

Climatologia do Estado do Tocantins – Brasil

Tocantins State Climatology – Brazil

Aline de Freitas Roldão

Doutoranda em Geografia pela
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
alineroldao@yahoo.com.br

Vanderlei de Oliveira Ferreira

Doutor em Geografia, Professor da
Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
vanderlei@ig.ufu.br

Resumo

O presente texto descreve resultados de pesquisa dedicada à avaliação de características climáticas do Estado do Tocantins, especialmente quanto aos fatores temperatura, pluviosidade e outras variáveis do balanço hídrico climatológico. Quanto à pluviosidade, foram adotados dados diários disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) de postos pluviométricos situados dentro e no entorno do território tocantinense para período de 32 anos (1985 a 2016). Já os dados de temperatura do ar foram obtidos a partir do projeto Reanalysis do National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR). O cálculo do balanço hídrico foi feito através da metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), adotando-se capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm como valor padrão. Os tipos climáticos foram identificados de acordo com as propostas de classificação de Köppen e Geiger (1928) e Thornthwaite (1948). Espera-se que os resultados sejam úteis para a gestão territorial e pesquisas científicas em diversas áreas do conhecimento.

Palavras-chave: pluviosidade; temperatura; balanço hídrico; classificação climática.

Abstract

This paper describes research results dedicated to the evaluation of the climatic characteristics of the State of Tocantins, especially regarding the factors temperature, rainfall and other variables of the climatological water balance. Regarding rainfall, daily data provided by the Agência Nacional de Águas (ANA) were adopted from rainfall stations located in and around Tocantins territory for a period of 32 years (1985 to 2016). The air temperature data were obtained from the Reanalysis project of the National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research (NCEP / NCAR). The water balance was calculated using the methodology proposed by Thornthwaite and Mather (1955), adopting the available groundwater capacity (CAD) of 100 mm as the default value. Climate types were identified according to the classification proposals of Köppen and Geiger (1928) and Thornthwaite (1948). The results are expected to be useful for territorial management and scientific research in various areas of knowledge.

Keywords: rainfall; temperature; hydric balance; climate classification

1. INTRODUÇÃO

O aprimoramento do conhecimento acerca das características climáticas do Estado do Tocantins, especialmente temperatura do ar, pluviosidade e outras variáveis do balanço hídrico é necessário e diretamente aplicável à busca de melhor entendimento sobre as tipologias de vegetação nativa, regimes fluviais e ocupação das terras, especialmente quanto aos processos produtivos relacionados às commodities agrícolas.

Sabe-se que o Estado do Tocantins apresenta um arranjo pluviométrico bem semelhante ao verificado na região central brasileira, com um período estacional seco e outro chuvoso. A título de contextualização, a figura 1 representa o mapa da normal climatológica 1981-2010 (Precipitação acumulada anual) elaborado pelo INMET para o território brasileiro. Observa-se que o território tocantinense possui valores médios anuais de chuva entre 1250 e 2050 mm. A maior parte do Estado recebe valores médios anuais entre 1650 e 1850 mm. Já as porções centro-leste, sudeste e sul, possuem valores inferiores a 1650 mm.

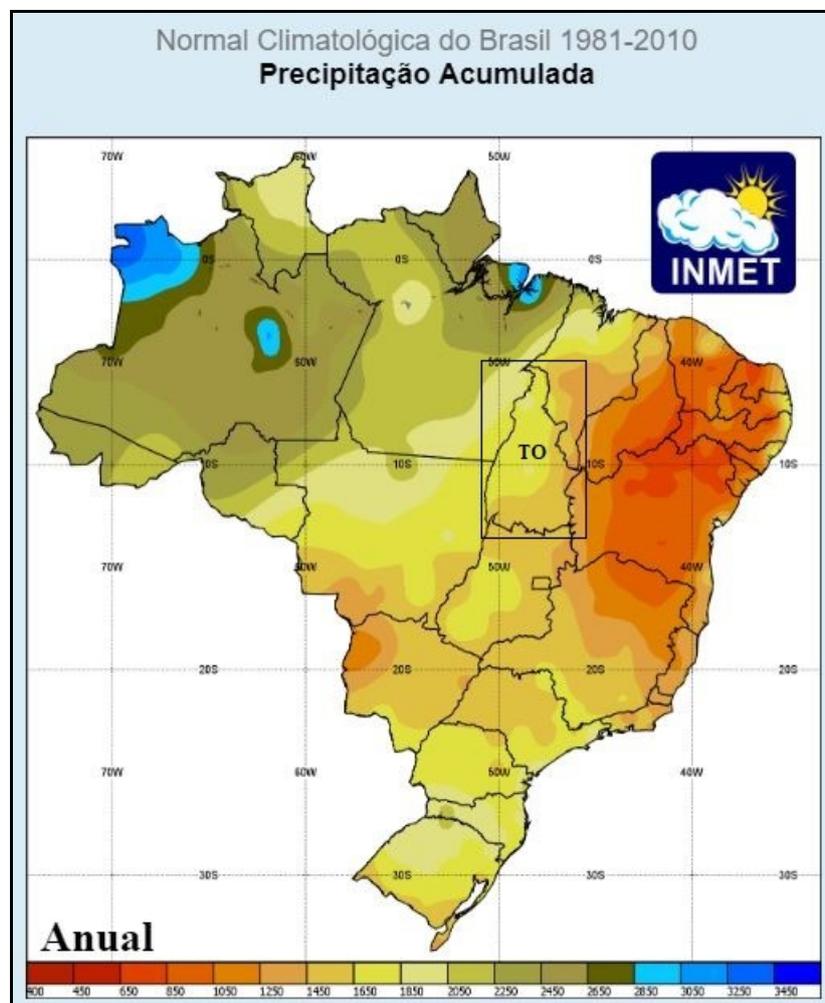


Figura 1 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010.

Fonte: INMET (2019)

Os principais sistemas geradores de chuvas no Tocantins são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). “A ZCIT é considerada o sistema mais importante gerador de precipitação sobre a região equatorial dos Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, assim como áreas continentais adjacentes” (MELO, *et al.* 2009, p.25). Tal sistema atua principalmente na porção norte do Estado do Tocantins já que, segundo Melo et al (2009), em anos chuvosos este sistema pode atingir até 5° S, proporcionando elevados totais de precipitação.

De acordo com Hastenrath e Heller (1977) a ZCIT pode sofrer influência dos sistemas de alta pressão do Oceano Atlântico. Neste caso o deslocamento das Altas Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) em direção ao Equador é responsável por uma menor quantidade de chuvas, enquanto que uma retração da ASAS em direção às latitudes mais altas do Atlântico Sul provoca uma maior quantidade pluviométrica na região nordeste do Brasil e também na porção norte do Estado do Tocantins.

Em relação à ZCAS, de acordo com Carvalho e Jones (2009) esta se dá como uma banda de nebulosidade com orientação noroeste-sudeste sobre a América do Sul, sendo que a atividade convectiva começa no oeste da bacia amazônica, no início de agosto, e nos meses subsequentes dirige-se à região sudeste brasileira e sobre o Oceano Atlântico Subtropical.

Segundo Pegorim (2017) a ZCAS é resultante da combinação de vários sistemas meteorológicos, como as frentes frias na costa do Sudeste, o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis no Nordeste (VCAN) e a Alta da Bolívia. Ainda de acordo com a autora os fenômenos de escala global El Niño e La Niña interferem na formação da ZCAS.

As mudanças na circulação dos ventos em diversos níveis da atmosfera causadas pelo aquecimento (El Niño) ou pelo resfriamento (La Niña) anormal das águas do oceano Pacífico Equatorial Central e Leste dificultam ou facilitam a organização da ZCAS sobre o Brasil. De forma geral, em anos de El Niño, a formação da ZCAS é dificultada, mas isto não significa que o fenômeno não ocorre. A La Niña facilita a organização da ZCAS. (PEGORIM, J. 2017)

A ZCAS atua principalmente na porção centro-sul do Tocantins, dependendo da variação de sua posição, como demonstra a figura 2. Quando a grande faixa de instabilidade forma-se numa posição mediana (1) as chuvas são mais bem distribuídas na porção sudeste do Tocantins. Já quando o eixo da ZCAS se posiciona mais ao norte as chuvas atuam em quase todo o território tocantinense, com excessão da porção norte-nordeste.



Figura 2 - Esquema de variação de posição das áreas de instabilidade da ZCAS
Fonte: PEGORIM, J (2017)

É preciso conhecer melhor a distribuição das chuvas no Estado do Tocantins, considerando a escala regional e também destacando particularidades locais. É importante analisar a questão da entrada de água via pluviosidade no contexto do balanço hídrico, atentando-se para a demanda hídrica ambiental (evapotranspiração potencial), situações de deficiência e de excedentes. Neste caso, torna-se necessário levantar os dados de temperatura, necessários para estimativas da evapotranspiração. O presente artigo tem tal objetivo, aproveitando a oportunidade para apresentar informações adicionais sobre as tipologias climáticas do Estado.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O Estado do Tocantins está localizado na porção sudeste da região Norte brasileira, entre as longitudes 45°W e 51°W e latitudes 5°S e 14°S. Tem como limites os Estados de Goiás ao sul, Mato Grosso a oeste e sudoeste, Pará a oeste e noroeste, Maranhão a norte, nordeste e leste, Piauí a leste e Bahia a leste e sudeste. (Figura 3)

A pesquisa iniciou por meio do levantamento dos dados diários de pluviosidade disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) para um período de 32 anos (1985 a 2016). A escolha de tal período e postos pluviométricos levou em conta a menor quantidade de falhas possíveis. Foram utilizados também postos situados no entorno da área de estudo, ou seja, nos Estados de Goiás, Mato Grosso, Pará, Maranhão e Bahia. Esses dados foram necessários para o procedimento de interpolação. Os postos do interior da área de estudo somaram 56 e os do entorno somaram 27 (Quadro 1 e Figura 4).

