Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

REGIME PLUVIOMÉTRICO E PRODUTIVIDADE DE ANOS AGRÍCOLAS NA MICRORREGIÃO DO ALTO MÉDIO GURGUÉIA-PI

Pluviometric Regime and Productivity of Agricultural Years in the Microregion of Alto Médio Gurguéia-PI

Precipitaciones y productividad de los años agrícolas en la microrregión del Alto Gurguéia-PI

Miguel Julio Machado Guimarães
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, São Raimundo das Mangabeiras
mjmguimaraes@hotmail.com

Hideo de Jesus Nagahama
Universidade Federal do Vale do São Francisco
hideo.agro@gmail.com

Iug Lopes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano
iug.lopes@ifbaiano.edu.br

Isadora Benevides Miranda
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande
isadorabenevidesmiranda@gmail.com

Ítalo Emannuel dos Anjos Santos
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco
italoemannuelanjos@gmail.com

Anderson Santos da Silva
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco
anderson.silva@ufape.edu.br

Resumo: Dentre os elementos climáticos a precipitação destaca-se como um dos mais importantes para os estudos climáticos, em virtude da sua variabilidade espaço-temporal e consequente impactos

nos setores produtivos econômico, social e ambiental de uma região. Com isto, o objetivo desse estudo foi caracterizar os perfis da precipitação e, por meio da técnica de Quantis, demostrar a variabilidade temporal dos balanços hídricos climatológicos para a microrregião do Alto Médio Gurguéia, Piauí, assim como verificar a dependência da produtividade agrícola com as precipitações da respectiva localidade. Foram utilizados dados de precipitação e temperatura do ar de 1986 a 2018 registrados em uma estação convencional localizada na microrregião do Alto Médio Gurguéia-PI. O perfil histórico foi classificado através da técnica quantílica. Em seguida os anos foram agrupados de acordo com o regime pluviométrico para estimativa da disponibilidade hídrica, e posterior comparação com os dados de produtividade para as culturas de arroz, feijão, milho e soja. A microrregião estudada apresenta uma precipitação média de 1007,5 mm no ano agrícola, com anos muito secos com valores abaixo de 817,45 mm, e anos muito chuvosos com valores acima de 1224,18 mm. O balanço hídrico da região demonstra que o período de menor e maior disponibilidade hídrica se apresentam entre os meses de maio a outubro, e novembro a abril, respectivamente. Verificou-se que há tendência à redução da produtividade de arroz, feijão, milho e soja em anos agrícolas classificados como muito seco e seco, bem como um aumento em anos agrícolas classificados como chuvoso e muito chuvoso.

Palavras-chave: Precipitação. Planejamento agrícola. Técnica de Quantis.

Abstract: Among the climatic elements, precipitation stands out as one of the most important for climate studies, due to its spatial-temporal variability and consequent impacts on the economic, social and environmental productive sectors of a region. Thus, the objective of this study was to characterize precipitation profiles and, by means of the Quantile technique, to demonstrate the temporal variability of climatological water balances for the micro-region of Upper Middle Gurguéia, Piauí, as well as to verify the dependence of agricultural productivity on precipitation in the respective locality. Precipitation and air temperature data from 1986 to 2018 recorded at a conventional station located in the Upper Middle Gurguéia-PI microregion were used. The historical profile was classified using the quantile technique. Then the years were grouped according to the rainfall regime for estimation of water availability, and subsequent comparison with productivity data for rice, bean, corn and soybean crops. The studied micro-region presents an average rainfall of 1007.5 mm in the agricultural year, with very dry years with values below 817.45 mm, and very rainy years with values above 1224.18 mm. The water balance of the region shows that the period of lower and higher water availability is between the months of May to October, and November to April, respectively. It was found that there is a tendency to decrease the productivity of rice, beans, corn and soybeans in agricultural years classified as very dry and dry, as well as an increase in agricultural years classified as rainy and very rainy.

Keywords: Precipitation. Agricultural planning. Quantis technique.

Resumen: Entre los elementos climáticos, la precipitación se destaca como uno de los más importantes para los estudios climáticos, debido a su variabilidad espacio-temporal y los consecuentes impactos en los sectores productivos económicos, sociales y ambientales de una región. Así, el objetivo de este estudio fue caracterizar los perfiles de precipitación y, mediante la técnica de Quantile, demostrar la variabilidad temporal de los balances hídricos climatológicos para la microrregión del Alto Gurguéia Medio, Piauí, así como verificar la dependencia de la productividad agrícola de la precipitación en la respectiva localidad. Se utilizaron datos de precipitación y temperatura del aire desde 1986 hasta 2018 registrados en una estación convencional ubicada en la microrregión del Alto Gurguéia-PI. El perfil histórico se clasificó mediante la técnica del cuantil. A continuación, los años se agruparon según el régimen de lluvias para la estimación de la disponibilidad de agua, y la posterior comparación con los datos de productividad de los cultivos de arroz, judías, maíz y soja. La microrregión estudiada presenta una precipitación media de 1007,5 mm en el año agrícola, con años muy secos con valores inferiores a 817,45 mm, y años muy lluviosos con valores superiores a 1224,18 mm. El balance hídrico de la región muestra que el periodo de menor y mayor disponibilidad de agua es entre los meses de mayo a

octubre, y de noviembre a abril, respectivamente. Se constató que existe una tendencia a la disminución de la productividad del arroz, el frijol, el maíz y la soja en los años agrícolas clasificados como muy secos y secos, así como un aumento en los años agrícolas clasificados como lluviosos y muy lluviosos.
Palabras clave: Precipitación. Planificación agrícola. Técnica Quantis.

Submetido em: 04/12/2022
Aceito para publicação em: 08/06/2023
Publicado em: 25/06/2023

1. INTRODUÇÃO

Dentre os elementos climáticos destaca-se a precipitação como sendo uma das mais importantes para os estudos climáticos, em virtude dos impactos nos setores produtivos econômico, social e ambiental de uma região. Uma observação cuidadosa dos registros de precipitação a longo prazo é importante para as sociedades modernas, haja vista que fornece uma base para o conhecimento de tendências e as suas causas potenciais, bem como auxilia no planejamento e implantação de projetos em diversos setores, especialmente na agricultura (PINHEIRO; VIDE, 2018).

O planejamento agrícola é uma prática cada vez mais comum e necessária entre os produtores rurais. Neste planejamento, leva-se em consideração características do solo, da cultura e do clima da região. Sabendo-se que a precipitação é a principal forma de entrada de água no sistema hidrológico, esta constitui uma das principais variáveis a ser levada em consideração no planejamento agrícola, principalmente no que diz respeito à disponibilidade de água para as plantas (GUIMARÃES *et al*., 2016).

