

## ANÁLISE DA COBERTURA VEGETAL E TRANSPIRAÇÃO NO MUNICÍPIO DE BOM JESUS – PI, COM SENSORIAMENTO REMOTO

Douglas Vieira Marques (1); José Normand Vieira Fernandes (1); Robson de Sousa Nascimento (2); Valéria Peixoto Borges (3)

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias- CCA/UFPB, douglasagroce@hotmail.com; <sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias- CCA/UFPB, normand.agronomia@yahoo.com; <sup>3</sup>Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias- CCA/UFPB, nascimento.professor@gmail.com; <sup>4</sup>Universidade Federal da Paraíba- Centro de Ciências Agrárias- CCA/UFPB, valpborges@gmail.com

**Resumo:** A evapotranspiração (ET) constitui a demanda hídrica de uma cultura, sendo parâmetro adequado para planejar a irrigação. Das diversas técnicas de sensoriamento remoto aplicadas para determinar a ET de grandes áreas o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, cuja sigla em inglês é NDVI se torna muito utilizado. O objetivo do presente trabalho foi determinar e avaliar a distribuição temporal e espacial dos coeficientes basal de cultivo (Kcb) de áreas agrícolas na região de Bom Jesus – Piauí, a partir do NDVI das culturas. Foram utilizadas imagens geradas pelo satélite Landsat 8, da órbita e ponto 220/66. O trabalho foi realizado em um período de um ano, de maio de 2013 a maio de 2014. Foram gerados os valores de reflectância no topo da atmosfera para posteriormente obter os valores de NDVI e Kcb. Dados meteorológicos da estação local do INMET foram aplicados para caracterização das condições meteorológicas e obtenção da evapotranspiração de referência. O NDVI variou no período de um ano conforme as precipitações locais, apresentando os maiores valores entre dezembro de 2013 e julho de 2014. O Kcb apresentou: os menores valores no início da estação chuvosa e no começo da estação seca, correspondendo às culturas no primeiro estágio fenológico e na colheita, respectivamente. Os máximos valores de Kcb nas áreas agrícolas ocorreram quando as culturas locais estavam na fase de máximo desenvolvimento vegetativo. O Kcb das culturas na região de estudo acompanhou o regime pluviométrico e não o crescimento da demanda hídrica atmosférica, dada pela evapotranspiração de referência.

**Palavras chaves:** NDVI, Kcb, demanda hídrica, Meteorologia.

### INTRODUÇÃO

A região Sul do estado do Piauí vem se consolidando como uma das mais importantes fronteiras agrícolas do país. Destaca-se o município de Bom Jesus que, nos últimos 20 anos, passou por importantes mudanças socioeconômicas impulsionadas pelo agronegócio (ARAÚJO, 2009). O município apresenta como principais culturas agrícolas soja, milho, feijão e arroz que, no ano de 2012, somaram 65.092 ha de área plantada (IBGE, 2014). Praticamente toda a produção é realizada em sistema de sequeiro, sendo as precipitações pluviométricas o meio de suprimento de água às culturas.

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

Para que haja uma potencialização da produção local é necessário uso de tecnologias dentre elas a irrigação. A utilização da irrigação, principalmente no semiárido do nordeste brasileiro onde as precipitações são escassas e/ou mal distribuídas, tem que ser bem planejada e executada, devido à crescente preocupação com os escassos recursos hídricos. Sendo assim, o cálculo da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) assume grande importância em projetos de irrigação pois representa a quantidade de água a ser reposta para que a cultura mantenha seu crescimento e produtividade (Pereira et al. 1997).

Para se realizar a estimativa da ET para grandes áreas, os métodos que aplicam dados de sensoriamento remoto orbital se tornam interessantes, pois tais tecnologias trouxeram possibilidade de aplicação sobre uma grande variedade de espécies vegetais e condições de disponibilidade de água (Allen et al., 2011). O mapeamento da ET por sensoriamento remoto pode ser aplicado no planejamento de atividades agrícolas e no gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica (Silva e Bezerra, 2006).