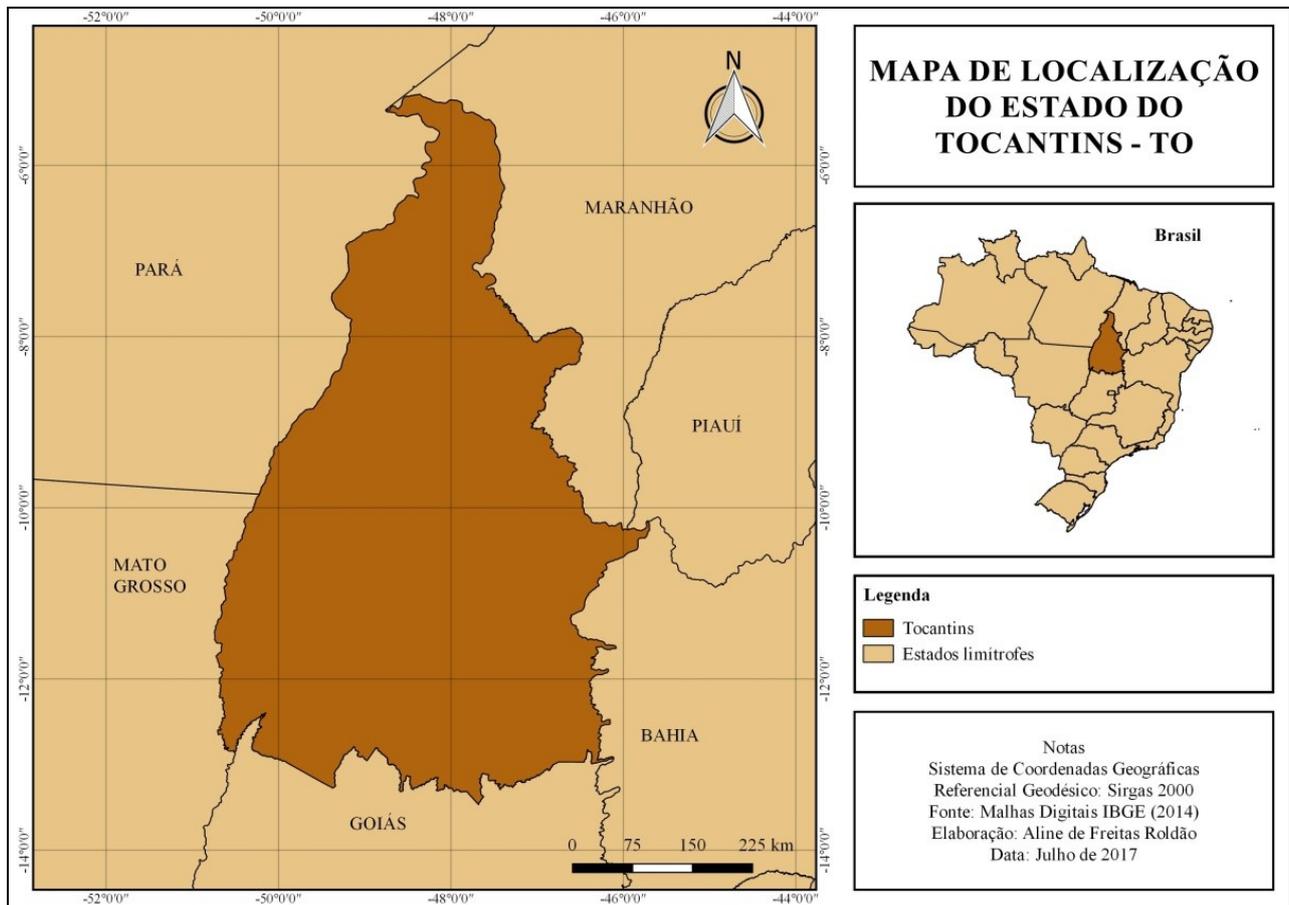


Figura 3 – Mapa de localização do Estado do Tocantins – TO.

Fonte: Malhas Digitais IBGE (2014)

Quadro 1 – Postos pluviométricos utilizados no estudo

Postos Pluviométricos do interior da área de estudo						
Estado do Tocantins (TO)						
	Nome do Posto	Município	Código	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
1	Almas	Almas	1147000	11°34'44"	47°10'26"	427
2	Alvorada	Alvorada	1249000	12°29'01"	49°7'28"	293
3	Ananas	Ananás	648001	06°21'50"	48°4'21"	191
4	Araguacema (Chácara Araguaia)	Araguacema	849002	08°48'08"	49°33'20"	203
5	Araguaçu	Araguaçu	1249001	12°55'52"	49°49'46"	295
6	Araguatins	Araguatins	548000	5°38'54"	48°7'30"	122
7	Arapoema	Arapoema	749000	7°39'19"	49°3'54"	215
8	Aurora do Norte	Aurora do Norte	1246001	12°42'50"	46°24'31"	464
9	Boa Vista do Araguaia	Araguaína	749001	7°19'23"	49°13'27"	100
10	Campos Lindos	Campos Lindos	847002	7°58'16"	46°48'23"	290

Continua...

Continuação ...

11	Cangussu	Pium	950002	9°58'13"	49°59'37"	240
12	Caseara	Caseara	950000	9°16'12"	49°57'32"	190
13	Colinas do Tocantins	Colinas do Tocantins	848000	8°3'10"	48°28'54"	229
14	Colônia	Bernardo Sayão	748001	7°52'40"	48°52'43"	200
15	Conceição do Tocantins	Conceição do Tocantins	1247000	12°13'57"	47°19'28"	407
16	Dianópolis	Dianópolis	1146000	11°37'31"	46°48'38"	679
17	Dois Irmãos do Tocantins	Dois Irmãos do Tocantins	949001	9°15'26"	49°3'51"	264
18	Duere	Dueré	1149000	11°20'20"	49°15'55"	234
19	Fátima	Fátima	1048000	10°45'49"	48°54'8"	352
20	Fazenda Lobeira	São Valério da Natividade	1148000	11°31'53"	48°17'41"	243
21	Fazenda Primavera	Nova Olinda	748002	7°33'38"	48°25'22"	257
22	Fazenda Santa Rita	Paraná	1247005	12°35'6"	47°29'12"	340
23	Formoso do Araguaia	Formoso do Araguaia	1149001	11°47'50"	49°31'30"	247
24	Goiatins	Goiatins	747001	7°42'53"	47°18'54"	185
25	Guarai	Guarai	848001	8°49'55"	48°49'2"	279
26	Gurupi	Gurupi	1149002	11°44'14"	49°8'10"	353
27	Itacajá	Itacajá	847001	8°23'30"	47°45'46"	250
28	Itaporã do Tocantins	Itaporã do Tocantins	848002	8°34'26"	48°41'25"	345
29	Jatobá (Fazenda Boa Nova)	Novo Acordo	1047000	9°59'26"	47°28'43"	201
30	Lizarda	Lizarda	946003	9°35'50"	46°40'22"	620
31	Mansinha	Rio Sono	947001	9°27'27"	47°19'37"	320
32	Miracema do Tocantins	Miracema do Tocantins	948000	9°33'51"	48°23'15"	210
33	Muricilândia	Muricilândia	748003	7°9'16"	48°36'11"	393
34	Natividade	Natividade	1147001	11°41'49"	47°43'42"	308
35	Palmas	Porto Nacional	1048003	10°43'0"	48°25'0"	280
36	Palmeirante	Palmeirante	747009	7°51'34"	47°55'44"	166
37	Palmeirópolis	Palmeirópolis	1248003	13°2'31"	48°24'25"	435
38	Paraíso do Tocantins	Paraíso do Tocantins	1048001	10°9'55"	48°53'26"	390
39	Pindorama do Tocantins	Pindorama do Tocantins	1147002	11°8'25"	47°34'36"	444
40	Piraquê	Araguanã	648002	6°40'20"	48°28'13"	184
41	Pium	Pium	1049001	10°26'28"	49°10'45"	280
42	Ponte Alta do Bom Jesus	Ponte Alta do Bom Jesus	1246000	12°5'27"	46°28'46"	519
43	Ponte Alta do Tocantins	Ponte Alta do Tocantins	1047004	10°45'3"	47°32'10"	300
44	Porto Gilândia	Monte do Carmo	1047002	10°45'19"	47°45'53"	220
45	Porto Lemos	Santa Fé do Araguaia	649003	6°52'9"	49°5'55"	156
46	Porto Real	Pedro Afonso	948001	9°18'25"	47°55'45"	200
47	Praia Alta	Sandolândia	1249004	12°25'5"	49°35'24"	205
48	Projeto Rio Formoso	Formoso do Araguaia	1249002	11°50'22"	49°46'18"	196
49	Rio da Palma (Fazenda Chuva Manga)	Conceição do Tocantins	1247002	12°24'56"	47°11'59"	322
50	Santa Terezinha	Fortaleza do Tabocão	1050002	10°27'40"	50°30'45"	207
51	São Sebastião do Tocantins	São Sebastião do Tocantins	548001	5°15'35"	48°12'25"	109

Continua...

Continuação...

