



Estudo comparativo entre o IVDN e a Precipitação na região Oeste Potiguar

Comparative study NDVI and rainfall in the Western Potiguar region

Francisco das Chagas Araújo do Nascimento¹, Fabiane Regina da Cunha Dantas Araújo²,

Resumo: Este trabalho tem como objetivo analisar a correlação entre a média da precipitação com o IVDN em parte da microrregião de Mossoró localizada na Região Oeste do Estado do Rio Grande do Norte. Utilizou-se seis imagens do Mapeador Temático do satélite LANDSAT-5 compostas de sete canais adquirida junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, reamostradas para 1 km de resolução espacial a partir da média dos pixels. As imagens foram processadas pela ferramenta *Model Maker* do software ERDAS utilizando-se três etapas do SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithms for Land*). Os resultados mostraram uma boa correlação entre os valores médios da precipitação com o IVDN médio, sugerindo que o uso de valores médios tem boa representação de variabilidade. A análise espacial e temporal do IVDN médio em concordância com a precipitação média semestral possibilitou encontrar uma relação funcional entre os mesmos, através do modelo de regressão de mínimos quadrados sobre o Oeste Potiguar mostrando um relacionamento significativo ($r = 0,81$) entre as informações, com erro padrão de estimativa da ordem de 4,99%.

Palavras chaves: Vegetação, Correlação, Chuva.

Abstract: This paper aims to analyze the correlation between the average precipitation with NDVI in part of the microregion of Mossoró located in the Western Region of the State of Rio Grande do Norte. Was used six images of Thematic Mapper LANDSAT-5 satellite composite of seven channels acquired by the National Institute for Space Research, resampled to 1 km spatial resolution from the average pixel. The images were processed by the tool Model Maker the software Erdas using three stages of SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). The results showed a good correlation between average values of NDVI and precipitation medium, suggesting that the use of average values have good representation of variability. The spatial analysis and temporal of NDVI average in agreement with precipitation semester average possible to find a functional relationship between them, through the model of least squares regression on the West Potiguar showing a significant relationship ($r = 0.81$) between the information with standard error of estimate of the order of 4.99%.

Keywords: Vegetation, Correlation, Rain.

*Autor para correspondência

Recebido em 25/09/2013 e aceito em 14/09/2014

¹Mestrando em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG franciscofisica@ufersa.edu.br,

²Professora Adjunta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSAR/RN fabiane@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

Ao se tratar de eventos e fenômenos relacionados à meteorologia, o Sensoriamento Remoto é de fundamental importância por auxiliar as previsões climáticas e monitoramento ambiental. É uma técnica utilizada para obter informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno pela análise dos dados obtidos de uma maneira tal que não haja contato direto com este objeto, esta área ou este fenômeno (BRAGA et al, 2006). Diversos estudos têm sido realizados com séries temporais de dados obtidos de sensores de alta resolução, aplicado à vegetação para a determinação do IVDN (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). Através do Sensoriamento Remoto podemos calcular o IVDN, que tem se tornado uma ferramenta de grande utilidade na caracterização da vegetação (MOREIRA & SHIMABUKURO, 2004).

O IVDN é calculado pela razão entre a diferença e a soma das refletâncias nas bandas do visível e do infravermelho próximo. O contraste entre a refletância nas bandas do visível e infravermelho da vegetação é singular, o que facilita a distinção de outros alvos. A vegetação, enquanto verde, caracteriza-se pela baixa refletância na porção visível do espectro, devido a grande absorção da radiação incidente pelos pigmentos das plantas, aumentando rapidamente na porção do infravermelho próximo, devido ao espalhamento da radiação no interior do mesófilo (BARET & GUYOT, 1991). Para vegetação seca, o IVDN é baixo, mas é alto para vegetação em pleno vigor. Isto ocorre devido à pigmentação da cor verde da vegetação sadia refletir mais no infravermelho próximo e menos no canal do visível, o que ocasiona altos valores para o IVDN (PARKINSON, 1997). De acordo com Barbosa et al. (2006) os valores do IVDN no Nordeste Brasileiro cresce a medida que ocorre aumento das chuvas devido ao aumento da densidade e vigor da vegetação e diminui consideravelmente em anos secos.

