

Análise da cobertura de nuvens no nordeste do Brasil e seus impactos no sensoriamento remoto agrícola operacional

Hilton Luís Ferraz da Silveira^{1,2}
Isaque Daniel Rocha Eberhardt³
Ieda Del Arco Sanches²
Lênio Soares Galvão²

¹ Embrapa Solos UEP Recife
Rua Antônio Falcão, 402 Recife, PE - Brasil - CEP 51020-240
hilton.ferraz@embrapa.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{ieda.sanches, lenio.galvao}@inpe.br

³ Universidade de Brasília, *Campus* Universitário Darcy Ribeiro, Pós-graduação em Transportes, Anexo SG-12, 1º andar, CEP 70910-900, Brasília, DF. E-mail: isaquedanielre@hotmail.com

Abstract. For the agricultural sector, the monitoring of crops throughout their development stages is required for many applications, such as the evaluation of their phytosanitary condition and production/yield. In the analysis of optical remote sensing data, cloudiness directly affects the quantity and quality of the images. Clouds or their shadows can cover the surface. In addition, there is also residual scattering effects that can alter the spectral response of the surface detected by the satellite sensors. To address this challenge, this study aims to characterize the cloud cover of the Northeast of Brazil along the year, as well as to discuss the impacts on the agricultural monitoring of the main producing areas of the region. The study area was divided into 6 homogeneous sub-regions in terms of agricultural production and production potential. To calculate the cloud cover, the MOD35 product from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor was used. The analysis was conducted, between July 2000 and June 2016. The resulting images were grouped according to the month of acquisition. For each pixel, the mean and variance of the occurrence of clouds were calculated using the homogeneous distribution of Bernoulli. Based on the set of 12 maps with monthly averages of cloud covering, it was noticed that some regions along the coast and in the northwest of Maranhão State had 80% of cloud cover in great part of the year. Despite the several months without rainfall, cloud cover in the semiarid sub-region was above 40% in the dry season. Finally, in the sub-region known as "Mapitoba", cloud cover was reduced with seasonality to values below 20% in August. In all Northeast of Brazil, cloud cover is greater than 70% between January and April.

Palavras-chave: agricultural monitoring, MOD35 product, semi-arid, MAPITOBA, monitoramento agrícola, MOD35, semiárido, MAPITOBA.

1. Introdução

A região Nordeste do Brasil ocupa uma área em torno 18% do território nacional, abrangendo 14 tipos climáticos, 4 biomas e uma variedade de tipos de solos (IBGE, 2004). Isso causa uma grande heterogeneidade fisiográfica na região, que se reflete de maneira direta em sua agricultura. Na produção agrícola nacional, o Nordeste é responsável por cerca de 87% do melão, 52% do feijão, 40% da batata doce, 39% da mandioca, 35% do abacaxi e do algodão herbáceo, 28% da melancia, 20% da cebola, do sorgo e do tomate, 17% do milho e do arroz, 10% da cana-de-açúcar e 9% da soja (IBGE, 2015).

Para os atores ligados diretamente à produção agrícola, o sensoriamento remoto, juntamente com os sistemas de posicionamento global e os sistemas de informações geográficas, fornece as tecnologias necessárias para maximizar os benefícios econômicos e ambientais de suas propriedades (Seelan et al., 2003).

Entretanto, o tipo de aplicação (p. ex., mapeamento de área, estimativa de produtividade, detecção de mudanças de uso, intensidade de uso do solo, época de semeadura de cultivos, época de preparo dos solos, e etc), o tamanho das áreas agrícolas, a disponibilidade de imagens adequadas às características do tipo de alvo em estudo, a frequência de disponibilidade destas imagens, entre outras questões, ditarão as características a serem utilizadas em cada caso. A iniciativa *Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring* (GEOGLAM) norteou alguns dos atributos dos satélites de observação da Terra para o mapeamento da atividade agrícola mundial, que incluem resolução espacial, tempo de revisita e banda espectral de operação (GEOGLAM, 2013). Outro atributo importante é a frequência de aquisição de imagens livres de nuvens com uma frequência tal que possa proporcionar um mínimo de 3 e 2 imagens durante e fora do ciclo de desenvolvimento da cultura, respectivamente (GEOGLAM, 2013).

