

Utilização da sobreposição de órbitas adjacentes do Landsat 8 como incremento de resolução temporal para o estudo de ocorrência de nuvens

Rennan de Freitas Bezerra Marujo ¹
Hugo do Nascimento Bendini ¹
Cesare Di Girolamo Neto ¹
Kleber Trabaquini ¹
Ieda Del Arco Sanches ¹
Isaque Daniel Rocha Eberhardt ¹
Maurício Alves Moreira ¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{rennan, hbendini, cesare, kleber, ieda, isaque, mauricio}@dsr.inpe.br

Abstract. Optical remote sensing is considered one of the best ways to elaborate land use and land cover maps. Clouds are the bigger problem that can occur during the image acquisition if it is going to be used for mapping. This derailing happens because of the high reflection of clouds that unfeasible the surface detection. This paper evaluates the improvement provided by increasing the temporal resolution, through overlapping image areas from two different orbits, to collect points in order to use them in the developing of land cover and land use maps. The study area was the municipality of Sumaré-SP, located in two Landsat 8 orbits (orbit 219 and 220). 40 images were used to comprise the period between August 2013 and July 2014 (19 from first orbit and 21 from the second orbit), in which were done 80 sweepstakes of 100 points to cloud contabilization. The proportion of clouds remained the same (33%) using one orbit (16 days image interval) or both (8 days image interval), meanwhile the free cloud points using the two orbits doubled. When collecting points in the Landsat 8 overlap orbit area, it is recommended the use of both orbits because there will be more cloud free points to surface identification.

Palavras-chave: remote sensing, temporal resolution, cloud detection, sensoriamento remoto, resolução temporal, detecção de nuvens.

1. Introdução

Além de resolução espacial, espectral e radiométrica, o conceito de resolução temporal é também importante em um sistema de sensoriamento remoto. O período de revisita de um sensor de satélite normalmente é de vários dias. Então, a resolução temporal absoluta de um sistema de sensoriamento remoto imageador é igual ao período entre a primeira e a segunda tomada de imagem da mesma área com o mesmo ângulo. Para Jensen (2011) a resolução temporal de um sistema sensor se refere o tempo necessário para que o sensor possa registrar duas imagens de uma mesma área em particular.

Fazendo uso de sensores remotos, uma das maiores dificuldades encontradas é a coleta de dados com séries temporais frequentes, para serem utilizados como parâmetro de avaliação em processos de classificação (JIA et al., 2014), uma vez que o sensoriamento remoto óptico é vulnerável à presença de nuvens, que impedem ou dificultam a observação dos alvos terrestres (COSTA e FOLEY, 1998).

Segundo Goward et al. (2001), as imagens do satélite Landsat (No caso particular dos sistemas sensores da série Landsat-5, 7 e 8) são adequadas para o desenvolvimento de sistemas de classificação e interpretação, devido à sua resolução espacial de 30 metros e resolução temporal de 16 dias. Para culturas perenes, como a cana-de-açúcar, esse mapeamento é possível, como realizado no projeto Canasat (RUDORFF et al., 2007), o qual monitora a área e expansão desta cultura no estado de São Paulo e outros estados produtores. No entanto, Rudorff e Sugawara (2007) e Sugawara et al. (2008) relataram que para imagens com esta resolução temporal a ocorrência de nuvens, principalmente em imagens de do período de verão, época das chuvas, pode inviabilizar a estimativa de área cultivada e o

monitoramento de culturas de ciclo curto e cultivada nesta época (como a soja e o milho), pois a chance de obter imagens livres de nuvens é bastante reduzida. Geralmente quando a presença de nuvem inviabiliza a observação de pontos, caso haja dados de seres temporais, modelos de regressão podem ser utilizados para inferir a classe desses pontos (HEIMER e RUEFANACHT, 2012).

