

DINÂMICA INTERANUAL DA COBERTURA DO SOLO EM REGIÃO SEMIÁRIDA UTILIZANDO SENSORES ORBITAIS

John Elton de Brito Leite Cunha¹, Itamara Mary leite de Menezes Taveira¹, Douglas Freitas de Almeida Filho², Anderson Rodrigues de Souza e Silva² & Iana Alexandra Alves Rufino³.

Resumo – As regiões de clima semiárido apresentam vegetação mais susceptível às mudanças, respondendo rapidamente à presença ou falta de chuvas. Através de técnicas de sensoriamento remoto é possível identificar a resposta da cobertura do solo à sazonalidade da precipitação e por consequência analisar a influência da cobertura nos processos hidrológicos. Neste trabalho são utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para a classificação de imagens do sensor TM-Landsat 5 e análise dos produtos do sensor MODIS-TERRA através de séries temporais, em uma bacia do semiárido paraibano. A partir da análise dos resultados é possível compreender a dinâmica interanual da cobertura do solo. Conclui-se que na bacia estudada foi identificada uma alta variabilidade interanual da vegetação e consequente influência na temperatura de superfície e nos processos hidrológicos.

Abstract – The semiarid climate regions have vegetation that change very quickly after a rain event. The remote sensing techniques can help to identify those changes of landscape when there is a seasonality of precipitation. Besides, the remote sensing techniques permit to analyze the influence of landscape on hydrological processes. This paper present the use of remote sensing techniques in a digital classification of Landsat-5 TM sensor images and also some analysis of MODIS-TERRA products using time series of a watershed located in Paraíba State (Brazil). The results obtained make possible to understand the dynamics of land cover per year. The conclusions of this paper are about the high variability of vegetation per year and its influence on surface temperature and hydrological processes.

Palavras-Chave – Ciclo hidrológico, índice de vegetação e geoprocessamento.

¹Alunos de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental PPGECA/UFCG – E-mail: john.e.cunha@gmail.com e itamaramary@gmail.com.

²Alunos de iniciação científica da UFCG – E-mail: douglasalmeid@hotmail.com e anderson.engenhariacivil@hotmail.com

³Professor adjunto da UFCG, CCT, Campina Grande – PB - E-mail: iana_alex@uol.com.br

INTRODUÇÃO

Técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas em estudos temporais de análises das mudanças da cobertura e uso do solo (Gómez *et al*, 2011; Foody, 2010). Atualmente existem diversos sensores remotos com resoluções espaciais, temporais e espectrais diferentes, que vem sendo utilizado para compreensão desses processos (Amiri *et al*, 2009; Carreiras *et al*, 2006), nessas aplicações o interesse é compreender as mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo.

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 é complexa a análise, a cobertura vegetal mostra um alto grau de variabilidade interanual e as mudanças detectadas na propriedade da superfície podem ser resultado de uma elasticidade da resposta da chuva (Bradley & Mustard, 2005). Portanto, alterações encontradas na cobertura do solo em regiões semiáridas, podem ser consequência de uma resposta natural da vegetação aos efeitos de secas ou períodos de maior disponibilidade hídrica, não estando relacionadas diretamente com efeitos da ocupação humana nestas áreas.

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 um dos primeiros fatores a serem alterados quando a cobertura vegetal da bacia é modificada e, conseqüentemente, 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.

Nos estudos hidrossedimentológicos em regiões semiáridas, principalmente aqueles que utilizam a modelagem matemática, geralmente não são consideradas as variações interanuais da cobertura vegetal.

No trabalho de Cunha *et al* (2010), no qual foi aplicado o algoritmo *Surface Energy Balance Algorithm for Land* (SEBAL), desenvolvido por Bastiaansen, (1998). Este Algoritmo foi utilizado para estimativa de variáveis biofísicas derivadas de imagens de satélite, em uma bacia do semiárido paraibano, para dois períodos distintos do ano (final do período chuvoso e período seco), observou-se uma variação considerável dessas variáveis, encontrando, por exemplo, variações máximas para o

índice de vegetação de 49,7% e para a temperatura de superfície de 28%. Consequentemente, os resultados de evapotranspiração obtiveram variações máximas de 76%.