O método de determinação mais prático da ET é feito multiplicando a evapotranspiração de referência pelos coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>). Os K<sub>c</sub> são compostos pelo coeficiente de evaporação e coeficiente basal de cultivo, o K<sub>cb</sub>. O K<sub>cb</sub> expressa a transpiração das plantas.

A relação entre os índices de vegetação e os coeficientes de cultivo (Hunsaker et al., 2007; Simonneaux, 2008; Er-Raki et al., 2010). Dentre esses índices, o mais aplicado é o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, cuja sigla em inglês é NDVI. Os métodos ET = f (NDVI) apresentam as vantagens de simples implementação, utilização de poucos dados e possibilidade de monitoramento das mudanças no uso da água com o desenvolvimento da cultura. O NDVI é obtido com as refletividades do infravermelho próximo e do vermelho.

Para gerar os mapas diários de cobertura vegetal com base no NDVI alguns obstáculos devem ser superados, pois a presença de nuvens e condições de interferência atmosféricas dificultam a execução da atividade (BARBOSA et al 2006) fato frequente em muitas localidades. Para minimizar, ou mesmo eliminar estes efeitos nas imagens NDVI, é comum a utilização da técnica de composição de imagens pelo valor máximo do NDVI (Holben 1986).

Utilizando imagens OLI- Landsat 8, o presente trabalho teve como objetivo determinar e avaliar a distribuição temporal e espacial dos coeficientes basal de cultivo de áreas agrícolas na região de Bom Jesus – Piauí, a partir do NDVI das culturas.

O município de Bom Jesus, Piauí (9°4'18" S, 44°21'34" W, 301 m). Inserido no bioma Cerrado, tem clima classificado com subúmido seco (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004). Os totais anuais de precipitação e evaporação são 1093,4 mm e 1934,4 mm, respectivamente; a temperatura média anual é 26,2°C (INMET, 2014).

As imagens utilizadas foram geradas pelo satélite Landsat 8, as quais foram adquiridas, junto ao United States Geological Survey (USGS), já ortorretificadas. O sensor OLI (Operational Land Imager) e o sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor) medem a radiância espectral dos alvos e armazenam-na na forma de níveis de cinza, ou número digital (ND), cujos valores variam de 0 a 4096, lhe conferindo resolução espectral de 12 bits. A resolução espacial do sensor é de 30 m nas bandas 1 a 7 e 9, 15 m na banda 8 (pancromática) e de 100 m nas bandas 10 e 11 (canais térmicos). A resolução temporal (tempo de revisita) deste satélite é de 16 dias. As imagens utilizadas são da órbita e ponto 220/66.

Para os fins deste estudo, apenas imagens obtidas livres de nuvens sobre a área de interesse, foram aproveitadas. O trabalho foi realizado em um período de um ano, de maio de 2013 a maio de 2014.

Foram coletados dados meteorológicos oriundos da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no município de Bom Jesus (9°4'59" S, 44°19'35" W, 297 m), presente na cena Landsat em questão, e aplicou-se na caracterização das condições meteorológicas para obtenção da evapotranspiração de referência, dada pela equação 1.

$$E_{To} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T_{med} + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

Onde,

$E_{To}$  - Evapotranspiração de referência pelo método Penman-Monteith, mm dia<sup>-1</sup>.

$\Delta$  - declinação da curva de saturação do vapor da água, kPa °C<sup>-1</sup>.

$R_n$  - saldo de radiação, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

$G$  - fluxo de calor no solo, MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>.

$\gamma$  - constante psicrométrica, kPa °C<sup>-1</sup>.

$u_2$  - velocidade média do vento a 2 m acima da superfície do solo, m s<sup>-1</sup>.

$T_{med}$  - temperatura média do ar, °C.

$e_s$  - pressão de saturação de vapor, kPa.

$e_a$  - pressão atual de vapor, kPa.

Todas as etapas representadas pelas equações 2 a 5 foram realizadas com o programa computacional de processamento de imagens orbitais. Realizou-se contato@conidis.com.br

primeiramente a conversão do arquivo da imagem de números digitais para reflectância no topo da atmosfera, a partir da equação 1:

$$\rho_{\lambda}' = M_p \cdot ND + A_p \quad (2)$$

Em que  $\rho_{\lambda}$  representa a radiância espectral;  $M_p$  é o fator multiplicativo de cada banda; ND é o número digital; e  $A_p$  é o fator aditivo de cada banda.  $M_p$  e  $A_p$  são obtidos nos metadados das imagens.