A dificuldade de obter pontos ausentes de nuvens pode ser contornada aumentando a resolução temporal. Para isso uma das opções é utilizar imagens de diferentes sensores obtidas em diferentes datas, porém é necessário avaliar se as diferentes características dos satélites em uso afetarão o estudo (WULDER et al., 2008). Segundo Dorigo et al. (2007), outra opção seria utilizar satélites que participem de uma constelação ou que possam alterar sua visada, como é o caso da constelação de satélites *RapidEye* (FELIX et al., 2009). Uma terceira opção seria utilizar as imagens de sensores de alta resolução temporal, como o MODIS, no entanto, esse sensor possui baixa resolução espacial (250 metros). Outra desvantagem de seu uso está relacionada com a visada do sensor, pois os pixels centrais das imagens MODIS representam uma área menor que os pixels de borda, que chegam a representar áreas duas vezes maiores (ANDERSON et al., 2003), enquanto que ao fazer uso de um sensor a bordo do satélite Landsat as imagens apresentarão pixels com tamanhos mais constantes também obtidos por visada Nadir.

Vários trabalhos na literatura abordaram o assunto sobre a ocorrência de nuvens: Asner (2001) fez um levantamento da distribuição espacial de nuvens na Amazônia brasileira utilizando imagens Landsat TM; Sano et al. (2007) analisaram a ocorrência de nuvens no Cerrado, mensalmente, com base em imagens Landsat, por estação e por evento de El niño; Ju e Roy (2008) fizeram o mesmo tipo de levantamento tendo como estudo uma série temporal de três anos de imagens Landsat dos Estados Unidos, concluindo ser necessário a investigação de métodos que incrementassem a resolução temporal. Os mesmos autores concluíram que o período com maior ocorrência de nuvens é o verão, sendo assim essa estação é a mais difícil para obter imagens livres de nuvens. Outros trabalhos usando dados de alta resolução temporal corroboram com esta assertiva (KING et al., 2013; STENGEL et al., 2013; STUBENRAUCH et al., 2013).

A ocorrência de nuvens em imagens de satélite é amplamente discutida, porém não foi encontrado na literatura casos que utilizassem duas cenas de um mesmo sensor para incrementar a resolução temporal e quantificar a melhora proporcionada por essa revisita. Essa abordagem depende principalmente da localização da área de estudo e de sua extensão física em relação à área de sobreposição das cenas obtidas pelo sensor, podendo ser aplicada a qualquer região que atenda esses requisitos.

Devido à curvatura da Terra, as órbitas dos satélites apresentam uma área de sobreposição que cresce à medida que a latitude cresce. Essa sobreposição pode ser utilizada de modo a obter imagens mais frequentes de áreas sobrepostas.

Diante do contexto descrito anteriormente, este trabalho tem como objetivo quantificar a ocorrência de pontos livres da presença de nuvens, no município de Sumaré-SP, através de uma série temporal de 40 imagens, entre o período de Agosto de 2013 até Julho de 2014, bem como avaliar a melhora proporcionada na coleta de pontos livres de nuvem ao se utilizar imagens provenientes de duas orbitas adjacentes e com sobreposição.

2. Área de Estudo

A área de estudo selecionada foi o município de Sumaré, localizado no centro-leste do Estado de São Paulo (Figura 1), entre a latitude 22° 49' 18"Sul e a longitude 47° 15' 59" Oeste. Situado a 562 metros de altitude e apresentando uma topografia suavemente ondulada, a atividade predominante no município é a agricultura, principalmente com as culturas de

cana-de-açúcar (25%) e milho, além da ocorrência de soja, tomate e batata (IPPOLITI et al., 1998).



Figura 1 - Localização geográfica da área de estudo. Fonte: Adaptado de mapas do Google.

