

Determinação do início e final da estação chuvosa para o Brasil com dados TRMM e o seu uso como *proxy* do período de crescimento das pastagens

Arielle Elias Arantes¹
Claudinei Oliveira-Santos¹
Laerte Guimarães Ferreira¹
Sylvia Marques de Faria¹

¹Universidade Federal de Goiás
Campus II – Samambaia
CEP 74001-970 - Goiânia, GO, Brasil
{aearantes, claudineisantosnx, lapig.ufg, sylfarias}@gmail.com

Abstract. The comprehension of the start and end of the wet season are of fundamental importance to understand the ecological processes of vegetation growth, to guide farmers in establishing the appropriate dates of planting and harvesting, and to determine the productivity of rangelands for cattle ranching activity. There are various methods to estimate the start and end of the wet season, most which use precipitation from weather stations, requiring the compilation of massive amounts of data. To determine the most frequent dates of the start and end of the wet season for Brazil during the period of 1998-2015, as well as its relationship to pasture productivity, data from TRMM satellite was used in the TIMESAT software. The start and end of the wet season showed few discrepancies, mostly in the state of Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte, Santa Catarina and Rio Grande do Sul, all which have high deviation of the mode, being areas that suffer the direct influence of the ITCZ (Intertropical Convergence Zone) and of several weather systems. The pastures located in the central-western and northeastern regions had the least wet season length, as such, animal supplementation could be a solution adopted in the dry season to minimize animal production losses. On the other hand, in the northern and southern regions, the pastures have the longest wet season length, and in these places, the farmers already adopt practices like the “green cattle” and the association of pastures and crops to maximize pasture and animal production.

Palavras-chave: início e final da estação chuvosa, perfis sazonais da precipitação, produtividade das pastagens.

1. Introdução

A variabilidade interanual no regime de chuvas dificulta a determinação do início e final da estação chuvosa, sendo que estes parâmetros são fundamentais para a compreensão dos processos ecológicos de germinação, floração e crescimento da vegetação (Laux et al., 2008). A determinação do início e final da estação chuvosa para as regiões tropicais, onde a presença de luz e água são os principais fatores limitantes para o crescimento da vegetação (Richardson et al., 2013), possibilita compreender os ciclos de cultivo e a produção de forragem disponível para o consumo animal (Tadross et al., 2009).

Diversos estudos mostraram uma relação significativa entre o início e final da estação chuvosa com a duração do período de crescimento da vegetação (Richardson et al., 2013). Para as regiões tropicais, que apresentam baixa amplitude de temperatura anual, a estação de crescimento é definida como o período do ano, no qual há um teor de água disponível na atmosfera e no solo, adequada para a germinação e para o desenvolvimento da vegetação (Odekunle, 2004). Para gradientes vegetacionais com espécies de gramíneas e arbustos, que utilizam apenas a água nas camadas superficiais do solo, sendo estas mais sensíveis à dinâmica da precipitação e a eventos de seca, o início da estação de crescimento coincide com o início da estação chuvosa.

Há diversos métodos para a estimativa do início e fim da estação chuvosa. Cook e Heedegen (2001) estimaram a estação chuvosa como o período, no qual a probabilidade de 10-dias secos fosse menor que 0,5. Marengo et al. (2001) e Gan e Moscati (2003) determinaram o início e fim da estação chuvosa, com base na chuva acumulada em cada pântada (cinco dias). Liebann e Marengo (2001) calcularam o início e final da estação

chuvosa a partir do aumento do valor diário em relação a sua média climatológica. Estes métodos baseiam-se em series históricas de precipitação obtidas de estação meteorológicas. A ausência de estações pluviométricas em boa parte do Brasil, em particular na região centro-oeste e norte, impossibilita a estimativa acurada do regime de chuvas. Assim, o uso de dados de sensoriamento remoto, como os dados de precipitação do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measurement Mission*), possibilita estimar as chuvas para áreas continentais, como o Brasil. Diversos estudos mostram que o TRMM apresenta alta acurácia com a rede pluviométrica, com correlações acima de 0,80, mas tende a superestimar as chuvas de 10 a 37% para a maioria das regiões do Brasil, com exceção do nordeste (Morais et al., 2013; Faria et al., 2013; Soares et al., 2016).

