

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

ALINE DE FREITAS ROLDÃO

VERANICOS NO ESTADO DO TOCANTINS E A CULTURA DA SOJA

**UBERLÂNDIA
2020**

ALINE DE FREITAS ROLDÃO

VERANICOS NO ESTADO DO TOCANTINS E A CULTURA DA SOJA

Tese de Doutorado apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira

UBERLÂNDIA
2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

R744 Roldão, Aline de Freitas, 1988-
2020 Veranicos no estado do Tocantins e a cultura da soja [recurso
eletrônico] / Aline de Freitas Roldão. - 2020.

Orientador: Vanderlei de Oliveira Ferreira.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-
graduação em Geografia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.403>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Geografia. I. Ferreira, Vanderlei de Oliveira, 1967-, (Orient.).
II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em
Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia

Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1H, Sala 1H35 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902

Telefone: (34) 3239-4381/3291-6304 - www.ppggeo.ig.ufu.br - posgeo@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	GEOGRAFIA				
Defesa de:	Tese de Doutorado, número 198, PPGGEO				
Data:	25 de março de 2020	Hora de início:	08h:10mm	Hora de encerramento:	12h:20mm
Matrícula do Discente:	Número da matrícula: 11613GEO001				
Nome do Discente:	Aline de Freitas Roldão				
Título do Trabalho:	VERANICOS NO ESTADO DO TOCANTINS E A CULTURA DA SOJA				
Área de concentração:	GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO				
Linha de pesquisa:	ANÁLISE, PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se no Anfiteatro/Sala [Bloco 1H - Sala 14], Campus [Santa Mônica], da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em GEOGRAFIA, assim composta: Professores Doutores: Roberto Rosa - IG - UFU; Giuliano Tostes Novais - UEG; Luiz Eduardo Panisset Travassos - PUC-Minas; Camila Bertoletti Carpenedo - IG - UFU e Vanderlei de Oliveira Ferreira - IG-UFU orientador(a) do(a) candidato(a). O professor Luiz Eduardo Panisset Travassos participou via Skype desde a cidade de Belo Horizonte-MG.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Vanderlei de Oliveira Ferreira, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimeada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por Vanderlei de Oliveira Ferreira, Professor(a) do Magistério Superior, em 25/03/2020, às 16:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.



Documento assinado eletronicamente por **Giuliano Tostes Novais, Usuário Externo**, em 25/03/2020, às 16:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Bertoletti Carpenedo, Usuário Externo**, em 25/03/2020, às 18:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Roberto Rosa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/03/2020, às 12:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Eduardo Panisset Travassos, Usuário Externo**, em 31/03/2020, às 11:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1958382** e o código CRC **5130C48B**.

ALINE DE FREITAS ROLDÃO

VERANICOS NO ESTADO DO TOCANTINS E A CULTURA DA SOJA

Tese de Doutorado apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território

Uberlândia, 25 de março de 2020.

Prof. Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira (UFU) – Orientador

Prof. Dr. Luiz Eduardo Panisset Travassos (PUC MINAS)

Prof. Dr. Giuliano Tostes Novais (UEG)

Profª. Dra. Camila Bertoletti Carpenedo (UFU)

Prof. Dr. Roberto Rosa (UFU)

Aos meus pais Leão Carneiro de Freitas e

Lineida Maria de Freitas Roldão

AGRADECIMENTOS

Minha mais sincera gratidão:

Aos meus pais Leão Carneiro de Freitas e Lineida Maria de Freitas Roldão, que além de me darem a vida, sempre me incentivaram a alcançar os meus sonhos e me mostraram que a educação é o melhor caminho a ser seguido.

Aos meus irmãos Rodrigo de Freitas Roldão e Erika de Freitas Roldão, que são grandes exemplos na minha vida, seja no âmbito profissional ou pessoal.

Ao Alan, pelo companheirismo, paciência, amor e carinho. Muito obrigada pelas contínuas palavras de incentivo e apoio durante esta longa trajetória.

Ao professor Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira, pelo qual tenho muito respeito, admiração e gratidão. Além de um grande orientador, demonstrou-se um amigo, proporcionando-me, durante todo o percurso do curso, ensinamentos, palavras de apoio e, sobretudo, segurança para desenvolver e concluir este trabalho.

Aos professores Dr. Roberto Rosa e Dra. Camila Bertoletti Carpenedo, que acompanharam a defesa do projeto desta tese, bem como o exame de qualificação. Muitíssimo obrigada por todas as contribuições e sugestões, que foram primordiais para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Professor Luiz Eduardo Panisset Travassos e ao Professor Giuliano Tostes Novais, agradeço pela disposição em participar da banca e pelas contribuições neste trabalho.

Ao Felipe, meu querido “primo-amigo-irmão”. Gratidão por tudo que fez e tem feito por mim. Você foi parte fundamental na conclusão desta etapa da minha vida.

Aos meus amigos e companheiros do PPGEIO - Patrícia Soares, Samuel Alves, Francielle Siqueira e Eduardo Petrucci, expresso a minha gratidão, em especial, à Patrícia Soares e ao Samuel Alves pelas palavras amigas, trocas de experiências e colaborações acadêmicas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço o apoio à pesquisa por meio da concessão da bolsa de Doutorado no período de 2016 a 2018.

À Tatiana Diniz, pela amizade, que já ultrapassa uma década.

Enfim, aos familiares e amigos que, de alguma forma, contribuíram durante este processo.

UM POUCO DE TOCANTINS...

Eu sou do Tocantins
Nome de rio
Que banha essas terras
Que passa por aqui.
Norte do Brasil e antigo Norte Goiano
Que desde a Constituição de 1988
Passou então a existir.
Minha terra tem Cerrado
Noventa por cento de Cerrado
Seriema e Pequi.
Tem o Capim Dourado
Em artesanato transformado
Um produto típico daqui.
Têm indígenas
São sete etnias
Que habitam por aqui.
Tem o menor rio do mundo
O Rio Azuis
Veredas e Buritis.
Tem a Ilha do Bananal
Do mundo a maior ilha fluvial
Babaçu e Açaí.
Tem o Jalapão com suas dunas
Capricho da natureza
Um privilégio aos olhos, de quem pode conferir.
Tem cidades históricas
O Parque das Árvores Fossilizadas
As praias do Araguaia
E a Belém -Brasília pelo estado a seguir.
Tem cento e trinta e nove municípios
De Araguaína à Carrasco Bonito
Pugmil e Cariri.
Limita-se com seis estados
Seu clima é Tropical
Seu símbolo o Girassol
E no seu brasão:co yvy ore retama*
É seu lema em Tupi.
A sua capital é Palmas
Cidade ao pé da serra
E onde fica o Centro Geodésico do País.
E tem um povo hospitaleiro
Gente do Brasil inteiro
E que aqui vive feliz!

NUNES ([21--]).

RESUMO

No estado do Tocantins predomina o clima tropical semiúmido com alternância de duas estações, uma chuvosa e outra seca. Os totais pluviométricos durante a estação chuvosa são favoráveis ao desenvolvimento de culturas temporárias como a soja. Entretanto, a grande preocupação dos agricultores não se resume ao total das chuvas e sim à forma com que muitas vezes ocorre a distribuição pluviométrica, ou seja, devido às ocorrências de estiagens no período chuvoso, ao qual denominamos de veranicos. Dessa forma, esta pesquisa tem como objetivo principal propor critérios e métodos de reconhecimento e classificação de veranicos, a espacialização do fenômeno e a análise da probabilidade de ocorrência do mesmo no estado do Tocantins, além de verificar as consequências decorrentes dos mesmos no estado em relação à cultura da soja, incluindo uma avaliação da relação do fenômeno com a ocorrência do *El Niño*. A metodologia do presente trabalho iniciou-se com a coleta dos dados de precipitação pluviométrica de 56 estações dentro da área de estudo e 27 em seu entorno, junto à Agência Nacional de Águas (ANA), no período de 1985 a 2016. Já os dados relativos à soja foram extraídos por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), através do item “produção agrícola municipal”, englobando o período de 1988 a 2016. O cálculo do balanço hídrico foi feito para a obtenção dos valores da Evapotranspiração potencial (ETP), a qual é fundamental na determinação da estação chuvosa e na identificação dos veranicos. Após a identificação, os veranicos foram divididos em 4 classes de duração: classe A (6 a 10 dias); classe B (11 a 15 dias); classe C (16 a 20 dias) e classe D (>20 dias). O fenômeno foi espacializado no território tocantinense por meio do software QGIS 2.18.28 e o interpolador foi o Multilevel b-spline interpolation. Foi calculada a probabilidade de ocorrência de veranicos por meio da razão/fração de probabilidade e para fazer a análise da relação entre os veranicos e a produtividade da soja e entre os veranicos e o *El Niño* foram utilizados dos testes estatísticos Qui-Quadrado (X^2) de Pearson e Teste de Fisher. A partir dos procedimentos metodológicos executados, diversos foram os resultados encontrados, entre os quais os de maior relevância são: a estação chuvosa no Tocantins inicia-se em novembro e tem seu término no mês de abril, período esse também de excedente hídrico no solo. Durante o período analisado, foram contabilizados 8.608 eventos do fenômeno meteorológico registrados em postos pluviométricos do estado tocantinense, sendo a classe A (6 a 10 dias), a de maior ocorrência, com 76 % dos episódios contabilizados, em seguida a classe B (11 a 15 dias) com 17% dos eventos, a classe C (16 a 20 dias) representa 5% do total encontrado e por último a classe D (>20 dias) com apenas 2%. Os veranicos não ocorrem de forma uniforme no Tocantins e a porção sudeste do estado, especialmente a microrregião de Dianópolis é a que possui maior representatividade do fenômeno. Já a porção centro-oeste do estado engloba as áreas com as menores ocorrências de veranicos, de maneira especial as microrregiões de Miracema do Tocantins e Rio Formoso. A classe A (6 a 10 dias) é a que possui a maior probabilidade de ocorrência, enquanto a classe D (>20 dias) é a que possui as menores chances de ocorrer no estado. Quanto à relação entre a ocorrência de veranicos e a produtividade da soja, ficou constatado que a ocorrência do veranico da classe B (11 a 15 dias) em novembro e o da classe C (16 a 20 dias) em janeiro, diminuiu a produtividade da oleaginosa. Por fim, cabe ressaltar que a concretização deste trabalho visa principalmente nortear ações ligadas à produção agrícola do estado, dando suporte aos agricultores tocantinenses, em especial os que cultivam a soja.

Palavras- chave: Veranicos. Tocantins. Produtividade. Soja.

ABSTRACT

In the state of Tocantins, the semi-humid tropical climate predominates with alternation of two seasons, one rainy and the other dry. The rainfall totals during the rainy season are favorable to the development of temporary crops such as soybeans. However, the great concern of farmers is not limited to the total rainfall, but to the way in which rainfall distribution often occurs, that is, due to the occurrences of droughts in the rainy season, which we call dry spell. Therefore, this research has as main objective to propose and apply criteria and methods of recognition and classification of dry spells, the spatialization of the phenomenon and the analysis of the probability of its occurrence in the state of Tocantins. Besides that, this research verifies the consequences arising from them in Tocantins, in relation to soybean culture, including an assessment of the relationship of the phenomenon to the occurrence of *El Niño*. The methodology of this research started with the collection of rainfall data from 56 seasons within the study area and 27 in its surroundings, according to the National Water Agency, from 1985 to 2016. Data related to soybeans were analysed from the IBGE Automatic Recovery System, through the item “municipal agricultural production”, covering the period from 1988 to 2016. The calculation of the water balance was done to obtain the values of the potential evapotranspiration, which is fundamental in determining the rainy season and also in the recognition of dry spells. After identification, the dry spells were divided into 4 classes of duration: class A (6 to 10 days); class B (11 to 15 days); class C (16 to 20 days) and class D (> 20 days). The phenomenon was spatialized in Tocantins' territory using the QGIS 2.18.28 software and the interpolator was Multilevel b-spline interpolation. The probability of occurrence of dry spells was calculated using the ratio / fraction of probability. In order to analyze the relationship between dry spells and soybean yield and between dry spells and *El Niño*, were used the statistical tests: Chi-Square (X^2) Pearson's and Fisher's Test. From the methodological procedures carried out, the results found were diverse, among which the most relevant are: the rainy season in Tocantins begins in November and ends in April, which is also a period of water surplus in the soil. During the analyzed period, 8,608 events of the meteorological phenomenon were recorded in pluviometric stations, in Tocantins. Class A (6 to 10 days) was the most frequent, with 76% of the episodes recorded, then class B (11 to 15 days) with 17% of events, class C (16 to 20 days) represents 5% of the total found and finally class D (> 20 days) with only 2%. The dry spells do not occur uniformly in Tocantins and the southeastern portion of the state, especially the micro region of Dianópolis is the one that has the greatest representativeness of the phenomenon. On the other hand, the central-western portion of the state, includes the areas with the lowest occurrences of dry spells, especially the microregions of Miracema do Tocantins and Formoso River. Class A (6 to 10 days) is the most likely to occur, while Class D (> 20 days) is the least likely to occur in the state. Regarding the relationship between the occurrence of dry spell and soybean productivity, it was found that the occurrence of dry spell of class B (11 to 15 days) in November and, class C (16 to 20 days) in January, decreased the productivity of oilseed. Finally, it is worth noting that this research is mainly aimed at guiding actions related to the state's agricultural production, providing support to Tocantins' farmers, especially those who grow soybeans.

Key words: Dry spells. Tocantins. Productivity. Soybean.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Causas da variabilidade anual da produção agrícola.....	20
Figura 2 – Modelo do ciclo hidrológico	23
Figura 3 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010	28
Figura 4 – Esquema de variação de posição das áreas de instabilidade da ZCAS	30
Figura 5 – Origem e difusão geográfica da soja no mundo	32
Figura 6 – Estádios fenológicos da soja	36
Figura 7 – Impactos do El Nino na América do Sul.....	51
Figura 8 – Planilha com balanço hídrico do município de Palmas – TO (1985 a 2016).....	63
Figura 9 – Balanço hídrico para o estado do Tocantins com destaque para os valores da P – ETP	66
Figura 10 – Registros de El Niño e La Niña na região 3.4 (2003/2004 a 2015/2016)	72
Figura 11 – Gráficos da deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica dos postos pluviométricos utilizados no estudo	98

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Soja em estágio VE (emergência).....	37
Fotografia 2– Soja em estágio VC (cotilédone desenvolvido)	38

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa de localização do estado do Tocantins – TO.....	54
Mapa 2 – Mapa das microrregiões do estado do Tocantins – TO.....	56
Mapa 3 – Localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo.....	60
Mapa 4 – Temperatura média anual do Tocantins (1985 a 2016).....	79
Mapa 5 – Pluviosidade média anual do estado do Tocantins (1985 a 2016).....	83
Mapa 6 – Evapotranspiração potencial anual do estado do Tocantins (1985 a 2016).....	88
Mapa 7 – Excedente hídrico anual do estado do Tocantins (1985 a 2016).....	92
Mapa 8 – Deficiência hídrica anual do estado do Tocantins (1985 a 2016).....	96
Mapa 9 – Tipos climáticos do estado do Tocantins.....	106
Mapa 10 – Área plantada de soja no Tocantins (2015).....	111
Mapa 11 – Quantidade produzida de soja no Tocantins (2015).....	113
Mapa 12 – Produtividade de soja no Tocantins (2015).....	116
Mapa 13 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins (1985 a 2016)....	130
Mapa 14 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Novembro (1985 a 2016).....	132
Mapa 15 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Dezembro (1985 a 2016).....	134
Mapa 16 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Janeiro (1985 a 2016).....	136
Mapa 17 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Fevereiro (1985 a 2016).....	138
Mapa 18 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Março (1985 a 2016).....	140
Mapa 19 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Abril (1985 a 2016).....	142

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Alturas pluviométricas médias mensais do Tocantins (1985 a 2016).....	82
Gráfico 2 – Climograma do estado do Tocantins (1985 a 2016)	84
Gráfico 3 – Evolução da área plantada de soja no Tocantins (1988 a 2016)	108
Gráfico 4 – Quantidade produzida de soja no Tocantins (1988 a 2016)	109
Gráfico 5 – Produtividade da soja no Tocantins (1988 a 2016).....	109
Gráfico 6 – Disponibilidade hídrica no Tocantins (1985 a 2016).....	117
Gráfico 7 – Extrato do balanço hídrico no Tocantins (1985 a 2016)	118
Gráfico 8 – Quantidade de veranicos – Novembro (1985 a 2016).....	123
Gráfico 9 – Quantidade de veranicos – Dezembro (1985 a 2016)	124
Gráfico 10 – Quantidade de veranicos – Janeiro (1985 a 2016)	125
Gráfico 11 – Quantidade de veranicos – Fevereiro (1985 a 2016).....	126
Gráfico 12 – Quantidade de veranicos – Março (1985 a 2016).....	127
Gráfico 13 – Quantidade de veranicos – Abril (1985 a 2016)	128

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estádios vegetativos da soja	37
Quadro 2 – Estádios reprodutivos da soja	38
Quadro 3 – Estádio fenológico da soja, duração e consumo médio diário de água pela planta	41
Quadro 4 – Definição de dia seco.....	47
Quadro 5 – Mesorregiões e microrregiões que compõe o estado do Tocantins	55
Quadro 6 – Postos pluviométricos utilizados no estudo.....	57
Quadro 7 – Classes de duração dos veranicos	69
Quadro 8– Municípios com produção significativa e postos pluviométricos	71
Quadro 9 – Período, ocorrência e intensidade do fenômeno <i>El Niño</i>	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais cultivares utilizadas no Tocantins.....	42
Tabela 2 – Tipos de climas de acordo com o índice de umidade anual (IM).....	65
Tabela 3 – Evapotranspiração potencial diária (1985 a 2016)	67
Tabela 4 – Temperaturas médias mensais e anuais do estado do Tocantins (1985 a 2016).....	76
Tabela 5 – Médias pluviométricas mensais e anuais do estado do Tocantins (1985 a 2016) ..	80
Tabela 6 – Evapotranspiração potencial do estado do Tocantins (1985 a 2016).....	85
Tabela 7 – Excedente hídrico do estado do Tocantins (1985 a 2016).....	89
Tabela 8 – Deficiência hídrica do estado do Tocantins (1985 a 2016)	93
Tabela 9 – Temperaturas médias mensais e anuais do estado do Tocantins (1985 a 2016)...	102
Tabela 10 – Médias pluviométricas mensais e anuais do estado do Tocantins (1985 a 2016)	102
Tabela 11 – Tipos climáticos no estado do Tocantins.....	103
Tabela 12 – Evolução da cultura da soja no Tocantins (1988 a 2016).....	107
Tabela 13 –	119
Tabela 14 – Probabilidade (%) de ocorrência de veranicos no estado do Tocantins	144
Tabela 15 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em novembro.....	150
Tabela 16 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em novembro.....	150
Tabela 17 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em novembro.....	151
Tabela 18 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em dezembro	151
Tabela 19 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em dezembro	151
Tabela 20 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em dezembro	151
Tabela 21– Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em janeiro.....	151
Tabela 22– Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em janeiro.....	151
Tabela 23– Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em janeiro.....	151
Tabela 24 – Testes, p-valores e conclusões sobre dependência	152
Tabela 25 – Produtividade média em novembro em relação ao veranico de classe B.....	152
Tabela 26– Produtividade média em janeiro em relação ao veranico de classe C	152
Tabela 27 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe A em novembro.....	153
Tabela 28 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em novembro.....	153
Tabela 29 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em novembro com agrupamento	153
Tabela 30 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em novembro.....	153

Tabela 31– Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em novembro agrupado	154
Tabela 32– Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em novembro.....	154
Tabela 33 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em novembro agrupado	154
Tabela 34– Valores esperados Qui-Quadrado para classe A em dezembro.....	154
Tabela 35 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em dezembro	154
Tabela 36 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em dezembro com agrupamento	155
Tabela 37 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em dezembro	155
Tabela 38 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em dezembro com agrupamento	155
Tabela 39 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em dezembro	155
Tabela 40 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em dezembro com agrupamento	155
Tabela 41 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe A em janeiro.....	156
Tabela 42 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em janeiro.....	156
Tabela 43 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em janeiro com agrupamento .	156
Tabela 44 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em janeiro.....	156
Tabela 45 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em janeiro com agrupamento .	156
Tabela 46 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em janeiro.....	156
Tabela 47 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em janeiro com agrupamento .	157
Tabela 48 – Testes, p-valores e conclusões sobre dependência	157
Tabela 49 – Ocorrências do veranico classe A em novembro.....	158
Tabela 50 – Ocorrências do veranico classe B em novembro	158
Tabela 51 – Ocorrências do veranico classe D em novembro.....	158
Tabela 52 – – Ocorrências do veranico classe A em dezembro	159
Tabela 53 – Ocorrências do veranico classe B em dezembro	159
Tabela 54 – Ocorrências do veranico classe A em janeiro.....	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
BHC	Balanço hídrico climatológico
CAD	Capacidade de Água Disponível
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
ENOS	El niño-oscilação sul
ETP	Evapotranspiração potencial
HidroWeb	Sistema de Informações Hidrológicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IM	Índice de umidade anual
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MATOPIBA	Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NDC	Número de dias com chuva
NEB	Nordeste do Brasil
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OMM	Organização meteorológica mundial
P	Precipitação pluvial
VCAN	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis no Nordeste
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL	22
2.1	Os elementos precipitação pluviométrica e temperatura do ar	22
2.2	O balanço hídrico climatológico.....	26
2.3	As chuvas no estado do Tocantins.....	27
2.4	A Soja.....	30
2.4.1	<i>Histórico da soja: da chegada ao Brasil à inserção nas áreas de cerrado</i>	31
2.4.2	<i>Fases fenológicas da soja</i>	35
2.4.3	<i>Pluviosidade e a cultura da soja no Tocantins</i>	39
2.5	O fenômeno veranico.....	43
2.5.1	<i>Estudos sobre veranicos no Brasil</i>	47
2.6	O fenômeno El Niño	50
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	53
3.1	Área de estudo.....	53
3.2	Levantamento dos postos pluviométricos.....	57
3.3	Dados de temperatura do ar	61
3.4	Cálculo do Balanço Hídrico	62
3.5	Classificação climática	64
3.6	Coleta dos dados de produção agrícola	65
3.7	Delimitação do período chuvoso.....	66
3.8	Definição de dia seco	67
3.9	Reconhecimento dos veranicos.....	68
3.10	Espacialização dos veranicos	69
3.11	Probabilidade da ocorrência de veranicos	70
3.12	Relação entre veranicos e produtividade e entre veranicos e El Niño.....	70
3.13	Teste Qui-Quadrado (X^2) de Pearson e Teste de Fisher	73
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	76
4.1	Características climáticas do Tocantins	76
4.1.1	<i>Temperatura do Ar.....</i>	76
4.1.2	<i>Pluviosidade</i>	80
4.1.3	<i>Espacialização da pluviosidade anual</i>	82

4.1.4	<i>Síntese do regime termopluviométrico</i>	84
4.1.5	<i>Evapotranspiração potencial (ETP)</i>	85
4.1.6	<i>Excedente e deficiência hídrica anual</i>	89
4.1.7	<i>Classificação climática</i>	102
4.1.7.1	<i>Köppen</i>	102
4.1.7.2	<i>Thorthwaite</i>	103
4.2	Cultura da soja no Tocantins	107
4.2.1	<i>Evolução do cultivo da soja no Tocantins</i>	107
4.2.2	<i>Espacialização da soja no Tocantins</i>	110
4.3	Veranicos no Tocantins	117
4.3.1	<i>Período chuvoso no Tocantins</i>	117
4.3.2	<i>Ocorrência de veranicos no Tocantins</i>	118
4.3.3	<i>Distribuição espacial dos veranicos no Tocantins</i>	128
4.3.4	<i>Probabilidade da ocorrência de veranicos no Tocantins</i>	143
4.4	Veranicos e Produtividade da Soja	150
4.5	Veranicos e <i>El Niño</i>	153
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	161
	REFERÊNCIAS	164

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O conhecimento e a análise da distribuição pluviométrica em regiões de clima tropical são essenciais para as diversas atividades antrópicas, dentre elas a agricultura. É indispensável para o agricultor entender a dinâmica e a variabilidade das chuvas, seja no tempo ou no espaço, a fim de obter bons resultados nos seus cultivos.

O clima da região central brasileira, caracterizada por formações vegetais do cerrado, possui duas estações distintas, sendo uma quente e úmida e a outra com temperaturas amenas e com poucas chuvas. Os totais pluviométricos durante a estação chuvosa são favoráveis ao desenvolvimento de atividades agrícolas nessa região, principalmente de culturas temporárias como soja, milho, algodão, sorgo e girassol. Entretanto, a grande preocupação dos produtores agrícolas não se resume ao total das chuvas e sim à forma com que muitas vezes ocorre a distribuição pluviométrica, ou seja, devido à ocorrência de estiagens e déficits hídricos durante o período chuvoso.

Apesar de os países de clima tropical possuir consideráveis totais pluviométricos anuais, estes não se dão de forma regular no território, seja temporal ou espacialmente, pelo fato de existir uma estação chuvosa e outra seca, principalmente nas áreas de cerrado, no caso do Brasil. O período chuvoso é responsável por praticamente todo acumulado anual de chuvas. No entanto, mesmo dentro da estação chuvosa existe uma irregularidade pluviométrica, acometida por períodos de estiagens intercalados por períodos chuvosos, ao qual chamamos de veranicos.

Os estudos sobre veranicos são, na maioria das vezes, relacionados com a agricultura, ou seja, são pesquisas que investigam os impactos que esse fenômeno pode causar sobre as lavouras. É importante também destacar que os veranicos estão entre as adversidades climáticas mais frequentes nas regiões tropicais, sendo necessários maiores investimentos e planejamentos para minimizar os efeitos adversos do fenômeno em relação às atividades agrícolas.

O estado do Tocantins enquadra-se nesse contexto, uma vez que grande parte do seu território possui clima tropical semiúmido com alternância de duas estações, uma chuvosa e outra seca. Durante a estação chuvosa, são cultivadas diversas culturas temporárias no estado, principalmente soja e milho. No caso da soja, na safra 2015/2016 o estado produziu 1.922.508

toneladas do grão em um área plantada de 845.745 hectares, já na safra 2016/2017 a produção foi de 2.399.620 toneladas em uma área de 845.680 hectares (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017). Ou seja, apesar de haver uma redução de 65 hectares de área plantada entre 2015/2016 e 2016/2017, a produção de soja aumentou em 25% no estado.

É na grande faixa tropical que segundo Crestana e Sousa (2008) está o celeiro da diversidade genética e o *locus* da agricultura tropical do mundo. Nessas áreas, incluindo o estado em estudo, as práticas agrícolas são totalmente influenciadas pela dinâmica climática tropical, principalmente do regime pluviométrico.

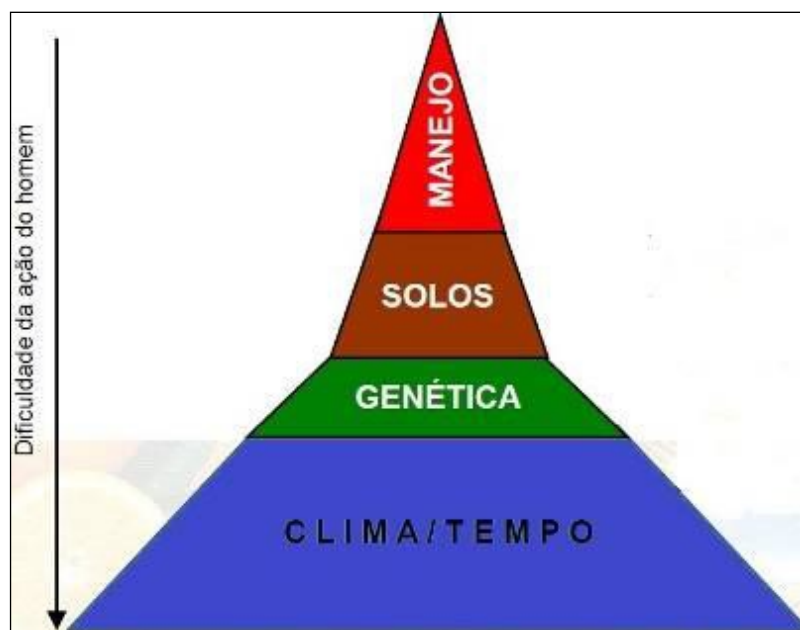
Desta forma, esta pesquisa justifica-se pelo fato do estado do Tocantins possuir destaque na produção de culturas temporárias, principalmente soja. Juntamente com os estados do Maranhão, Bahia e Piauí, o estado do Tocantins vem sendo apontado como o próximo grande celeiro do agronegócio no Brasil. Apesar de na primeira metade do século XX essas áreas serem consideradas improdutivas para a agricultura, hoje são consideradas grandes fronteiras agrícolas do país e mesmo com infraestruturas ainda deficitárias, o relevo propício à mecanização, as características dos solos, o regime favorável de chuvas, dentre outros fatores, fazem com que a produção de grãos seja cada vez maior nessas áreas.

O Tocantins ainda é carente em estudos no âmbito da Climatologia Geográfica que relacionam os impactos do clima nas atividades agrícolas do estado, principalmente para a principal e mais lucrativa cultura agrícola estadual: a soja (ZAVATTINI, 2004). Desta forma, a soja foi escolhida para esse estudo, principalmente pelo fato de ser a principal cultura anual praticada no Tocantins e por ser cultivada durante o período chuvoso, o qual apresenta uma dinâmica irregular e que pode influenciar diretamente na produtividade do grão, ou seja, pelo fato do clima ainda ser um desafio para os produtores da oleaginosa.

Sendo assim, faz-se necessário o conhecimento do clima, principalmente dos padrões de duração da estação chuvosa e da ocorrência de veranicos. No caso do fenômeno adverso conhecido como veranico, é fundamental a sua espacialização no estado e a análise da probabilidade de ocorrência, assim como de suas consequências, principalmente em relação à agricultura. Desta forma, esta pesquisa poderá servir de subsídios a futuros projetos voltados principalmente para a agricultura do Tocantins.

Estudar os veranicos é importante no sentido de que esses podem prejudicar os recursos hídricos, assim como a agricultura em países tropicais como o Brasil, pois mesmo com a evolução das técnicas agrícolas permitindo aos agricultores menores riscos e prejuízos aos seus cultivos, o clima ainda possui papel importante na dinâmica agrícola. A partir da pirâmide esquematizada por Ortolani (1995 apud ROLIM, 2008) é possível constatar que grande parte da variabilidade da produção agrícola anual é explicada pela variação do clima e do tempo atmosférico (figura 1).

Figura 1 – Causas da variabilidade anual da produção agrícola



Fonte: Ortolani (1995 apud ROLIM, 2008).

No território brasileiro vários são os pesquisadores que estudam e pesquisam os veranicos. Grande parte dos trabalhos é baseada na análise da frequência, duração, probabilidade de ocorrência e nos efeitos adversos que o fenômeno causa sobre as atividades antrópicas, principalmente sobre as práticas agrícolas.

A hipótese principal da tese é a de que os veranicos ocorrem em diferentes extensões temporais, são frequentes e impactam relativamente na produtividade da soja. Sendo assim, este trabalho possui como objetivo principal o estudo dos veranicos no estado do Tocantins e a relação do fenômeno com a cultura da soja, a partir dos seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar as características climáticas do estado do Tocantins, em especial quanto aos elementos do balanço hídrico climatológico;
- b) Fazer um estudo sobre a inserção, desenvolvimento e atual cenário do cultivo da soja no estado do Tocantins;
- c) Definir critérios destinados ao reconhecimento e delimitação da estação chuvosa no Tocantins;
- d) Analisar a distribuição espacial dos veranicos no Tocantins e a probabilidade de ocorrência do fenômeno no estado;
- e) Verificar as consequências decorrentes dos veranicos no estado do Tocantins em relação à cultura da soja, incluindo uma avaliação da relação dos mesmos com a ocorrência do fenômeno *El Niño*.

Com o intuito de atingir o objetivo exposto, a tese foi estruturada da seguinte forma: **Considerações Iniciais:** apresenta uma abordagem inicial sobre a temática da pesquisa, além de apresentar a hipótese, os objetivos (geral e específicos), a justificativa da escolha do tema e ainda a estrutura do trabalho; **Fundamentação Teórico-Conceitual:** contempla a revisão de literatura referente à temática estudada; **Procedimentos Metodológicos:** são apresentados os procedimentos metodológicos, desde a etapa da coleta dos dados até a metodologia utilizada para reconhecer e classificar os veranicos, sua espacialização no território tocantinense, probabilidade de ocorrência e ainda a relação do fenômeno com a produtividade da soja no estado e o fenômeno *El Niño*; **Resultados e Discussões:** inclui todos os resultados encontrados a partir do desenvolvimento metodológico realizado na pesquisa; **Considerações Finais:** apresenta uma apreciação dos resultados alcançados, assim como da metodologia proposta, além de sugestões para trabalhos futuros; **Referências:** refere-se às obras consultadas para a realização da pesquisa, incluindo documentos impressos, eletrônicos e órgãos institucionais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL

De modo a amparar este estudo, foi feita uma revisão de literatura acerca da temática abordada. A fundamentação teórica remete aos tópicos essenciais para o desenvolvimento desta pesquisa, que de início traz uma contextualização a respeito dos elementos climáticos precipitação pluviométrica e temperatura do ar e ainda sobre o balanço hídrico climatológico. Já o tópico referente às chuvas no estado do Tocantins, traz uma configuração da dinâmica pluviométrica e os principais sistemas geradores de chuva no território tocantinense. A cultura da soja é outro ponto abordado, desde um histórico de sua chegada ao Brasil até a sua inserção nas áreas de cerrado, suas fases fenológicas e ainda a relação da planta com a pluviosidade. Quanto aos veranicos, foi feita a sua conceituação e uma exposição de estudos sobre o fenômeno no Brasil, a fim de conhecer as diversas abordagens estudadas em nosso país. Por fim, um tópico sobre o *El Niño*, no intuito de conhecer o que é o fenômeno e como ele impacta no Brasil, já que nesta pesquisa foi feita uma análise da relação do fenômeno veranico com a ocorrência do *El Niño*.

