

SAZONALIDADE DA VEGETAÇÃO NO BIOMA CAATINGA EM DIFERENTES CLASSES CLIMATOLÓGICAS

Suzana Maria Inácio de Carvalho¹, Jorge Alberto Bustamante Becerra², Emily Ane Dionízio da Silva³

¹Bióloga, bolsista, INPE, Cachoeira Paulista-SP, suzana.carvalho@inpe.br

²Biólogo, Pesquisador, INPE, Cachoeira Paulista-SP, jorge.bustamante@inpe.br

³Bióloga, bolsista, INPE, Cachoeira Paulista-SP, emily.silva@inpe.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho é avaliar a relação do clima na variabilidade sazonal da vegetação na caatinga utilizando cinco regiões climatológicas, através dos índices NDVI e LSWI em uma série temporal de 2001-2008. A metodologia aplicada consiste na análise de cinco classes climatológicas definidas de menor C1 a maior C5 precipitação. A utilização do índice de umidade LSWI concomitante com o NDVI confirmou as relações entre os picos de umidade e cobertura vegetal em todas as classes climatológicas. O tempo em que vegetação leva para reagir à diminuição da precipitação, no entanto foi diferente em cada classe, sendo mais rápido nas classes (C1 e C2) e mais demorado nas classes (C4 e C5), tornando possível afirmar que há uma relação direta entre a distribuição da vegetação e a precipitação.

PALAVRAS-CHAVE: caatinga, sazonalidade, clima, sensoriamento remoto.

INTRODUÇÃO: O clima é o fator que mais influencia na determinação da distribuição da vegetação e suas características num contexto global (Prentice, 1990). No nordeste brasileiro, o principal sistema gerador de chuvas é a Zona de Convergência Intertropical, cuja posição de atuação e intensidade determina a duração e intensidade da estação chuvosa (Uvo, 1989).

Nesta região semiárida do país, o ecossistema caatinga é o tipo de vegetação que cobre a maior parte do território com aproximadamente 18% da superfície do Brasil. Apresenta um tipo de vegetação predominantemente arbustiva-arborea caracterizado por acentuada queda foliar durante a estação seca e grandes variações fisiológicas interespecíficas e sazonais. Do ponto de vista geoambiental, suas paisagens tem como elemento marcante no quadro natural da região a condição de semi-aridez de caráter sazonal que atinge grande parte do seu território e alta variabilidade pluviométrica espacial e temporal inerente a esse tipo climático (Sales 2002).

Diversos estudos ecológicos têm utilizado dados de sensoriamento remoto, como o NDVI (*Normalized Vegetation Index normalized*) e LSWI (*Land Surface Water Index*) para entender o funcionamento dos ecossistemas e as respostas às condições do clima. Ambos foram concebidos para melhorar e quantificar o “greenness” (surgimento da vegetação) e o sinal do conteúdo de água. Estes índices espectrais são muito úteis para monitorar a atividade fotossintética, sazonal e inter-anual do comportamento da vegetação.

O objetivo central deste trabalho é avaliar a relação do clima na dinâmica sazonal da vegetação no bioma caatinga através de diferentes regiões climatológicas, definidas neste trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo é o bioma Caatinga, que segundo o IBGE (2004) ocupa uma área de 844.453 km², situada entre os paralelos 3° e 17°S e meridianos 35° e 45°W, ocupando 9,92% do território nacional. Neste trabalho foram utilizados dados de sensoriamento remoto MODIS referentes ao produto (MOD13Q1- NDVI), dados de umidade da vegetação (LSWI) do período 2001 a 2008, e dados de precipitação MERGE (dados do satélite TRMM e de estações de superfície) para o período de 1999 a 2008. Os dados MODIS foram obtidos através da plataforma REVERB (<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>) e os dados de precipitação foram disponibilizados pelo Centro de Previsão e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE. Estas imagens compõem o conjunto de quatro *tiles* (h13v09_v10 e h14v09_v10) com resolução espacial de 1km e temporal de 16 dias, com 23 períodos por ano, totalizando 184 períodos.

