Figura 1 apresenta a localização da região semiárida em (a) e a Bacia do Rio Taperoá com a localização da Bacia Experimental de São João do Cariri (BESJC) e elevação em (b). As duas escalas de bacia hidrográfica foram utilizadas neste trabalho. A bacia do rio Taperoá foi utilizada por reunir amostras de classes de cobertura da terra com área superior a 1 km². A microbacia da BESJC foi utilizada por apresentar uma grande quantidade de dados sobre precipitação, lâmina escoada e produção de sedimentos.

Bacia do rio Taperoá

O Rio Taperoá, principal rio da bacia, de regime intermitente, nasce na Serra de Teixeira e desemboca no Rio Paraíba, no açude Epitácio Pessoa (popularmente conhecido como “Boqueirão”).

A bacia do Rio Taperoá drena uma área de 5.667,49 km² e seu perímetro é de 435,75 km, estan-

do inserida, segundo o método de Koeppen, numa região semiárida quente, devido a médias pluviométricas baixas. Segundo Souza (2004) nesta região, observa-se que a maior concentração do total precipitado ocorre em um período aproximado de dois a quatro meses (janeiro a abril), correspondendo a 65% da pluviosidade anual.

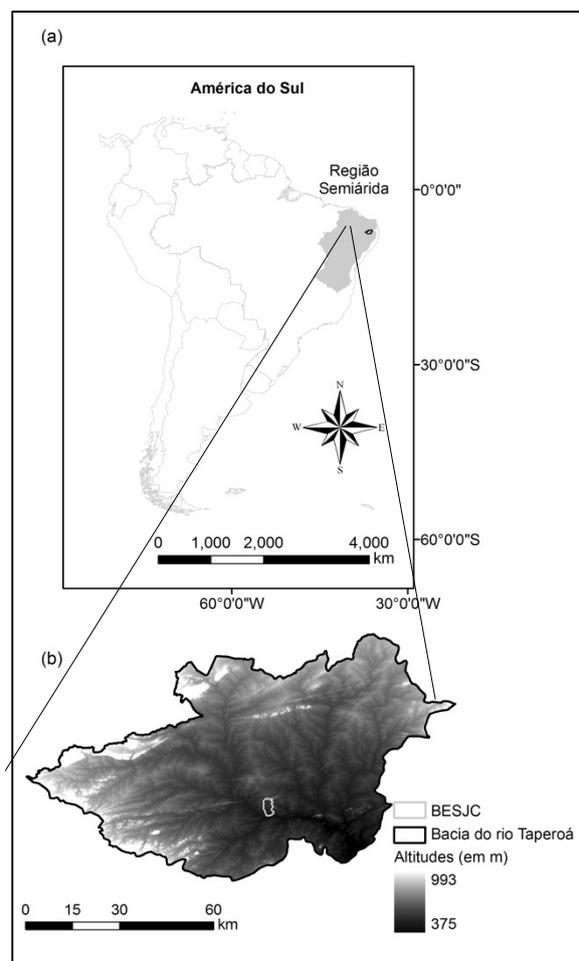


Figura 1 – Localização das áreas de estudo e Modelo Digital de Elevação

As temperaturas mínimas variam de 13°C a 22°C, no período de junho a agosto, e as máximas situam-se entre 28°C e 35°C, no período de outubro a dezembro. A precipitação média anual é de 472 mm (AESAs, 2009). A vegetação predominante é a caatinga apresentando-se, às vezes, baixa e densa, outras vezes, baixa e esparsa (SOUZA, 1999; SOUZA, 2004).

Bacia Experimental de São João do Cariri

Na década de 1980 a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em cooperação com o Instituto Francês de Cooperação Técnica OSTRON, denominado atualmente de IRD, e o CNPq instrumentaram treze áreas experimentais no Nordeste do Brasil com intuito de promover estudos dos processos do escoamento superficial e da erosão do solo causada pela chuva em bacias hidrográficas.

No Cariri paraibano destacam-se os trabalhos realizados na Bacia Experimental e Representativa de Sumé (BRS), na BESJC e representativa do rio Taperoá (CADIER & FREITAS, 1982; CADIER *et al.*, 1983; SRINIVASAN *et al.*, 2004).