No sensoriamento remoto óptico, a cobertura de nuvens afeta diretamente a quantidade e a qualidade das imagens. Pode haver o encobrimento do alvo pela própria nuvem ou por sua sombra. Isso afeta a resposta espectral da superfície vista pelos sensores. Segundo Lorenzetti (2015), o espalhamento atmosférico faz com que a radiação medida pelo satélite no campo instantâneo de visada do sensor passe a conter um componente difuso, que vem diretamente da atmosfera ou que pode ser proveniente de fora do pixel em observação, entrando na direção da visada. Além disso, Pfister et al. (2003) afirmam que nuvens do mesmo tipo atenuam a radiação em diferentes quantidades por causa das variações nas suas características macrofísicas (p. ex., tamanho e geometria) e microfísicas (espessura óptica, teor de água líquida ou distribuição do tamanho das partículas).

Diversas técnicas foram desenvolvidas ao longo dos anos para caracterizar e quantificar as nuvens nas imagens orbitais com os mais diversos objetivos (Mckenzie et al., 1998; Irish, 2000; Pfister et al., 2003; Ackerman et al., 2006). No sensoriamento remoto agrícola, destacam-se os trabalhos de Whitcraft et al. (2015) e Eberhardt et al. (2016) que indicaram as dificuldades da aquisição dos dados, em função da cobertura de sistemas sensores, do calendário agrícola ou do formato de monitoramento a ser aplicado. Em casos onde a cobertura de nuvens é persistente ao longo da época que se pretende realizar o monitoramento, faz-se necessário encontrar alternativas para o sensoriamento remoto óptico orbital, como por exemplo, o uso de radares e de sensores embarcados em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) (Hassain et al., 2010).

Diante deste desafio, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a cobertura de nuvens para o Nordeste do Brasil nos doze meses do ano, bem como discutir os impactos para o monitoramento agrícola das principais áreas produtoras da região.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

Foi definida como área de estudo a Região Nordeste do Brasil (Figura 1), com área territorial de 1.554.291,313 km². Essa região é delimitada pelos meridianos 34° 47' 06" W e 48° 45' 18" W e pelos paralelos 1° 02' 41" S e 18° 20' 56" S. A área de estudo foi dividida em 6 sub-regiões homogêneas em termos de produção agrícola e potencial produtivo (Figura 1b). A região I reúne o território nordestino da área que ficou conhecida por Mapitoba, uma junção das siglas estaduais de Maranhão, Piauí, Tocantins (retirado do estudo por pertencer a região Norte) e Bahia. Tem como característica o forte desenvolvimento agrícola, apoiado por solos com potencial preferencial para as culturas da soja, algodão, sorgo, feijão, mandioca, cana-de-açúcar, citrus, abacaxi, caju, mamona e sisal no manejo C, que corresponde ao nível de alta tecnologia (Silva et al. 2000; Lumbreras et al., 2015). Desta forma, há a grande possibilidade desta região se converter a uma agricultura altamente tecnológica com o emprego massivo de

mecanização e insumos, passando a agregar propriedades em torno ou de cooperativas ou de grandes companhias agrícolas de maneira análoga ao processo ocorrido na Região Centro-Oeste do país.

No noroeste da Região Nordeste, próximo ao litoral do Maranhão, foi definida a região II, constituída majoritariamente pela unidade geoambiental baixada maranhense. Segundo Silva et al. (2000), predominam nessa unidade as grandes propriedades. O sistema agrário é o de pecuária extensiva (bovinocultura de corte e caprinocultura), com atividades agrícolas limitadas, sendo os produtos agrícolas mais importantes: milho, feijão, arroz e mandioca. Existe também nessa área, o extrativismo de coco e de babaçu.

