

Impactos de extremos climáticos e do uso da terra na hidrologia do Município de Cuiabá, Estado de Mato Grosso, Brasil

Impacts of climatic extremes and land use on hydrology in the Municipality of Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil

Impactos de los extremos climáticos y el uso del suelo en la hidrología en el Municipio de Cuiabá, Estado de Mato Grosso, Brasil

Recebido: 06/06/2020 | Revisado: 20/06/2020 | Aceito: 24/06/2020 | Publicado: 05/07/2020

Dênis José Cardoso Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6441-6783>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: deniss.feg@gmail.com

Priscila dos Santos Ribeiro

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8701-7459>

Universidade Federal do Pará, Brasil

E-mail: priscilaribeiro175@gmail.com

Gustavo Francesco de Moraes Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7681-2318>

Instituto Federal do Pará, Brasil

E-mail: gustavo.dias@ifpa.edu.br

Resumo

O monitoramento das variações hidroclimáticas associadas as mudanças do uso da terra é fundamental na análise de riscos e prevenções de desastres naturais. O objetivo do estudo é analisar a relação dos índices climáticos com a precipitação, e está com o regime fluvial em um período de 34 anos (1983-2016), observando as mudanças do uso da terra (1988-2018) no Município de Cuiabá no Estado do Mato Grasso (MT). Utilizou-se dados de índices climáticos da National Oceanic and Administration Atmospheric; dados hidrológicos da Agência Nacional das Águas; dados estimados de chuva do Global Precipitation Climatology Center e de uso da terra do Projeto MapBiomas. Organizou-se os dados e calculou-se os índices estatísticos de ajuste, além de usar ferramentas de geoprocessamento do Sistema de Informação Geográfica para produção do mapa de uso da terra. Observou-se em alguns anos extremos a influência do clima na precipitação local. A sazonalidade hidrometeorológica

caracterizou-se nas estações chuvosas (Nov-Mar) e a época da estiagem (Abr-Out); e a espacialização pluvial aumentando no sentido oeste-leste, sendo a validação dos dados (medidos x estimados) com excelente ajuste. O uso da terra mostrou o intenso desmatamento devido o avanço das áreas de pasto. O sistema fluvial apresentou tendências de diminuição, mesmo com o regime pluvial crescente e o uso da terra favorecendo o aumento do fluxo de descarga hídrica.

Palavras-chave: Teleconexão; Precipitação; Meio ambiente.

Abstract

The monitoring of hydroclimatic variations associated with land use changes is essential in the analysis of risks and prevention of natural disasters. The objective of the study is to analyze the relationship between climatic indexes and precipitation, and is with the fluvial regime over a period of 34 years (1983-2016), observing the changes in land use (1988-2018) in the municipality of Cuiabá- MT. Climate index data from the National Oceanic and Administration Atmospheric were used; hydrological data from the National Water Agency; estimated rainfall data from the Global Precipitation Climatology Center and land use from the MapBiomas Project. The data was organized and the statistical adjustment indexes were calculated, in addition to using geoprocessing tools from the Geographic Information System to produce the land use map. In some extreme years, the influence of climate on local precipitation was observed. Hydrometeorological seasonality was characterized in the rainy seasons (Nov-Mar) and the dry season (Abr-Out); and the rain spatialization increasing in the west-east direction, with the validation of the data (measured x estimated) with excellent adjustment. Land use showed intense deforestation due to the advance of pasture areas. The river system showed decreasing trends, even with the increasing rainfall regime and the use of land favoring the increase in the flow of water discharge.

Keywords: Teleconnection; Rainfall; Environmental.

Resumen

El monitoreo de las variaciones hidroclimáticas asociadas con los cambios en el uso del suelo es esencial en el análisis de riesgos y la prevención de desastres naturales. El objetivo del estudio es analizar la relación de los índices climáticos con la precipitación, y es con el régimen fluvial durante un período de 34 años (1983-2016), observando los cambios en el uso del suelo (1988-2018) en el municipio de Cuiabá- MONTE. Se utilizaron datos del índice climático del National Oceanic and Administration Atmospheric; datos hidrológicos de la

Agencia Nacional del Agua; datos estimados de lluvia del Centro Global de Climatología de Precipitación y uso de la tierra del Proyecto MapBiomass. Se organizaron los datos y se calcularon los índices de ajuste estadístico, además de usar herramientas de geoprocésamiento del Sistema de Información Geográfica para producir el mapa de uso de la tierra. En algunos años extremos, se observó la influencia del clima en la precipitación local. La estacionalidad hidrometeorológica se caracterizó en las estaciones lluviosas (noviembre-marzo) y la estación seca (Abr-Out); y la espacialización de la lluvia aumenta en la dirección oeste-este, con la validación de los datos (medidos x estimados) con un excelente ajuste. El uso de la tierra mostró una deforestación intensa debido al avance de las áreas de pastoreo. El sistema fluvial mostró tendencias decrecientes, incluso con el aumento del régimen de lluvias y el uso de tierras que favorecen el aumento en el flujo de descarga de agua.

Palabras clave: Teleconexión; Precipitación; Medio ambiente.

1. Introdução

Nos últimos anos, o estudo e monitoramento do clima nas mais variadas escalas de tempo e espaço tem sido intensificado devido ao elevado aumento do risco a desastres naturais vinculados a mudanças climáticas, impactando no sistema hidrológico ocasionando prejuízos no âmbito socioambiental e econômico (Oldenborgh et al., 2017; Glasser, 2020; Hudson et al., 2020).

A precipitação é a componente do ciclo hidrológico que reflete os efeitos das condições atmosféricas sobre a superfície terrestre influenciando na flutuação da cota e vazão dos rios, onde alguns fenômenos meteorológicos podem provocar eventos de enchentes, inundações, enxurradas, secas extremas e erosões (Licco et al., 2015; Gomes et al., 2019), tornando um risco a cidades próximas de rios como Cuiabá-MT.

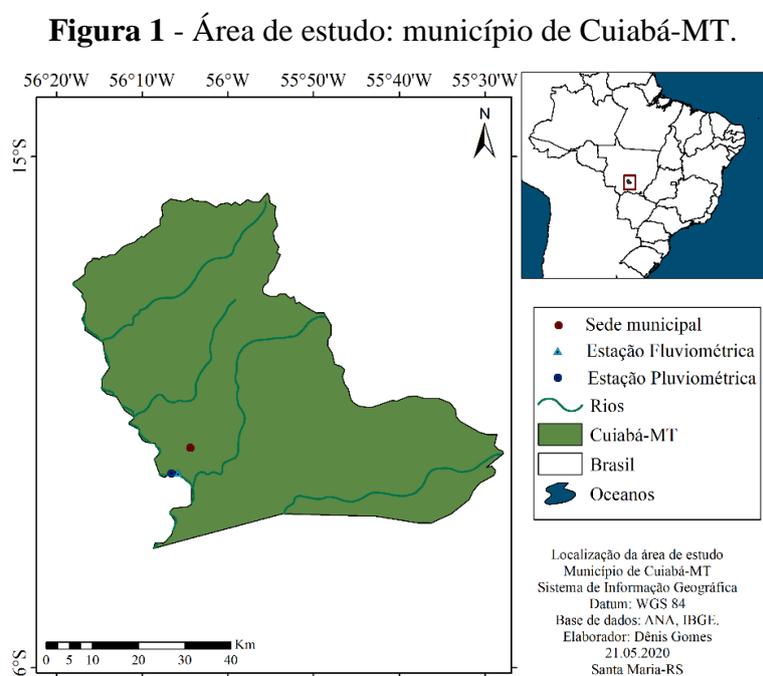
O Estado do Mato Grosso é marcado pela forte atividade agrícola que é altamente sensível às variabilidades climáticas e conseqüentemente dependente de tais informações para a produção (Ramos et al., 2017). Por tanto, alguns estudos apontam que além do clima, o acelerado avanço do uso da terra de modo não sustentável modifica o padrão fluvial ao longo do tempo (Lee et al., 2018).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo é analisar a relação dos índices climáticos com a precipitação, e está com o regime fluvial em um período de 34 anos (1983-2016), observando as mudanças do uso da terra (1988-2018) no município de Cuiabá-MT.

