HAL
open science

# Padrões de precipitação no Sul da Amazônia baseado no PERSIANN-CDR: Características e tendências

Damien Arvor, Beatriz M. Funatsu, Véronique Michot, Vincent Dubreuil

## To cite this version:

Damien Arvor, Beatriz M. Funatsu, Véronique Michot, Vincent Dubreuil. Padrões de precipitação no Sul da Amazônia baseado no PERSIANN-CDR: Características e tendências. Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR, 2017, Santos, Brazil. halshs-02439114

**HAL Id: halshs-02439114**

**https://shs.hal.science/halshs-02439114v1**

Submitted on 14 Jan 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Padrões de precipitação no Sul da Amazônia baseado no PERSIANN-CDR: Características e tendências

Damien Arvor[1]
Beatriz M. Funatsu[1]
Véronique Michot[1]
Vincent Dubreuil[1]

[1] LETG-Rennes, UMR 6554 CNRS, Université Rennes 2
Place du Recteur Henri Le Moal – 35043 – Rennes – França
damien.arvor, beatriz.funatsu, vincent.dubreuil, veronique.michot@univ-rennes2.fr

**Abstract.** Precipitation is a key climatic parameter for many anthropogenic activities, especially agriculture. Yet, its homogeneous and continuous monitoring remains challenging. That is particularly true for the Amazon region, which is sparsely inhabited and has a low density of ground-based rain gauge network. Satellite-derived estimates of precipitation are thus essential to fill up the gap of rainfall measurements in the region. The PERSIANN-CDR is a relatively new product (released in 2013), available for the period 1983-delayed present, which provides a renewed opportunity to analyse and estimate precipitation in the Amazon region, based on a long-term record. In this work, we use three decades (1983-2013) of PERSIANN-CDR daily rainfall data to characterize precipitation patterns in the southern region of the Amazon basin - which has been heavily deforested and transformed in the past decades -, and to assess trends. Our analyses confirm the potential of PERSIANN-CDR estimates to monitor rainfall in the Amazon. We also computed metrics of the rain season (onset, demise and duration) and highlighted significant trends toward a reduction of the rainy season in the Southern Amazon, mainly related to earlier demise dates. This work thus contributes to monitor possible signs of climate change in the region, and to the assessment of uncertainties in rainfall trends.

**Keywords:** Remote sensing, Precipitation, Long-term trends Sensoriamento remoto, precipitação, tendências climáticas

## 1. Introdução

A bacia Amazônica é alvo de grande interesse devido aos benefícios trazidos às sociedades pela produção de vários serviços ecossistêmicos (produção de alimentos, biodiversidade, armazenamento de carbono, regulação climática, etc). No entanto, esses benefícios estão atualmente sendo afetados pelo desenvolvimento de atividades antrópicas que ameaçam os ecossistemas amazônicos. Esse fato é sobretudo significativo nas franjas meridionais e orientais da Amazônia, devido às profundas mudanças na cobertura e uso do solo que ocorreram nas últimas quatro décadas, especialmente com o avanço de uma frente pioneira muito dinâmica (e.g., Dubreuil et al. (2005), Arvor et al. (2012)).

Nesse contexto, há uma grande preocupação dos impactos do desmatamento e do desenvolvimento agrícola na Amazônia sobre o clima local, regional e global. Além do aquecimento global, a evolução dos regimes pluviométricos na Amazônia gera inquietudes, sobretudo com relação à duração da estação chuvosa. Vários estudos apontaram para um atraso do inicio da estação chuvosa no Sul da Amazônia (Fu et al. (2013)), e precipitações mais intensas no período chuvoso (Cook, Zeng e Yoon (2012)).