Cunha & Rufino (2009) aplicaram o algoritmo supracitado, para a mesma região de estudo, porém, para um período de 20 anos, no qual foram observadas poucas variações quando utilizadas imagens do mesmo período do ano.

Neste contexto, este trabalho tem por objetivo compreender a dinâmica interanual da cobertura do solo em uma bacia do semiárido paraibano e a sua relação com a temperatura de superfície e os processos do ciclo hidrológico.

Para isto são utilizadas técnicas de sensoriamento remoto para a classificação de imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5 e análise das séries temporais obtidas por meio dos produtos do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* – MODIS do satélite TERRA. As análises podem ajudar na compreensão da resposta espectral observada nas imagens da cobertura do solo à sazonalidade da precipitação.

ÁREA DE ESTUDO

A Figura 1 apresenta a localização da bacia hidrográfica do Rio Taperoá que está situada na parte central do Estado da Paraíba, na região do Cariri, e se localiza entre as coordenadas geográficas 6° 51' 31'' e 7° 34' 21'' de latitude sul e 36° 0' 55'' e 37° 13' 9'' de longitude oeste.



Figura 1- Localização da Bacia do Rio Taperoá

O Rio Taperoá, principal rio da bacia, de regime intermitente, nasce na Serra do Teixeira e desemboca no Rio Paraíba, no açude Epitácio Pessoa (popularmente conhecido como “Boqueirão”). A Figura 2 apresenta a elevação do terreno, rede de drenagem principal e a localização das sedes municipais para a área em estudo.

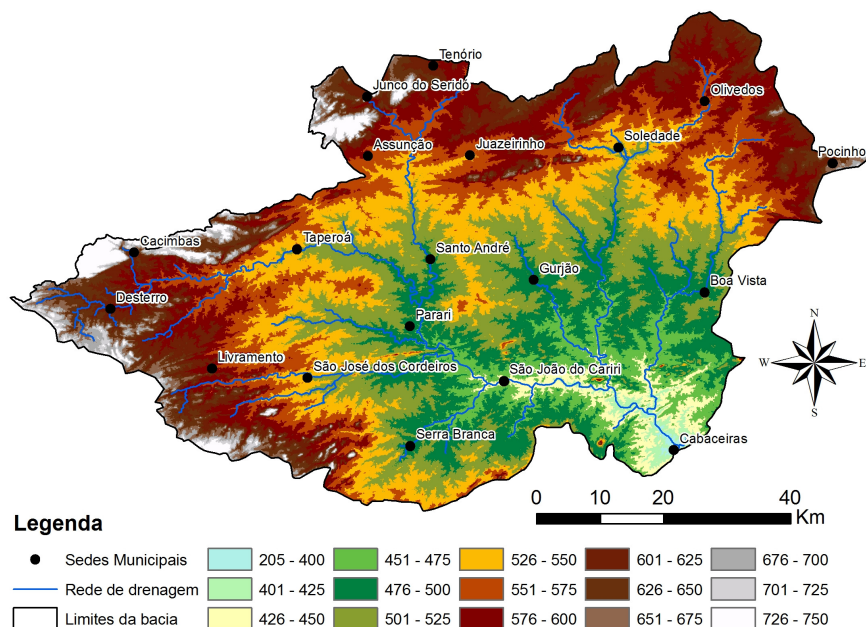


Figura 2 – Mapa de elevação, rede de drenagem principal e sedes municipais.

A bacia do Rio Taperoá está inserida numa região semiárida quente. 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.

As temperaturas mínimas variam de 18 a 22°C (meses de julho e agosto) e as máximas situam-se entre 28 e 31°C (meses de novembro e dezembro) (Souza, 2004). A vegetação é praticamente uniforme, sendo a caatinga a formação natural predominante apresentando-se, às vezes, baixa e densa, outras vezes, baixa e esparsa (Souza, 1999).

MATERIAIS E MÉTODOS

Processamento digital de imagens

Imagens 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 data de aquisição da imagem pelo sensor TM corresponder ao mesmo período de 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).

Imagens MODIS

Os produtos MODIS utilizados neste estudo foram adquiridos junto ao National Aeronautics and Space Administration (NASA). Os produtos escolhidos foram MOD11 A2 e MOD15 Q1, para todo o ano de 2003 e 2004. O produto MOD 11 A2 se caracteriza por ser um mosaico de oito dias dos pixels com menor presença de nuvens. Deste produto, foi selecionada a imagem com informações de temperatura da superfície por dia (LST Day 1 km) de 1000 metros de resolução espacial.