2. Material e Métodos

O presente estudo se caracteriza como estudo de caso pois é uma análise mais detalhada sobre as variáveis precipitação e uso e cobertura no município de Cuiabá-MT. Além disso, a pesquisa se encaixa como quantitativa, pois faz-se a coleta de dados quantitativos, este método gera um conjunto de dados que podem ser analisados por meio de técnicas matemáticas como é o caso das porcentagens, estatísticas e probabilidades, métodos numéricos, métodos analíticos e geração de equações e/ou fórmulas matemáticas aplicáveis a algum processo (Pereira et al., 2018).

O Município de Cuiabá localiza-se na região centro-oeste brasileira ao sul do Estado do Mato Grosso sob domínio do bioma do cerrado abrangendo cerca de 3.266,5 km² com população de 612.547 hab. (IBGE, 2020) como ilustra a Figura 1. A Climatologia da região é caracterizada por precipitações médias anuais de 1.250,0 mm, temperaturas médias mínimas e máximas do ar de 22 °C e 35 °C respectivamente, umidade relativa do ar de 76 %, velocidade e direção do vento de 2 m.s⁻¹ de SO (INMET, 2020). A hidrografia é composta pelos rios Aricá-Açu, Bandeira, Caxipó, Caxipó-Açu e o principal Cuiabá (ANA, 2020). A pedologia é composta por plintossolos (predominantes) e neossolos (EMBRAPA, 2018).



Fonte: Os autores (2020).

Os dados de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) foram adquiridos na plataforma da *National Oceanic and Administration Atmospheric* (NOAA, 2020). Os dados pluviométricos e fluviométricos foram obtidos pelo pluviômetro da Agência Nacional das Águas (ANA, 2020). Utilizou-se somente dados pluviais com baixo número de falhas (Mendes & Zukowski Jr, 2019) em um intervalo de tempo de 34 anos (1983-2016), onde nesta série histórica observou-se ausência de dados nos anos de 1990, 1991, 1994, 1996 e 1997. Por tanto, mesmo não alterando significativamente a representação da climatologia local, foi usado o conjunto de dados de interpolação do *Global Precipitation Climatology Centre* (GPCC) da NOAA (2019) para analisar a distribuição espacial-temporal pluviométrica.

O produto calculado pelo GPCC foi utilizado e validado (Sun et al., 2017; Hu et al., 2018; Dias et al., 2020) para representar as áreas sem pluviômetros. O uso e cobertura da terra adotou-se a classificação proposta pelo Projeto MapBiomias (2020) e obtido no *Google Engine Earth* assim como Cassol et al. (2020) para o Mato Grosso e gerado por geoprocessamento no Sistema de Informações Geográfica.

Os dados hidro climatológicos (ANA, 2020) foram observados no software Hidro 1.3 e organizados no software Excel 2016 para gerar as figuras de variação temporal. Calculou-se o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) desenvolvido por Rooy (1965), sendo modificado por Freitas (2005) e adotado para a análise hídrica (Marcuzzo, Melo e Rocha, 2011; Hänsel et al., 2015; Lins et al., 2017) mostrados pelas Equações 1 e 2.

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(M - \bar{N})} \right] \quad (1)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(X - \bar{N})} \right] \quad (2)$$

Onde: N = Precipitação atual (mm.mês⁻¹); \bar{N} = Média da precipitação mensal da série histórica (mm); M = Média das dez maiores precipitações mensais da série histórica; X = Média das dez menores precipitações mensais da série histórica.

A relação entre as TSM's e a pluviosidade anual foi feita ressaltando os maiores e menores totais pluviométricos observados, acima e abaixo, do desvio padrão da média da série histórica para identificação dos extremos climáticos e classificação do IAC (Jorge; Lucena, 2018). A Tabela 1 ilustra a classificação da intensidade pluviométrica através do IAC.

Tabela 1 - Classificação do Índice de Anomalia de Chuva.

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Classe Pluviométrica
≥ 4	Extremamente Chuvoso
$2 > 4$	Muito Chuvoso
$0 > 2$	Chuvoso
$0 < -2$	Seco
$-2 < -4$	Muito Seco
≤ -4	Extremamente Seco

Fonte: Jorge e Lucena (2009). Adaptado por autor (2020).

Percebe-se com a tabela que a partir do Índice de Anomalia de Chuva podemos identificar qual a classe pluviométrica presente na região de estudo, essas classes variam de extremamente chuvoso a extremamente seco conforme Jorge & Lucena (2009).

A estatística foi aplicada (Dias et al., 2020) com o coeficiente de correlação de Pearson (r) ilustrada pela Equação 3 e coeficiente de determinação (r^2) pela Equação 4 para investigar a relação entre os índices climáticos, precipitação e regime fluviométrico da cidade de Cuiabá-MT conforme feito por Franca e Mendonça (2016), assim como Gomes et al. (2019).

$$r = \frac{\sum(X-\bar{X})(Y-\bar{Y})}{\sqrt{\sum(X-\bar{X})^2 \cdot \sum(Y-\bar{Y})^2}} \quad (3)$$

A correlação de Pearson mostra o nível de relação entre duas variáveis, variando entre -1 e 1 (Souza et al., 2018).

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (4)$$

O coeficiente de determinação é o valor de ajuste da estatística de regressão linear de um modo geral com base nos valores observados, variando entre 0 e 1 (porcentagem) informando o quanto o modelo estatístico explica a variável observada (Terassi et al., 2017).

O coeficiente de Nash-Sutcliffe (NS) mostrado na Equação 5 foi desenvolvido por Nash e Sutcliffe (1970) para analisar a eficiência de modelos hidrológicos, variando de -1 a 1 e sendo ótimo acima de 0,90, além disto foi usado para calibrar a precipitação estimada (Rata et al., 2020), assim como a do produto do GPCC (Dias et al., 2020).

$$NS = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_{EST} - P_{OBS})^2}{\sum_{i=1}^n (P_{OBS} - \bar{P}_{OBS})^2} \quad (5)$$

O Índice de Willmott (IW) ilustrado na Equação 6 informa o quando a precipitação estimada aproxima-se da precipitação observada, onde varia de 0 a 1 e o $IW > 0,85$ é considerado excelente (Damé et al., 2014; Serrão et al., 2016).

$$IW = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (V_{EST} - V_{OBS})^2}{\sum_{i=1}^n (|V_{EST} - \bar{V}_{OBS}| + |V_{OBS} - \bar{V}_{OBS}|)^2} \quad (6)$$

O coeficiente de U (Equação 7) é a medida qualitativa de precisão dos dados estimados e observados, sendo $U > 1$ indica a superestimação em relação aos dados observados e $U < 1$ a subestimação aos dados reais; $U \cong 0$ significa que os dados estimados estão próximos ao estimados (Serrão et al., 2016; Dias et al., 2020).