2.1 Os elementos precipitação pluviométrica e temperatura do ar

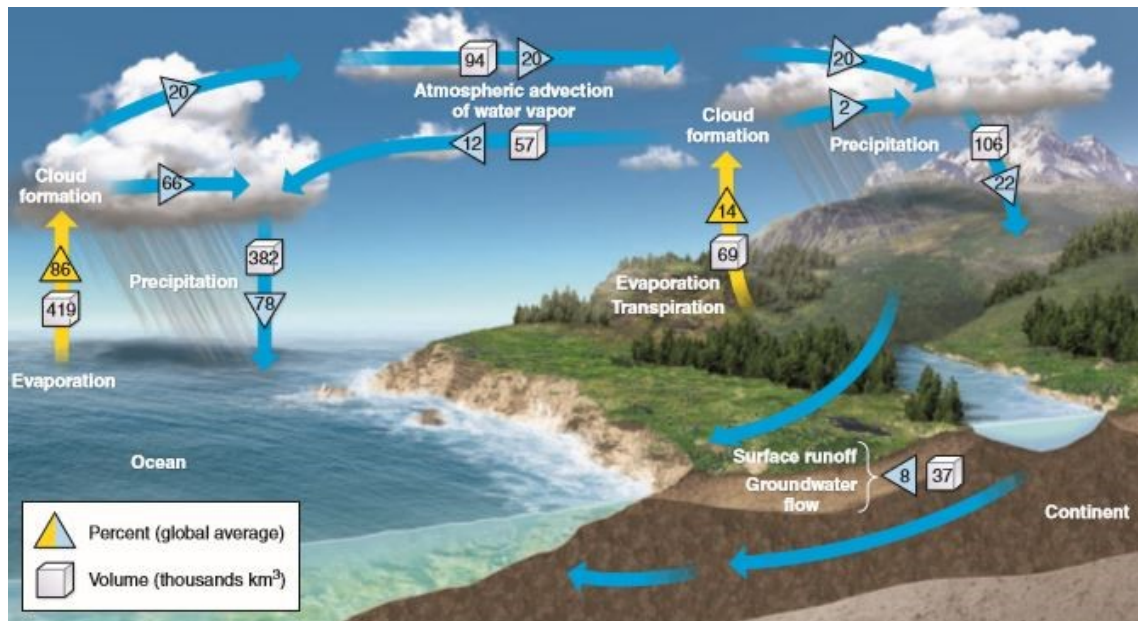
O aprimoramento do conhecimento acerca das características climáticas do estado do Tocantins, especialmente temperatura do ar, pluviosidade e variáveis do balanço hídrico é necessário e diretamente aplicável à busca de melhor entendimento sobre as tipologias de vegetação, regime fluviais e ocupação das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

Sabe-se que o território brasileiro, assim como outros países de clima tropical possui grande abundância de recursos hídricos. Tal abundância está diretamente relacionada com a dinâmica climática desses países, principalmente com a precipitação pluviométrica, sendo esta de grande influência no ciclo hidrológico.

Conforme Tundisi (2003), os fatores que impulsionam o ciclo hidrológico são a energia advinda do Sol, a força dos ventos, que possuem o papel de transportar o vapor d'água para os continentes, a força gravitacional, que é responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água. Os componentes principais do ciclo hidrológico são: evaporação, precipitação, transpiração das plantas,

percolação, infiltração e drenagem. A figura 2 demonstra um modelo simplificado do sistema hidrológico, com estimativas do volume de água envolvido nas principais vias.

Figura 2 – Modelo do ciclo hidrológico



Fonte: Christopherson e Birkeland (2017, p. 255).

A ação dos raios solares e do vento sobre as águas da superfície terrestre provoca o fenômeno da evaporação, que é a passagem da água do estado líquido para o estado de vapor. Devido à evaporação, uma quantidade enorme de gotículas de água fica em suspensão na atmosfera. Gotículas de água se concentram, formando nuvens. Ao se resfriar, a água das nuvens se precipita em forma de chuva. Por este motivo, a chuva é um tipo de precipitação pluvial. A quantidade de chuva que cai num determinado lugar e num determinado tempo é medida pelo pluviômetro e registrada pela pluviógrafo. Considera-se precipitação todas as formas de água, líquida ou sólida, que caem das nuvens alcançando o solo: garoa, garoa gelada, chuva fria, granizo, cristais de gelo, bolas de gelo, chuva, neve, bolas de neve e partículas de neve. Seu volume é expressado geralmente em polegadas, referindo-se ao estado da água – se líquida ou sólida – que cai sobre uma determinada região e por um determinado período de tempo. (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2019).

A precipitação pluviométrica é um dos elementos constituintes do clima. É de suma importância para a caracterização climática de uma determinada região. A precipitação pode ser definida como toda água oriunda do meio atmosférico que, a partir de então, passa a atingir a superfície terrestre. As características principais de tal são o seu total, duração, intensidade e distribuições, tanto temporal quanto espacial. De acordo com Varejão-Silva (2006) a quantidade de precipitação geralmente é expressa em termos de espessura da camada d'água que se formaria sobre uma superfície horizontal, plana e impermeável, com 1 m² de

área. A unidade de medida adotada é o milímetro, o correspondente à queda de um litro de água por metro quadrado da projeção da superfície terrestre.

Segundo Holtz (1976), sua gênese está associada à ascensão das parcelas de ar úmidas, devida aos seguintes fatores: convecção térmica, relevo, ação frontal das massas e convergência do ar. Tal ascensão do ar gera um resfriamento adiabático, que pode fazê-lo alcançar o seu ponto de saturação. Para que ocorra a condensação do vapor de água na forma de minúsculas gotas, que são mantidas em suspensão, sob a forma de nuvens, é necessário que haja núcleos de condensação, como por exemplo, gelo, poeira ou demais partículas. As gotas aumentam até atingir a massa necessária para superarem as forças de sustentação e caírem.

Outro processo de crescimento das gotas de chuva se dá por colisão e coalescência. De acordo com Grimm (1999), o processo de colisão-coalescência ocorre em algumas nuvens quentes, isto é, nuvens com temperatura acima do ponto de congelamento da água (0° C).

Essas nuvens são inteiramente compostas de gotículas de água líquida e precisam conter gotículas com diâmetros maiores que 20 μm para que se forme precipitação. Estas gotículas maiores se formam quando núcleos de condensação "gigantes" estão presentes e quando partículas higroscópicas, como sal marinho, existem. Estas partículas higroscópicas começam a remover vapor d'água do ar em umidades relativas abaixo de 100% e podem crescer muito. Como essas gotículas gigantes caem rapidamente, elas colidem com as gotículas menores e mais lentas e coalescem (combinam) com elas, tornando-se cada vez maiores. Tornando-se maiores, elas caem mais rapidamente e aumentam suas chances de colisão e crescimento (Fig. 6.3). Após um milhão de colisões, elas estão suficientemente grandes para cair até a superfície sem se evaporar. Gotículas em nuvens com grande profundidade e umidade abundante tem mais chance de atingir o tamanho necessário. Correntes ascendentes também ajudam, porque permitem que as gotículas atravessem a nuvem várias vezes. As gotas de chuva podem crescer até 6 mm de diâmetro, quando sua velocidade terminal é de 30km/h. Neste tamanho e velocidade, a tensão superficial da água, que a mantém inteira, é superada pela resistência imposta pelo ar, que acaba "quebrando" a gota. As pequenas gotas resultantes recomeçam a tarefa de anexar gotículas de nuvem. Gotas menores que 0,5 mm ao atingir o solo, são denominadas chuvisco e requerem em torno de dez minutos para cair de uma nuvem com base em 1000 m. (GRIMM, 1999).

Para Pinto (2013, p. 10) “a chuva é um dos elementos climáticos mais importantes no que se refere à sobrevivência da sociedade humana, pois um dos fatores essenciais para manutenção da sociedade, a produção de alimentos, está intimamente relacionado com a distribuição espacial e temporal das chuvas”.

Nas regiões tropicais, a chuva, ou precipitação pluvial, é a forma principal pela qual a água retorna da atmosfera para a superfície terrestre após os processos de evaporação e condensação, completando, assim, o ciclo hidrológico. A quantidade e a distribuição de chuvas que ocorrem anualmente numa região determinam o tipo de vegetação natural e também o tipo de exploração agrícola possível. (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007, p. 53).

Segundo Dantas, Carvalho e Ferreira (2007), devido às variações dos elementos climáticos, as atividades agrícolas estão sempre expostas a riscos e insucessos. No caso da precipitação, esta pode apresentar grande variabilidade, sendo que o excesso ou a falta de água afeta o sistema solo-planta-atmosfera e reduz a produtividade agrícola.

Barreto et al. (2014) enfatizam que a precipitação pluviométrica é o principal meio da entrada de água no sistema agrícola e é fundamentalmente importante para o entendimento da dinâmica hídrica do meio, podendo ser utilizada como um indicador de épocas mais apropriadas para a semeadura.

Em relação ao elemento climático temperatura do ar, Ayoade (2010) coloca que a mesma pode ser definida em termos do movimento de moléculas, sendo que quanto mais rápido o deslocamento mais elevada será a temperatura.

A temperatura do ar é variável, no tempo e no espaço. Pode ser regulada por vários fatores, que são os controladores da temperatura: radiação, advecção de massas de ar, aquecimento diferencial da superfície terrestre e da água, correntes oceânicas, altitude, posição geográfica, cobertura da superfície (VAREJÃO-SILVA, 2006).

A temperatura do ar possui papel importante nas atividades agrícolas de uma dada região, uma vez que a mesma influencia na duração das fases fenológicas e ainda no rendimento final de diversas culturas.

A temperatura também afeta uma série de outros processos nas plantas, como a respiração de manutenção, a transpiração, o repouso vegetativo, a duração das fases fenológicas das culturas, a indução ao florescimento, o conteúdo de óleo em grãos, a taxa de germinação de sementes, etc. (SENTELHAS; MONTEIRO, 2009, p. 4).

2.2 O balanço hídrico climatológico

De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas,(2002) a disponibilidade hídrica de uma dada região pode ser quantificada por meio do balanço hídrico climatológico (BHC), o qual demonstra as variações sazonais dos excedentes e deficiências hídricas por meio das relações entre as entradas e saídas de água de uma condição de controle, principalmente precipitação pluvial (P) e evapotranspiração potencial (ETP).

O balanço hídrico climatológico é um método contábil que fornece o saldo de água disponível no solo, em outras palavras, contabiliza a entrada e saída de água numa região. A partir destes cálculos torna-se simples fazer-se a classificação climática, porque os dados necessários são justamente variáveis já determinadas na resolução do balanço hídrico. (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007, p. 1862).

Sobre os estudos precursores desenvolvidos em relação ao BHC estão o de Thornthwaite (1948) e Thornthwaite e Mather (1955). Segundo Varejão-Silva (2006) o BHC desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) permite o monitoramento da alteração do armazenamento de água no solo, em escalas diárias e mensais, utilizando dados dos elementos temperatura do ar e precipitação pluviométrica.

Pereira (2005) expressa que para a elaboração do BHC proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é necessário definir o armazenamento máximo no solo – Capacidade de Água Disponível (CAD) –, a medida da chuva total, e a estimativa da ETP em cada período. A partir dessas informações, o BHC permite deduzir a evapotranspiração real, a deficiência ou o excedente hídrico, e o total de água retida no solo em cada período.

Segundo Passos, Zambrzycki e Pereira (2016), a estimativa do BHC e a classificação climática são consideradas ferramentas agroclimáticas imprescindíveis para determinar a aptidão de áreas para culturas agrícolas e ainda para o planejamento de sistemas de irrigação.

De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007), o BHC possui diversas aplicações, entre elas destaca-se: comparação da disponibilidade hídrica regional, caracterização de períodos de secas e de seus efeitos na agricultura, zoneamento agroclimático para definir regiões aptas, marginais ou inaptas para um determinado cultivo, determinação das melhores épocas de semeadura, etc.

Fica evidente que o balanço hídrico contribui no sentido de aprimorar as práticas agrícolas, sendo que sua elaboração permite um planejamento mais adequado em relação aos diversos cultivos, que vão desde o manejo do solo à quantidade de água necessária, contribuindo significativamente no conhecimento da disponibilidade hídrica de uma região e ainda para fins de zoneamento agroclimático.

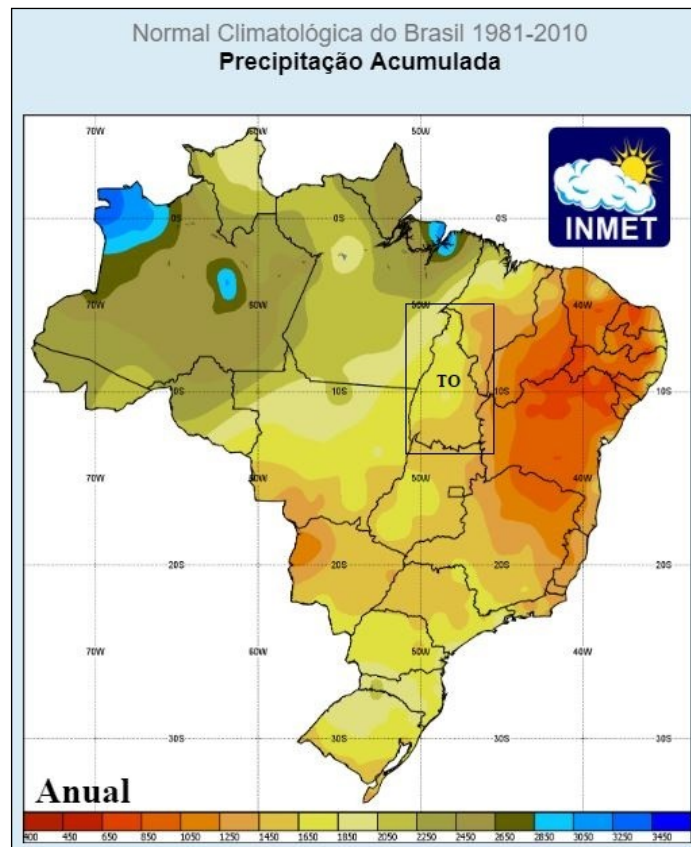
2.3 As chuvas no estado do Tocantins

Novais (2019) criou um sistema de classificação climática que foi aplicado ao cerrado, bioma que engloba a maior parte do estado do Tocantins. Nesse sentido, o autor sugere cinco unidades climáticas para o referido estado, sendo elas: Equatorial Semiúmido Amazônico, Equatorial Semiseco Amazônico, Tropical Semiúmido Setentrional, Tropical Semiseco Setentrional e Tropical Semiseco Central. A partir das cinco unidades climáticas do Tocantins, pode-se dizer que apesar de fazer parte da Região Norte brasileira a porção centro-sul do estado do Tocantins apresenta uma configuração pluviométrica bem semelhante ao verificado na região central brasileira, com um período estacional seco e outro chuvoso.

A título de contextualização, a figura 3 apresenta a normal climatológica 1981-2010 (Precipitação acumulada anual), elaborada pelo INMET para o território brasileiro. As normais climatológicas são definidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) como valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, calculada para três décadas consecutivas, começando no primeiro ano de cada década (1901-1930, 1931-1960,....., 1981-2010,....)

Observa-se que o estado do Tocantins possui valores médios anuais de chuva entre 1250 mm e 2050 mm. A porção mais chuvosa do território tocantinense, a qual é representada por uma pequena área na região noroeste do estado, mais especificamente na microrregião de Araguaína, apresenta valores entre 1850 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, recebem valores inferiores a 1650 mm.

Figura 3 – Normal Climatológica do Brasil 1981-2010



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2019).

Entre os sistemas geradores de chuvas no Tocantins, os principais são a Zona de Convergência Intertropical do Atlântico (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

De acordo com Melo, Cavalcanti e Souza (2009, p. 25), “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”.

A ZCIT atua principalmente na porção norte do estado do Tocantins, já que, em anos chuvosos este sistema pode atingir até 5° S, proporcionando elevados totais de precipitação. (MELO, CAVALCANTI, SOUZA, 2009)

De acordo com Hastenrath e Heller (1977), a ZCIT pode sofrer influência dos sistemas de alta pressão do Oceano Atlântico. Neste caso o deslocamento da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) em direção ao Equador é responsável por uma menor quantidade de chuvas, uma vez que o sistema impede a passagem de frentes frias e diminui a ocorrência da ZCAS. Já a 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 a ZCAS, de acordo com Carvalho e Jones (2009), a mesma 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 (sistema de alta pressão atmosférica). 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, 2017).

A ZCAS atua principalmente na porção centro-sul do Tocantins, dependendo da variação de sua posição, como demonstra a figura 3.

Quando a grande faixa de instabilidade se forma numa posição média normal (área 1 da figura 3) as chuvas são mais bem distribuídas na porção sudeste do Tocantins. Já quando o eixo da ZCAS se posiciona mais ao norte (área 2 da figura 3) as chuvas atuam em quase todo o território tocantinense, com exceção da porção norte-nordeste.

Figura 4 – Esquema de variação de posição das áreas de instabilidade da ZCAS



Fonte: CLIMATEMPO (apud PEGORIM, 2017).

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

2.4 A Soja

O estudo sobre a cultura da soja é parte essencial neste estudo. Desta forma, foi feita uma análise que contempla um histórico da chegada da soja no território brasileiro até a sua introdução nas áreas de cerrado. Foi feita ainda uma análise no intuito de conhecer suas fases fenológicas e a relação da oleaginosa com a pluviosidade, parte esta muito importante no sentido de entender quais são as épocas de maior necessidade de água pela planta.

2.4.1 *Histórico da soja: da chegada ao Brasil à inserção nas áreas de cerrado*

A diversidade climática existente no território brasileiro contribui significativamente para que o país tenha também uma grande diversidade agrícola, que vai desde a produção de grãos e da produção canavieira às culturas de hortaliças e frutas.

Pode-se dizer que a agricultura depende diretamente das condições climáticas, mas é importante entender que cada vez mais os avanços tecnológicos influenciam nas práticas agrícolas. A mecanização do campo, vivenciada principalmente a partir da segunda metade do século XX, e a expansão da fronteira agrícola para o interior do território brasileiro neste mesmo período contribuíram expressivamente para colocar o Brasil entre as grandes potências agrícolas mundiais.

A partir da relevância que o Brasil possui no contexto agrícola mundial e a inclusão do Tocantins no cenário da evolução agrícola brasileira, especialmente de grãos, é importante discorrer sobre a chegada da soja no Brasil e sua inserção nas áreas de cerrado, incluindo o estado do Tocantins.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta leguminosa que tem como local de origem a China. Segundo Morse (1950 apud BONATO; BONATO, 1987), o local de origem da soja seria a área central do território chinês. Em contrapartida, Hymowitz (1970) destaca que a planta foi domesticada na metade norte da China, por volta do século XI a.C. Já Chung e Singh (2008) colocam que a soja foi domesticada no leste da Ásia a partir de seu progenitor anual selvagem *G. soja* Sieb. e Zucc.

Com o passar dos séculos, a planta foi sendo introduzida em outros países e continentes e somente no século XIII foi expandida para a Europa e no século XIX para o continente americano, nos Estados Unidos. A figura 4 demonstra a difusão da soja pelo mundo a partir de seu local de origem.

Figura 5 – Origem e difusão geográfica da soja no mundo



Fonte: Bonetti (1970).

Bonato e Bonato (1987) em seu estudo: “A soja no Brasil: história e estatística”, relata que a primeira menção sobre a soja no Brasil encontrada na literatura data de 1882, ou seja, há 136 anos. A cultura chegou ao território brasileiro via Estados Unidos. Foi Gustavo Dutra, professor da Escola de Agronomia da Bahia, quem realizou os primeiros estudos de avaliação de cultivares introduzidos daquele país (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, [21--]).

A soja foi introduzida no Brasil por Gustavo Dutra, na Bahia em 1882, sem sucesso. Em São Paulo, foi cultivada pela primeira vez por Daffert, em 1892, no Instituto Agrônomo de Campinas. Melhores resultados foram obtidos por imigrantes japoneses, a partir de 1908 e, em 1923, quando Henrique Löbbecke trouxe cerca de cinquenta variedades norte-americanas. Nas décadas seguintes, foi estudada em algumas instituições oficiais e cultivada, em pequenas áreas, para a alimentação de famílias de imigrantes japoneses. (CÂMARA, 2015, p. 3).

Segundo Freitas (2011) a exploração da soja iniciou-se no sul do Brasil e atualmente é encontrada nos mais diversos ambientes do país, retratado pelo progresso do cultivo em áreas de Cerrado. Na década de 1980, a soja liderou a implantação de uma nova civilização no Brasil Central (especialmente nos estados de Goiás e Mato Grosso), levando o progresso e o crescimento para regiões que até então eram despovoadas.

A expansão continua em novos territórios do bioma Cerrado, estabelecendo uma nova fronteira agrícola chamada de Mapitoba – Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia, no Norte e Nordeste do país. Apesar das condições edafoclimáticas ideais para o cultivo da soja, o crescimento contínuo da área cultivada na região enfrenta desafios como avanço em logística para o transporte do grão e além disso, impasses na questão ambiental, na qual o código florestal tenta reduzir o desmatamento na região. (FREITAS, 2011, p. 2).

Aracri et al. (2011) ressaltam que inicialmente o cultivo de gêneros para a agricultura se desenvolveu de forma mais intensa nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. No entanto, a partir da década de 1970, com a exaustão dessas terras para a agricultura, além da necessidade de maiores áreas para aumentar a produtividade, outras regiões do país passaram a atrair a atenção do governo e do capital agroindustrial. É nesse contexto que a região do cerrado ganha destaque.

A introdução da soja para além dos estados da região Sul só foi possível devido ao desenvolvimento de cultivares adaptadas ao clima mais quente. A adoção da técnica do plantio direto também contribuiu para a inserção do grão na agricultura das regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte. O fato de que a soja permite a fixação no solo de nutrientes essenciais para o plantio de outras culturas, como o feijão e o milho, foi um aspecto positivo para sua expansão no Brasil, pois permitiu a adoção de uma entressafra produtiva. (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DE MATO GROSSO, [21--]).

A soja foi uma cultura que evoluiu muito, especialmente no findar da década de 1990 e início de século XXI. Tal crescimento está relacionado com o fato de as terras nas Regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil começar a ficarem mais caras, aumentando assim o custo da produção. Isso fez com que os agricultores dessas regiões migrassem para as terras do Tocantins, uma vez que os preços das terras do referido estado possuíam um preço mais acessível que as demais regiões (SILVA; ALMEIDA, 2007, p. 33).

Atualmente a soja é cultivada de norte a sul do Brasil, sendo a cultura que mais cresceu nas últimas três décadas. Muito desse sucesso deve-se ao melhoramento que permitiu a “tropicalização” da soja, que passou a ser cultivada com sucesso em regiões de baixas latitudes, entre o trópico de capricórnio e a linha do equador. A soja hoje ocupa lugar de destaque no cenário agrícola brasileiro como a cultura mais relevante à economia do país. Segundo o levantamento de junho de 2019 feito pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), a área plantada praticamente triplicou nos últimos 20 anos, sendo atualmente cultivados cerca de 35,822 milhões de hectares. Ainda, de acordo com a Conab, o Brasil encontra-se como o segundo maior produtor mundial, com uma produção de aproximadamente 114,8 milhões de toneladas do grão, ficando atrás apenas dos EUA que,

conforme o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), produziu, na safra 2018/2019, cerca de 8 milhões de toneladas a mais que o Brasil com a mesma área plantada. (AGRO BAYER BRASIL, 2018).

Almeida et al. (2016) enfatizam que foi a partir de pesquisas voltadas para a evolução da agricultura tropical, no final da década de 1980, é que foi possível a exploração da agricultura no cerrado brasileiro. Segundo os autores, a ocupação de terras no cerrado para o plantio de soja deu-se primeiramente nos estados do Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul e mais recentemente a cultura vem crescendo na região formada pelo estado do Tocantins, sul do Maranhão e Piauí e oeste da Bahia (MATOPIBA), conhecida como última fronteira agrícola do Brasil:

Na região do MATOPIBA, o aumento da área plantada de soja ocorreu prioritariamente nas regiões de maior altitude, como no oeste baiano e nas chapadas do sul do Maranhão, e por último no estado do Tocantins e sul do Piauí. A área plantada de soja no Tocantins apresenta crescimento expressivo recente, superando dificuldades como: Baixa altitude, Ocorrência de solos que exigem manejo criterioso como Plintossolos, Neossolos e Cambissolos, com distribuição heterogênea e mesclada com Latossolos e Argissolos. (ALMEIDA et al., 2016, p. 9).

Atualmente a leguminosa é cultivada em praticamente todo país, desde as médias latitudes gaúchas até as baixas latitudes equatoriais tropicais, superando em muitas regiões a produtividade média da soja norte-americana. Tal superação graças ao uso de cultivares devidamente adaptados às condições tropicais, que apresenta alta incidência de luz, temperaturas do ar adequadas e pluviosidade elevada e relativamente com boa distribuição ao longo do ciclo fenológico da planta, assim como da correção da fertilidade do solo, adubação equilibrada, desenvolvimento do sistema de plantio direto e adoção de práticas de manejo que permitem alta produtividade (CÂMARA, 2015).

Martin (1998) destaca que a soja é uma das plantas mais importantes do mundo no que diz respeito à alimentação e cada vez mais a mesma vem crescendo em importância. É uma planta de fácil cultivo, versátil e que contribui para o fornecimento de vários nutrientes, podendo substituir a carne e o leite. A planta é ainda muito utilizada como ração animal, sendo de grande valor nutricional.

A soja é umas das commodities mais importantes para a economia nacional. O complexo soja tornou-se um dos símbolos da modernização agroindustrial no Brasil. Nesse processo de modernização da agricultura brasileira, a introdução da soja no período pós-70 pode ser considerado um divisor de

águas, cuja atividade exigiu a implantação de sistemas de produção com maior componente tecnológico, principalmente quando se considera o seu cultivo na região dos cerrados (CLEPS JUNIOR, 1998, p. 151).

2.4.2 *Fases fenológicas da soja*

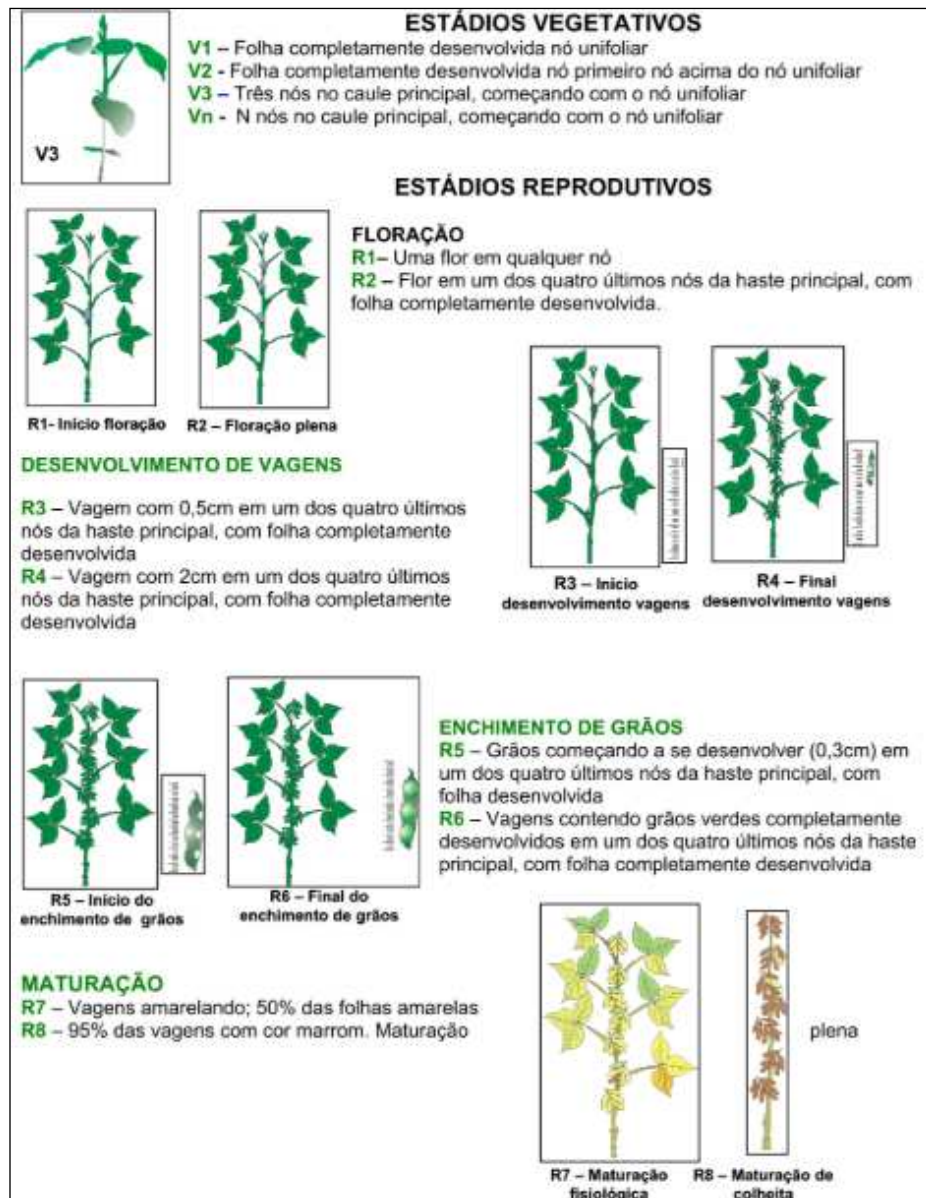
A soja possui dois ciclos principais: o ciclo vegetativo e o ciclo reprodutivo. Seu ciclo de vida pode variar de 70 a 180 dias. No caso do mercado brasileiro os cultivares disponíveis são de ciclos entre 100 e 160 dias.

De acordo com Silva (2014), o ciclo vegetativo compreende o período de emergência da planta até a abertura das primeiras folhas. O reprodutivo abrange o período de início da floração até o fim do ciclo da planta.

Como colocado por Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007), a caracterização dos estádios de desenvolvimento da soja é de grande importância para a descrição dos vários períodos que a lavoura atravessa durante o ciclo da cultura.

A metodologia de descrição dos estádios de desenvolvimento da soja de Fehr e Caviness (1977) é a mais utilizada no mundo. Ela identifica com precisão o estágio de desenvolvimento em que se encontra uma planta ou uma lavoura de soja. Os mesmos são divididos em estádios vegetativos e estádios reprodutivos (figura 5). Os vegetativos são designados pela letra V e os reprodutivos pela letra R. Com exceção dos estádios VE (emergência) e VC (cotilédone), as letras V e R são seguidas de índices numéricos identificando estádios específicos nas fases de desenvolvimento da soja (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007).

Figura 6 – Estádios fenológicos da soja



Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária ([21--])

No quadro 1 estão sumariados os estádios vegetativos da soja. De acordo com Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007), o estágio vegetativo VE refere-se à emergência dos cotilédones, já o VC representa o estágio em que os cotilédones se encontram completamente abertos e expandidos. A partir do VC, as subdivisões são numeradas sequencialmente (V1, V2, V3, V4, V5, V6,... Vn, onde n é o número de nós, acima do nó cotiledonar, com folha totalmente desenvolvida).

Quadro 1 – Estádios vegetativos da soja

Símbolo	Denominação	Descrição
VE	Emergência	Os cotilédones estão acima da superfície do solo
VC	Cotilédone desenvolvido	Os cotilédones apresentam-se bem abertos e as folhas unifoliadas estão suficientemente abertas, de tal forma que os bordos de cada unifólio não estão se tocando.
V1	Primeiro nó maduro	As folhas unifoliadas estão estendidas e a primeira folha trifoliada está suficientemente aberta, de tal forma que os bordos de cada fólio não estão se tocando.
V2	Segundo nó maduro	A primeira folha trifoliada está estendida, isto é, com os três fólhos expandidos e a segunda folha trifoliada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não está se tocando.
V3	Terceiro nó maduro	A segunda folha trifoliada está estendida, isto é, com os três fólhos expandidos e a terceira folha trifoliada está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não está se tocando.
V(n)	“Enésimo” nó maduro	A “enésima” folha trifoliada está estendida, isto é, com os três fólhos expandidos e a folha trifoliada “n+1” está suficientemente aberta, de tal modo que os bordos de cada folíolo não está se tocando.

Fonte: Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007).

As fotografias 1 e 2 representam respectivamente os estádios fenológicos VE (emergência) e VC (cotilédone desenvolvido).

Fotografia 1 – Soja em estágio VE (emergência)



Fonte: Farias, Nepomuceno e Neumaier (2017).

Fotografia 2– Soja em estágio VC (cotilédone desenvolvido)



Fonte: Farias, Nepomuceno e Neumaier (2017).

No quadro 2, estão representados os estádios reprodutivos da soja. De acordo com Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007, p. 3) “os estádios reprodutivos são denominados pela letra R seguida dos números um até oito e descrevem detalhadamente o período florescimento-maturação”. Ainda segundo os autores, “os estádios reprodutivos abrangem quatro distintas fases do desenvolvimento reprodutivo da planta, ou seja, florescimento (R1 e R2), desenvolvimento da vagem (R3 e R4), desenvolvimento do grão (R5 e R6) e maturação da planta (R7 e R8)” (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007, p. 3).

Quadro 2 – Estádios reprodutivos da soja

Símbolo	Denominação	Descrição
R1	Início do florescimento	Uma flor aberta em qualquer nó da haste principal.
R2	Florescimento pleno	Uma flor aberta em um dos nós da haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R3	Início da frutificação	Vagem com 5 cm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas.
R4	Vagem formada	Vagem com 20 cm de comprimento em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas (“canivete”)
R5	Início da formação da semente ou granação	Semente com 3 cm de comprimento em uma vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal com folhas completamente desenvolvidas (“canivete”)
R6	Granação plena ou semente desenvolvida	Vagem verde, contendo semente verde que preencha a cavidade da vagem localizada em um dos quatro últimos nós superiores, sobre a haste principal, com a folha completamente desenvolvida.
R7	Início da maturação ou maturação fisiológica	Uma vagem normal sobre haste principal que tenha atingido a cor de vagem madura.
R8	Maturação plena ou maturação a campo	95% de vagens que tenham atingido a cor da vagem madura.

Fonte: Farias, Nepomuceno e Neumaier (2007).

2.4.3 *Pluviosidade e a cultura da soja no Tocantins*

É cada vez mais comum os produtores e pesquisadores na área agrícola trabalharem de forma a minimizar os riscos nos cultivos, principalmente nos períodos de maior susceptibilidade aos maiores danos. Desta forma são empregadas as melhores e mais modernas técnicas agrícolas, que vão desde a seleção de cultivares adaptados às condições ambientais locais, até um manejo adequado do solo, tudo isso no intuito de atingir um maior rendimento final possível.

No entanto, mesmo com todos os avanços tecnológicos contribuindo de forma positiva nas práticas agrícolas, é evidente que o setor produtivo agrônomo possui grande dependência das condições climáticas, principalmente da precipitação pluviométrica. O agricultor pode até estar atento às condições climáticas, por meio das informações meteorológicas, previsão do tempo, boletins agroclimáticos, mas não possui controle das condições do tempo atmosférico e do clima, o que pode acabar acarretando prejuízos na produtividade final.

A soja no Tocantins vem ano a ano destacando-se no cenário nacional em virtude de maiores adaptações às condições peculiares para a agricultura no cerrado, que vai desde a correção dos solos, o plantio direto e o uso de sementes geneticamente modificadas. No entanto, o clima continua sendo um fator importante no rendimento final da soja, principalmente em estados como o Tocantins, que possui uma irregularidade pluviométrica. Sendo assim, é essencial o conhecimento dos padrões da precipitação pluviométrica e sua relação sobre um determinado cultivo agrícola, no caso deste trabalho, a soja.

A agricultura desde o seu primórdio sempre foi dependente das condições climáticas. É evidente que após sua modernização, período que ficou conhecido como Revolução Verde e que ocorreu na década de 1960, os estudos e pesquisas voltados para as diversas tecnologias agrícolas, incluindo sementes adequadas para tipos específicos de solos e climas, o agricultor pôde obter um maior desenvolvimento a partir das altas produtividades alcançadas. Contudo, o fator climático ainda continua sendo um dos mais importantes, trazendo muitas vezes um sucesso ou insucesso no rendimento final, principalmente para as culturas anuais, que são cultivadas durante o regime de chuvas em grande parte do território brasileiro.

Roldão e Ferreira (2015, p. 119) ressaltam que “os avanços tecnológicos e científicos vêm incrementando cada vez mais a produtividade agrícola no Brasil. Entretanto, o sucesso da agricultura brasileira ainda depende diretamente do ritmo de precipitações”.