A metodologia consistiu inicialmente na classificação do bioma caatinga em classes climatológicas, as quais foram obtidas a partir do valor mediano da precipitação, permitindo definir regiões de acordo

com o regime de precipitação em áreas de menor precipitação (C1) a maior precipitação (C5) totalizando cinco classes climatológicas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classes Climatológicas para o bioma caatinga obtidas a partir da climatologia da precipitação (período de 1999 a 2008).

Classes	Intervalo Climatologia	Extensão
1	0.1 – 399 mm	121.66Km ²
2	400 – 633 mm	429.88Km ²
3	634 – 866 mm	562.49Km ²
4	867 – 1099 mm	275.76Km ²
5	> 1100 mm	233.24Km ²

Para estas regiões foram extraídos os valores de NDVI e elaborados o índice LSWI. O LSWI foi calculado usando as bandas do infravermelho próximo e médio obtidas do mesmo produto. Um algoritmo foi determinado para geração do LSWI aplicando a seguinte equação $LSWI = (\rho_{nir} - \rho_{mir}) / (\rho_{nir} + \rho_{mir})$, onde ρ representa o fator de refletância nas bandas do infravermelho próximo (nir) e infravermelho médio (mir).

Foram também extraídos dados de precipitação MERGE para cada classe climatológica e posteriormente, correlacionados com os dados de NDVI e LSWI.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O regime de chuvas no Nordeste brasileiro para as cinco classes ao longo dos oito anos analisados, 184 períodos não é uniforme e possui uma variação interanual sazonal conforme a Figura 1. De maneira geral os máximos não ultrapassam 260 mm por mês no período chuvoso, exceto em 2004, e os mínimos chegam à zero para todas as classes climatológicas. Em 2004 os valores mensais de precipitação mostraram-se acima dos valores dos encontrados para os demais anos e acima dos valores estabelecidos para a média climatológica da região (Silva et al, 2011). Segundo o INFOCLIMA, as chuvas intensas na região Nordeste para este ano aconteceram devido ao deslocamento de frentes frias para o norte, à atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), banda de nuvens densas que se localiza ao longo do Equador e que se apresentou ao sul da sua porção normal, e à presença de Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis (VCAN) sobre o Oceano Atlântico (Infoclima, 2004).

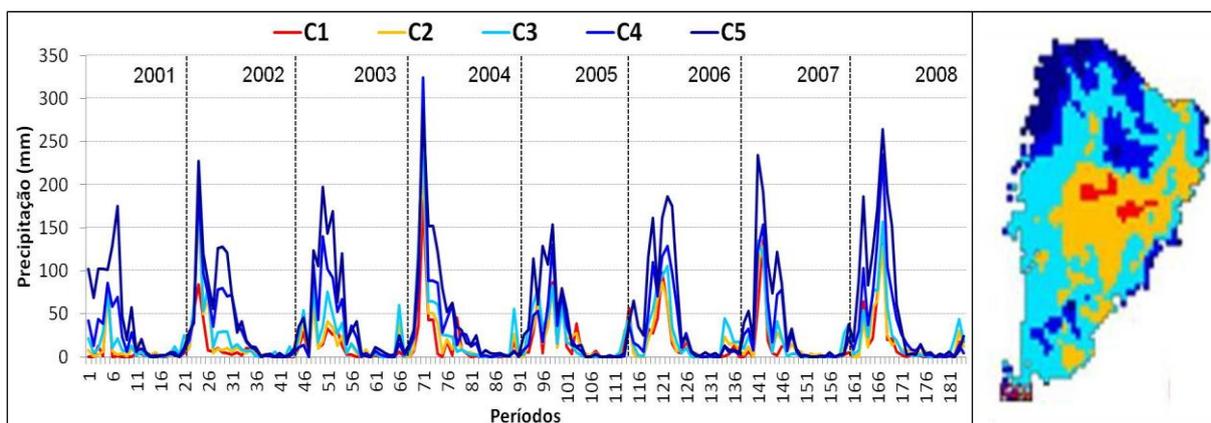


Figura 1: Variabilidade interanual da precipitação ao longo de 181 períodos (2001 a 2008).