O produto MOD 15 A2 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.

Redução da dimensionalidade

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

Mudança de projeção e conversão de formato

O dados do sensor MODIS, originalmente na projeção *integerized sinusoidal* e no formato *Hierarchical Data Format* (HDF), foram convertidos para o sistema de coordenadas geográfico (Latitudes e Longitudes) e formato *GeoTiff* através do software Erdas Image[®].

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

Classificação supervisionada de imagens digitais

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 escolher que pixels vão pertencer a cada classe especificada. Para este 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. Para esta etapa de estudo foi utilizado o software Erdas Image[®].

Geoprocessamento e Análise espacial dos dados

Precipitação

Para estudar a correlação existente entre os produtos de índice de vegetação (IAF) e temperatura de superfície, foram então adquiridos junto Agência Executiva de Gestão das Águas do estado da Paraíba (AESA) 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, 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 (IQD).

Extração dos dados

Para facilitar a análise dos produtos de índice de vegetação, temperatura da superfície e precipitação, foram criados pontos representativos de cada classe de cobertura do solo para extração dos dados, dessa forma 5 pontos foram utilizados para representar cada classe de cobertura da terra.

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 tivesse os pixels (1000m x 1000m) pertencentes à mesma classe.

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

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

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme citado anteriormente, para compreender a dinâmica da cobertura do solo na bacia em estudo foram escolhidas as classes de vegetação densa, semidensa, esparsa, rasteira e solo exposto para demonstrar o seu comportamento durante o ciclo anual. A representação destas classes pode ser observada na Figura 3.

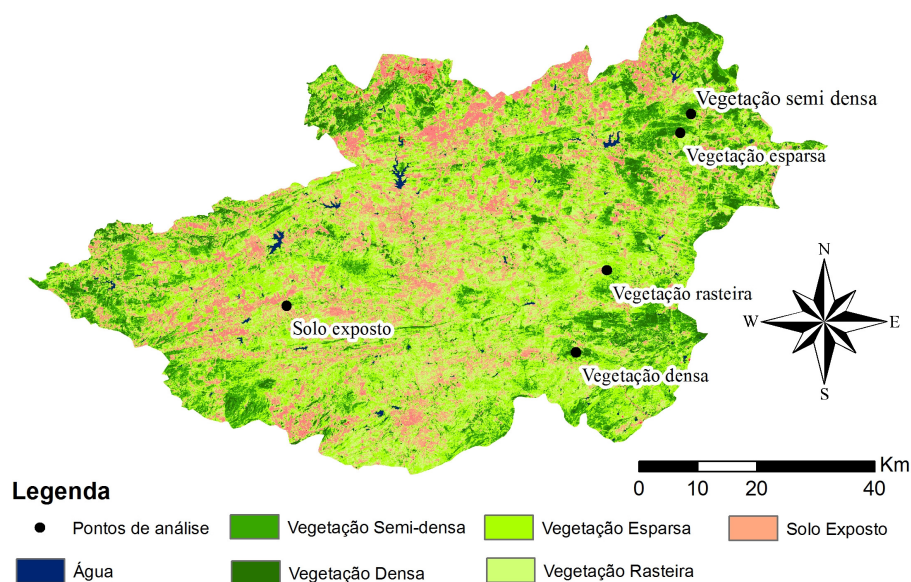


Figura 3 – Classificação da cobertura do solo e localização dos pontos de análise.

As análises das séries temporais dos produtos do sensor MODIS foram realizadas para um período de dois anos, onde as médias espaciais da precipitação total anual, obtidas a partir da espacialização dos dados pluviométricos anuais foram de 315 mm e 730 mm, respectivamente para os anos de 2003 e 2004.

Pode-se observar na Figura 3 o mapa de classificação da cobertura do solo e os locais onde foram extraídos os dados de IAF, temperatura da superfície e precipitação. Na Tabela 1 pode-se verificar o tamanho da área ocupada por cada classe, assim como a porcentagem da área total ocupada no momento analisado.