Diferentemente destes métodos, que utilizam de dados diários de precipitação de estações meteorológicas, neste trabalho, propomos e avaliamos um método que se utiliza de dados mensais de precipitação obtidos por sensoriamento remoto (nesse caso o satélite TRMM) para, de forma automatizada, definir o início e final da estação chuvosa a partir de um limiar de aumento ou redução da pluviosidade pré-determinado, o que possibilita mapear essas informações para todo o Brasil. Estes mapeamentos foram então utilizados como representantes do início e final da estação de crescimento das pastagens do Brasil, visto que há uma boa correspondência entre o início das chuvas e a rebrota das pastagens no Brasil.

2. Dados e Métodos

Para a estimativa do início e final da estação chuvosa, foram processadas as imagens de precipitação mensal (mm) do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measurement Mission*), com 0.25° de resolução espacial, para o período de 1998-2015, correspondendo a um total de 216 imagens de precipitação para o Brasil. No software TIMESAT, foi utilizado o método do limiar (*threshold*), com limiar de 0,5, que determina o início da estação chuvosa (SOS), como a data no qual a chuva atravessa o limiar em direção ascendente e o final da estação chuvosa (EOS), como a data no qual a chuva atravessa o limiar em direção descendente (Jönsson e Eklundh, 2002). O limiar de 0,5 para a detecção do início e final da estação chuvosa é um limiar conservador, a fim de garantir uma maior correspondência entre o início das chuvas e a resposta da vegetação as chuvas, indicando assim as datas mais prováveis do início e fim da estação de crescimento.

Como resultado foram geradas 17 imagens do início e final da estação chuvosa, sendo calculada a moda destas imagens, a fim de analisar os padrões regionais do regime de chuva (Figura 1). Para avaliar se as 17 imagens não apresentam muita variação ao longo dos 18 anos, foi calculado o desvio da moda, sendo este o valor de cada estação chuvosa subtraído da moda, e por fim foi calculada a média dos desvios.

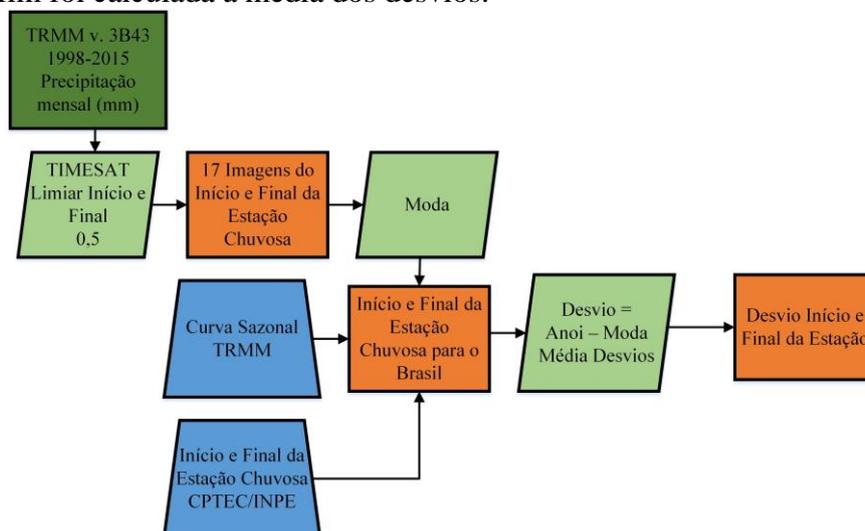


Figura 1. Fluxograma mostrando as etapas para a geração dos mapas do início e final da estação chuvosa.