52	Taquarussu do Porto	Palmas	1048005	10°18'48"	48°9'45"	406
53	Tocantinópolis	Tocantinópolis	647000	6°17'19"	47°23'31"	126
54	Tupiratins	Tupiratins	848003	8°23'57"	48°7'49"	192
55	Wanderlândia	Wanderlândia	647001	6°50'21"	47°58'14"	165
56	Xambioá	Xambioá	648000	6°24'47"	48°32'0"	148
Postos Pluviométricos do entorno da área de estudo						
Goiás (GO)						
	Nome do Posto	Município	Código	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
1	Entroncamento São Miguel	Porangatu	1349003	13°6'10"	49°12'5"	345
2	Fazenda Piratininga	São Miguel do Araguaia	1250000	12°49'14"	50°20'10"	254
3	Monte Alegre de Goiás	Monte Alegre de Goiás	1346003	13°5'24"	46°53'12"	559
4	Novo Planalto	Novo Planalto	1349001	13°14'41"	49°30'6"	286
5	Ponte Paranã	Teresina de Goiás	1347001	13°25'31"	47°8'21"	363
6	SAMA	Minacú	1348001	13°31'59"	48°13'37"	375
7	Trombas	Trombas	1348003	13°30'46"	48°44'42"	391
Mato Grosso (MT)						
	Nome do Posto	Município	Código	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
8	Luciara	Luciara	1050000	11°13'9"	50°40'7"	182
9	São Félix do Araguaia	São Félix do Araguaia	1150001	11°37'11"	50°39'45"	195
10	Vila Rica	Vila Rica	951000	10°1'8"	51°7'22"	222
Pará (PA)						
	Nome do Posto	Município	Código	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
11	Barreira do Campo	Santana do Araguaia	950001	9°13'39"	50°12'39"	195
12	Fazenda Santa Elisa	Sapucaia	649001	6°47'41"	49°32'55"	193
13	KM 60 PA-150	Marabá	549007	5°48'11"	49°11'00"	131
14	Posto da Serra	Rio Maria	750001	7°30'22"	50°2'41"	232
15	Redenção	Redenção	855000	8°2'38"	50°00'02"	213
Maranhão (MA)						
	Nome do Posto	Município	Código	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
16	Brejo Comprido	Balsas	746007	7°55'43"	45°59'19"	328
17	Cabeceira	Alto Parnaíba	946000	9°18'00"	46°42'00"	600
18	Carolina	Carolina	747000	7°19'23"	47°27'52"	169
19	Coqueiro	Riachão	746002	7°40'00"	46°28'00"	320
20	Imperatriz	Imperatriz	547000	5°32'06"	47°28'42"	124
21	Morrinhos	Alto Parnaíba	946002	9°27'00"	46°18'00"	520
22	São Pedro	Porto Franco	646003	6°38'00"	46°53'00"	450
Bahia (BA)						
	Nome do Posto	Município	Código	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)
23	Cacimbinha	Formosa do Rio Preto	1146005	11°09'07"	46°03'39"	634
24	Coaceral	Formosa do Rio Preto	1045006	10°33'44"	45°41'42"	774
25	Fazenda Johá	Barreiras	1245014	12°07'32"	45°48'39"	725
26	Fazenda Triunfo	Formosa do Rio Preto	1145020	11°27'37"	45°36'55"	772
27	Roda Velha	São Desidério	1245015	12°45'55"	45°56'38"	761

Fonte: ANA (2017)
Elaboração: Autores (2019)

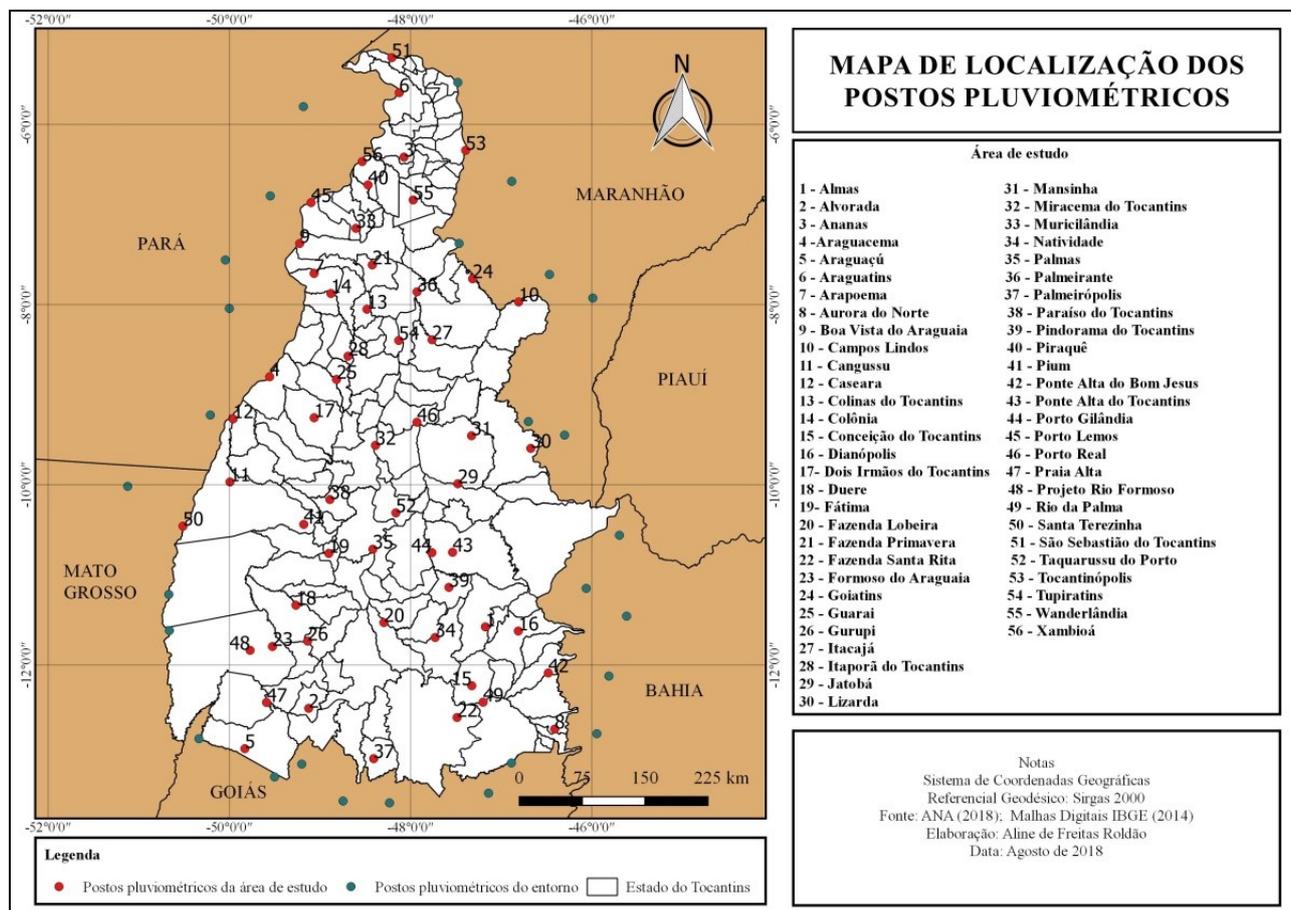


Figura 4 – Mapa de localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo

Fonte: ANA (2018)

Após a seleção dos dados, foram realizados o tratamento e tabulação dos totais e das médias mensais. Para tal procedimento, foram utilizados os softwares Hidro 1.3 e Microsoft Office Excel. Para representar a distribuição espacial das precipitações no Estado foi utilizado o software QGIS, por meio do interpolador Multilevel b-spline interpolation.

Os dados de temperatura do ar foram obtidos a partir do projeto Reanalysis do National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR).

O NCEP (National Centers for Environmental Prediction) e NCAR (National Center for Atmospheric Research) estão cooperando num projeto (denominadas "Reanalysis") para produzir um registro de análises globais dos campos atmosféricos para apoio às necessidades de comunidades de pesquisa e monitoramento do clima. Esse esforço envolve a recuperação de dados de superfície terrestre, navio, radiossonda, aviões, satélites e outros dados, controle de qualidade e assimilar esses dados com um sistema de assimilação de dados. O NCEP / NCAR usa o estado da arte em sistemas de assimilação global de dados e uma base de dados tão completo quanto possível. A assimilação de dados e o modelo utilizado é idêntico ao do sistema global implementado operacionalmente no NCEP em 11 de janeiro de 1995, exceto que a resolução horizontal é T62 (cerca de 210 km). A base de dados foi reforçada com várias fontes de observações que não estão disponíveis em tempo real das operações por diferentes países e organizações. O sistema foi concebido com controle de qualidade e componentes avançados de acompanhamento (KALNAY *et al.*, 1996, p.437).

O Reanálise engloba variáveis de dados climáticos com quatro valores diários e ainda valores mensais de 1948 até o presente. A área de cobertura abrange todo o globo, em 17 níveis de pressão, sendo que neste trabalho os dados foram coletados em um nível de pressão de 1000 mbar (nível de superfície). Os dados utilizados neste modelo são enfocados em uma grade de 144x73 pontos, com espaçamento horizontal de 2,5° de latitude e 2,5° de longitude.

Para o Estado do Tocantins foram utilizados os dados de temperatura compreendidos entre as latitudes de 5° a 12,5° sul e entre as longitudes de 45° a 50° oeste. A fim de especializar a temperatura no Estado foi elaborado um mapa base utilizando a mesma inserção de pontos (localização) dos postos pluviométricos. Para tal também foi utilizado o software QGIS. Em seguida, com o mesmo software, foi feita a interpolação, através do interpolador Multilevel b-spline interpolation e finalmente a elaboração do mapa de temperatura média anual do Estado do Tocantins.

O cálculo do balanço hídrico foi feito a partir da metodologia proposta por Thornthwaite e Mather (1955), com a Capacidade de água disponível no solo (CAD) de 100 mm como valor padrão. Os solos predominantes no território apresentam valores próximos disso. No intuito de facilitar o cálculo utilizou-se a planilha elaborada por Rollin e Sentelhas (1999). A figura 5 mostra como exemplo o balanço hídrico elaborado por meio de dados do posto pluviométrico no município de Palmas, para o período compreendido entre 1985 e 2016.