Dentro do contexto da relação entre a agricultura e a dinâmica climática, Ayoadé (2010) adverte o clima como uma das variáveis mais importantes, uma vez que a agricultura é afetada pelos azares (imprevistos) climáticos e a viabilidade da produção de determinada área é totalmente condicionada pelos parâmetros climáticos.

[...] O fator climático afeta a agricultura e determina a adequação dos suprimentos alimentícios de dois modos principais. Um é através dos azares (imprevistos) climáticos para lavoura e o outro é através do controle exercido pelo clima sobre o tipo de agricultura praticável ou viável numa determinada área. Os parâmetros climáticos oferecem influência sobre todos os estágios de cadeia de produção agrícola, incluindo a preparação da terra, semeadura, crescimento de cultivos, colheita, armazenagem, transporte e comercialização. (AYOADE, 2010, p. 261).

Dentre os elementos climáticos, a precipitação pluviométrica pode ser considerada a mais importante para as culturas agrícolas, inclusive a soja. Pinto e Aguiar Netto (2008) destacam que de todos os elementos do clima, a pluviosidade é o fator que mais impacta a produtividade agrícola, tanto em relação à quantidade de chuva, quanto à sua distribuição.

Em relação à distribuição, especialmente nas áreas de cerrado, as quais são marcadas por uma sazonalidade no regime pluviométrico, os veranicos constituem-se em sério risco, principalmente quando o período de estiagem dentro da estação chuvosa possui maior duração. Partindo desse pressuposto, Ferreira (2005) ressalta que os veranicos prolongados constituem momentos de estiagem que afetam a produtividade das culturas agrícolas, o que varia de acordo com a intensidade do fenômeno e o tempo de stress hídrico, de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta.

Oliveira (2010) destaca que entre as variáveis do sistema clima, a precipitação pluviométrica é colocada como o elemento indicador do valor do clima, uma vez que é a variável que mais influencia na agricultura das regiões tropicais, principalmente pelos recursos hídricos, os quais são primordiais para as práticas agrícolas que são desenvolvidas durante a estação chuvosa.

É a precipitação pluviométrica, ainda hoje, um elemento de definição das condições oferecidas pelo ambiente, determinante das qualidades físicas do

meio ao desenvolvimento da agricultura e pecuária nos diversos sistemas produtivos. Assim, o volume das precipitações ocorridas ao longo do ano, bem como a sua forma de distribuição temporal no espaço, imprimem ao meio ambiente características que facilitam ou dificultam o estabelecimento de determinados processos produtivos agrícolas. (OLIVEIRA, 2010, p. 41).

Partindo do pressuposto de que a precipitação pluviométrica é o elemento climático de maior influência na agricultura, no caso da soja não é diferente, visto que a referida cultura possui dependência direta com a disponibilidade hídrica, em que a demanda pela água varia de acordo com a fase fenológica que se encontra a planta. O quadro 3 demonstra o consumo médio de água pela soja em seus respectivos estádios fenológicos.

Quadro 3 – Estádio fenológico da soja, duração e consumo médio diário de água pela planta

Estádio fenológico	Duração	Consumo médio de água
VE - Emergência	3 a 10 dias	0,8 mm/dia
VC - Cotiledonar	3 a 10 dias	0,9 mm/dia
V1 - Primeiro nó	3 a 10 dias	0,9 mm/dia
V2 - Segundo nó	3 a 8 dias	1,0 mm/dia
V3 - Terceiro nó	3 a 8 dias	1,5 mm/dia
V4 - Quarto nó	3 a 10 dias	0,9 mm/dia
V5 - Quinto nó	2 a 5 dias	3,5 mm/dia
Vn - Enésimo nó	Média de 3 dias para cada trifólio	4,0 a 5,0 mm/dia
Estádio fenológico	Duração	Consumo médio de água
R1- Início do florescimento	1 a 7 dias	6,2 mm/dia
R2- Florescimento pleno	5 a 15 dias	6,9 mm/dia
R3 - Início da formação de vagens	5 a 15 dias	7,2 mm/dia
R4 - Plena formação de vagens	4 a 26 dias	7,3 mm/dia
R5 - Início enchimento de grãos	11 a 20 dias	7,5 mm dia
R6- Pleno enchimento de grãos	9 a 30 dias	7,4 mm/dia
R7 - Maturidade fisiológica	7 a 11 dias	6,2 mm/dia
R8 - Plena maturação	5 a 7 dias	3,2 mm/dia
R9 - Maturação/colheita	9 a 30 dias	-

Fonte: Portal Syngenta (2020).

A precipitação pluviométrica é importante para a escolha da melhor época para a semeadura, ou seja, influencia diretamente no calendário agrícola de um determinado local. Nesse sentido, Almeida (2005) enfatiza que o agricultor, ao eleger o melhor período para realizar o plantio de suas lavouras, precisa levar em consideração algumas variáveis que definem o calendário agrícola médio de sua região, especialmente em relação às condições de

ambiente iniciais que possam garantir a instalação das lavouras, com a germinação das sementes e o desenvolvimento das plantas, dado pelas condições de umidade disponível no solo segundo sua capacidade de armazenamento, que basicamente são provenientes das chuvas.

Ferreira (2010) descreve que no Brasil, em virtude de suas características climáticas, a melhor época para o plantio da soja é durante os meses de outubro e dezembro, mas em 90% dos casos, a semeadura ocorre ao longo do mês de novembro, pelo fato do referido mês coincidir com o início da estação chuvosa em grande parte do Brasil.

Segundo Silva (2013), no caso do estado do Tocantins, o plantio da soja pode variar entre o começo do mês de outubro e o final do mês de dezembro. Porém, é recomendado que a semeadura da oleaginosa ocorra após 200 mm de chuva acumulada e com distribuição regular. Nesse caso, o mês de novembro é o ideal para o seu plantio, uma vez que o mencionado mês já dispõe da quantidade mínima de água no solo que a soja necessita para dar início ao seu processo de crescimento.

O plantio, como colocado anteriormente, ocorre com maior frequência no mês de novembro. Já a colheita, em virtude dos cultivares utilizados, ocorre a partir do mês de fevereiro. Sendo assim, fica claro que o cultivo da soja no Tocantins ocorre exclusivamente dentro do período chuvoso, que se inicia em novembro e tem o seu findar no mês de abril. Os cultivares de soja mais plantados no estado do Tocantins e seus ciclos do plantio a colheita em dias são as descritas na tabela 1:

Tabela 1 – Principais cultivares utilizadas no Tocantins

Cultivares	Ciclo (dias)
BRS 333RR	118
BRS 7280RR	112
BRS 7380RR	97
BRS 7780IPRO	107
BRS 8890RR	111
CZ 48B71RR	118
CZ 48B41RR	112
M 8210IPRO	107
M 8349IPRO	112
M 8372IPRO	107
M 8644IPRO	112

Cultivares	Ciclo (dias)
NS 7300IPRO	111
NS 7667IPRO	112
NS 7901RR	112
NS 8490RR	111
P 97R21	97
P 97R73	118
P 98Y12	111
P 98Y30	112
P 99R09	118
SYN 1281RR	111
SYN 13840IPRO	107
SYN 13850IPRO	112
TEC 7022IPRO	97
TMG 2187IPRO	118
W 791RR	118
W 799RR	118
W 842RR	111

Fonte: Almeida et al. (2016).

A partir do que foi exposto, fica claro que o território tocantinense possui aptidão para o cultivo da soja, em virtude da boa disponibilidade hídrica no solo durante o regime de chuvas, que ocorre em maior concentração entre os meses de novembro e abril, demonstrando assim a grande dependência das características climatológicas e de suas variações sazonais (principalmente da precipitação pluviométrica) com o cultivo da oleaginosa no estado.

2.5 O fenômeno veranico

O estado do Tocantins possui mais de 90% de seu território inserido no domínio dos cerrados. Tal domínio é conhecido pela predominância do clima tropical semiúmido, com alternância de duas estações: uma quente e úmida (estação chuvosa) e outra com temperaturas mais amenas e escassez de chuvas (estação seca).

Em relação à dinâmica pluviométrica no estado do Tocantins, este possui a estação chuvosa concentrada entre os meses de novembro e abril, acumulando cerca de 85% das chuvas nesse período. Já a estação seca ocorre entre os meses de maio e outubro, concentrando 15% das chuvas anuais.

Apesar da grande concentração de chuvas entre os meses de novembro e abril, existe uma irregularidade pluviométrica, ou seja, as chuvas não estão bem distribuídas, seja temporal ou espacialmente, e é neste sentido que podemos enfatizar sobre os períodos de estiagem durante a estação chuvosa, habitualmente chamados de veranicos.

As áreas de cerrado no Brasil são importantes produtoras agrícolas, principalmente de grãos. Segundo Sousa e Frizzone (1997), as grandes culturas são normalmente feitas em regime de sequeiro, dependendo diretamente das precipitações naturais, fazendo com que as práticas agrícolas nessas áreas sejam exclusivamente sazonais, o que as fazem ser praticadas principalmente na estação chuvosa.

Assad et al. (1993) enfatizam que o cerrado e toda zona intertropical são afetados por períodos de interrupção das chuvas durante a estação chuvosa. Esses períodos são conhecidos como veranicos. Para os autores, apesar de os veranicos serem considerados como um dos fatores limitantes da agricultura de sequeiro, ainda é um tema muito atual, necessitando de estudos e pesquisas regionais cada vez mais detalhados.

Diversos são os autores que discutem o conceito de veranicos, assim como são múltiplas as metodologias aplicadas nesse tipo de estudo.

Um veranico, conforme o glossário do Agritempo – Sistema de Monitoramento Agrometeorológico, é considerado um fenômeno meteorológico caracterizado por um período de estiagem com altas temperaturas do ar e forte insolação durante a estação chuvosa. Ainda de acordo com o Agritempo, para ser considerado veranico é necessário uma duração mínima de 4 dias de ausência de chuvas.

Carvalho et al. (1999) determinam os veranicos como a ocorrência de dias secos em sequência durante o verão. “Dependendo da duração e da fase da cultura em que ocorre o veranico, a produção final pode ser seriamente afetada, devido a perdas de rendimento por estresse hídrico nas plantas” (CARVALHO et al., 1999, p. 324).

Ainda de acordo com Carvalho et al. (1999), a previsão da ocorrência de veranicos é de essencial importância, principalmente na determinação da época adequada de plantio e ainda na estimativa de perdas de produção, gerando informações em relação aos riscos que o agricultor corre na produção se sequeiro.

De acordo com Silva e Rao (2002), veranico é a ocorrência de períodos multidiários com pouquíssima ou nenhuma chuva durante a estação chuvosa. Já Hernandez et al. (2003) colocam o conceito de veranico como sendo uma sequência de dias secos, intercalados entre dias chuvosos. Segundo os autores, esse fenômeno é característico principalmente da região central brasileira.

Do ponto de vista agrônomo, o termo “veranicos” ficou consagrado como a ocorrência de um período de ausência de chuvas que causa prejuízos à produção agrícola. Assim, veranicos são fenômenos ligados à irregularidade da precipitação pluviométrica e são grandes causadores de frustrações de safras no território brasileiro. Os veranicos prejudicam as práticas agrícolas quando acontecem durante as fases fenológicas em que as culturas carecem de maior quantidade de água, principalmente durante o florescimento e enchimento do grão (SIVAKUMAR, 1992).

Ceballos, Mertínez-Fernández e Luego-Ugidos (2004) consideram veranicos como n dias consecutivos sem uma apreciável precipitação. Para Ayoade (2010) o veranico é caracterizado como um tipo de seca contingente e esse período de ausência de chuvas acontece principalmente em áreas subúmidas e úmidas, ocorrendo quando a chuva deixa de cair num certo período. De acordo com o autor, os veranicos constituem um sério risco para a agricultura devido a sua imprevisibilidade.

Menezes (2006, p. 28) caracteriza veranico “por um período com sucessivos dias sem chuva ou inferior a um determinado laminar apresentando, em média, valores baixos de umidade relativa do ar, bem como, elevação das temperaturas médias do ar”.

Cupolillo (2008) também enfatiza sobre o conceito do fenômeno adverso, destacando que durante a estação chuvosa são observados períodos com baixos totais de precipitação, os quais podem causar diversos efeitos negativos às culturas e ainda no reabastecimento de água, sendo esse período caracterizado como veranico.

Para Soares e Nóbrega (2009), os veranicos são definidos como sendo a ocorrência de cinco ou mais dias seguidos sem chuva dentro do período chuvoso de uma determinada área. Para tais autores, perante o quadro de mudanças climáticas associadas ao aquecimento global, o relatório do Alley et al. (2007) aponta que as regiões semiáridas e áridas são as mais vulneráveis, sendo, por conseguinte, indispensável que o fenômeno seja quantificado, assim como estudadas as possibilidades de mitigação e adaptação.

De acordo com Sousa e Peres (1998) a previsão da ocorrência dos veranicos em determinada região é essencial, tornando-se um importante instrumento para o desenvolvimento agrícola, especialmente na implementação de projetos de irrigação, a fim de tornar mínimo os riscos para o produtor.

Há uma gama de trabalhos científicos que objetivaram realizar estudos sobre os veranicos no território brasileiro. No entanto, todos os estudos que buscam compreender episódios de veranicos, necessitam definir sua duração, o que geralmente é feita em dias e para tal é sempre necessário definir o que é um dia seco. Neste sentido, Minuzzi et al. (2005) expõem que a definição de veranico para as regiões tropicais é muito divergente, a começar pelo que se considera como um dia seco.

Autores como Sharma (1996) e Assad e Castro (1991) classificam como dia seco aquele no qual não ocorre precipitação pluviométrica. Silveira e Assis (2000), assim como os autores citados anteriormente, determinaram períodos secos como sequência de dias secos com a quantidade de precipitação igual a zero. Já Chatfield (1966) recomenda o valor de 1 mm de chuva diária, abaixo do qual se considera como dia seco. Assad e Sano (1998) também partem desse princípio, considerando dia seco as precipitações inferiores a 1 mm.

Menezes et al. (2008) e Menezes, Brito e Lima (2010) consideraram como dia seco a precipitação diária menor ou igual a 2 mm (para áreas isoladas) e de 4 mm, para estudos em microrregiões. Castro Neto e Vilella (1986) consideram veranico os períodos de precipitação pluvial inferior a 3 mm. Já Soares e Nóbrega (2010), determinam como dia seco aquele que ocorre precipitação menor que 5 mm.

Para Viana et al. (2002) dia seco é o dia em que apresentou déficit hídrico, ou seja, dia com precipitação igual a zero ou inferior a evapotranspiração de referência. Vasconcellos, André e Perecin (2003) determinaram como dia seco quando o armazenamento de água no solo, através do balanço hídrico, foi igual ou inferior a um certo valor crítico, condicionado pela demanda atmosférica. Para Cruz et al. (2004) e Sousa e Peres (1998) dia seco é aquele em que a precipitação diária é inferior à evapotranspiração média diária da região estudada. Freitas e Grimm (1999) também caracterizam dia seco quando a precipitação foi inferior a ETP.

O quadro 4 demonstra de forma resumida as definições de dia seco, conforme as abordagens dos autores citados anteriormente.

Quadro 4 – Definição de dia seco

Autores	Definição de dia seco
Assad e Castro (1991), Sharma (1996), Silveira e Assis (2000)	0 mm
Chatfield (1966), Assad e Sano (1998).	< 1 mm
Menezes et al. (2008), Menezes, Brito e Lima (2010)	≤ 2 mm
Castro Neto e Vilella (1986)	< 3 mm
Soares e Nóbrega (2010)	< 5 mm
Sousa e Peres (1998), Freitas e Grimm (1999), Vasconcellos, André e Perecin (2003), Cruz et al. (2004)	< ETP diária

Fonte: elaboração própria, 2019.

2.5.1 *Estudos sobre veranicos no Brasil*

Cupolillo (1997) estudou os períodos de estiagem durante a estação chuvosa em Minas Gerais, estabelecendo critérios de espacialização, além de aspectos dinâmicos relacionados ao fenômeno. Em relação à espacialização, o autor constatou que os maiores valores de frequência média de veranicos ocorreram no norte, noroeste, nordeste leste e sudeste do estado, mais especificamente no primeiro e segundo decêndios do mês de fevereiro.

Carvalho et al. (1999) realizou um estudo no intuito de estimar a ocorrência de veranicos entre os meses de novembro a fevereiro para os municípios de Seropédica, Vassouras e Piraí, estado do Rio de Janeiro, e suas influências no rendimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). A partir da pesquisa, foi verificado que as perdas de 20%, ocorridas na fase de floração estão associadas a veranicos com duração de 7 dias, com probabilidades de ocorrência de 20,0%, 25,6% e 11,8% para Seropédica, Piraí e Vassouras, respectivamente. Os autores ainda sugeriram o uso da irrigação suplementar, principalmente na fase de floração da cultura do feijão.

Castro (2008) estudou a gênese e a variabilidade dos veranicos no município de Maringá, estado do Paraná, e ainda estabeleceu relações do fenômeno com a redução das culturas mais expressivas na região, principalmente o milho e a soja. Como resultado, a autora identificou que os períodos de veranicos em Maringá ocorrem durante a atuação de sistemas atmosféricos de alta pressão, como o Sistema Tropical Atlântico, Sistema Polar Atlântico, Sistema Polar Atlântico tropicalizado, mas também de sistemas atmosféricos de baixa

pressão, como o Sistema Depressionário Continental. Outra constatação da autora foi de que na área de estudo, os períodos de estiagem durante a estação chuvosa ocorreram tanto em eventos de *El Niño* quanto de *La Niña*.

Soares e Nóbrega (2009) realizaram um estudo a fim de detectar tendências na ocorrência de veranicos na Microrregião Geográfica do Pajeú-PE, a partir das séries históricas de precipitação de seis postos pluviométricos, no período de 1965 a 2004. Eles consideraram veranico um período de cinco ou mais dias consecutivos sem chuva ou com valores inferiores a 1 mm. Para a análise da detecção de tendências foram organizados gráficos com a tendência linear das variáveis frequências, tamanho médio e máximos veranicos observados por ano para cada localidade estudada. Como resultado, os autores constataram que está ocorrendo uma tendência de aumento do tamanho máximo e do tamanho médio dos veranicos na microrregião de Pajeú, porém a variável quantidade de veranicos não apresentou tendências significativas.

Roldão e Assunção (2011) tipificaram e quantificaram a ocorrência de veranicos nos municípios de Costa Rica e Chapadão do Sul, estado do Mato Grosso do Sul, com o intuito de verificar a expressividade do fenômeno em tais municípios, os quais possuem grande relevância no setor agrícola do estado. Os autores totalizaram no período analisado (1983-2010) 75 ocorrências de veranicos em Costa Rica e 88 em Chapadão do Sul. Em relação à tipificação, 60% dos veranicos foram dos tipos inapreciáveis e fracos. Os veranicos fortes ou muito fortes são raros nos municípios, sendo sua ocorrência de apenas 10% entre o período de análise.

Pertussatti (2013) estudou os veranicos no estado do Mato Grosso, fazendo uma análise da variabilidade espaço-temporal utilizando modelagem estatística. Para a realização do estudo a autora utilizou de 158 estações pluviométricas, com dados diários a partir de 1970. Determinou-se veranico como uma sequência de dias consecutivos com precipitação pluviométrica inferior a 0, 5 e 10 mm. Para caracterizar o fenômeno foram utilizadas as seguintes estatísticas: frequência relativa de dias secos e de veranicos maiores ou iguais a 10 dias; comprimento médio mensal, médio sazonal e máximo mensal; e dia de início do veranico de maior comprimento. Como resultados, o estudo indicou:

A distribuição espacial das estatísticas indicou um gradiente crescente norte a sul/sudoeste, com maiores comprimentos e frequências relativas no Pantanal Mato-grossense e menores na Amazônia. O aumento do valor-

limite de 0 para 5 e 10 mm ocasionou o aumento dos valores das estatísticas, porém sem alteração significativa no gradiente. Em outubro e novembro ocorreram os maiores comprimentos médios e máximos. Uma distribuição geométrica foi então ajustada à frequência de ocorrência para representar a dinâmica da ocorrência de veranicos. A análise interanual das variáveis relativas às estatísticas descritas mostrou que grande parte das estações não apresenta tendência monotônica estatisticamente significativa. Os veranicos tendem a começar, em média, primeiro na região norte e prosseguem para a região sul. Observou-se, também, variação intrassazonal indicando quatro sub-regiões com padrões similares: sudeste, sudoeste, nordeste e noroeste. A partir desses resultados, ajustou-se um modelo de regressão logística para determinar a probabilidade de ocorrência de um veranico de comprimento especificado. (PERTUSSATTI, 2013, p. 7).

Menezes et al. (2015) desenvolveram um trabalho a fim de verificar a relação entre a duração (em dias) dos maiores intervalos de veranicos, e as produções de arroz, cana-de-açúcar, fava, feijão, mandioca, milho, banana e laranja para Santa Filomena, estado do Piauí. Como resultado da pesquisa, os autores concluíram que as produções de milho e banana tiveram relações diretamente proporcionais aos maiores veranicos ocorridos no período de análise. Já a produção de laranja foi inversamente proporcional aos maiores veranicos e as produções de arroz, cana-de-açúcar, fava, feijão e mandioca foram independentes da duração de veranicos.

Roldão (2015) estudou a influência do fenômeno veranico na produtividade da soja na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Ocorreram 3553 veranicos durante o período analisado, sendo que 77% (2745 ocorrências) foram os de duração entre 5 e 9 dias. O mês de fevereiro foi o que somou maior número de ocorrências, sendo 1326, correspondente a 37% do total encontrado na mesorregião. Em seguida foi o mês de dezembro, com 1173 registros, ou seja, 33% do total, e por fim o mês de janeiro, que teve 1054 ocorrências, valor esse equivalente a 30% do total da mesorregião. Quanto às correlações entre os totais de veranicos e a produtividade da soja, dentre as 30 localidades, 21 tiveram correlações negativas, comprovando o fato de que quanto maior o total de veranicos, menor é a produtividade da soja. A maioria teve uma correlação moderada, ou seja, em 10 postos pluviométricos, o equivalente a 33% do total analisado a correlação obteve resultados médios. Já as 9 localidades restantes apresentaram correlações positivas e fracas, indicando a não existência de relação entre as variáveis analisadas.

2.6 O fenômeno *El Niño*

Importante é também entender de que forma o *El Niño* influencia nos veranicos, a fim de avaliar se o fenômeno aumenta ou diminui a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação chuvosa no Tocantins.

El Niño é um fenômeno de interação atmosférico-oceânico, caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Equatorial, e que pode afetar o clima regional e global, alterando os padrões de vento a nível mundial e comprometendo os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias (CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS, 2016).

De acordo com a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), ao influenciar as temperaturas globais e as precipitações, o *El Niño* afeta significativamente os ecossistemas da Terra e as sociedades humanas. O fenômeno ocorre devido a interações naturais entre o oceano e a atmosfera. A temperatura da superfície do mar, as chuvas, a pressão atmosférica, a circulação atmosférica e oceânica influenciam-se mutuamente.

Os eventos são definidos como 5 períodos consecutivos de três meses sobrepostos com anomalia de $+0,5^\circ$ para eventos quentes (*El Niño*). O limiar é dividido em eventos Fracos (com uma anomalia TSM de $0,5$ a $0,9^\circ\text{C}$), Moderados ($1,0$ a $1,4^\circ\text{C}$) e Fortes ($\geq 1,5^\circ\text{C}$). Para que um evento seja classificado como fraco, moderado ou forte, ele deve ter igualado ou excedido o limite por pelo menos três períodos consecutivos de três meses sobrepostos (GOLDEN GATE WEATHER SERVICES, 2019).

Os impactos são globais, mas de acordo com a figura 6 que demonstra os impactos do *El Niño* na América do Sul, durante o estágio maduro do *El Niño* (verão) é possível perceber que no Brasil, o fenômeno provoca aumento das chuvas na Região Sul e diminuição no setor norte-nordeste do país.

Quanto à Região Nordeste, Silva (2000) coloca que o *El Niño* provoca longos períodos de secas, com agravamento das condições sociais tanto nos grandes centros urbanos, como no interior. Já a Região Norte, segundo o autor em anos de ocorrência de *El Niño*, a circulação atmosférica da região sofre modificação devido o deslocamento da Célula de Walker, mais para o oeste. À medida que o fenômeno vai aumentando, as condições climáticas vão tornando-se cada vez mais intensas e a Região Norte vai adquirindo características de aridez,

o que causa fortes alterações no regime pluviométrico da região, principalmente entre o litoral do Amapá até o estado de Roraima, diminuindo em quase 90% as chuvas.

Figura 7 – Impactos do El Nino na América do Sul



Fonte: Centro de previsão de tempo e estudos climáticos (2016).

Diversos trabalhos já demonstraram a diminuição das chuvas nas Regiões Norte e Nordeste do Brasil em anos de atuação do *El Niño*. Nesse caso, cabe aqui ressaltar algumas pesquisas, como a de Alves e Repelli (1992), que investigaram a influência da fase quente *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS), na distribuição de chuvas sobre o setor do Nordeste do Brasil e suas respectivas sub-regiões. Tais autores constataram que apesar do número de eventos ENOS estudado ser relativamente pequeno, os resultados revelaram que não há um predomínio para anos de estiagem (secos ou muito secos), sobre o setor norte do Nordeste do Brasil, quando comparado à ocorrência de anos normais ou muito chuvosos. Ainda sobre a região Nordeste, Pereira et al. (2010) realizaram um estudo sobre a influência do fenômeno na precipitação pluviométrica de Mossoró – RN, concluindo que em anos de ocorrência de *El Niño* as chuvas ficaram 52% abaixo da média histórica.

Na Região Norte, a diminuição das chuvas ocorre principalmente no extremo norte, o que inclui a porção setentrional do estado do Tocantins, área de estudo desta pesquisa. Dentro desse contexto, Marcuzzo, Romero e Cardoso (2014) estudaram a tendência do número de dias sem chuva no Tocantins e a relação dos seus extremos com o índice oceânico *Niño* de

intensidade moderada e forte. Os autores concluíram que entre janeiro e maio houve um aumento na tendência de aumento do número de dias com chuva (NDC), enquanto os outros meses (de junho a dezembro) obteve tendência de decréscimo no NDC. O ENOS teve pouca influência nos valores máximos e mínimos do NDC.

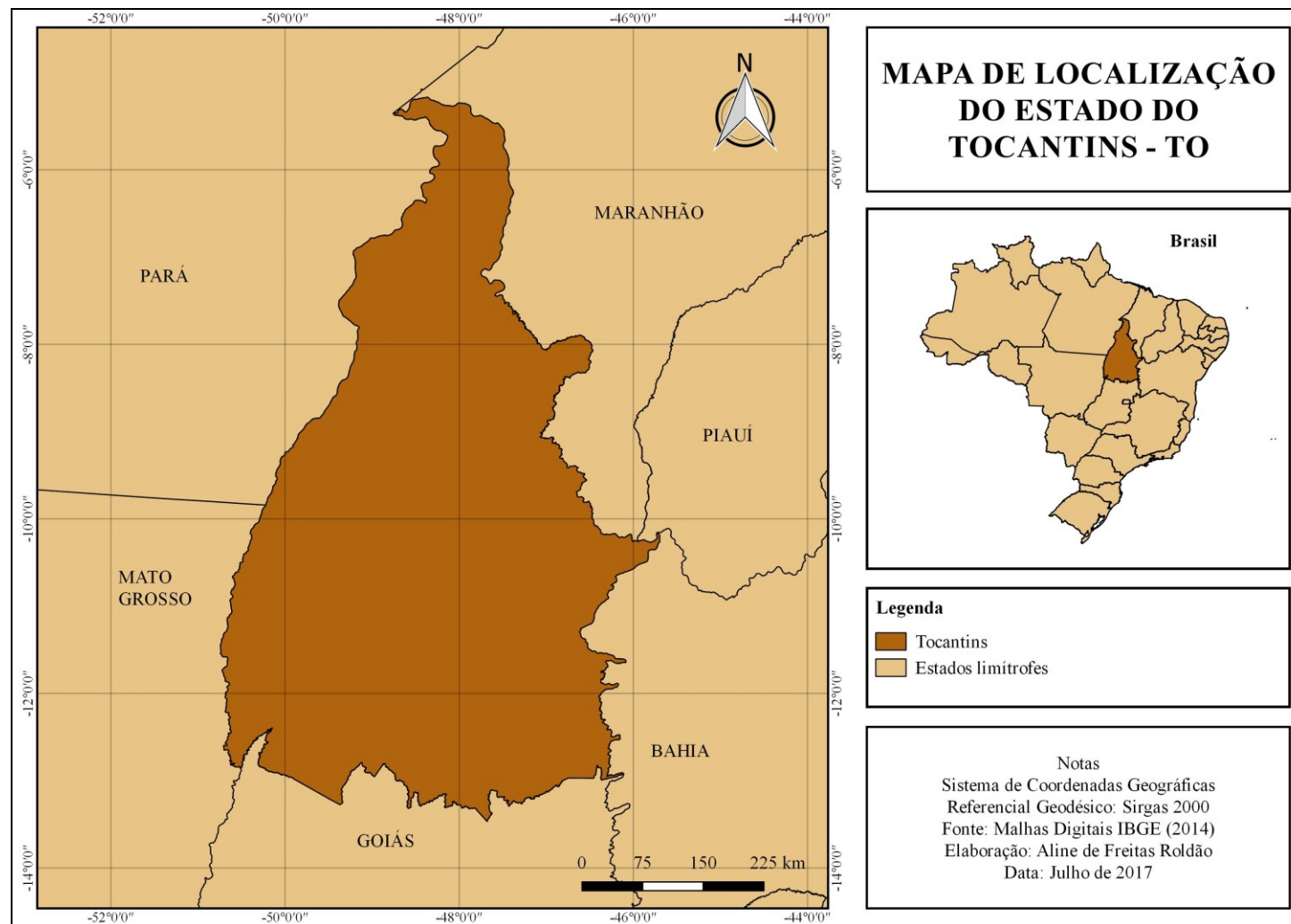
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos englobam desde a escolha da área de estudo e a etapa da coleta dos dados, até a metodologia utilizada para reconhecer e classificar os veranicos, além da espacialização do fenômeno no território tocantinense, a probabilidade de ocorrência e ainda a relação dos veranicos com a produtividade da soja e a relação dos veranicos com a ocorrência de *El Niño*.

3.1 Área de estudo

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 o estado 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 (mapa 1).

Mapa 1 – Mapa de localização do estado do Tocantins



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014).

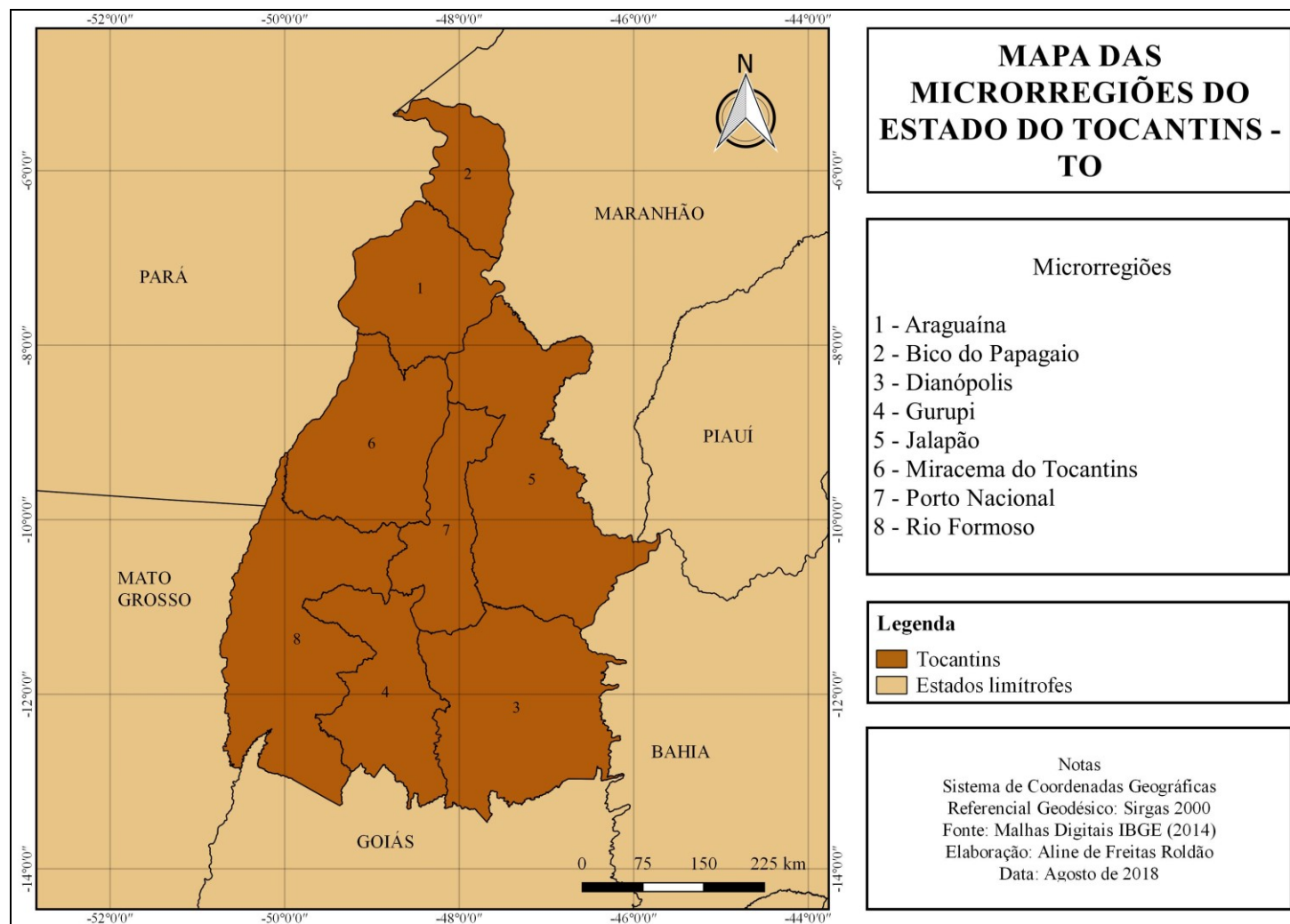
Segundo dados do censo do IBGE (2015), do ano de 2010, sua população é de 1.383.445 habitantes e a área territorial é de 277.720 km². É formado pela união de 139 municípios, distribuídos em oito microrregiões, sendo as mesmas: Araguaína, Bico do Papagaio, Gurupi, Miracema do Tocantins, Rio Formoso, Dianópolis, Jalapão e Porto Nacional (quadro 5; mapa 2).

Quadro 5 – Mesorregiões e microrregiões que compõe o estado do Tocantins

Mesorregiões	Microrregiões
Mesorregião Ocidental do Tocantins	Araguaína
	Bico do Papagaio
	Gurupi
	Miracema do Tocantins
	Rio Formoso
Mesorregião Oriental do Tocantins	Dianópolis
	Jalapão
	Porto Nacional

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017).

Mapa 2 – Mapa das microrregiões do estado do Tocantins



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2014).

Os municípios com maior número de habitantes são: Palmas (228.332 habitantes), Araguaína (150.484 habitantes) e Gurupi (76.755 habitantes). Juntos, os três municípios somam uma população de 455.571 habitantes, o que corresponde a aproximadamente 33% do total do estado.