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{SWAT} - V_{obs})^2}{(\sum_{i=1}^n (V_{obs})^2)}} \quad (7)$$

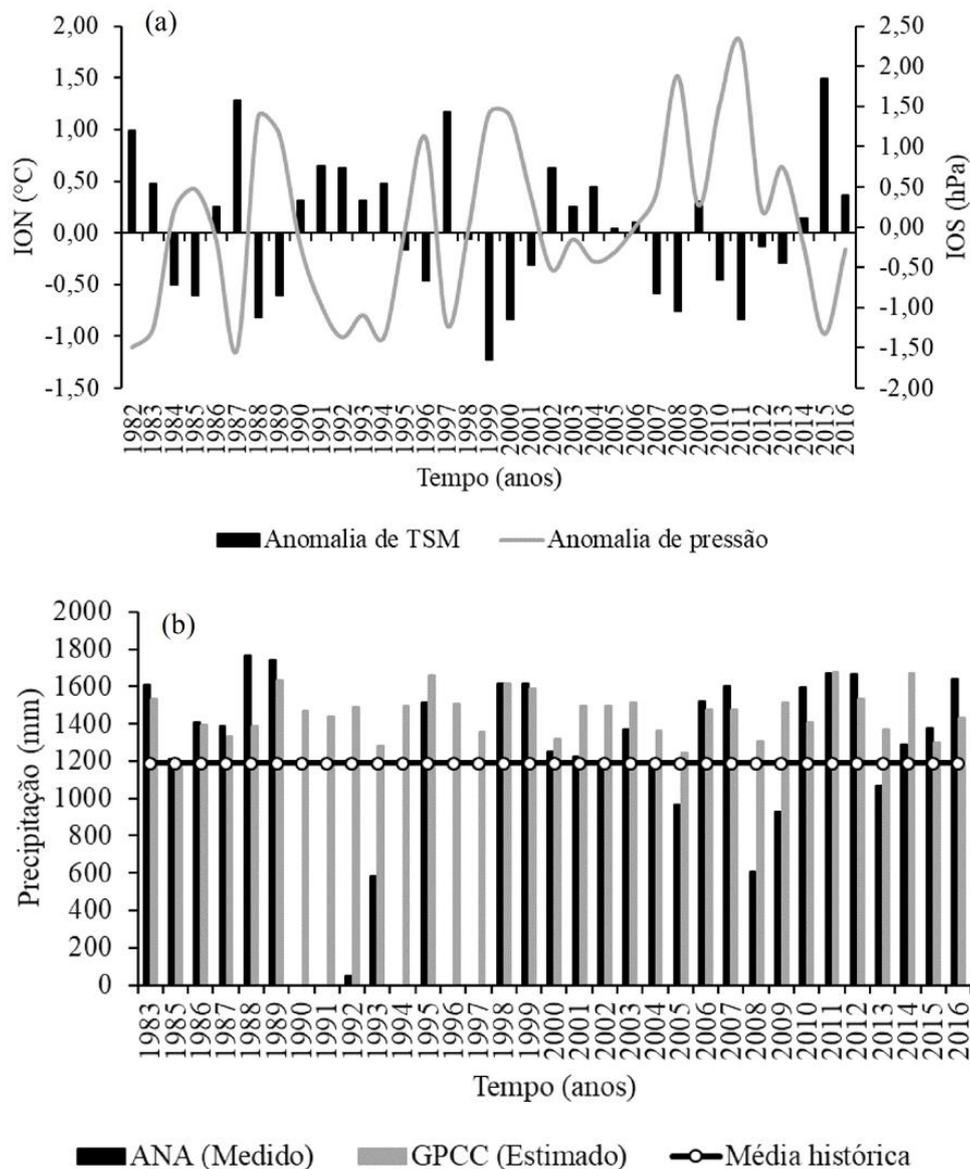
3. Resultados e Discussão

Nas oscilações climáticas (Figura 2a) oriundas do Pacífico tropical, destacam-se os anos de 1987 (1,28 °C), 1997 (1,17 °C) e 2015 (1,49 °C) como os maiores aquecimentos da água superficial, favorecendo a eventos de El Niño. Em 1988 (-0,81 °C), 1999 (-1,23 °C) e 2011 (-0,83 °C) foram os anos mais anormalmente frios observados, contribuindo para a ocorrência do fenômeno La Niña.

O El Niño (La Niña) é o fenômeno da interação oceano-atmosfera do Pacífico tropical, centro-oriental, possuindo a fase positiva (negativa) sendo responsável pela diminuição (aumento) da precipitação na região norte brasileira e no nordeste sententrional (Salgueiro et al., 2016). O efeito de cada fenômeno ou fase é oposto para o sul do Brasil, assim como para algumas áreas do sudeste e centro-oeste mesmo com escalas de impactos distintos (Grimm, Ferraz e Gomes, 1998; Oliveira, Marcuzzo & Barros, 2015).

As flutuações barométricas (Figura 2a) apresentaram as maiores anomalias positivas em 1999 (1,41 hPa), 2008 (1,88 hPa) e 2011 (2,31 hPa), indicando resfriamento do oceano e a formação de episódios de La Niña nestes anos. A Figura 2b mostra a variabilidade média interanual pluviométrica do município de Cuiabá-MT.

Figura 2 - (a) Variabilidade temporal da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) (a) no período de 35 anos (1982-2016) do Oceano Pacífico tropical: índice Oceânico Niño (ION) e Índice Oscilação Sul (IOS). (b) Variabilidade interanual pluviométrica: Município de Cuiabá-MT.



Fonte: NOAA (2020); ANA (2020). Adaptado por autor (2020).