Inúmeros estudos foram realizados abordando o IVDN. Jacobsen et al. (2004) afirmaram que além de proporcionar uma visão de como a cobertura vegetal se encontra distribuída na superfície, o IVDN permite um estudo da dinâmica da cobertura, evidenciando as variações apresentadas por ela em decorrência de forçantes climáticas isoladas, dos ciclos fenológicos anuais e de eventos episódicos. Wessels et al. (2004) compararam a sazonalidade obtida do IVDN do AVHRR / NOAA para identificar a quantidade de áreas degradadas e não degradadas, mapeadas pelo NCL (National Land Cover), usando a imagem do TM – Landsat para o mesmo tipo de solo e clima no Norte da África do Sul. Os resultados mostraram que a resistência e a estabilidade da vegetação em ambos não sofreram forte alteração para áreas degradadas e não degradadas. Dantas et al. (2010) utilizou dados do sistema de sensores AVHRR/NOAA e Landsat-5 /TM para encontrar uma relação funcional entre albedo, IVDN, SAVI, IAF e Fração na vegetação sobre diferentes alvos nas proximidades de Quixeré - CE. A autora concluiu que as comparações efetuadas entre parâmetros da vegetação estimados pelos dois satélites podem ser utilizadas com cautela para diferentes fins. Com base nesses e outros estudos, este trabalho objetiva, portanto, analisar o IVDN e verificar sua correlação com os valores médios da precipitação em parte da microrregião de Mossoró localizada no Oeste Potiguar.

MATERIAIS E MÉTODOS

A região de estudo tem área aproximada de 2.110,207 km² e está situada na Mesorregião Oeste do Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1) e corresponde a órbita 216 e ponto 64. Escolheu-se os dias 06 de julho de 1994, 14 de julho de 1997, 06 de julho de 2000, 15 de julho de 2003, 23 de julho de 2007 e 31 de julho 2009. De acordo com a classificação de Köppen a região tem clima das estepes quente e seco de baixa latitude e altitude e suas chuvas ocorrem no verão atrasando-se para o outono.

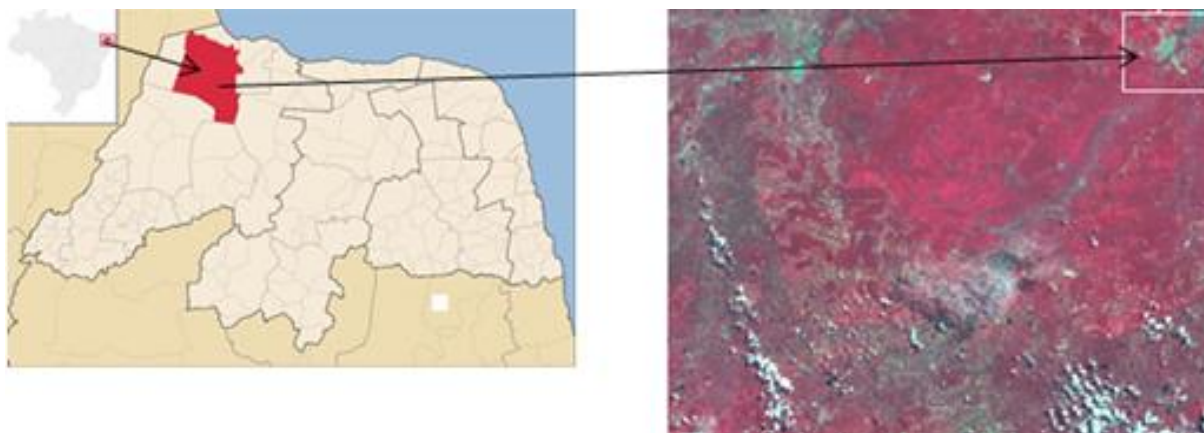


Figura 1: Localização da Microrregião de Mossoró pertencente à Mesorregião Oeste do Rio Grande do Norte.