3.2 Levantamento dos postos pluviométricos

Foram levantados os dados diários de precipitação pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), para um período de 32 anos (1985 a 2016). A escolha do período e postos levou em conta a menor quantidade de falhas possíveis, não ultrapassando 10% do total de anos analisados. Foram utilizados também postos pluviométricos 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 na elaboração dos mapas.

Os postos do interior da área de estudo somam 56 e os do entorno acrescentam mais 27 postos (quadro 6; mapa 3).

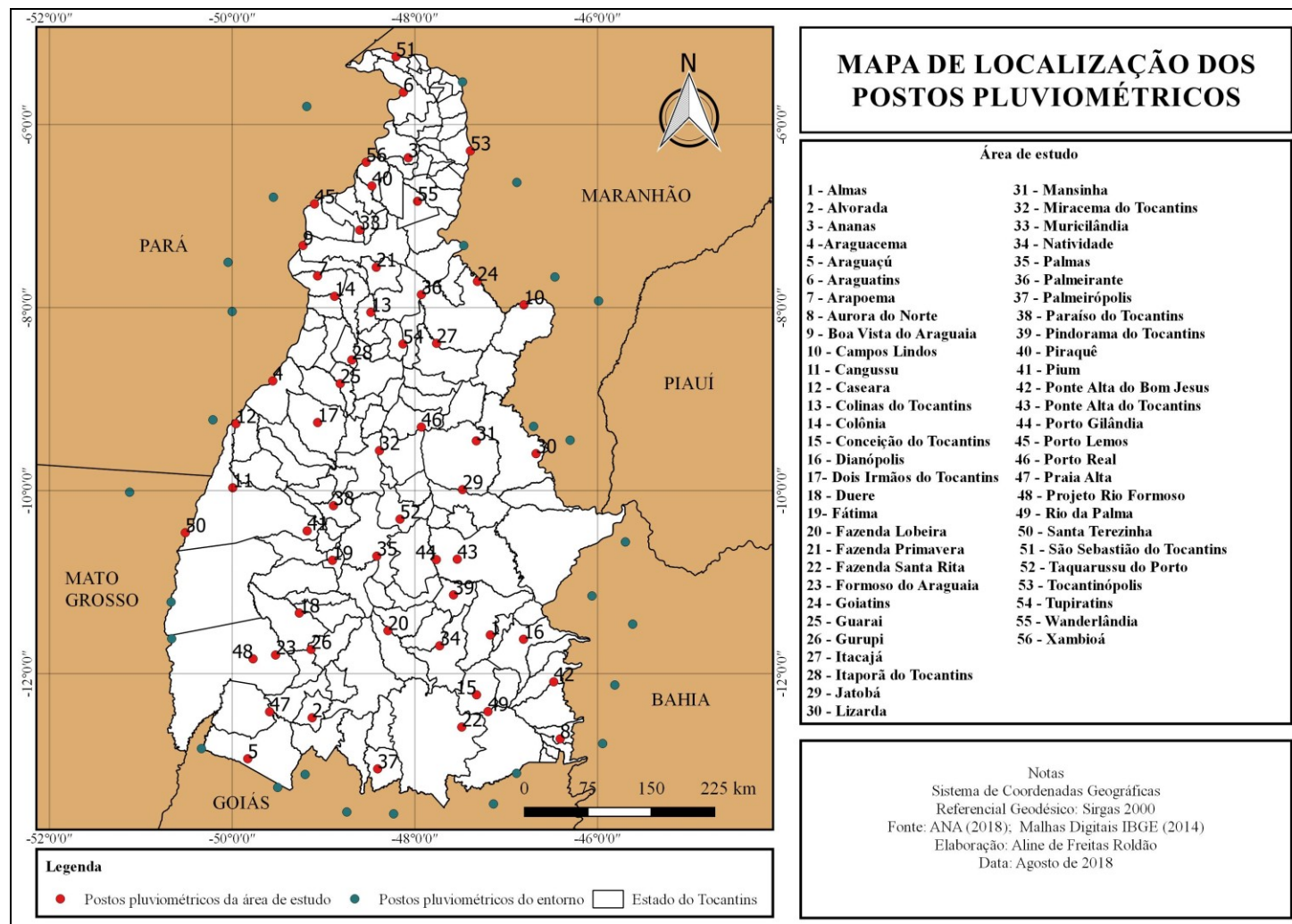
Quadro 6 – Postos pluviométricos utilizados no estudo

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
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

	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 Paraná	Teresina de Goiás	1347001	13°25'31"	47°8'21"	363
6	SAMA	Minaçu	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: Agência Nacional de Águas (2018).

Mapa 3 – Localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

Após a seleção dos postos pluviométricos, foram realizados o tratamento e a tabulação dos totais e das médias mensais. Para tal procedimento, foram utilizados o software Hidro 1.3 e o Microsoft Office Excel 2010.

Para caracterizar e analisar a distribuição espacial da precipitação no estado foi elaborado um mapa base com a inserção dos pontos (localização) dos postos pluviométricos com a utilização do software QGIS 2.18.28. Em seguida, com o mesmo software e utilizando-se dos valores de precipitação dos referidos postos pluviométricos, foi feita a interpolação, por meio do interpolador Multilevel b-spline interpolation e, por fim, a elaboração do mapa de pluviosidade média do estado.

3.3 Dados de temperatura do ar

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).

Tal reanálise engloba variáveis de dados climáticos com quatro valores diários e ainda valores mensais de 1948 até o presente. Possui o uso da normal climatológica de 1981 a 2010 e sua área de cobertura é para 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 do ar no estado foi elaborado um mapa base utilizando a mesma inserção de pontos (localização) dos postos pluviométricos. Para tal foi utilizado o software QGIS 2.18.28. Em seguida com o mesmo software e utilizando-se dos valores de temperatura do ar 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.

3.4 Cálculo do Balanço Hídrico

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. O referido valor foi escolhido devido a grande maioria dos solos do estado ser do tipo latossolo, cuja capacidade de armazenamento de água é próxima disso e devido ao tipo de cultura estudada, a soja.

Como o balanço hídrico, segundo Thornthwaite & Mather (1955), é mais utilizado para fins de caracterização da disponibilidade hídrica de uma região em bases climatológicas e comparativas, a seleção da CAD é feita mais em função do tipo de cultura ao qual se quer aplicá-lo do que do tipo de solo. Justifica-se isso comparando-se um solo arenoso e um argiloso: se no primeiro o valor de $(CC\% - PMP\%)$ é menor, a profundidade efetiva do sistema radicular (Z) para uma cultura é maior, de maneira que há uma compensação, tornando a CAD aproximadamente igual para os dois tipos de solo. Assim, independentemente do tipo de solo, pode-se adotar valores de CAD entre 25 e 50 mm, para hortaliças; entre 75 e 100 mm, para culturas anuais; entre 100 a 125 mm, para culturas perenes; e entre 150 e 300 mm, para espécies florestais. (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007, p. 93).

No intuito de facilitar o cálculo, utilizou-se a planilha elaborada por Rollin e Sentelhas (1999). A figura 7 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.

Figura 8 – Planilha com balanço hídrico do município de Palmas – TO (1985 a 2016)

Glauco de Souza Rolim

Paulo Cesar Sentelhas

Departamento de Ciências Exatas Área de Física e Meteorologia

DCE - ESALQ / USP

BHseq V6.0 1999

CIDADE

Palmas

CAD

100

ANO

1985-2016

LATITUDE

-10,71

Tela Normal (CTRL-)

Tela Inteira (CTRL-)

Número de Linhas

12

Ajustar

NDA inicial

1

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
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	I =	92,63	162,0	0,0	100,0	0,0	92,6	0,0	162,0
Mar	31	60	23,90	268	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	24,60	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	0,5	-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	62	

Fonte: Rollin e Sentelhas (1999).

Por meio das médias mensais de temperatura do ar e de chuva, assim como dos valores de latitude (transformada para décimos de graus utilizando-se junto a esse valor o sinal de negativo para indicar que os locais dos postos estão no hemisfério Sul), foram calculados os balanços hídricos segundo Thornthwaite e Mather (1955) para os 56 postos pluviométricos localizados no Tocantins e também para os 27 postos selecionados no entorno do estado.

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 está esgotada ao ponto de murcha permanente, ocorrendo déficit hídrico. Em contrapartida, o excedente ocorre quando a chuva excede a capacidade de armazenagem de umidade. O escoamento da superfície e a percolação profunda são agrupados, como excedente (MOTA, 1985).

O cálculo do balanço hídrico possibilitou também a obtenção dos valores da Evapotranspiração potencial (ETP), a qual é de fundamental relevância na determinação da estação chuvosa, assim como na identificação da ocorrência dos veranicos. A evapotranspiração diária foi computada dividindo o valor mensal pelo total de dias de cada mês.

De acordo com Camargo e Sentelhas (1997) a ETP é um elemento macrometeorológico, essencial, assim como a precipitação pluviométrica. Representa a chuva teoricamente necessária para não faltar nem sobrar água no solo.

Assim como para a confecção dos mapas pluviométrico e de temperatura do ar, também foram elaborados mapas de evapotranspiração anual e excedente e déficit anual. Os mesmos também foram feitos utilizando o software QGIS 2.18.28 e a interpolação através do interpolador Multilevel b-spline interpolation.

3.5 Classificação climática

Os climas do Tocantins foram classificados de acordo com as classificações propostas por Köppen e Thornthwaite. A primeira é descritiva e baseada em intervalos de dados de pluviosidade e temperatura do ar, associados a uma simbologia que representa os tipos e variedades climáticas. A segunda utiliza-se de índices climáticos definidos com base no balanço hídrico climatológico.

De acordo com alguns autores como Kuinchtner e Buriol (2001) e Rolim et al. (2007), a classificação climática de Thornthwaite é mais indicada para aplicações agrícolas, uma vez que a mesma considera a planta como um meio físico pelo qual é possível transportar água do solo para a atmosfera relacionando às necessidades hídricas das plantas ao balanço hídrico, conforme o tipo climático.

O sistema de Thornthwaite é fundamentado nos conceitos de eficiência da precipitação e eficiência térmica. A ideia mais original do método de Thornthwaite consiste em comparar a quantidade de água recebida pela chuva com a quantidade perdida pela evapotranspiração (NIMER, 1977, p. 87).

Essa classificação leva em conta o cálculo do BHC e dos índices climáticos: índice hídrico (1), índice de aridez (2) e índice de umidade (3), representados pelas seguintes equações:

$$Ih = EXC/ETP \times 100 \quad (1)$$

$$Ia = DEF/ETP \times 100 \quad (2)$$

$$Iu = Ih - 0,6 \times Ia \quad (3)$$

Onde:

Ih: índice hídrico, Ia: índice de aridez; Iu: índice de umidade;

EXC: excedente hídrico oriundo do BHC (mm);

DEF: deficiência hídrica oriunda do BHC (mm);

ETP: evapotranspiração de referência ou potencial (mm).

Sendo assim, utilizando do cálculo do BHC e dos índices descritos anteriormente, foi classificado para cada localidade o tipo de clima segundo a classificação climática de Thornthwaite (1948), conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Tipos de climas de acordo com o índice de umidade anual (Iu)

SÍMBOLO	TIPO CLIMÁTICO	ÍNDICE DE UMIDADE
A	Hiper-úmido	Superior a 100
B ₄	Úmido	80 a 100
B ₃	Úmido	60 a 80
B ₂	Úmido	40 a 60
B ₁	Úmido	20 a 40
C ₂	Sub-úmido	0 a 20
C ₁	Sub-úmido seco	-20 a 0
D	Semi-árido	-40 a -20
E	Árido	-60 a -40

Fonte: Thornthwaite (1948).

Com o intuito de representar os tipos climáticos do estado do Tocantins foi elaborado um mapa com o uso do software QGIS 2.18.28. O interpolador utilizado foi o Multilevel b-spline interpolation e o reclassificador foi o recode.

3.6 Coleta dos dados de produção agrícola

Foram coletados dados da área plantada (ha) de soja de todos os municípios do estado do Tocantins, assim como da quantidade produzida (t) e da produtividade (Kg/ha) desta cultura em tal estado. Os dados foram adquiridos por meio do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), através do item produção agrícola municipal, englobando o período de 1988 a 2016.

Os dados de produtividade (kg/ha), produção (t) e área plantada (ha) foram tabulados e organizados em planilhas do Microsoft Office Excel 2010. Foram feitas as médias de todos os municípios para chegar à produtividade média do estado como um todo, além da soma da produção e da área plantada no estado como um todo.

A partir da coleta dos dados foram feitos gráficos da evolução do cultivo da soja no estado do Tocantins entre os anos de 1988 e 2016. Os dados permitiram também a confecção dos mapas de espacialização dessas culturas no território tocantinense. No entanto, a espacialização foi feita apenas para o ano de 2015, em virtude do ano mais recente estudado (2016) não representar a realidade da soja no Tocantins, possivelmente pelo fato de alguma adversidade climática. Para tal, foi utilizado o software livre QGIS 2.18.28.

3.7 Delimitação do período chuvoso

O BHC foi essencial para a delimitação do período chuvoso no estado do Tocantins. Sendo assim, a duração dos meses chuvosos deu-se a partir da diferença da precipitação pluviométrica com a evapotranspiração potencial, conforme adotado por Novais (2019). Quando a diferença foi positiva, o mês foi considerado chuvoso e quando foi negativa foi considerado seco. A figura 8 demonstra o balanço hídrico para o estado do Tocantins, com destaque para os valores da $P - ETP$. Observa-se que os valores positivos estão entre os meses de novembro e abril (período chuvoso). Em contrapartida, entre maio e outubro os valores são negativos (período seco).

Figura 9 – Balanço hídrico para o estado do Tocantins com destaque para os valores da $P - ETP$

Departamento de Ciências Exatas - Área de Física e Meteorologia															
DICE - ESALQ / USP															
BHseq V6.0.1993															
CIDADE Tocantins				ANO 1985-2016											
CAD 100				LATITUDE -10,71				Tela Normal (CTRL-)							
Número de Linhas 12 Ajustar				NDA inici: 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
Jan	31	1	23,87	265	12,61	10,66		105,60	153,4	0,0	100,0	0,0	105,6	0,0	153,4
Fev	28	32	23,86	243	12,46	10,66	I =	94,05	149,1	0,0	100,0	0,0	94,1	0,0	149,1
Mar	31	60	23,97	264	12,21	10,73	a =	103,57	160,3	0,0	100,0	0,0	103,6	0,0	160,3
Abr	30	91	24,10	170	11,90	10,82		99,39	71,0	0,0	100,0	0,0	99,4	0,0	71,0
Mai	31	121	24,17	82	11,62	10,86		101,20	-39,5	-39,5	67,4	-32,6	94,3	6,9	0,0
Jun	30	152	24,39	8	11,41	11,02		99,19	-90,9	-130,3	27,2	-40,2	48,6	50,6	0,0
Jul	31	182	25,11	4	11,38	11,51		112,18	-108,4	-238,8	9,2	-18,0	21,7	30,4	0,0
Ago	31	213	26,64	6	11,53	12,59		137,59	-131,3	-370,0	2,5	-6,7	13,0	124,6	0,0
Set	30	244	27,69	41	11,80	13,35		154,43	-113,7	-483,7	0,8	-1,7	42,4	112,0	0,0
Out	31	274	26,39	123	12,11	12,41		140,22	-17,1	-500,8	0,7	-0,1	123,3	17,0	0,0
Nov	30	305	24,66	202	12,40	11,20		111,52	90,9	-8,8	91,6	90,9	111,5	0,0	0,0
Dez	31	335	24,09	259	12,59	10,81		108,49	150,6	0,0	100,0	8,4	108,5	0,0	142,2
TOTAIS			298,9	1647,9				1367,4	280,5			0,0	965,9	401,5	682,0
MEDIAS			25	137				114				± 99	80	33	57

Fonte: Rollin e Sentelhas (1999).

3.8 Definição de dia seco

Para o procedimento de identificação dos veranicos, faz-se necessário primeiramente a definição de dia seco. Neste trabalho dia seco foi definido como sendo o dia em que a precipitação pluviométrica foi igual ou menor que a ETP diária, assim como propõe Freitas e Grimm (1999), Sousa e Peres (1998), Viana et al. (2002) e Cruz et al. (2004). Os valores da ETP diária foram adquiridos por meio do cálculo do balanço hídrico, que resultou entre outros parâmetros, aos valores da ETP mensal e anual de cada localidade. A ETP diária foi calculada dividindo o valor mensal pelo total de dias de cada mês. A tabela 3 demonstra os valores da ETP diária para cada mês nos postos pluviométricos utilizados no estudo.

Tabela 3 – Evapotranspiração potencial diária (1985 a 2016)

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Almas	3,31	3,23	3,20	3,15	3,15	3,09	3,21	3,69	4,63	4,60	3,89	3,44
Alvorada	3,22	3,18	3,10	2,97	2,89	2,87	3,09	3,91	5,17	4,60	3,55	3,30
Ananas	3,46	3,43	3,48	3,52	3,47	3,35	3,48	4,13	4,39	4,14	3,66	3,55
Araguacema	3,42	3,38	3,38	3,40	3,37	3,46	3,88	4,79	5,18	4,30	3,56	3,46
Araguaçu	3,71	3,65	3,57	3,46	3,26	3,43	3,91	5,21	6,34	4,87	3,89	3,80
Araguatins	3,45	3,43	3,48	3,52	3,48	3,36	3,49	4,14	4,40	4,14	3,65	3,54
Arapoema	3,45	3,37	3,37	3,40	3,39	3,48	3,91	4,81	5,19	4,29	3,55	3,44
Aurora do Norte	3,14	3,02	2,98	2,86	2,78	2,55	2,58	3,07	4,10	4,23	3,59	3,25
Boa Vista do Araguaia	3,48	3,45	3,49	3,52	3,46	3,33	3,46	4,11	4,39	4,15	3,67	3,56
Campos Lindos	3,46	3,43	3,42	3,45	3,44	3,59	3,93	4,74	5,52	4,98	3,97	3,55
Cangussu	3,50	3,50	3,49	3,50	3,43	3,72	4,41	5,74	6,23	4,61	3,80	3,64
Caseara	3,43	3,39	3,38	3,39	3,37	3,45	3,87	4,78	5,17	4,30	3,56	3,47
Colinas do Tocantins	3,41	3,38	3,37	3,40	3,38	3,47	3,9	4,80	5,18	4,29	3,55	3,45
Colônia	3,41	3,37	3,37	3,40	3,38	3,48	3,9	4,80	5,18	4,29	3,55	3,45
Conceição do Tocantins	3,32	3,23	3,20	3,15	3,15	3,08	3,19	3,68	4,62	4,60	3,90	3,45
Dianópolis	3,32	3,23	3,20	3,15	3,15	3,09	3,21	3,69	4,63	4,60	3,89	3,44
Dois Irmãos do Tocantins	3,43	3,39	3,38	3,39	3,37	3,45	3,87	4,78	5,17	4,30	3,56	3,47
Duere	3,36	3,32	3,29	3,25	3,21	3,37	3,78	4,68	5,66	4,81	3,78	3,49
Fátima	3,35	3,31	3,29	3,25	3,21	3,38	3,79	4,69	5,67	4,81	3,77	3,48
Fazenda Lobeira	3,36	3,32	3,29	3,25	3,21	3,37	3,78	4,68	5,66	4,81	3,78	3,50
Fazenda Primavera	3,40	3,37	3,37	3,40	3,39	3,48	3,91	4,81	5,19	4,29	3,55	3,44
Fazenda Santa Rita	3,23	3,18	3,11	2,97	2,89	2,87	3,09	3,91	5,17	4,60	3,55	3,30
Formoso do Araguaia	3,37	3,32	3,29	3,25	3,20	3,36	3,77	4,67	5,66	4,81	3,78	3,50
Goiatins	3,45	3,42	3,42	3,45	3,44	3,59	3,93	4,75	5,52	4,98	3,96	3,55
Guarai	3,42	3,39	3,38	3,39	3,37	3,46	3,88	4,79	5,18	4,30	3,56	3,46
Gurupi	3,37	3,32	3,29	3,25	3,20	3,36	3,77	4,68	5,66	4,81	3,78	3,50

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Itacajá	3,41	3,38	3,37	3,40	3,38	3,47	3,89	4,79	5,18	4,29	3,55	3,45
Itaporã do Tocantins	3,42	3,38	3,37	3,40	3,38	3,47	3,89	4,79	5,18	4,30	3,56	3,46
Jatobá	3,34	3,30	3,28	3,25	3,22	3,39	3,81	4,71	5,68	4,81	3,76	3,47
Lizarda	3,49	3,45	3,43	3,45	3,42	3,56	3,9	4,71	5,50	4,98	3,99	3,58
Mansinha	3,43	3,39	3,38	3,39	3,37	3,45	3,87	4,77	5,17	4,30	3,57	3,47
Miracema do Tocantins	3,43	3,39	3,38	3,39	3,37	3,45	3,87	4,77	5,17	4,30	3,57	3,47
Muricilândia	3,47	3,44	3,49	3,52	3,46	3,34	3,46	4,12	4,39	4,15	3,66	3,56
Natividade	3,37	3,32	3,29	3,25	3,20	3,36	3,77	4,68	5,66	4,81	3,78	3,50
Palmas	3,35	3,31	3,29	3,25	3,21	3,38	3,79	4,69	5,67	4,81	3,77	3,48
Palmeirante	3,41	3,37	3,37	3,40	3,38	3,48	3,9	4,80	5,18	4,29	3,55	3,45
Palmeirópolis	3,23	3,18	3,11	2,98	2,88	2,86	3,08	3,91	5,16	4,60	3,55	3,31
Paraíso do Tocantins	3,34	3,30	3,29	3,25	3,22	3,39	3,8	4,70	5,67	4,81	3,76	3,48
Pindorama do Tocantins	3,36	3,31	3,29	3,25	3,21	3,37	3,78	4,69	5,67	4,81	3,77	3,49
Piraquê	3,46	3,44	3,49	3,52	3,47	3,34	3,47	4,12	4,39	4,15	3,66	3,55
Pium	3,35	3,31	3,29	3,25	3,22	3,38	3,8	4,70	5,67	4,81	3,77	3,48
Ponte Alta do Bom Jesus	3,32	3,23	3,20	3,15	3,15	3,09	3,2	3,68	4,63	4,60	3,90	3,45
Ponte Alta do Tocantins	3,35	3,31	3,29	3,25	3,21	3,38	3,79	4,69	5,67	4,81	3,77	3,48
Porto Gilândia	3,35	3,31	3,29	3,25	3,21	3,38	3,79	4,69	5,67	4,81	3,77	3,48
Porto Lemos	3,47	3,44	3,49	3,52	3,47	3,34	3,47	4,12	4,39	4,15	3,66	3,56
Porto Real	3,43	3,39	3,38	3,39	3,37	3,45	3,87	4,78	5,17	4,30	3,56	3,47
Praia Alta	3,48	3,43	3,40	3,39	3,34	3,40	3,81	4,72	5,15	4,31	3,60	3,52
Projeto Rio Formoso	3,37	3,32	3,29	3,25	3,20	3,36	3,77	4,67	5,66	4,81	3,78	3,50
Rio da Palma	3,13	3,01	2,98	2,86	2,78	2,56	2,58	3,07	4,10	4,23	3,59	3,24
Santa Terezinha	3,50	3,51	3,49	3,50	3,42	3,71	4,4	5,73	6,23	4,61	3,80	3,65
São Sebastião do Tocantins	3,44	3,42	3,48	3,53	3,48	3,37	3,5	4,15	4,40	4,14	3,64	3,53
Taquarussu do Porto	3,34	3,30	3,29	3,25	3,22	3,39	3,8	4,70	5,67	4,81	3,77	3,48
Tocantinópolis	3,66	3,68	3,69	3,74	3,69	3,65	4,02	5,15	5,78	5,51	4,53	3,87
Tupiratis	3,41	3,38	3,37	3,40	3,38	3,47	3,89	4,79	5,18	4,29	3,55	3,45
Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Wanderlândia	3,47	3,44	3,49	3,52	3,47	3,34	3,47	4,12	4,39	4,15	3,66	3,56
Xambioá	3,46	3,43	3,48	3,52	3,47	3,35	3,48	4,13	4,39	4,14	3,66	3,55

Fonte: elaboração própria, 2019.

3.9 Reconhecimento dos veranicos

Foram identificadas nas séries de dados as ocorrências de todos os intervalos de dias secos, entremeados entre os dias chuvosos. Como já explicitado anteriormente, determinou-se como dia seco o dia em que a precipitação pluviométrica foi menor ou igual à ETP diária.

Foram criadas classes de duração dos veranicos, sendo a classe A para os veranicos com duração entre 6 e 10 dias; classe B para os veranicos com duração entre 11 e 15 dias;

classe C que engloba os veranicos de 16 a 20 dias de duração e, por fim, a classe D que compreende os veranicos com duração superior a 20 dias (quadro 7).

Quadro 7 – Classes de duração dos veranicos

CLASSE	DURAÇÃO DOS VERANICOS
A	6 a 10 dias
B	11 a 15 dias
C	16 a 20 dias
D	>20 dias

Fonte: elaboração própria, 2018.

O período de análise englobou os meses de novembro a abril, ou seja, toda estação chuvosa do estado do Tocantins. Durante o reconhecimento dos veranicos, nos casos que o período contínuo de dias sem chuva se estendeu ao mês seguinte, o veranico foi contado no mês do dia de início do período seco. O mês seguinte só foi considerado quando o número de dias no devido mês foi maior em relação ao número de dias do mês antecedente.

3.10 Espacialização dos veranicos

A partir do reconhecimento dos veranicos no Tocantins, foi feita a espacialização do fenômeno no estado. Para tal foi utilizado o software QGIS 2.18.28. O interpolador foi o Multilevel b-spline interpolation.

A determinação da quantidade de classes foi feita a partir da regra de Sturges, porém, foram feitas algumas adaptações em decorrência da quantidade de valores encontrados. A regra de Sturges é uma das mais utilizadas na estatística. De acordo com Falco (2008) tal regra fornece o número de classes em função do total de observações:

$$K = 1 + 3,3.\log n \quad (4)$$

Onde:

K é o número de classes;

n é o número total de observações

3.11 Probabilidade da ocorrência de veranicos

A probabilidade tem como propósito analisar as chances de um determinado evento acontecer. Sendo assim, foi feito o cálculo da probabilidade da ocorrência de veranicos de cada classe de duração do fenômeno. Para tal foi utilizada a seguinte fórmula (razão/fração):

$$P(A) = n(A)/n(S) \times 100 \quad (5)$$

Onde:

$P(A)$ = Probabilidade de ocorrência de determinada classe de veranicos

$n(A)$ = número de elementos de determinada classe de veranicos

$n(S)$ = número de elementos do total de veranicos

3.12 Relação entre veranicos e produtividade e entre veranicos e *El Niño*

Para fazer a análise da relação entre a ocorrência de veranicos e a produtividade da soja foi feito um recorte dos municípios com produção significativa no estado, assim como um recorte na série histórica.

No caso do recorte da série histórica, esta foi feita entre os anos de 2004 e 2016, uma vez que foi a partir do ano de 2004 que a soja teve maior expansão no território tocantinense, como já mencionado anteriormente.

Os municípios com produção significativa foram determinados a partir da média da produção total (2004-2016) de cada município, ou seja, os que apresentaram valores acima dessa média foram definidos como os de produção relevante. É válido ressaltar que alguns municípios com produção de soja significativa não possuem estação pluviométrica. A partir de então, optou-se por utilizar as estações de maior proximidade com o município.

O quadro 8 demonstra os municípios com produção significativa de soja no estado e os postos pluviométricos selecionados para a análise de cada município.

Quadro 8– Municípios com produção significativa e postos pluviométricos

	Município	Posto Pluviométrico
1	Alvorada	Alvorada
2	Aparecida do Rio Negro	Taquarussu do Porto (Palmas)
3	Barra do Ouro	Lizarda
4	Bom Jesus do Tocantins	Porto Real (Pedro Afonso)
5	Brejinho de Nazaré	Palmas (Porto Nacional)
6	Campos Lindos	Campos Lindos
7	Cariri do Tocantins	Gurupi
8	Caseara	Caseara
9	Chapada da Natividade	Natividade
10	Darcinópolis	Wanderlândia
11	Dianópolis	Dianópolis
12	Figueirópolis	Praia Alta (Sandolândia)
13	Formoso do Araguaia	Projeto Rio Formoso
14	Goiatins	Goiatins
15	Guaraí	Guaraí
16	Itacajá	Itacajá
17	Itapiratins	Tupiratins
18	Lagoa da Confusão	Santa Terezinha (Fortaleza do Tabocão)
19	Mateiros	Ponte Alta do Tocantins
20	Monte do Carmo	Porto Gilândia (Monte do Carmo)
21	Palmeirante	Palmeirante
22	Pedro Afonso	Porto Real (Pedro Afonso)
23	Peixe	Fazenda Lobeira (São Valério da Natividade)
24	Pium	Cangussu (Pium)
25	Porto Nacional	Palmas (Porto Nacional)
26	Rio dos Bois	Miracema do Tocantins
27	Santa Maria do Tocantins	Itacajá
28	Santa Rosa do Tocantins	Fazenda Lobeira (São Valério da Natividade)
29	São Valério	Fazenda Lobeira (São Valério da Natividade)
30	Silvanópolis	Pindorama do Tocantins
31	Sucupira	Alvorada
32	Talismã	Alvorada
33	Palmas	Taquarussu do Porto (Palmas)

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os meses de novembro, dezembro e janeiro foram escolhidos em virtude de serem os mais importantes no sentido da dependência da precipitação pluviométrica, já que são nesses

períodos que ocorrem as fases fenológicas de maior necessidade de água, sendo essas a germinação, a floração e o enchimento do grão. Em relação às classes de duração dos veranicos, a classe A (6 a 10 dias) foi excluída dessa análise, já que a soja é resistente a essa quantidade de dias sem chuva. A partir de então, as classes B (11 a 15 dias), C (16 a 20 dias) e D (>20 dias) foram as selecionadas para correlacionar com a ocorrência de veranicos, já que são as de maior risco para a cultura dependendo da fase fenológica que se encontra a planta.

Para a análise da relação entre a ocorrência de veranicos e a ocorrência do *El Niño* foi utilizado o mesmo recorte feito na análise entre os veranicos e a produtividade da soja, com os mesmos municípios/postos pluviométricos e a mesma série histórica (2004 a 2016).

Os valores registrados de *El Niño* (quente) e *La Niña* (frio) na série histórica analisada encontram-se dispostos na figura 9. Estes são representados pelos períodos em cor vermelha e azul, respectivamente. As ocorrências referem-se às anomalias trimestrais da região 3.4.

Figura 10 – Registros de El Niño e La Niña na região 3.4 (2003/2004 a 2015/2016)

2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.9
2007	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6

Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (2019)

No caso dessa pesquisa, apenas o *El Niño* foi analisado, pois a *La Niña* geralmente causa aumento nas chuvas da porção norte do país e o foco desse trabalho são os períodos de estiagem dentre da estação chuvosa (veranicos).

O quadro 9 apresenta os anos dentro da série histórica analisada, que houve a ocorrência de *El Niño* e seu respectivo grau de intensidade.

Quadro 9 – Período, ocorrência e intensidade do fenômeno *El Niño*

Período	Ocorrência	Intensidade
2003/2004	Neutro	—
2004/2005	El Niño	Fraco
2005/2006	La Niña	—
2006/2007	El Niño	Fraco
2007/2008	La Niña	—
2008/2009	La Niña	—
2009/2010	El Niño	Moderado
2010/2011	La Niña	—
2011/2012	La Niña	—
2012/2013	Neutro	—
2013/2014	Neutro	—
2014/2015	El Niño	Fraco
2015/2016	El Niño	Forte

Fonte: National Oceanic and Atmospheric Administration (2019).

Para analisar a relação entre os veranicos e o *El Niño* também foram escolhidos os meses de novembro, dezembro e janeiro, assim como na análise com a produtividade. Já em relação às classes de duração dos veranicos, as quatro classes (A, B, C e D) foram adotadas para a análise com o *El Niño*.

3.13 Teste Qui-Quadrado (X^2) de Pearson e Teste de Fisher

Para avaliar a relação entre os veranicos e a produtividade da soja e entre os veranicos e o *El Niño* foram utilizados os testes estatísticos Qui-Quadrado (X^2) de Pearson e o de Fisher. Tais testes possibilitam descobrir se existe algum tipo de associação entre variáveis.

Quanto ao teste de independência de Qui-Quadrado, este é usado para comprovar se existe alguma associação (dependência ou independência) entre duas variáveis. Nesse teste tais variáveis devem ser nominais ou ordinais e a amostra deve ser grande (mais de 30 observações). Uma das vantagens desse teste em relação ao teste exato de Fisher é que as variáveis podem ter dois ou mais níveis (AGRESTI, 2002).

Entretanto, existem algumas restrições ao aplicar-se o teste Qui-Quadrado: todas as frequências esperadas devem ser maiores ou iguais a 1; não mais de 20% das frequências esperadas devem ser inferiores a 5, caso ocorram e as variáveis apresentarem mais de 2 níveis, os mesmos podem ser agrupados e os dados devem ser selecionados aleatoriamente (HABER, 1982).

A hipótese nula é de que as variáveis não estão associadas, ou seja, elas são independentes. A hipótese alternativa é de que as variáveis estão associadas, ou são dependentes. (MANTEL, 1976).

Nos casos em que as restrições do teste Qui-Quadrado (tamanho e frequências esperadas mínimas) não foi atendido, foi recorrido ao teste exato de Fisher, o qual possui o mesmo objetivo do Qui-Quadrado para independência e apresenta as mesmas hipóteses nula e alternativa (FISHER, 1934).

Todos os testes foram feitos com o auxílio do software *Action Stat 3.6* (EQUIPE ESTATCAMP, 2014) e o nível de significância adotado foi de 10%.

Antes de aplicar o teste no software, foram organizadas as tabelas no Excel, a partir das seguintes informações:

- a) Veranicos e Produtividade da soja: para cada mês analisado foram construídas três planilhas, com as classes de duração dos veranicos (B, C e D). Em cada planilha foram colocadas duas colunas, uma da classe do veranico (se houve a ocorrência adotou-se o valor 1, se não houve o valor adotado foi o 0) e a outra da produtividade da soja para cada ano (foi adotado o valor 0 para quando a produtividade foi acima da média e o valor 1 quando foi abaixo da média). Vale ressaltar que a média da produtividade dos municípios utilizados durante a série histórica analisada é de 2.708 kg/ha.
- b) Veranicos e *El Niño*: para cada mês analisado foram construídas quatro planilhas, com as classes de duração dos veranicos (A, B, C e D). Em cada planilha foram colocadas

duas colunas, uma da classe do veranico (se houve a ocorrência adotou-se o valor 1, se não houve o valor adotado foi o 0) e a outra da ocorrência do *El Niño*, adotando os seguintes valores para o fenômeno: 0 (quando não houve ocorrência); 1 (*El Niño* fraco); 2 (*El Niño* moderado) e 3 (*El Niño* forte).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da tese foram divididos em cinco tópicos, os quais são: Características climáticas do Tocantins; Cultura da soja no Tocantins; Veranicos no Tocantins; Veranicos e produtividade da soja e Veranicos e *El Niño*.