O monitoramento das precipitações e de seus padrões espaço-temporais mostra-se portanto necessário para avaliar ou refutar suas previsões. Mas, monitorar as precipitações na Amazônia constitui um grande desafio devido a forte variabilidade espaço-temporal das chuvas, sendo

elas principalmente ligadas a criação de celulas convectivas. A baixa densidade e a falta de homogeneidade nas séries temporais da rede pluviométrica de solo (Debortoli et al. (2015), Delahaye et al. (2015)) não permite acompanhar essa variabilidade de maneira confiável. Por isso, estimativas de precipitações a partir de dados de satélite sobre a região Amazônica são de extrema importância.

Vários produtos satelitários estão disponíveis, com diferentes resoluções espaciais e temporais e cobrindo variados períodos (Delahaye et al. (2015)). De uma forma geral, estimativas de precipitação para estudos climáticos sofrem limitações devidas ás relativamente curtas séries temporais disponíveis. Mas a recente disponibilização dos dados do PERSIANN-CDR, consistindo em estimativas de chuvas ao passo de tempo quotidiano, de 1983 até o presente, oferece uma oportunidade interessante para estudar os padrões de precipitação e avaliar a suas tendências baseada em mais de 3 décadas de dados.

Os objetivos deste artigo são duplos. Primeiramente, trata-se de avaliar o potencial dos dados PERSIANN-CDR em representar os padrões espaço-temporais das precipitações na bacia Amazônica através de análises das médias anuais e mensais. Segundo, trata-se de estudar a evolução da estação chuvosa no sul da Amazônia no decorrer dos ultimos 30 anos a partir da computação de vários indicadores temporais tais como in/'icio, fim e duração da estação chuvosa.

## 2. Área de estudo

Apesar de nosso interesse em avaliar o potencial dos dados PERSIANN-CDR na escala da bacia Amazônica toda, preferimos definir neste estudo uma área de estudo localizada no sul da Amazônia, onde há uma estação chuvosa bem definida a fim de estudar a sua evolução. Essa área abrange os estados de Acre, Rondônia, Mato Grosso e Tocantins, assim como áreas do sul do Amazonas e Pará (fig. 1). A parte norte da Bolívia também está incluida. A estação chuvosa começa em setembro/novembro e termina em abril/maio (e.g., Liebmann et al. (2007)) mas vários estudos apontam para uma tendência à redução da estação chuvosa (e.g., Dubreuil et al. (2012), Fu et al. (2013), Debortoli et al. (2015)), que pode estar relacionada às mudanças de uso do solo que ocorreram nessa região de frente pioneira ativa. Além do impacto ecológico, as mudanças no regime das chuvas também tem consequências para a atividade agrícola na região, as quais são dependentes do ritmo e quantidade de precipitações disponíveis (Arvor et al. (2014)).

## 3. Materiais e Métodos

### 3.1. Dados PERSIANN-CDR

O produto PERSIANN-CDR (do inglês "Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks – Climate Data Record"; Sorooshian et al. (2014), Ashouri et al. (2014)) consiste em estimativas de precipitação diárias a partir de funções de classificação e aproximação baseadas em redes neurais, seguindo o procedimento de Hsu et al. (1997) e Hsu et al. (1999). Este produto baseia-se em imagens dos canais infravermelho e visível de satélites geoestacionários gerando estimativas de precipitação em escala quasi-global (60°S a 60°N) com resolução espacial de 0.25° em latitude $\times$ 0.25° em longitude. Os dados estão disponíveis para o período de 1983-presente. Neste trabalho utilisamos dados do período de 1983-2013. O ano de 1992 foi retirado pois não existem valores para o mês de fevereiro do mesmo, o que compromete o cálculo das datas do período chuvoso para o ano.