3. Materiais e Métodos

A área de estudo encontra-se presente em duas cenas adjacentes do satélite Landsat 8, nas órbitas 219 e 220, ponto 76, como ilustrado na Figura 2. Para esse estudo foram utilizadas 40 imagens Landsat 8, entre 23 de Agosto de 2013 e 09 de Julho de 2014, referentes a passagens consecutivas sobre a região, 19 pertencentes à órbita 219 e 21 pertencentes à órbita 220. Por ser uma área de sobreposição de cenas, a resolução temporal foi melhorada para aproximadamente oito dias. Das imagens selecionadas, foram utilizados os bits 15 e 16 da banda de avaliação de qualidade, responsáveis pela detecção de nuvens na imagem (U.S Geological Service - USGS).

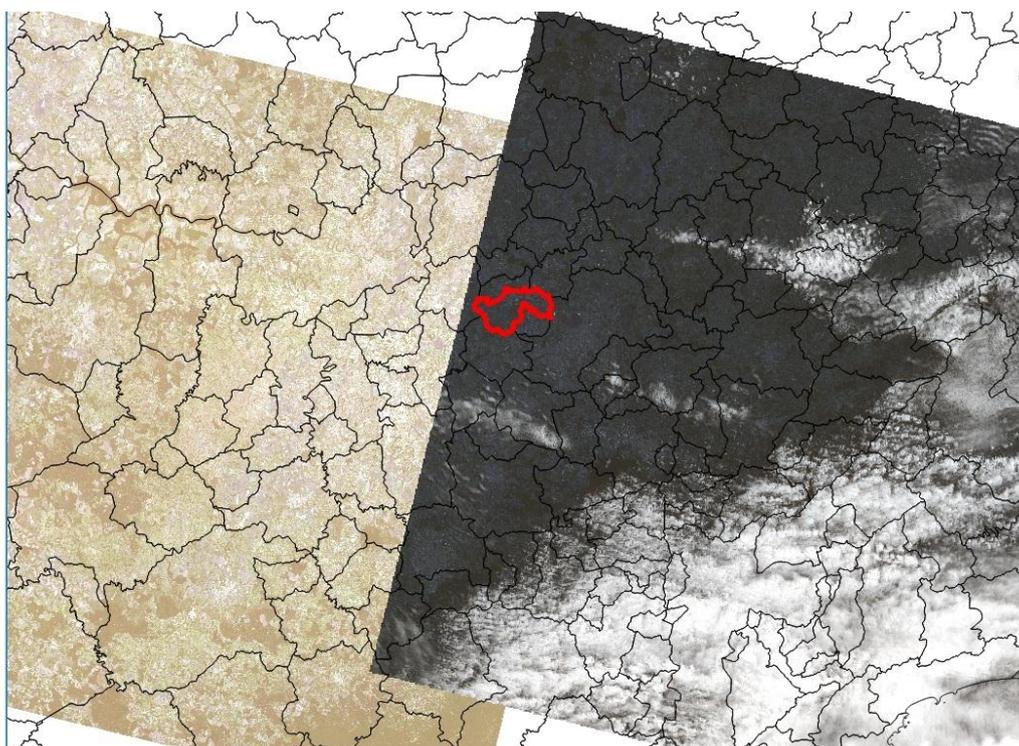


Figura 2 - Sobreposição das órbitas 219 e 220, ponto 76, do satélite Landsat 8 na região do município de Sumaré-SP. Fonte: <http://earthexplorer.usgs.gov/>.

Por meio do software R (R Development Core Team, 2014) foi utilizado um script para o processamento das imagens. Inicialmente cada imagem foi utilizada para computar a frequência de ocorrência de nuvens. Fazendo uso de uma máscara da área de estudo (município de Sumaré-SP) foram realizados 80 sorteios de 100 pontos aleatórios. Os pontos sorteados foram avaliados com base nos bits 15 e 16 da banda de avaliação de qualidade, em caso de valor 0 os pontos estavam localizados fora da máscara de área de estudo, valores 01 significam ponto com ausência de nuvem e valores 10 e 11 significavam presença de nuvem (USGS, 2013).