4.1 Características climáticas do Tocantins

Este item apresenta resultados referentes à dinâmica da temperatura do ar e da pluviosidade no estado e também dos elementos do balanço hídrico, como a evapotranspiração diária, o excedente e o déficit hídrico, além da classificação climática a partir de duas metodologias, sendo a de Köppen (1948) e a de Thornthwaite e Mather (1955).

4.1.1 Temperatura do Ar

A partir da tabela 4 observa-se que o estado do Tocantins possui uma média 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 as menores temperaturas são: janeiro (23,9°C); fevereiro (23,9°C) e março (24°C). Os postos pluviométricos que apresentam as menores médias de temperatura do ar são: Aurora do Norte e Rio da Palma no município de Conceição do Tocantins, ambos com uma média de 23,2°C. Em contrapartida, o posto com maior média de temperatura do ar é Tocantinópolis (26°C).

Tabela 4 – Temperaturas médias mensais e anuais do estado do Tocantins (1985 a 2016)

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Almas	23,5	23,4	23,5	23,6	23,8	23,8	24,1	25,1	26,8	26,5	24,9	23,8	24,4
Alvorada	23,2	23,2	23,2	23,1	23,1	23,2	23,8	25,6	27,8	26,5	24,1	23,4	24,2
Ananas	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Araguacema (Chácara Araguaia)	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Araguaçu	24,6	24,6	24,6	24,6	24,4	24,9	25,9	28,0	29,4	27,0	25,1	24,8	25,7
Araguatins	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Arapoema	24,1	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,1
Aurora do Norte	22,7	22,5	22,6	22,5	22,5	22,0	22,1	23,4	25,7	25,7	24,0	23,0	23,2
Boa Vista do Araguaia	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Campos Lindos	24,2	24,2	24,3	24,5	24,6	25,0	25,7	27,1	28,2	27,2	25,3	24,4	25,4

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Cangussu	24,3	24,4	24,5	24,7	24,7	25,4	26,7	28,7	29,2	26,6	25,0	24,6	25,7
Caseara	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Colinas do Tocantins	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Colônia	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Conceição do Tocantins	23,5	23,4	23,5	23,6	23,8	23,8	24,1	25,1	26,8	26,5	24,9	23,8	24,4
Dianópolis	23,5	23,4	23,5	23,6	23,8	23,8	24,1	25,1	26,8	26,5	24,9	23,8	24,4
Dois Irmãos do Tocantins	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Duere	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Fátima	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Fazenda Lobeira	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Fazenda Primavera	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Fazenda Santa Rita	23,2	23,2	23,2	23,1	23,1	23,2	23,8	25,6	27,8	26,5	24,1	23,4	24,2
Formoso do Araguaia	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Goiatins	24,2	24,2	24,3	24,5	24,6	25,0	25,7	27,1	28,2	27,2	25,3	24,4	25,4
Guarai	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Gurupi	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Itacajá	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Itaporã do Tocantins	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Jatobá (Fazenda Boa Nova)	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Lizarda	24,2	24,2	24,3	24,5	24,6	25,0	25,7	27,1	28,2	27,2	25,3	24,4	25,4
Mansinha	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Miracema do Tocantins	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Muricilândia	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Natividade	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Palmas	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Palmeirante	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Palmeirópolis	23,2	23,2	23,2	23,1	23,1	23,2	23,8	25,6	27,8	26,5	24,1	23,4	24,2
Paraíso do Tocantins	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Pindorama do Tocantins	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Piraquê	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Pium	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Ponte Alta do Bom Jesus	23,5	23,4	23,5	23,6	23,8	23,8	24,1	25,1	26,8	26,5	24,9	23,8	24,4
Ponte Alta do Tocantins	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Porto Gilândia	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Porto Lemos	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Porto Real	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0
Praia Alta	23,2	23,2	23,2	23,1	23,1	23,2	23,8	25,6	27,8	26,5	24,1	23,4	24,2
Projeto Rio Formoso	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Rio da Palma	22,7	22,5	22,6	22,5	22,5	22,0	22,1	23,4	25,7	25,7	24,0	23,0	23,2
Santa Terezinha	24,3	24,4	24,5	24,7	24,7	25,4	26,7	28,7	29,2	26,6	25,0	24,6	25,7
São Sebastião do Tocantins	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Taquarussu do Porto	23,8	23,8	23,9	24,0	24,1	24,6	25,5	27,1	28,5	26,9	24,8	24,1	25,1
Tocantinópolis	24,8	24,9	25,0	25,2	25,2	25,2	25,9	27,7	28,5	28,0	26,4	25,2	26,0
Tupiratins	24,0	24,0	24,1	24,3	24,4	24,7	25,6	27,2	27,7	26,0	24,4	24,1	25,0

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Wanderlândia	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Xambioá	24,1	24,1	24,3	24,5	24,5	24,3	24,6	25,9	26,3	25,7	24,6	24,3	24,8
Média	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

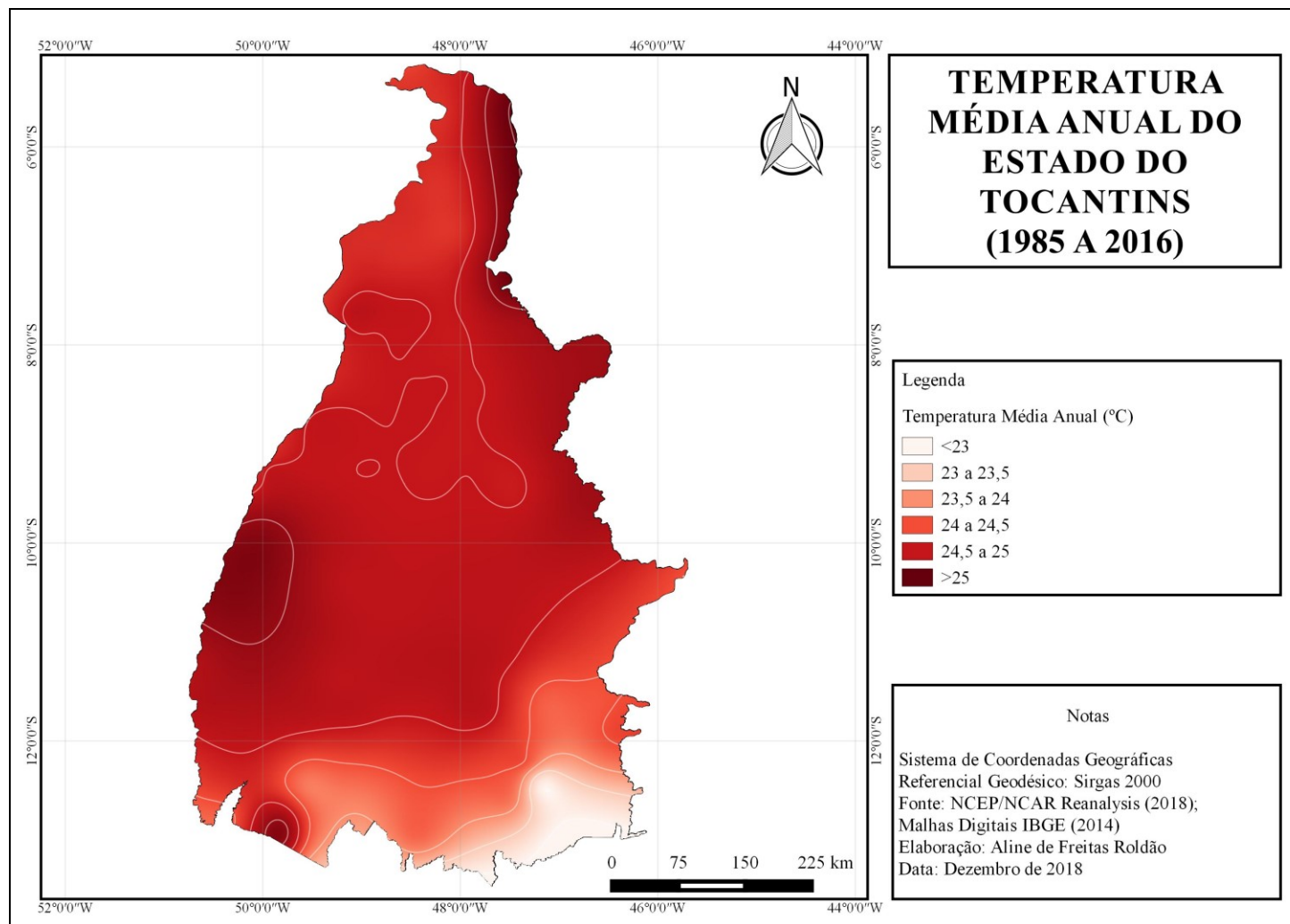
Fonte: NCEP/NCAR Reanalysis (2018).

O mapa 4 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 do ar, com baixa amplitude térmica (menor que 4°C). A partir deste mapa, fica notório que a temperatura média no estado aumenta no sentido sul-norte. As temperaturas mais baixas (menores que 23,5°C) são registradas nos municípios localizados na parte sul, especialmente em Aurora do Norte e Conceição do Tocantins, os quais registram uma temperatura média de 23,2°C.

À medida que seguimos em direção à porção norte do estado, observamos as maiores temperatura médias. Tal fato pode ser visto em municípios como Tocantinópolis, que possui registro de 26°C, Campos Limpos com 25,4°C, dentre outros.

Fato importante de ser observado são os município de Pium e Fortaleza do Tabocão, localizados a oeste do estado, os quais apresentam uma média de temperatura do ar de 25,7°C.

Mapa 4 – Temperatura média anual do Tocantins (1985 a 2016)



Fonte: NCEP/NCAR Reanalysis (2018).

4.1.2 *Pluviosidade*

Por meio da tabela 5 e do gráfico 1, pode-se notar o comportamento das chuvas durante o ano e a média anual a partir dos dados obtidos junto aos postos pluviométricos dos municípios analisados no período de 1985 a 2016.

Diferentemente das temperaturas médias, a distribuição dos totais médios anuais e mensais de pluviosidade não é uniforme no espaço e no tempo. A média pluviométrica da área de estudo é de 1.642,9 mm. Existe no estado do Tocantins uma alternância entre seis meses de chuva e seis meses de seca, onde as chuvas concentram-se nos meses de novembro a abril, somando um acumulado pluviométrico de 1404 mm, o equivalente a 85% das chuvas anuais. No mês de janeiro evidencia-se a maior média pluviométrica do estado, com 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 do Tocantins.

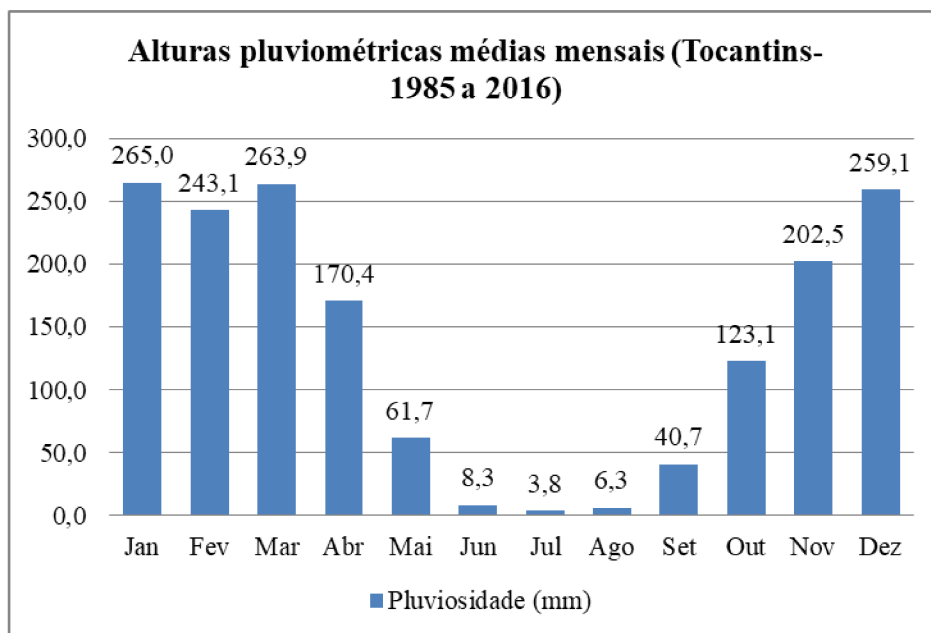
Tabela 5 – Médias pluviométricas mensais e anuais do estado do Tocantins (1985 a 2016)

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Almas	264,9	203,4	236,5	135,1	39,1	2,3	0,5	2,0	23,5	90,0	214,8	278,8	1485,4
Alvorada	227,9	206,2	229,0	99,0	23,9	2,2	1,2	3,5	29,7	120,8	202,2	256,5	1401,9
Ananas	236,6	279,3	262,8	208,4	100,7	20,6	21,1	10,9	33,6	88,4	131,2	184,3	1572,7
Araguacema (Chácara Araguaia)	302,1	277,7	328,3	199,6	85,1	15,0	3,1	11,5	62,8	143,9	213,7	289,5	1925,2
Araguaçu	280,4	236,4	229,0	111,6	23,2	0,9	1,0	3,3	43,2	112,4	221,8	326,4	1588,2
Araguatins	251,5	258,4	295,7	202,6	101,9	13,9	9,8	6,9	32,7	77,9	123,3	180,4	1554,9
Arapoema	261,2	279,7	306,0	223,2	98,9	9,8	7,1	14,1	63,2	144,0	199,8	240,8	1847,9
Aurora do Norte	298,6	245,6	266,6	160,4	48,2	1,4	0,3	1,6	22,6	118,4	251,1	285,2	1693,1
Boa Vista do Araguaia	243,4	235,4	275,9	221,4	87,1	20,5	7,6	9,6	47,4	136,9	175,2	214,7	1666,0
Campos Lindos	246,7	211,8	242,4	172,0	83,1	7,6	7,4	3,7	36,2	116,4	182,5	225,4	1535,2
Cangussu	223,5	225,4	230,0	159,9	57,7	5,8	5,3	8,5	38,0	135,7	199,2	222,6	1502,8
Caseara	227,7	218,5	231,8	166,2	62,6	5,7	2,5	8,2	50,4	151,8	217,3	248,5	1583,7
Colinas do Tocantins	253,8	254,5	264,7	220,2	94,8	9,7	1,9	8,8	57,6	146,7	212,3	271,2	1789,2
Colônia	255,9	259,9	276,7	218,8	87,8	10,4	4,8	16,5	62,8	159,4	205,0	241,2	1799,4

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Conceição do Tocantins	232,2	193,6	192,9	96,8	18,9	2,8	1,7	2,0	24,2	81,0	217,8	240,8	1300,3
Dianópolis	253,1	221,3	253,1	139,5	39,5	6,4	0,7	2,7	28,2	94,3	220,5	263,3	1521,4
Dois Irmãos do Tocantins	325,4	286,3	340,5	206,2	58,9	9,5	2,3	11,9	57,4	147,5	254,1	293,2	1985,1
Duere	272,7	254,6	270,3	148,1	47,6	4,0	0,2	3,7	38,9	137,1	220,0	311,8	1708,9
Fátima	363,8	278,0	322,0	176,0	51,9	3,7	0,9	4,0	37,0	143,7	246,1	328,6	1949,4
Fazenda Lobeira	276,3	197,5	245,3	130,0	33,9	3,6	0,1	1,9	37,7	132,2	198,8	265,4	1522,8
Fazenda Primavera	241,9	274,9	268,6	227,1	101,7	15,4	9,7	14,7	56,0	145,8	191,7	226,1	1766,0
Fazenda Santa Rita	199,9	164,2	163,3	56,4	18,3	0,6	0,4	1,1	20,7	85,4	154,0	225,6	1090,0
Formoso do Araguaia	251,9	228,2	249,9	127,7	30,2	3,5	0,2	6,1	29,8	135,2	213,6	293,3	1565,7
Goiatins	259,9	236,0	268,3	181,0	63,7	12,7	1,8	6,2	43,6	131,4	170,8	230,5	1606,0
Guaraí	300,5	252,9	266,1	180,5	58,9	8,3	1,6	5,9	64,0	147,0	216,1	257,6	1747,9
Gurupi	254,0	211,5	244,6	129,6	28,7	2,3	0,5	4,1	33,5	105,0	217,2	260,7	1490,7
Itacajá	298,0	253,5	289,2	210,2	81,7	9,1	4,7	8,5	35,3	137,8	219,7	254,1	1802,0
Itaporã do Tocantins	296,6	249,6	273,5	205,3	86,0	7,0	3,1	13,4	69,3	150,7	240,5	293,7	1882,2
Jatobá (Fazenda Boa Nova)	297,6	242,3	252,5	180,6	50,1	1,9	1,5	1,8	42,6	118,5	206,6	297,7	1693,7
Lizarda	289,9	228,4	224,1	129,1	39,2	1,8	0,5	2,8	25,3	119,5	184,9	253,9	1497,3
Mansinha	267,3	263,2	266,6	175,5	54,4	3,5	1,8	4,9	38,1	127,8	213,7	279,5	1689,6
Miracema do Tocantins	268,5	225,0	269,0	170,3	60,4	5,0	2,2	4,0	44,4	122,9	224,6	277,1	1664,3
Muricilândia	256,2	285,0	312,1	245,3	111,0	18,5	12,9	15,4	71,4	160,5	210,5	263,6	1957,0
Natividade	288,6	226,9	246,8	142,6	34,2	3,2	0,8	3,3	29,6	107,4	203,0	298,8	1581,8
Palmas	278,7	254,6	268,3	173,1	59,1	5,7	1,2	3,3	52,1	148,3	212,4	276,8	1728,5
Palmeirante	267,4	221,6	254,1	181,9	81,5	11,2	3,4	5,8	39,2	102,4	183,4	180,4	1525,1
Palmeirópolis	310,1	222,6	223,4	99,8	28,6	2,5	0,1	6,1	32,7	116,8	231,2	297,2	1563,9
Paraíso do Tocantins	304,7	329,9	307,1	214,7	61,5	6,7	3,6	7,1	50,4	157,8	234,1	310,6	1986,6
Pindorama do Tocantins	257,5	225,9	270,1	141,6	56,3	2,8	0,7	2,0	29,7	107,7	201,8	271,7	1566,8
Piraquê	214,8	287,5	324,7	264,9	105,6	25,9	16,3	16,2	39,6	122,7	159,3	208,5	1757,9
Pium	328,1	282,1	308,5	201,5	58,1	4,5	1,3	3,9	46,3	161,5	248,0	313,2	1955,4
Ponte Alta do Bom Jesus	362,8	321	306,1	178,1	54,4	4,3	0,2	2,3	31,9	101,2	276,7	364,9	1992,7
Ponte Alta do Tocantins	278,0	190,0	219,3	117,7	39,3	1,3	1,4	3,5	25,3	88,2	175,4	265,7	1405,1
Porto Gilândia	250,2	239,8	259,5	159,0	48,3	2,5	0,6	2,3	36,7	128,9	208,4	274,7	1609,9
Porto Lemos	174,5	242,4	274,8	203,3	99,4	22,3	7,3	13,7	56,1	108,8	152,5	197,5	1538,9
Porto Real	225,8	244,0	242,7	173,6	63,9	10,2	2,7	3,5	44,5	126,3	226,4	235,6	1597,9
Praia Alta	251,8	226,3	220,1	102,8	26,5	2,0	0,1	2,8	29,6	105,4	198,0	272,4	1430,3
Projeto Rio Formoso	253,1	229,0	235,4	122,7	31,7	1,3	0,9	3,5	27,0	134,7	196,6	309,5	1540,0
Rio da Palma	208,4	170,2	174,3	65,3	13,0	1,2	0,7	3,1	21,7	85,0	198,7	248,0	1186,7
Santa Terezinha	281,9	263,5	282,2	169,5	52,9	5,7	3,1	6,4	45,2	142,4	220,8	251,7	1717,8
São Sebastião do Tocantins	268,3	282,8	323,8	228,2	96,7	22,5	7,5	4,9	32,3	75,9	146,9	238,7	1725,6
Taquarussu do Porto	268,2	266,6	294,5	168,4	55,7	3,7	0,1	2,1	48,5	150,6	244,1	313,7	1802,7
Tocantinópolis	225,5	223,7	278,2	195,5	78,3	15,5	5,3	3,3	27,0	81,1	145,8	159,6	1434,3
Tupiratins	264,2	224,5	269,7	169,6	69,8	4,8	5,3	7,3	45,7	157,3	206,6	242,5	1667,0
Wanderlândia	241,1	226,3	272,0	205,8	101,8	34,1	10,4	9,8	43,4	101,4	139,6	196,9	1559,7
Xambioá	256,8	276,2	274,1	250,7	110,4	27,5	16,7	13,4	45,0	117,8	157,6	197,5	1741,3
Média	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

Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

Gráfico 1 – Alturas pluviométricas médias mensais do Tocantins (1985 a 2016)



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

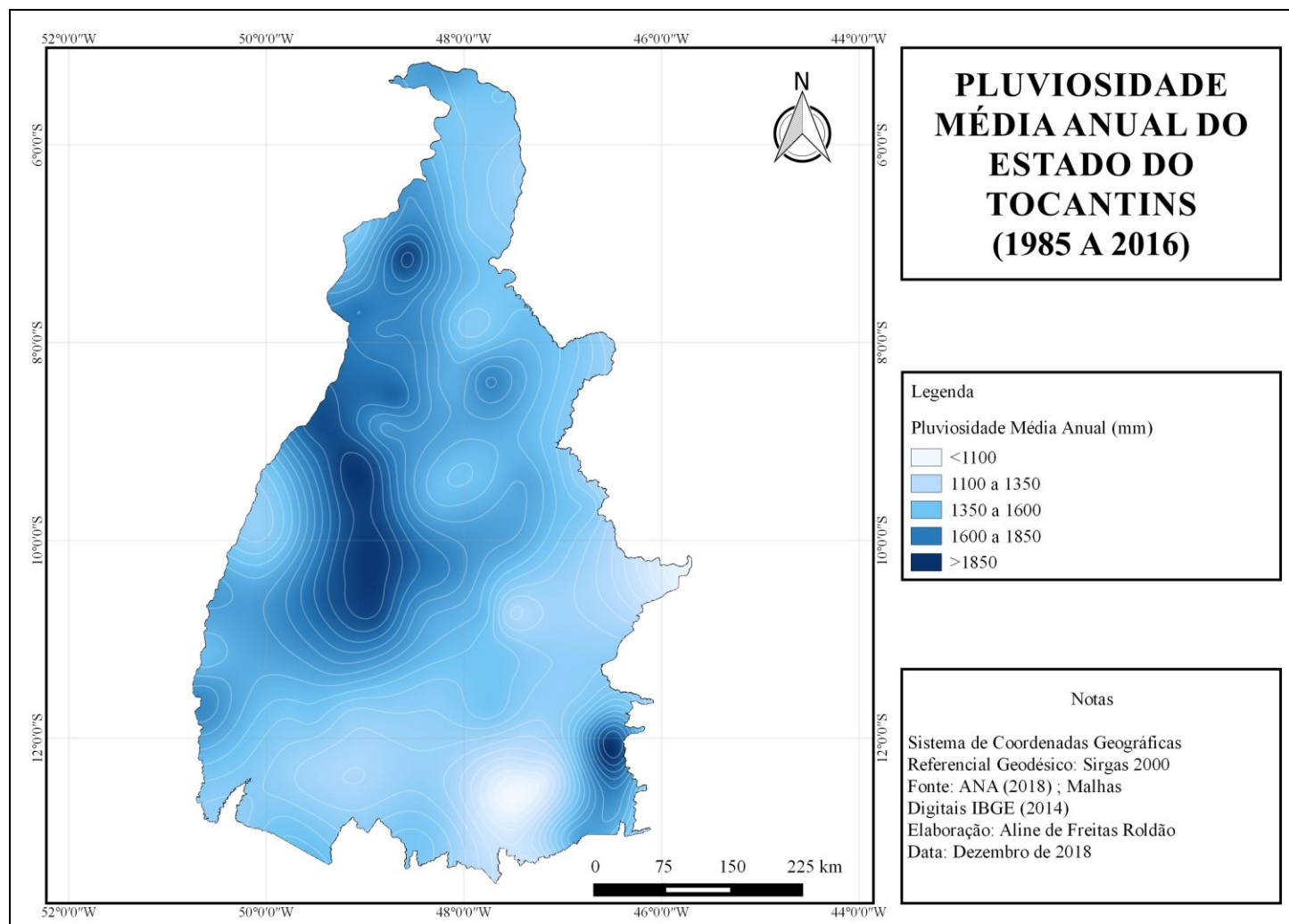
4.1.3 *Espacialização da pluviosidade anual*

O mapa 5 nos permite visualizar a espacialização da pluviosidade média do estado do Tocantins no período de 1985 a 2016.

A porção sul do estado registra os menores índices de chuvas, 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 pluvial. Nestas áreas estão localizados os postos pluviométricos com médias pluviométricas maiores que 1900 mm de chuva, 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 pluviométrica do estado é registrada no posto pluviométrico do município de Ponte Alta do Bom Jesus, como pode ser notado na porção sudeste do território tocantinense, apresentando uma média de 1992,7 mm.

Mapa 5 – Pluviosidade média anual do estado do Tocantins (1985 a 2016)



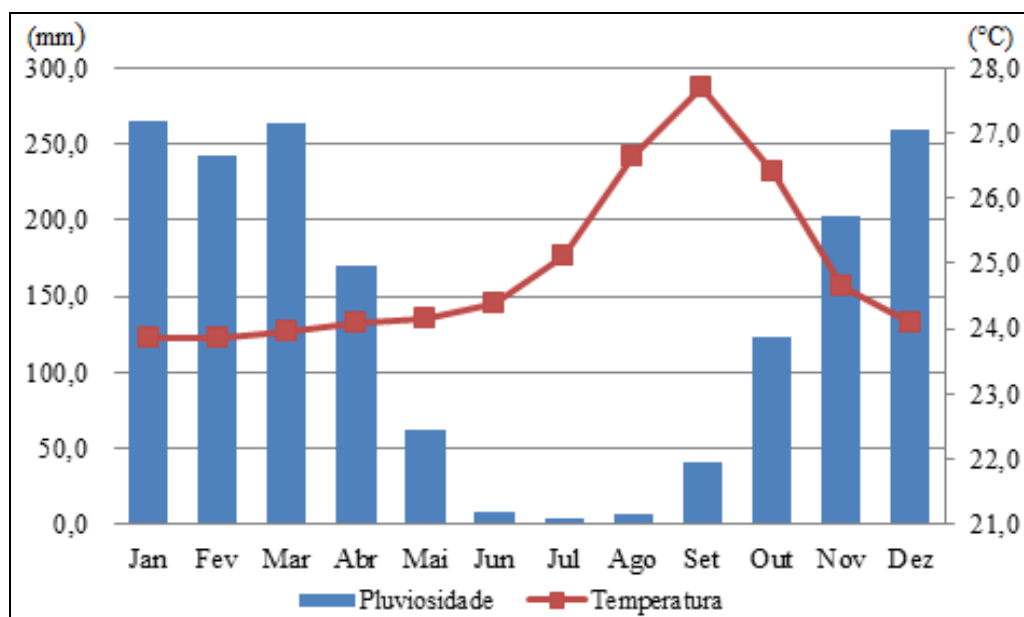
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

4.1.4 *Síntese do regime termopluviométrico*

Analisando concomitantemente o comportamento da temperatura do ar 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 se apresentam sempre com médias superiores 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.

As variações termo-pluviométricas são notadamente percebidas a partir do climograma do gráfico 2. No verão registram-se os maiores totais pluviométricos, quando as chuvas atingem acumulados médios superiores a 200 mm mensais. Já as maiores médias de temperatura do ar são registradas na primavera, sendo o mês de setembro o mais quente, com média de 27,7°C.

Gráfico 2 – Climograma do estado do Tocantins (1985 a 2016)



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018); NCEP/NCAR Reanalysis (2018).

4.1.5 *Evapotranspiração potencial (ETP)*

A tabela 6 representa os valores da ETP mensal e total dos postos pluviométricos utilizados no estudo. A média da ETP para o estado do Tocantins no período de 1985 a 2016 é de 1374,7 mm. A partir da mesma é possível observar que os meses com maiores valores de ETP são agosto, setembro e outubro, apresentando os respectivos valores: 139,9 mm; 155,7 mm e 140,3 mm.

O posto pluviométrico com maior valor de ETP anual é o do município de Tocantinópolis com 1551,7 mm. Em contrapartida a menor ETP é registrada no posto pluviométrico Rio da Palma, o qual fica localizado no município de Conceição do Tocantins. Este possui registro de 1160,4 mm de ETP anual.

Tabela 6 – Evapotranspiração potencial do estado do Tocantins (1985 a 2016)

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Almas	102,8	90,4	99,2	94,6	97,7	92,8	99,4	114,3	138,9	142,5	116,7	106,6	1295,8
Alvorada	100,0	89,0	96,3	89,2	89,6	86,1	95,8	121,3	155,0	142,7	106,4	102,3	1273,5
Ananas	107,3	96,1	108,0	105,7	107,7	100,5	107,8	128,0	131,8	128,5	109,7	110,0	1341,0
Araguacema (Chácara Araguaia)	106,0	94,8	104,6	101,9	104,6	103,9	120,4	148,4	155,3	133,2	106,8	107,3	1387,0
Araguaçu	115,0	102,3	110,6	103,7	101,1	102,8	121,3	161,4	190,3	151,0	116,8	117,9	1494,2
Araguatins	106,9	95,9	107,9	105,7	107,9	100,8	108,2	128,3	132,0	128,4	109,4	109,6	1341,1
Arapoema	106,9	94,4	104,4	101,9	104,9	104,4	121,1	149,0	155,6	133,0	106,4	106,7	1388,7
Aurora do Norte	97,3	84,5	92,5	85,7	86,1	76,6	79,9	95,2	123,1	131,1	107,8	100,7	1160,4
Boa Vista do Araguaia	107,7	96,5	108,2	105,6	107,3	100,0	107,3	127,5	131,6	128,6	110,0	110,4	1340,8
Campos Lindos	107,2	95,9	106,1	103,6	106,6	107,6	121,8	147,0	165,5	154,3	119,0	110,1	1444,8
Cangussu	108,4	98,1	108,2	105,1	106,2	111,5	136,8	178,1	187,0	142,9	113,9	112,9	1509,2
Caseara	106,3	94,9	104,7	101,8	104,4	103,6	120,1	148,1	155,2	133,2	106,9	107,5	1386,8
Colinas do Tocantins	105,7	94,5	104,5	101,9	104,8	104,2	120,8	148,8	155,5	133,1	106,5	106,9	1387,3
Colônia	105,6	94,5	104,5	101,9	104,9	104,3	121,0	148,9	155,5	133,1	106,5	106,8	1387,4
Conceição do Tocantins	103,1	90,6	99,3	94,5	97,5	92,5	99,0	114,0	138,7	142,6	116,9	106,9	1295,7
Dianópolis	102,8	90,4	99,2	94,6	97,7	92,8	99,4	114,3	138,9	142,5	116,7	106,6	1295,8
Dois Irmãos do Tocantins	106,2	94,9	104,7	101,8	104,4	103,6	120,1	148,1	155,2	133,2	106,9	107,5	1386,8
Duere	104,2	92,8	102,0	97,4	99,5	101,1	117,2	145,2	169,9	149,2	113,3	108,3	1400,0
Fátima	103,9	92,6	101,9	97,4	99,6	101,4	117,5	145,5	170,1	149,1	113,1	108,0	1400,2
Fazenda Lobeira	104,3	92,9	102,1	97,4	99,4	101,0	117,1	145,1	169,9	149,2	113,4	108,4	1399,9
Fazenda Primavera	105,4	94,4	104,4	102,0	105,0	104,5	121,1	149,1	155,6	133,0	106,4	106,7	1387,5
Fazenda Santa Rita	100,0	89,0	96,3	89,2	89,6	86,0	95,7	121,3	155,0	142,7	106,4	102,4	1273,5
Formoso do Araguaia	104,4	93,0	102,1	97,4	99,3	100,8	116,9	144,9	169,8	149,2	113,5	108,5	1399,8
Goiatins	107,1	95,9	106,1	103,6	106,7	107,7	121,9	147,2	165,6	154,3	118,9	109,9	1444,8
Guarai	106,0	94,8	104,6	101,8	104,6	103,9	120,4	148,3	155,3	133,2	106,8	107,3	1387,0
Gurupi	104,4	93,0	102,1	97,4	99,3	100,9	117,0	144,9	169,8	149,2	113,4	108,5	1399,8

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Itacajá	105,8	94,6	104,6	101,9	104,7	104,1	120,6	148,6	155,4	133,1	106,6	107,1	1387,2
Itaporã do Tocantins	105,9	94,7	104,6	101,9	104,7	104,0	120,5	148,5	155,4	133,2	106,7	107,2	1387,1
Jatobá (Fazenda Boa Nova)	103,5	92,4	101,8	97,5	99,9	101,7	118,0	145,9	170,3	149,0	112,8	107,6	1400,5
Lizarda	108,0	96,5	106,4	103,4	106,1	106,7	120,8	146,1	165,1	154,5	119,6	110,9	1444,2
Mansinha	106,3	95,0	104,7	101,8	104,4	103,5	120,0	148,0	155,1	133,2	107,0	107,6	1386,7
Miracema do Tocantins	106,4	95,0	104,8	101,8	104,3	103,5	119,9	147,9	155,1	133,3	107,0	107,7	1386,7
Muricilândia	107,6	96,4	108,1	105,6	107,4	100,1	107,4	127,6	131,7	128,6	109,9	110,4	1340,8
Natividade	104,3	93,0	102,1	97,4	99,3	100,9	117,0	145,0	169,8	149,2	113,4	108,5	1399,9
Palmas	103,9	92,6	101,9	97,4	99,7	101,4	117,6	145,5	170,1	149,1	113,1	108,0	1400,2
Palmeirante	105,6	94,5	104,5	101,9	104,9	104,3	121,0	148,9	155,5	133,1	106,5	106,8	1387,4
Palmeirópolis	100,2	89,2	96,3	89,3	89,4	85,8	95,5	121,1	154,8	142,7	106,6	102,6	1273,5
Paraíso do Tocantins	103,6	92,5	101,8	97,5	99,8	101,7	117,9	145,8	170,2	149,0	112,9	107,7	1400,5
Pindorama do Tocantins	104,1	92,8	102,0	97,4	99,5	101,2	117,3	145,3	170,0	149,1	113,2	108,2	1400,1
Piraquê	107,4	96,3	108,1	105,6	107,6	100,3	107,6	127,8	131,8	128,5	109,8	110,1	1340,9
Pium	103,7	92,5	101,9	97,5	99,7	101,5	117,7	145,7	170,2	149,0	113,0	107,9	1400,4
Ponte Alta do Bom Jesus	103,0	90,5	99,3	94,5	97,6	92,6	99,1	114,1	138,8	142,5	116,9	106,9	1295,8
Ponte Alta do Tocantins	103,9	92,6	101,9	97,4	99,6	101,4	117,6	145,5	170,1	149,1	113,1	108,0	1400,2
Porto Gilândia	103,9	92,6	101,9	97,4	99,6	101,4	117,6	145,5	170,1	149,1	113,1	108,0	1400,2
Porto Lemos	107,5	96,3	108,1	105,6	107,5	100,2	107,5	127,8	131,7	128,5	109,8	110,2	1340,9
Porto Real	106,3	94,9	104,7	101,8	104,4	103,6	120,1	148,1	155,2	133,2	106,9	107,5	1386,8
Praia Alta	107,8	96,0	105,3	101,6	103,4	102,0	118,1	146,3	154,4	133,6	108,0	109,0	1385,5
Projeto Rio Formoso	104,4	93,0	102,1	97,4	99,3	100,8	116,9	144,9	169,8	149,2	113,5	108,5	1399,8
Rio da Palma	97,2	84,4	92,4	85,7	86,1	76,7	80,0	95,3	123,1	131,0	107,7	100,6	1160,4
Santa Terezinha	108,6	98,3	108,3	105,1	106,1	111,3	136,4	177,7	186,9	143,0	114,1	113,1	1508,9
São Sebastião do Tocantins	106,7	95,8	107,8	105,8	108,0	101,0	108,4	128,5	132,1	128,4	109,3	109,4	1341,1
Taquarussu do Porto	103,7	92,5	101,9	97,5	99,8	101,6	117,8	145,7	170,2	149,0	113,0	107,8	1400,4
Tocantinópolis	113,4	103,1	114,5	112,3	114,4	109,6	124,7	159,7	173,4	170,7	135,8	119,9	1551,7
Tupiratins	105,8	94,6	104,6	101,9	104,7	104,1	120,6	148,6	155,4	133,1	106,6	107,1	1387,2
Wanderlândia	107,5	96,3	108,1	105,6	107,5	100,3	107,5	127,8	131,7	128,5	109,8	110,2	1340,9
Xambioá	107,3	96,2	108,0	105,7	107,6	100,5	107,8	128,0	131,8	128,5	109,7	110,0	1340,9
Média	105,3	93,9	103,7	99,9	102,0	100,4	114,0	139,9	155,7	140,3	111,3	108,2	1374,7

Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

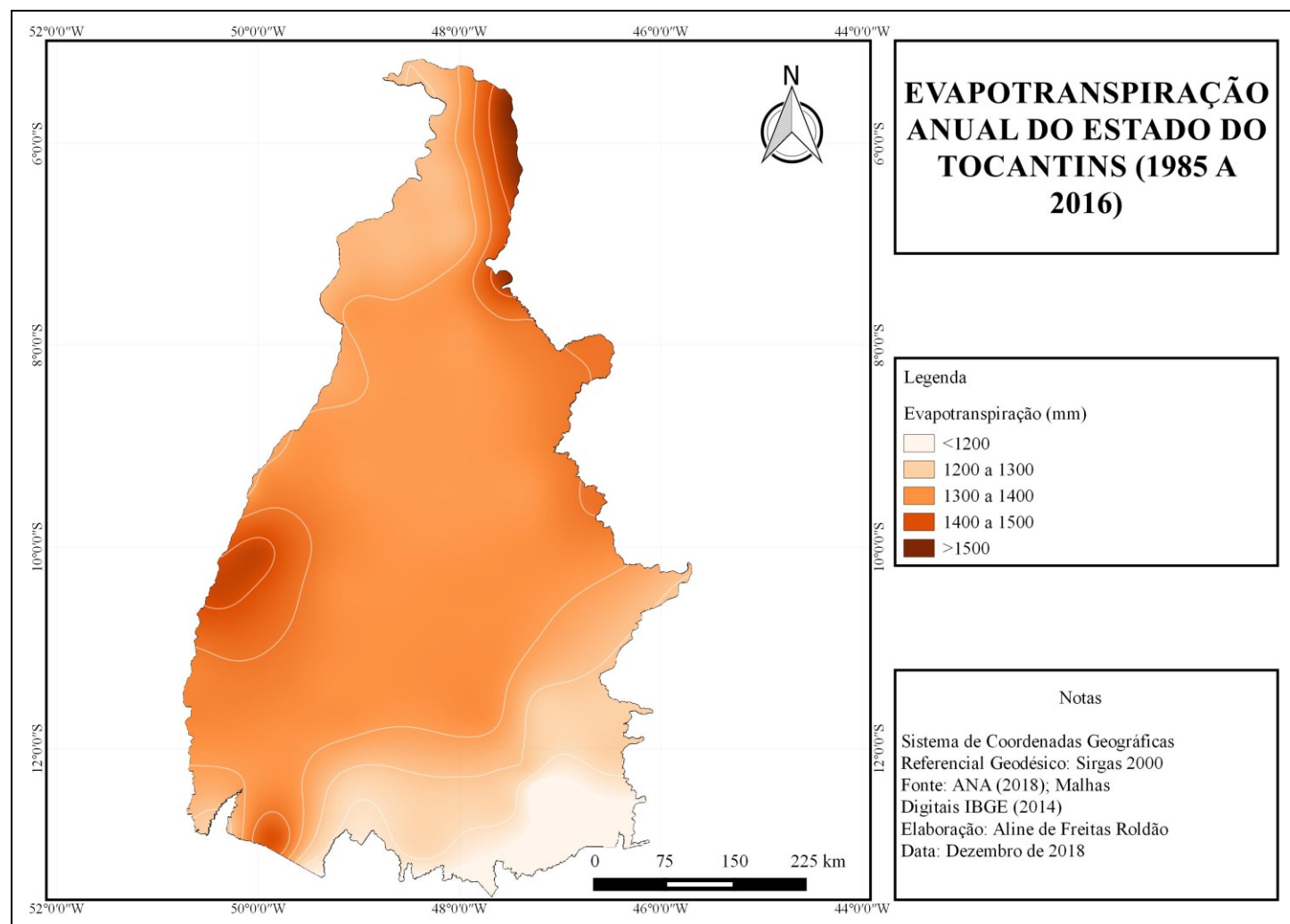
O mapa 6 refere-se ao mapa da evapotranspiração potencial anual do estado do Tocantins no período de 1985 a 2016.

Nota-se a partir do mesmo que os maiores valores de ETP estão dispostos na porção nordeste e oeste do estado, registrando valores superiores a 1500 mm de ETP anual. Tocantinópolis, município localizado na porção nordeste do estado, às margens do Rio Tocantins na divisa com o estado Maranhão possui registro de 1551,7 mm de ETP anual. O posto pluviométrico Cangussu no município de Pium possui 1509,2 mm de ETP anual e o

posto Santa Terezinha registra 1508,9 mm de ETP anual. Estes dois últimos localizam-se em municípios da porção oeste do estado, às margens do Rio Araguaia.

Quanto aos menores valores de ETP anual registrados no Tocantins, estes estão espacializados principalmente na parte sudeste do estado, na divisa com o norte do estado de Goiás. O posto Rio da Palma no município de Conceição do Tocantins é o de menor valor (1160,4 mm).

Mapa 6 – Evapotranspiração potencial anual do estado do Tocantins (1985 a 2016)



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

4.1.6 *Excedente e deficiência hídrica anual*

A partir da tabela 7 pode-se verificar os valores dos excedentes hídricos dos postos pluviométricos analisados no período de 1985 a 2016.

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). Estes meses coincidem com o período chuvoso no estado. De maio a outubro registram-se os menores índices, os quais variaram de 0,0 a 0,1 mm. Tais meses correspondem ao período seco no Tocantins.

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

Tabela 7 – Excedente hídrico do estado do Tocantins (1985 a 2016)

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Almas	162,1	113,1	137,3	40,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	170,8	623,8
Alvorada	127,9	117,2	132,8	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	150,6	538,2
Ananas	126,6	183,2	154,8	102,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	567,3
Araguacema (Chácara Araguaia)	196,1	182,9	223,7	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8	182,2	901,4
Araguaçu	165,4	134,1	118,4	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	208,5	639,5
Araguatins	130,1	162,5	187,8	96,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	577,3
Arapoema	154,3	185,3	201,6	121,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	134,1	802,2
Aurora do Norte	201,2	161,1	174,1	74,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,1	184,5	840,7
Boa Vista do Araguaia	135,7	138,9	167,8	115,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,6	637,8
Campos Lindos	139,5	115,9	136,3	68,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	79,3	539,3
Cangussu	115,1	127,3	121,8	54,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,2	514,2
Caseara	121,4	123,6	127,1	64,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,6	141,0	607,1
Colinas do Tocantins	148,1	160,0	160,2	118,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4	164,3	771,2
Colônia	150,4	165,5	172,3	116,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	134,4	765,4
Conceição do Tocantins	129,1	103,1	93,6	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	133,9	463,2
Dianópolis	150,3	130,9	153,9	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	156,7	641,1
Dois Irmãos do Tocantins	219,2	191,4	235,8	104,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,2	185,7	998,7
Duere	168,5	161,8	168,2	50,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	203,5	759,8
Fátima	260,0	185,3	220,1	78,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,4	220,6	998,0

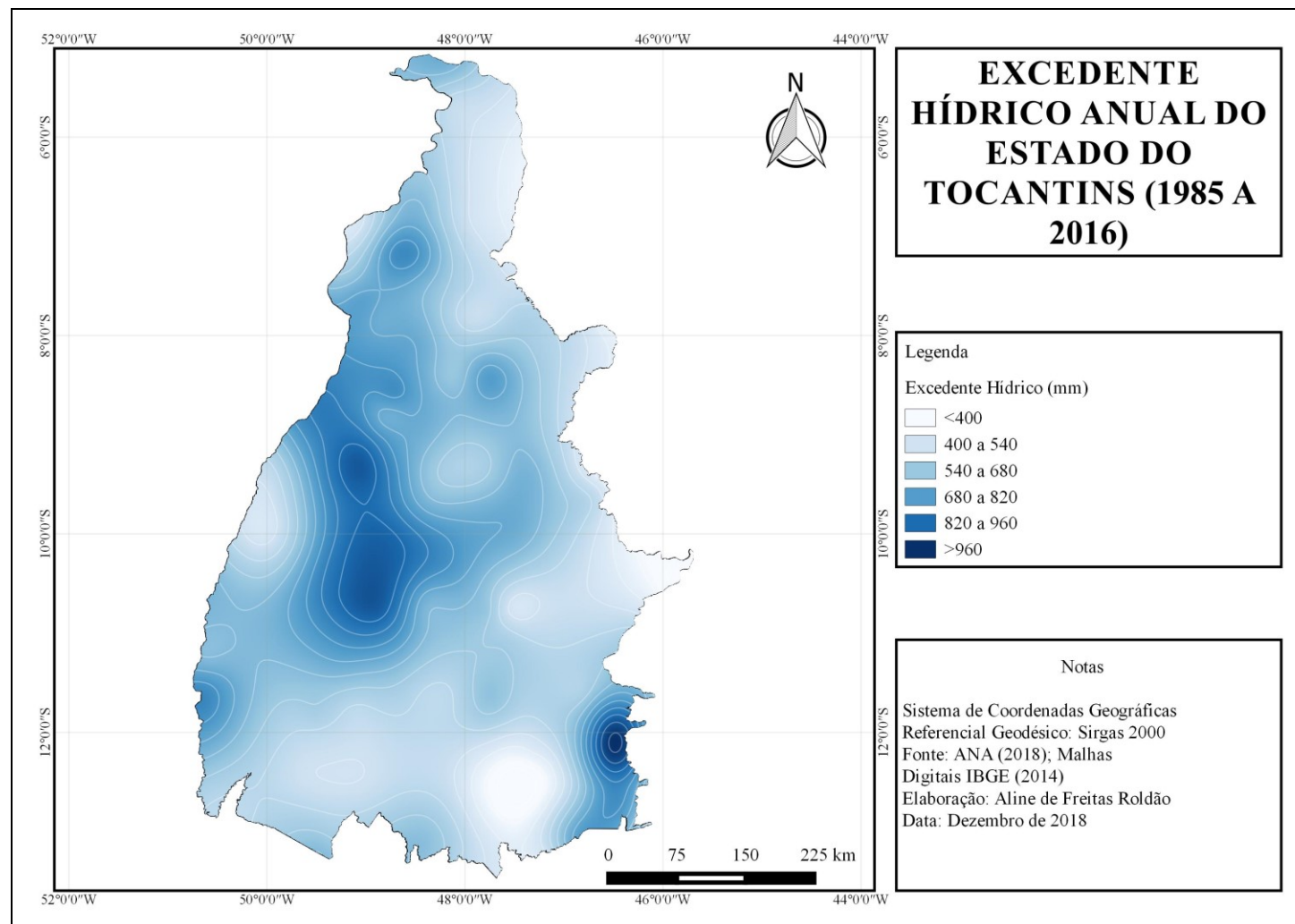
Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Fazenda Lobeira	172,0	104,6	143,2	32,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	142,8	595,2
Fazenda Primavera	136,5	180,5	164,2	125,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	118,7	725,0
Fazenda Santa Rita	99,9	75,2	67,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	71,0	313,1
Formoso do Araguaia	147,5	135,2	147,8	30,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	184,8	646,1
Goiatins	152,8	140,2	162,3	77,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,9	605,5
Guarai	194,5	158,1	161,5	78,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8	150,3	766,8
Gurupi	149,6	118,5	142,5	32,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	152,2	599,0
Itacajá	192,2	158,9	184,7	108,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	147,0	809,5
Itaporã do Tocantins	190,7	154,9	168,9	103,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,4	186,5	856,9
Jatobá (Fazenda Boa Nova)	194,1	149,9	150,7	83,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	184,2	762,0
Lizarda	181,8	131,9	117,7	25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	108,6	565,7
Mansinha	161,0	168,2	161,9	73,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	171,9	743,8
Miracema do Tocantins	162,1	130,0	164,3	68,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	169,4	712,5
Muricilândia	148,6	188,6	203,9	139,7	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,5	153,3	873,2
Natividade	184,3	134,0	144,7	45,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	180,2	688,2
Palmas	174,8	162,0	166,4	75,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	168,6	747,5
Palmeirante	161,8	127,2	149,6	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,0	569,5
Palmeirópolis	209,8	133,4	127,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,3	194,6	700,7
Paraíso do Tocantins	201,1	237,5	205,3	117,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,6	202,9	994,5
Pindorama do Tocantins	153,5	133,1	168,1	44,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	152,3	651,2
Piraquê	107,4	191,3	216,6	159,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,1	724,6
Pium	224,4	189,6	206,6	104,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,0	205,3	977,9
Ponte Alta do Bom Jesus	259,8	230,2	206,8	83,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,5	258,0	1098,8
Ponte Alta do Tocantins	174,1	97,3	117,4	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	120,2	529,3
Porto Gilândia	146,3	147,2	157,6	61,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	162,3	675,0
Porto Lemos	67,0	146,1	166,7	97,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,8	509,3
Porto Real	119,6	149,0	138,0	71,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	128,0	626,4
Praia Alta	144,0	130,3	114,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	153,7	544,1
Projeto Rio Formoso	148,7	136,0	133,3	25,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	184,4	627,7
Rio da Palma	111,2	85,8	81,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	139,2	418,0
Santa Terezinha	173,3	165,2	173,9	64,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,9	138,6	722,3
São Sebastião do Tocantins	161,6	187,0	216,0	122,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	67,9	754,9
Taquarussu do Porto	164,5	174,1	192,7	70,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,2	205,9	841,4
Tocantinópolis	61,9	120,5	163,7	83,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	429,3
Tupiratins	158,3	129,9	165,1	67,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,8	135,4	681,2
Wanderlândia	133,6	130,0	163,9	100,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	545,8
Xambioá	149,5	180,0	166,1	145,1	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,7	681,1
Média	158,5	149,2	160,2	71,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	136,2	687,5

Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

No mapa 7, os dados dos excedentes hídricos estão espacializados no mapa. Fica nítido que o excedente hídrico no Tocantins aumenta no sentido sudeste-noroeste. Na porção sudeste verifica-se uma faixa com valores médios menores que 500 mm, como é o caso do posto fazenda Santa Rita no município de Paranã, que possui o menor índice de excedente 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 (média de 998,7 mm); Fátima (média de 998) e Pium (média de 977,9 mm). É importante destacar o posto pluviométrico do município de Ponte Alta do Bom Jesus, que registra o maior índice de excedente hídrico do estado (média de 1098,8 mm). Este posto apresenta também o maior índice pluviométrico do Tocantins, que é de 1992,7 mm.

Mapa 7 – Excedente hídrico anual do estado do Tocantins (1985 a 2016)



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

Os valores médios mensais e anuais de deficiência hídrica do Tocantins estão dispostos na tabela 8.

A média da deficiência hídrica do estado foi de 414,3 mm. Os maiores valores ocorrem nos meses de julho (92,1 mm), agosto (126,8 mm) e setembro (113,3 mm). Tais meses coincidem com o período seco no estado, fazendo com que a retirada de água no solo seja maior que a entrada. De outubro a maio são registrados os menores índices, sendo que de novembro a março os valores médios de deficiência são nulos, o que pode ser explicado pelo fato desses meses fazerem parte da estação chuvosa no Tocantins.

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.

Tabela 8 – Deficiência hídrica do estado do Tocantins (1985 a 2016)

Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Almas	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	57,4	84,8	106,6	113,5	52,1	0,0	0,0	428,6
Alvorada	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	54,5	80,9	111,8	123,4	21,7	0,0	0,0	409,8
Ananas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	28,6	62,4	105,0	94,8	39,4	0,0	0,0	330,4
Araguacema (Chácara Araguaia)	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	40,5	93,9	129,0	90,9	0,0	0,0	0,0	356,1
Araguaçu	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8	72,6	108,7	154,2	146,2	38,6	0,0	0,0	544,1
Araguatins	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	32,2	73,7	111,0	96,6	49,8	0,0	0,0	363,5
Arapoema	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	37,0	89,1	126,3	90,5	0,0	0,0	0,0	343,0
Aurora do Norte	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	39,0	61,9	84,7	96,8	12,4	0,0	0,0	301,3
Boa Vista do Araguaia	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	34,7	76,4	108,5	81,9	0,0	0,0	0,0	303,4
Campos Lindos	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	50,0	94,6	136,3	127,7	37,7	0,0	0,0	448,8
Cangussu	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	65,6	115,9	164,8	148,2	7,2	0,0	0,0	511,8
Caseara	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	56,9	100,5	134,2	103,6	0,0	0,0	0,0	402,7
Colinas do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	39,3	94,5	131,9	96,3	0,0	0,0	0,0	362,4
Colônia	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	42,6	93,5	124,8	91,1	0,0	0,0	0,0	353,3
Conceição do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	24,2	62,7	85,8	107,3	113,0	61,3	0,0	0,0	454,3
Dianópolis	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	54,1	83,9	105,7	108,8	47,8	0,0	0,0	414,2
Dois Irmãos do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	55,4	100,7	130,5	96,6	0,0	0,0	0,0	392,2
Duere	0,0	0,0	0,0	0,0	11,4	60,1	101,4	136,2	129,8	12,0	0,0	0,0	450,9
Fátima	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	59,0	100,6	136,0	131,8	5,4	0,0	0,0	442,5
Fazenda Lobeira	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4	65,0	103,4	138,5	131,1	16,9	0,0	0,0	472,4
Fazenda Primavera	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	32,1	84,8	124,7	97,4	0,0	0,0	0,0	339,1
Fazenda Santa Rita	0,0	0,0	0,0	4,8	34,5	65,1	86,0	116,1	133,0	57,1	0,0	0,0	496,6
Formoso do Araguaia	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	66,2	103,7	134,4	138,9	13,9	0,0	0,0	476,3
Goiatins	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	55,1	102,5	135,2	120,7	22,7	0,0	0,0	444,3

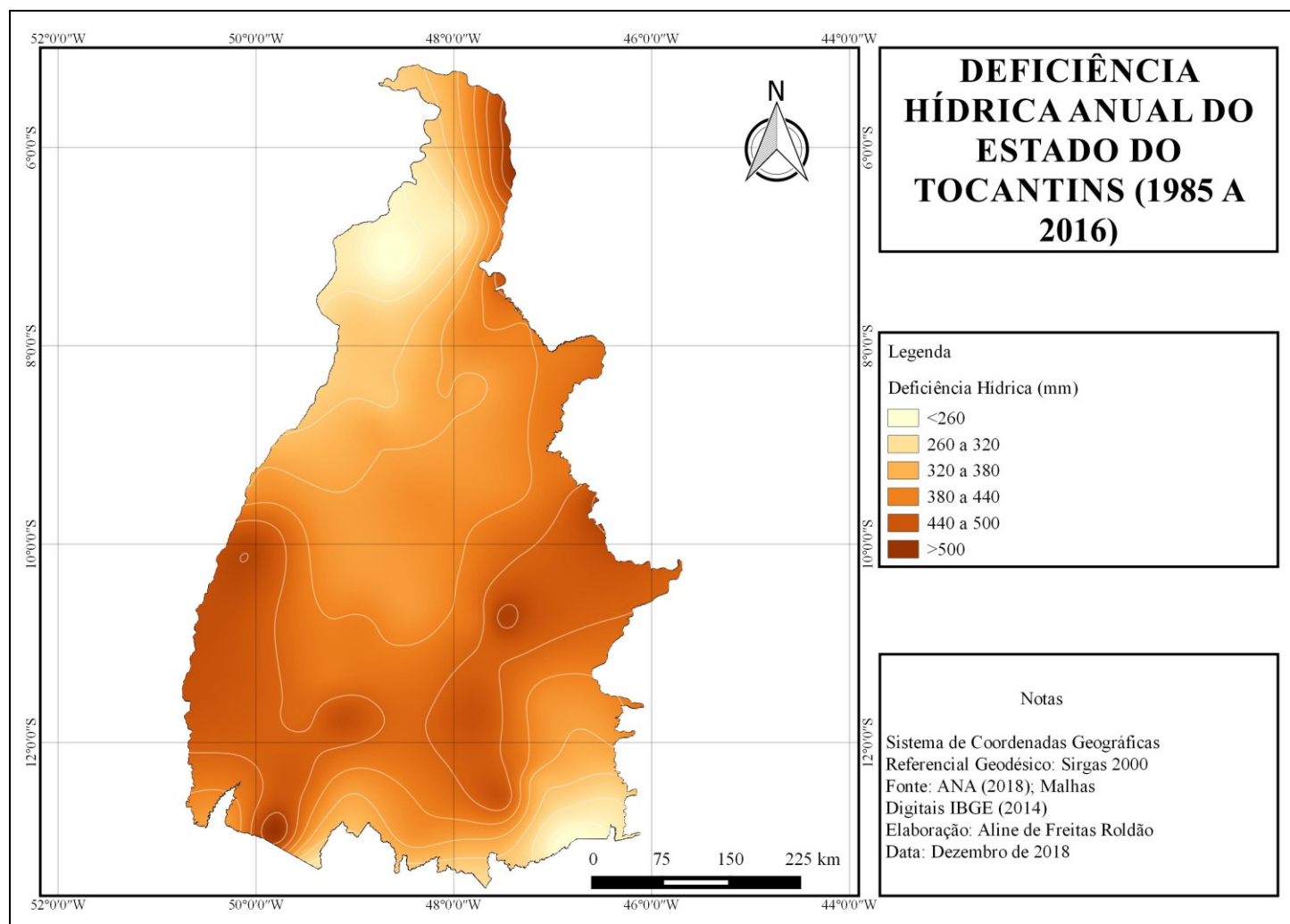
Posto Pluviométrico	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Guarai	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	56,6	101,8	136,8	90,3	0,0	0,0	0,0	394,5
Gurupi	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	67,7	103,8	136,5	135,2	44,0	0,0	0,0	507,3
Itacajá	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	46,3	94,8	132,8	118,4	0,0	0,0	0,0	394,7
Itaporã do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	45,5	95,7	127,9	84,6	0,0	0,0	0,0	355,3
Jatobá (Fazenda Boa Nova)	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	61,5	101,1	138,8	126,5	30,4	0,0	0,0	468,8
Lizarda	0,0	0,0	0,0	0,0	18,1	71,6	107,7	139,2	138,9	34,9	0,0	0,0	510,4
Mansinha	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	61,7	102,7	137,9	115,9	5,4	0,0	0,0	434,2
Miracema do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	58,2	101,1	138,3	109,5	10,3	0,0	0,0	425,8
Muricilândia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	67,4	100,6	57,8	0,0	0,0	0,0	251,6
Natividade	0,0	0,0	0,0	0,0	17,3	65,2	102,7	137,1	139,1	41,7	0,0	0,0	503,1
Palmas	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	54,6	98,7	136,1	116,7	0,8	0,0	0,0	414,2
Palmeirante	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	45,2	96,0	135,8	114,8	30,5	0,0	0,0	424,7
Palmeirópolis	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	52,6	80,8	108,7	120,1	25,8	0,0	0,0	403,2
Paraíso do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	53,2	96,4	132,4	118,4	0,0	0,0	0,0	406,8
Pindorama do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	57,7	99,9	137,5	138,9	41,3	0,0	0,0	483,5
Piraquê	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	63,4	99,1	88,5	5,7	0,0	0,0	279,7
Pium	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	56,1	99,3	135,9	122,5	0,0	0,0	0,0	421,4
Ponte Alta do Bom Jesus	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	50,2	82,0	105,0	104,8	41,0	0,0	0,0	391,2
Ponte Alta do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	65,4	102,3	137,2	143,6	60,8	0,0	0,0	524,4
Porto Gilândia	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2	61,3	101,6	137,9	132,1	20,1	0,0	0,0	464,2
Porto Lemos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	28,0	73,5	103,5	73,0	19,3	0,0	0,0	297,7
Porto Real	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	52,9	99,3	138,4	109,4	6,9	0,0	0,0	414,0
Praia Alta	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	70,7	106,2	139,5	123,9	28,1	0,0	0,0	491,7
Projeto Rio Formoso	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	67,5	103,0	136,9	141,7	14,5	0,0	0,0	482,0
Rio da Palma	0,0	0,0	0,0	2,0	30,8	54,7	69,2	87,1	99,3	45,5	0,0	0,0	388,7
Santa Terezinha	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	67,3	118,3	166,9	140,9	0,7	0,0	0,0	506,0
São Sebastião do Tocantins	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	29,9	75,0	113,1	97,1	51,8	0,0	0,0	367,5
Taquarussu do Porto	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	57,7	101,0	138,0	120,4	0,0	0,0	0,0	425,5
Tocantinópolis	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	51,7	100,5	149,9	145,1	89,3	0,0	0,0	542,3
Tupiratis	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	54,9	97,5	135,1	108,3	0,0	0,0	0,0	401,2
Wanderlândia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	20,4	66,8	105,2	85,0	26,5	0,0	0,0	304,2
Xambioá	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2	62,3	101,3	83,3	10,4	0,0	0,0	278,4
Média	0,0	0,0	0,0	0,1	9,4	51,5	92,1	126,8	113,3	21,1	0,0	0,0	414,3

Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

No mapa 8, os valores médios das deficiências hídricas estão espacializadas no estado. Fica claro que os valores aumentam no sentido norte-sul. A parte norte do Tocantins é destacada com valores médios menores que 300 mm, como é o caso do posto pluviométrico do município de Muricilândia, que possui o menor índice de excedente 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 (511,8 mm) e Ponte Alta do Tocantins (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).

Mapa 8 – Deficiência hídrica anual do estado do Tocantins (1985 a 2016)



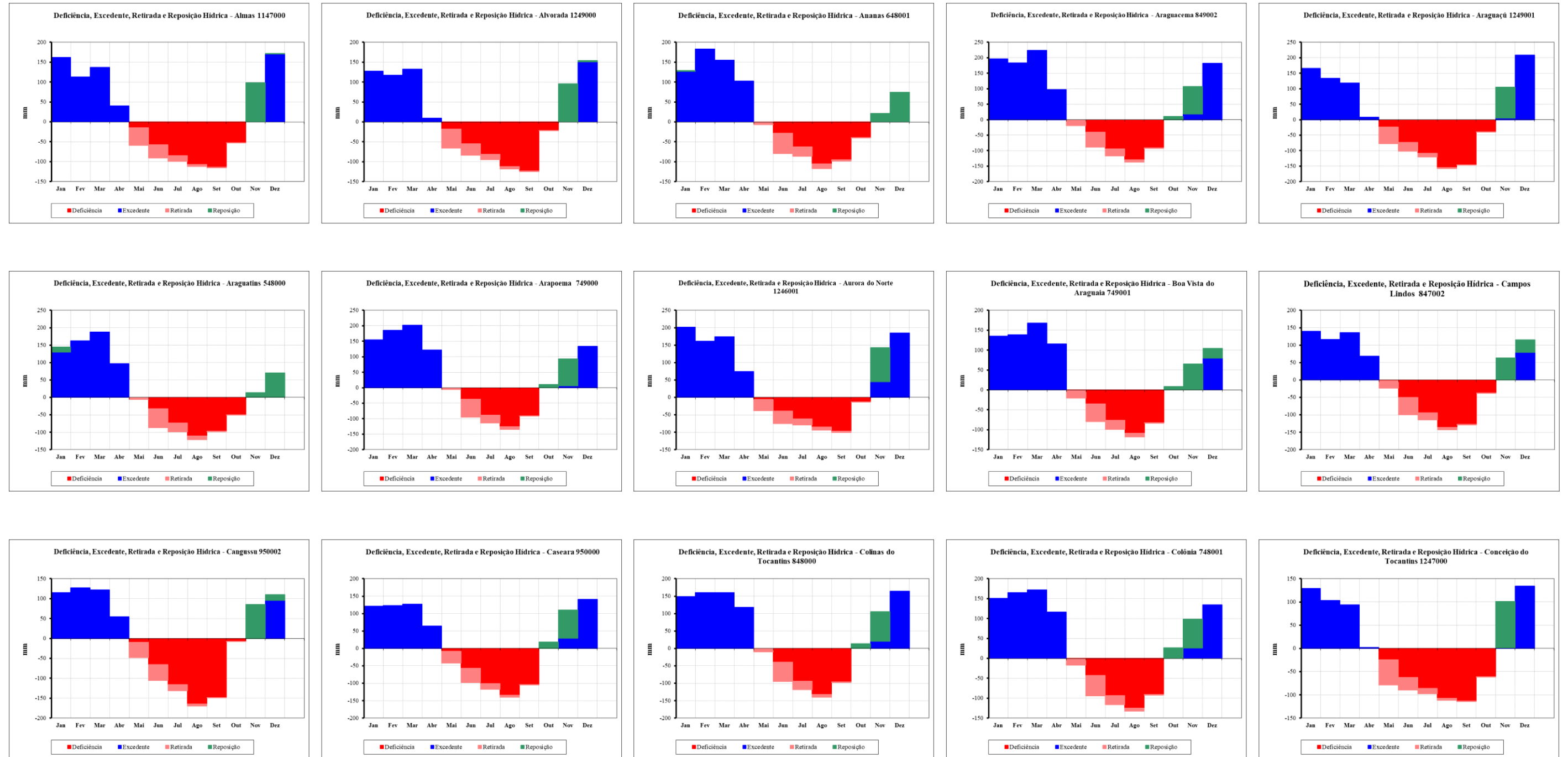
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