A sub-região III corresponde ao semiárido delimitado pela Lei Federal nº 7 827, de 27 de setembro de 1989 que substituiu, o anteriormente denominado, polígono das secas (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005). Dominada principalmente pela depressão sertaneja, o sistema agrário é baseado na pecuária/agricultura tradicional integrada (Silva, et al., 2000). Nas zonas mais favoráveis, sobretudo no agreste, desenvolve-se uma agricultura diversificada ao lado da bovinocultura. Nas zonas mais desfavorecidas, aparece a caprinocultura-ovinocultura (Silva, et al. (2000).

Internamente à sub-região III, foi delimitada a sub-região IV por se tratar de áreas com clima semiárido, mas com bom potencial para irrigação (classe 2). São caracterizadas como áreas de solo profundo, de textura média a argilosa, bem drenados, tendo como principal restrição a fertilidade natural, ocorrendo em superfícies geomorfológicas aplainadas (Cavalcanti, et al., 1994). Os municípios de Petrolina e Santa Maria, em Pernambuco, são exemplos na produção de fruticultura irrigada de elevado padrão comercial e altamente tecnológica. Esses requisitos são importantes para o acesso dos produtores ao mercado internacional (Souza e Amato Neto, 2003). Também foram incorporadas a esta sub-região os municípios do litoral cearense não enquadrados como semiáridos, uma vez que, embora possuam aptidão para a irrigação piores (classe 3), o potencial de água de superfície é muito alto nestes municípios, com rios desaguando em estuários e formando um sistema bastante intrincado de circulação da água (Silva et al. 2000).

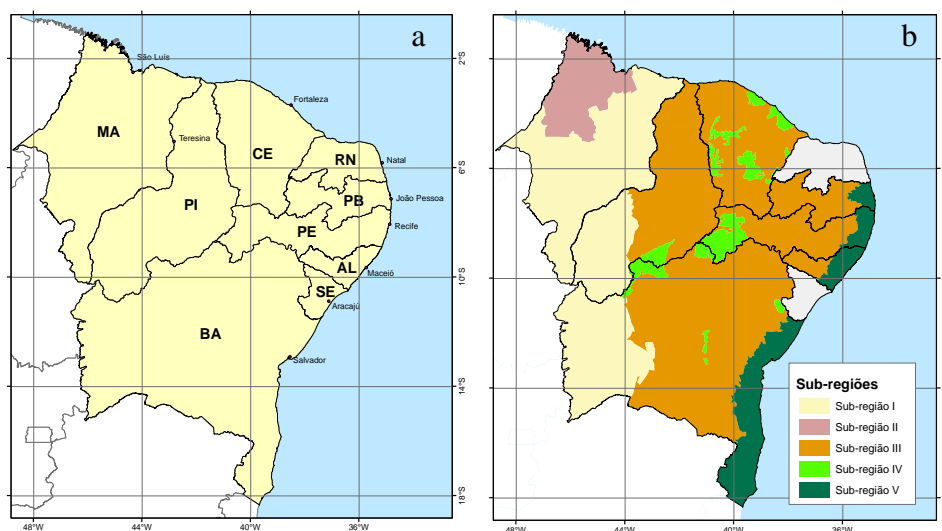


Figura 1. Área de estudo com: a) sua divisão política e capitais, e; b) sub-regiões adotadas neste estudo.

Por fim, na região litorânea encontra-se a sub-região V, indo do sul da Bahia até o nordeste do estado do Rio Grande do Norte. Nas áreas ocupadas pelos tabuleiros costeiros, há o

predomínio da cana-de-açúcar. Em áreas de tabuleiros erodidos, existe a produção de fruticultura, bovino leiteiro e de corte. No sul do estado da Bahia, além da pecuária, destaca-se a produção de cacau (Silva et al., 2000).