Para a avaliação da consistência dos mapas, estes foram comparados com as estimativas da probabilidade do início e final da estação chuvosa gerada pelo CPTEC/INPE (2013), conforme disponibilizado no site: <http://clima1.cptec.inpe.br/estacaochuvosa/pt>. Também foi feito a média mensal dos 18 anos da chuva para a geração de perfis sazonais para determinados pontos nas regiões de maiores discrepâncias, sendo estes comparados com os resultados obtidos do TIMESAT. Por fim, foi analisado os meses de início, final e duração da estação chuvosa das áreas de pastagem do Brasil, utilizando as áreas de pastagem do mapa síntese elaborada pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), sendo esta informação relacionada com as principais práticas de manejo adotadas em cada região do Brasil.

3. Resultados e Discussões

3.1. Início e Final da Estação Chuvosa no Brasil

Segundo Nobre e Molion (1998), a semi aridez de boa parte do nordeste do Brasil se deve a proximidade deste da região Amazônica, a qual tem movimentos convectivos intensos e amplos, o que gera um centro de subsidência, com menor umidade. Este centro de subsidência se desloca durante o inverno para a porção central do nordeste do Brasil até o sul da Amazônia. A região central do nordeste tem uma concentração de chuvas no período de Outubro-Novembro a Março-Abril (Figura 2 e 3). Para o final da estação chuvosa, o método proposto neste trabalho detectou para o sudoeste da Bahia e norte de Minas gerais o final da estação chuvosa como sendo em Janeiro-Fevereiro, o que não foi corroborado pelos trabalhos de Molion e Bernardo (2000) e CPTEC-INPE (2013), os quais indicam o final da estação chuvosa como sendo em Abril-Maio. O fenômeno meteorológico da subsidência nestas regiões, que causa a seca no inverno, pode ser intensificada pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a qual então prolonga o período seco durante o inverno.

A ZCIT atua na região norte do Nordeste, sendo o principal mecanismo para a ocorrência das chuvas nesta região, sendo que a ZCIT é uma região onde há confluência entre os ventos alísios do nordeste e dos ventos alísios do sudeste. A figura 3 mostra que a porção norte do Ceará e do Rio Grande do Norte têm o início das chuvas em Fevereiro e o final em Maio-Junho, corroborando o trabalho de Molion e Bernardo (2000) (Figura 2). No norte do Ceará, a modelagem feita pelo CPTEC-INPE (2013) considera o início da estação chuvosa como sendo em Janeiro (Figura 2 e 3).

Na costa do nordeste do Brasil, além da atuação da ZCIT, que chega primeiro nesta região, a qual tem o início das chuvas em Março-Abril e o final em Julho-Agosto, a região costeira tem a atuação das ondas de leste, que se formam na faixa tropical do globo terrestre sobre influência dos ventos alísios deslocando-se do oeste para o leste da costa da África até o litoral leste do Brasil (Reboita et al., 2010). Na região costeira na borda leste da Bahia, há uma área com o início da estação chuvosa em Fevereiro, divergindo do CPTEC-INPE (2013) e da curva sazonal da precipitação, os quais mostram o início em Março (Figura 2).

Assim, como no norte do nordeste, a porção norte do Brasil, nos estados do Amapá e Pará, as chuvas estão associadas à variabilidade da ZCIT e tem o início em Dezembro-Janeiro e o final em Maio-Junho. A ZCIT atua no norte do Brasil pela formação de aglomeração de convecção que se movem até a porção oeste da Amazônia e outra através da interação dos ventos alísios da ZCIT com a brisa marítima adentrando o continente alcançando os Andes (Reboita et al., 2010). Nesta região, no estado do Amazonas há uma pequena zona com o início da estação chuvosa começando em Fevereiro, diferindo em relação ao CPTEC-INPE

(2013) e aos dados sazonais do TRMM (Figura 2). Já a precipitação no extremo norte do Brasil, no estado de Roraima, o início da estação chuvosa está associada à condensação do ar úmido transportado pelos ventos alísios vindo dos Andes (Da Rocha et al., 2009). Nesta região o início ocorre em Março-Abril e o final em Julho-Agosto (Figuras 2 e 3).