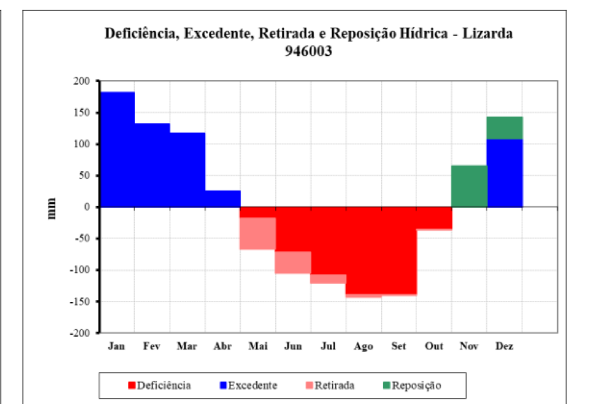
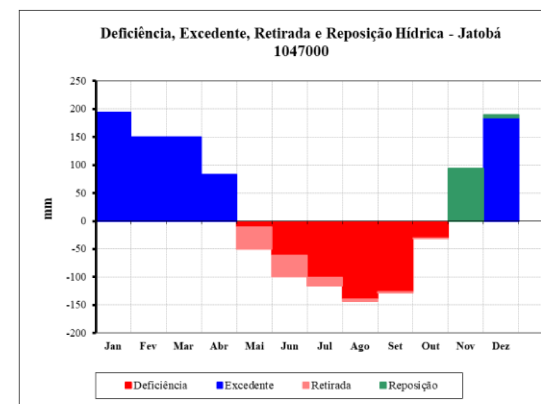
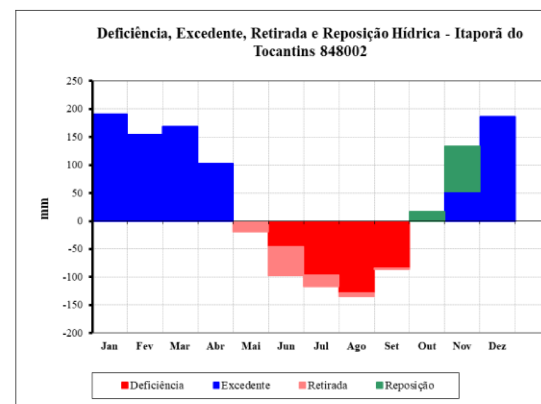
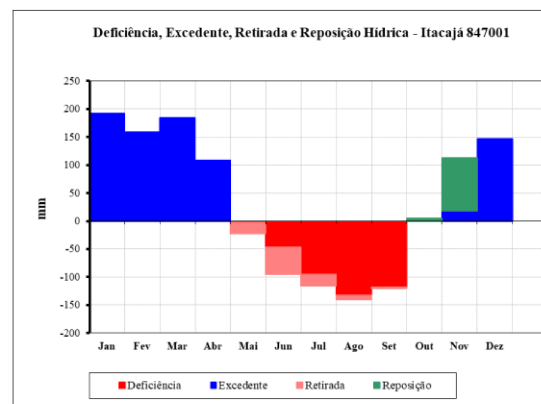
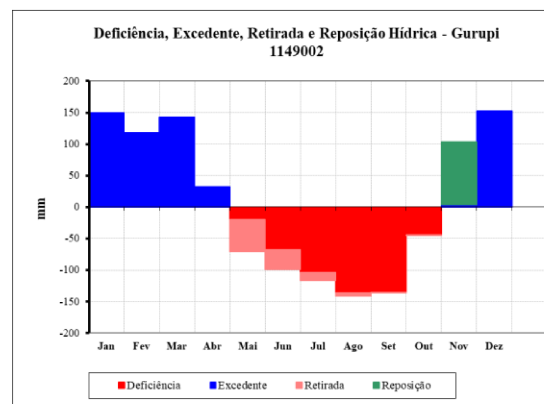
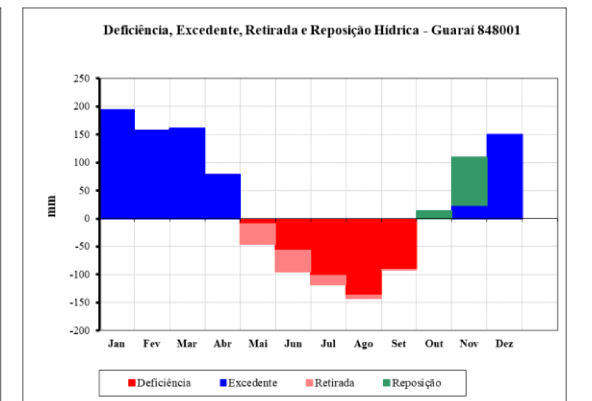
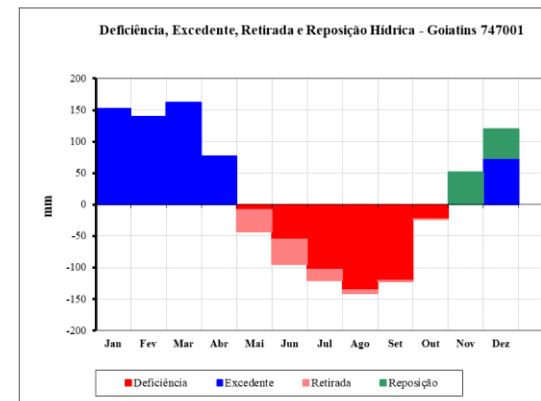
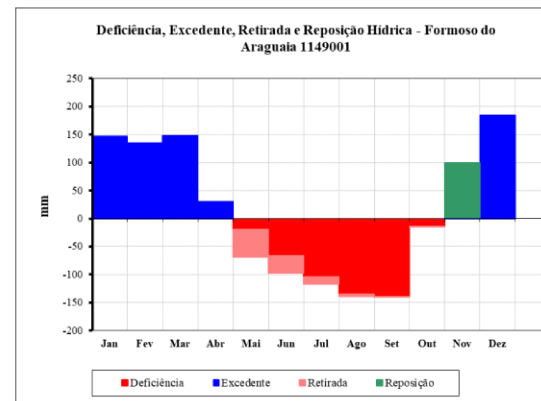
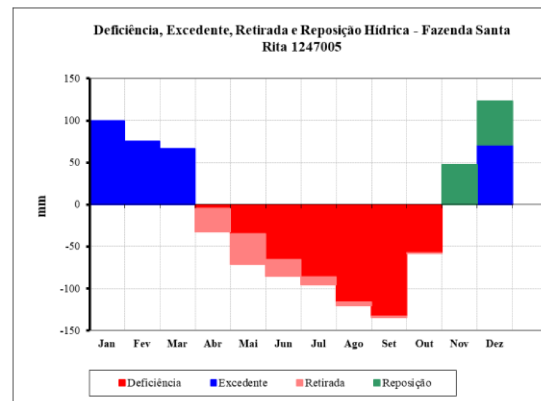
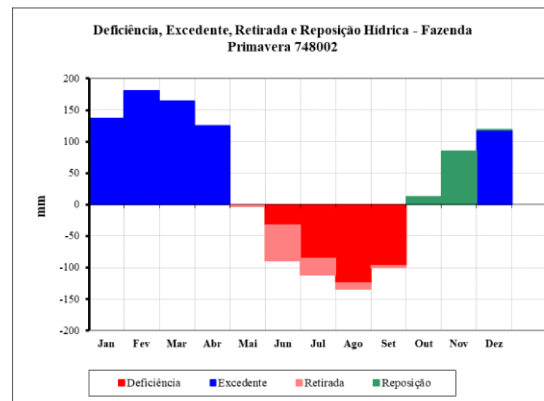
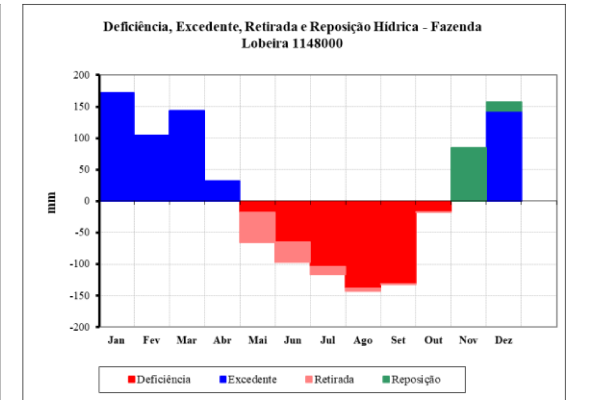
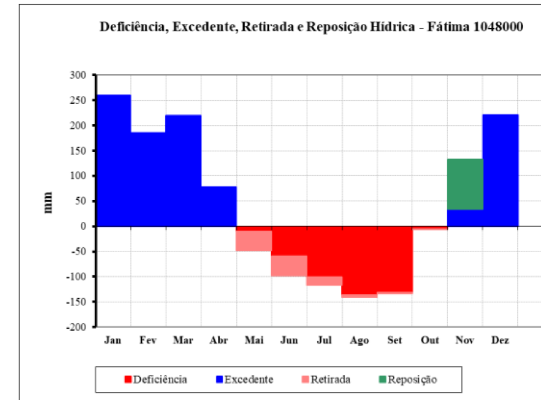
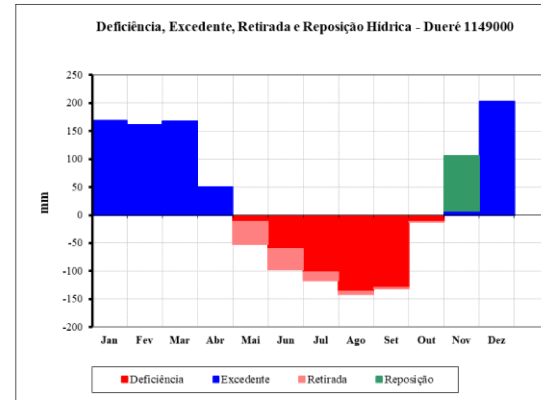
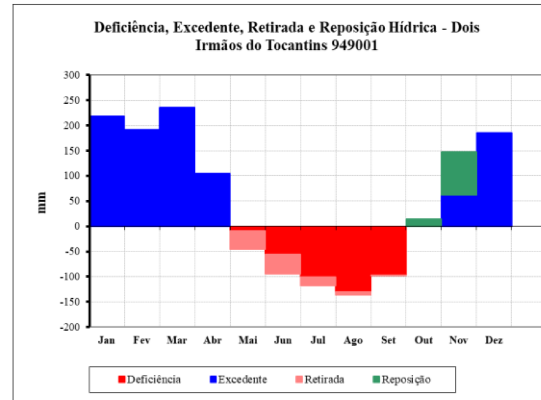
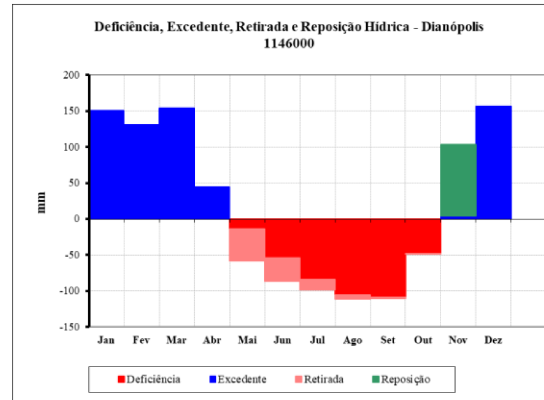
Analisando os gráficos com as informações de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica (figura 10), dos 56 postos pluviométricos utilizados no estudo, é possível constatar que em apenas dois postos não há excedente hídrico até o mês de abril, os quais são Fazenda Santa Rita e Rio da Palma. Estes apresentam excedente hídrico até o mês de março, apresentando a partir do mês de abril retirada de água no solo e, posteriormente, deficiência hídrica. Vale ressaltar os postos pluviométricos de Muriciândia e de Xambioá, que registram excedente hídrico até o mês de maio.

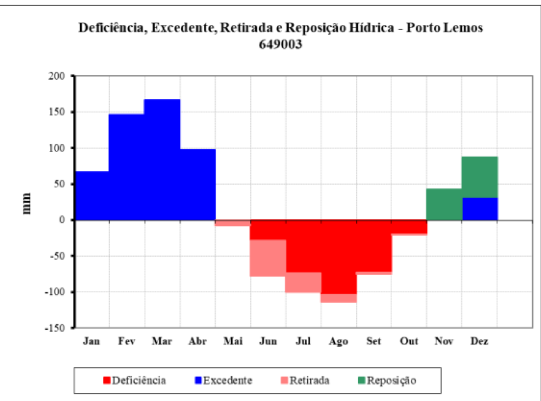
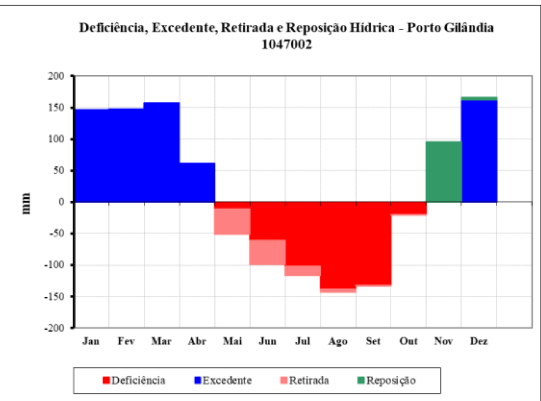
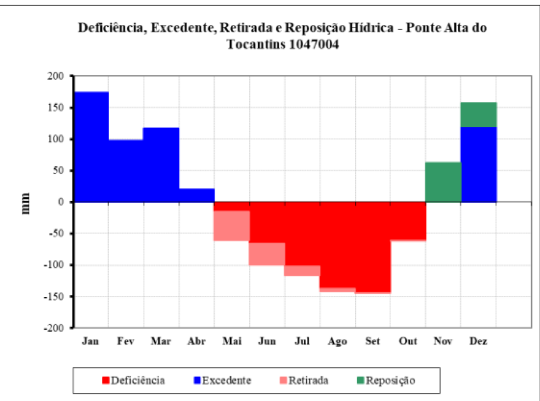
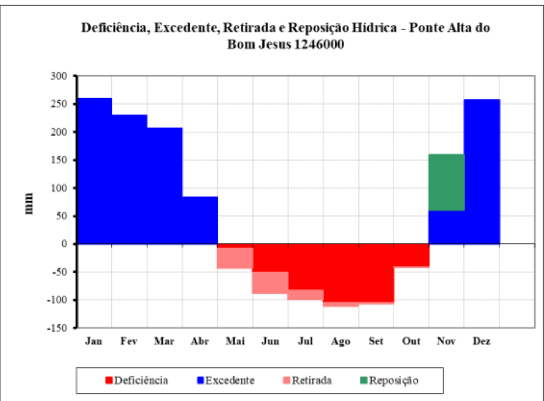
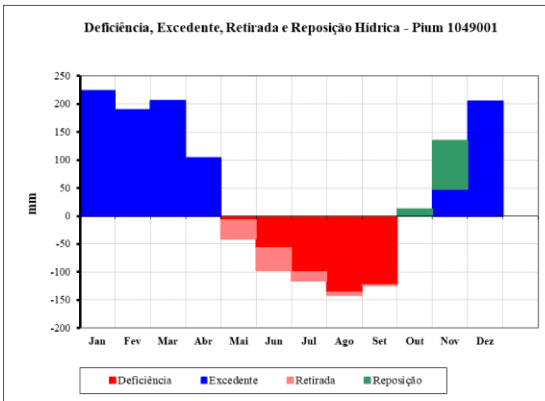
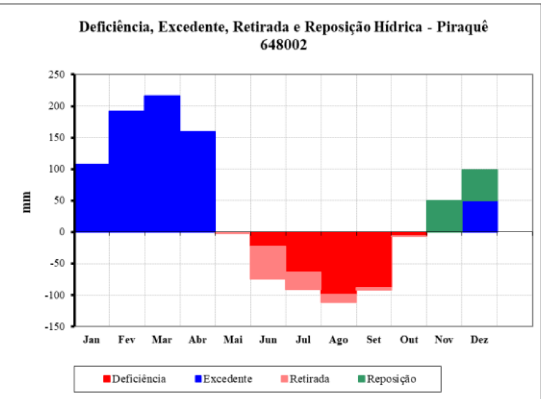
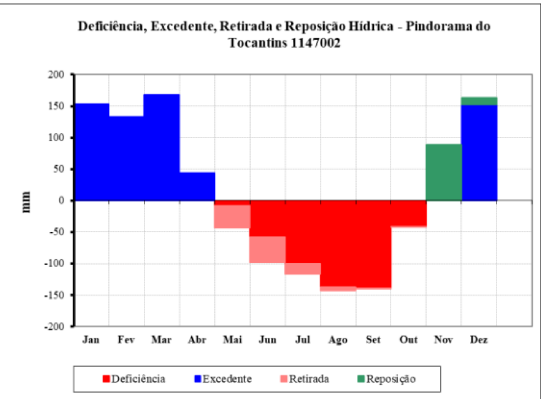
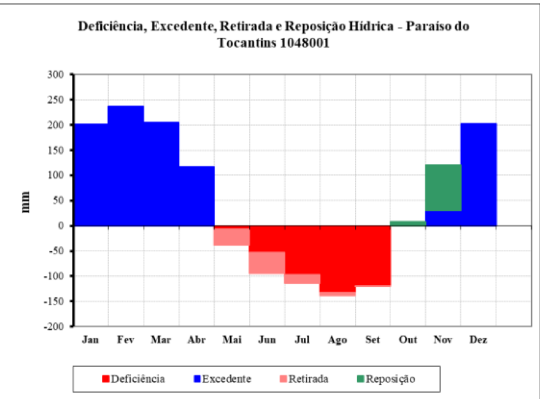
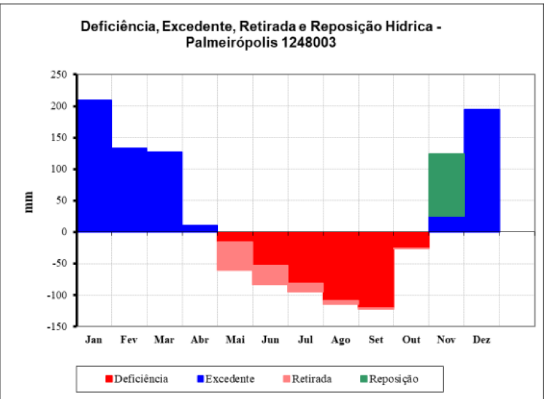
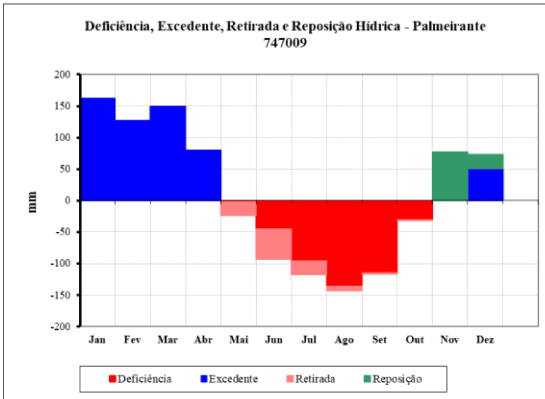
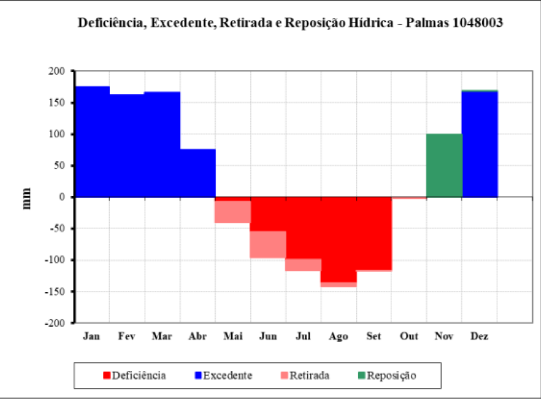
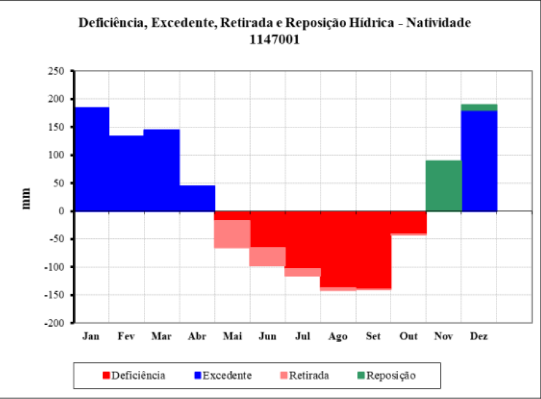
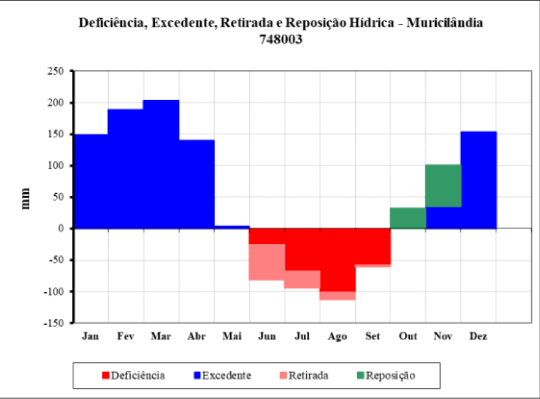
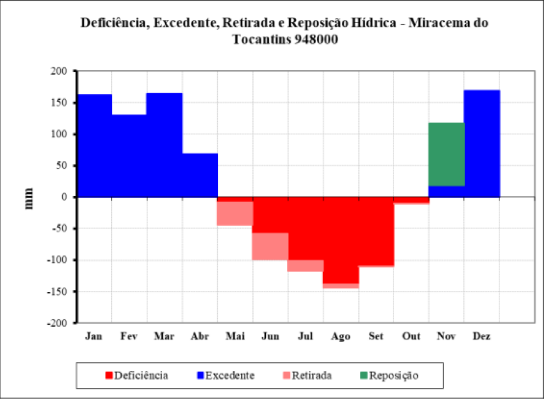
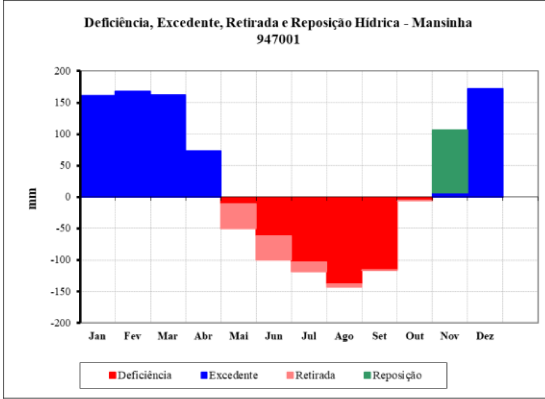
Entre os postos pluviométricos analisados, 41 deles, o que corresponde a 73% do total, apresentam deficiência hídrica até o mês de outubro, passando a partir do mês de novembro a ter reposição de água no solo e, conseqüentemente, excedente hídrico. Apenas 15 postos pluviométricos apresentam déficit hídrico até o mês de setembro e a partir de outubro reposição de água no solo.

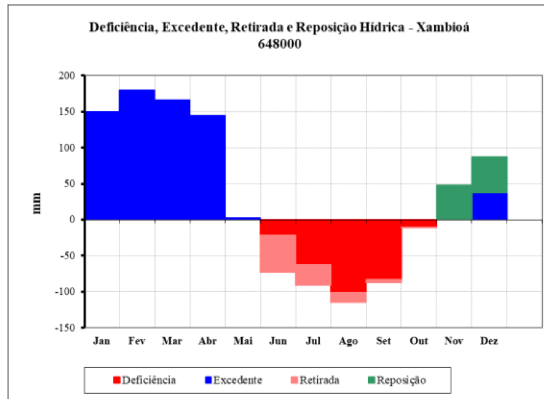
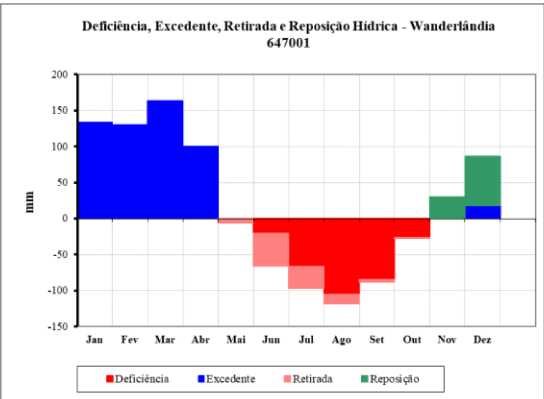
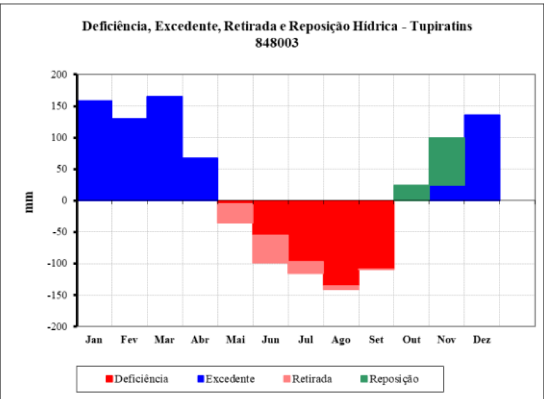
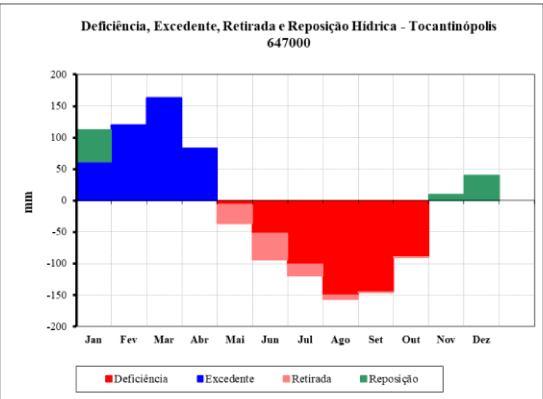
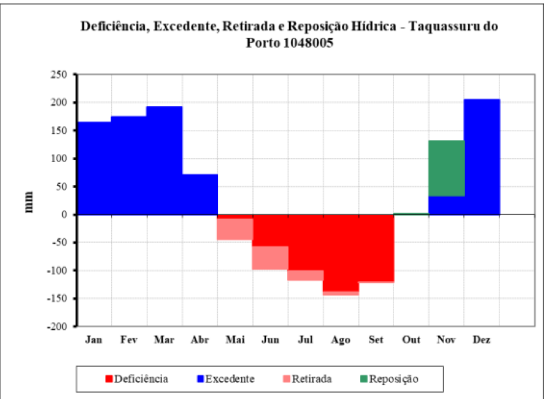
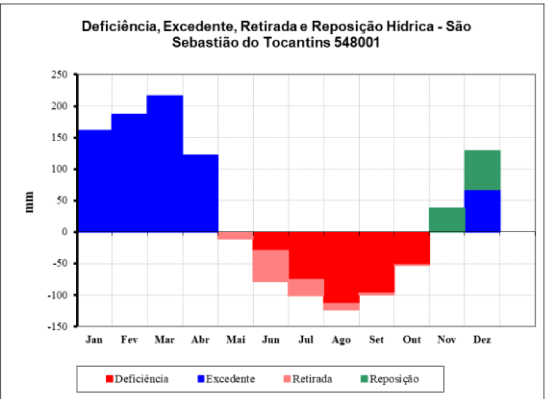
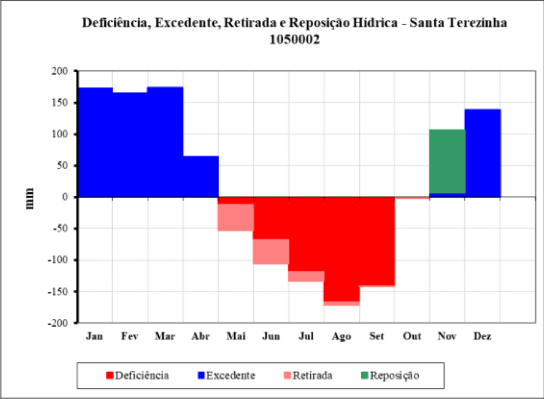
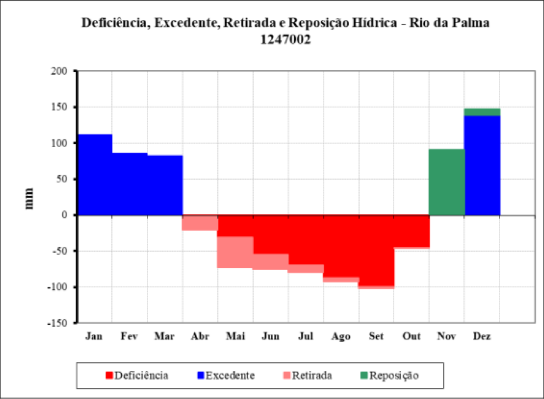
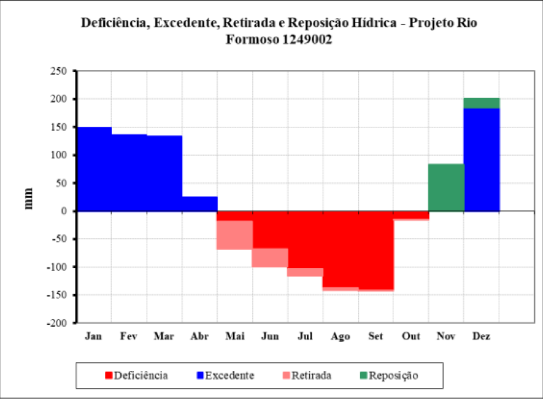
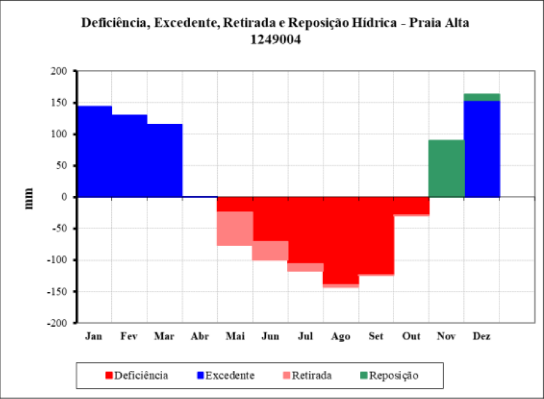
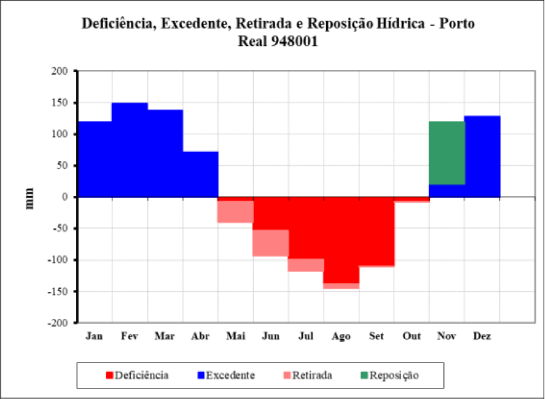
Em suma pode-se dizer que a reposição de água no solo e, conseqüentemente, o excedente hídrico no estado do Tocantins está presente entre os meses de novembro e abril e a partir de maio persistindo até o mês de outubro destaca-se a retirada de água no solo e a deficiência hídrica.

Figura 11 – Gráficos da deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica dos postos pluviométricos utilizados no estudo









Fonte: Agência Nacional de Águas (2018)..

4.1.7 *Classificação climática*

Os tipos climáticos do estado do Tocantins foram definidos por meio de duas propostas de classificação climática, as quais são: Köppen (1948) e a de Thornthwaite e Mather (1955).

4.1.7.1 *Köppen*

A partir das descrições relacionadas à Classificação climática de Köppen e quanto às características climáticas do estado do Tocantins, pode-se dizer que o clima do mesmo 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 9, que as menores temperaturas do ar são nos meses de janeiro e fevereiro, ambos com 23,9°C, ou seja, apresenta temperatura média superior à 18°C.

Tabela 9 – 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

Fonte: NCEP/NCAR Reanalysis (2018).

Já a tabela 10 demonstra os valores das médias pluviométricas do estado do Tocantins no período de 1985 a 2016. A partir da mesma nota-se que os maiores valores estão compreendidos entre os meses de novembro e abril, especialmente nos meses centrais do verão.

Tabela 10 – Médias pluviométricas 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

Fonte: Agência Nacional de Águas (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.

4.1.7.2 *Thorntwaite*

A tabela 11 apresenta a classificação de climas segundo Thorntwaite e Mather (1955) e os valores das classes de Iu (Índice de umidade) de cada tipo climático. A partir da mesma foram classificados os tipos climáticos das 56 localidades utilizadas neste estudo.

Percebe-se a partir da mesma 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 11 – 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
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

Posto Pluviométrico	Iu	Tipo Climático	Símbolo
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
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

Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

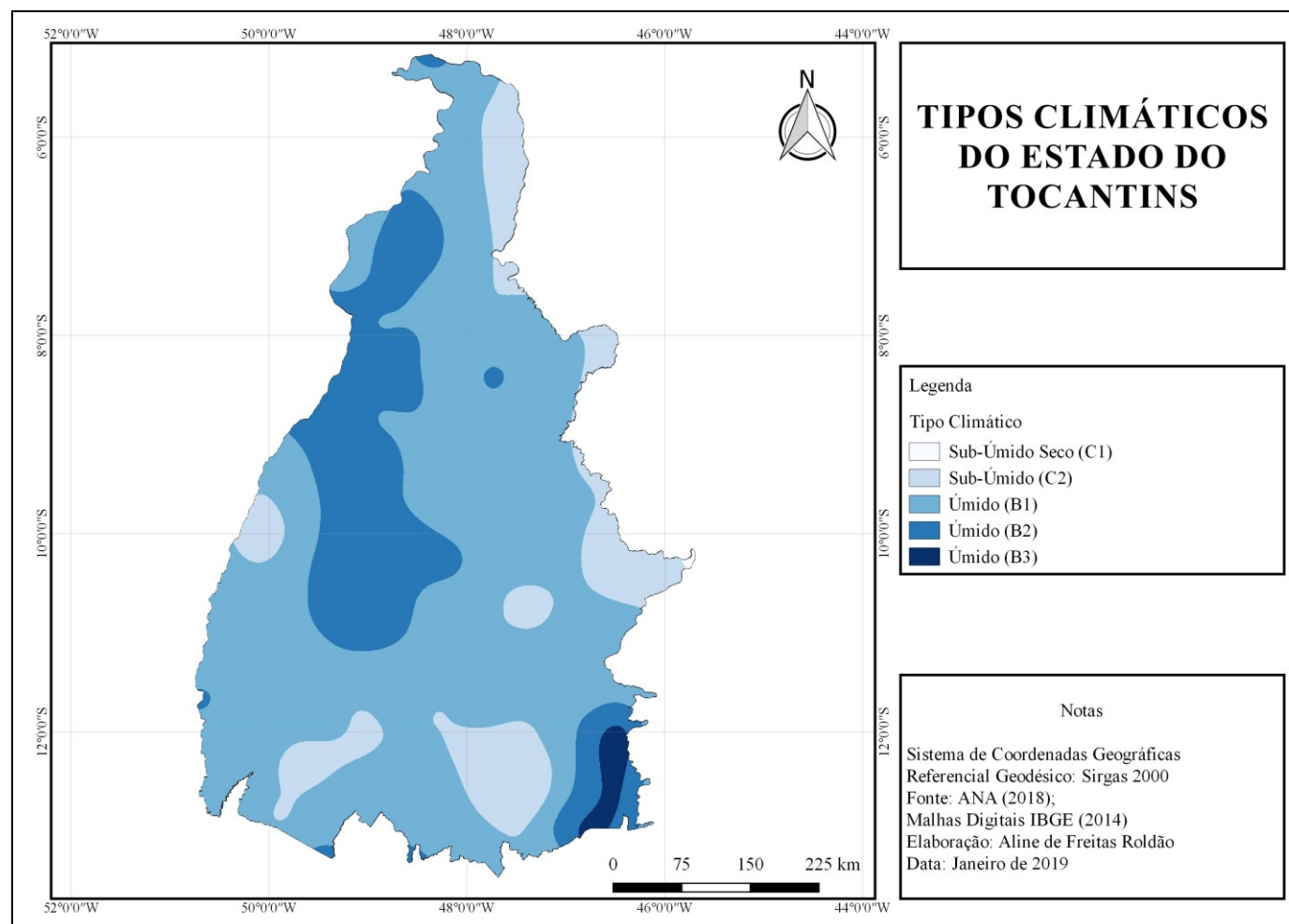
O mapa 9 mostra a distribuição dos tipos climáticos segundo Thornthwaite (1948) no território tocantinense. O tipo climático mais expressivo no estado é o Úmido (B₁), o qual ocupa de norte a sul e de leste a oeste o estado, como por exemplo, o município de

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 (B_2), o qual possui uma mancha espacializada na parte central do estado, que vai em direção às porções oeste e norte, abrigando 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.

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. O 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.

Mapa 9 – Tipos climáticos do estado do Tocantins



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

4.2 Cultura da soja no Tocantins

Os resultados pertinentes à cultura da soja no Tocantins tratam da evolução da cultura da oleaginosa ao longo dos últimos anos e da espacialização da mesma no estado, a fim de conhecer as áreas com maior plantio, produção e produtividade.

4.2.1 *Evolução do cultivo da soja no Tocantins*

A tabela 12 representa a evolução da soja no estado do Tocantins no que se refere à área plantada, quantidade produzida e rendimento médio entre os anos de 1988 e 2016.

Tabela 12 – Evolução da cultura da soja no Tocantins (1988 a 2016)

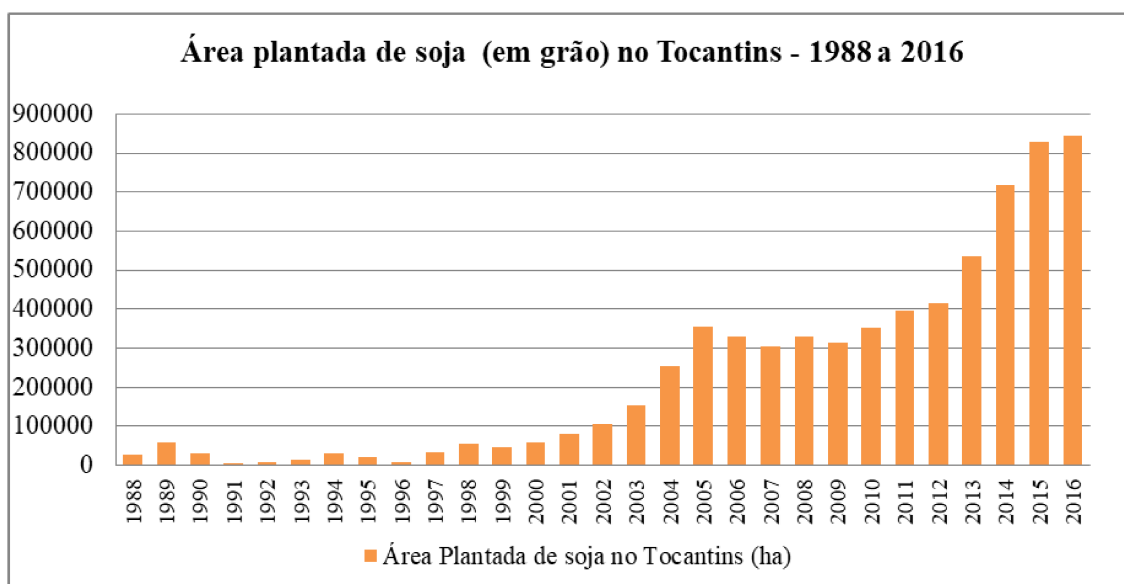
Soja no estado do Tocantins (1988 a 2016)			
Ano	Área Plantada (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)
1988	26589	46133	1552
1989	59070	104400	1664
1990	30120	35140	1192
1991	4500	8910	1807
1992	7040	11255	1534
1993	15945	26506	1595
1994	31110	57585	1873
1995	20237	36471	1739
1996	7019	14077	1773
1997	34463	45304	1804
1998	56862	123085	1781
1999	46256	113363	2156
2000	57919	144362	2366
2001	82098	188226	2182
2002	107377	244329	2138
2003	153048	377638	2315
2004	253466	652322	2468
2005	355300	905328	2445
2006	329220	742891	2340
2007	304096	731672	2386
2008	329508	894309	2680
2009	315560	875428	2747
2010	352875	991326	2796
2011	396132	1193453	2956

Ano	Área Plantada (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)
2012	415463	1276928	3004
2013	536545	1557939	2826
2014	719356	2094100	2870
2015	830031	2418367	2856
2016	845745	1922508	2357

Fonte: IBGE - Produção agrícola municipal (2018).