Utilizou-se neste estudo imagens dos satélites da série LANDSAT. Estes satélites fornecem dados de fina resolução espacial sendo a mesma em torno de 30m com área imageada na faixa de 185 km, recortada em cenas de 185 x 170 km. Utilizou-se seis imagens do Mapeador

Temático do satélite LANDSAT-5 compostas de sete canais adquirida junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, reamostradas para 1 km de resolução espacial a partir da média dos pixels, entre as latitudes (5 06 20.38 S e 5 15 37.39 S) e longitudes (37 15 42.26 W e 37 26 05.20

W). As imagens foram processadas pela ferramenta *Model Maker* do software ERDAS Image utilizando-se três etapas do SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithms for Land*).

Segundo Moreira (2005), o sensor TM a bordo do satélite LANDSAT - 5 opera em sete bandas espectrais, sendo três na região do visível (0,45 – 0,52 μm ; 0,52 – 0,60 μm ; 0,63 – 0,69 μm), três na região do infravermelho refletido (0,76 – 0,79 μm ; 1,55 – 1,75 μm ; 2,08 – 2,35 μm) e uma na região termal (10,4 – 12,5 μm). É do tipo heliossíncrono, quase polar, permitindo assim uma cobertura completa da Terra entre 81°N e 81°S. Tem o ciclo orbital de 16 dias e está a uma altura de 705 km com velocidade equivalente a 7,7 km/seg.

Na primeira etapa foi feita a Calibração Radiométrica, que consiste no cálculo da radiância espectral de cada banda ($L_{\lambda i}$), na qual o número digital (ND) de cada pixel da imagem é convertido em radiância espectral monocromática e representa a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda. Para as bandas refletivas do LANDSAT 5 que são os canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7 a calibração foi feita pela equação proposta por Markham & Baker (1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (Eq. 1)$$

em que a e b são as radiâncias espectrais mínimas e máximas ($Wm - 2sr - 1\mu m - 1$), ND é a intensidade do pixel (número inteiro digital de 0 a 255) e i corresponde aos canais (1, 2, ..., 7) do satélite LANDSAT 5 - TM.

Em seguida partiu-se para o cálculo da refletância monocromática de cada banda ($\rho_{\lambda i}$), definida como sendo a razão entre o fluxo de radiação refletida e o fluxo de radiação incidente. Utilizou-se aqui a equação de Allen et al. (2002) para a detecção da refletância das imagens LANDSAT.

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (Eq. 2)$$

em que $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral da cada banda, $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera ($Wm - 2sr - 1\mu m - 1$), Z é o ângulo zenital

solar e d_r é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (r_0) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

Por ultimo, calculou-se o IVDN a partir da proporção (Eq 3) utilizando-se dados de índices de vegetação obtidos dos sensores TM/LANDSAT com resolução de 30 x 30 m.

$$IVDN = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad (Eq 3)$$

em que ρ_V e ρ_{IV} correspondem às refletâncias das bandas do visível e infravermelho próximo para o satélite LANDSAT 5.

Na análise estatística dos dados para encontrar a relação entre o IVDN médio e a precipitação média, utilizou-se o método da regressão linear segundo critério dos Mínimos Quadrados e o erro padrão de estimativa de Y para X foi definido por:

$$S_{Y.X} = \sqrt{\frac{\sum (y - Y_{est})^2}{N}}$$

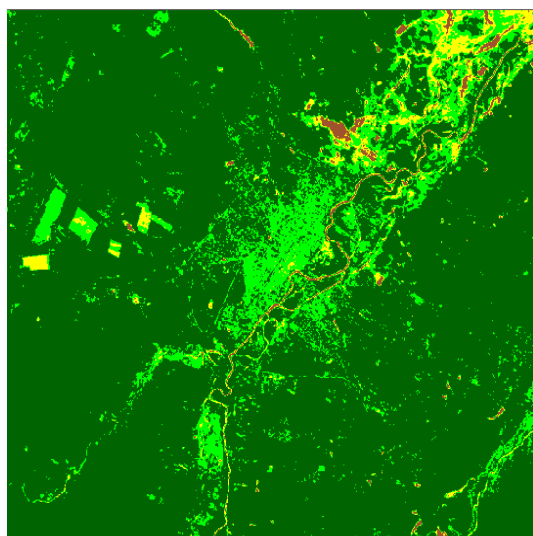
(Eq 4)

Maiores detalhes da metodologia encontram-se em Spiegel (1968), Wilks (1995).