Em seguida foi realizada a correção da reflectância, para a superfície:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{(\text{sen } \hat{e})} \quad (3)$$

Em que  $\hat{e}$  é o ângulo de elevação do sol, também disponível nos metadados da imagem.

Determinou-se o NDVI a partir das imagens dos canais refletivos do vermelho e do infravermelho das imagens Landsat. Para tanto, aplicou-se a seguinte equação (Rouse et al., 1974):

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_5 - \rho_4}{\rho_5 + \rho_4} \quad (4)$$

Em que  $\rho_5$  é a reflectância da vegetação no infravermelho próximo e  $\rho_4$  é a reflectância da vegetação na banda do vermelho.

A relação entre  $K_{Cb}$  e NDVI é dada por (Simonneaux, 2008, Bezerra et al., 2010):

$$K_{Cb} = 1,64 (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}) \quad (5)$$

Em que  $\text{NDVI}_{\min}$  é o valor do NDVI para o solo exposto, comumente utilizado o valor de 0,15.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na figura 1 a variabilidade do NDVI ao longo do ano. Os índices mais altos são encontrados a partir do fim de dezembro até meados de julho, representada pela coloração verde intenso, período que ocorre os maiores valores de precipitação, proporcionando uma maior cobertura do solo ocasionado pelo crescimento da vegetação. O NDVI começa a regredir a partir de julho, com a estiagem e maiores valores de  $ET_0$  como demonstrado no Figura 2. Neste período os valores de NDVI são baixos, representados por coloração mais suaves, correspondendo justamente áreas em pousio ou solo exposto.