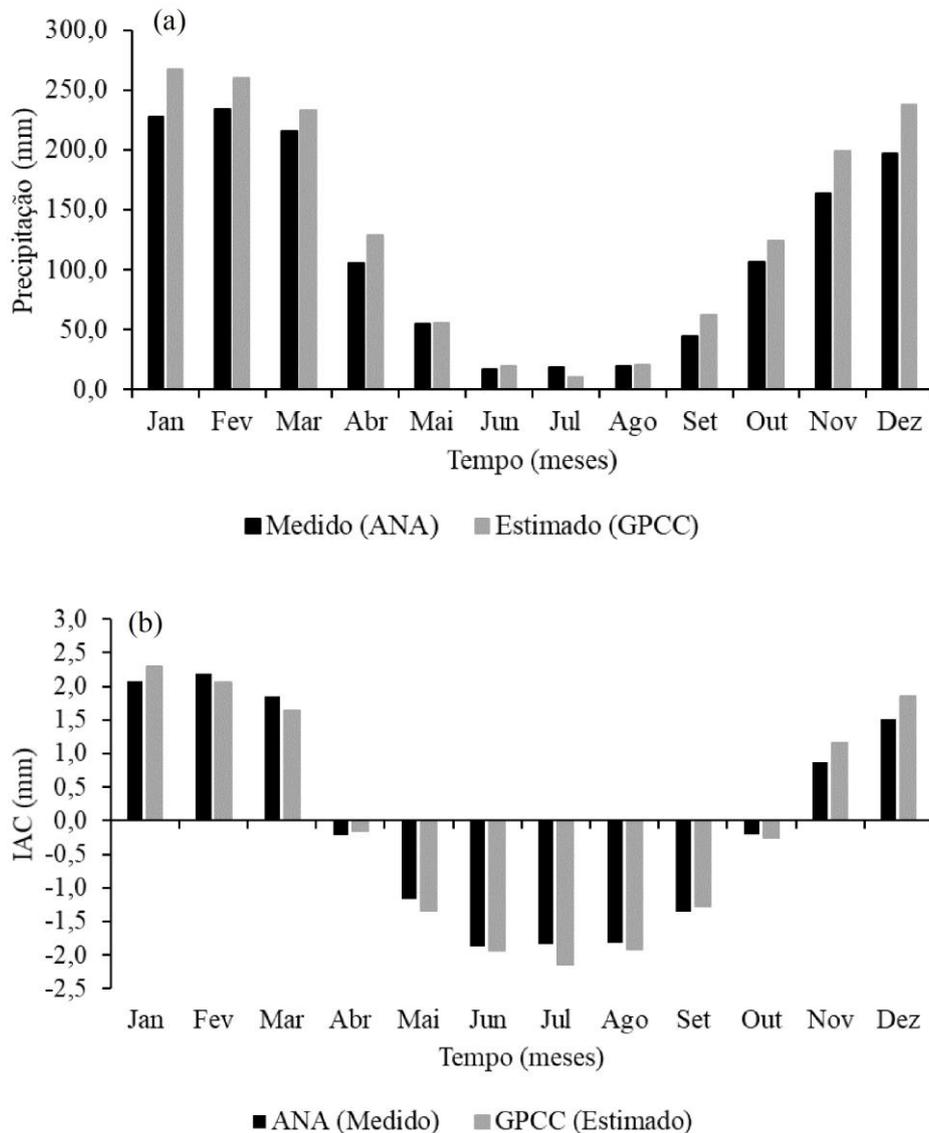
Conforme as figuras os anos de 1987 (-1,56 hPa), 1994 (-1,37 hPa) e 2015 (-1,33 hPa) mostraram os índices negativos de pressão sobre o Pacífico, isto significa as águas anormalmente quentes nestes períodos. Além disso, o mínimo valor pluviométrico observado (medido) foi no ano de 1993 (579,3 mm), mesmo com tendências climáticas apontando favorável ao aumento da pluviosidade. Entretanto, o máximo total pluviométrico (medido) em 1988 (1.767,1 mm) possivelmente refletiu o forte El Niño de 1987. A menor precipitação

estimada foi no ano de 1985 (1.197,1 mm) e a maior em 1995 (1.659,3 mm). Vale ressaltar que os valores medidos discutidos foram de anos com registros completos (sem falhas) em sua série anual.

Segundo Siqueira & Molion (2015) na região da TSM, ocorre uma variabilidade na pressão ao nível médio do mar com dois polos de efeitos opostos (gangorra barométrica) em Tahiti e Darwin, sendo desenvolvido um índice (IOS) para caracterizar esta oscilação com os valores positivos (La Niña) e negativos (El Niño).

Na Figura 3a variação da média mensal pluvial observa-se o trimestre mais chuvoso (Jan-Fev-Mar) medido (227,8 mm-233,7 mm-216,0 mm) e estimado (267,7 mm-260,3 mm-233,6 mm), onde conforme Seluchi e Cho (2009) estes altos valores podem estar associados ao período de intensificação do principal sistema meteorológico indutor pluviométrico da região, a Zona de Convergência do Atlântico (ZCAS). O trimestre menos chuvoso (Jun-Jul-Ago) medido (16,9 mm-19,0 mm-19,5 mm) e estimado (19,6 mm-10,6 mm-20,6 mm), sendo a diminuição atribuída pela desintensificação da ZCAS neste período e a aproximação da massa polar atlântica (Marcuzzo, Melo & Rocha, 2011; Rodrigues, Senna & Cataldi, 2016).

Figura 3 - Variabilidade mensal pluviométrica (a) (1983-2016) e Índice de Anomalia de Chuva (b) (IAC): município de Cuiabá-MT.



Fonte: ANA (2020). Adaptado por autor (2020).

A ZCAS é um dos principais sistemas sinóticos precipitantes no Brasil caracterizada por uma faixa de nebulosidade posicionada no sentido NO-SE (sul da Amazônia-sudeste brasileiro) estendendo-se até o Atlântico sul modulando o regime pluviométrico sazonal dessas regiões (Ambrizzi; Ferraz, 2015; Nielsen et al., 2018).

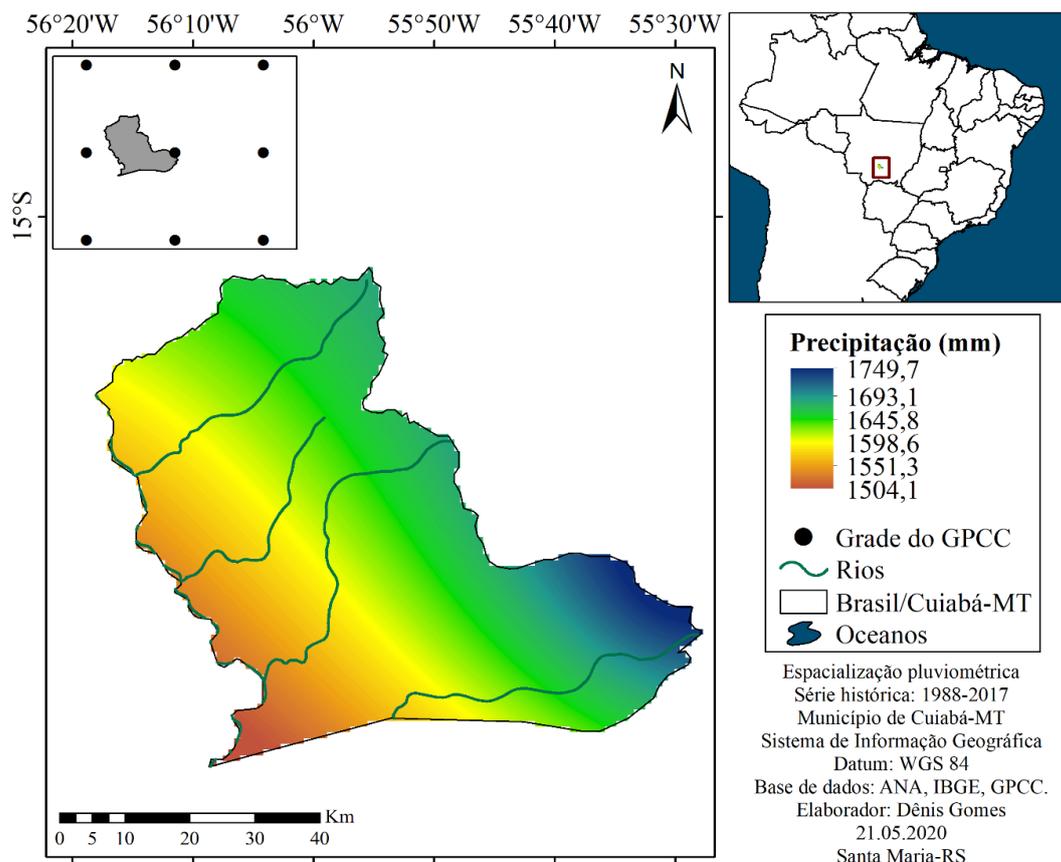
O IAC mensal (Figura 3b) mostra o excedente pluvial (Nov-Mar) devido a estação chuvosa apontando as medições (0,9 mm-1,9 mm), com o maior valor em Fev (2,2 mm); a estimativa (1,1 mm-1,6 mm) indicou Jan (2,3 mm) com mês de maior abastecimento hídrico. O período (Abr/Out) é marcado com a escassez hídrica influenciada pela estação da estiagem,

sendo medido (-0,2 mm/-0,2 mm) com destaque para Jun (-1,9 mm) como mês crítico apresentando forte déficit hídrico; a estimação (-0,1 mm/0,25 mm) apresentou Jul (2,1 mm).