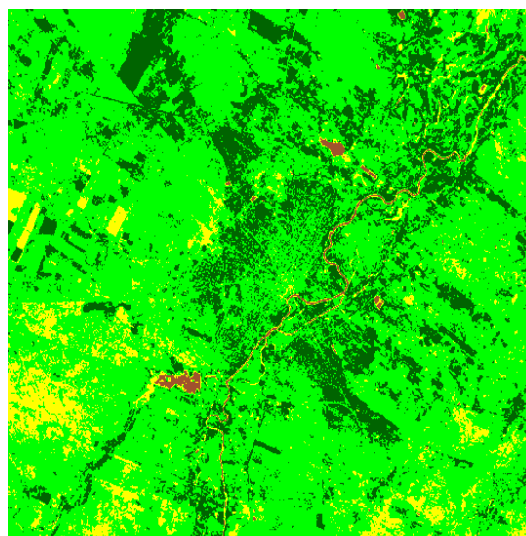
1. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figuras 2 (a, b, c, d, e, f) representam a distribuição espacial e temporal do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) para imagens LANDSAT-5/TM para os dias estudados na região de Mossoró-RN e vizinhanças. Para facilitar o entendimento e a análise dos resultados, fez-se uma composição de cores das bandas refletivas do Landsat 5/TM.

As áreas com maior IVDN estão apresentadas na cor verde escuro, com valores maiores que 0,50. Os valores intermediários do IVDN estão representados nas cores amarelo e verde claro com valores variando de 0,20 a 0,35 e 0,35 a 0,50, respectivamente. As áreas onde o IVDN é menor estão amostradas em cor marrom variando entre 0,10 e 0,20.



a)



b)