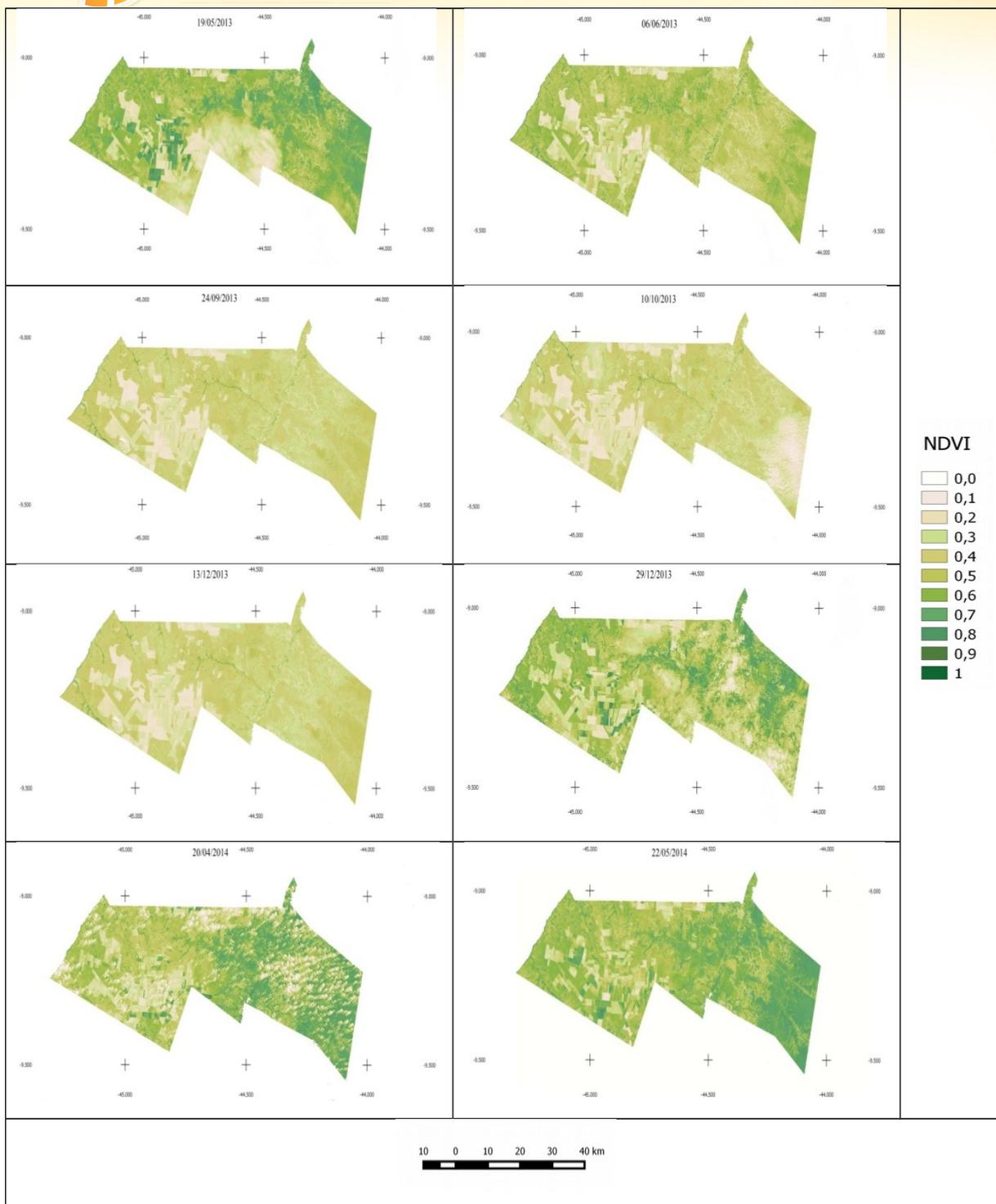


Figura 1. Mapas do NDVI do município de Bom Jesus-PI no período compreendido entre março de 2013 e março de 2014.

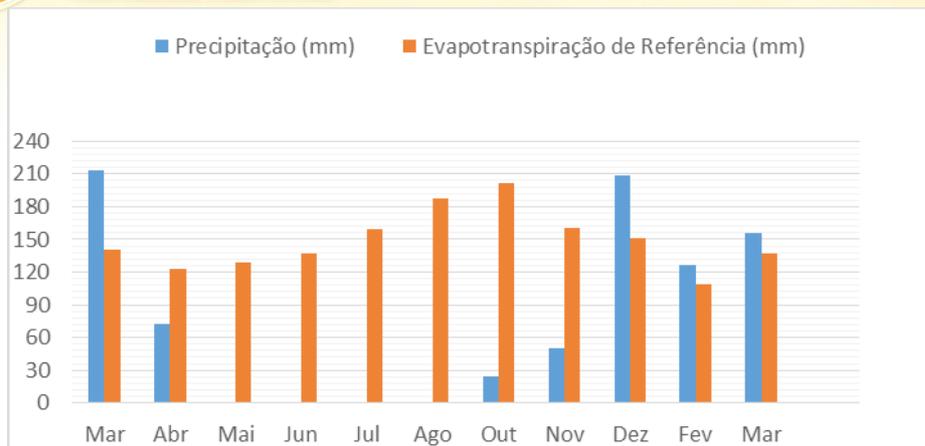


Figura 2. Valores acumulados mensais de Precipitação (P) e evapotranspiração de referencia ( $ET_0$ ), no período compreendido entre março de 2013 e março de 2014 do município de Bom Jesus- PI.

O crescimento da vegetação foi regulamentado basicamente por condições hídricas. A diminuição do valor de NDVI se deve ao estresse hídrico pela redução da precipitação, isto porque a maior parte das plantações na região são conduzidas em condições não irrigadas, apresentando alta variabilidade interanual na cobertura do solo.

Já para a vegetação, que é o maior objetivo do índice, quanto mais alto o valor do pixel, maior será a densidade da vegetação ou sua atividade fotossintética (VERONA, 2003). Quando a cobertura do solo é máxima e não há restrição hídrica, ET (fluxo de calor latente) pode representar até 70% do saldo de radiação, refrigerando o dossel vegetativo (Allen et al., 1998).