Indo da região noroeste do Brasil até a região sudeste do Brasil, a estação chuvosa tem o seu início em Outubro e o final em Abril (Figura 3). Dentre os principais sistemas atmosféricos atuantes e que incrementam a precipitação estão: o alinhamento entre a Alta da Bolívia (AB) e os vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAN) (Ferreira et al., 2009); as Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU); Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (Gan e Moscati, 2003; Reboita et al., 2010). A análise das pântadas da precipitação média para a região Centro-Oeste mostrou um rápido aumento da precipitação durante os meses de primavera de Setembro-Novembro e uma diminuição em Abril (Gan e Moscati, 2003). Estes dados corroboram os mapas do início e final da estação chuvosa para o Brasil, que mostram o início em Outubro-Novembro e o final em Março-Abril (Figura 2e 3).

O monitoramento do CPTEC (2013) mostrou que no sul do Brasil durante o inverno ocorrem no mínimo quatro sistemas frontais, como os sistemas frontais que se deslocam do Pacífico passando pela Argentina até o nordeste do Brasil, os ciclones e frentes frias que se desenvolvem na costa oeste da América do Sul, os Complexos Convectivos de Mesoescala Tropicais e os sistemas ciclônicos em níveis médios, sendo uma região de alta complexidade climática (Reboita et al., 2010). Coincidentemente, esta região apresenta as maiores divergências no início e no final da estação chuvosa, com o início das chuvas no extremo sul do Rio Grande do Sul em Fevereiro, sendo que o CPTEC-INPE (2013) indica que a estação chuvosa deve começar em Setembro (Figura 2). O final da estação chuvosa para a porção norte do Rio Grande do Sul mostra o final em Novembro, quando na realidade o final das chuvas ocorre em Maio (Figura 3). Na porção leste de Santa Catarina o início obtido foi em Dezembro e o final em Março, sendo que o CPTEC-INPE (2013) e Monteiro (2001) mostram o início da estação chuvosa em Agosto e o final em Março.

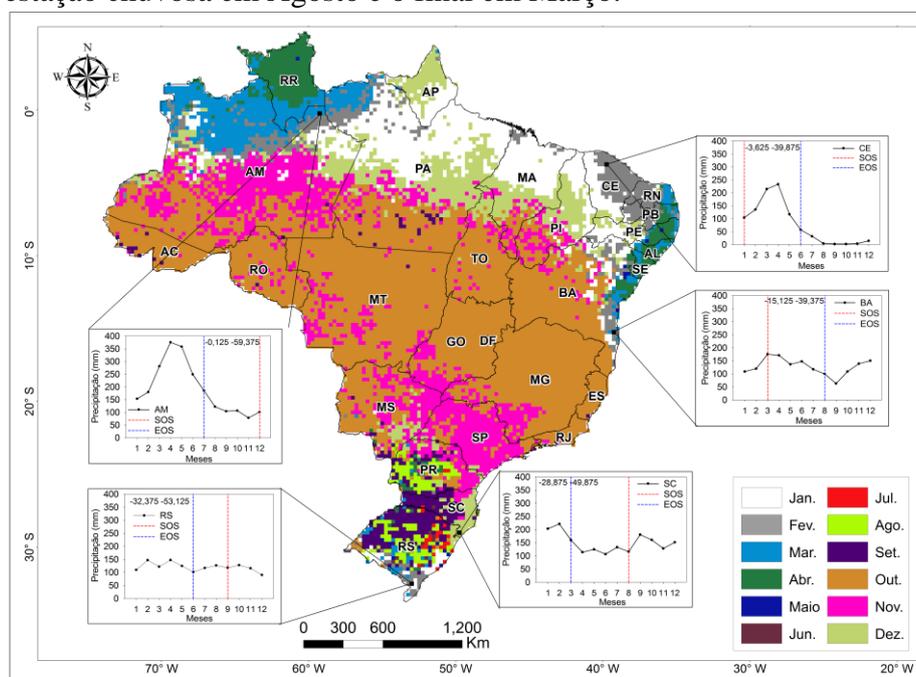


Figura 2. Início da estação chuvosa no Brasil detectado pelo modelo aqui proposto e gráficos sazonais da precipitação e a data do início e final da estação chuvosa, segundo os dados do CPTEC-INPE (2013).