Glauco de Souza Rolim Paulo Cesar Sentelhas Departamento de Ciências Exatas - Área de Física e Meteorologia DCE - ESALQ / USP BRSeq V6.0 1999															
CIDADE		Palmas		ANO		1985-2016									
CAD		100		LATITUDE		-10,71		Tela Normal (CTRL-)							
Número de Linhas		12		Ajustar		NDA inicial		1		Tela Inteira (CTRL-)					
Tempo	Num de	NDA	T	P	N	I	ETP		P-ETP	NEG-AC	ARM	ALT	ETR	DEF	EXC
MESES	Dias		°C	mm	horas		Thornthwaite1948	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Jan	31	1	23,80	279	12,61	10,61		103,86	174,8	0,0	100,0	0,0	103,9	0,0	174,8
Fev	28	32	23,80	255	12,46	10,61	l =	92,63	162,0	0,0	100,0	0,0	92,6	0,0	162,0
Mar	31	60	23,90	288	12,21	10,68	a =	101,93	166,4	0,0	100,0	0,0	101,9	0,0	166,4
Abr	30	91	24,00	173	11,90	10,75		97,45	75,7	0,0	100,0	0,0	97,4	0,0	75,7
Mai	31	121	24,10	59	11,62	10,82		99,65	-40,5	-40,5	66,7	-33,3	92,4	7,2	0,0
Jun	30	152	24,50	6	11,41	11,16		101,39	-95,7	-136,2	25,6	-41,1	46,8	54,6	0,0
Jul	31	182	25,50	1	11,38	11,78		117,58	-116,3	-252,6	8,0	-17,6	18,8	98,7	0,0
Ago	31	213	27,10	3	11,53	12,92		145,51	-142,2	-394,8	1,9	-6,1	9,4	136,1	0,0
Set	30	244	28,50	52	11,80	13,94		170,09	-118,0	-512,8	0,6	-1,3	53,4	116,7	0,0
Out	31	274	26,90	148	12,11	12,78		149,08	-0,8	-513,6	0,6	0,0	148,3	0,8	0,0
Nov	30	305	24,80	212	12,40	11,30		113,09	99,3	-0,1	99,9	99,3	113,1	0,0	0,0
Dez	31	335	24,10	277	12,59	10,82		107,99	168,8	0,0	100,0	0,1	108,0	0,0	168,8
TOTAIS			301,1	1733,6				1400,2	333,3		0,0	986,1	414,2	747,5	
MEDIAS			25	144				117			± 99	82	35	82	

Figura 5 – Planilha com balanço hídrico do município de Palmas – TO (1985 a 2016)

Elaboração: Rollin e Sentelhas (1999)

Organização: Autores (2018)

Foram calculados os balanços hídricos segundo Thornthwaite e Mather (1955) para os 56 postos pluviométricos localizados no Estado do Tocantins e também para os 27 postos selecionados no entorno. A partir do cálculo do balanço hídrico foram gerados os valores da deficiência hídrica e do excedente hídrico. No cômputo do balanço hídrico, a deficiência de água ocorre sempre que a umidade do solo esta esgotada ao ponto de murcha permanente. Em contrapartida, o excedente ocorre quando a chuva excede a capacidade de armazenagem de umidade no solo. O escoamento da

superfície e a percolação profunda são agrupados ao excedente (MOTA, 1985). Foram elaborados mapas do excedente e déficit anual. Os mesmos também foram feitos utilizando o software QGIS e a interpolação através do interpolador Multilevel b-spline interpolation.

Os climas do Tocantins foram classificados de acordo com as propostas de Köppen & Geiger e Thornthwaite. A primeira é descritiva e baseada em intervalos de dados de pluviosidade e temperatura. A segunda é baseada no balanço hídrico climatológico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Temperatura do ar

O Estado do Tocantins possui uma média geral de temperatura do ar de 24,9°C. Os meses mais quentes são agosto, setembro e outubro, com valores médios respectivos de 26,6°C; 27,7°C e 26,4°C. Já os meses com temperaturas menores são: janeiro (23,9°C), fevereiro (23,9°C) e março (24°C). Os municípios que apresentam menores médias de temperatura são Aurora do Norte e Conceição do Tocantins, ambos com média de 23,2°C. Em contrapartida, o município com maior média de temperatura é Tocantinópolis (26°C). A figura 6 representa as variações espaciais da temperatura média anual no Estado do Tocantins no período de 1985 a 2016. Observa-se que o Estado possui uma pequena variação de temperatura. Fica evidenciado que a temperatura média no Estado aumenta no sentido sul-norte.

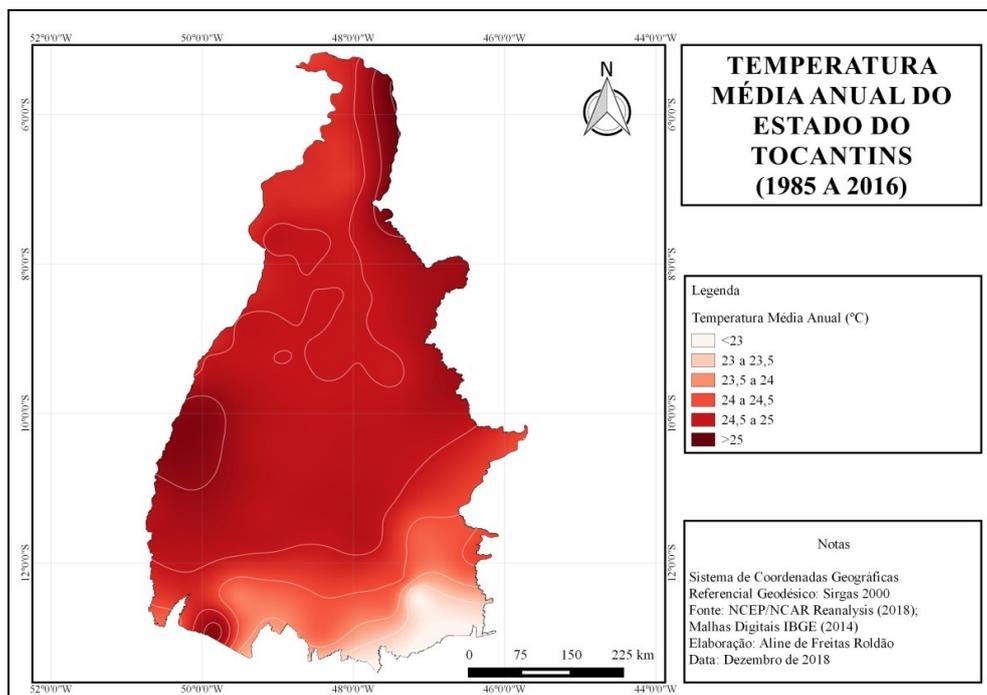


Figura 6 – Mapa da temperatura média anual do Tocantins (1985 a 2016).

Dados: NCEP/NCAR Reanalysis (2018)

Organização: Autores (2018)

3.2 Pluviosidade

Diferentemente das temperaturas médias, a distribuição dos totais médios anuais e mensais de pluviosidade não é uniforme no espaço e no tempo. A média de total pluviométrico anual no Estado é de 1642,9 mm. Existe no Estado do Tocantins uma alternância entre seis meses de chuva e seis meses de seca (figura 7). As chuvas concentram-se nos meses de novembro a abril, somando 1404 mm em média, o equivalente a 85% das chuvas anuais. O mês de janeiro evidencia-se com a maior média pluviométrica do Estado (265,0 mm).

Entre maio e outubro predomina escassez de chuvas. Neste período a média precipitada é de 243,9 mm, o que corresponde a apenas 15% do total das chuvas anuais. Julho é o mês com menor registro pluviométrico, com média de 3,8 mm. O mês de outubro, apesar de receber uma quantidade considerável de chuvas, apresenta ainda deficiência hídrica no solo e as chuvas são em grande parte isoladas. Desta forma outubro ainda é considerado um mês da estação seca no Tocantins.

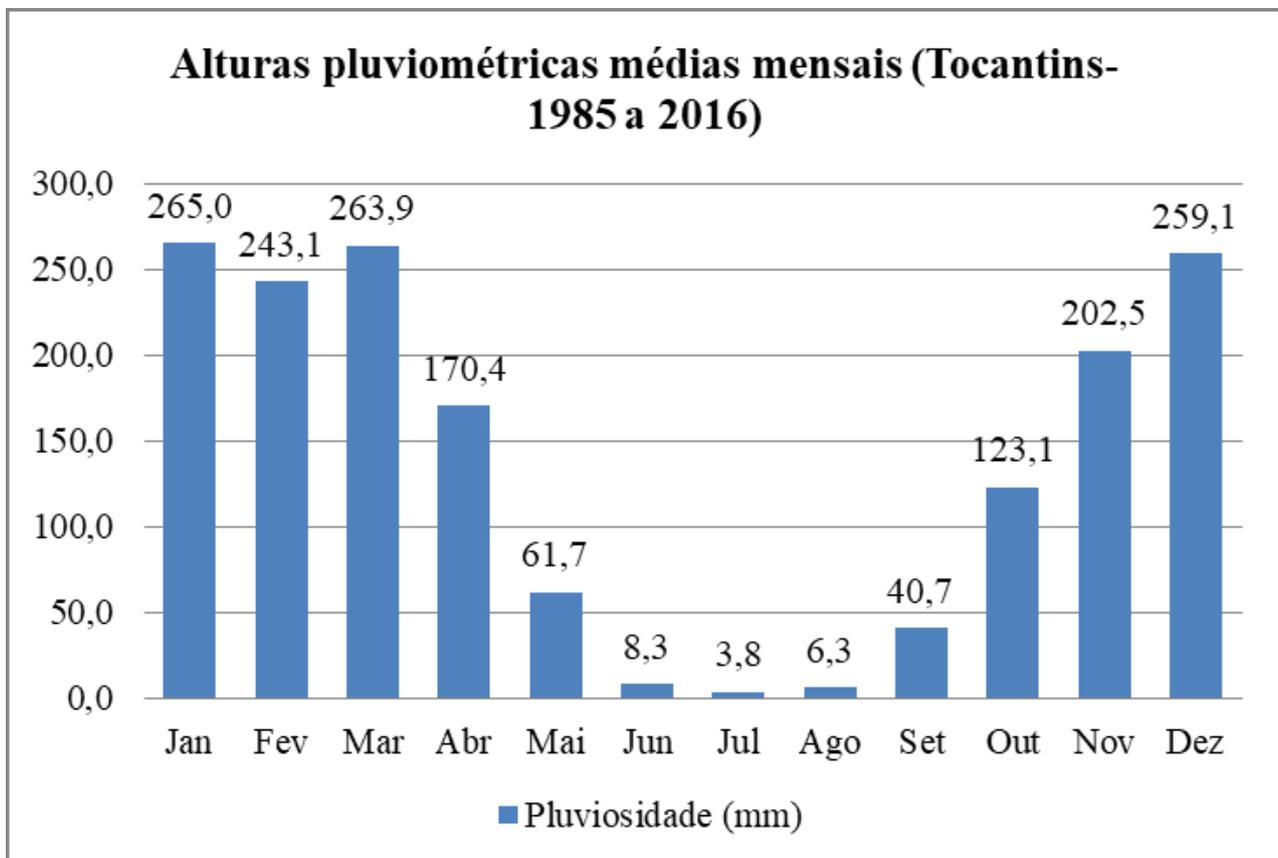


Figura 7 – Gráfico das alturas pluviométricas médias mensais do Tocantins (1985 a 2016)

Dados: ANA (2018)

Elaboração: Autores (2018)

A figura 8 apresenta a espacialização dos totais médios anuais de pluviosidade no Estado do Tocantins no período de 1985 a 2016. A porção sul registra os menores totais, como é o caso do posto pluviométrico Fazenda Santa Rita no município de Paranã com registro de apenas 1090 mm de total médio.