A alta variabilidade do NDVI também foi constatada por Arraes et al. (2012), Gurgel et al. (2003) e Barbosa et al. (2006) estudando área de vegetação nativa de Caatinga, caracterizando a relação entre essa variável e a disponibilidade hídrica do solo para as plantas. Semelhante variabilidade foi encontrada no presente estudo, sendo que se verificou a transição dos valores de NDVI que predominam na imagem do mês de maio para julho de 2013, de 0,6-0,9 para 0,4-0,5 respectivamente. Valores de NDVI maiores que 0,2 representam a vegetação fotossintetizante ativa. No mês de setembro a meados de dezembro observam-se as áreas em pousio com valores de NDVI 0,1 e conseqüentemente solo exposto. A cor branca correspondente ao valor zero representando nuvens ou água, pois apresentam reflectâncias maiores no visível do que no infravermelho, sendo que nestas condições o NDVI tem valores negativos. Nas imagens das datas de 24/09, 10/10 e 13/12 aparecem pixels de altos valores, que correspondem possivelmente a riachos ou rios com suas respectivas matas ciliares.

Huete et al. (2002) destaca que os índices de vegetação, possibilitam monitorar sazonal, interanual e a longo prazo as variações estruturais da vegetação e os parâmetros fenológicos e biofísicos. Rodrigues (2010) comenta que o perfil temporal do NDVI pode ser utilizado para detectar a atividade sazonal e fenológica, duração do período de crescimento, pico verde, mudanças fisiológicas das folhas e períodos de senescência. O NDVI fornece informações sobre a condição nutricional e hídrica, além da capacidade fotossintética da cultura (Bezerra, 2009). Bezerra et al (2012) concluiu em seu trabalho que o NDVI mostrou-se um bom indicador do desenvolvimento da cultura, constituindo ferramenta importante para o manejo da cultura e estimativa da produtividade.

Verificou-se que ao longo de um ano dos dados coletados de que não houve um aumento expressivo de áreas agrícolas, sendo que essas áreas estão concentradas mais ao leste do município. Fato a ser considerado na cena estudada é o tamanho da área, onde pode-se observar que mesmo em condições climáticas iguais a área mostrou diferentes valores de NDVI, fato que pode ser explicado pelos seus diferentes usos ou tipo de ocupação do solo. Solos rasos, pedregosos ou de textura arenosa podem intensificar os efeitos da deficiência de água que tendem a apresentar maiores amplitudes térmicas diárias nas camadas superficiais e menores em profundidade. A época de plantio e colheita é outro fator importante a ser observado. Área com cultivo anual, dependendo da época pode apresentar NDVI próximo a zero devido ao preparo do solo (áreas com solos exposto), e logo ao lado índices altos de NDVI por possuir áreas com plantio em pleno desenvolvimento, cobrindo boa parte do solo.

Os valores de Kcb encontrados foram determinados em função do NDVI e sua variabilidade no tempo estão representados na Figura 3. Os mapas gerados se assemelham muito ao da Figura 1 quanto à variação dos valores no decorrer do ano. Portanto o Kcb aumenta à medida que as plantas crescem, correspondendo ao aumento da cobertura do solo e diminui nos períodos de estiagem é onde as culturas se encontram em seu último estágio fenológico. O Kcb também teve baixos valores nas parcelas agrícolas em pousio pois, apesar de não haver culturas nestas parcelas os restos culturais do sistema de plantio direto possuem NDVI > 0,1. Segundo (Allen et al. 1998) o Kc apresenta variabilidade diária com comportamento ascendente nos estágios fenológicos inicial e desenvolvimento, e em seu estágio final o Kc apresenta uma curva descendente. Esse comportamento pode ser verificado na Figura 3, onde o mês de maio de 2013 ocorreram os maiores valores de Kc (próximo a 1) e nos meses seguintes observa-se a redução do valor do Kc, como já explicado acima esse fato acontece justamente na última fase fenológica e posteriormente à colheita, a partir do mês de setembro.