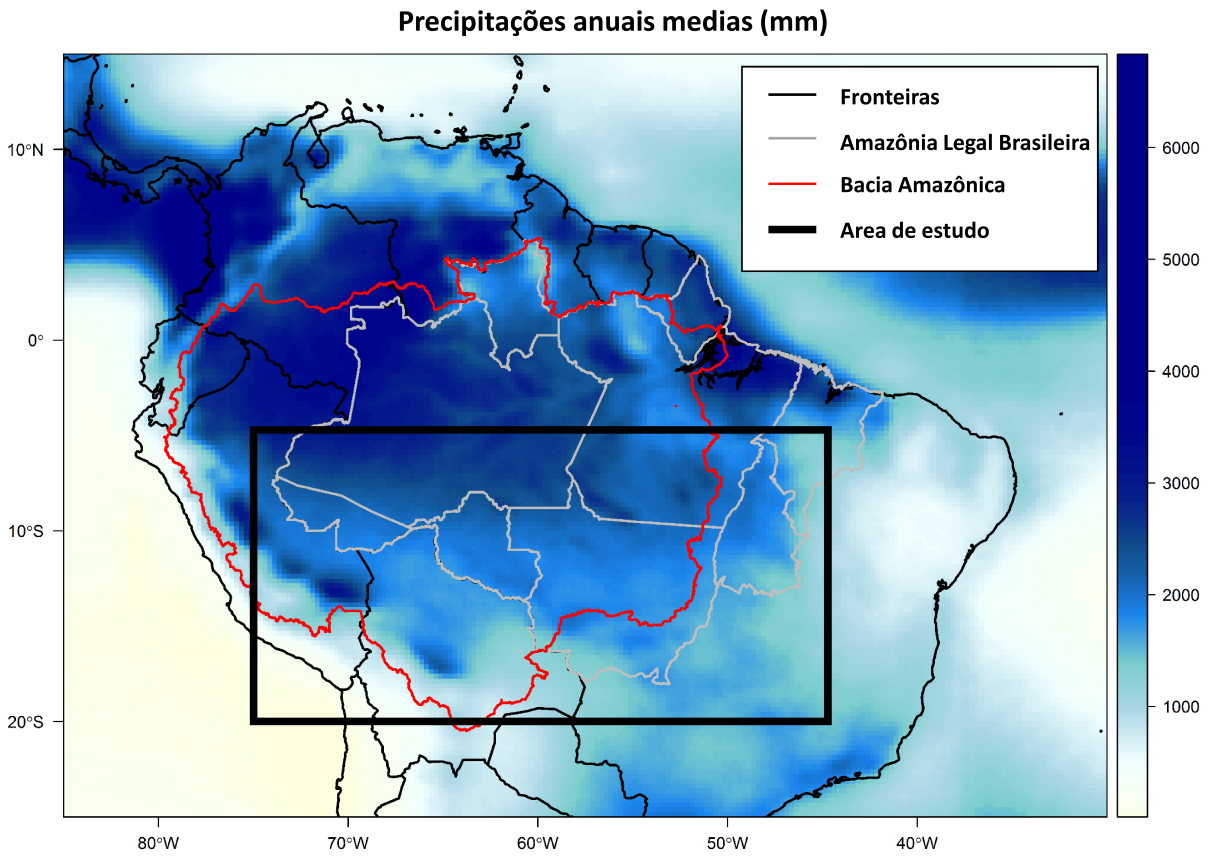


Figura 1: Precipitações médias anuais (1983-2013; em cores) na Amazônia calculadas a partir de dados PERSIANN-CDR, e localizaçãao da área de estudo (sul da Amazônia).

### 3.2. Determinação da estação chuvosa: início, fim, duração, totais pluviométricos e tendências

Os parâmetros pluviométricos considerados neste estudo são: totais anuais de precipitação, inicio, fim e duração da estação chuvosa. Assim, para cada um desses parâmetros, obtivemos uma série temporal de até 30 valores para cada píxel cobrindo a área de estudo. As datas de início e fim da estação chuvosa foram estimadas baseadas em uma versão ligeiramente modificada do método de Liebmann et al. (2007). Inicialmente, foi calculada uma quantidade chamada "acúmulo anormal"($A$):