À medida que se orienta para a direção norte-noroeste, observa-se um aumento gradativo da precipitação. Nestas áreas estão localizados os postos pluviométricos com médias maiores que 1900 mm, como Paraíso do Tocantins com um acumulado médio de 1986,6 mm, Dois Irmãos do Tocantins com 1985,1 mm, Muricilândia com 1957 mm, Pium com 1955,4 mm, Fátima com 1949,4 mm e Araguacema com 1925,2 mm. A maior média anual pluviométrica do Estado é registrada no posto situado no município de Ponte Alta do Bom Jesus, como pode ser notado na porção sudeste do território tocantinense, apresentando um total médio de 1992,7 mm.

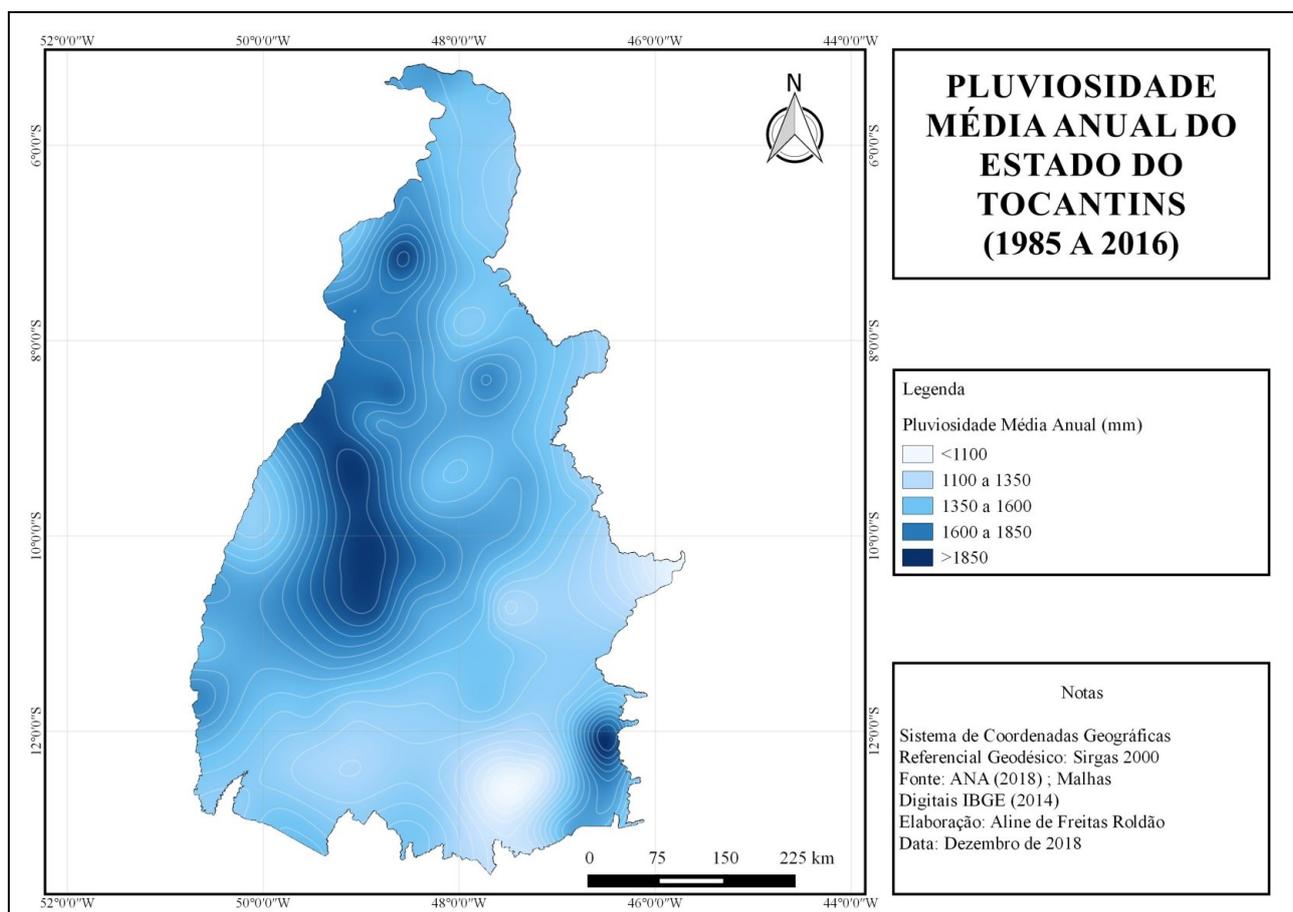


Figura 8 – Mapa da pluviosidade média anual do Estado do Tocantins (1985 a 2016)

Dados: ANA (2018)

Elaboração: Autores (2018)

Analisando concomitantemente o comportamento da temperatura e do regime pluviométrico constata-se, portanto, alternância de duas estações distintas, sendo uma com verão quente e úmido e outra com inverno também quente e seco. Fato importante de ser destacado são as temperaturas registradas durante o inverno no Tocantins, uma vez que as mesmas apresentam-se sempre com

médias superior a 23°C. Tal fato pode ser explicado pela pequena influência que as massas polares exercem sobre o território, além da redução de cobertura de nuvens que permite elevado número de horas de insolação efetiva.

As variações termo-pluviométricas são notadamente percebidas a partir do climograma da Figura 9. No verão registram-se os maiores totais pluviométricos, quando as chuvas atingem acumulados médios superiores a 250 mm mensais. Já as maiores médias de temperatura são registradas na primavera, sendo o mês de setembro o mais quente, com média de 27,7°C.

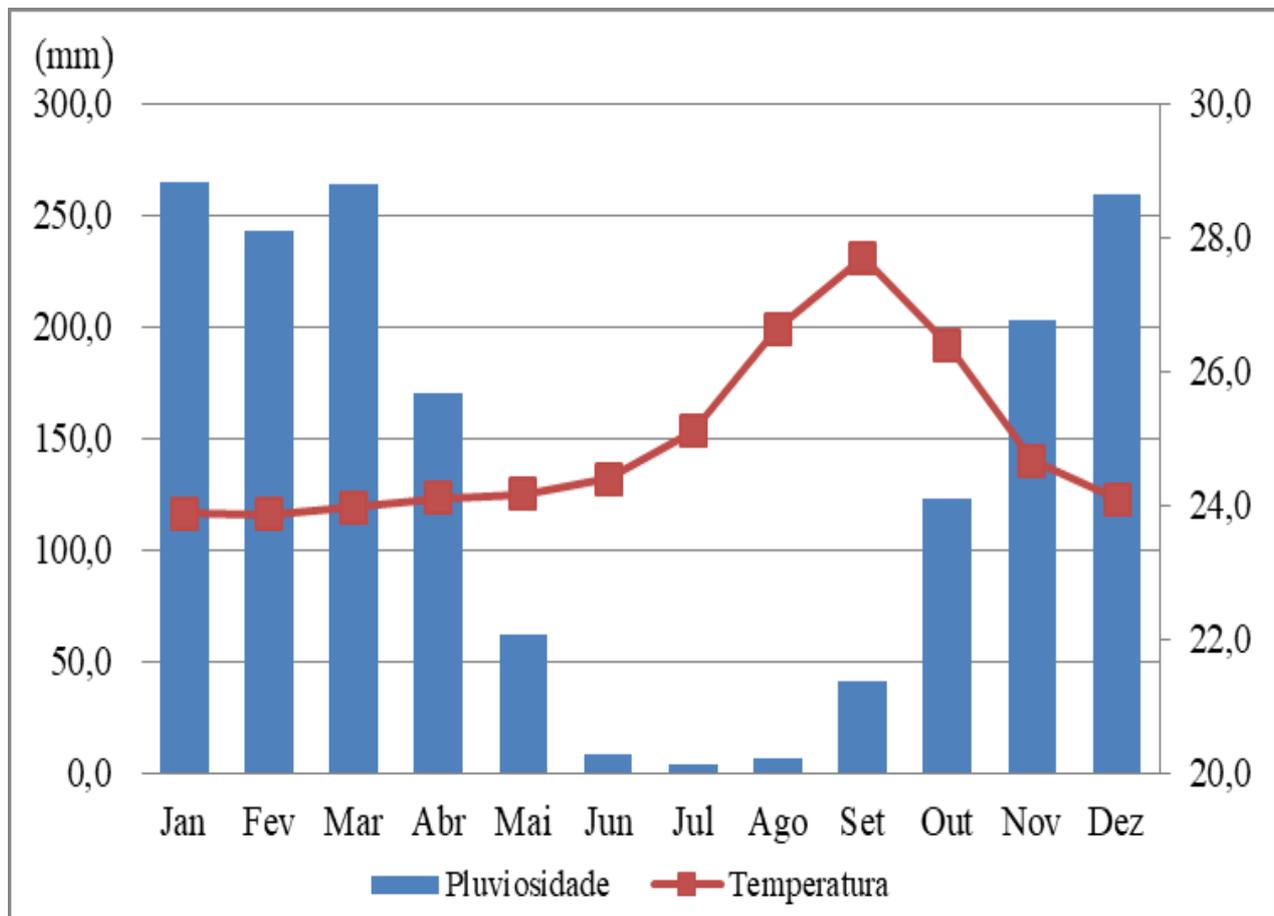


Figura 9 – Climograma do Estado do Tocantins (1985 a 2016)

Dados: ANA (2018); NCEP/NCAR Reanalysis (2018)

Elaboração: Autores (2018)

3.3 Excedente e deficiência hídrica anual

A média do excedente hídrico do Estado é de 687,5 mm. Os maiores valores ocorrem nos meses de janeiro (158,5 mm), fevereiro (149,2 mm) e março (160,2 mm). De maio a outubro prevalece deficiência. A partir da figura 10 é possível observar o comportamento do balanço hídrico no Estado no período analisado (1985-2016).