Desta forma, os estudos desta variável devem receber atenção especial em qualquer planejamento de atividades agrícolas. Entre os estudos mais importantes, destacam-se a classificação do regime pluviométrico e o estudo da disponibilidade, que são realizados empiricamente baseando-se apenas no regime pluvial médio da região (LOPES *et al*., 2019a).

Uma saída para enriquecer o estudo da precipitação é a associação da classificação do regime pluviométrico com a disponibilidade hídrica local. Essa metodologia de observação da disponibilidade de água nas respectivas classes pluviométricas foi previamente aplicada por Guimarães *et al*. (2016) para estudar a região agrícola de Cruz das Almas-BA.

Como ferramenta para classificação do regime pluviométrico, Xavier (2001) aplicou a técnica de quantis, proposta anteriormente por Pinkayan (1966) para estabelecer a classificação e o monitoramento de períodos secos e chuvosos. Esta técnica baseia-se na distribuição da frequência acumulada, permitindo estabelecer ou delimitar faixas com regimes de chuvas diferenciados, tais como: muito seco (MS), seco (S), normal (N), chuvoso (C) e muito chuvoso (MC). Além disso, permite quantificar as ordens quantílicas e, portanto, o regime pluvial de uma determinada região ou local, utilizando-se apenas os dados de precipitação pluvial.

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pode ser utilizado como alternativa simplificada para estimativa da disponibilidade hídrica local (THORNTHWAITE; MATHER, 1955). Esse balanço tem o objetivo de determinar o regime hídrico de determinada região local, sem que ocorra a utilização de medidas diretas das condições do solo, tornando-se uma ferramenta de grande importância para avaliação e delimitação dos potenciais hídricos em nível regional (LOPES *et al*., 2019a).

A associação destas metodologias está sendo aprimorada e aplicada em diferentes localidades na região Nordeste, podendo-se citar os municípios de Petrolina-PE (LOPES *et al*., 2017a), Cruz das Almas-BA (GUIMARÃES *et al*., 2016); mesorregiões do Estado de Pernambuco (LOPES *et al.,* 2017b) e microrregiões da Bahia e Tocantins (LOPES *et al*., 2019a).

No entanto, para verificar a interferência da precipitação nas atividades agrícolas deve-se respeitar o zoneamento agrícola de cada cultura ou região, passando a trabalhar com o ano agrícola, o qual corresponde ao período de 12 meses que engloba o início do cultivo até a colheita das culturas mais representativas da região. Outra alternativa é a avaliação de forma sub-anual, haja vista que diversas culturas agrícolas possuem demandas hídricas e diferentes sensibilidades ao estresse hídrico em cada etapa fenológica (LOPES *et al*., 2019a).

A microrregião do Alto Médio Gurguéia é composta por onze municípios do estado do Piauí e está localizada na atual região produtiva agrícola intitulada MATOPIBA, junção das siglas dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, região denominada como Centro-Norte do Brasil. Esta microrregião está em constante crescimento, apresentando índices de crescimento agrícola superiores a 2000% na produção de grãos de soja entre os anos de 2000 e 2014 (PEREIRA *et al*., 2018).

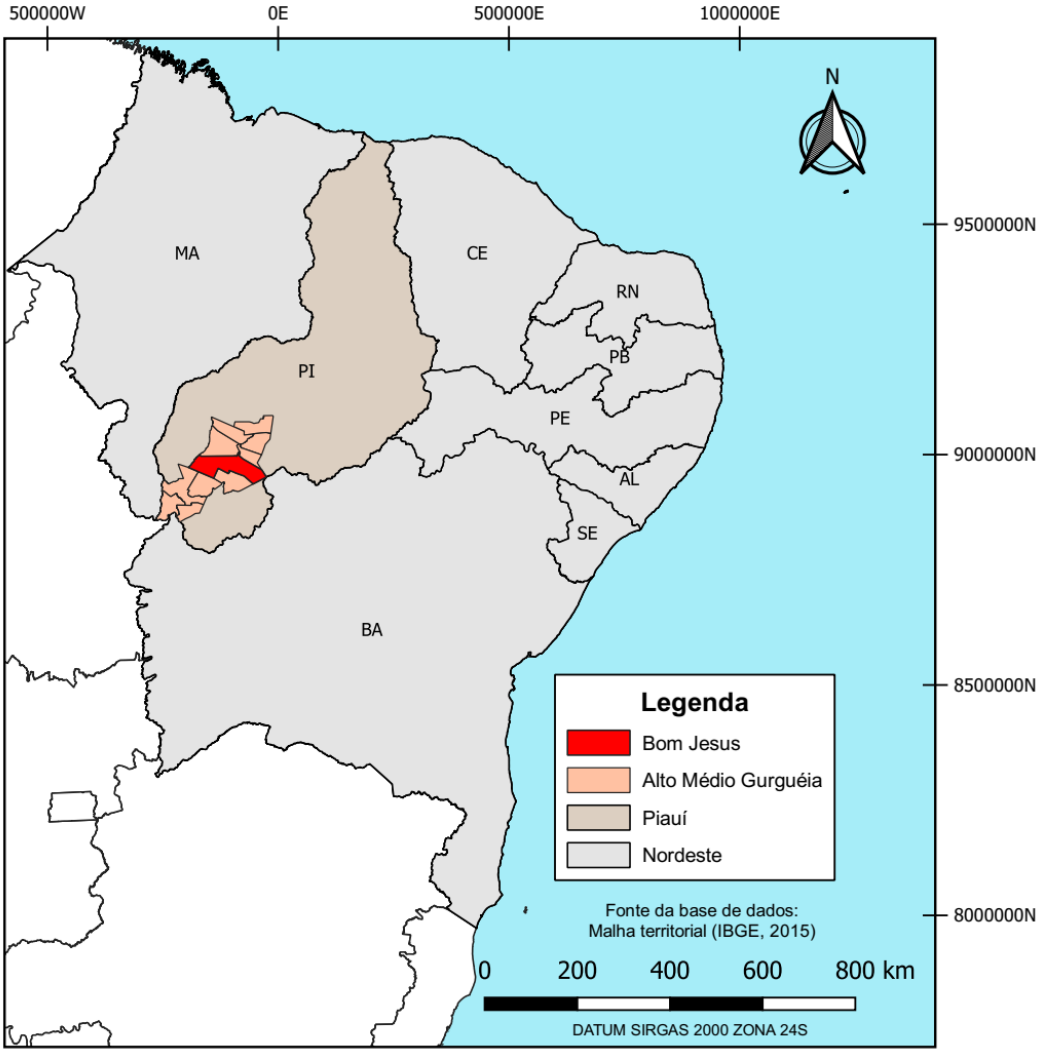
Dessa forma, o objetivo desse estudo foi caracterizar os perfis da precipitação e, por meio da técnica de Quantis, demonstrar a variabilidade temporal dos balanços hídricos climatológicos para a microrregião do Alto Médio Gurguéia, Piauí, assim como verificar a dependência da produtividade agrícola com as precipitações da respectiva localidade.