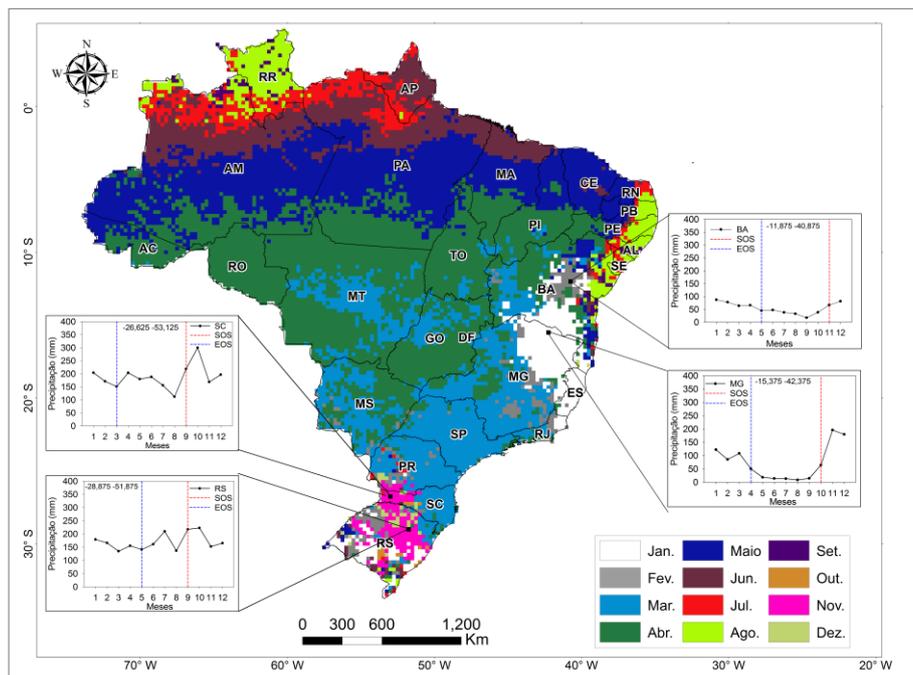


Figura 3. Final da estação chuvosa no Brasil detectado pelo modelo aqui proposto e gráficos sazonais da precipitação e a data do início e final da estação chuvosa, segundo os dados do CPTEC-INPE (2013).

As regiões norte e nordeste do Brasil estão sobre influência direta da ZCIT, a qual varia em intensidade e posicionamento conforme as variações dos ventos alísios do nordeste e sudeste, os quais se alteram conforme a ocorrência de fenômenos ENSO e o aquecimento da superfície do Atlântico Norte e Sul (Molion e Bernardo, 2001). As variações na ZCIT podem ser indiretamente retratadas pela alta variabilidade no início das chuvas na região norte e nordeste do Brasil, com desvios de mais de cinco meses. Já a alta variabilidade do início e final das chuvas no estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (3 a 5 meses) se deve a complexidade climática desta região, a qual tem a atuação de mais de quatro sistemas climáticos (Reboita et al., 2010) (Figura 4). Rodrigues et al. (2004) em um estudo para o litoral de Santa Catarina verificaram que neste local durante o inverno pode ter a atuação de 3 a 4 frentes frias em um intervalo de apenas 8 dias.