Tabela 1 – Classes de cobertura da terra, área de ocupação e porcentagem da área total para cada classe.

Tipo de cobertura	Área ocupada (Km ²)	Percentual da área total (%)
Água	36	0,63
Vegetação densa	293	5,17
Vegetação semidensa	888	15,66
Vegetação esparsa	1860	32,80
Vegetação rasteira	1403	24,74
Solo exposto	1191	21,00

A precipitação é uma das principais forças motrizes para a disponibilidade da biomassa em áreas secas e por isso é altamente correlacionada com a cobertura vegetal, para entender as correlações existentes entre vegetação e precipitação em clima semiárido, foram gerados gráficos de IAF e precipitação ao longo do tempo, apresentados na Figura 4 para os momentos analisados.

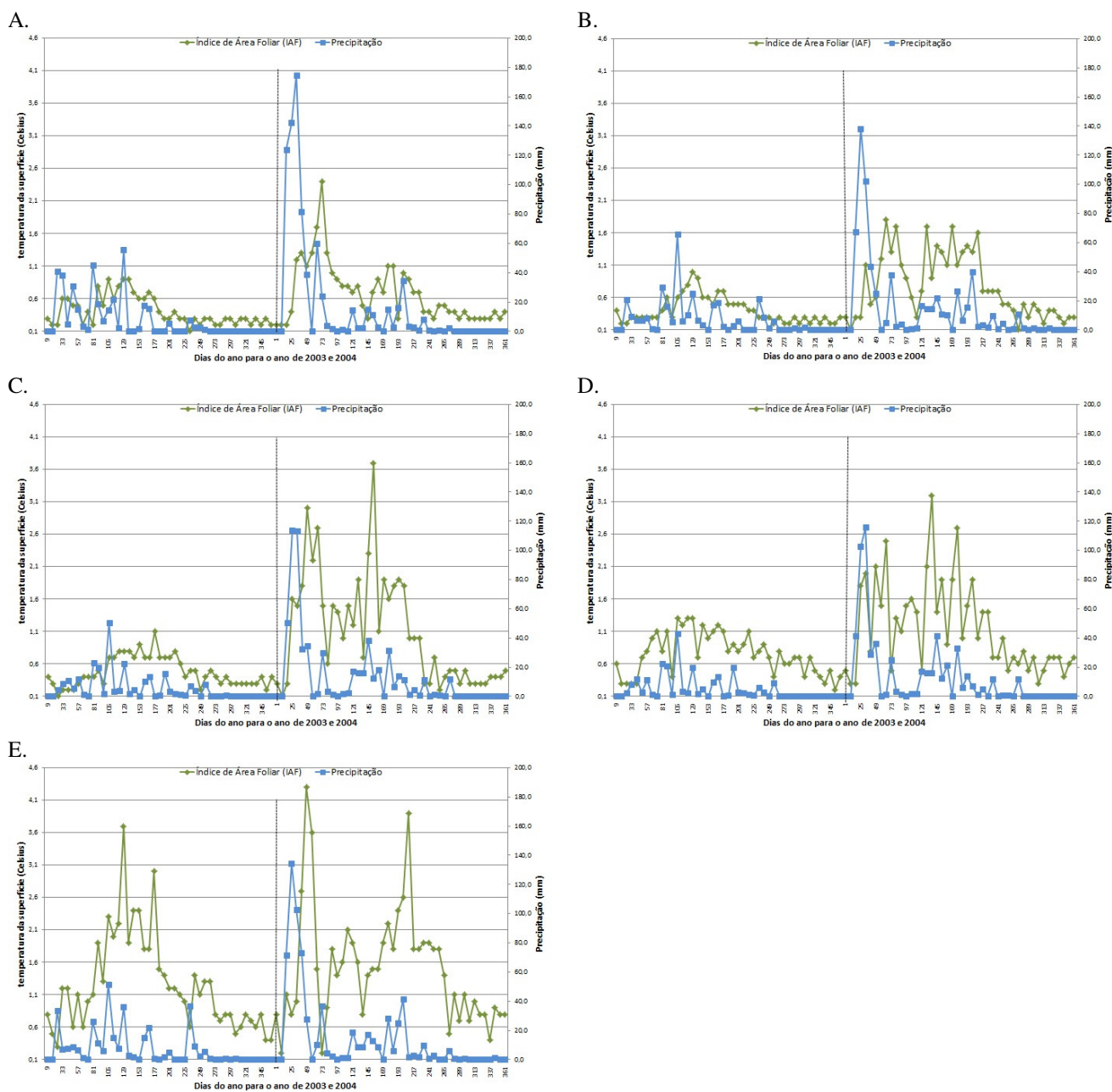


Figura 4- Gráficos de IAF e precipitação para a bacia do Rio Taperoá (A) em solo exposto, (B) em vegetação rasteira, (C) em vegetação esparsa, (D) em vegetação semidensa e (E) em vegetação densa.

A região semiárida do nordeste do Brasil se caracteriza pela má distribuição das chuvas no tempo e no espaço, apresentando um período de estiagem que ocorre de setembro a dezembro, e um período chuvoso, de março a junho, representado por chuvas de alta intensidade e de curta duração, resultando em elevado risco de perda de solo (Santos *et al*, 2006).

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

Diversas pesquisas já foram realizadas com o intuito de analisar a influência da cobertura vegetal sobre a erosão em regiões semiáridas. Santos *et al* (2000) analisou esta influência mediante uma equação empírica da perda de solo, no qual os valores calculados pela equação 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.

Na Figura 4 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 conseqüentemente contribuirá com altas taxas de escoamento superficial e produção de sedimentos, devido ao solo estar neste momento, menos protegido, ou seja, susceptível aos processos erosivos.

Pode-se verificar também uma resposta imediata da vegetação às primeiras chuvas, com um aumento do índice de vegetação, em todas as classes analisadas, o que influencia diretamente no escoamento superficial e erosão do solo, uma vez que, uma maior cobertura do solo, ocasiona um maior volume de interceptação e conseqüentemente maior infiltração, ocasionada principalmente devido ao retardo do escoamento superficial, além disso, o contato da precipitação com a cobertura vegetal dissipa a energia cinética e minimiza os efeitos erosivos do solo. Segundo Srinivasan (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.