2. METODOLOGIA

A região de estudo configura um polo agrícola com potencial e relevância na produção de grãos no Brasil. Os dados de precipitação utilizados na pesquisa foram obtidos na Estação

Meteorológica Convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Bom Jesus - PI (9°06'00"S, 44°06'36"W; 331,74 m), inserido na microrregião do Alto Médio Gurguéia, no estado do Piauí (Figura 1).

Figura 1 - Localização do município estudado.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A microrregião do Alto Médio Gurguéia está localizada no Sudoeste Piauiense, e é composta pelos municípios Alvorada do Gurguéia, Barreiras do Piauí, Bom Jesus, Cristino Castro, Currais, Gilbués, Monte Alegre do Piauí, Palmeira do Piauí, Redenção do Gurguéia, Santa Luz e São Gonçalo do Gurguéia (Figura 1) (IBGE, 2022).

Foram utilizados dados mensais de precipitação, compreendendo uma série histórica de 32 anos, os quais foram classificados em anos agrícolas, tendo início no mês de julho e final no mês de junho do ano subsequente. Deste modo, os dados foram organizados do período

de julho de 1986 a junho de 2018, conforme recomendação da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1989), a qual relata que são necessários pelo menos 30 anos de dados climáticos para que se tenha maior confiabilidade na caracterização climática de uma localidade. Posteriormente, os dados foram acumulados anualmente para definição dos quantis climatológicos para o período estudado.

Na classificação do regime pluviométrico da série histórica estudada foi utilizada a técnica dos quantis (percentis) descrita por Xavier (2001) para avaliar a ocorrência dos anos secos e chuvosos sobre áreas extensas. Esta técnica baseia-se na distribuição da frequência acumulada, sendo que a aproximação da função densidade de probabilidade que descreve o fenômeno é tanto melhor quanto maior é o número de observações disponíveis.

No presente trabalho, os quantis utilizados para caracterização climática da precipitação foram definidos nas categorias: muito seco (MS: 0-15%), seco (S: 15-35%), normal (N: 35-65%), chuvoso (C: 65-85%) e muito chuvoso (MC: 85-100%), conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação, Probabilidade e Intervalo Médio de Precipitação (mm) dos regimes pluviométricos dos anos agrícolas do município de Bom Jesus-PI, no período de 1986 a 2018.

Classificação	Probabilidade	Intervalo Médio de Precipitação (mm)	
		Mínimo	Máximo
Muito Seco	P < Q0,15	-	817,45
Seco	Q0,15≤ P < Q0,35	817,45	908,15
Normal	Q0,35≤ P < Q0,65	908,15	1075,40
Chuvoso	Q0,65 ≤ P < Q0,85	1075,40	1224,18
Muito Chuvoso	P > Q0,85	1224,18	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Depois de serem classificados, os anos agrícolas foram agrupados de acordo com o regime pluviométrico para determinação do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) correspondente a cada classe. Os cálculos foram realizados com auxílio de uma planilha eletrônica conforme a metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), com Capacidade de Água Disponível (CAD) definida em 50 mm.

A Evapotranspiração Potencial (mm) foi obtida pelas Equações 1 a 5, em função dos valores de temperatura média do ar (T). Quando os valores d T foram 0 ≤ T < 26,5 °C, foi-se

utilizado as Equações 1 a 4, já quando os valores de T foram superiores a 26,5 °C, utilizou-se a Equação 5.

(1) $ETP = 16{,}2 * \left(10 * \frac{T}{I}\right)^{a}$ (Se 0 ≤ T < 26,5 °C)

(2) $a = 6{,}750 * 10 - 3I - 7{,}711 * 10 - 5I + 1{,}792 * 10 - 2I + 0{,}492$

(3) $I = \sum i_n$

(4) $i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1{,}514}$

(5) $ETP = -415{,}85 + 32{,}24 * T - 0{,}43 * T^2$ (Se T ≥ 26,5 °C)

Onde:

ETP - Evapotranspiração potencial, (mm);

T - Temperatura média do ar compensada, (°C);

I - Índice de calor, (adimensional);

a – Índice obtido em função do I, (adimensional).

Após a caracterização do balanço hídrico para os diferentes regimes pluviométricos, os mesmos foram comparados com dados de produtividade média das culturas do milho, arroz, feijão e soja, as quais representam mais de 90% da área plantada em sistema de sequeiro no município, sendo essas culturas as mais representativas, em se tratando de área plantada e retorno econômico.

Os dados de produtividade agrícola foram obtidos através do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, plataforma PAM - Produção Agrícola Municipal, a qual dispõe de dados históricos referentes à produção agrícola de todo o território do Brasil. Devido a indisponibilidade de dados de produção agrícola de milho, arroz e feijão para os anos agrícolas anteriores ao ano de 1989/90, a comparação de dados de produtividade média para estas culturas foi realizada entre os anos agrícolas de 1989/90 a 2014/15, totalizando 26 observações. Já para a cultura da soja, estão disponíveis os registros de produção agrícola a partir do ano 1998, com isto, as comparações foram realizadas entre os anos agrícolas de 1997/98 a 2015/2016, totalizando 20 observações.

Como parâmetro de avaliação para verificar a influência da precipitação no cultivo em sistema sequeiro das culturas do milho, arroz, feijão e soja, analisou-se os aumentos e/ou

reduções da produtividade média em função da classificação pluviométrica do ano agrícola, obtida através da classificação quantílica, a qual classificou os anos agrícolas como muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso. Para verificar a correlação entre a precipitação e a produtividade dos cultivos foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson, cuja estatística é descrita na Equação 6.

(6) $$r = \frac{n\sum X_i - (\sum X_i) * (\sum Y_i)}{\sqrt{[n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2][n\sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}}$$

Onde:

R - coeficiente de correlação entre a variáveis;

X e Y - variáveis avaliadas;

N - tamanho da amostra.

3. DESENVOLVIMENTO

O ano agrícola corresponde ao período de 12 meses, englobando o início do cultivo até a colheita das culturas mais representativas da região. Para o município de Bom Jesus – PI, como critério de escolha das culturas de soja, milho, feijão e arroz, foi fixado intervalo entre o início do mês de julho e final do mês de junho do ano subsequente. Desta forma, a localidade estudada apresenta precipitação anual agrícola (PA) variando entre 640,9 e 1480,4 mm, com média de 1007,5 mm. Os anos muito secos apresentaram média de 725,2 mm ano^{-1}, enquanto os muito chuvosos cerca de 1317,9 mm ano^{-1} (Tabela 2).