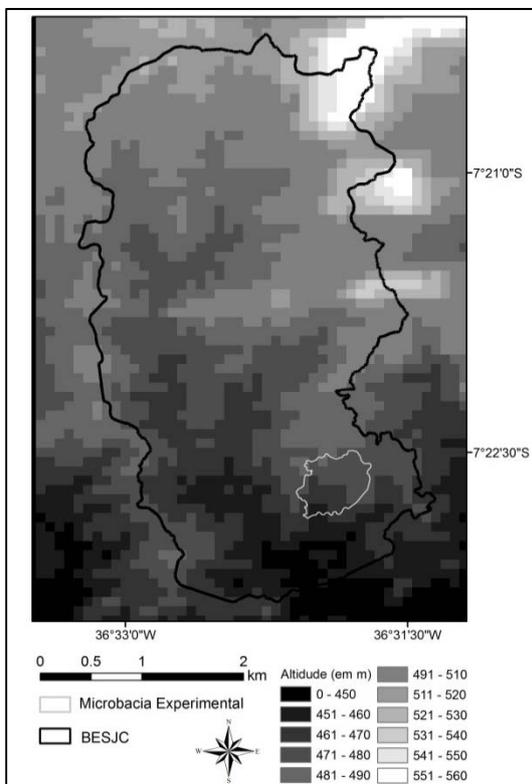


Figura 2 – Bacia Experimental de São João do Cariri e Microbacia experimental

Nestas bacias diversos modelos conceituais de base física, distribuídos e direcionados a eventos, como o CHDM, o WEPP, o WESP, o KINEROS2 e o SWAT, foram utilizados com o objetivo de calibração de parâmetros e validação em termos de quantificação do escoamento superficial, da erosão e produção de sedimentos sob diferentes condições de

uso do solo e escalas espaciais. As informações adquiridas neste conjunto de bacias são provavelmente o maior acervo de dados de escoamento superficial e produção de sedimentos em pequenas bacias hidrográficas do Semiárido.

A Figura 2 apresenta a BESJC com uma área de 13,5 km² e a microbacia experimental com área de 0,33 km². Esta área experimental foi mantida em pousio durante o período de estudo e apresenta a cobertura do solo composta por vegetação arbórea arbustiva aberta (semidensa), esparsa, rasteira e solo exposto.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aquisição das imagens TM Landsat

A imagem do satélite Landsat 5 utilizada neste estudo foi adquirida junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE). O satélite Landsat 5 foi lançado em 1984 e diante da grande disponibilidade de imagens de diferentes datas, os critérios adotados para a escolha da imagem foram: (i) a menor cobertura de nuvens possível, (ii) corresponder ao final do período de estiagem e (iii) a correspondência entre as datas de aquisição deste sensor e a disponibilidade dos dados do sensor MODIS.

A cena que atende aos critérios supracitados corresponde ao dia 17 de dezembro de 2004, de órbita 215 e ponto 65. As cenas do TM-Landsat 5 se caracterizam por 6 bandas multiespectrais no domínio do visível e infravermelho próximo, com resolução espacial de 30 metros e uma banda termal com 120 metros de resolução espacial. Cada banda representa a resposta da superfície terrestre em certa faixa espectral (CHANDER *et al.*, 2009).

Aquisição das imagens MODIS

Os produtos MODIS utilizados neste estudo foram adquiridos junto ao *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). O produto escolhido foi MOD15A2, para todos os anos de 2000 a 2007 (NASA/LP DAAC, 2001). O produto MOD15A2 se caracteriza por ser um mosaico de oito dias dos pixels com menor presença de nuvens. Deste produto, foi selecionada a imagem com informações do Índice de Área Foliar (*Leaf Area Index-LAI*) com 1000 metros de resolução espacial. O LAI ou Índice de Área Foliar (IAF) é a razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo,

sendo este índice um indicador de biomassa representado em cada pixel da imagem.

Processamento Digital de Imagens

A etapa de processamento digital de imagens foi realizada utilizando os recursos do software Erdas Image[®]. A redução da dimensionalidade permite selecionar apenas a área de interesse, reduzindo o tamanho do arquivo e consequentemente o tempo de processamento. Este procedimento foi aplicado nas imagens TM- Landsat 5 e MODIS-TERRA.

O dados do sensor MODIS, originalmente na projeção *Sinusoidal* e no formato *Hierarchical Data Format* (HDF), foram convertidos para o sistema de coordenadas geográficas (Latitudes e Longitudes) e formato *GeoTiff*.

Através de procedimentos de classificação automática das imagens foram obtidas as classes de vegetação para a área de estudo, este procedimento foi aplicado na imagem do Landsat 5 de dezembro de 2004. Classificação é um dos procedimentos utilizados para extração de informação em imagens digitais, os pixels são examinados e agregados em classes de acordo com a resposta espectral de cada alvo. Os pixels podem ser escolhidos com base no conhecimento de campo. As amostras de pixels servem como referência para que os algoritmos dos softwares de Processamento Digital de Imagens (PDI) possam ter parâmetros para classificar cada pixel.

Para compreender a dinâmica da cobertura do solo na bacia em estudo foram estabelecidas seis (6) classes de cobertura do solo: (i) vegetação densa, (ii) semidensa, (iii) esparsa, (iv) rasteira e (v) solo exposto e (vi) corpos de água.

Geoprocessamento e Análise espacial dos dados para bacia do rio Taperoá

Para estudar a correlação existente entre os produtos de índice de vegetação (IAF) foram então adquiridos junto Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESAs) os dados pluviométricos diários registrados nos postos situados no interior da área de estudo para os anos de 2003 e 2004.

Os dados diários foram somados em intervalos de oito dias, este processamento foi feito para que os dados pluviométricos correspondessem ao mesmo período das imagens do sensor MODIS, os dados foram espacializados a partir do módulo de análise espacial (*Spatial Analyst*) do Sistema de Informação Geográfica ArcGis 9.2[®] através do método de interpolação do inverso do quadrado da distância (do inglês: *Inverse Distance Weighting*).