Pesquisas utilizando o IAC para investigar-se os efeitos dos padrões pluviométricos na recarga hídrica e/ou no déficit hídrico de uma cidade foram aplicadas apresentando associações com extremos climáticos (Jorge; Lucena, 2018). Para o estado do Mato Grosso, Marcuzzo, Melo & Rocha (2011) analisaram a climatologia e sazonalidades obtendo resultados próximos.

Na distribuição espacial pluviométrica da cidade de Cuiabá-MT (Figura 4) é observado as menores precipitações (1.504,1 mm-1.598,6 mm) caracterizando o lado oeste da região, sendo a porção a sudoeste a mais crítica e susceptível a eventuais estiagens. A parte leste é marcada pelos maiores regimes pluviométricos (1.645,8 mm-1.749,7 mm) concentrando-se á sudeste impactando com mais intensidade esta área da cidade.

Figura 4 - Variabilidade espacial média anual pluviométrica (1988-2017): município de Cuiabá-MT.



Fonte: GPCC (2020). Adaptado por autor (2020).

Marcuzzo, Andrade e Melo (2011) estudaram diversos métodos de espacialização da precipitação para o estado do Mato Grosso mostrando o quão imprescindível é este artifício devido muitas vezes a área de estudo apresentar baixa densidade de estações pluviométricas. Outros trabalhos também apontaram o uso de estimadores para suprir regiões que mesmo havendo boa distribuição de estações estas possuem falhas na série histórica consideráveis (Gomes et al., 2019).

A Tabela 2 ilustra a validação da estatística aplicada para os dados medidos (ANA) e estimados (GPCC). A utilização desses índices foi satisfatória com uma excelente relação de $r = 0,99$ e $r^2 = 0,98$. O NS (0,99), IW (0,99) também indicaram uma alta correlação; além do U (0,03) que aponta uma calibração perfeita entre os dados. A validação do conjunto de dados do GPCC também houve resultados similares por outros trabalhos (Serrão et al., 2016; Santos et al., 2017; Dias et al., 2020).

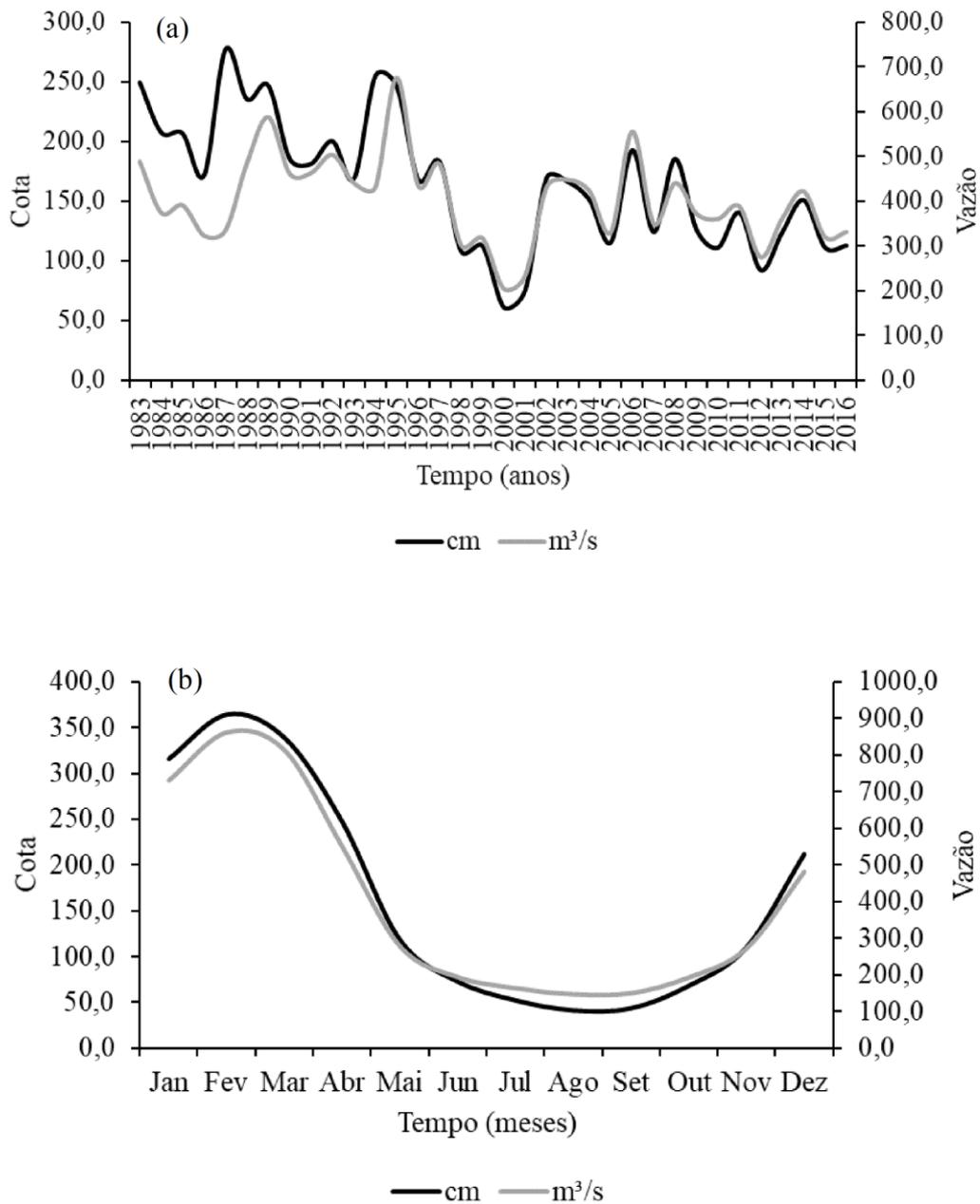
Tabela 2 - Índices estatísticos da validação pluvial: ANA (Medido) x GPCC (Estimado).

Índices	Magnitudes
r	0,99
r²	0,98
NS	0,99
IW	0,99
U	0,03

Fonte: Autor (2020).

A Figura 5a destaca a oscilação anual fluviométrica do rio Cuiabá, onde o ano de 1987 (277,1 cm) apresentou a maior cota. Enquanto que em 2000 (61,0 cm) foi registrada o menor nível do rio. O maior valor de vazão foi em 1995 (675,8 m³/s) e o menor no ano de 2000 (202,8 m³/s). Nestes anos foram observados volumes pluviais acima da média histórica; e mesmo o regime de chuvas não demonstrando tendências de crescimento no sistema fluvial notadamente houve um declínio considerável na série de dados.

Figura 5 - Variabilidade média fluviométrica (1983-2016) do rio Cuiabá: município de Cuiabá-MT.



Fonte: ANA (2020). Adaptado por autor (2020).