Tabela 2 - Resumo descritivo da precipitação (mm) dos anos agrícolas no período de 1986 a 2018 no município de Bom Jesus-PI.

Variável descritiva	Série Histórica	Anos				
		Muito Seco	Seco	Normal	Chuvoso	Muito Chuvoso
Média (mm)	1007,5	725,2	859,9	978,3	1180,2	1317,9
Máx (mm)	1480,4	815,1	906,2	1072,9	1221,8	1480,4
Min (mm)	640,9	640,9	818,7	908,5	1089,4	1228,6
Desvio (mm)	206,0	79,0	41,6	60,5	47,8	98,9
CV (%)	20,4	10,9	4,8	6,2	4,1	7,5
Frequência (%)	100,0	15,6	18,8	31,2	18,8	15,6

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Ao avaliar os perfis históricos da precipitação (Tabela 3), observa-se que os regimes

pluviométricos apresentam-se bem distribuídos no período, não havendo mais de dois anos seguidos com regimes pluviométricos extremos (muito seco e muito chuvoso), como foi observado na mesma região do MATOPIBA por Lopes *et al.* (2019a), uma vez que a ocorrência de um regime de precipitação extremo por muitos anos seguidos interfere diretamente em todo o gerenciamento de recursos hídricos de qualquer região. Em situações de anos muito secos seguidos pode haver evolução da seca, chegando a se caracterizar uma seca hidrológica, a qual está relacionada com a redução dos níveis médios de água nos reservatórios e com a depleção de água no solo (TUCCI, 2004).

De forma oposta, sequências de anos muito chuvosos pode provocar tragédias como o rompimento de barragens e açudes, bem como o alagamento de cidades e queda na produtividade devido ao excesso de água no sistema agrícola (SOUZA *et al*., 2012). Com isto, o estudo do perfil de precipitação torna-se necessário, visto que este índice permite a comparação do desvio de precipitação em relação à condição normal de diversas regiões (GROSS; CASSOL, 2015).

Tabela 3 - Perfil histórico de precipitação (mm) e classificação (mm) de acordo com os valores estabelecidos para cada regime pluviométrico na região de Bom Jesus-PI no período 1986-2018.

Muito Seco		Seco		Normal		Chuvoso		Muito Chuvoso	
Ano	Pr	Ano	Pr	Ano	Pr	Ano	Pr	Ano	Pr
1998/99	725,7	1986/87	830,3	1989/90	1072,9	1990/91	1089,4	1987/88	1334
2000/01	792,1	1994/95	906,2	1992/93	932	1991/92	1171,8	1988/89	1288,8
2003/04	652,2	1996/97	820,7	1995/96	925,4	2008/09	1221,8	1993/94	1480,4
2006/07	815,1	2004/05	879	1997/98	908,5	2013/14	1187	1999/00	1228,6
2015/16	640,9	2005/06	904,8	2001/02	983,4	2014/15	1209,9	2010/11	1257,8
-	-	2009/10	818,7	2002/03	963,9	2017/18	1201,5	-	-
-	-	-	-	2007/08	1070,6	-	-	-	-
-	-	-	-	2011/12	949,9	-	-	-	-
-	-	-	-	2012/13	1035,2	-	-	-	-
-	-	-	-	2016/17	941,3	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Resultados semelhantes foram observados por Lopes *et al.* (2017a), Guimarães *et al*. (2016) e Santos *et al.* (2016), ao avaliarem o perfil histórico de precipitação para as cidades de Petrolina-PE, Cruz das Almas-BA e Salvador-BA, respectivamente, os quais, associaram este comportamento à influência dos sistemas atmosféricos e oceânicos que influenciam temporal e espacialmente a distribuição pluviométrica.

Analisando o balanço hídrico climatológico para os anos agrupados através das classes quantílicas do município de Bom Jesus-PI nos anos agrícolas de 1986/87 a 2017/18 (Tabela 4), observa-se que o período chuvoso da região compreende os meses de outubro a abril, acumulando nestes sete meses mais de 90% da precipitação anual total. Quanto à demanda evapotranspirativa da atmosfera (ETP), o mês de fevereiro caracteriza-se por apresentar maior demanda em anos muito seco, seco, normal e chuvoso. Já em anos muito chuvosos, o mês de novembro apresenta maior ETP. Este comportamento pode estar associado à redução de cerca de 1 °C da temperatura média em anos muito chuvosos quando comparado com os outros regimes pluviométricos (Tabela 4).

Tabela 4 - Precipitação (Pr, mm), Temperatura média (T, °C) e Evapotranspiração Potencial (ETP, mm) mensal de acordo com os valores estabelecidos para cada regime pluviométrico na região de Bom Jesus-PI no período 1986-2018.

Mês	Muito Seco			Seco			Normal			Chuvoso			Muito Chuvoso		
	Pr	T	ETP	Pr	T	ETP	Pr	T	ETP	Pr	T	ETP	Pr	T	ETP
JUL	0	28	123,2	0,1	28,9	128,5	0,5	27,9	122,9	0	28,5	126,4	0	27,6	121,1
AGO	0	29	133,1	2,2	29,2	134,5	0	28,7	131,5	0,2	29	133,4	1,8	28,5	130,7
SET	5	30,2	160,7	10,2	30,3	161,5	25,9	29,9	158,7	17,9	30	159,6	17,1	29,4	155,3
OUT	36,4	30,3	156,3	52,1	29,9	154,1	93	29,7	153,2	49,2	30,6	158,1	90,4	29,4	151,2
NOV	84,3	27,9	158,3	92	29,3	170,5	146,9	28,4	163,1	145,1	29,6	172,5	138,3	28,3	162,3
DEZ	115,3	28,7	158,6	142,3	28,8	159,8	125,7	27,9	152,2	212,9	28,9	160,6	215	27	144,1
JAN	146	27,4	148,3	122,2	28,4	156,8	174	27	145,1	211	28	153,1	160,6	26,8	142,9
FEV	161,4	28	181,7	107,5	27,9	180,9	146	27,9	181,3	203,9	28,3	185,2	231,7	26,3	115
MAR	115,7	27,5	139,6	164,8	27,8	141,4	161,3	27,4	138,4	165	28,6	147,6	214,1	26,2	127,2
ABR	40,1	28	147	131,4	27,3	141,3	81,5	28,3	149,4	133	28,1	148,1	206,6	26,9	137,4
MAI	20,2	28,7	133	31,7	27,3	123,8	23,4	25,3	111,9	42,2	28,7	133,2	40	26,4	137,6
JUN	0,7	27,9	135,1	3,5	27,2	129,9	0	28,5	139,4	0	28,8	141,1	2,4	27,1	129,1
Total	725,2	-	1775,2	859,9	-	1783	978,3	-	1747,1	1180,2	-	1819	1317,9	-	1654,1
Média	60,4	28,5	147,9	71,7	28,5	148,6	81,5	28,1	145,6	98,4	28,9	151,6	109,8	27,5	137,8