Para facilitar a análise dos produtos de índice de vegetação e precipitação, foram criados pontos representativos de cada classe de cobertura do solo. Assim, foram extraídas informações em 5 pontos diferentes de forma a representar cada classe de cobertura do solo.

As informações referentes ao IAF foram utilizadas para uma análise da influência da precipitação em diferentes tipos de cobertura presentes na bacia para 2 anos, o ano de 2003 com precipitação abaixo da média (315 mm) e 2004 com precipitações acima da média da bacia (730 mm).

Devido à superfície das regiões de clima semiárido apresentar cobertura bastante heterogênea, o critério adotado para seleção dos alvos foi escolher as maiores áreas que representassem cada classe de cobertura do solo. Dessa maneira permitiu-se que cada alvo escolhido abrangesse uma área superior 1 km² (1.000 m x 1.000 m) pertencentes à mesma classe compatível com a resolução espacial do produto MODIS utilizado.

Geoprocessamento e Análise espacial dos dados para microbacia experimental

Para a indicação da variabilidade da chuva, escoamento e produção de sedimentos e sua relação com o índice de área foliar (IAF) em uma microbacia da BESJC, foram considerados os dados diários no período de 2000 a 2007.

A análise para microbacia foi realizada extraíndo-se o valor do IAF das imagens do sensor MODIS, referente à coordenada do centroide da microbacia experimental. Gráficos com o valor de IAF foram então comparados com os dados de precipitação, escoamento superficial e produção de sedimentos diários.

Para uma análise mais detalhada foram selecionados pares de eventos com características semelhantes de precipitação (chuvas total, intensidade média e máxima) para a discriminação da influência do estado da vegetação, representada pelo índice de área foliar (IAF), sobre o escoamento superficial e a produção de sedimentos.

[®] Erdas Image 9.0 (Software desenvolvido pela Leica Geosystems).

[®] ArcGIS 9.2 são marcas registradas pela Esri (Environmental Systems Research Institute).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 3 apresenta o mapa de cobertura do solo para a bacia do rio Taperoá, obtido a partir das técnicas de processamento digital de imagens.

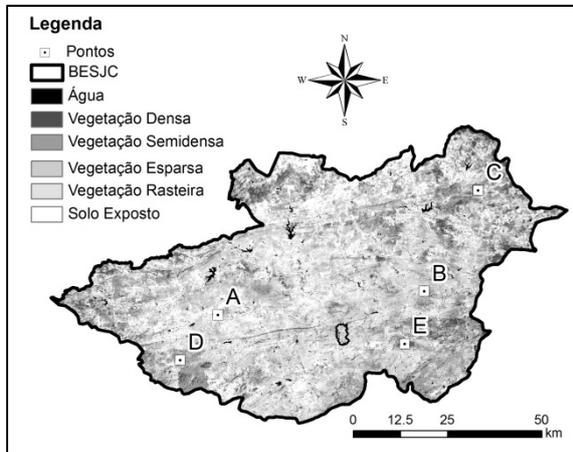


Figura 3 – Classes de cobertura vegetal e localização dos pontos de análise

Observam-se na Figura 3 os locais onde foram extraídos os dados de IAF e precipitação. A Figura 4 apresenta a BESJC e microbacia experimental, utilizada para análise entre os dados de escoamento superficial, produção de sedimentos e estado da vegetação. Na Tabela 1 verificam-se a porcentagem ocupada por cada classe de cobertura do solo para as áreas de estudo.

Bacia do Rio Taperoá

Para entender as correlações existentes entre vegetação e precipitação em clima semiárido, foram gerados gráficos de IAF e precipitação para os anos de 2003 e 2004, apresentados nos gráficos da Figura 5 (A, B, C, D e E).

Na Figura 5 observa-se imediatamente após o período de estiagem a ocorrência de uma elevada precipitação em um curto período de tempo, este fato ocorreu para os dois anos analisados. Esta elevada precipitação ocorre quando a cobertura vegetal se encontra com menor quantidade de biomassa (menor IAF), o que consequentemente contribuirá com altas taxas de escoamento superficial e produção de sedimentos, devido o solo estar neste momento menos protegido, ou seja, susceptível aos processos erosivos.

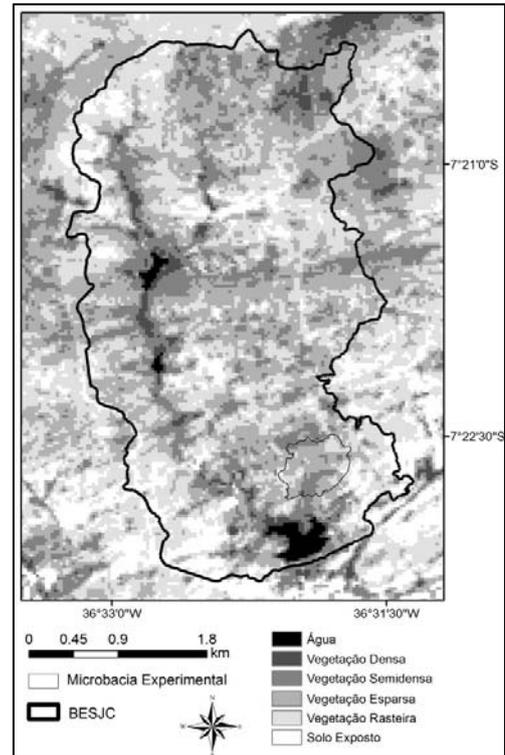


Figura 4 – Classes de cobertura vegetal, BESJC e microbacia experimental

Pode-se verificar também uma resposta imediata da vegetação às primeiras chuvas, com um aumento do índice de vegetação, em todas as classes analisadas.