2.2 Cobertura de nuvens

Para o cálculo da cobertura de nuvens foi utilizado o produto MOD35, gerado a partir de 22 das 36 bandas do *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) com resolução espacial igual a 1km, separado nas seguintes classes: nublado, céu aberto incerto, provavelmente claro e certamente claro, com intervalos de confianças de < 60%, entre 60% e 95%, entre 95% e 99% e, > 99%, respectivamente (Ackerman et al. 2006). O sensor MODIS adquire imagens duas vezes ao dia, por meio dos satélites Terra e Aqua. Pela maior proximidade com o horário de passagem dos demais satélites ópticos, somente as imagens do satélite Terra foram adquiridas, em cenas diárias para uma série histórica de 16 anos, iniciando em julho de 2000 e finalizando em junho de 2016.

Para se extrair os dados de cobertura de nuvens, é necessária a correção utilizando-se os dados auxiliares presentes no produto MOD03 (Ackerman et al. 2006). A reprojeção dos dados e a extração do formato *Hierarchical Data Format* (HDF) para o *Tagged Image File Format* (TIFF) é feito por meio da ferramenta *MODIS Reprojection Tool Swath*. A fim de automatizar o processo, foi utilizado o pacote *modisccloud* do software estatístico R, desenvolvido por Matzke (2016) e adaptado por Eberhardt (2016). Posteriormente, os dados foram reclassificados em um formato binário, onde 0 representava o céu claro, reunindo as classes provavelmente claro e certamente claro, e; 1 representava o céu nublado, junção das classes nublado e céu aberto incerto.

As imagens, foram agrupadas de acordo com o mês de pertencimento e, para cada pixel (variável aleatória X), a esperança (E) da ocorrência de nuvens foi calculada utilizando a distribuição homogênea de Bernoulli, por meio da equação 1.

$$E[X_n] = p \quad (1)$$

3. Resultados e discussão

Os resultados das médias mensais obtidas para cada sub-região são mostrados na Figura 2. De maneira geral, nas porções centrais da região, há uma melhora nas condições de aquisição de dados entre junho e setembro. Nas áreas próximas do litoral leste, e na porção noroeste da região, ocorre uma cobertura persistente de nuvens com valores em torno de 80% durante todo o ano. Tal fenômeno pode ser explicado pela configuração dos ventos e do relevo, que favorece o constante envio de umidade do oceano para o continente, com um significativo avanço da cobertura de nuvens no entorno do vale do São Francisco até a porção final do Estado de Pernambuco. Ao estudarem as dinâmicas de precipitação nos estados nordestinos, diversos autores, como Molion e Bernardo (2002), Pereira (2013) e Diniz e Pereira (2015), encontraram conformação semelhante na distribuição da precipitação. Molion e Bernardo (2002) explicam ainda que a região costeira estaria sob influência da maior atividade de circulação de brisa que transfere bandas de nebulosidade para o continente.

Sub-região I: A porção sul (oeste da Bahia) apresenta uma configuração melhor (menor cobertura de nuvens) em comparação ao norte (Maranhão). Lumbreras et al. (2015), ao estudar a aptidão climática das áreas do Matopiba, encontraram na distribuição espacial uma redução nos índices de umidade em direção sul. Há uma elevada incidência de nuvens entre setembro e junho (Figura 3), dificultando o monitoramento da soja, do amendoim, do arroz e do milho primeira safra, desde o plantio até a colheita que são cultivados justamente neste período para usufruir da chuva disponível. Nos meses entre junho e setembro, se estabelece a melhor época

para a aquisição de dados livres de nuvens. Embora não coincida com o principal período produtivo, é possível acompanhar com relativa facilidade a colheita do algodão e o desenvolvimento e a colheita do milho safrinha, além da agricultura irrigada que por ventura se desenvolva na região.