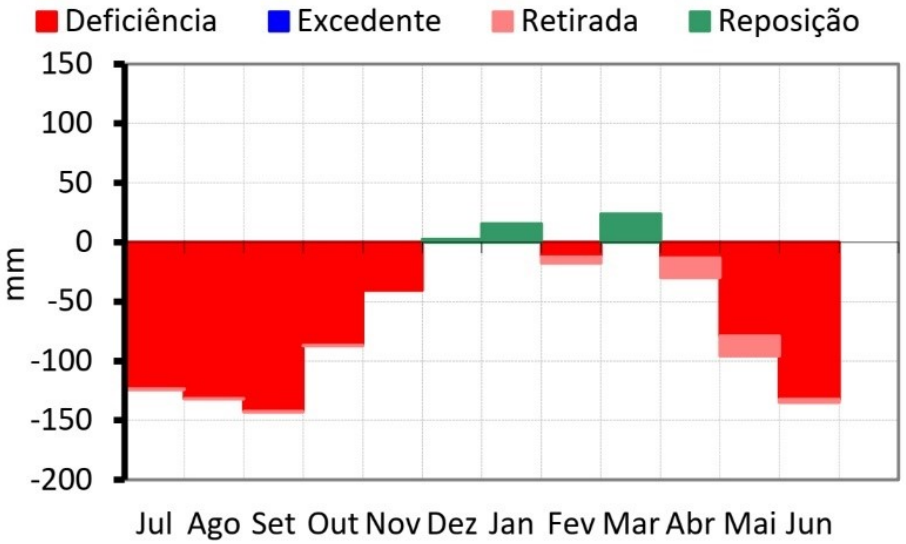
Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A determinação do período de chuva é fundamental para o planejamento agrícola da região de Bom Jesus-PI, haja visto que a produção em sequeiro representa mais de 90% da área plantada na região. Com isto, para mitigar possíveis reduções na produtividade das culturas, recomenda-se que o plantio de cultivos em sequeiro seja realizado entre os meses de outubro e dezembro, corroborando com Barbosa *et al.* (2013), onde os autores afirmam que o melhor rendimento de grãos ocorre devido às condições climáticas mais favoráveis,

principalmente em termos de melhor distribuição de chuvas, em especial nos estádios mais críticos da cultura, isto é, no florescimento e no enchimento de grãos.

O balanço hídrico do município estudado (Figura 2) demonstra que o período com menor disponibilidade hídrica se concentra nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro, apresentando deficiência hídrica mensal média de 116 mm, sendo, no mês de setembro, registrada maior deficiência hídrica, com cerca de 142 mm. Tal comportamento pode estar associado aos baixos índices pluviométricos entre os meses de maio e setembro, evidenciando assim, que a precipitação ocorrida no período não é suficiente para realizar a reposição hídrica. Já os meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril compreendem o período de maior disponibilidade hídrica, com déficit hídrico mensal médio de 11 mm.

Figura 2 - Balanço hídrico climatológico para o município de Bom Jesus-PI no período de 1986 a 2018.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

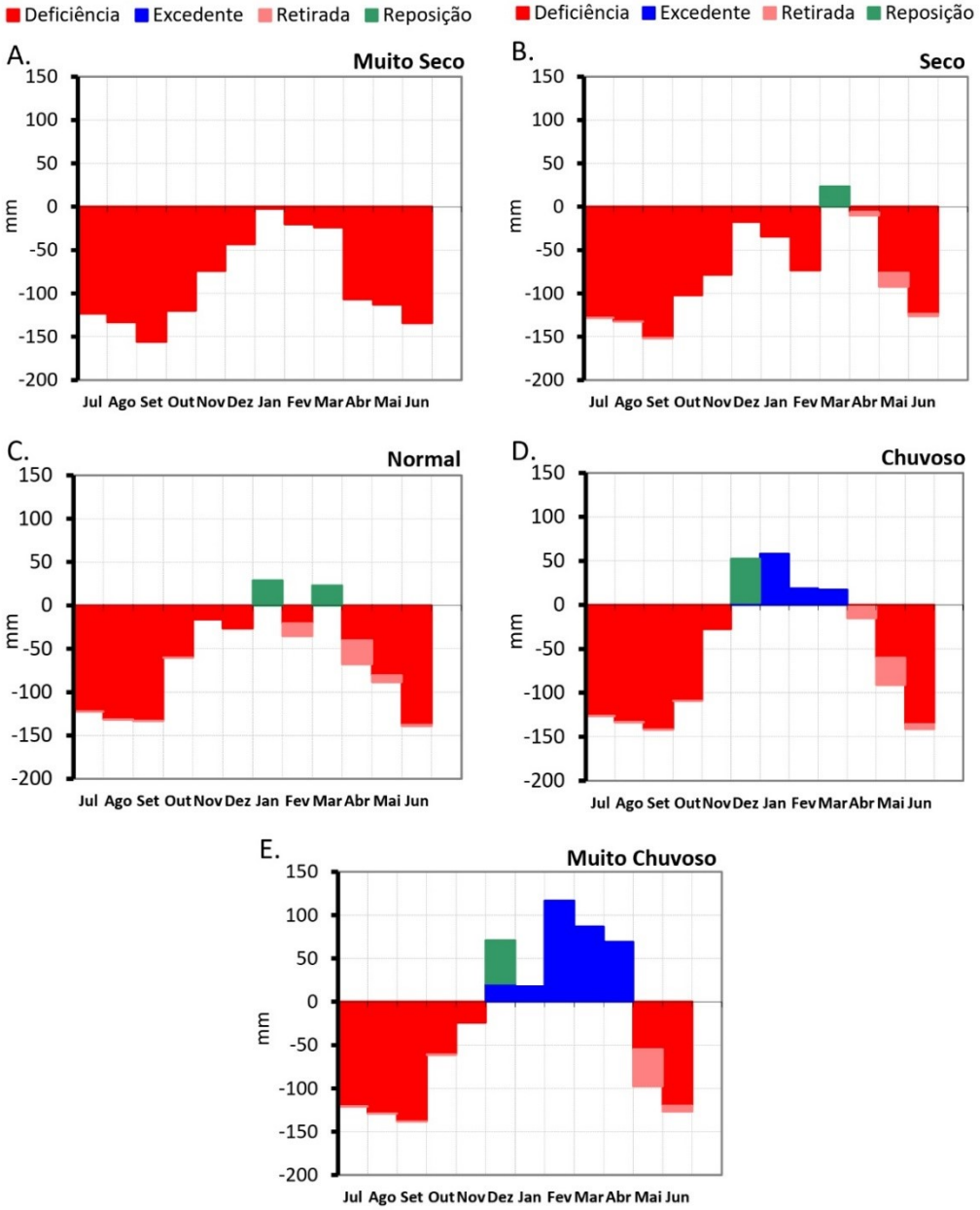
Conforme Gouvea *et al*. (2018), é notória a necessidade de planejamento hídrico, não só para os meses de menor disponibilidade hídrica, mas também para os de maior, pois permitirá ao produtor identificar as fragilidades climáticas e tornar o empreendimento agrícola sustentavelmente adequado a suprir a deficiência hídrica.