Este aumento influencia diretamente no escoamento superficial e erosão do solo, uma vez que, uma maior cobertura do solo, ocasiona um maior volume de interceptação e consequentemente maior infiltração, favorecendo principalmente o retardo do escoamento superficial, pois o contato da precipitação com a cobertura vegetal dissipa a energia cinética e minimiza os efeitos erosivos do solo.

Segundo Srinivasan *et al.* (2003) o retardo do fluxo e o aumento da infiltração no solo, pela vegetação, proporcionam um excelente mecanismo de proteção ao solo raso contra a erosão.

O estudo realizado por Cantalice *et al.* (2008) com o objetivo de caracterizar estruturalmente e avaliar a hidráulica do escoamento superficial em uma área de caatinga pernambucana, evidenciou que as diferenciações da descarga líquida, velocidade média do escoamento superficial e do número de Reynolds, demonstraram o efeito significativo da sazonalidade, sobre o escoamento superficial laminar característico da erosão em entressulcos.

Tabela 1 – Classes de cobertura do solo e porcentagem da área de cada classe para as áreas de estudo

Tipo de cobertura	Percentual da área total na bacia do rio Taperoá (%)	Percentual da área total na microbacia (%)
Água	0,63	—
Vegetação densa	5,17	—
Vegetação semidensa	15,66	10,07
Vegetação esparsa	32,80	65,36
Vegetação rasteira	24,74	1,72
Solo exposto	21,00	22,85

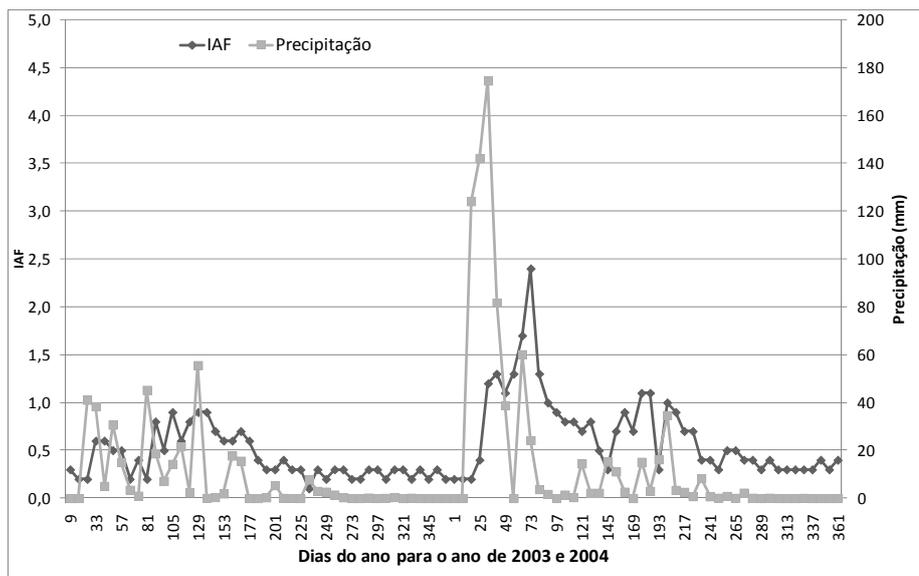


Figura 5A - Gráfico de IAF e precipitação para a bacia do Rio Taperoá em (A) Solo exposto