$$A(d) = \sum_{n=1}^{d} [R(n) - \bar{R}] \tag{1}$$

onde $R(n)$ é a precipitação diária e $\bar{R}$ é a média anual climatológica diária. O cálculo começa 10 dias antes do início do mês mais seco e é acumulado por um ano. A partir desta série, o início (fim) da estação chuvosa é definido como o dia em que $A$ é mínimo (máximo). No presente método, contrariamente ao método original de Liebmann et al. (2007), possíveis falsos inícios da estação chuvosa não foram considerados. A versão simplificada empregada apresentou menores valores ambíguos na região amazônica Debortoli et al. (2015), Michot, Dubreuil e Ronchail (2014). A duração da estação chuvosa consiste no número de dias entre o início e o fim da estação, para cada série $A$ considerada.

De um modo geral, esta metodologia apenas faz sentido se for aplicada às áreas onde as estações chuvosas e secas são bem definidas. Por isso, desconsideramos píxeis correspondentes

às áreas onde a estação chuvosa é ambígua. Essas áreas foram determinadas seguindo as regras da classificação de Köppen, considerando a classe *Af* (*Tropical rainforest*) que se encontra onde as precipitações medias do mês mais seco do ano estão acima de 60 mm.

A metodologia acima descrita foi então aplicada para estimar quatro parâmetros da estação chuvosa para cada ano do periodo de 1983 a 2013 (exceto o ano de 1992 como mencionado anteriormente). Para cada um desses paramêtros, calculamos as médias e as tendências. As tendências foram computadas pelo teste de Mann-Kendall (e.g., Debortoli et al. 2015). Aqui apresentamos apenas o coefficiente $\tau$ de Mann-Kendall, que varia de -1 a +1. O valor de -1 (+1) indica uma tendência de diminuição contínua (crescimento contínuo) no período de estudo. O valor 0 indica que não há tendência. Finalmente, o p-value inferior a 0.05 foi considerado para avaliar se as tendências observadas são significativas.

## 4. Resultados

### 4.1. Os regimes pluviomêtricos na Amazônia a partir de dados PERSIANN-CDR

#### 4.1.1. Precipitações médias anuais

A figura 1 mostra as precipitações médias anuais na região Amazônica e regiões adjacentes. As principais características climatológicas são reproduzidas pelo PERSIANN-CDR: Máxima acima de 3000 mm/ano ao noroeste, sobre a Colômbia e Venezuela, e um máximo secundário (também acima de 3000 mm/ano) ao longo da costa equatorial próximo à Guiana Francesa, extendendo-se até o sul do delta do Amazonas no estado do Pará. Entre estas duas regiões de máximas, um "corredor"com precipitações inferiores a 1500 mm/ano é identificado, com alinhamento noroeste-sudeste, paralelo à costa. Na parte central do Amazonas, observa-se um gradiente positivo de precipitação de $\sim$12°S à linha do Equador.

#### 4.1.2. Precipitações médias mensais

As precipitações médias mensais para o mesmo período, representadas na figura 2, mostra a variabilidade espaço-temporal das precipitações em toda a bacia. Enquanto a parte norte da região tem ocorrência de chuva durante todo o ano, a metade sul mostra uma clara sazonalidade com os totais de chuva que flui e reflui com a instalação e o fim do Sistema de Monção Sul-Americano (Marengo et al. (2012)). Assim, o PERSIANN-CDR pode realisticamente capturar as características principais e a evolução anual das chuvas no continente Sul-Americano, e em particular na área de estudo.

### 4.2. Análise dos paramêtros da estação chuvosa no sul da Amazônia

#### 4.2.1. Precipitações anuais

As regiões com maior variabililade se encontram no Sul do Pará, sul do Amazonas e Bolívia (fig. 3). As tendências pluviométricas variam fortemente na região de estudo, mas são na maior parte, estatisticamente insignificantes. As regiões que apresentam tendências significativas correspondem à diminuição das chuvas na Bolívia e em partes do oeste do Mato Grosso, e tendências positivas no sul do estado do Pará e no Tocantins.