A flutuação mensal fluvial do rio Cuiabá (Figura 5b) é caracterizada pelo trimestre de maior cota em Jan-Fev-Mar (315,9 cm-364,2 cm-339,0 cm) acompanhando a sazonalidade das chuvas locais. No entanto o trimestre de menor lâmina d'água é Jul-Ago-Set (52,2 cm-41,4 cm-43,5 cm) com uma defasagem de 1 mês da vazante. O trimestre de máxima descarga líquida é Jan-Fev-Mar (730,9 m³/s-862,3 m³/s-814,0 m³/s). A vazão mínima é no trimestre

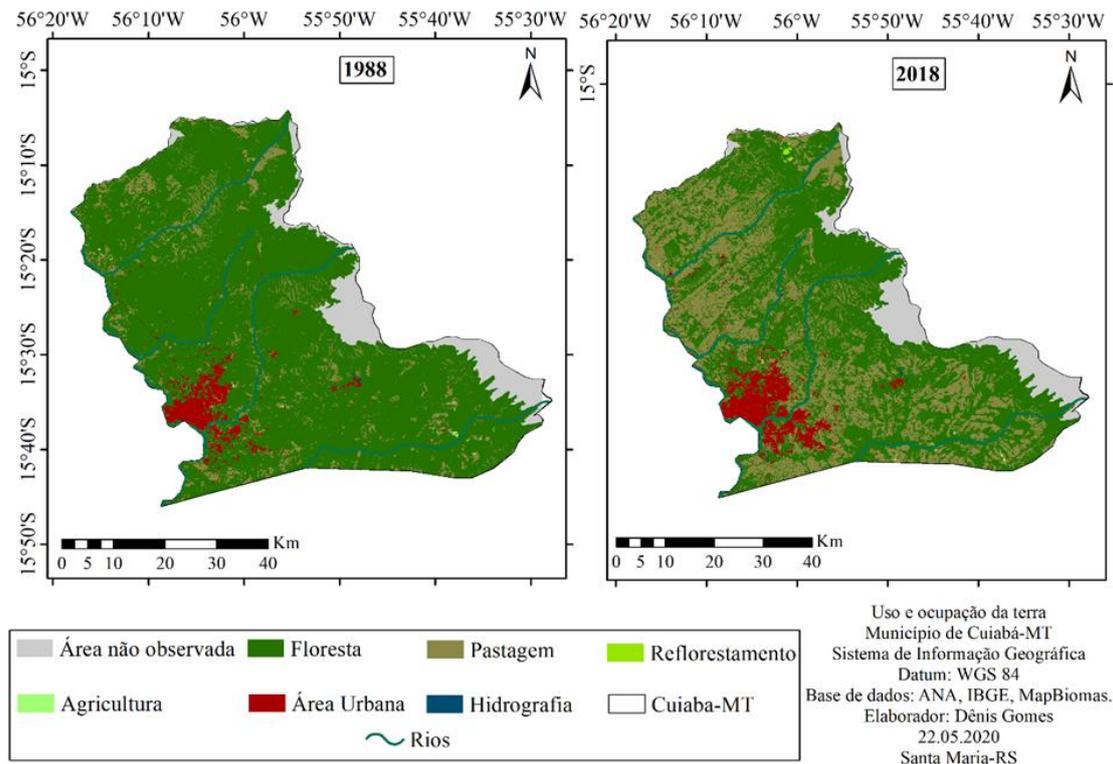
Jul-Ago-Set (162,7 m³/s-146,1 m³/s-148,9 m³/s). Ambos períodos de mesmo comportamento da cota.

O monitoramento das mudanças climáticas associadas a ações antropogênicas e seus reflexos nos sistemas hidrometeorológicos regionais são essenciais para a prevenção de inundações e enchentes em cidades próximas aos rios (Gomes et al., 2019). Neste sentido, modelos de predição de chuvas para o estado do Mato Grosso foram aplicados e validados por Oliveira et al. (2011) com a finalidade de contribuir nos planejamentos socioambientais. Chiaranda et al. (2012) analisou a relação da precipitação e vazão (1962-1998) na bacia hidrográfica do rio Cuiabá apresentando alguns resultados próximos, porém com 1 mês de defasagem, mostrando a importância da atualização e complementação de trabalhos.

Assim, outro aspecto crucial na investigação da variabilidade hidrológica é a dinâmica do uso e ocupação da terra, visto que muitos estudos apontam como causador de impactos hídricos como na bacia do rio Xingu (Dias et al., 2015; Panday et al., 2015), onde dependendo de diversos fatores ambientais como o clima podem ocasionar escassez da água (secas extremas) ou sob efeitos opostos excessos hídricos que promovem desastres naturais (Brath, Montanari e Moretti, 2006; Rogger et al., 2017).

Observa-se na Figura 6 as alterações do uso e ocupação da terra do município de Cuiabá-MT ao longo do tempo composta por seis coberturas, além das áreas não observadas.

Figura 6 - Mudanças do uso e ocupação da terra (1988-2018): município de Rio Branco-AC.



Fonte: MapBiomias (2020). Adaptado por autor (2020).

Identifica-se que em 1988, a Floresta predomina abrangendo 81 % de área. Os territórios destinados a Pastagem apresentam cerca de 8,4 % com a maior parte á noroeste. A Área urbana com 3,3 % concentra-se ás margens do rio Cuiabá e Caxipó. Enquanto que a Agricultura e Hidrográfia possuem menores áreas distribuidas com 0,1 cada. Entranto, no ano de 2018 identifica-se consideráveis mudanças, pois as áreas de Floresta decaíram para 55,0 %, provavelmente devido o avanço da Pastagem que aumentou seu território para 32,4 % em toda parte dentro dos limites municipais. As Áreas urbanas também cresceram para aproximadamente 5,0 %; enquanto a Agricultura e Hidrográfia continuaram com as mesmas áreas, indenticou-se também há presença de pequena área de reflorestamento ao norte de 0,08 %.

O acelerado avanço da ocupação desordenada na região do centro-oeste brasileiro é caracterizado pela intensificação da supressão da cobertura vegetal para finalidades de atividades agrícolas, sendo esta expansão realizada sem conservação ambiental adequada favorecida por fatores antrópicos como construção de infraestruturas viárias para o escoamento dos produtos agrícolas, aperfeiçoamento do maquinário e da logística, além de aspectos naturais como topografia pouca acidentada condicionando explorar maiores terras,

assim gerando graves impactos ao meio ambiente como erosões do solo, escassez hídrica e degradação da paisagem natural (Oliveira, Ferreira e Araújo, 2012; Pereira et al., 2016; Almagro et al., 2017). Simoes et al. (2020) estudou o estado do Mato Grosso e em seus resultados também apontou a expansão do Pasto.

Logo, percebe-se que essa supressão vegetal que está ocorrendo na região é direcionada para o aumento de áreas para atividades agrícolas e pastagem, esse padrão é identificado em outras áreas do Brasil e está crescendo na região norte. Medidas públicas devem ser adotadas visando a diminuição do impacto ocasionado pelo desmatamento, para que possamos ter um meio ambiente sustentável.

4. Considerações Finais

Dessa forma, percebe-se que analisar a precipitação, regime fluvial e as mudanças do uso da terra em diversas regiões do país é fundamental para identificarmos os impactos que estão sendo ocasionados no meio ambiente e como podemos mitigá-los por meio de ações governamentais e da sociedade.

Os efeitos do clima sobre a precipitação do centro-oeste brasileiro ainda são pouco estudados, porém, observa-se as tendências dos mecanismos climáticos influenciarem na pluviosidade anual da cidade.