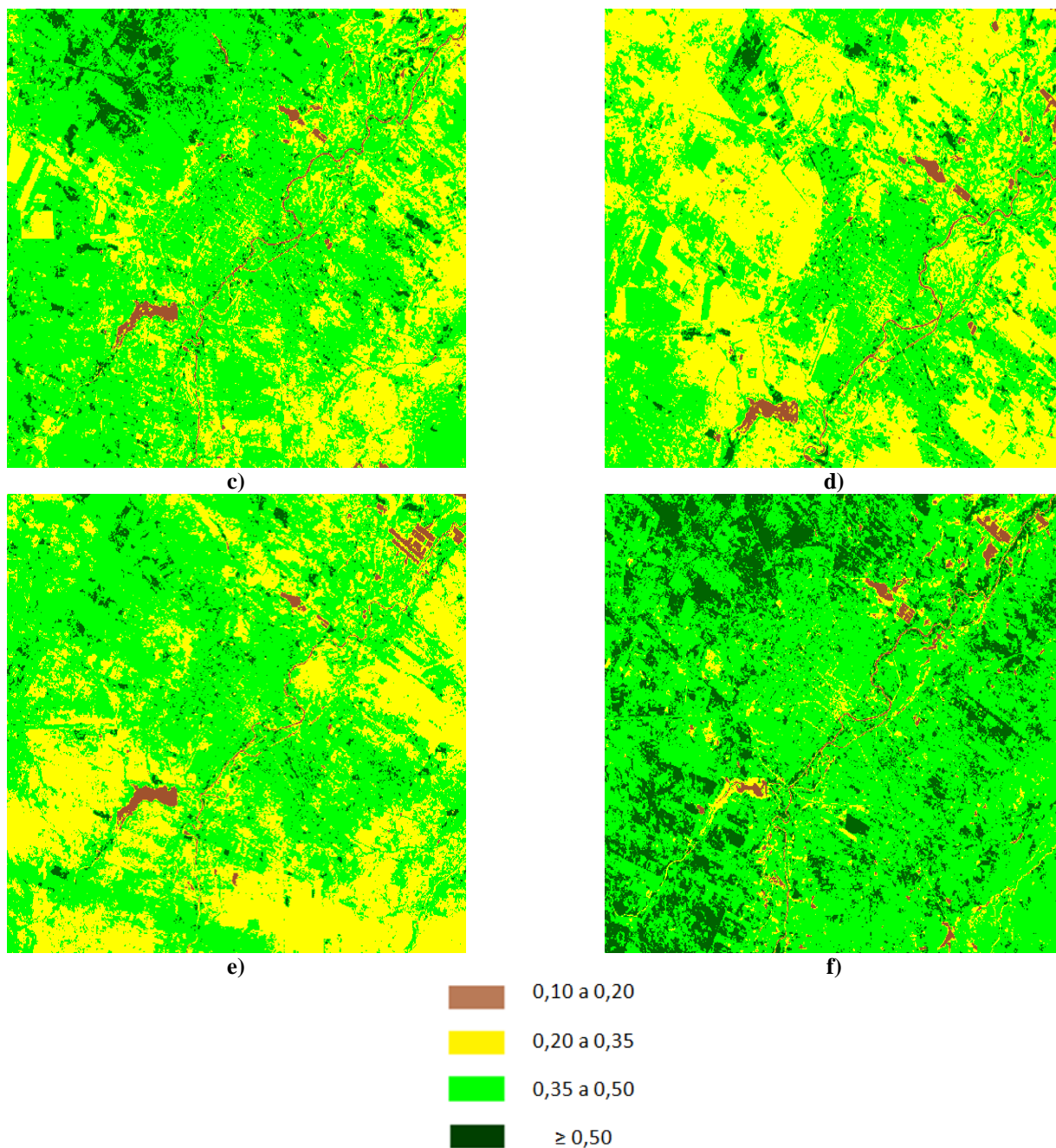


Figura 2: Distribuição Espacial do IVDN, onde os dias correspondentes são: a) 06 de julho de 1994; b) 14 de julho de 1997; c) 06 de julho de 2000; d) 15 de julho de 2003; e) 23 de julho de 2006 e f) 31 de julho de 2009.

Estudos mostram que corpos d'água e nuvens têm IVDN negativo ou próximo de zero, os quais estão aqui representados pela cor marron. Valores entre 0,20 e 0,35, correspondentes à vegetação do tipo Caatinga, estão representados pela cor amarela com maior ocorrência nos meses de julho de 2003 e 2006 (Figuras 2d e 2e). Valores de IVDN entre 0,30 e 0,50 são observados na vegetação nativa na porção mais afastada da zona urbana, o que é observado principalmente no ano 1994. Para 1997 e 2009, na mesma região, também são observados valores desta magnitude, porém menos frequentes (Figuras 2B e 2F). Nos meses de julho de 2003 e 2006 predominaram os menores valores de IVDN médios. Em geral nesses anos as chuvas foram mais escassas. Na série trianual estudada

evidenciou-se uma diferença significativa nos valores médios do IVDN. Essas diferenças estão relacionadas com presença/ausência das chuvas principalmente em 2003 na região, como já comentado anteriormente. Como a média de chuva registrada nos seis primeiros meses de 1994 foi bastante considerável conforme observado no quadro 1, a vegetação permaneceu verde no mês seguinte (julho), apresentando os maiores IVDNs médios de todo o período estudado. Observa-se, portanto, na tabela 1, que os valores médios de chuva em 1994 (primeiro ano da série) e 2009 (ultimo ano da série) forma próximos, no entanto, em termos de proporção o IVDN não acompanhou a precipitação, isso sugere que a influência urbana alterou consideravelmente a vegetação na região.

Tabela 1: Valores da Precipitação Média e IVDN médio nos dias estudados.

Imagem Landsat/TM	Dia do Ano	Média da Precipitação no primeiro semestre do ano em mm	IVDN (Médio) SEBAL
06/07/1994	187	166	0,612
14/07/1997	195	110	0,447
06/07/2000	187	126	0,396
15/07/2003	194	99	0,353
23/07/2006	204	84	0,377
31/07/2009	212	156	0,454

No ano de 1997 a média de precipitação nos seis primeiros meses teve um decréscimo quando comparado a 1994, isso atrelado a um aumento da influência antrópica sobre a região, fez com que a média do IVDN diminuísse mais do que o esperado (Figura 3), o mesmo aconteceu em 2000, 2003 e 2006. Em 2009 a média de chuvas aumentou e consequentemente o valor do IVDN também cresceu. Esses resultados corroboram com os apresentados por

Barbosa et al. (2006) e com os de Braga et al. (2003 e 2006) para o mesmo tipo de cobertura em diferentes regiões na região Nordeste do Brasil.