#### 4.2.2. Início da estação chuvosa

A estação chuvosa occorre mais cedo no nordeste do Mato Grosso (MT) e sudeste do Pará. Observa-se um atraso do ínicio da estação chuvosa no oeste do Mato Grosso (Chapada dos Parecis), quando comparado com outras áreas do mesmo estado. Isso confirma observações

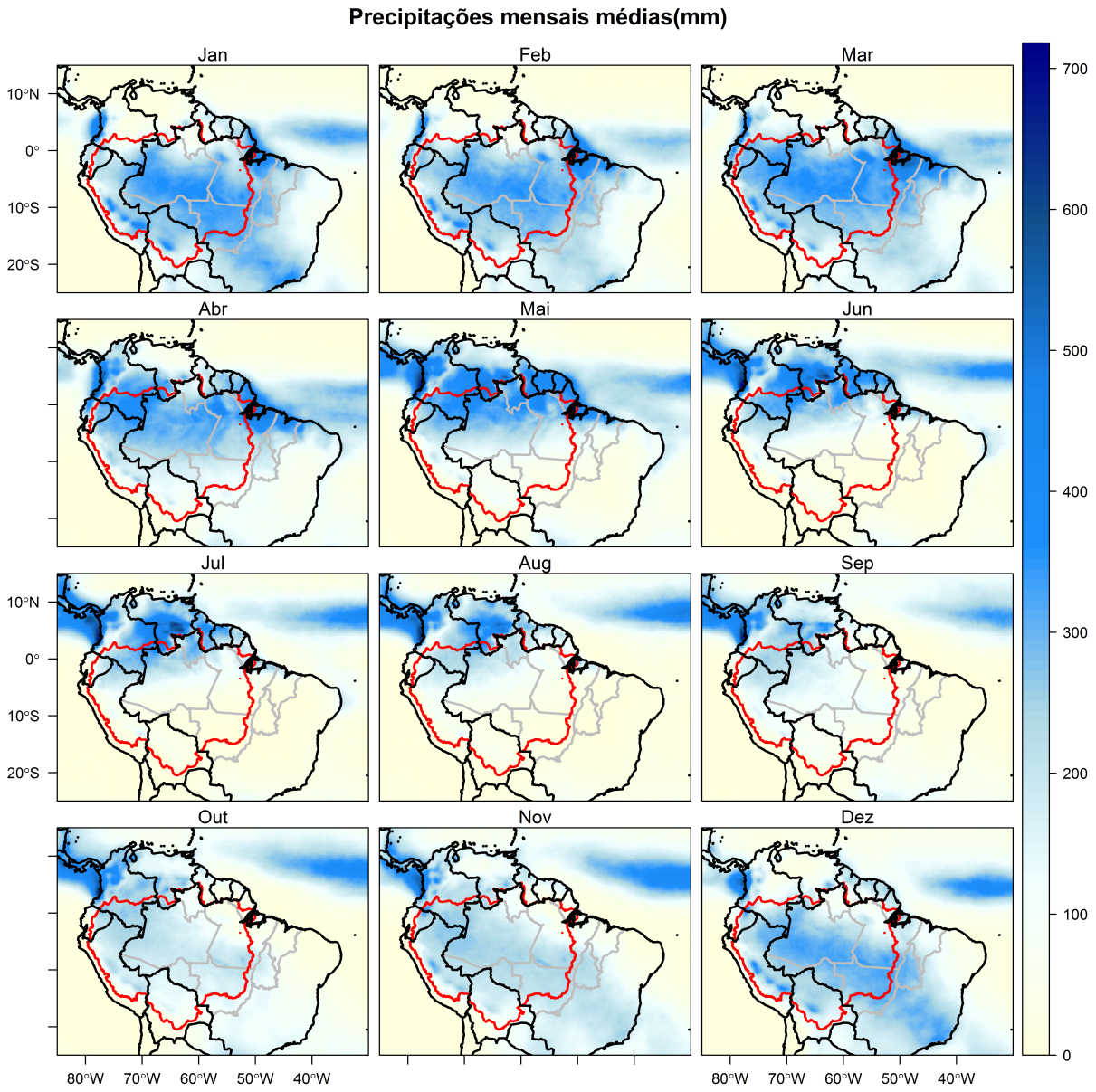


Figura 2: Precipitações médias mensais (mm) na bacia amazônica (linha vermelha) para o período de 1983 a 2013, a partir de dados do PERSIANN-CDR.