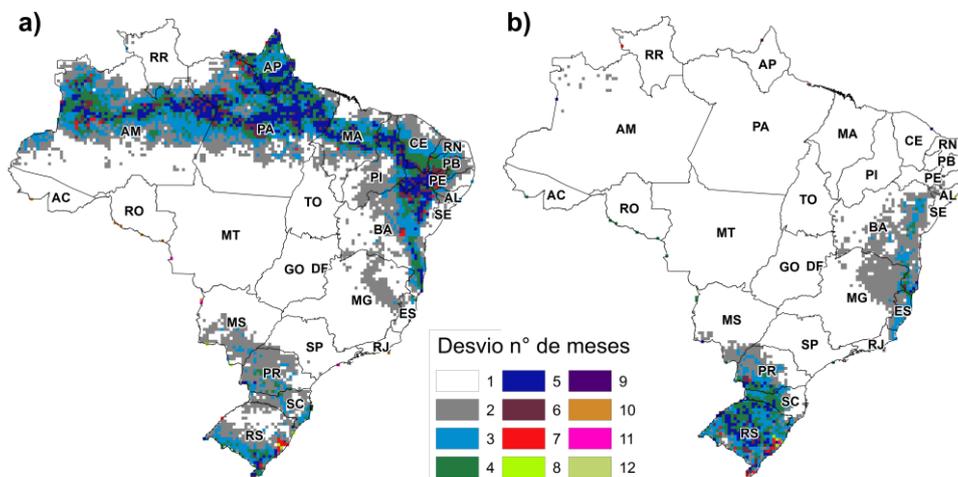


Figura 4. Desvio da moda para o início e final da estação chuvosa durante o período de 1998-2015 no Brasil.

3.2. Estação Chuvosa como proxy da Estação de Crescimento das Pastagens no Brasil

No Brasil, as áreas de pastagem estão localizadas preferencialmente sobre a região centro-oeste (32%), sendo que nesta região os meses do início e final da estação chuvosa foram em Outubro e Abril (Figura 5). Nesta região a duração da estação chuvosa para as áreas de pastagem é de 6 meses, com 6 meses de seca durante o inverno (Maio-Setembro), sendo uma época na qual as pastagens são pouco produtivas, e conseqüentemente nesta época pode haver perda de peso animal (Mousquer et al., 2014). A segunda região com maiores áreas de pastagem é a região nordeste (20%), sendo está uma região com alta variabilidade no início das chuvas, com uma estação chuvosa de maior duração (6 meses) na porção centro-sul (Figura 5). Está é seguida da região sudeste (25%), a qual tem o início das chuvas em Outubro e o final em Março, sendo uma região que predomina a prática do confinamento para a terminação animal (Figura 5). Em quarto lugar está à região norte (18%), com o início das chuvas em Novembro e o final em Junho (duração de 8 meses). Na região norte predomina a prática do “boi verde”, sendo que os bovinos são mantidos no pasto durante o ano todo (Dias-Filho & Andrade, 2006). Em último lugar a região sul (10%), sendo que nesta região as chuvas começam em Setembro e terminam em Maio (duração de 8 meses) (Figura 5). Nos meses de inverno (Maio a Julho), onde as temperaturas e a pluviosidade são baixas, é necessário o uso de pastagens naturais em consórcio com cultivos de zona temperadas, como o azevém e aveia-preta, a fim de aumentar a produtividade e o valor nutritivo da forragem (Carvalho et al., 2016).