Para cada sorteio realizado a ocorrência de nuvens foi contabilizada e armazenada em arquivo texto. Também para cada sorteio realizado foram gerados os arquivos de extensão shape para eventuais conferências de pontos. Após a verificação de nuvens nos pontos sorteados, foi realizada a quantificação das ocorrências considerando apenas uma passagem, sobre a órbita 219 (referente à resolução temporal de 16 dias) e considerando duas passagens, sobre as órbitas 219 e 220 (equivalente a resolução temporal de 8 dias). Posteriormente, com base nas 40 imagens analisadas, foram criados conjuntos de quatro imagens consecutivas considerando as 40 imagens (duas de cada órbita), referentes a um mês de aquisição de imagens, para verificar quais são os períodos com maior incidência de nuvens. A Figura 3 ilustra a metodologia utilizada.

A contabilização estatística dos pontos aproveitáveis (livres de nuvens) com uma e duas órbitas visa avaliar a melhora proporcionada pelo aumento da resolução temporal na observação dos pontos aleatorizados que visem à classificação de uso e ocupação da terra, assim como detectar os períodos com maior dificuldade de mapeamento por imagens de sensores ópticos, devido à presença de nuvens.

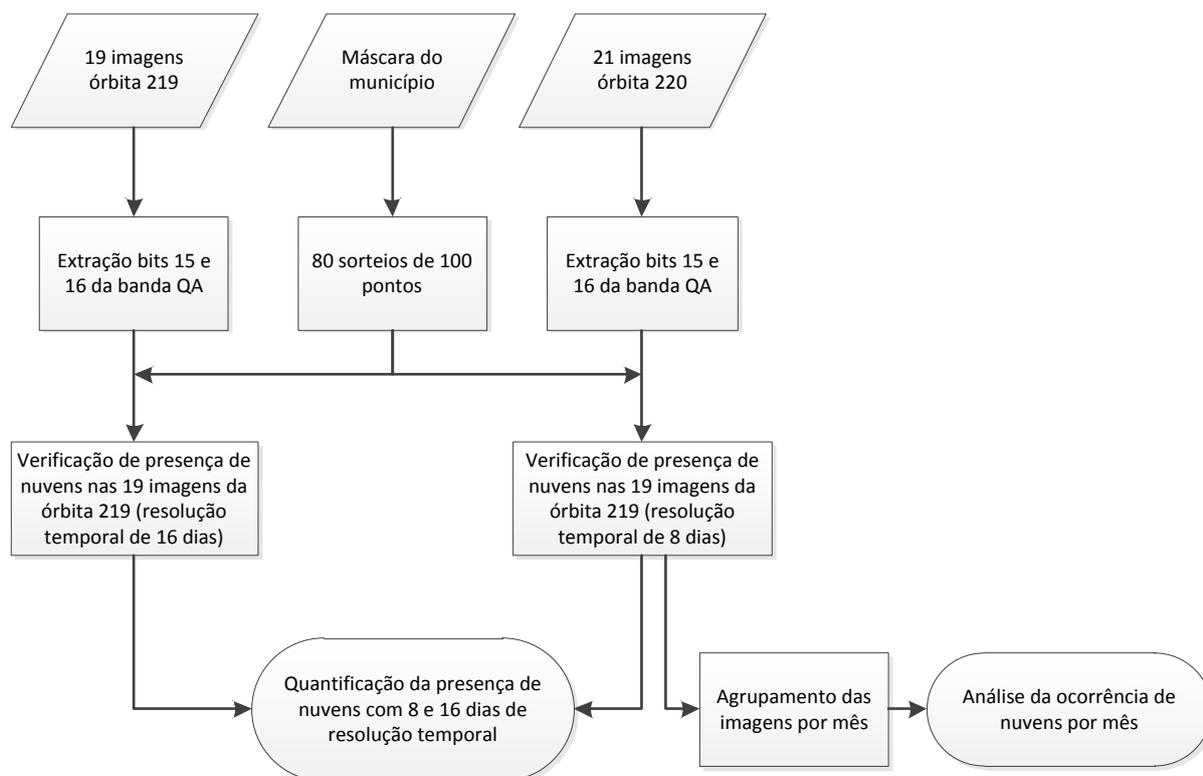


Figura 3. Diagrama da metodologia adotada.