A Figura 4 representa a dispersão e a regressão linear entre o IVDN médio e a precipitação média dos seis meses que antecederam cada imagem (Figura 2) na região do Oeste Potiguar.

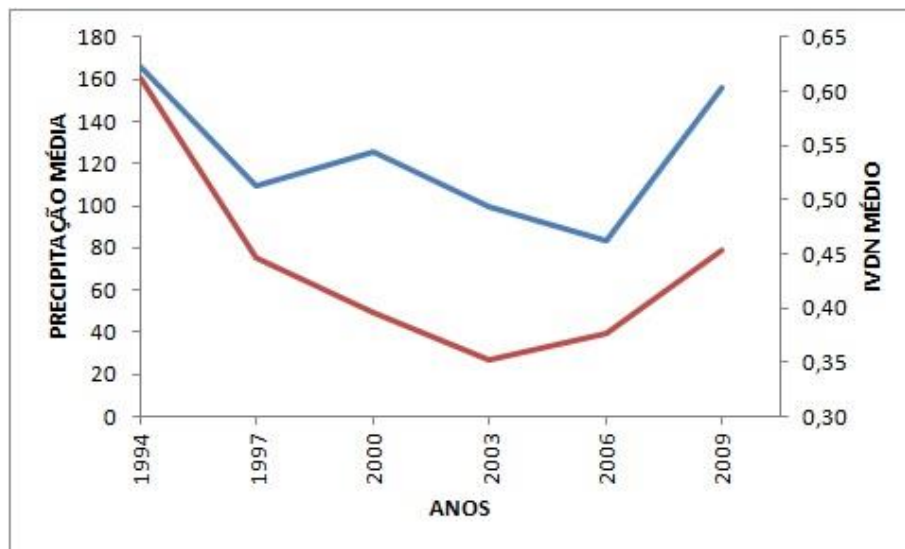


Figura 3: Representação da Precipitação Média semestral e do IVDN na Região de Mossoró para a série trianual estudada.

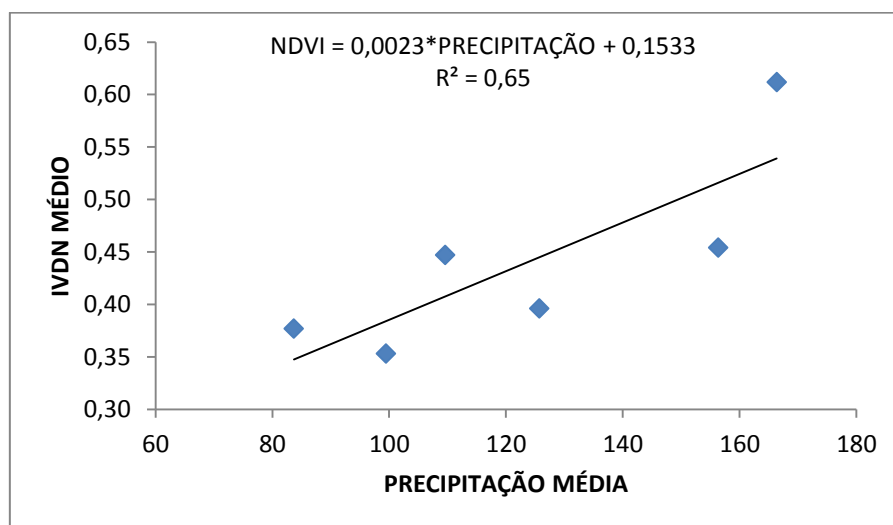


Figura 4 – Relação funcional entre o IVDN médio obtido pelo satélite LANDSAT e a precipitação média semestral para as seis imagens selecionadas durante o período de estudo na Região de Mossoró e vizinhanças.

A equação de regressão linear obtida para o IVDN e precipitação média semestral é dada por: $IVDN = 0,0023 * \text{PRECIPITAÇÃO} + 0,1533$. O erro padrão da estimativa foi de 4,99% e o coeficiente de correlação linear igual a 0,81, o que implica num coeficiente de determinação $R^2 = 0,65$, ou seja, o modelo linear explica 65% da variância total da variável dependente. A significância escolhida $\alpha = 0,05$ do coeficiente de correlação linear resultou em $t_{\text{tabelado}} = 2,13$ contra $t_{\text{cal}} = 2,74$, assim, como $t_{\text{cal}} > t_{\text{tabelado}}$, a hipótese nula de que não há correlação entre as duas populações foi rejeitada, o que significa que a hipótese não nula foi aceita.