Deste modo, os sistemas fluviais do rio Cuiabá também acompanham as oscilações de chuva, destacando o declínio observado da cota e vazão na série histórica, mesmo com o regime pluviométrico aumentando nos últimos anos e as modificações intensas do uso da terra tornando o solo mais compacto (diminuindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial pluvial).

Tais condições favorecem ao aumento do fluxo da descarga fluvial, o que não é identificado. Este cenário levanta questionamentos para investigações sobre o motivo da diminuição deste padrão hidrológico, para prevenir possíveis impactos de escassez hídrica no rio Cuiabá.

Dentre algumas das possibilidades para estudos futuros, destaca-se a modelagem de cenários futuros para o município de Cuiabá identificando possíveis alterações no desmatamento. Sugere-se também trabalhos de campo com o objetivo de validar as análises associadas aos estudos hidrológicos na região.

Referências

- Ahmed, K., Shahid, S., Wang, X., Nawaz, N., Khan, N. (2019). Evaluation of gridded precipitation datasets over arid regions of Pakistan. *Water*, 11 (210), 1-22.
- Almagro, A., Oliveira, P. T. S., Nearing, M. A., & Hagemann, S. (2017). Projected climate change impacts in rainfall erosivity over Brazil. *Scientific Reports*, 7 (8130).
- Alves, L. B., Medeiros, R. B., Silva, C. A., & Berezuk, A. G. (2018). A relação entre leptospirose, precipitação e ação pública no estado do Mato Grosso do Sul. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros (Seção Três Lagoas-MS)*, 1 (28), 133-50.
- Ambrizzi, T., & Ferraz, S. E. T. (2015). An objective criterion for determining the South Atlantic Convergence Zone. *Frontiers in Environmental Science*, 3 (23), 1-9.
- ANA. Agência Nacional das Águas. (2020). *Dados de precipitação*. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/medicoes_historicas_abas.jsf>. Acesso em: 22/05/2020.
- Araújo, E. S.; Amâncio, F. E.; Felipe, M. J., & Santos, W. L. (2019). A atividade de mineração de areia e impactos ambientais no rio Acre. *Revista Uáquiri*, 1 (1), 95-104.
- Bakker, P. & Prange, M. (2018). Response of the intertropical converge zone Antarctic ice sheet melt. *Journal Geophysical Research Letters*, 45, 8673-8680.
- Brath, A., Montanari, A. & Moretti, G. (2006). Assessing the effect on flood frequency of land use change via hydrological simulation (with uncertainty). *Journal of Hydrology*, 324, 141-153.
- Becker, A., Finger, P., Meyer-Christoffer, A., Rudolf, B., Schamm, K.; Schneider, U. & Ziese, M. A. (2013). Description of the global land-surface precipitation data products of the Global Precipitation Climatology Centre with sample applications including centennial (trend) analysis from 1901 – present. *Earth System Science Data*, 5, 71-99.

Carvalho, M. A. V., & Oyama, M. D. (2013). Variabilidade da largura e intensidade da zona de convergência intertropical Atlântica: aspectos observacionais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28 (3), 305–316.

Cassol, H. L. G., Arai, E., Sano, E. E., Dutra, A. C., Hoffmann, T. B., & Shimabukuro, Y. E. (2020). Maximum fraction images derived from year-based project for on-board autonomy-vegetation (PROBA-V) data for the rapid assessment of land use and land cover areas in Mato Grosso states, Brazil. *Land*, 9 (139), 1-20.

Chiaranda, R., Rizzi, N. E., Colpini, C., Soares, T. S., & Silva, V. S. M. (2012). Análise da precipitação e da vazão da bacia do rio Cuiabá. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7 (1), 117-122.

Damé, R. C. F., Teixeira-Gandra, F. A., Villela, F. A., Santos, J. P., & Winkler, A. S. (2014). Analysis of the relationship intensity, duration, frequency of disaggregated daily rainfall in southern Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista de Engenharia Agrícola*, 34 (4), 600-670.

Dias, G. F. M., Gomes, D. J. C., Serrão, E. A. O., Lima, A. M. M., Miranda, S. B. A., Silva Junior, J. A., & Sousa, A. M. L. (2020). Associação entre os eventos de ENOS e a distribuição espaço-temporal da precipitação na bacia hidrográfica do rio Capim. *Revista Brasileira de Climatologia*, 26 (16), 521-524.

Dias, L. C. P., Macedo, M. N., Costa, M. H., Coe, M. T., & Neill, C. (2015). Effects of land cover change on evapotranspiration and streamflow os small catchments in the upper Xingu river basin central Brazil. *Journal of Hydrology*, 4, 108-122.

Embrapa. (2018) Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. *Sistema Brasileiro de Classificação de solos (SiBCS)*. Brasília - DF: Embrapa, 75.

Franca, R. R., & Mendonça, F. A. A. (2016). Pluviosidade na Amazônia meridional: variabilidade e teleconexões extra-regionais. *Revista Franco-Brasileira de Geografia*, 29 (29).

Freitas, M. A. S. (2005). Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas. *Revista Tecnologia, Supl.*, 84-95.

Glasser, R. (2020). The climate change imperative to transform disaster risk management. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11, 152-154.

GPCC. *Global Precipitation Climatology Centre*. Disponível em:
<https://kunden.dwd.de/GPCC/Visualizer>. Acesso em: 22/05/2020.

Gomes, D. J. C., Lima, A. M. M., Soares, C. S. T., & Ferreira, N. S. (2019) Influência do uso e cobertura da terra associados a eventos climáticos em sistemas hidrometeorológicos. *Revista Geográfica Acadêmica*, 13 (2), 21-36.

Grimm, A. M., Ferraz, S. E. T., & Gomes, J. (1998). Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *International Journal of Climatology*, 27, 531-540.

Hänsel, S., Schucknecht, A., & Matschullat, J. (2016). The modified Rainfall Anomaly Index (mRAI) – is this an alternative to the Standardised Precipitation Index (SPI) in evaluating future extreme precipitation characteristics. *Theoretical and Applied Climatology*, 123, 827-844.

Hudson, P., Ruig, L. T., Ruiter, M. C., Kuik, O. J., Botzen, W. J. W., Den, X. L., Persson, M., Benoist, A., & Nielsen, C. N. (2020). Na assessment of best practices of extreme weather insurance and directions for a more resilient society. *Environmental Hazard*, 19 (3), 301-321.

Hu, Q., Zhou, Q., Chen, X., LI, J., Li, Q., Chen, D., Liu, W., & Yin, G. (2018). Evaluation of three global gridded precipitation data sets in central Asia based on rain gauge observations. *International Journal of Climatology*, 38 (9).

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em:
<<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mt/cuiaba.html>>. Acesso em: 22/05/2020.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em:

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 22/05/2020.

Jorge, R. L. O., & Lucena, D. B. (2018). Eventos extremos anuais de precipitação em Mauriti – CE. *Revista Ciência & Natura*, 40 (65).

Lee, E., Livino, A., Han, S. C., Zhang, K., Briscoe, J., Kelman, J., & Moorcroft, P. (2018). Land cover change explains the increasing discharge of the Paraná river. *Regional Environmental Change*, 18, 1871-1881.

Licco, E. A., & Mac Dowell, S. F. (2015). Alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações: Digressões sobre seus impactos sócio econômicos e governança. *Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística*, 5 (3), 159-174.