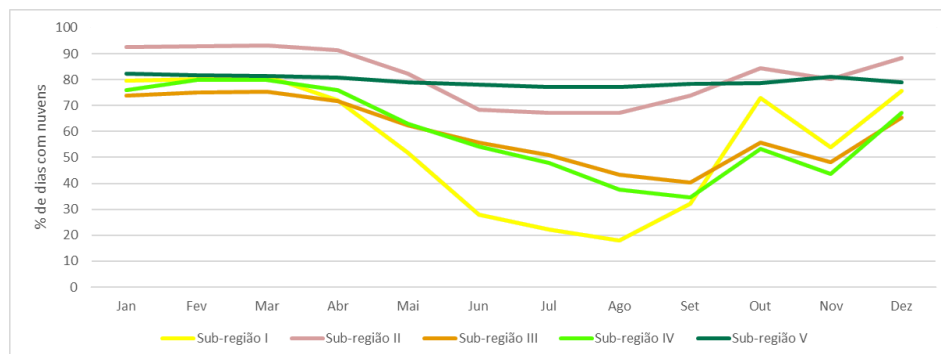


Figura 2. Gráfico com as médias encontradas para cada sub-região ao longo do ano.

Sub-região II: A constante presença de nuvens, ao longo de todo o ano, é resultado da influência do regime climático marítimo, aliado ao fator orográfico dos divisores de água dos rios Pindaré e Gurupi (Jacomine et al., 1986). Isso dificulta bastante a aquisição de imagens orbitais no período de cultivo do arroz, feijão, milho e mandioca, que são os principais produtos agrícolas da região. Tal cobertura nebulosa também dificulta o monitoramento das pastagens, classe de uso predominante na região. O melhor cenário ocorre entre junho e agosto (Figura 3), mas ainda assim, com médias de cobertura de nuvens em torno de 70%.

Sub-região III: É marcada pela heterogeneidade na cobertura de nuvens. As taxas de céu claro vão aumentando a partir de maio no sentido oeste-leste até setembro (Figura 3), época de melhor possibilidade para a aquisição de dados de sensoriamento remoto. A partir de outubro, a nebulosidade vai aumentando, encobrindo por último a porção oeste dos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba Pernambuco e Alagoas, na divisa com o rio São Francisco. Na região existe predominância da pecuária, além de agricultura de subsistência, de pequeno tamanho e de configuração caótica, o que dificulta bastante o monitoramento desta área por sensoriamento remoto. Nas porções do sudeste baiano, contornando os altos da Chapada Diamantina, e a serra do Tombador até a porção mais oeste do Estado de Pernambuco, encontramos uma área com uma maior incidência de nebulosidade, causada principalmente pela conformação dos ventos que avançam do oceano até as barreiras orográficas. Esta configuração local na distribuição das nuvens dificulta a observação de áreas agrícolas importantes como de Arapiraca (AL).

Sub-região IV: Região de elevado potencial para irrigação, com uma agricultura irrigada bastante desenvolvida instalada na maior parte da área. Na porção mais oeste, próximo ao parque Nacional Serra das Confusões, na divisa entre os estados de Piauí e Bahia, encontramos a primeira área de alto potencial e com menor incidência de nuvens entre maio, e outubro (Figura 3). Ao norte, próximo aos litorais dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, é possível acompanhar o estágio final de desenvolvimento e colheita do abacaxi, melão, melancia, banana e coco, realizado no fim de agosto e por todo setembro, quando as coberturas de nuvens são inferiores a 40%. É possível acompanhar com uma boa quantidade de imagens o desenvolvimento e a colheita (realizada em outubro) do caju. Na região de Petrolina (PE), outro polo fruticultor importante inserido nessa sub-região, o acompanhamento da colheita das culturas do umbu (em janeiro) e da goiaba (dezembro e junho) é dificultado pela alta incidência de nuvens.