anteriores (Arvor et al. (2014)) e explica parcialmente porque a adoção de sistemas de safra-safrinha foi menos generalizada nessa região agrícola. As tendências são negativas (ínicio mais cedo) no centro do MT e em Rondônia mas não são significativas. Há tendências positivas (ínicio atrasado) na Bolívia e no norte do MT, mas só são significativas na Bolívia.

### 4.2.3. Fim da estação chuvosa

As datas de fim seguem um gradiente norte-sul. A variabilidade é menor nas datas de fim do que nas datas de inicio da estação chuvosa. Há uma tendência negativa (fim antecipado) e significativa no sul da Amazônia, partes do Acre e da Bolívia, Rondônia, e a parte oeste do MT, indicando uma tendência ao fim precoce da estação chuvosa. Observa-se o contrário, i.e., tendência positiva (fim atrasado) e significativa, no sudeste da área considerada (Goiás e Minas

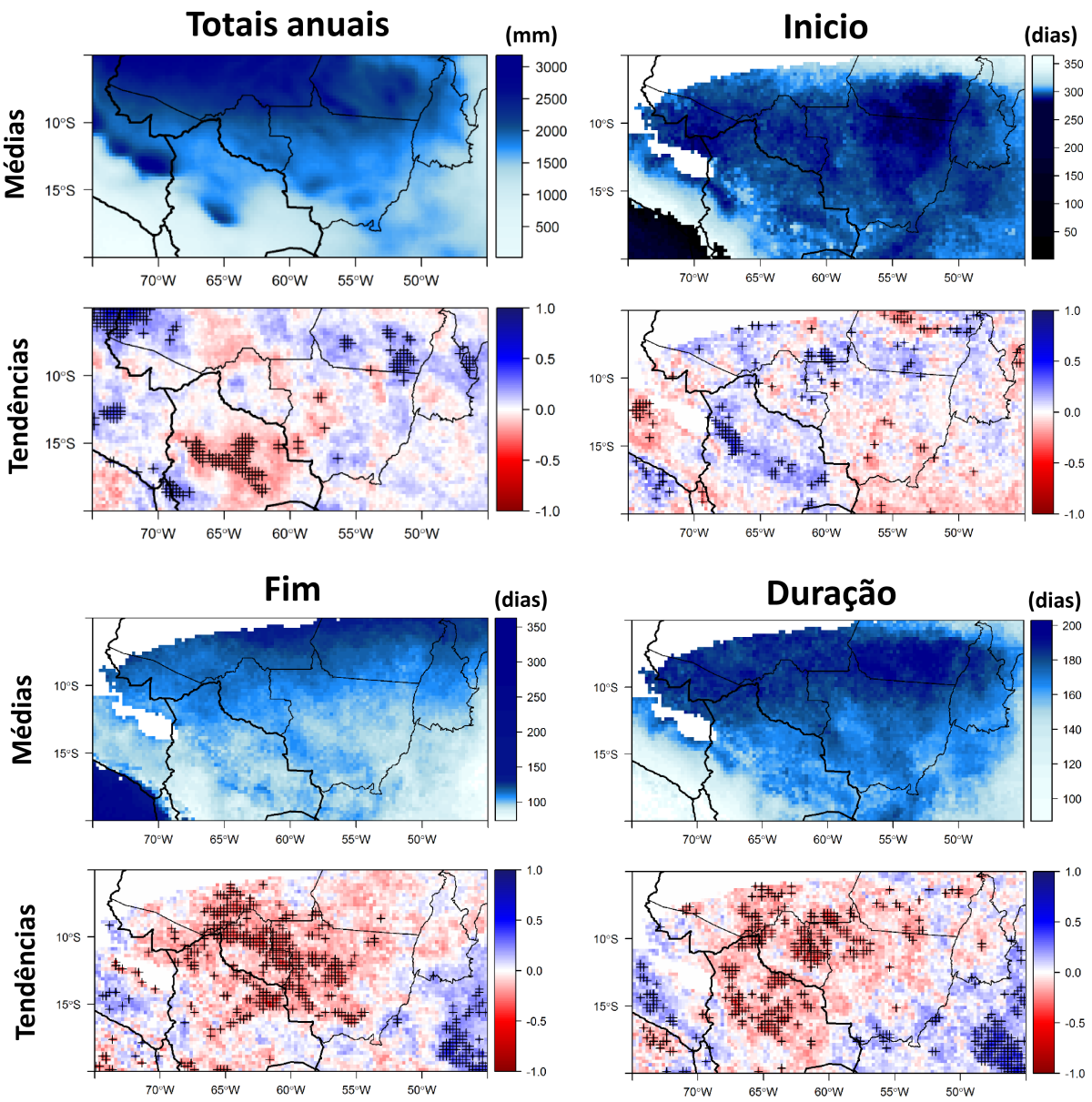


Figura 3: Totais pluviométricos, ínicio, fim e duração da estação chuvosa no sul da Amazônia, estimado a partir de dados PERSIANN-CDR, de 1983 a 2013. As datas de início e fim estão definidas em números de dias após o 01/01. As tendências correspondem ao $\tau$ de Mann-Kendall. As tendências significativas estão indicadas por cruzes. As áreas em branco correspondem a áreas onde a estação chuvosa não está bem definida.

Gerais).

#### 4.2.4. Duração da estação chuvosa

Consitentemente com os resultados de início e fim da estação chuvosa, a estação chuvosa se mostra mais longa no norte do que no sul da área de estudo. A variabilidade é maior na Bolívia, ao longo da Cordilheira Andina, e nas partes sul e norte da área de estudo. Encontramos tendências significativas de redução da duração na Bolívia, Rondônia e sul do Amazonas. Em Goiás há uma tendência ao aumento da duração da estação chuvosa.