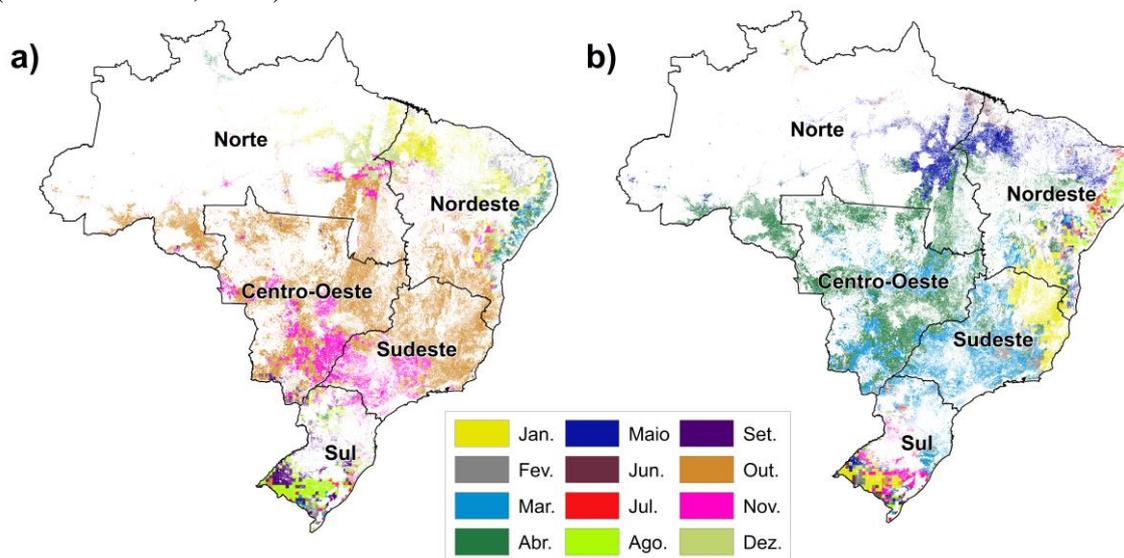


Figura 5. Início e final da estação chuvosa para as áreas de pastagem do Brasil.

4. Conclusões

A determinação do início da estação chuvosa no Brasil mostrou-se bastante consistente para a maior parte do Brasil, apresentando algumas inconsistências na porção leste da Bahia, norte do Ceará e Rio Grande do Norte, leste de Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. Estas inconsistências coincidem com regiões com alto desvio da moda (mais de cinco meses de variação) ao longo dos 18 anos de análises, sendo locais que estão sobre influência direta da ZCIT, como no norte e nordeste do Brasil ou que tem a atuação de vários sistemas climáticos atuando simultaneamente, como na região sul do Brasil. Para minimizar as inconsistências nos mapas das datas de início e final da estação chuvosa, uma possibilidade seria correlacionar as curvas sazonais da precipitação com o índice de vegetação e/ou utilizar

imagens de precipitação de maior resolução espacial, como as imagens do satélite GPM (*Global Precipitation Mission*).

As pastagens localizadas no centro-oeste e nordeste do Brasil tiveram a duração da estação chuvosa mais curta (5-6 meses), sendo estas regiões que devem adotar algum manejo no período seco, como o uso de suplementação alimentar ou o uso de forragens vedadas nas chuvas para o seu uso no período seco, a fim de minimizar a perda de peso animal e a produtividade animal. No sudeste a estação chuvosa também é curta (5-6 meses), mas nesta região predomina a prática do confinamento para a terminação animal. No norte e sul do Brasil, os quais tem a maior duração da estação chuvosa (7-8 meses), práticas que maximizam a produção animal já são adotadas, como no norte o uso do “boi verde”, ou seja, o boi é mantido no pasto durante o ano todo, e no sul a associação de pastagens com leguminosas de clima temperado e cultivos agrícolas de grãos.

Agradecimentos

Este trabalho é parte da iniciativa do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) para detectar a qualidade e a tendência das pastagens no âmbito do projeto “Em busca de pastagens mais produtivas e ambientalmente sustentáveis para o Brasil”, financiado pela fundação Betty and Gordon Moore. Agradecemos a FAPEG pelo apoio, via projeto de pesquisa ((2012/00766130154) e bolsa de doutorado para o segundo autor.

5. Referências Bibliográficas

Carvalho, P.C.F.; Santos, D.T.; Gonçalves, E.N.; Moraes, A.; Nabinger, C. Capítulo 16 Forrageiras de Clima Temperado. Disponível em: <http://www.integrarcampo.com.br/altera/capitulos/_arquivos/10.pdf> Acesso em: 27 de Outubro, 2016.