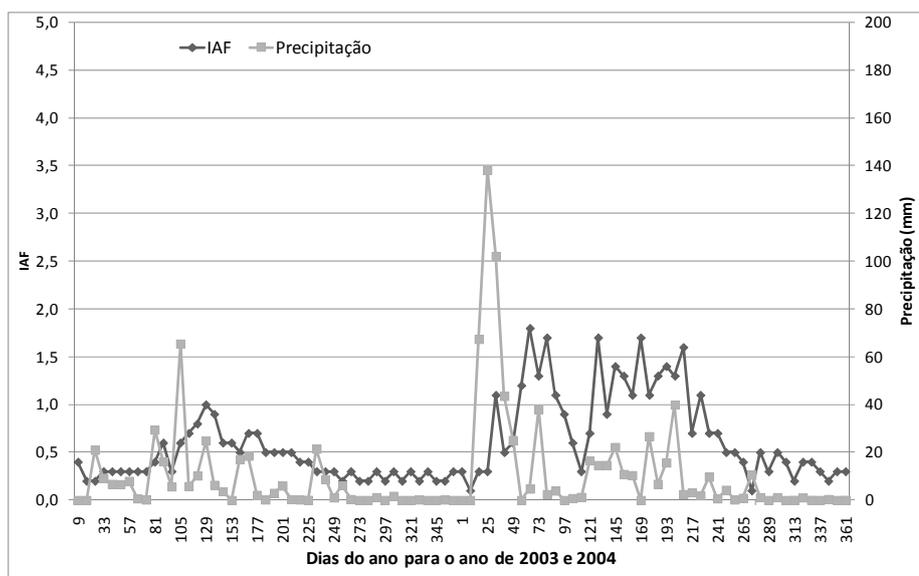


Figura 5B - Gráfico de IAF e precipitação para a bacia do Rio Taperoá em (B) vegetação rasteira

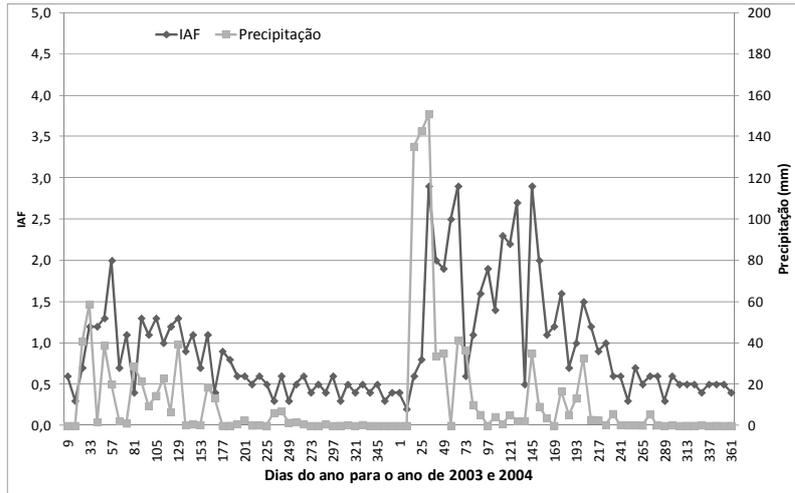


Figura 5C - Gráfico de IAF e precipitação para a bacia do Rio Taperoá em (C) vegetação esparsa

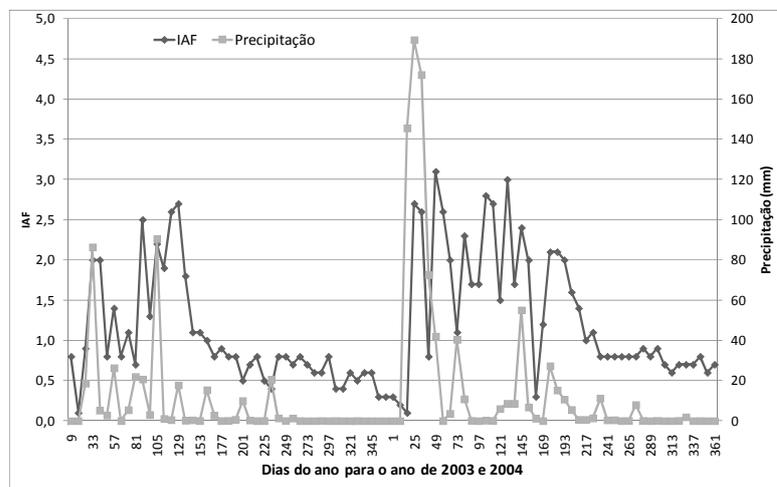


Figura 5D - Gráfico de IAF e precipitação para a bacia do Rio Taperoá em (D) vegetação semidensa

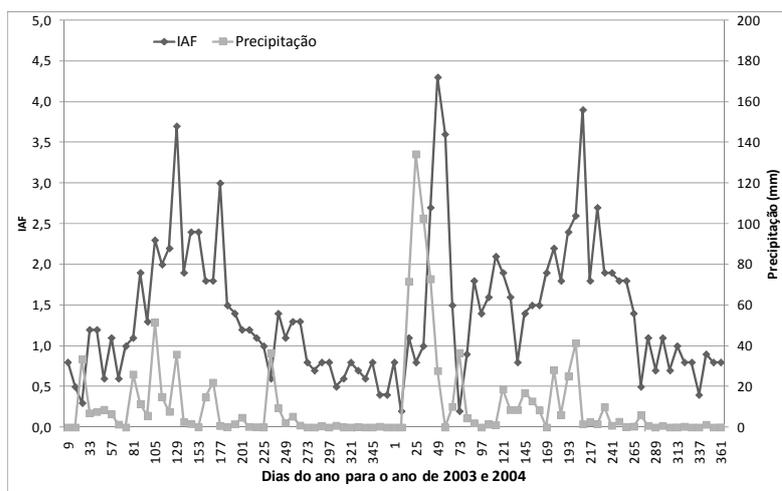


Figura 5E - Gráficos de IAF e precipitação para a bacia do Rio Taperoá em (E) vegetação densa

Ainda analisando os gráficos de IAF (Figura 5) percebe-se que o porte e a estrutura da vegetação são fatores determinantes no armazenamento de água para os períodos de estiagem, permitindo que esteja mais vegetada por um período maior depois da ausência de chuvas. Esse fato fica evidenciado quando se comparam os gráficos gerados para vegetação rasteira (Figura 5 B) e densa (Figura 5 E). Observa-se, que para o ano seco (2003), os níveis mais baixos de IAF ocorrem no dia 225 para a classe de vegetação rasteira e no dia 345 para vegetação densa, para os dois momentos o fim do período chuvoso foi no dia 161.