Nos estudos hidrossedimentológicos em regiões semiáridas, principalmente aqueles que utilizam a modelagem matemática, geralmente não são consideradas as variações interanuais da cobertura vegetal. Neste trabalho percebemos que essas variações são significativas, influenciando diretamente alguns componentes do ciclo hidrológico.

O estudo realizado por Cantalice (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.

Em vista do exposto, percebe-se que a cobertura vegetal nas regiões semiáridas tem um importante papel na proteção do solo contra a erosão hídrica, desta forma é imprescindível que nos processos de modelagem hidrossedimentológica seja considerada a variabilidade interanual da cobertura vegetal do tipo caatinga.

Outro fato importante é que em estudo de alterações na cobertura do solo decorrentes de ações antrópicas em regiões semiáridas, devem ser verificadas as chuvas antecedentes a passagem do sensor na região de estudo, pois como pode ser observado na Figura 4, diferentes volumes precipitados podem provocar respostas diferentes na paisagem e neste caso não estariam relacionados a alterações antrópicas, mas a uma condição natural do clima.

Portanto, a época de escolha dos momentos a serem analisados é um fator determinante nestes tipos de estudos. Uma alternativa é escolher o período de maior estabilidade da vegetação, ou seja, período de estiagem. Nestes períodos, percebe-se que as variações de biomassa ao longo do tempo são menos intensas, contudo, para anos com grandes diferenças dos níveis pluviométricos, como é o caso deste trabalho que mesmo após o período de estiagem há uma grande variabilidade da biomassa.

Ainda analisando os gráficos de IAF (Figura 4) 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. Esta relação será diretamente proporcional ao porte da cobertura vegetal. Este fato é determinante nas análises de temperatura de superfície apresentadas na Figura 5.

Analisando os gráficos da Figura 5, percebemos que as variações da temperatura da superfície, ocorrem durante o ano, influenciadas pela precipitação, aumento da cobertura vegetal e variação da incidência solar. Observando as amostras percebemos que a variação segue o que foi discutido para os gráficos de IAF (Figura 4), de acordo com o tipo de cobertura da terra, só que no caso da temperatura de superfície, isto ocorre de maneira inversa, para valores mais altos de IAF são observados valores mais baixos de temperatura da superfície.