4. Resultados e discussão

A tabela 1 mostra a quantidade de pontos sorteados que estavam encobertos por nuvens na análise feita com base nas imagens da órbita 219 (19 imagens) do Landsat 8 e considerando as duas órbitas (219 e 220) juntas (40 imagens). Ao considerar uma (219) ou as duas órbitas, a porcentagem (resultados médios de 80 sorteios de 100 pontos) de pontos com presença de nuvens foi igual a 33% dos pontos sorteados, em ambos os casos. Essa quantidade de ocorrência de nuvem, que foi observada para um período de 10 meses, é elevada, e dependendo do objetivo do estudo, este poderia ser prejudicado pela cobertura de nuvens. Os valores obtidos foram próximos aos obtidos por Sano et al. (2007) que encontraram em média 40% de cobertura de nuvens nas imagens de seu estudo.

Embora a proporção de pontos livres de nuvens em Sumaré (67%) tenha sido a mesma considerando uma ou duas passagens do Landsat 8, ao somar a quantidade de imagens disponíveis das duas órbitas (19 e 21) totalizou-se um conjunto de 40 imagens. Ou seja, a possibilidade de ter uma segunda passagem pela área de estudo, devido à sobreposição de cenas adjacentes do Landsat, possibilitou que aproximadamente o dobro de imagens fossem adquiridas. Isso sem dúvida aumenta a probabilidade de se obter uma observação de um determinado ponto/alvo, livre de nuvem.

Na Figura 4 é possível verificar que, com base nos pontos sorteados, nota-se que dentro do período analisado a maior ocorrência de nuvens (menor quantidade de pontos livres) foi observada nos meses de Abril e Junho de 2014, ou seja, esses seriam os períodos de maior dificuldade para a realização da identificação do uso e cobertura dos pontos. Segundo Aguiar et al. (2009), King et al., (2013); Stengel et al., (2013) e Stunberauch et al., (2013), no estado de São Paulo o período entre Abril a Setembro são as melhores datas para obtenção de imagens sem presença de nuvens (Verão), o que acaba não sendo corroborado pelos pontos sorteados neste trabalho possivelmente pelas mudanças climáticas e a seca que o estado têm sofrido no ano de aquisição das imagens.

Tabela 1. Resultado da avaliação de ocorrência ou não de nuvens baseadas na amostragem de 80 sorteios de 100 pontos no município de Sumaré-SP, considerando as imagens de uma (órbita 219) ou duas passagens (órbitas 219 e 220) do Landsat 8.

	Pontos com nuvem	Pontos sem nuvem	Total pontos	porcentagem com nuvem	porcentagem sem nuvem
Média (100 pontos) 1 passagem	633,46	1266,54	1900	33%	67%
Média (100 pontos) 2 passagens	1325,54	2674,46	4000,00	33%	67%