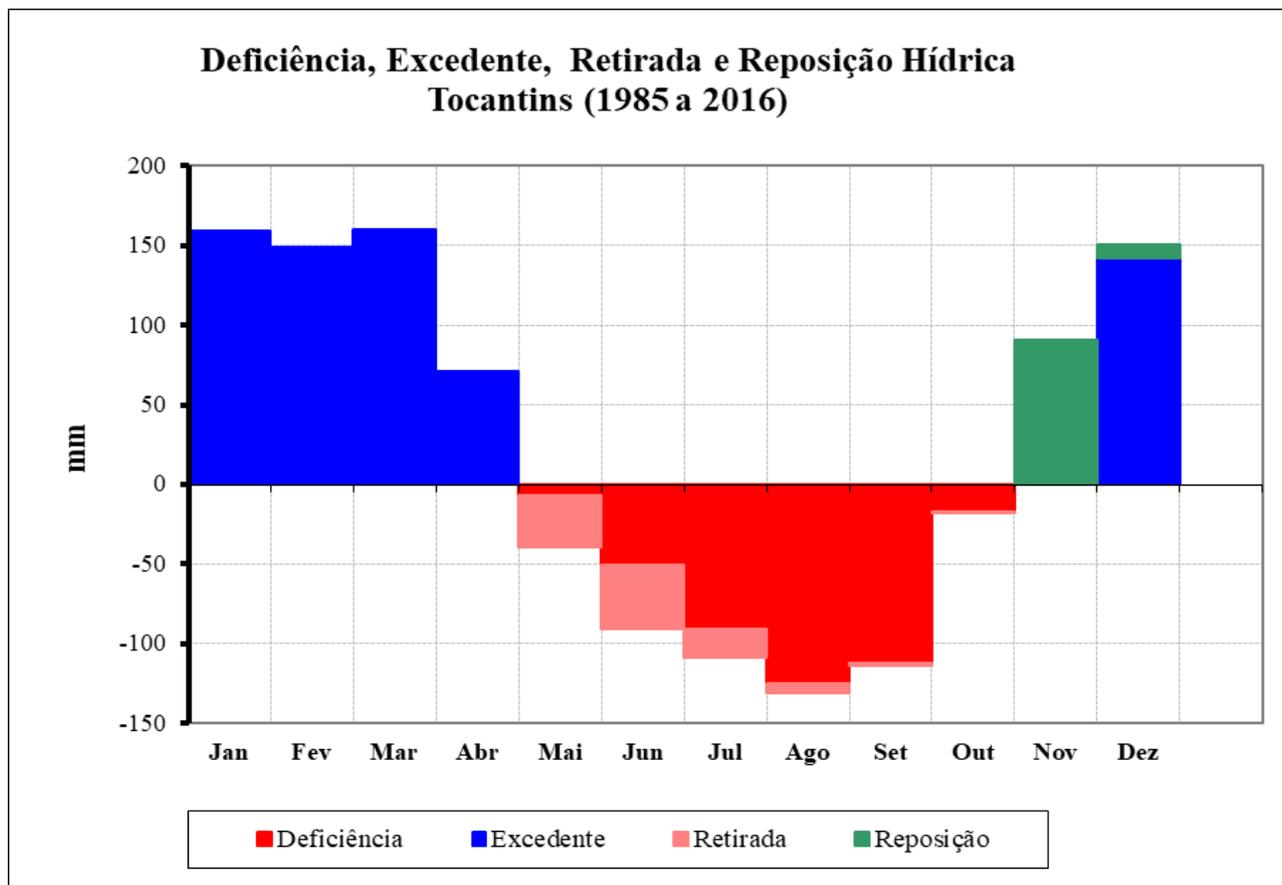


Figura 10 – Balanço Hídrico no Estado do Tocantins (1985-2016)

Dados: ANA (2018)

Elaboração: Autores (2018)

O posto pluviométrico do município de Ponte Alta do Bom Jesus possui o maior valor médio de excedente hídrico do Estado, sendo de 1098,8 mm. Em contrapartida o menor valor registrado ocorre no posto Fazenda Santa Rita, município de Paranã, com 313,3 mm de média.

Na figura 11, os dados dos excedentes hídricos estão espacializados. O excedente hídrico no Estado aumenta no sentido sudeste-noroeste. Na porção sudeste verifica-se uma faixa de cor mais clara que ocupa os valores médios menores que 500 mm, como é o caso do posto fazenda Santa Rita, no município de Paranã, que possui o menor índice anual do Estado, com média de 313,1 mm e outros postos como Rio da Palma (média de 418 mm) e o posto Conceição do Tocantins (média de 463,2 mm).

Os maiores valores estão dispostos na porção centro-oeste do Estado, com médias que ultrapassam 900 mm, como é o caso dos seguintes postos: Dois Irmãos do Tocantins (998,7 mm); Fátima (998) e Pium (977,9 mm). É importante destacar o posto pluviométrico do município de Ponte Alta do Bom Jesus que registra o maior excedente hídrico do Estado (média anual de 1098,8 mm). Este posto apresenta também o maior índice pluviométrico do Tocantins que é de 1992,7 mm.

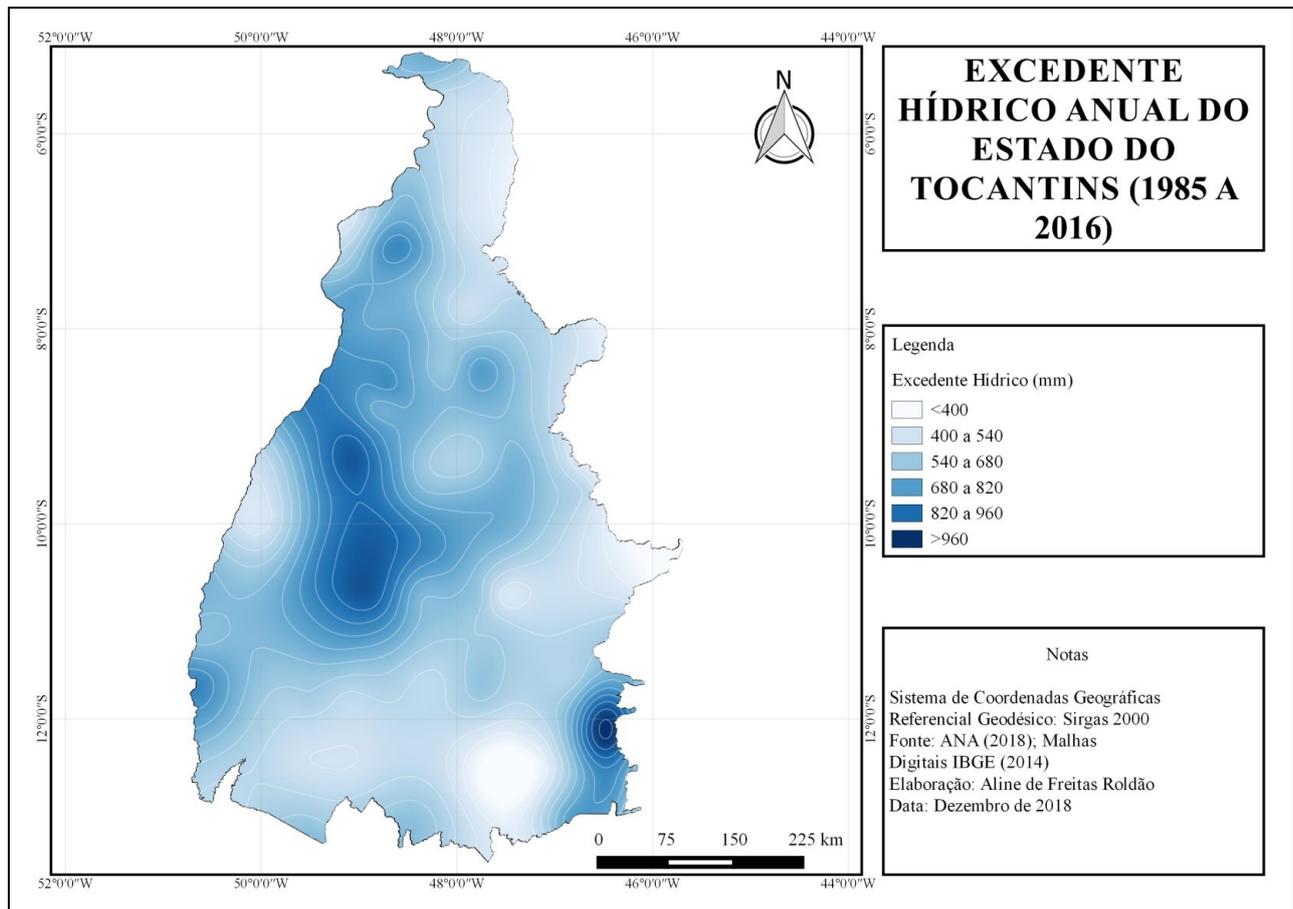


Figura 11 - Mapa do excedente hídrico anual do Estado do Tocantins (1985 a 2016)

Dados: ANA (2018)

Elaboração: Autores (2018)

A média da deficiência hídrica do Estado é de 414,3 mm. Os maiores valores ocorrem nos meses de julho (92,1 mm), agosto (126,8 mm) e setembro (113,3 mm). De outubro a maio são registrados os menores índices, sendo que de novembro a março os valores médios de deficiência são nulos, prevalecendo excedentes. O posto pluviométrico do município de Araguaçu registra o maior valor médio de deficiência hídrica, sendo de 544,1 mm. Já o menor valor de deficiência hídrica média anual é registrado no posto do município de Muricilândia, com 251,6 mm.