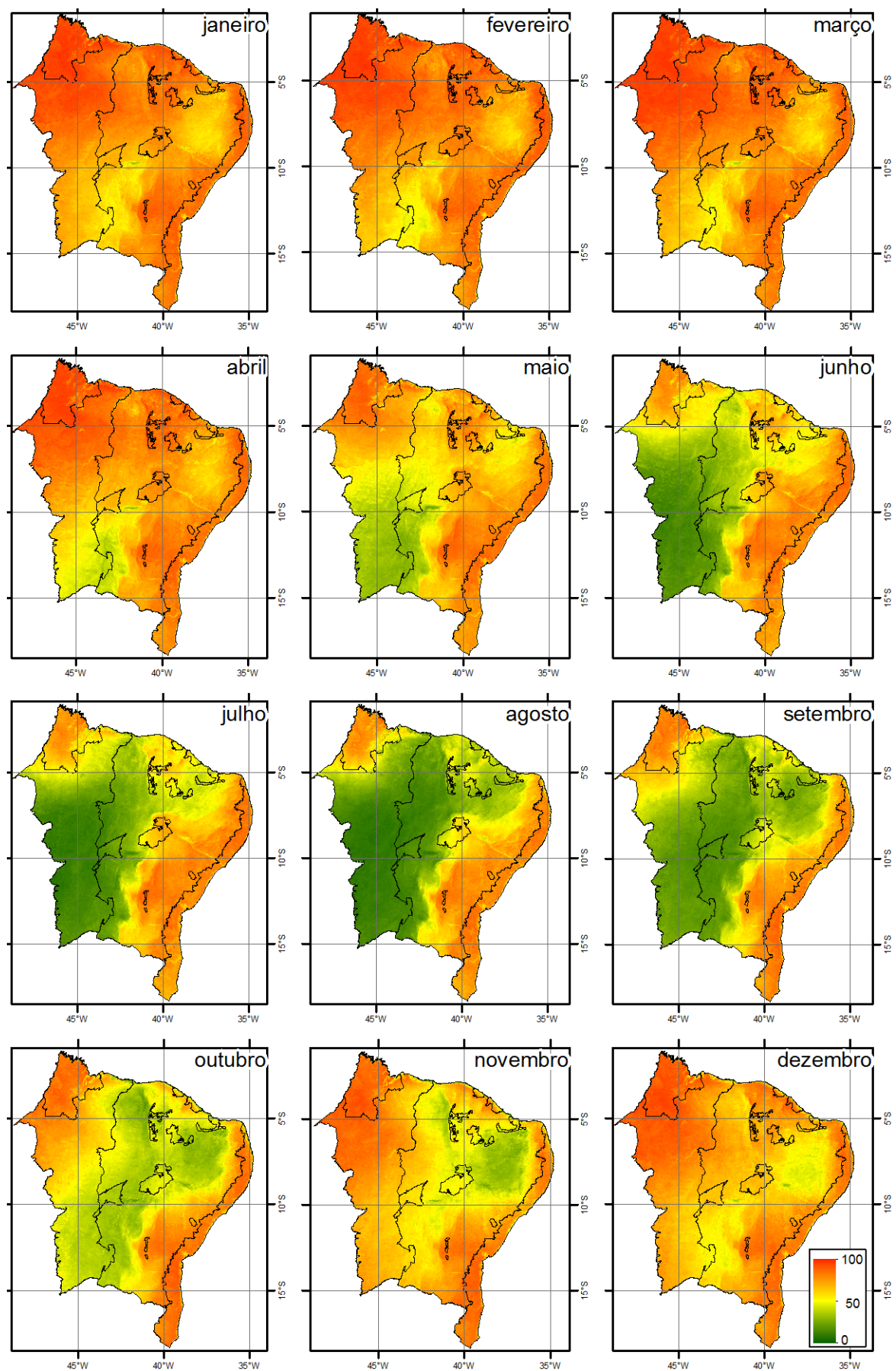


Figura 3. Médias mensais de número de dias (julho 2000 a junho 2016) de porcentagem de cobertura de nuvens.