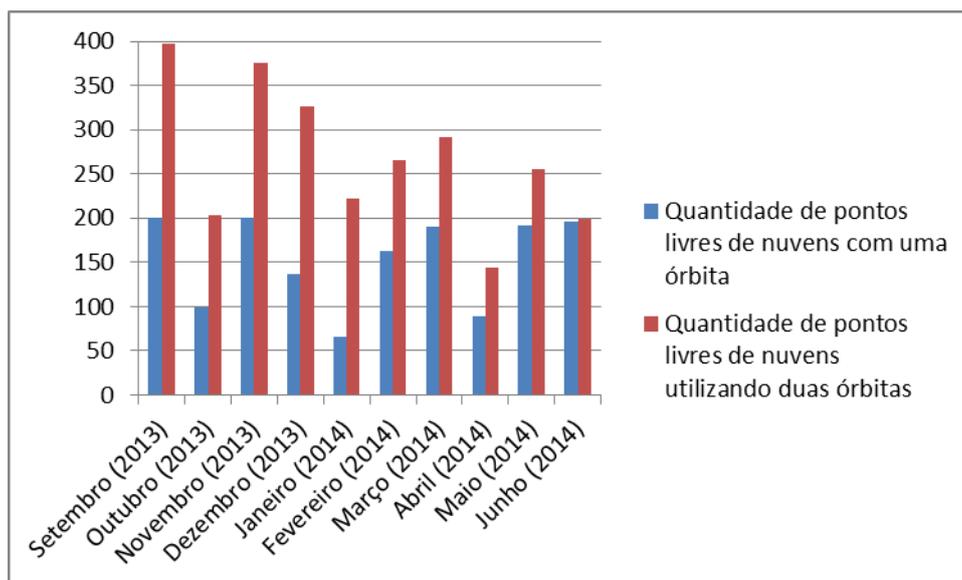


Figura 4. Quantidade de pontos com nuvens por mês, de pontos sorteados dentro do município de Sumaré-SP (400 pontos por mês), considerando a análise de 40 imagens Landsat 8 das órbitas/ponto 219 e 220/76.

5. Conclusões

Com base nos resultados obtidos é possível observar que a adição das imagens da órbita adjacente (220) à órbita 219 incrementou consideravelmente a obtenção de pontos livres de nuvens, resultando no dobro de pontos utilizáveis. A abordagem de incremento de resolução temporal discutida neste trabalho mostra-se aplicável às áreas de sobreposição de cenas de imagens a partir da revisita proporcionada por órbitas adjacentes. Para as possíveis áreas onde seja possível utilizar este método, recomenda-se seu uso, pois o mesmo apresenta acréscimo de informação aos interpretes, enriquecendo um processo de análise pontual de séries temporais. Fica evidente que através da análise destas porções de sobreposição de órbitas é possível em função do maior número de observações livre de nuvens, por exemplo, estabelecer os padrões de resposta dos alvos em estudo nas cenas adjacentes, para que estes padrões sejam aplicados na classificação das demais porções pertencentes a estas cenas que possuem porções coincidentes.

7. Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES pelo fornecimento de bolsa de estudos que viabilizou a realização deste estudo.

8. Referências bibliográficas

Aguiar, D. A., Rudorff, B. F. T., Adami, M., Shimabukuro, Y. E. Imagens de sensoriamento remoto no monitoramento da colheita da cana-de-açúcar. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, Sept. 2009.

Anderson, L. O., Latorre, M. L., Shimabukuro, Y. E., Arai, E., Carvalho Junior, O. A. **Sensor MODIS: Uma abordagem geral.** São José dos Campos: INPE, 2003. 53 p. (INPE-10131-RPQ/752). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/marciana/2003/12.11.08.55>>. Acesso em: 3 out. 2014.

Asner, G.P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v.22, p.3855-3862, 2001.

Costa, M. H., Foley, J. A., A comparison of precipitation datasets for the Amazon basin. **Geophysical Research Letters**, 25, 155–158. 1998.

Dorigo, W.A.; ZuritaMilla, R.; De Wit, A.J.W.; Brazile, J.; Singh, R.; Schapman, M.E. A review on reflective remote sensing and data assimilation techniques for enhanced agroecosystem modeling. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.9, p.165-193, 2007.

Felix, I. M.; Kazmierczak, M. L.; Espindola, G. M. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 7619-7622. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.14.18>>. Acesso em: 04 set. 2014.

Goward, S. N.; Masek, J. G.; Williams, D. L.; Irons, J. R.; Thompson, R. J. The Landsat 7 mission: terrestrial research and applications for the 21st century. **Remote Sensing of Environment**, v. 78, p. 3-12, 2001.