Na figura 12, os valores médios das deficiências hídricas estão espacializados. Fica claro que os valores aumentam no sentido norte-sul. A parte norte do Tocantins é destacada com uma faixa de cor mais clara que ocupa valores médios menores que 300 mm, como é o caso do posto pluviométrico do município de Muricilândia, que possui o menor índice de deficiência anual do Estado, com 251,6 mm de média. Outros postos como Xambioá (média de 278,4 mm), Piraquê (279,7 mm) e Porto Lemos (297,7 mm) também apresentam baixa deficiência.

Os maiores valores estão dispostos na porção centro-sul do Estado, com médias que ultrapassam 500 mm, como é o caso dos postos Cangussu com 511,8 mm e Ponte Alta do Tocantins

com 524,4 mm. É importante destacar o posto pluviométrico do município de Araguaçu que registra o maior valor médio anual de deficiência hídrica do Estado (544,1 mm).

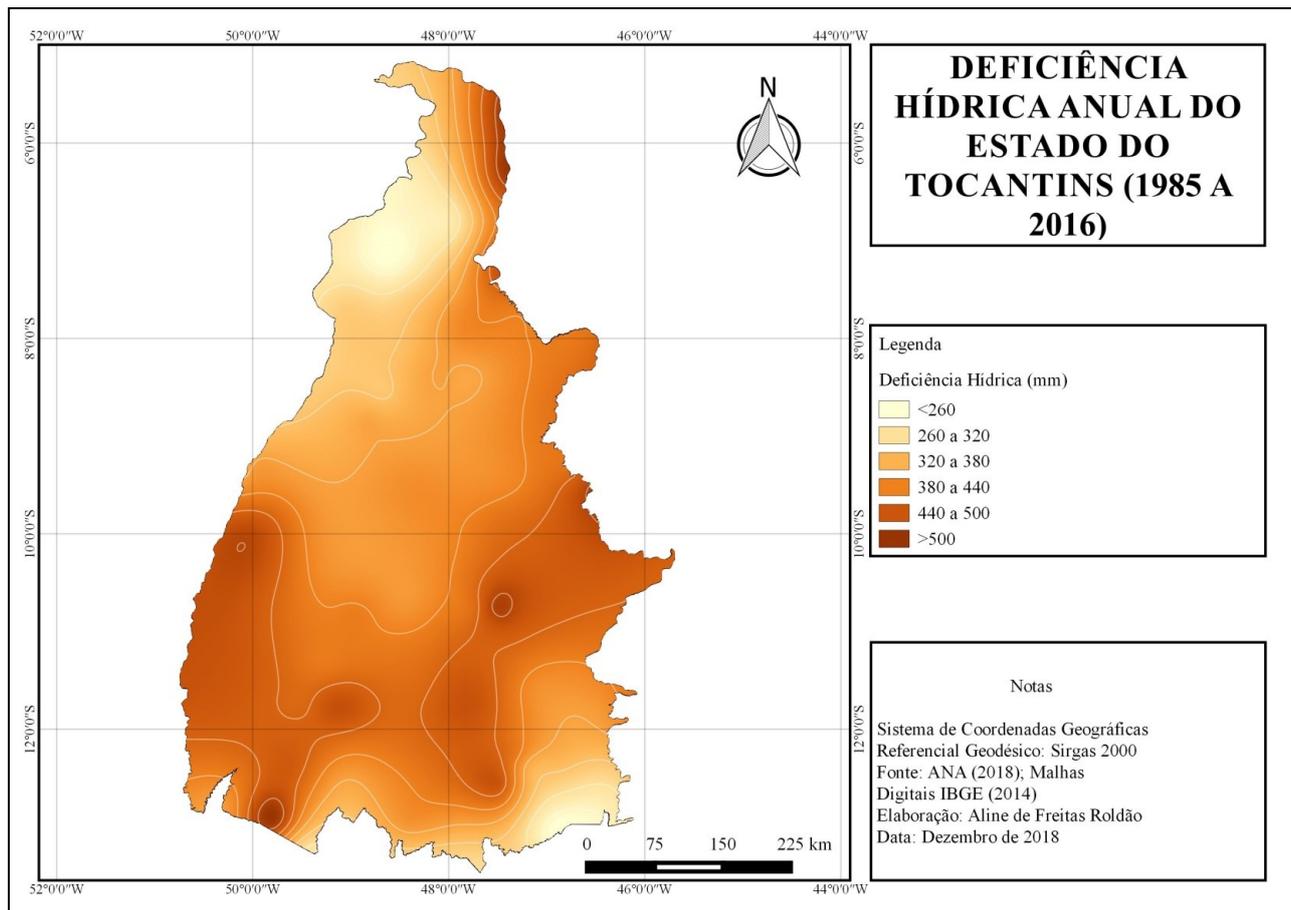


Figura 12 - Mapa da deficiência hídrica anual do Estado do Tocantins (1985 a 2016)

Dados: ANA (2018)

Elaboração: Autores (2018)

3.4 Classificação climática

3.4.1 Köppen

O clima do Tocantins é do tipo Aw (clima de savana), uma vez que o Tocantins apresenta temperatura média do mês mais frio acima de 18°C e ainda chuvas de verão. É possível observar, a partir da tabela 1, que as menores temperaturas ocorrem nos meses de janeiro e fevereiro, ambos com 23,9°C de média.

Tabela 1 – Temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Tocantins (1985 a 2016)

Tocantins	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Média de temperatura	23,9	23,9	24,0	24,1	24,2	24,4	25,1	26,6	27,7	26,4	24,7	24,1	24,9

Dados: NCEP/NCAR Reanalysis (2018)

Organização: Autores (2018)

Já a tabela 2 apresenta as médias dos totais pluviométricos do Estado do Tocantins no período de 1985 a 2016. Nota-se que os maiores valores ocorrem entre os meses de novembro e abril, especialmente nos meses centrais do verão.

Tabela 2 - Médias dos totais pluviométricos mensais e anuais do Estado do Tocantins (1985 a 2016)

Tocantins	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Média pluviométrica	265,0	243,1	263,9	170,4	61,7	8,3	3,8	6,3	40,7	123,1	202,5	259,1	1642,9

Dados: ANA (2018)

Organização: Autores (2018)

Ayoade (2010) expressa que, apesar dessa classificação possuir uma abordagem quantitativa e objetiva, sempre recebeu muitas críticas, principalmente pelo fato da ausência de uma categoria subúmida. O principal crítico dessa classificação é autor de uma importante classificação climática aplicada no mundo (Charles Warren Thornthwaite). Este propôs uma classificação climática racional baseada no conceito de evapotranspiração potencial, no balanço hídrico e em um índice de umidade.

3.4.2 Thornthwaite

A tabela 3 apresenta a classificação segundo Thornthwaite (1948) e os valores das classes de Iu (Índice de umidade) de cada tipo climático. Foram classificados os tipos climáticos das 56 localidades utilizadas neste estudo. Percebe-se que, dentre os postos pluviométricos estudados, 34 deles, o que corresponde a aproximadamente 61%, possuem o tipo climático Úmido - B₁, ou seja, este clima predomina no Estado do Tocantins. O tipo climático Úmido (B₂) ocorre em 12 postos. Outros 9 postos apresentam o clima do tipo Sub-Úmido (C₂) e apenas um posto o tipo climático Úmido (B₃). Vale ressaltar o caso do clima Úmido (B₃), o qual ocorre no posto do município de Ponte Alta do Bom Jesus, sendo esta a localidade entre as demais que apresenta o maior acumulado pluviométrico do Tocantins (1992,7 mm), apresentando também o maior excedente hídrico do Estado.

Tabela 3 - Tipos climáticos no Estado do Tocantins

Posto Pluviométrico	Iu	Tipo Climático	Símbolo
Almas	28,30	Úmido	B ₁
Alvorada	22,96	Úmido	B ₁
Ananas	27,52	Úmido	B ₁
Araguacema (Chácara Araguaia)	49,58	Úmido	B ₂
Araguaçu	20,94	Úmido	B ₁
Araguatins	26,78	Úmido	B ₁
Arapoema	42,95	Úmido	B ₂

Continua...

Continuação...			
Aurora do Norte	56,86	Úmido	B ₂
Boa Vista do Araguaia	33,99	Úmido	B ₁
Campos Lindos	18,68	Sub-Úmido	C ₂
Cangussu	13,73	Sub-Úmido	C ₂
Caseara	26,35	Úmido	B ₁
Colinas do Tocantins	39,91	Úmido	B ₁
Colônia	39,88	Úmido	B ₁
Conceição do Tocantins	14,70	Sub-Úmido	C ₂
Dianópolis	30,29	Úmido	B ₁
Dois Irmãos do Tocantins	55,04	Úmido	B ₂
Duere	34,95	Úmido	B ₁
Fátima	52,31	Úmido	B ₂
Fazenda Lobeira	22,27	Úmido	B ₁
Fazenda Primavera	37,59	Úmido	B ₁
Fazenda Santa Rita	1,19	Sub-Úmido	C ₂
Formoso do Araguaia	25,74	Úmido	B ₁
Goiatins	23,45	Úmido	B ₁
Guarai	38,22	Úmido	B ₁
Gurupi	21,05	Úmido	B ₁
Itacajá	41,28	Úmido	B ₂
Itaporã do Tocantins	46,40	Úmido	B ₂
Jatobá (Fazenda Boa Nova)	34,32	Úmido	B ₁
Lizarda	17,97	Sub-Úmido	C ₂
Mansinha	34,84	Úmido	B ₁
Miracema do Tocantins	32,96	Úmido	B ₁
Muricilândia	53,86	Úmido	B ₂
Natividade	26,17	Úmido	B ₁
Palmas	35,63	Úmido	B ₁
Palmeirante	22,67	Úmido	B ₁
Palmeirópolis	36,02	Úmido	B ₁
Paraíso do Tocantins	53,59	Úmido	B ₂
Pindorama do Tocantins	25,79	Úmido	B ₁
Piraquê	41,52	Úmido	B ₂
Pium	51,78	Úmido	B ₂
Ponte Alta do Bom Jesus	66,68	Úmido	B ₃
Ponte Alta do Tocantins	15,33	Sub-Úmido	C ₂
Porto Gilândia	28,31	Úmido	B ₁
Porto Lemos	24,66	Úmido	B ₁
Porto Real	27,25	Úmido	B ₁
Praia Alta	17,98	Sub-Úmido	C ₂
Projeto Rio Formoso	24,18	Úmido	B ₁
Rio da Palma	15,93	Sub-Úmido	C ₂
Santa Terezinha	27,74	Úmido	B ₁
São Sebastião do Tocantins	39,84	Úmido	B ₁
Taquarussu do Porto	41,85	Úmido	B ₂

Continua...