Microbacia experimental

Avaliando o status da vegetação em uma microbacia localizada na Bacia Experimental de São João do Cariri, no período de 2000 a 2007, foi possível identificar, em alguns pares de eventos chuvosos de mesma magnitude, com praticamente a mesma intensidade e mesma altura precipitada, antes e após a recomposição da vegetação, expressa pelo Índice de Área Foliar (IAF), uma redução na produção de sedimentos, demonstrando assim, o importante papel de proteção da vegetação sobre o solo, princi-

palmente em relação às precipitações de grande intensidade.

Na Tabela 2 observam-se dezoito eventos, apresentados em nove pares de evento, com seis pares de evento confirmando a hipótese (1, 2, 4, 5, 6 e 9) e três que não confirmam a hipótese (3, 7 e 8). Analisando os eventos que não confirmam a hipótese, percebe-se que nos 10 dias que antecedem os dias 15/02/2002, 06/02/2004 e 04/05/2005 houve quatro, seis e três eventos chuvosos com capacidade de geração de escoamento superficial, respectivamente. E para os dias 03/02/2002, 14/01/2004 e 19/03/2005 não ocorreram eventos chuvosos nos 10 dias anteriores. Nestes casos os eventos antecedentes possibilitaram uma maior geração de escoamento superficial e produção de sedimentos, devido o solo estar saturado.

No entanto, percebe-se a partir dos pares de evento que confirmam a hipótese a influência da recomposição da cobertura vegetal na redução dos sedimentos gerados. Entretanto, observou-se para os casos que não confirmam a hipótese que outros efeitos podem se sobrepor ao da recomposição foliar, por exemplo, chuvas antecedentes que contribuíram para maior umidade do solo.

Tabela 2 – Eventos selecionados na Microbacia da Bacia Experimental de São João do Cariri para a discriminação da influência do estado da vegetação (representada pelo índice de área foliar - IAF) sobre o escoamento superficial (Q) e produção de sedimentos (Sed)

Pares de eventos	Data	Precipitação (mm)	Intensidade máxima (mm/h)	Intensidade média (mm/h)	IAF	Q (mm)	Sedimentos (kg/ha)
1	19/03/2000	60,4	54,0	10,3	1,0	26,55	595,78
	13/04/2000	61,4	60,0	15,5	1,4	3,24	19,69
2	28/03/2000	23,2	81,0	14,5	1,1	8,77	146,65
	08/04/2000	20,6	80,0	20,8	1,5	8,16	59,22
3	03/02/2002	72,0	165,0	35,5	0,7	16,08	35,25
	15/02/2002	66,0	178,0	19,3	1,0	21,91	243,03
4	08/01/2002	10,5	18,0	6,1	0,5	0,625	3,26
	08/06/2002	12,0	19,5	7,2	1,0	0,00	0,00
5	22/01/2004	33,6	76,2	20,0	0,2	3,66	45,19
	06/02/2004	29,2	76,2	14,3	1,1	4,94	39,08
6	25/01/2004	61,6	61,0	17,8	0,6	14,22	118,44
	04/02/2004	61,0	152,4	42,7	1,1	31,15	55,00
7	14/01/2004	27,4	61,0	7,3	0,2	0,37	16,79
	06/02/2004	29,2	76,2	14,3	1,1	4,94	39,08
8	19/03/2005	61,6	137,2	43,6	0,4	12,53	57,69
	04/05/2005	61,0	137,2	35,6	1,3	23,01	85,16
9	07/03/2004	58,8	76,2	16,8	1,4	5,31	23,59
	14/06/2005	52,8	76,2	16,4	1,0	18,09	79,07

Além disso, a vegetação presente na microbacia analisada é em sua maior parte do tipo esparsa (Tabela 1) o que apresenta naturalmente pouca proteção ao solo. Análises deste tipo para áreas com vegetação densa e semidensa poderiam trazer resultados mais sensíveis às alterações de recomposição da cobertura vegetal e sua influência na geração de escoamento e produção de sedimentos.

O padrão de erosividade das chuvas dos eventos deve ser investigado com um número maior de eventos e também através de experimentos de chuva simulada. Contudo, ressalta-se a dificuldade de encontrar pares de eventos com as características desejadas para esse tipo de análise.

A Figura 6 (A, B e C) apresenta a variabilidade da precipitação, da lâmina escoada, da produção de sedimentos e do índice de área foliar obtidos para a microbacia da Bacia Experimental de São João do Cariri.