Helmer, E.H., Ruefenacht, B. Cloud-Free Satellite Image Mosaics with Regression Trees and Histogram Matching. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 71, n. 9, p. 1079–1089, 2005.

Ippoliti, G., Mortara, M. O., Rezende, A. C., Simões, M. S., Valerio Filho, M. Sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas no estudo da adequação do uso das terras nos municípios de Hortolândia e Sumaré (SP). In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 9. (SBSR), 1998, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. p. 123-131. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.14.50/doc/4_96p.pdf>. Acesso em: 06 set. 2014.

Jia, K., Liang, S., Zhang, N., Wei X., Gu, X., Zhao, X., Yao, Y., Xie, X. Land cover classification of finer resolution remote sensing data integrating temporal features from time series coarser resolution data. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. V. 93, p. 49-55. 2014.

Ju, J.; Roy, D.P. The availability of cloud-free Landsat ETM+ data over the conterminous United States and globally. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.1196-1211, 2008.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**. 2 ed. São José dos Campos: Ed. Parentese, 2011.

King, M.; Platnick, S.; Menzel, W. P.; Ackerman, S. A.; Hubanks, P. A. Spatial and Temporal Distribution of Clouds Observed by MODIS Onboard the Terra and Aqua Satellites. **IEEE Trans. on Geosc. and Rem. Sens.**, v. 51, n. 7, July 2013.

Liu, H., Weng, Q., Enhancing temporal resolution of satellite imagery for public health studies: A case study of West Nile Virus outbreak in Los Angeles in 2007. **Remote Sensing of Environment**, v. 117, p. 57–71, 2012.

Minuzzi, R. B., Sediya, G. C., Barbosa, E. M., Melo Junior, J. C. F. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, p. 338-344, 2007.

R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Rudorff, B.F.T.; Sugawara, L.M. Mapeamento da cana-de-açúcar na região Centro-Sul via imagens de satélites. **Informe Agropecuário**, v.28, p.79-86, 2007.

Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A.; Silva, W. F.; Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**. 2010; 2(4):1057-1076. doi: <10.3390/rs2041057>.

Sano, E.E.; Ferreira, L.G.; Asner, G.P.; Steinke, E.T. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud-free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. **International Journal of Remote Sensing**, v.28, p.2739-2752, 2007.

Stengel, M.; Mierucha, B.; Jerg, M.; Karlsson, K. G.; Scheirer, R.; Madduxd, B.; Meirinkd, J.F.; Poulsene, C.; Siddans, R.; Walther, A.; Hollmanna, R. The Clouds Climate Change Initiative: Assessment of state-of-the-art cloud property retrieval schemes applied to AVHRR heritage measurements. Article in press. **Remote Sensing of Environment**, 2013, DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.10.035>>.

Stubenrauch, C. J., Rossow, W. B., Kinne, S. **Assessment of global cloud datasets from satellites: Project and database initiated by the GEWEX Radiation Panel. Bulletin of the American Meteorological Society.** 2013. Available in: <<http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-12-00117>>. Access in: 12 Out. 2014.

Sugawara, L. M., Rudorff, B. F. T., Adami, M. Viabilidade de uso de imagens do Landsat em mapeamento de área cultivada com soja no Estado do Paraná. **Pesquisa agropecuária brasileira.** Brasília, v.43, n.12, p.1777-1783, dez. 2008.

U.S Geological Service (USGS). Disponível em: < <http://landsat.usgs.gov/L8QualityAssessmentBand.php> >. Acesso em: 28.Set.2014.

USGS – United States Geological Survey. **LDCM cal/val algorithm description document.** Version 3.0, February 25, 2013. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/documents/LDCM_CVT_ADD.pdf>. Acesso em: 30 out. 2014.

Wulder, M.A.; Buston, C.R.; White, J.C. Cross-sensor change detection over a forested landscape: options to enable continuity of medium spatial resolution measures. **Remote Sensing of Environment**, v.112, p.796-809, 2008.