Continuação...			
Tocantinópolis	6,70	Sub-Úmido	C ₂
Tupiratins	31,75	Úmido	B ₁
Wanderlândia	27,09	Úmido	B ₁
Xambioá	38,33	Úmido	B ₁

Dados: ANA (2018)

Elaboração: Autores (2018)

A figura 13 mostra a distribuição dos tipos climáticos segundo Thornthwaite (1948) no território tocantinense. O tipo climático mais expressivo no Estado é o Úmido (B₁), o qual ocupa de norte a sul e de leste a oeste o Estado, como por exemplo, o município de Wanderlândia ao norte e o município de Palmeirópolis ao sul e ainda o município de Caseara a leste e Rio Sono a oeste.

O segundo tipo climático com maior predominância é o Úmido (B₂), o qual possui uma mancha espacializada na parte central do Estado, que vai em direção às porções oeste e norte, abrigo municípios como Paraíso do Tocantins, Dois Irmãos do Tocantins, Itaporã do Tocantins, Arapoema. Vale ressaltar a ocorrência deste tipo climático em uma pequena porção do sudeste do Estado.

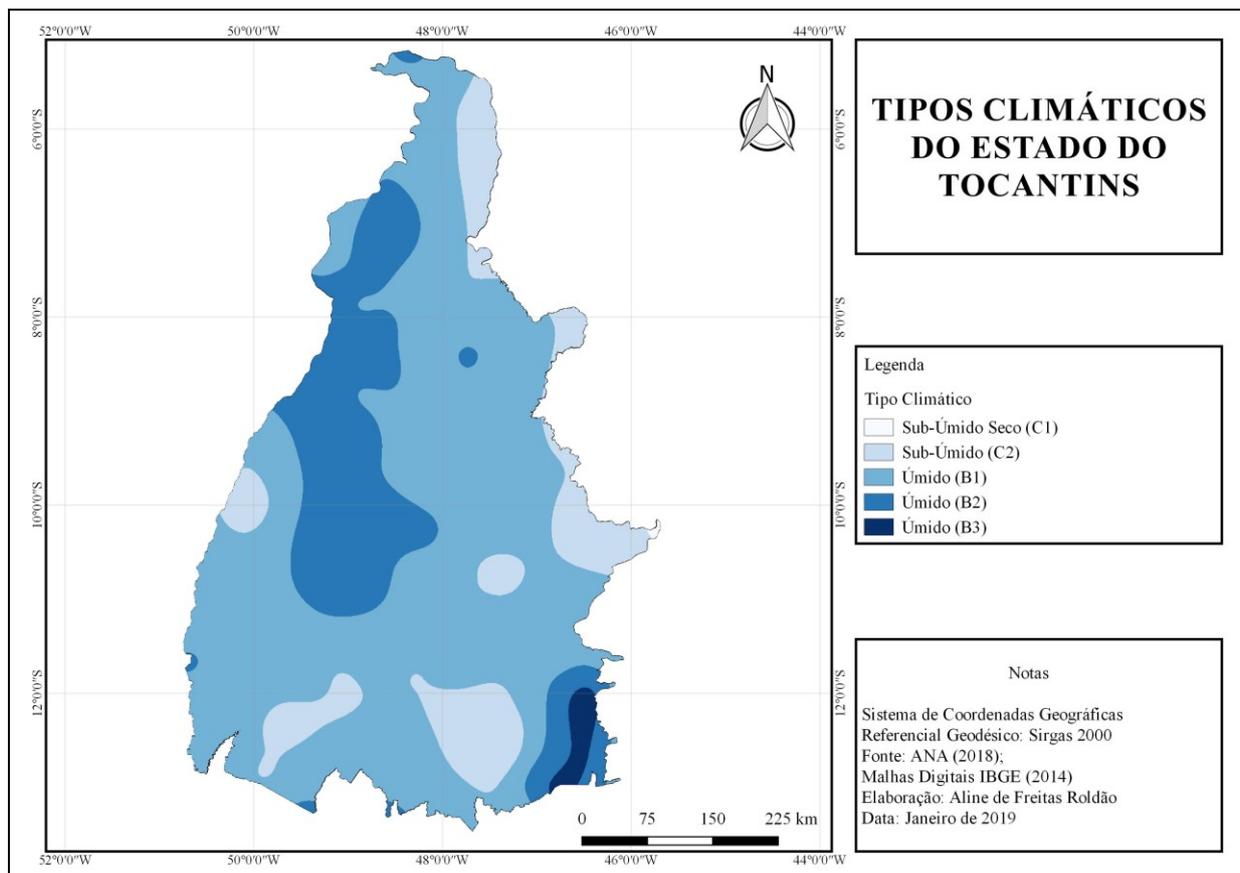


Figura 13 – Mapa dos tipos climáticos do Estado do Tocantins

Dados: ANA (2018)

Elaboração: Autores (2018)

Em relação ao tipo climático Sub-Úmido (C_2), este ocupa uma menor porção do Estado, tomando parte dos municípios de Paranã, Ponte Alta do Tocantins, Mateiros, Campos Lindos, etc. Em alguns municípios, como é o caso de Tocantinópolis, o clima Sub-Úmido (C_2) prevalece. No caso do clima Úmido (B_3), aparece apenas no posto pluviométrico do município de Ponte Alta do Bom Jesus, em virtude de ser o município analisado com maior concentração pluviométrica e conseqüentemente maior excedência hídrica do Estado, conforme já mencionado. O tipo C_1 não aparece em nenhum posto, embora esteja presente no mapa por causa da interpolação com postos situados no entorno do Estado.

4 CONCLUSÕES

Foi apresentada uma atualização acerca das características climáticas do Estado do Tocantins no âmbito de uma escala climática regional, porém mencionando casos elucidativos em escala local. Observa-se que o Estado apresenta importantes especificidades climáticas internas, resultantes da dinâmica de atuação de sistemas da circulação atmosférica e também de determinações impostas por fatores estáticos.

O território estadual apresenta pequena variação de temperatura. A temperatura média aumenta no sentido sul-norte acompanhando a transição imposta pelo ciclo sazonal do ângulo de incidência solar e fotoperíodo. A porção sul registra os menores totais pluviométricos, que aumentam gradativamente na direção norte-noroeste. O excedente hídrico aumenta no sentido sudeste-noroeste. Na porção sudeste verifica-se valores médios menores que 500 mm. Já os maiores valores de deficiência aparecem no centro-sul do Estado, com médias que ultrapassam 500 mm de deficiência.

Segundo a classificação de Köppen o clima do Tocantins é do tipo Aw (clima de savana), uma vez que apresenta temperatura média do mês mais frio acima de 18°C e ainda chuvas concentradas no verão. Aplicando-se a classificação de Thorthwaite percebe-se que, dentre os postos pluviométricos estudados, 34 deles (61%) possuem o tipo climático Úmido (B_1). O tipo climático Úmido (B_2) ocorre em 12 postos. Outros 9 postos apresentam o clima do tipo Sub-Úmido (C_2) e apenas um posto o tipo climático Úmido (B_3).

Permanece a necessidade de avaliação de aspectos relacionados aos eventos extremos de precipitações, com destaque para a frequência e intensidade de ocorrência de veranicos, que podem impactar significativamente atividades produtivas e aspectos relacionados à gestão territorial no Estado do Tocantins.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2014). **Hidroweb** – Sistema de Informações Hidrológicas: Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em fevereiro de 2018.

AYOADE, J.O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos, revisão de Suely Bastos; coordenação editorial de Antonio Christofolletti. 14ª Edição: Rio de Janeiro, 2010.

CARVALHO, L.M.V; JONES,C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: **Tempo e Clima no Brasil**. Org. CAVALCANTI,I.F.A et.al. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

HASTENRATH,S.; HELLER,L. Dynamics of climatic hazards in Northesat Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.103, n. 435, p. 77-92, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malhas digitais – Mapas**. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases_cartograficas/malhas-digitais>. Acesso em agosto de 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET (2019). **Normais Climatológicas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em abril de 2019.

KALNAY, E. *et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, v. 77, n. 3, p. 437-471, 1996.

KÖPPEN,W.; GEIGER,R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

MELO, A.B. C; CAVALCANTI,I.F.A; SOUZA,P.P. Zona de Convergência Intertropical do Atlântico. In: **Tempo e Clima no Brasil**. Org. CAVALCANTI,I.F.A et.al. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

MOTA, F.S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Nobel, 1985.

PEGORIM, J. **Como a ZCAS se forma?** Climatempo, 2017. Disponível em: <<https://www.climatempo.com.br/noticia/2017/11/17/como-a-zcas-se-forma--2964>>. Acesso em junho de 2019.

ROLIM, G. S; SENTELHAS, P. C. **Balço hídrico normal por Thorntwaite e Mather** (1955). Piracicaba: ESALQ/USP – Departamento de Ciências Exatas: Área de Física e Meteorologia, 1999.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, n.1, p. 55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey, Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

Trabalho enviado em 05/09/2019
Trabalho aceito em 01/10/2019