## 5. Discussão e conclusões

Os dados PERSIANN-CDR foram disponibilizados ainda recentemente (2013) e por isso pouco utilizados para estudar mudanças climáticas em escala regional. Estes primeiros resultados confirmam sua relevância para esse tipo de aplicação. Nossos resultados estão em concordância com resultados de estudos anteriores indicando uma estação seca mais longa no sul da Amazonia. A redução da estação chuvosa estaria mais ligada a um fim antecipado do que ao atraso do ínicio da estação chuvosa. Porém, uma analíse mais fina é necessária para melhor entender se existem pequenas differenças que poderiam ser explicadas pelo comprimento da série temporal (30 anos). Este estudo também ressalta a emergência de sub-regiões (tais como a Serra do Cachimbo no sul do Pará ou a Chapada dos Parecis no Mato Grosso por exemplo) que não aparecem claramente em estudos baseados em dados de solo.

Embora os resultados na seção 4.1.1 apresentem padrões de distribução espacial da precipitação conforme aos conhecidos, estudos em outras regiões do mundo mostraram que podem existir erros na estimação dos maiores valores de precipitação devido à falta regional de pluviomêtros para ajustar o algoritmo (Thiemig et al. (2012)). Por isso, seria necessário fazer uma melhor avaliação prévia da qualidade das estimativas com dados in-situ.