A transição do IAF para valores maiores do que 1,0 no início da estação chuvosa foi tomada como a data de recuperação da vegetação, aplicados para a série temporal de dados observados. Analisando a Figura 5 observa-se por meio do IAF que há proteção da cobertura vegetal sobre os processos erosivos no solo. Visto os elevados valores de erosão (Figura 6 C) encontrados antes do IAF atingir valores acima de 1,0.

Em vista do exposto, percebe-se que a cobertura vegetal nas regiões semiáridas apresenta uma alta variabilidade interanual. Na maioria dos estudos hidrossedimentológicos em regiões semiáridas, principalmente aqueles que utilizam a modelagem matemática, geralmente não são consideradas as variações interanuais da cobertura vegetal. Neste trabalho percebe-se que essas variações são significativas, influenciando diretamente na produção de sedimentos.

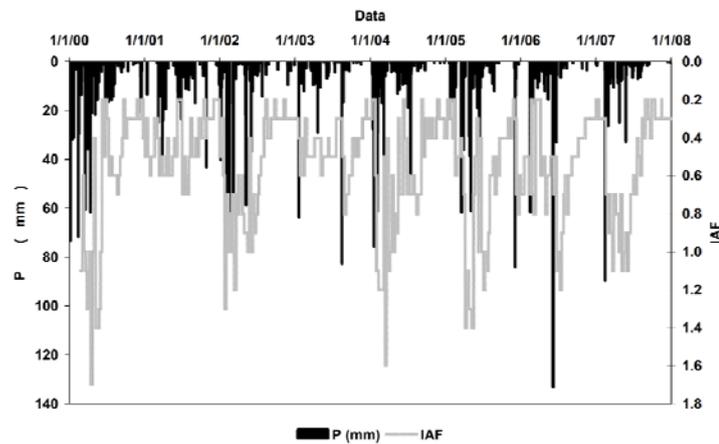


Figura 6A – Índice de área foliar (IAF) e chuva observada (P)

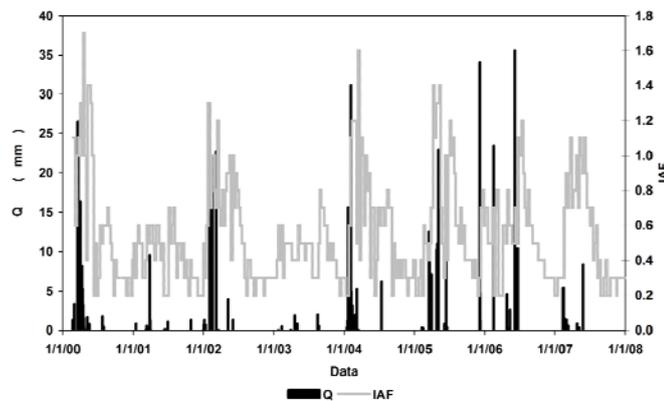


Figura 6B – Índice de área foliar (IAF) e lâmina escoada (Q)

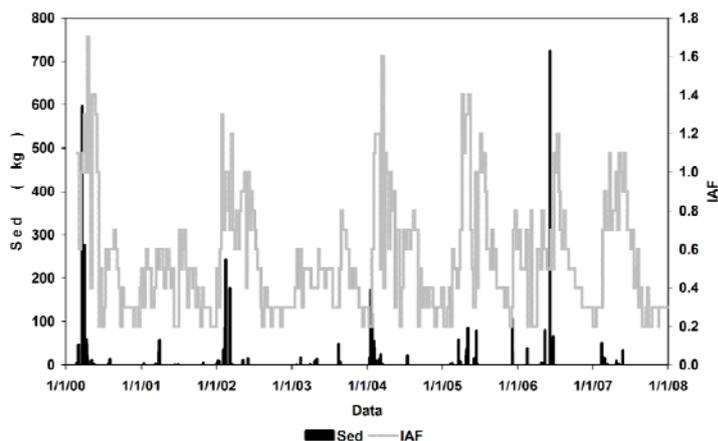


Figura 6C – Índice de área foliar (IAF) e produção de sedimentos (Sed).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise dos gráficos de IAF e precipitação para os diversos tipos de cobertura do solo analisados, pode-se perceber a variabilidade interanual da cobertura do solo, desta forma, é imprescindível que nos processos de modelagem hidrossedimentológica seja considerada a sazonalidade da cobertura vegetal do tipo caatinga. A resposta imediata da vegetação de caatinga à precipitação, além de modificar a paisagem, oferece uma espécie de proteção ao solo. Assim a caracterização desta dinâmica quer através de dados de sensoriamento remoto, quer através de dados observados pode contribuir para um processo de modelagem mais sensível à sazonalidade existente.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisa) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AESA – Agência Estadual de Águas. *Relatório Anual sobre a situação dos recursos hídricos no estado da Paraíba – Ano hidrológico 2008/2009*. João Pessoa, 2009.

BRADLEY, B. A. ; MUSTARD, J. F. Identifying land cover variability distinct from land cover change: Cheatgrass in the

Great Basin.. In: *Remote Sensing of Environment*. V. 94, p. 204–213. 2005.