A partir do mês de outubro nota-se uma redução do déficit hídrico que se mantém até o mês de abril. Pode-se observar ainda, que nestes meses, mesmo havendo altos índices pluviométricos (acima de 100 mm mês^{-1}), não há o excedente hídrico, evidenciando assim, as

consequências de um período de déficit hídrico prolongado, cerca de 6 meses por ano.

Quando avaliado o balanço hídrico de cada regime pluviométrico das classes quantílicas (Figura 3), pode-se verificar o mesmo padrão de comportamento do balanço hídrico da série histórica avaliada (Figura 2). Independente do regime pluviométrico, os períodos de menor e maior disponibilidade hídrica são bem definidos, havendo apenas uma diminuição ou acentuação do déficit hídrico em cada período (maior e menor disponibilidade hídrica).

Figura 3 - Balanço hídrico para os regimes pluviométricos muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso para o município de Bom Jesus-PI.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Pode-se verificar elevado déficit hídrico entre os meses de junho a setembro em todos os regimes pluviométricos avaliados. As maiores disponibilidades hídricas ocorrem nos meses de janeiro e fevereiro em anos muito secos, março e abril em anos secos, janeiro e março em anos normais, dezembro a fevereiro em anos chuvoso, e dezembro a março em anos muito chuvosos (Figura 3).

O excesso ou falta de água atuam no sistema solo-planta-atmosfera, reduzindo a produtividade da cultura. Por meio do conhecimento de como comporta-se o balanço hídrico, pode-se realizar um planejamento para implantação de culturas de ciclo curto, aproveitando a época das chuvas e a manutenção de culturas anuais irrigadas nos meses de déficit hídrico (GUIMARÃES *et al.,* 2016).

Em suma, a região estudada apresenta clima bem definido, com períodos de disponibilidade hídrica compreendendo os meses de novembro a abril, o qual, coincide com a época de plantio das principais culturas anuais cultivadas na região, tais como arroz, milho e soja (BRASIL, 2018; BRASIL, 2019a; 2019b; 2019c).

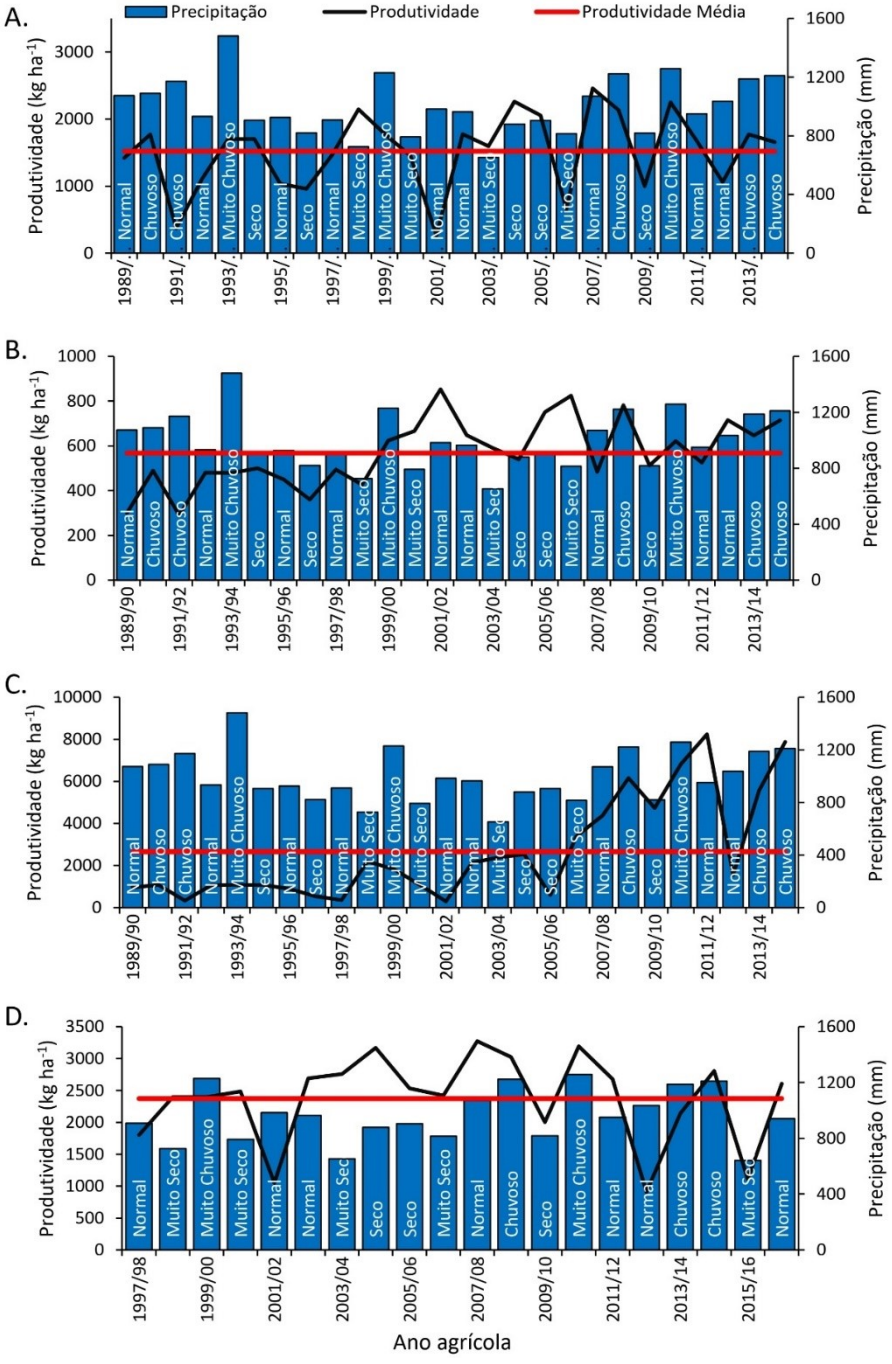
Os resultados obtidos neste trabalho possibilitam a caracterização climática e, consequentemente, a identificação dos períodos de maior e menor disponibilidade hídrica na região de Bom Jesus-PI. Logo, podem ser utilizados na realização do zoneamento agroclimatológico dos principais cultivos, bem como em estudos de necessidade de irrigação e implantação de novos cultivos com variadas demandas hídricas (LOPES *et al.,* 2019a).