(83) 3322.5222

contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

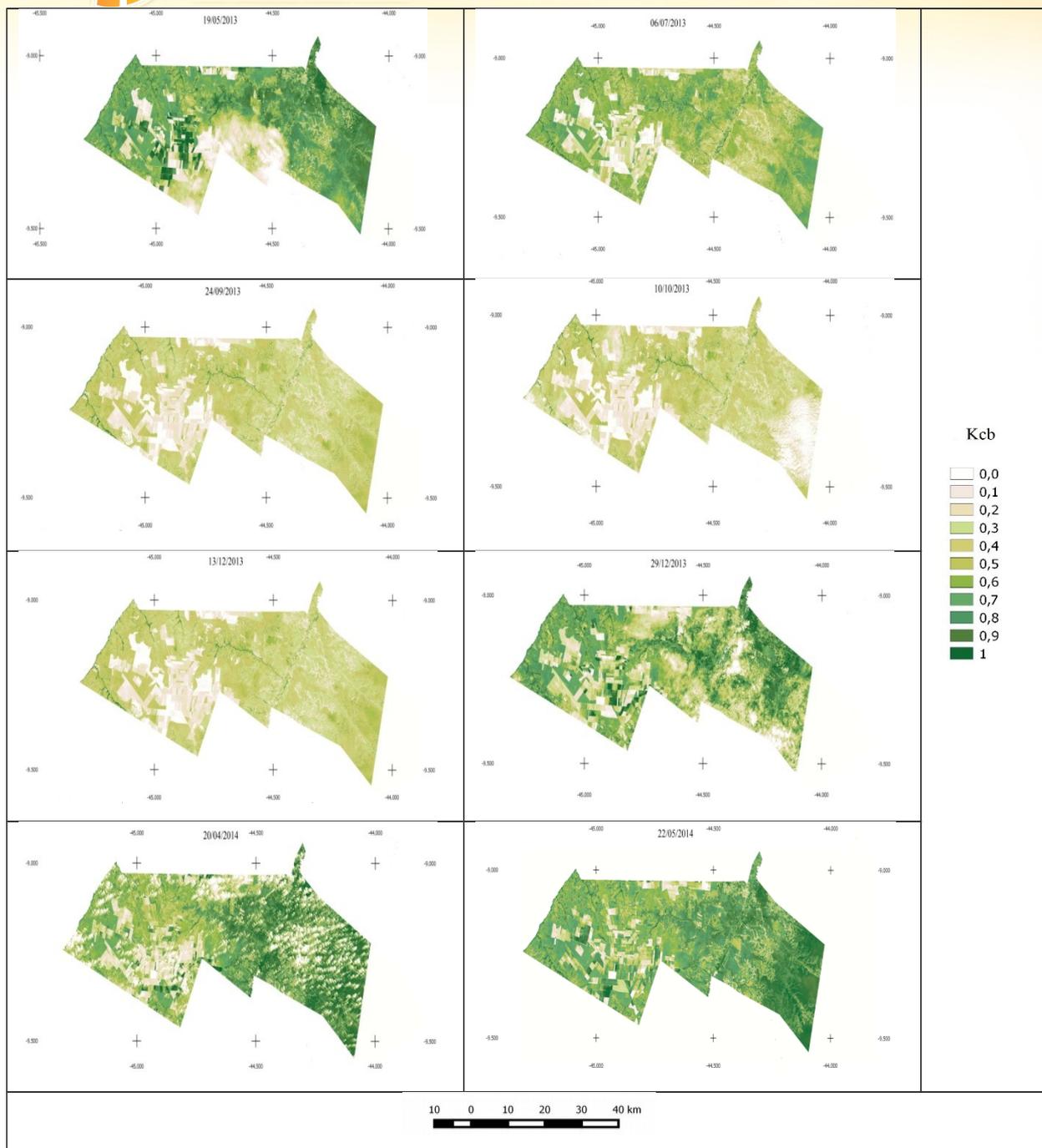


Figura 3. Mapas do Kcb do município de Bom Jesus-PI no período compreendido entre março de 2013 e março de 2014.

## CONCLUSÃO

As gerações de mapas da mudança da cobertura vegetal permitiram uma avaliação temporal e espacial durante a época de estudo admitindo um monitoramento mais aprofundado tanto das áreas agrícolas quanto do município em geral.