Na região norte do bioma caatinga o regime de precipitação é mais elevado do que os demais, sendo representado pelas classes climatológicas de maior precipitação C4 e C5. O máximo de precipitação durante o período chuvoso nesta região, entre os meses de fevereiro a maio, variou entre os entre 130 mm a 300 mm, enquanto que na estação seca a precipitação não ultrapassou 20 mm.

A costa Leste assim como a região Sul da caatinga foram classificadas com regime de chuvas intermediário, representadas pela classe (C3), chegando o máximo de precipitação a 200 mm na estação chuvosa. Já na região central do bioma conforme esperado, obteve-se os menores valores de precipitação representada pelas classes C1 e C2, onde os valores máximos não ultrapassaram 90 mm. Para cada perfil climatológico foi observada a variabilidade interanual de 2001 a 2008 para índices NDVI conforme a Figura 2. Nitidamente observa-se que existe uma relação direta entre a cobertura vegetal da caatinga e o regime de chuvas, isto é, menor precipitação (C1) associado a uma baixa resposta do NDVI e maior precipitação (C5) associado a uma maior cobertura vegetal (altos valores de NDVI). A segmentação dos índices NDVI e LSWI por classe climatológica revela que embora o comportamento entre os índices sejam semelhantes, o LSWI apresenta uma maior amplitude de valores em relação ao NDVI, especialmente nos valores mínimos, com mínimos próximos de zero e por vezes inferiores à zero, atingindo picos na ordem de 0,5 a 0,6. Este índice tem uma alta correlação com o conteúdo de água líquida do dossel vegetal, conseguindo captar uma melhor resposta em relação ao estresse de umidade das plantas que o NDVI. Os valores de correlação entre NDVI e LSWI para todos os anos analisados e em todas as classes de vegetação foram superiores a $r^2 = 0.95$.