Em média sobre área mista estudada, o IVDN apresentou 65% da variância explicada. Portanto, sugere-se utilizar os dados do IVDN/TM, com precisão razoável. Os resultados obtidos pelo modelo linear dos mínimos quadrados sobre diferentes alvos foram mais bem explicados neste estudo do que os encontrados por Braga et al. (2006) na região do Vale do São Francisco, no qual os autores utilizaram dados pontuais em diferentes alvos em lugar da média espacial do parâmetro. Logo, considera-se confiável trabalhar com média, pois representa melhor a variabilidade do IVDN em determinadas áreas suavizando a contaminação por nuvens.

CONCLUSÕES

A análise espacial e temporal do IVDN médio em concordância com a precipitação média semestral possibilitou encontrar uma relação funcional entre os mesmos, através do modelo de regressão de mínimos quadrados sobre o Oeste Potiguar mostrando um relacionamento significativo ($r = 0,81$) entre as informações, com erro padrão de estimativa da ordem de 4,99%.

O IVDN variou bastante durante o período estudado. Como a média de chuva registrada nos seis primeiros meses de 1994 foi bastante considerável, a vegetação permaneceu verde no mês seguinte (julho), apresentando os maiores IVDNs médios de todo o período estudado.

Diante dos resultados obtidos é possível trabalhar com dados médios de maneira confiável, pois representa melhor a variabilidade dos índices de vegetação suavizando a interferência de nuvens sobre determinada região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R.. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
- BARBOSA, H. A., HUETE, A. R., BAETHGEN, W. E. A 20 year study of IVDN variability over the Northeast Region of Brasil. *Journal of Arid Environments*, v. 67, p. 288-307, 2006.
- BARET, F.; GUYOT, G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment.

Remote Sensing of Environment, New York, v.35, p.161-173, 1991.

BRAGA, C. C.; BRITO, J. I. B.; SANSIGOLO, C. A e RAO, T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria-RS, v.11, n.1, p.149-157, 2003.

BRAGA, C. C.; NEVES, D. G.; BRITO, J. I. Estimativa da fração vegetação no leste da Bahia no período de 1982 a 1999. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 14, n.º. 3, p.252 – 260, 2006.

DANTAS F. R. C.; BRAGA C. C.; SOUZA E. P.; SILVA S. T. A. Determinação do albedo da superfície a partir de dados AVHRR/NOAA e TM/LANDSAT-5. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n.º.1, p. 24-31, 2010.

JACÓBSEN, L. O; FONTANA, D. C; SHIMABUKURO, Y. E. Efeitos associados a El nino e La nina na vegetação do Estado do Rio Grande do Sul, observados através do IVDN/NOAA. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.19, n.2, p.129-140, 2004.

MARKHAM, B. L. & BARKER, J. B. Thematic mapper band pass solar exoatmospherical irradiances. *International Journal of Remote Sensing*, v. 8, n. 3, p. 517-523, 1987.

MOREIRA, M. A.; SHIMABUKURO, Y. E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR. In: Ferreira, N. J. (Cord.). *Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIRO-N*. São Paulo: Oficina de Textos. cap. 4, p.79-101, 2004.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 3ª Ed. atual. ampl. – Viçosa: Ed. UFV, 180p, 2005.

PARKINSON, C. L. “Earth from above”. University Sciences Books, Sansalito. Land vegetation, p.107-111, 1997.

SPIEGEL, M. R. Resumo de Teoria e Problemas de Estatística - Coleção Schaum. Livro Técnico – SA. Rio de Janeiro, 1968.

WESSELS, K. J.; PRINCE, S. D.; FROST, P. E.; VAN ZYL, D. Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR IVDN time-series. *Remote Sensing of Environment*. v. 91, p. 47-67, 2004.

WILKS, D. S. Statistical methods in the atmospheric sciences: and introduction. London, Academy Press. 464p, 1995.