Finalmente, pretendemos também estudar a possibilidade de modificar a metodologia de Liebmann et al. (2007), integrando um limiar fixo, como já foi feito em Arvor et al. (2014), o que permitiria mostrar novas dinâmicas da variabilidade espaço-temporal das precipitações na Amazônia.

## 6. Agradecimentos

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto H2020-MSCA-RISE-2015 ODYSSEA (Referência: 691053) financiado pela União Europeia.

### Referências

ARVOR, D. et al. Spatial patterns of rainfall regimes related to levels of double cropping agriculture systems in Mato Grosso (Brazil): Spatial patterns of rainfall regimes in Mato Grosso. *International Journal of Climatology*, v. 34, n. 8, p. 2622–2633, jun. 2014. ISSN 08998418. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.3863>.

ARVOR, D. et al. Mapping and spatial analysis of the soybean agricultural frontier in Mato Grosso, Brazil, using remote sensing data. *GeoJournal*, v. 78, p. 1–18, nov. 2012. ISSN 0343-2521, 1572-9893. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10708-012-9469-3>.

ASHOURI, H. et al. PERSIANN-CDR Daily Precipitation Climate Data Record from multisatellite observations for hydrological and climate studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 96, p. 69–83, 2014.

COOK, B.; ZENG, N.; YOON, J.-H. Will Amazonia dry out? Magnitude and causes of change from IPCC climate model projections. *Earth Interactions*, v. 16, p. 1–27, 2012.

DEBORTOLI, N. S. et al. Rainfall patterns in the Southern Amazon: A chronological perspective (1971–2010). *Climatic Change*, v. 132, p. 1–20, 2015.

DELAHAYE, F. et al. A consistent gauge database for daily rainfall analysis over the Legal Brazilian Amazon. *Journal of Hydrology*, v. 525, p. 292–304, 2015.

DUBREUIL, V. et al. Evolution de la frontière agricole dans le Centre Ouest du Mato Grosso. *Cahiers agricultures*, v. 14, p. 217–224, 2005.

DUBREUIL, V. et al. Impact of land-cover change in the Southern Amazonia Climate: A case study for the region of Alta Floresta, Mato Grosso, Brazil. *Environ. Mon. Assess.*, v. 184, p. 877–891, 2012.

FU, R. et al. Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. *PNAS*, v. 110, p. 18110–18115, 2013.

HSU, K. et al. Precipitation estimation from remotely sensed information using artificial neural networks. *J. Appl. Meteorol. Climatol.*, v. 36, p. 1176—1190, 1997.

HSU, K. et al. Estimation of physical variables from multichannel remotely sensed imagery using a neural network: Application to rainfall estimation. *Water Resour. Res.*, v. 35, p. 1605—1618, 1999.

LIEBMANN, B. et al. Onset and end of the rainy season in South America in observations and the ECHAM 4.5 Atmospheric General Circulation Model. *J. Clim.*, v. 20, p. 2037–2050, 2007.

MARENGO, J. A. et al. Recent developments on the South American monsoon system. *Int. J. Climatol.*, v. 32, p. 1–21, 2012.

MICHOT, V.; DUBREUIL, V.; RONCHAIL, J. Variabilité interannuelle des dates de début et de fin de la saison des pluies dans l'arc de déforestation amazonien. In: AIC (Ed.). *Actes du 27e colloque de l'AIC*. Dijon, France: [s.n.], 2014. v. 27, p. 212–218. Disponível em: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01021011>.

SOROOSHIAN, S. et al. *NOAA Climate Data Record (CDR) of Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks (PERSIANN-CDR), Version 1 Revision 1 [1983-2008].* 2014. NOAA National Centers for Environmental Information, DOI:10.7289/V51V5BWQ.

THIEMIG, V. et al. Validation of Satellite-Based Precipitation Products over Sparsely Gauged African River Basins. *Journal of Hydrometeorology*, v. 13, n. 6, p. 1760–1783, dez. 2012. ISSN 1525-755X, 1525-7541. Disponível em: <http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/JHM-D-12-032.1>.