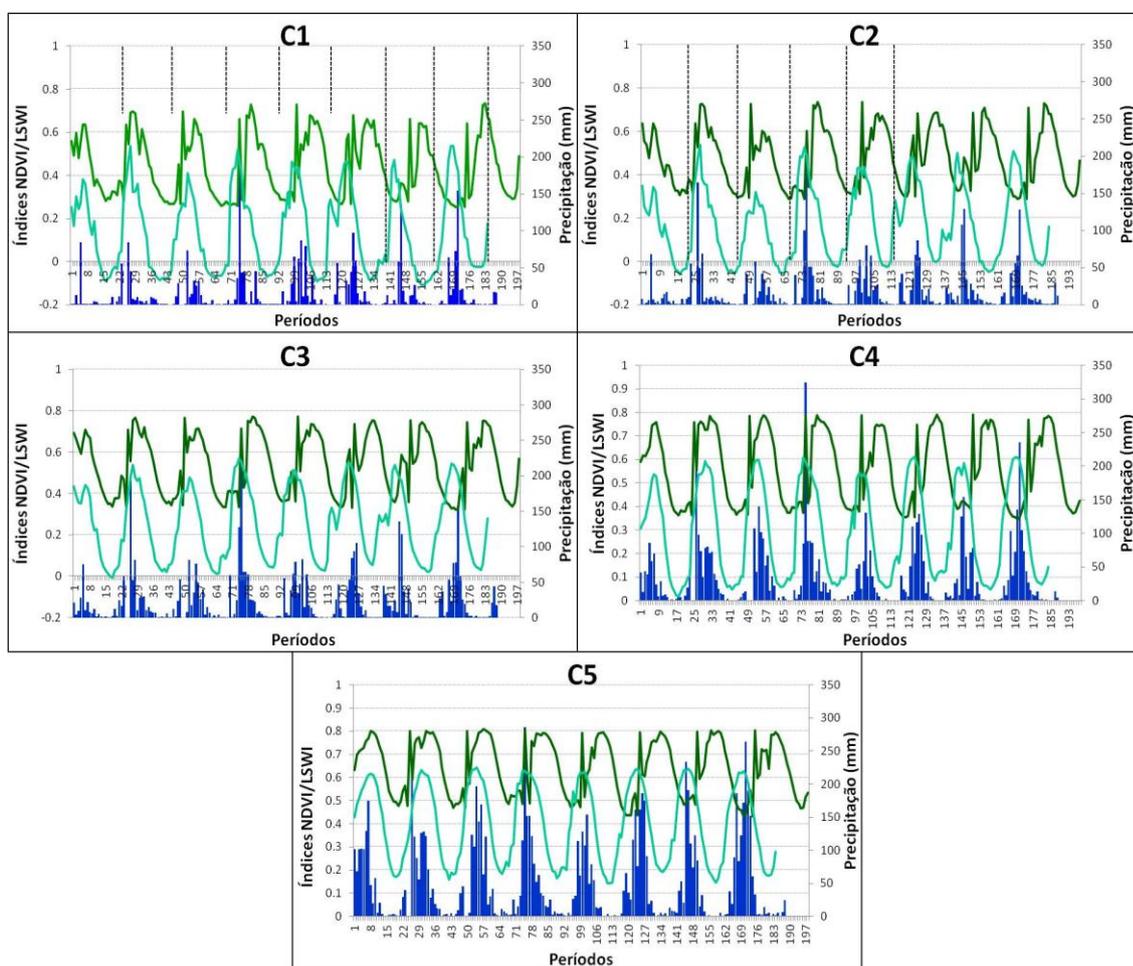


Figura 2: Variabilidade interanual dos índices LSWI e NDVI em diferentes regiões climatológicas no bioma Caatinga para os anos (2001 a 2008), totalizando 184 períodos.

O NDVI, mesmo sendo um ótimo indicador da atividade vegetal, apresenta alguns fatores limitantes, como a existência de pontos de saturação e a interferência atmosférica que é diferenciada nas regiões do vermelho e infravermelho próximo (Ponzoni e Shimabukuro, 2007). O LSWI, por explorar as regiões espectrais do infravermelho próximo e médio, estima as variações no conteúdo de água líquida da vegetação (Gao, 1996), e por isso espera-se que tenha uma variação independente do NDVI. Nas classes climatológicas utilizadas, o índice LSWI mostrou-se negativo nas classes climatológicas de menor precipitação reforçando a menor quantidade de fitomassa foliar nos períodos de menor

precipitação. Nas classes de maior precipitação como, por exemplo, C4 e C5, os valores de LSWI diminuem, mas não chegam a zerar durante vários períodos, indicando que ainda há um pouco de umidade disponível. Outra relação que é possível observar na Figura 2, é que os maiores valores de NDVI na caatinga, floresta tropical seca, estão diretamente associados aos períodos de maior umidade disponível, reforçando a ideia de que a precipitação é um fator limitante no desenvolvimento da vegetação.

Ao analisarmos os anos médios de precipitação, NDVI e LSWI para as cinco classes climatológicas as relações entre as variáveis ficam mais nítidas. Em geral a resposta da vegetação em função da diminuição da precipitação demora em média cerca de cinco períodos para ser observada. A queda da precipitação para todas as classes climatológicas ocorreram no mês de maio (período 9) conforme a Figura 3, enquanto os valores de NDVI e LSWI iniciaram sua diminuição de forma gradativa a partir deste período. Os picos de NDVI, associados a maior cobertura vegetal podem ser observados nos meses de abril (período 7) para as classes C1 e C2 e C4, na segunda quinzena de abril (período 8) para C4 e no mês de maio (período 9) para C5, refletindo o efeito da precipitação ocorrida nos meses anteriores. Os valores máximos de precipitação no período chuvoso (períodos 1 a 10) aumentaram de forma gradativa ao longo das classes, tendo 49 mm (C1), 51 mm (C2), 65 mm (C3), 94 mm (C4) e 145 mm (C5). Os valores de NDVI para as classes C1 e C2 apresentaram valores semelhantes entre ambos, com máximos de 0.65. Para a classe C3 o valor máximo foi de 0.71, seguido de 0.76 para C4 e 0.79 para C5. Observa-se também que nas classes climatológicas de menor precipitação anual, a queda dos valores de umidade (LSWI) tende a ocorrer anteriormente às classes de maior precipitação, retratando a capacidade do solo e da vegetação em armazenar água, e a perdê-la durante a estação seca. Os valores negativos de LSWI para as classes C1 e C2 revelam o intenso estresse hídrico sofrido pela vegetação nos períodos de menor precipitação nestas regiões.