BRANDT, C. J. *Transformation of the kinetic energy of rainfall with variable tree canopies*. (PhD Thesis in Water Resources) – London University, London, 446p, 1986.

BRINKMANN, K. ; DICKHOEFER, U.; SCHLECHT, E. ; BUERKERT, A. Quantification of aboveground rangeland productivity and anthropogenic degradation on the Arabian Peninsula using Landsat imagery and field inventory data. In: *Remote Sensing of Environment*. V. 115, p. 465 – 474. 2011.

CADIER, E.; FREITAS, B. J. de (1982). *Bacia Representativa de Sumé; primeira estimativa dos recursos de água*. Recife: SUDENE, 195p.

CADIER, E.; FREITAS, B. J. de.; LEPRUN, J. C. (1983). “*Bacia Experimental de Sumé, PB: Instalação e primeiros resultados*”. in Anais V Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Blumenau, SC, Nov. 1983, 1, pp. 69-90.

CANTALICE, J. R. B.; SILVA, M. D. R. O.; RODRIGUES, J. J. V.; PESSOA, L. M. Estrutura lenhosa e hidrodinâmica do escoamento superficial em uma área de caatinga. In: *Revista Caatinga*, v. 21, n. 4, p. 201- 211, 2008.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. In: *Remote Sensing of Environment*. v. 113, p. 893–903, 2009.

GARCÍA FAYOS, Patrício; BOCHET, Ester; CEDÁ, Arthemi. Seed removal susceptibility through soil erosion shapes vege-

tation composition. In: *Plant Soil*, Volume 334, pp 289-297, 2010.

LIMA, E. R. V. Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática. In: *Cadernos do LOGEPA - Laboratório e Oficina de Geografia da Paraíba*, Ano 2 , n. 1, p17, 2003.

NASA Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). ASTER L1B. USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota. 2001.

OKIN GREGORY S., A. J., PARSONS, J W, JEFFREY, E. HERRICK, B T. BESTELMEYER, D C. P, AND ED L. F. Do Changes in Connectivity Explain Desertification?. In: *BioScience*, Volume 59, No. 3, Março de 2009. University of California Press and American Institute of Biological Sciences, 2009.

OSTERKAMP W. R., HUPP C. R. and STOFFEL Markus. The interactions between vegetation and erosion: new directions for research at the interface of ecology and geomorphology. In: *Earth Surf. Process. Landforms* 37, 23–36 (2012). John Wiley and Sons, Ltd., 2012.

SANTOS, C. A. G.; SUZUKI, K.; WATANABE, M.; SRINIVASAN. V.S. Influência do tipo da cobertura vegetal sobre a erosão no semi-árido paraibano. In: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.1, 2000.

SANTOS, T. E. M.; SILVA, J. R. L.; ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA JÚNIOR, V. P.; SANTOS, E. S.. Índice de erosividade (EI30) das chuvas para a Bacia Experimental do Jatobá, no Semi-árido pernambucano. In: *anais do VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Gravatá, 2006.

SILVA, R.M.; SANTOS, C.A.G.; SRINIVASAN, V.S. Perdas de água e sedimento em diferentes sistemas de manejo no semi-árido da Paraíba. In: *Revista Mercator*, v.10,nº 21,p 161 a 170, 2011.

SOUZA, B. I.; SILANS, A.M.B.P.; SANTOS, J.B. Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá. In: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.2-3, 2004.

SOUZA, B.I. *Contribuição ao estudo da desertificação na bacia do Taperoá – PB*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1999.

SRINIVASAN, V. S. e SANTOS, C. A. G. e GALVÃO, C. O. Erosão Hídrica do Solo no Semi-Árido Brasileiro: A Experiência na Bacia Experimental de Sumé. In: *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Volume 8 n. 2, 2003.

SRINIVASAN, V. S.; GALVÃO, C. O.; SANTOS, C. A. G.; FIGUEIREDO, E. E.; REGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; ARAGÃO, R.; MELO, R. N.; CRUZ, E.; GUEDES, G. A.; LACERDA, I.; SANTOS, L. L.; ALVES, F. M. (2004). "*Bacia Experimental de São João do Cariri. In: Implantação de Bacias Experimentais no Semiárido*". Projeto IBESA FINEP/FUNPEC 22010453-00.

Seasonal Dynamics Of Land Cover In A Semiarid Region And Hydrologic Impacts

ABSTRACT

The land cover of the semi-arid regions responds rapidly to precipitation regime change. The land cover changes caused by high precipitation seasonality can be identified and analyzed using GIS and Remote Sensing Techniques. These analyses allow identifying impacts on the hydrologic process. This study uses a set of available Landsat and MODIS images over time. NDVI and Precipitation times series for the Taperoa River watershed were used in this analysis. A sample sub-basin (São José do Cariri experimental basin) was used for a detailed runoff and sediment production analysis. The results help understand land cover dynamics and impacts on run off and sediments in a hydrologic process. It is concluded that the seasonality of the caatinga (a kind of semi-arid savanna) vegetation must be taken into account as a relevant parameter in the hydrologic modeling processes.

Key-words: hydrological cycle, vegetation indices, remote sensing.