Lins, F. A. C., Silva, J. B., Moura, G. B. A., Ortiz, P. F. S., Oliveira, J. D. A., & Alves, M. V. C. (2017). Quantile technique to precipitation, rainfall anomaly index and biophysical parameters by remote sensing in Serra Talhada, Pernambuco. *Journal of Hyperspectral Remote Sensing*, 7 (6), 334-344.

Macêdo, M. N. C., Dias, H. C. T., Coelho, F. M. G., Araújo, E. A., Souza, M. L. H., & Silva, E. (2013). Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia ocidental. *Revista Ambiente e Água*, 8 (1), 206-221.

Marcuzzo, F. N., Andrade, L. R., & Melo, D. C. R. (2011). Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 4, 793-804.

Marcuzzo, F. N., Melo, D. C. R., & Rocha, H. M. (2011). Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 16 (4), 157-167.

Mendes, A. T., & Zucowski Junior, J. C. (2019). Caracterização do regime pluviométrico do município de Araguaína-TO. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 34 (4) 449-458.

NOAA. *National Oceanic and Administration Atmospheric*. Disponível em: <
<https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>>. Acesso em: 22/05/2020.

Nielsen, D. M., Belém, A. L., Marton, E., & Cataldi, M. (2019). Dynamics-based regression models for the south atlântic convergence zone. *Climate Dynamics*, 52, 5527-5553.

Oldenborgh, G. J., Wiel, K., Sebastian, A.; Singh, R., Arrighi, J., OttO, F., Haustein, K., Li, S., Vecchi, G., & Cullen, H. (2017). Attribution of extreme rainfall from Hurricane Harvey, August 2017. *Environmental Research Letters*, 12 (12).

Oliveira, E. G., Ferreira, M. E., & Araújo, F. M. (2012). Diagnóstico do uso da terra na região centro-oeste de Minas Gerais, Brasil: a renovação da paisagem pela cana-de-açúcar e seus impactos socioambientais. *Revista Sociedade & Ambiente*, 24 (3), 545-556.

Oliveira, L. F. C., Viola, M. R., Pereira, S., & Morais, N. R. (2011). Modelos de predição de chuvas intensas para o estado do Mato Grosso, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 6 (3), 274-290.

Oliveira, N. L., Marcuzzo, F. F. N., & Barros, R. G. (2015). Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. *Revista Ciência & Natura*, 37 (4), 284-297.

Panday, P. K., Coe, M. T., Macedo, M. N., Lefebvre, P., & Castanho, A. D. A. (2015). Deforestation offsets water balance changes due to climate variability in the Xingu river in eastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, 523, 822-829.

Pereira, B. W. F., Maciel, M. N. M., Oliveira, F. A., Alves, M. A. M. S., Ribeiro, A. M., Ferreira, B. M., & Ribeiro, E. G. P. (2016). Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 11 (2), 472-485.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em:

<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1>. Acesso em: 22/05/2020.

Projeto Mapbiomas. (2020). *Coleção 4.1 da série anual de mapas de cobertura e uso do solo do Brasil*. Disponível: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 22/05/2020.

Ramos, H. C., Dallacort, R., Neves, S. M. A. S., Dalchiavon, F. C., Santi, A., & Vieira, F. F. (2017). Precipitação e temperatura do ar para o estado de Mato Grosso utilizando krigagem ordinária. *Revista Brasileira de Climatologia*, 20 (13), 211-233.

Rata, M., Douaoui, A., Larid, M., & Douaik, A. (2020). Comparison of geostatistical interpolation methods to map annual rainfall in the chéiff watershed, Algeria. *Theoretical and Applied Climatologyn*.

Rodrigues, L. P., Senna, M. C., & Cataldi, M. (2016). Representação dos padrões atmosféricos relacionados a zona de convergência do Atlântico Sul através de um modelo acoplado atmosfera-biosfera. *Revista Ciência & Natura*, 38 (1), 281-289.

Rogger, M., Agnoletti, M., Alaoui, A., Bathurst, J. L., Bodner, G., Borga, M., Chaplot, V., Gallart, F., Glatzel, G., Hall, J., Holden, J., Holko, L., Horn, R., Kiss, A., Kohnova, S., Leitinger, G., Lennartz, B., Parajka, J., Perdigão, R., Peth, S., Plavcova, L., Quinton, J. N., Robinson, M., Salinas, J. L., Santoro, A., Szolgay, J., Tron, S., Akker, J. J. H., Viglione, A., & Blöschl, G. (2017). Land use change impacts on floods at the catchment scale: challenges and opportunities for future research. *Water Resources Research*, 53, 5209-5219.

Rooy, M. P. V. (1965). A rainfall anomaly index independent of time and space. Notes. *Weather Bureau of South Africa*, 14, 43-48.

Salgueiro, J. H. P. B., Montenegro, S. M. G. L., Pinto, E. K. A., Silva, B. B., Souza, W. M., & Oliveira, L. M. M. (2016). Influence of oceanic-atmosfera interactions on extreme events of daily rainfall in the sub-basin 39 located in northeastern Brazil. *Brazilian Journal os Water Resources*, 21 (4), 685-693.

Santos, S. R. Q., Sangigolo, C. A., Neves, T. A. T., & Santos, P. P. (2017). Variabilidade sazonal da precipitação na Amazônia: validação da série de precipitação mensal do GPCC. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 10 (6), 1721-1729.

Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SNPDC). *Sistema Integrado de Informações sobre Desastres Naturais (S2iD)*. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 22/05/2020.

Seluchi, M. E., & Cho, S. C. (2009). Synoptic patterns associated with landslide events in the Serra do Mar, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, 98, 67-77.

Serrão, E. A. O., Wanzeler, R. T. S., Santos, C. A., Gonçalves, L. J. M., & Lima, A. M. M. (2016). Avaliação estatística entre as estimativas de precipitação da constelação GPM com satélite TRMM: uma análise a bacia hidrográfica do rio Solimões. *Revista Brasileira de Climatologia*, 18 (12), 256-275.

Simoes, R., Picoli, M. C. A., Camara, G., Maciel, A., Santos, L., Andrade, P. R., Sánchez, A., Ferreira, K., & Carvalho, A. (2020). Land use and cover maps for Mato Grosso States in Brazil from 2001 to 2017. *Scientific Data*, 7 (34), 1-10.

Siqueira, A. H. B., & Molion, L. C. B. (2015). Análise climática: o filtro Hodrick-Prescott aplicado aos índices atmosféricos da oscilação sul e da oscilação do Atlântico Norte. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30 (3), 307-318.

Souza, A. G. S. S., Ribeiro Neto, A., Rossato, L., Alvalá, R. C. S., & Souza, L. L. (2018). Use of SMOS L3 soil moisture data: validation and drought assessment for Pernambuco State, Northeast Brazil. *Remote Sensing*, 10 (8), 1-19.

Sun, Q., Miao, C., Duan, Q., Ashouri, H., Sorooshian, S., & Hsu, K. L. (2017). A review of global precipitation data sets: data sources, estimation, and intercomparisons. *Reviews of Geophysics*, 56 (1), 79-107.

Terassi, P. M. B., Oliveira Junior, J. F., Góis, G., & Galvani, E. (2018). Variabilidade do índice de precipitação padronizada na região norte do estado do Paraná associada aos eventos de El Niño Oscilação Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33 (1), 11-25.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Dênis José Cardoso Gomes – 60%

Priscila dos Santos Ribeiro – 20%

Gustavo Francesco de Moraes Dias – 20%