Sub-região V: O litoral nordestino é coberto por uma nebulosidade constante em torno dos 80%. Portanto, o monitoramento via sensoriamento remoto óptico da cultura da cana-de-açúcar e do cacau no sul da Bahia é bastante dificultado (Rudorff et al., 2005).

Cabe ainda ressaltar que em nenhuma das Sub-regiões foi possível verificar uma sequência de pelo menos 3 meses sem a presença de nuvens em sua integralidade de área, o que seria necessário para que seja possível o mapeamento por completo de um cultivo que ocorresse no período em questão. Isso é concordante com estudos anteriores (Withcraft et al., 2013; Eberhardt et al., 2016). Adicionalmente, mesmo nas condições de um clima semiárido, existe presença de nuvens capaz de dificultar a operacionalização de sistemas de monitoramento de cultivos por meio de sensoriamento remoto óptico com métodos de mapeamento tradicional, fazendo jus ao uso de métodos alternativos de abordagem, como os propostos em outros trabalhos (Boschetti et al, 2016; Stehman, 2001).

4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que a alta frequência de cobertura de nuvens no nordeste do Brasil dificulta bastante a aquisição de dados de sensoriamento remoto óptico para serem empregados no monitoramento agrícola nas principais áreas produtoras dessa região. Considerando a região como um todo, conclui-se que os meses mais favoráveis para a aquisição de dados ópticos são julho, agosto e setembro. A cobertura de nuvens é geograficamente localizada e determinada pelas condições de umidade, vento e relevo. Nas regiões de persistente cobertura de nuvens, como no caso do litoral, onde é cultivada a cana-de-açúcar, ou no semiárido, onde predomina a pequena agricultura, alternativas devem ser avaliadas, como o uso de sensores ativos (radares), veículos aéreos não-tripulados (VANTs) ou satélites em órbita equatorial, capazes de adquirir várias imagens ópticas ao longo de um mesmo dia.

5. Referências

- Ackerman, S.; Strabala, K.; Menzel, P.; Frey, R.; Moeller, C.; Gumley, L.; Baum, B.; Seemann, S. W.; Zhang, H.; **Discriminating clear-sky from cloud with MODIS**. Algorithm theoretical basis document (MOD35) Hampton, 2006. Disponível em: <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/_docs/MOD35:MYD35_ATBD_C005.pdf> Acesso em 20 Ago 2016.
- Cavalcanti, A. C.; Ribeiro, M. R.; Araújo Filho, J. C.; Silva, F. B. R. **Avaliação do potencial das terras para irrigação do nordeste**. Para compatibilização com os recursos hídricos. Brasília: Embrapa-SPI, 1994
- Eberhardt, I.; Schultz, B.; Rizzi, R.; Sanches, I. D.; Formaggio, A. R.; Atzberger, Mello, C.; M. P.; Immitzer, M.; Trabaquini, K.; Foschiera, W.; Luiz, A. J. B.; Cloud Cover Assessment for Operational Crop Monitoring Systems in Tropical Areas. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 8, n. 3, p.219-232, 8 mar. 2016. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs8030219>.
- Diniz, M. T. M.; Pereira, V. H. C. Climatologia do Estado Do Rio Grande Do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, [s.l.], v. 35, n. 3, p.1-19, 1 dez. 2015. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/bgg.v35i3.38839>.
- GEOGLAM, **CEOS acquisition strategy for GEOGLAM phase 1**. Committee on Earth Observation Satellites. Acesso em: 01 set 2016. Disponível em: < http://ceos.org/document_management/Meetings/Plenary/27/25-CEOS_Acquisition_Strategy_for_GEOGLAM_Phase-1_v1-0.pdf>, 2013
- Goldsmith, G. R.; Matzke, N. J.; Dawson, T. E. The incidence and implications of clouds for cloud forest plant water relations. **Ecology Letters**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.307-314, 6 dez. 2012. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1111/ele.12039>.