Os valores Kcb e NDVI acompanharam o regime pluviométrico da região, onde os maiores valores dos mesmos foram encontrados nos meses que apresentaram os maiores valores de chuva na localidade e os menores valores de NDVI e Kcb foram observados nos meses de maior valor da  $ET_0$ , onde o solo se apresentava mais exposto e as culturas em seus estágios finais fonologicamente, sendo assim os valores de NDVI e Kcb não acompanham o regime da  $ET_0$  mais sim pluviométrico.

O mapeamento e as informações aplicadas e analisadas permitem uma elaboração de estudos bem planejadas do uso da água na região, como potencial de irrigação, quanto de água é utilizado na agricultura, época de maior demanda hídrica, etc.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Cropevapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: UN-FAO, 1998. 300p. (IrrigationandDrainagePaper, 56).

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Classificação Climática do Estado do Piauí**. Série Documentos nº 86. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 86 p.

ARAUJO, M. R. S. Expansão da fronteira agrícola nos cerrados piauienses, (des)territorialização e os desafios para o desenvolvimento territorial: o caso do município de Bom Jesus. Mercator - **Revista de Geografia da UFC**, v.8, 2009, p.144.

ARRAIS, F.D.D.; ANDRADE, E.M. de; SILVA, B.B. da. Dinâmica do balanço de energia sobre o açude Orós e suas adjacências. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 119-127, jan-mar, 2012.

BARBOSA, H. A.; HUETI, A. R; BAETHGEN, W. E.A 20 year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil.**JournalofAridEnvironments**, v. 67, n. 2, p. 288-307, 2006.

BASTIAANSEN, W. G. M; et al. Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: On the use of relationships between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation índices. **Agricultural Water Management**, v.79, p.1-27, 2006.

BEZERRA, B. G. et al. Evapotranspiração real obtida através da relação entre o coeficiente dual de cultura da FAO-56 e o NDVI. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, P. 404-414, 2010.

BEZERRA, B. G.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 03, p. 339-345, 2009.

ER-RAKI, S.; CHEHBOUNI, A.; DUCHEMIN, B. Combining Satellite Remote Sensing Data with the FAO-56 Dual Approach for Water Use Mapping In Irrigated Wheat Fields of a Semi-Arid Region. **Remote Sensing**, v.2, p.375-387, 2010.

GURGEL, H. C.; FERREIRA, N. J.; LUIZ, A. J. B. Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil utilizando-se a análise de agrupamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 85-90, 2003.

HOLBEN, B. N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**. V. 7, n. 11, p. 1417-1434, 1986.

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation índices.(Special Issue). **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.

HUNSAKER, D. J. et al.. Wheat irrigation management using multispectral crop coefficients: I. Crop evapotranspiration prediction. **Transactions of the ASABE**, v 50, p.2017-2033, 2007.

IBGE. Bom Jesus – PI: Lavoura temporária, ano 2012. Disponível em < <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=220190&search=piaui|bom-jesus> > Acessado em 07 de maio de 2014.

INMET. **Normais climatológicas do Brasil 1961-1990**. Disponível em < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> > Acessado em: 07 de maio de 2014.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

RODRIGUES, C.P. **Estudo do fluxo de carbono utilizando geotecnologias**. Dissertação (mestrado e Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro estadual de pesquisas em Sensoriamento Remoto Meteorologia, Porto Alegre, 2010.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation.** NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, USA, 1 – 371, 1974.

Silva, B. B.; Bezerra, M. V. C. Determinação dos fluxos de calor sensível e latente na superfície utilizando imagens TM – Landsat 5. **Revista Brasileira de Agrometeorologia.** v. 14, n. 2, p. 174-186, 2006.

SIMONNEAUX, V. et al.. The use of high-resolution image time series for crop classification and evapotranspiration estimate over an irrigated are in central Morocco. **International Journal of Remote Sensing,** v.29, p.95-116, 2008.

VERONA, J. D. Classificação e Monitoramento Fenológico Foliar da Cobertura Vegetal na Região da Floresta Nacional do Tapajós - Pará, Utilizando Dados Multitemporais do Sensor Thematic Mapper (TM) Do Landsat. São José dos Campos, SP: INPE, 2002. 161 p. **Dissertação de Mestrado (Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais,** 2003.