A diferença de temperatura de superfície é função das propriedades físico-químicas dos corpos, atribuindo-lhes comportamento térmico diferenciado. Entre os fatores que contribuem para a elevação da temperatura, podem-se destacar as mudanças ocorridas na paisagem devido ao período

de escassez hídrica (Figura 4). Essas variações são facilmente observadas através dos gráficos de temperatura de superfície e precipitação no tempo (Figura 5), e também o fato da incidência solar ser maior no período seco e no início do período chuvoso na região de estudo.

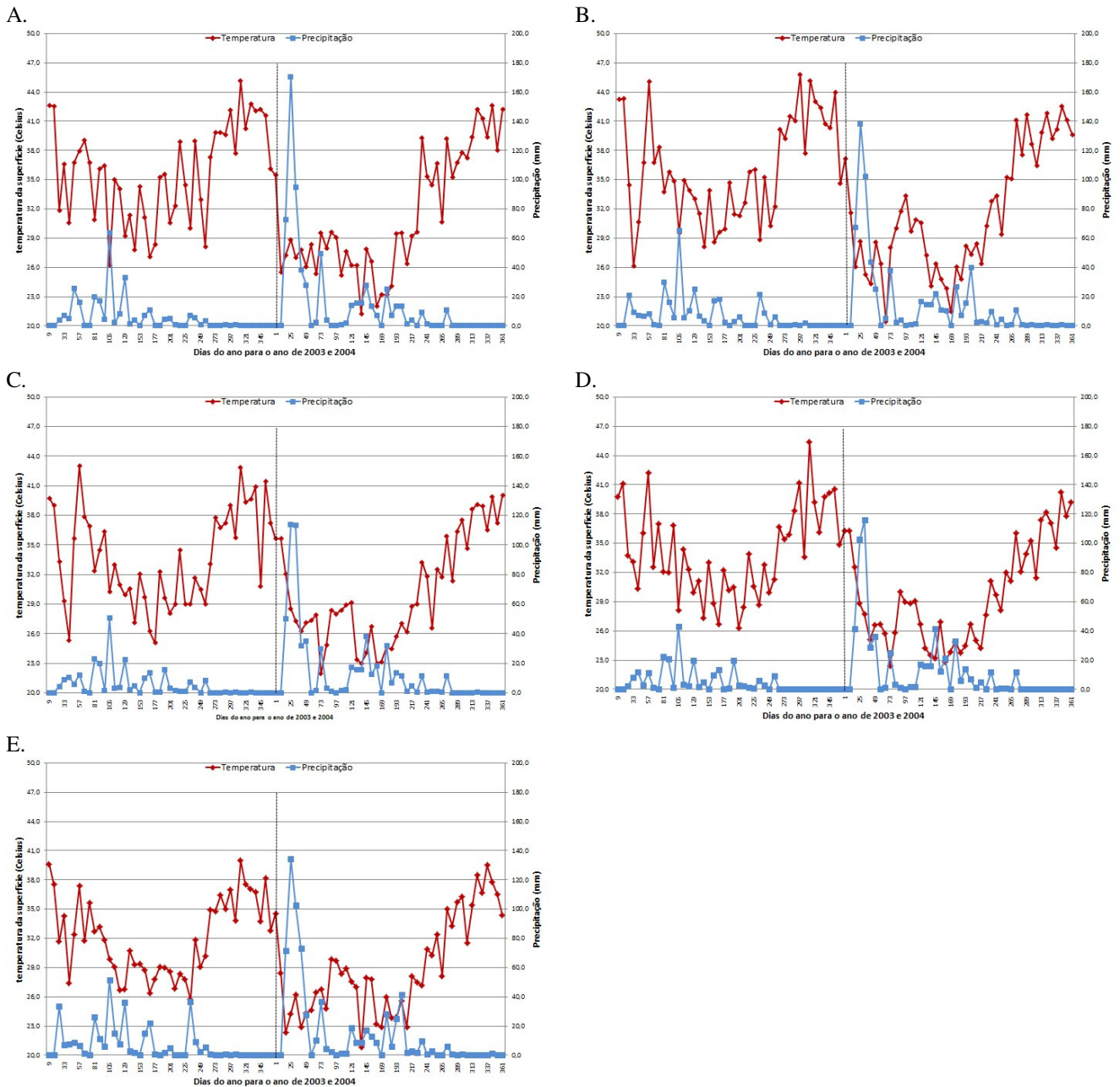


Figura 5- Gráficos de temperatura de superfície e precipitação para a bacia do Rio Taperoá (A) em solo exposto, (B) em vegetação rasteira, (C) em vegetação esparsa, (D) em vegetação semidensa e (E) em vegetação densa.