Hassan, F. M.; Lim, H. S.; Matjafri, M. Z.; Othman, N.; An Assessment of Low-Cost Cropcam UAV Images for Land Cover/Use over Penang Island, Malaysia. **Aip Conf. Proc.**, [s.l.], p.23-26, 2010. AIP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1063/1.3469646>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapa de biomas do Brasil**: primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Escala 1: 5 000 000

Irish, R. R. Landsat 7 automatic cloud cover assessment. **Proceedings of Society for Optical Engineering**, Volume 4049, 2000, Pages 348-355

Jacomine, P. K. T.; Cavalcanti, A. C.; Pessoa, S. C. P.; Burgos, N.; Medeiros, L. A. R.; Lopes, O. F.; Melo Filho, H. F. R.; Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Maranhão. Boletim de pesquisa, 35; SUDENE-DRN. Recursos de solos, 17. 1986

Lorenzetti, J. A. **Princípios físicos do sensoriamento remoto**. São Paulo: Blucher, 2015. 293p

Lumbreras, J. F.; Carvalho Filho, A.; Motta, P. E. F.; Barros, A. H. C.; Aglio, M. L. D.; Dart, R. O.; Silveira, H. L. F.; Quartaroli, C. F.; Almeida, R. E. M.; Freitas, P. L; Aptidão Agrícola das Terras do Matopiba. **Documentos** nº 179, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015 Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/134012/1/DOC-179-Matopiba.pdf>> Acesso em: 25 Ago 2016.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, Relatório final. Grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas. Brasília: MIN, 2005. Disponível em: < http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB1839.pdf > Acesso em: 25 Ago 2016.

Molion, L. C. B.; Bernardo, S. O.; Uma revisão da dinamica das chuvas no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia. Vol. 17, n.1.Junho / 2002 - Páginas: 1-10

PEREIRA, Thiago. Influência do relevo na precipitação das regiões hidrográficas do litoral norte de Alagoas. **Geosp: Espaço e Tempo (Online)**, [s.l.], n. 33, p.239-253, 30 abr. 2013. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2013.74314>.

Pfister, G.; Mckenzie, R. L.; Liley, J. B.; Thomas, A.; Forgan, B. W.; Long, C. N.; Cloud Coverage Based on All-Sky Imaging and Its Impact on Surface Solar Irradiance. *Journal Of Applied Meteorology*, [s.l.], v. 42, n. 10, p.1421-1434, out. 2003. **American Meteorological Society**. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450\(2003\)042%3C1421:CCBOAI%3E2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(2003)042%3C1421:CCBOAI%3E2.0.CO;2).

Seelan, S. K; Laguette, S.; Casady, K. G. M.; Seielstad, G. A.; Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. **Remote Sensing Of Environment**, [s.l.], v. 88, n. 1-2, p.157-169, nov. 2003. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.007>.

Silva, F. B. R. E; Santos, J. C. P. Dos; Souza Neto, N. C. De; Silva, A. B. Da; Riche, G. R.; Tonneau, J. P.; Correia, R. C.; Brito, L.T. De L.; Silva, F. H. B. B. Da; Souza, L. De G. M. C.; Silva, C. P. Da; Leite, A. P.; Oliveira Neto, M. B. De. Zoneamento agroecológico do nordeste do Brasil: diagnóstico e prognóstico. **Documentos**, nº 14, Recife: Embrapa Solos. 2000 CD-ROM

Souza, R De C.; Amato Neto, J. The entry of Brazilian fresh fruit small and medium producers into the global market. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 3, p. 521-538, 2010

Whitcraft, A.; Becker-Reshef, I.; Killough, B. D.; Justice, C. O.; Meeting Earth Observation Requirements for Global Agricultural Monitoring: An Evaluation of the Revisit Capabilities of Current and Planned Moderate Resolution Optical Earth Observing Missions. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 7, n. 2, p.1482-1503, 29 jan. 2015. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/rs70201482>.