Cook, G.D. e Heerdegen, R.G. Spatial Variation in the Duration of the Rainy Season in Monsoonal Australia. **International Journal of Climatology**, v. 21, p. 1723-1732, 2001.

CPTEC-INPE. Curva densidade probabilidade (CDP) início da estação chuvosa. 2013. Disponível em: <<http://clima1.cptec.inpe.br/estacaochuvosa/pt>> Acesso em: 27 de Outubro, 2016.

Da Rocha, R.P.; Morales, C.A.; Cuadra, S.V.; Ambrizzi, T. Precipitation diurnal cycle and summer climatology assessment over South America: An evaluation of Regional Climate Model version 3 simulations. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, 2009.

Dias-Filho, M.B. e Andrade, C.M.S. Pastagens no Trópico Úmido. Embrapa **Amazônia Oriental Documento 241**, Belém – PA, 2006.

Farias, S.E.M.; Arantes, A.E.; Ferreira, L.G.F.; Sano, E.E.; Barros, J.R. Avaliação das Estimativas de Precipitação do satélite TRMM para o Estado de Goiás: uma abordagem climatológica. In: **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, 2013.

Ferreira, N.J.; Ramirez, M.V.; Gan, M.A. Vórtices ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil In: CAVALCANTI, I. F. DE A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. L. J.; SILVA DIAS, M. A. F da (Organizadores). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto. p. 45-60. 2009.

Gan, M.A e Moscati, M.C.L. Estação chuvosa de 2001/02 na região centro-oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.18, n.2, p. 181-194, 2003.

Jönsson, P. & Eklundh, L. Seasonality Extraction by Function Fitting to Time-Series of Satellite Sensor Data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 40, n. 8, 2002.

Laux, P.; Kunstmann, H.; Bárdossy, A. Predicting the regional onset of the rainy season in West Africa. **International Journal of Climatology**, v. 28, p. 329-342, 2008.

Liebmann, B. e Marengo, J.A. Interannual Variability of the Rainy Season and Rainfall in the Brazilian Amazon Basin. **Journal of Climate**, v. 14, 2001.

Marengo, J.A.; Liebmann, B.; Kousky, V.E. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin. **American Meteorological Society**, v. 14, 2001.

Molion, L.C.B. e Bernardo, S.O. Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Meteorologia (CD-Rom)**, 2000.

Monteiro, M.A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, v. 16, n. 31, p. 69-79, 2001.

Mousquer, C.J.; Hoffmann, A.; Simioni, T.A. Fernandes, G.A.; Castro, W.J.R.; Filho, A.S.S.; Dalmaso, A.C.; Moraes, E.H.B.K. Intensificação do Sistema Produtivo de Bovinos de Corte: Suplementação á Pasto. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 2, p. 3288-3308, 2014.

Morais, D.V.H. e Gomes, M.N. TRMM Satellite Performance in Estimating Rainfall over the Midwest Region of Brazil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, p.2237-8642, 2013.

Odekunle, T.O. Rainfall and the Length of the Growing Season in Negeria. **International Journal of Climatology**, v. 24, p. 467-479, 2004.

Reboita, M.S.; Gan, M.A.; Rocha, R.P.; Ambrizzi, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia** vol. 25, n.2, p.185-204. 2010.

Richardson, A.D.; Keenan, T.F.; Migliavacca, M.; Ryu, Y.; Sonnentag, O.; Toomey, M. Climate change, phenology, and phenological control of vegetation feedbacks, to the climate system. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 169, pp. 156-173, 2013.

Soares, A.S.D.; Paz, A.R.; Picilli, D.G.A. Avaliação das estimativas de chuva do satélite TRMM no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n.2, p. 288-299, 2016.

Tadross, M.; Suarez, P.; Lotsch, A.; Hachigonta, S.; Mdoka, M.; Unganai, L.; Lucio, F.; Kamdonyo, D.; Muchinda, M. **Climate Research**, v. 40, p. 147-161, 2009.