Analisando os gráficos de temperatura da superfície e precipitação na área de solo exposto (Figura 5A), percebe-se que as temperaturas estão muito próximas no final do período seco para os dois anos analisados, 2003 e 2004. Para essas regiões, as diferenças encontradas entre os níveis pluviométricos têm pouca influência na temperatura de superfície, pois estas regiões possuem pouca capacidade de armazenamento de água, estando com o mesmo déficit hídrico.

Analisando os outros tipos de cobertura do solo (Figuras 5B, 5C, 5D e 5E), pode-se perceber que para essas classes, houve influência da precipitação, quando se analisa o mesmo período para os dois anos estudados. Neste caso, no final do período chuvoso para o ano de 2003, as temperaturas estão maiores do que no ano de 2004. Dessa forma, tem-se uma maior variação deste componente quanto maior for o nível de cobertura do solo.

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.

Para a compreensão das alterações antrópicas na cobertura do semiárido, deve-se verificar as chuvas antecedentes aos períodos de análise ou buscar um período de maior estabilidade da vegetação, que normalmente ocorre no período de escassez.

Com base neste estudo pode-se dizer que a temperatura de superfície foi influenciada pelos diferentes níveis pluviométricos verificados para os dois anos analisados nas classes que representam a vegetação. Na região de solo exposto às diferenças de temperatura de superfície são menores quando se compara com o mesmo momento entre os anos estudados.

Para uma análise mais detalhada da variabilidade interanual, um número maior de anos deve ser analisado haja vista as alterações observadas nos regimes pluviométricos ao longo do tempo.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIRI, R.; WENG Q.; ALIMOHAMMADI, A; ALAVIPANAH, S. K. *Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran*. Remote Sensing of Environment. v.113, p. 2606–2617. 2009.
- BASTIAANSEN, W.G.M., MENENTI, M., FEDDES, R.A.; HOLTSLAG, A.A.M. (1998). “A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation”. Journal of Hydrology. Volum 212–213, pp. 198–212.
- BRADLEY, B. A. ; MUSTARD, J. F. *Identifying land cover variability distinct from land cover change: Cheatgrass in the Great Basin*. 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*. Remote Sensing of Environment. V. 115, p. 465 – 474. 2011.
- 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.
- CARREIRAS, J. M.B. ; PEREIRA, J. M.C.; CAMPAGNOLO, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E. *Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using SPOT VEGETATION data*. Remote Sensing of Environment. v. 101, p. 283–298, 2006.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; HELDER, D. L. *Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors*. Remote Sensing of Environment. v. 113, p. 893–903, 2009.
- CUNHA, J. E. B. L.; RUFINO, I. A. A.; *Identificação das mudanças na cobertura vegetal da Bacia de São João do Rio do Peixe por meio de imagens do Landsat-5 TM*. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande-MS.
- CUNHA, J. E. B.; TSUYUGUCHI, B. B.; RUFINO, I. A.; BRAGA, A. C. *Sensoriamento remoto na estimativa da distribuição espacial do balanço de energia e evapotranspiração de região semiárida*. In Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste (SRHN), 2010, Fortaleza. Anais... Campina Grande : UFCG, 2010.
- FOODY, G. M. *Assessing the accuracy of land cover change with imperfect ground reference data*. Remote Sensing of Environment. v. 114, p. 2271–2285, 2010.
- GÓMEZ, C.; WHITE, J. C.; WULDER, M. A. *Characterizing the state and processes of change in a dynamic forest environment using hierarchical spatio-temporal segmentation*. Remote Sensing of Environment. v. 115. p. 1665–1679. 2011.
- 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.
- 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: 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. (2003). *Erosão Hídrica do Solo no Semi-Árido Brasileiro: A Experiência na Bacia Experimental de Sumé*. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 8 n. 2.