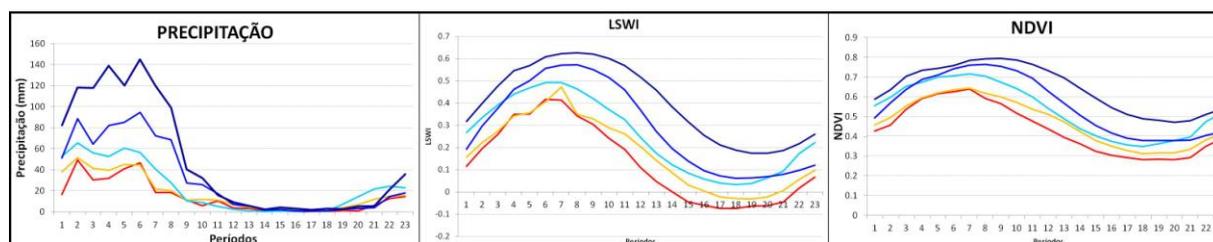


Figura 3: Variabilidade dos índices LSWI, NDVI e precipitação para um ano médio referente aos anos (2001 a 2008), para cada classe climatológica.

CONCLUSÕES: Os resultados apresentados, especialmente para estação seca na região, validam outros estudos sobre o LSWI, mostrando que este índice é um bom indicador da variabilidade do conteúdo de umidade da vegetação, já que nas classes de maior precipitação, a vegetação apresentou um comportamento mais resistente na estação seca enquanto que as de menor precipitação apresentaram maior sensibilidade ao estresse de umidade. Embora o NDVI seja um ótimo indicador da quantidade de fitomassa foliar, foi o LSWI que permitiu associar os maiores picos de NDVI com os altos teores de umidade. A utilização de classes climatológicas mostrou-se eficaz para caracterizar o comportamento da vegetação, conseguindo separar os intervalos de NDVI para regiões com alta e baixa cobertura vegetal. Neste sentido, os resultados corroboram a hipótese de que a sazonalidade da vegetação na Caatinga é fortemente associada ao regime de precipitação local. Sugere-se complementar os resultados encontrados com o trabalho “Caracterização da variabilidade sazonal da precipitação e da vegetação no bioma caatinga usando series temporais” com o objetivo de determinar o período exato do início da estação de crescimento para as diferentes classes da vegetação e associá-las ao teor de umidade encontrado na região.

AGRADECIMENTOS: A Fundação de Amparo Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa TT3 concedida à primeira autora e ao Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST/INPE) pelo apoio institucional e financeiro.

REFERÊNCIAS:

- EKLUNDH, L.; JONSSON, P., 2011, **Timesat 3.1 Software Manual**,Lund University, Sweden.
- PRENTICE, K. C. **Bioclimatic distribution of vegetation for general circulation model** *Journal of Geophysical Research*, vol. 95, n. 11, p. 811 – 830, 1990.
- UVO, C.R.B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro**. 1989. 82 f. Dissertação de Mestrado em Meteorologia - INPE, São Paulo, 1989.
- WILSON, E. H.; Sader, S. A. **Detection of forest harvest type using multiple dates of Landsat TM imagery**. *Remote Sensing of Environment*, v. 80, p. 385-396, 2002.
- SILVA, E.A.D; CARVALHO,S.M.I; BECERRA, J.A.B.,2011. **Variabilidade sazonal do clima e da vegetação no bioma caatinga. I climatologia da precipitação**. In: VI Geonordeste 2011, Feira de Santana- BA.