Desta forma, pode-se comparar os resultados obtidos através da classificação quantílica com dados de produtividade das culturas do arroz, feijão, milho e soja na região de Bom Jesus-PI (Figura 4) para verificar o comportamento da produtividade média destas culturas nos cinco regimes pluviométricos. Apesar dos cultivos serem, na sua maior parte, dependentes da precipitação, este não é o único fator que irá determinar a produtividade dos cultivos. Outros fatores que atuam de forma expressiva é o desenvolvimento da cultura adotada para determinada região e o grau de tecnologia empregada (SILVA *et al*., 2008).

Em geral, pode-se observar associação entre o regime pluviométrico dos anos agrícolas e os dados de produtividade das culturas do arroz, feijão, milho e soja, havendo uma tendência à redução da produtividade em anos classificados como muito seco e seco, e aumento da produtividade em anos classificados como chuvoso e muito chuvoso (Figura 4).

Observa-se ainda que, para todas as culturas avaliadas, é possível fazer melhores associações a partir do ano agrícola 2006/07. Este fato pode estar relacionado à melhoria das cultivares, tratos culturais e tecnologia aplicada ao longo das últimas décadas, com o incremento destes fatores, adicionalmente a contribuição da precipitação, foi possível a obtenção de uma resposta positiva para a produtividade dos cultivos.

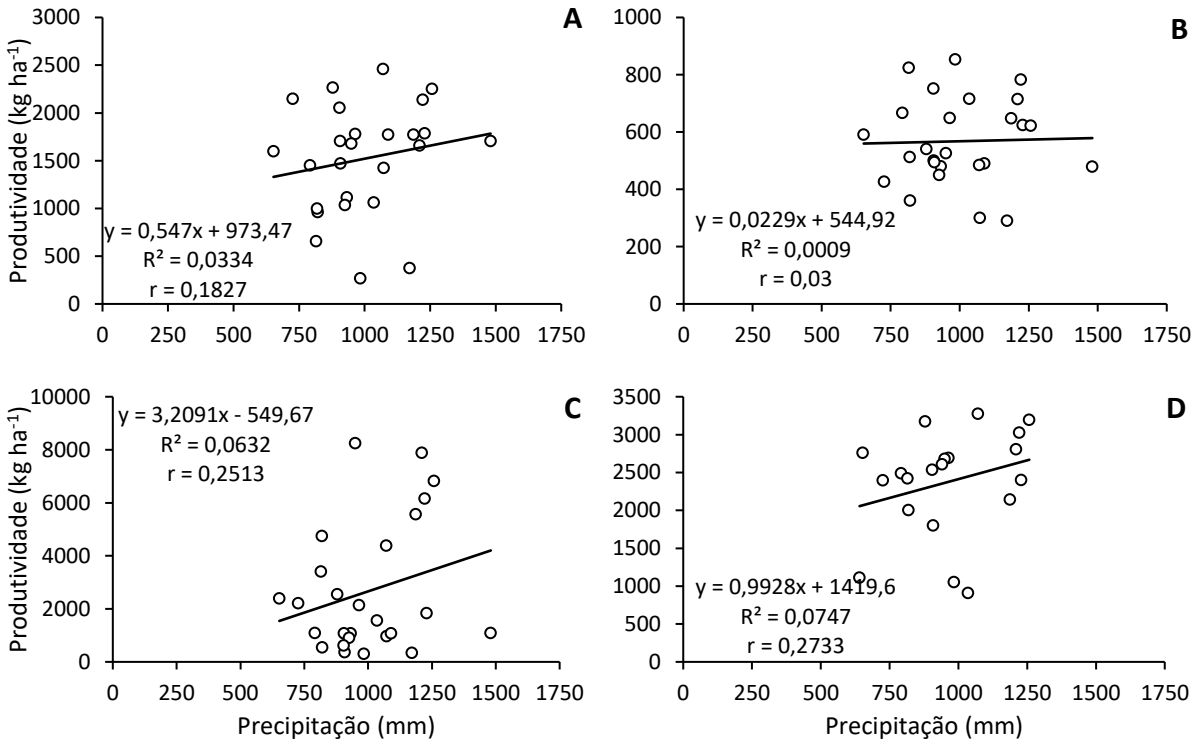
Figura 4 - Produtividade anual das culturas de arroz (A), feijão (B), milho (C) e soja (D) registradas no município de Bom Jesus-PI comparadas com a classificação quantílica da precipitação anual.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Apesar de se obter associações positivas entre o regime pluviométrico dos anos agrícolas e os dados de produtividade das culturas (Figura 4), não foi possível ajustar equações lineares com valores de R^2 satisfatórios entre as variáveis (Figura 5). Essa baixa correlação pode estar relacionada ao fato de que foi analisada a precipitação total do ano agrícola, e essas culturas são anuais, ou seja, são cultivadas em determinadas épocas do ano e a correlação está muito mais associada a distribuição das chuvas no período de cultivo do que a quantidade total (SILVA *et al.,* 2008).

Figura 5 - Correlação entre precipitação pluviométrica e a produtividade do arroz (A), feijão (B), milho (C) e soja (D) em Bom Jesus – PI.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes *et al.* (2019b) ao avaliarem o comportamento espacial da precipitação e da produtividade do milho no semiárido brasileiro, os quais verificaram que a correlação entre a pluviometria e a produtividade do milho, apesar de estatisticamente positiva, apresenta baixos valores (inferiores a 0,40). Silva *et al*. (2008) verificaram correlações inferiores às apresentadas neste trabalho ao avaliarem as relações entre a precipitação e a produtividade de cana-de-açúcar, milho e soja no estado de São Paulo.

Já Ferreira *et al.* (2019) ao avaliarem a interferência da precipitação no cultivo da soja e milho no Estado de São Paulo, verificaram correlações positivas de 0,53 e 0,32 entre a precipitação anual e a produtividade destas culturas, respectivamente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região que compreende o município de Bom Jesus – PI apresenta precipitação média de 1007,5 mm em um ano agrícola, com anos muito secos com valores abaixo de 817,45 mm e anos muito chuvosos com valores acima de 1224,18 mm.

O balanço hídrico da região demonstra que a localidade estudada apresenta período de menor e maior disponibilidade hídrica entre os meses de maio e outubro, e novembro a abril, respectivamente.

A associação entre a precipitação anual e a produtividade das culturas deve ser realizada respeitando o ciclo de cada cultura, utilizando o ano agrícola como referência para coleta de dados.

Há tendência à redução da produtividade de arroz, feijão, milho e soja em anos agrícolas classificados como muito seco e seco, bem como um aumento em anos agrícolas classificados como chuvoso e muito chuvoso, na microrregião do Alto Médio Gurguéia, Piauí.

Estudos com técnicas de verificação de disponibilidade hídrica sub-anual podem permitir melhores previsões de cultivos, avaliando os meses iniciais do ano agrícola e consequentemente datas de plantio.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Campus São Raimundo das Mangabeiras, pelo apoio institucional.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Mauro Cezar; BRACCINI, Alessandro de Lucca e; SCAPIM, Carlos Alberto; ALBRECHT, Leandro Paiola; PICCINI, Gleberson Guillen; ZUCARELI, Claudemir. Desempenho agronômico e componentes da produção de cultivares de soja em duas épocas de semeadura no arenito

caiuá. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.3, p. 945-960. 2013. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n3p945

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Secretaria de Política Agrícola. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de feijão caupi no Estado do Piauí ano-safra 2018/2019. Portaria nº 181, de 13 de agosto de 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Secretaria de Política Agrícola. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de arroz de sequeiro no Estado do Piauí ano-safra 2019/2020. Portaria nº 119, de 05 de agosto de 2019a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Secretaria de Política Agrícola. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de soja no Estado do Piauí ano-safra 2019/2020. Portaria nº 67, de 11 de julho de 2019b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Secretaria de Política Agrícola. Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de milho 1ª safra no Estado do Piauí ano-safra 2019/2020. Portaria nº 49, de 01 de julho de 2019c.

FERREIRA, Ana Paula Alf Lima; PADILHA, Douglas; MARSCHNER, Paulo Fernando. Estudo das possíveis correlações existentes entre a produção das commodities (soja-trigo-milho) e os índices climáticos de 1998 a 2017 no estado do Rio Grande Do Sul. **Revista Agropampa**, v. 1, n. 1, p. 36-53, 2019.

GOUVEA, Regina Luiza; CAMPOS, Cláudia Camargo; MENEZES, João Thadeu; MOREIRA, Genésio Freitas. Análise de frequência de precipitação e caracterização de anos secos e chuvosos para a Bacia do Rio Itajaí. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, p. 309-323, 2018. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.55276

GROSS, Joceli Augusto; CASSOL, Roberto. Índice de anomalia de chuva do estado o Rio Grande do Sul. **Ambiência**, Guarapuava, v. 11, n. 3, p. 529-543, 2015.

GUIMARÃES, Miguel Julio Machado; LOPES, Iug; OLDONI, Henrique; FILHO, Maurício Antonio Coelho. Balanço hídrico para diferentes regimes pluviométricos na região de Cruz das Almas-BA. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science**, Amazônia, v. 59, n. 3, p. 252-258, 2016. http://dx.doi.org/10.4322/rca.2205.

IBGE – Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: < https://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 19/08/2022.

LOPES, Iug; GUIMARÃES, Miguel Julio Machado; MELO, Juliana Maria Medrado de; RAMOS, Clovis Manoel Carvalho. Balanço hídrico em função de regimes pluviométricos na região de Petrolina-PE. **IRRIGA**, Botucatu, v. 22, n. 3, p. 443- 457, 2017a. https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n3p443-457

LOPES, Iug.; MELO, Juliana Maria Medrado; MONTENEGRO, Aberlado Antônio Assunção; GUIMARÃES, Miguel Julio Machado; LOPES, Breno; LEAL, Brauliro Gonçalves. Caracterização pluviométrica, precipitações máximas e balanço hídrico para diferentes regimes

pluviométricos em mesorregiões de Pernambuco. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Boa Vista, v. 7, n. 3, p. 20-33, 2017b.

LOPES, Iug; CARVALHO, Ailton Alves; MORAIS, José Edson Florentino de; SILVA, Douglas Alberto; LEAL, Brauliro Gonçalves. Pluviometria, balanço hídrico e produtividade agrícola para regiões da Bahia e Tocantins. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 257-271, 2019a. https://doi.org/10.13083/reveng.v27i3.866

LOPES, José Ricardo Ferreira; DANTAS, Milena Pereira; FERREIRA, Francisco Edson Paulo. Variabilidade da precipitação pluvial e produtividade do milho no semiárido brasileiro através da análise multivariada. **Nativa**, Sinop, v. 7, n. 1, p. 77-83, 2019b. http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v7i1.6243.

PEREIRA, Caroline Nascimento; CASTRO, Cesar Nunes; PORCIONATO, Gabriela Lanza. **Texto para discussão 2382: Dinâmica econômica, infraestrutura e logística no MATOPIBA**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2018.

PINKAYAN, Subin. 1966. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: State University, Boulder-Co, Hidrology Papers, n.12. 1966. 60p.

PINHEIRO, Gabriela Marques; VIDE, Javier Martin. O estudo das tendências pluviométricas no município de Irati/PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 14, p. 60-71, 2018. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v23i0.50867

SANTOS, Ana Paula Paes dos; ARAGÃO, Maria Regina da Silva; CORREIA, Magaly de Fátima; SANTOS, Sergio Rodrigo Quadros dos; SILVA, Fabrício Daniel dos Santos; ARAÚJO, Heráclio Alves de. Precipitação na Cidade de Salvador: Variabilidade Temporal e Classificação em Quantis. **Revista Brasileira de Meteorologia,** São José dos Campos, v. 31, n. 4, p. 454-467, 2016. Doi: http://dx.doi.org/10.1590/0102-778631231420150048.

SILVA, Daniela Fernanda da; PRELA-PANTANO, Angélica; NETO, João Lima Sant'Anna. Variabilidade da precipitação e produtividade agrícola na região do Médio Paranapanema, SP. **Revista Brasileira Climatologia**, Curitiba, v. 3, p. 101-116, 2008. http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v3i0.25431

SOUZA, Werônica Meira; AZEVEDO, Pedro Vieira de; ARAÚJO, Lincoln Eloi de. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n. 2, p. 250-268, 2012. https://doi.org/10.26848/rbgf.v5i2.232788

THORNTHWAITE, Charles Warren; MATHER, John Russell. **The water balance**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, 1955.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS: ABRH, 2004.

WMO - World Meteorological Organization. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals: prepared by a Meeting of Experts**, Geneva: WMO, 1989.

XAVIER, Teresinha de Maria Bezerra Sampaio. **Tempo de Chuva – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. Fortaleza: ABC Editora, 2001.