Até o final da década de 1900 o milho era o principal produto agrícola cultivado no estado do Tocantins. No entanto, a partir dos anos 2000 a soja começa a ser a protagonista no cenário agrícola do estado, chegando em 2016 a 845.745 hectares plantados, valor este cinco vezes maior que a área plantada de milho para o mesmo período. O gráfico 3 demonstra a evolução da área plantada de soja no estado do Tocantins entre os anos de 1988 a 2016.

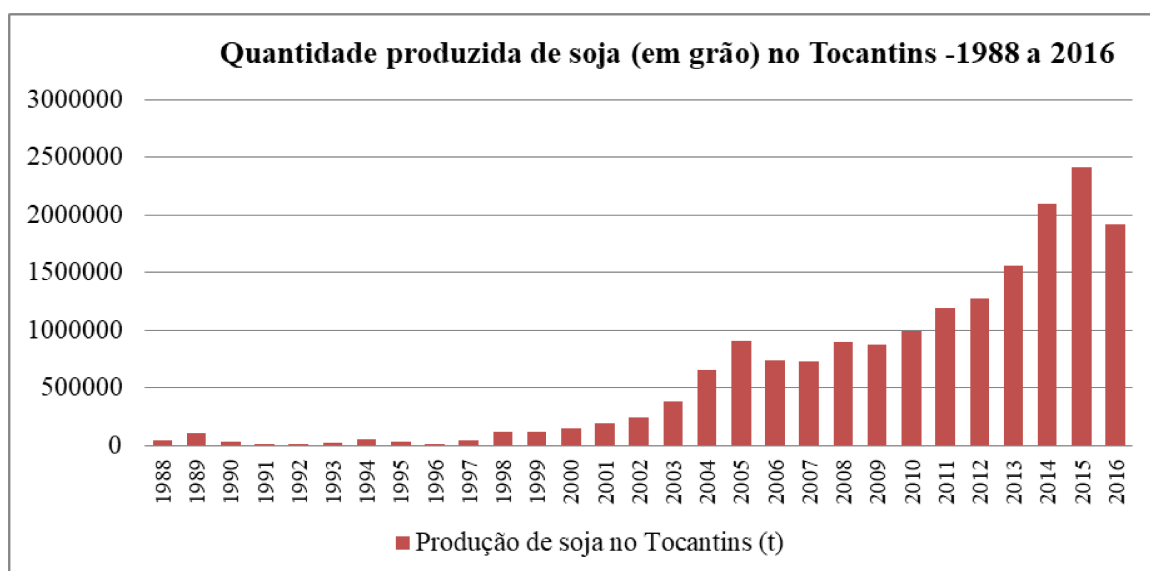
Gráfico 3 – Evolução da área plantada de soja no Tocantins (1988 a 2016)



Fonte: IBGE - Produção agrícola municipal (2018).

Ao observarmos o gráfico 4, que representa a quantidade produzida de soja no Tocantins entre 1988 e 2016, podemos perceber que até o ano de 2003 a quantidade produzida de soja era menor que 500.000 toneladas. A partir de 2004 a produção de soja no Tocantins evoluiu consideravelmente chegando a produzir em 2015 2.418.367 toneladas do grão. Importante ressaltar o ano de 2016 que teve uma queda na produção da oleaginosa, com valor de 1.922. 508 toneladas, ou seja, 495.859 toneladas a menos que o ano de 2015, que foi de 2.418.367 toneladas. Tal fato pode ter acontecido por algum fator climático adverso que tenha ocorrido neste ano

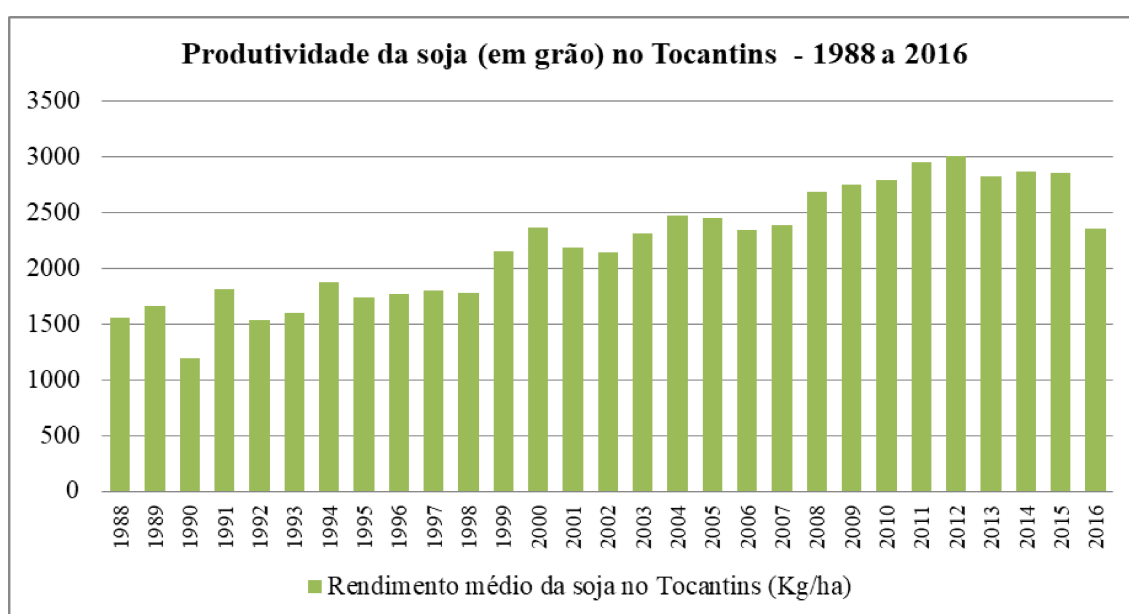
Gráfico 4 – Quantidade produzida de soja no Tocantins (1988 a 2016)



Fonte: IBGE - Produção agrícola municipal (2018).

No que diz respeito à produtividade, desde 1988 o rendimento médio de soja é maior que 1.500 kg/ha, com exceção do ano de 1990. Com o passar dos anos e atingindo a década de 2000 a produtividade da oleaginosa passou a ser superior a 2000 kg/ha, chegando em 2012 a um rendimento médio de 3004 kg/ha. O ano de 2016 teve uma queda na produtividade se comparado aos anos anteriores. Tal fato como já mencionado anteriormente pode ter relação com a configuração climática ocorrida neste ano (gráfico 5).

Gráfico 5 – Produtividade da soja no Tocantins (1988 a 2016)



Fonte: IBGE - Produção agrícola municipal (2018).

4.2.2 *Espacialização da soja no Tocantins*

O mapa 10 mostra a espacialização da área plantada de soja (em grão) no estado do Tocantins, no ano de 2015. É possível notar que em grande parte dos municípios tocaninenses, a área plantada de soja não ultrapassa os 10.000 hectares, principalmente no norte do estado, na microrregião Bico do Papagaio. Grande parte dos municípios dessa microrregião não planta soja, como por exemplo, Aguiarnópolis, Ananás, Angico, Araguatins, Buriti do Tocantins, Cachoeirinha, Itaguatins, Tocantinópolis, dentre outros.

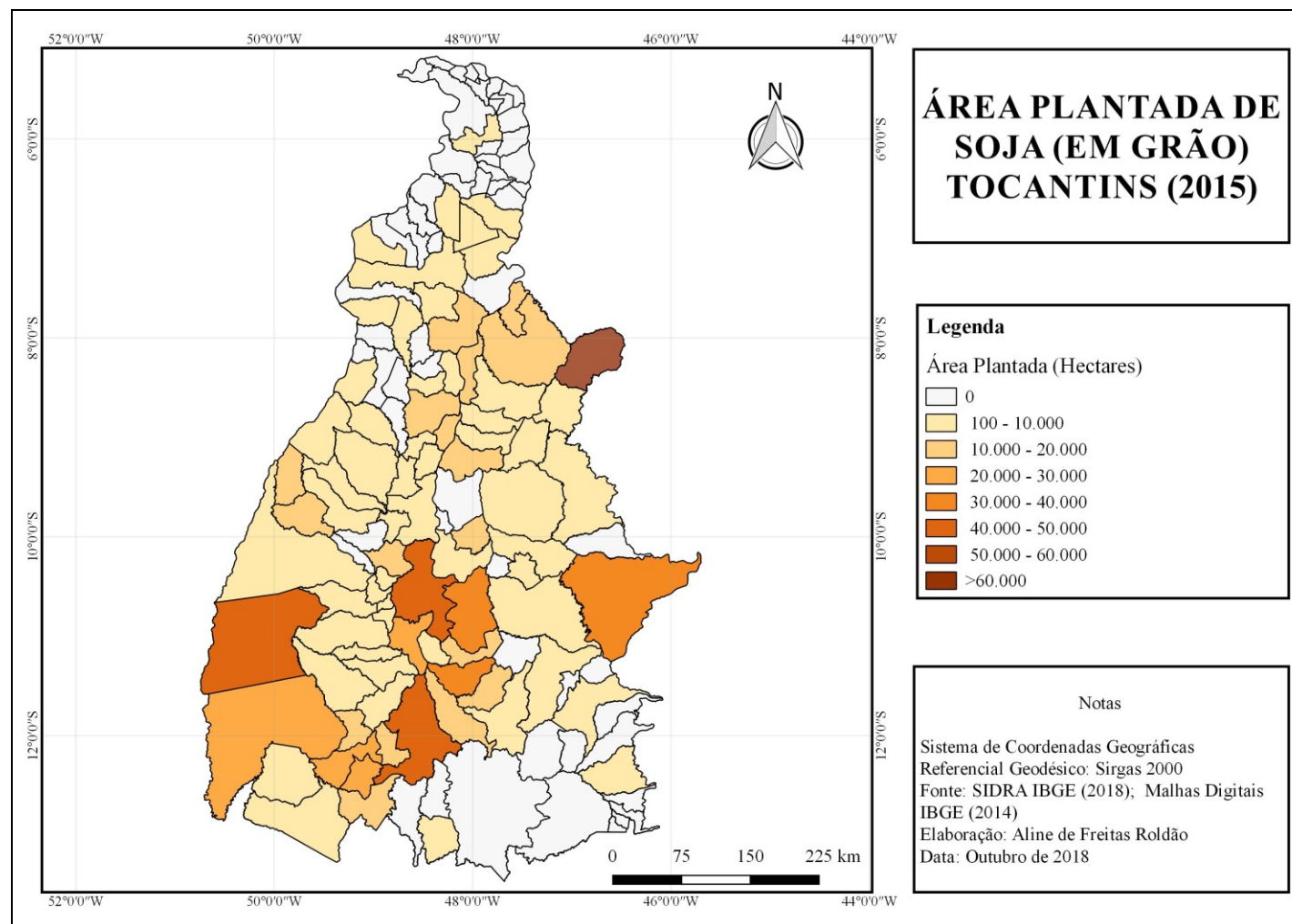
A microrregião de Araguaína possui também uma área plantada pouco expressiva, com grande parte dos municípios na faixa de 0 a 10.000 hectares, com exceção do município de Palmeirante, que teve uma área plantada em 2015 de 13.000 hectares. A microrregião de Miracema do Tocantins apresenta pouco destaque no plantio da soja do estado, com praticamente todos os municípios nos intervalos de 100 a 10.000 e 10.000 a 20.000 hectares. Nessa microrregião é importante destacar o município de Marianópolis do Tocantins, o qual teve em 2015 uma área plantada de 15.000 hectares, o maior da microrregião.

Na microrregião de Rio Formoso, o município com maior área plantada em 2015 foi Lagoa da Confusão, com 43.824 hectares. Já na microrregião de Gurupi, Peixe é o que possui a maior área plantada, com valor de 50.000 hectares em 2015. Importante destacar o município de Gurupi, o terceiro maior em população do estado do Tocantins, mas com pouco destaque no cultivo da soja, apenas 9.834 hectares em 2015. A microrregião de Porto Nacional possui alguns municípios com maior expressividade de área plantada no estado, como Monte do Carmo com 32.650 hectares (2015) e Porto Nacional que atingiu 43.092 hectares de soja plantada em 2015.

Jalapão é a microrregião que abriga o município líder no cultivo de soja do Tocantins, que é Campos Lindos. Tal município, localizado na divisa com o Maranhão plantou em 2015 72.700 hectares de soja. Outro município de destaque na microrregião do Jalapão é Mateiros que em 2015 plantou 35.000 hectares do grão.

A microrregião de Dianópolis possui pouco destaque no cenário da soja tocaninense. Os três municípios com as maiores áreas plantadas são, respectivamente: Chapada da Natividade, com 15.000 hectares (2015) e Santa Rosa do Tocantins com 35.000 hectares no ano de 2015.

Mapa 10 – Área plantada de soja no Tocantins (2015)



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018).

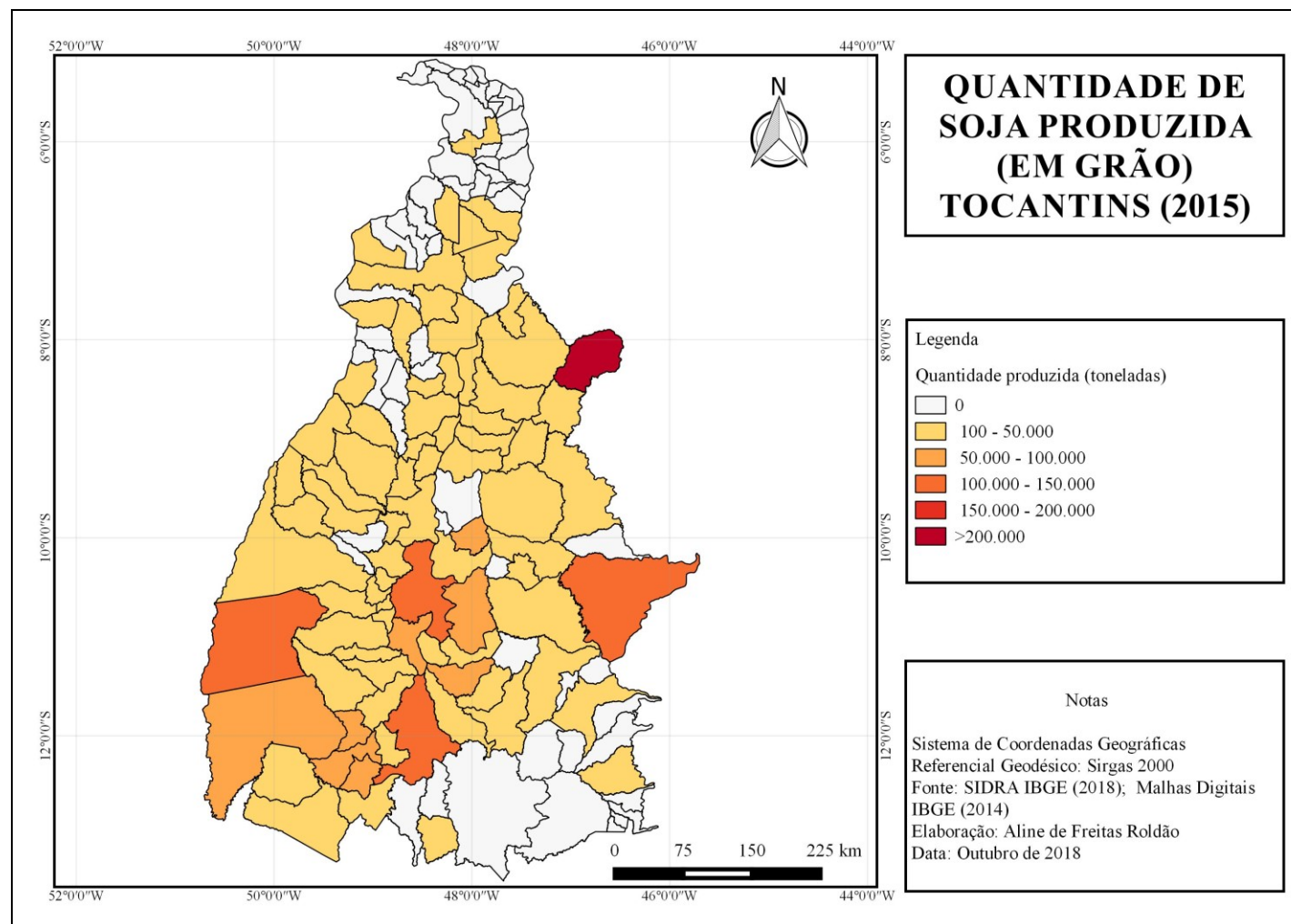
A partir do mapa 11 é possível observar a espacialização da produção de soja (em grão) no estado do Tocantins. Em 2015, o referido estado produziu 2.418.367 toneladas do grão. A microrregião com menor produção no referido ano é a do Bico do Papagaio, a qual registrou apenas dois municípios produtores em 2015, sendo São Bento do Tocantins com 1.500 toneladas e Darcinópolis com 21.802 toneladas.

A microrregião de Araguaína possui baixa produção de soja, sendo que em 2015 o município com maior quantidade produzida foi Palmeirante, com 26.000 toneladas. Em relação à microrregião de Miracema do Tocantins, os quatro municípios com maior produção em 2015 foram: Caseara (24.795 toneladas), Rio dos Bois (28.050 toneladas), Guaraí (36.300 toneladas) e Marianópolis do Tocantins (37.500 toneladas). Os demais municípios tiveram registro de produção inferior a 20.000 toneladas. No que diz respeito à microrregião de Rio Formoso, o município com maior quantidade produzida de soja em 2015 foi Lagoa da Confusão, que obteve uma quantidade produzida de 131.472 toneladas. Em seguida foi Formoso do Araguaia com 66.650 toneladas e em terceiro o município de Pium com 29.730 toneladas.

O município de Peixe é o que possui maior produção de soja na microrregião de Gurupi, tal município registrou em 2015 uma quantidade produzida de soja de 150.000 toneladas. Outros três municípios da microrregião de Gurupi possuem destaque na produção da oleaginosa, os quais são: Brejinho de Nazaré (63.000 toneladas), Alvorada (70.000 toneladas) e Figueirópolis (70.000 toneladas). A microrregião de Porto Nacional possui destaque no cenário produtivo de soja do Tocantins. O município de Porto Nacional produziu em 2015 um total de 129.166 toneladas do grão. Outros municípios da microrregião também tiveram registros superiores a 50.000 toneladas, como Aparecida do Rio Negro e Monte do Carmo, que tiveram uma quantidade produzida respectivamente, de: 52.920 toneladas e 97.950 toneladas.

Jalapão é a microrregião que está localizada o município com maior produção de soja do estado do Tocantins, que é Campos Lindos. O mesmo obteve em 2015 um total de 220.660 toneladas do grão. Mateiros é outro município com destaque na microrregião, produziu em 2015 um total de 110.250 toneladas. Na microrregião de Dianópolis, apenas três municípios tiveram em 2015 produção acima de 30.000 toneladas, os quais foram São Valério, com 38.000 toneladas, Chapada da Natividade, com 49.500 toneladas e Santa Rosa do Tocantins com 98.700 toneladas do grão.

Mapa 11 – Quantidade produzida de soja no Tocantins (2015)



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018).

Com relação à produtividade da soja no Tocantins no ano de 2016, nota-se por meio do mapa 12 que grande parte dos municípios do estado possui um rendimento médio do grão entre 2.000 e 3.000 kg/ha. A microrregião Bico do Papagaio destaca como a de menor produtividade de soja no Tocantins, tal fato ocorre devido os municípios dessa região não cultivar a oleaginosa. São Bento do Tocantins e Darcinópolis são duas exceções, visto que em 2015 tiveram um rendimento médio respectivamente de 3.000 e 3.115 kg/ha.

A microrregião de Araguaína, assim como a do Bico do Papagaio possui alguns municípios que não são produtores de soja, como Muricilândia, Aragominas, Xambioá, Carmolândia, Filadélfia, Pau d' Arco e Colinas do Tocantins e consequentemente estão na classe 0 de produtividade. Os municípios da microrregião de Araguaína no ano de 2015 com maior rendimento médio de soja são Nova Olinda e Wanderlândia, ambos com 2.900 kg/ha.

A microrregião de Miracema do Tocantins apresenta também alguns municípios que não produziram soja em 2015, como Bernardo Sayão, Colinas do Tocantins, Colmeia, Juarina, Pequizeiro, Itaporã do Tocantins, Brasilândia do Tocantins. No entanto, esta microrregião engloba quatro municípios com expressiva produtividade no ano de 2015, os quais são Divinópolis do Tocantins, Guaraí, Miranorte e Rio dos Bois, todos com rendimento médio de 3.300 kg/ha.

A microrregião de Rio Formoso possui apenas um município que não produz soja e consequentemente está na classe 0 de produtividade, sendo este o município de Chapada de Areia. Tal microrregião engloba três municípios que tiveram em 2015 uma produtividade bastante significativa, sendo Formoso do Araguaia com 3.263 kg/ha, Pium com 3.003 kg/ha e Sandolândia com 3.101 kg/ha.

Em relação à microrregião de Gurupi, esta engloba dois municípios que não produzem soja e consequentemente estão na classe 0 de produtividade, os quais são São Salvador do Tocantins e Jaú do Tocantins. Os demais municípios da microrregião possuem rendimento médio acima de 2.000 kg/ha, sendo os de maior produtividade, os seguintes: Gurupi (3.305 kg/ha) e Sucupira (3.422 kg/ha)

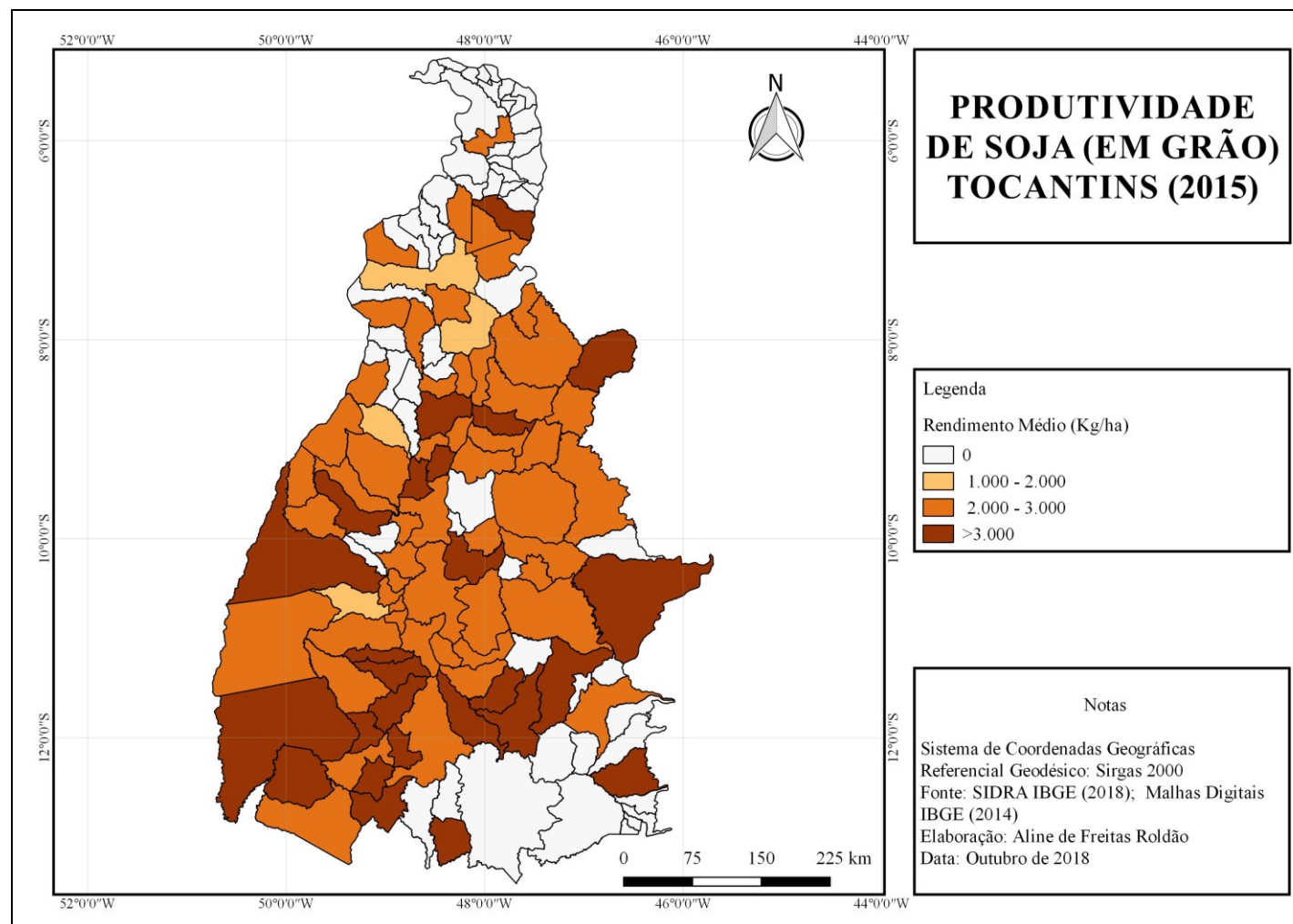
Os municípios de Lajeado e Tocantínia são os únicos da microrregião de Porto Nacional que não produziram soja em 2015 e estão na classe 0 de produtividade. Os demais municípios possuem valores de produtividade acima de 2.000 kg/ha, sendo o município com

maior valor de rendimento médio da soja no ano de 2015, o município de Santa Maria do Tocantins (3.300 kg/ha).

A microrregião do Jalapão possui dois municípios que não cultivam soja e encontram-se na classe 0 de rendimento médio, sendo Santa Tereza do Tocantins e São Félix do Tocantins. Os municípios com maior produtividade em 2015 foram Mateiros (3.150 kg/ha) e Campos Lindos (3.035 kg/ha), sendo o último o município que mais produz soja no estado do Tocantins.

Por fim, a microrregião de Dianópolis que assim como o Bico do Papagaio, possui pouca significância no cenário da produção de soja do estado. Municípios como os de Paranã, Arraias, Aurora do Tocantins, Conceição do Tocantins estão na classe de rendimento médio de 0 kg/ha, pelo fato de não produzirem soja. Taguatinga é o município com maior produtividade no ano de 2015, com 3.400 kg/ha.

Mapa 12 – Produtividade de soja no Tocantins (2015)



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018).

4.3 Veranicos no Tocantins

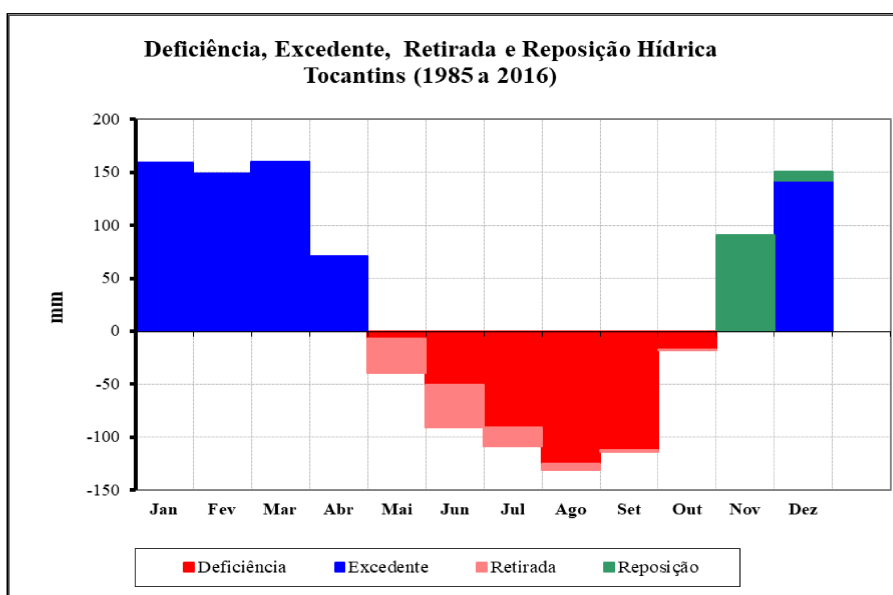
Neste tópico os resultados encontrados referem-se: ao período chuvoso no Tocantins, às ocorrências dos veranicos entre os postos pluviométricos analisados, à espacialização do fenômeno no território tocantinense e ainda a sua probabilidade de ocorrência.

4.3.1 *Período chuvoso no Tocantins*

O período chuvoso, conhecido também como estação chuvosa, foi definido a partir da disponibilidade hídrica, especialmente através da diferença entre a precipitação pluviométrica e a evapotranspiração potencial de cada mês. Sendo assim, o período chuvoso no estado do Tocantins compreende os meses entre novembro e abril.

O gráfico 6 demonstra bem o cenário da disponibilidade hídrica no território tocantinense. Observa-se que de maio a outubro o estado apresenta retirada e deficiência de água no solo e que a partir de novembro inicia-se o processo de reposição e posteriormente de excedente hídrico.

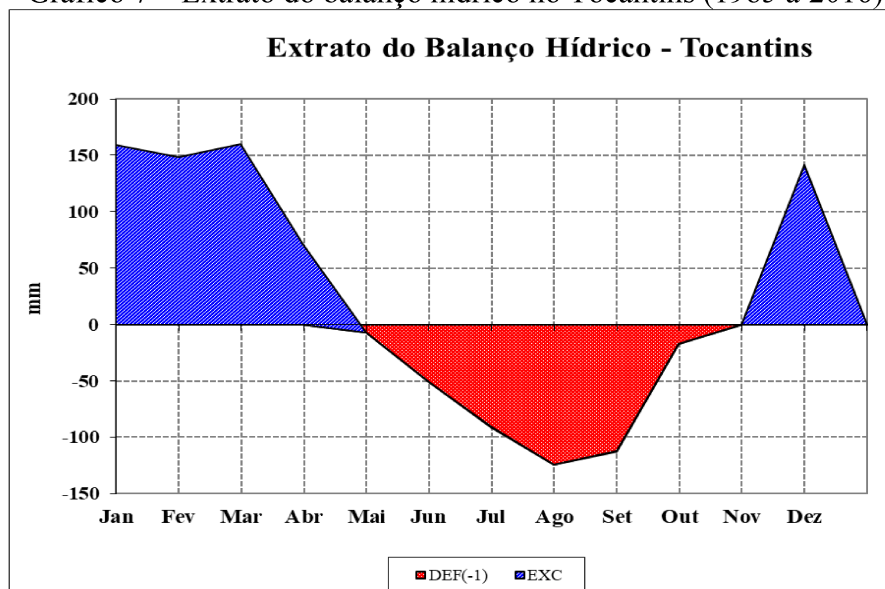
Gráfico 6 – Disponibilidade hídrica no Tocantins (1985 a 2016)



Fonte: elaboração própria, 2019.

O gráfico 7 representa o extrato do balanço hídrico no Tocantins. Nota-se que os meses entre novembro e abril (período chuvoso) são os que registram excedente hídrico. Já de maio a outubro (período seco) são os meses que ocorrem deficiência hídrica no estado.

Gráfico 7 – Extrato do balanço hídrico no Tocantins (1985 a 2016)



Fonte: elaboração própria, 2019.

A delimitação do período chuvoso é essencial para o procedimento de reconhecimento e contagem dos veranicos, uma vez que tal fenômeno ocorre dentro da estação chuvosa.

4.3.2 *Ocorrência de veranicos no Tocantins*

A ocorrência de veranicos no Tocantins durante o período analisado (1985-2016) foi de grande expressividade, sendo contabilizados 8.608 eventos desse fenômeno meteorológico registrados em postos pluviométricos do estado tocaninense, o que pode ser notado na tabela 13.

Tabela 13 – Ocorrência de veranicos no estado do Tocantins (1985 a 2016)

Posto Pluviométrico	Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Total
	Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Almas	25	6	1	0	24	1	2	0	23	1	2	1	19	5	1	0	18	2	1	0	24	14	4	3	177
Alvorada	25	4	0	1	28	2	0	1	24	5	0	0	20	2	0	0	20	2	0	1	19	18	5	3	180
Ananas	24	10	6	0	26	7	5	0	23	7	1	2	12	6	0	0	17	2	0	0	21	5	2	1	177
Araguacema	31	4	1	0	17	2	1	0	16	2	1	1	16	0	0	0	12	2	0	0	24	7	1	1	139
Araguaçu	21	9	1	0	21	3	1	2	27	2	1	0	22	2	1	1	25	3	2	0	26	15	0	8	193
Araguatins	27	14	2	2	25	10	3	1	17	4	2	1	15	4	0	0	17	3	2	0	24	4	2	0	179
Arapoema	24	5	0	0	24	4	0	0	18	1	1	0	9	2	1	0	8	0	0	0	18	4	2	0	121
Aurora do Norte	23	7	0	2	30	6	0	0	17	2	3	2	19	11	1	1	22	6	2	1	16	10	8	2	191
Boa Vista do Araguaia	25	10	1	0	23	3	3	2	18	3	2	0	12	6	0	0	24	3	0	0	15	6	2	1	159
Campos Lindos	27	7	2	0	29	3	0	0	24	4	0	0	11	3	0	0	21	4	0	0	20	9	5	2	171
Cangussu	26	3	0	0	18	4	0	0	15	1	2	1	15	2	2	2	19	1	1	0	17	13	2	1	145
Caseara	15	6	1	0	15	5	0	0	13	3	0	1	14	2	0	0	10	1	0	1	29	5	1	3	125
Colinas do Tocantins	30	6	2	1	16	5	0	0	21	4	0	0	17	2	0	0	17	4	0	0	18	7	3	0	153
Colônia	27	3	0	0	23	2	0	0	22	3	0	0	18	1	0	0	12	1	0	0	19	4	2	0	137
Conceição do Tocantins	23	11	1	0	19	6	1	1	24	4	2	2	21	3	3	1	25	7	1	1	21	10	9	3	199
Dianópolis	16	10	2	0	25	5	0	1	18	4	1	0	15	5	3	0	16	3	0	1	18	9	4	4	160
Dois Irmãos do Tocantins	12	3	2	0	18	0	0	0	11	2	0	0	6	1	1	0	10	3	0	0	17	5	3	1	95
Duere	23	2	0	0	23	5	0	0	16	5	0	1	15	0	1	0	16	1	0	0	27	10	2	1	148
Fátima	18	2	0	0	20	1	0	0	9	2	0	0	11	1	0	0	8	0	0	0	15	5	3	2	97
Fazenda Lobeira	21	6	1	0	22	2	2	0	17	1	1	1	26	0	0	0	16	2	1	0	21	12	4	1	157
Fazenda Primavera	18	6	3	1	27	3	0	1	12	3	0	1	16	1	0	0	15	3	0	0	20	3	3	0	136
Fazenda Santa Rita	23	9	3	0	24	4	2	0	23	6	1	2	24	5	1	1	20	5	3	2	12	15	6	8	199
Formoso do Araguaia	24	8	1	0	22	5	1	0	17	4	1	1	16	2	0	0	21	1	2	0	18	10	4	4	162
Goiatins	26	8	5	0	28	7	1	0	31	1	1	0	18	3	0	0	22	3	0	0	15	8	4	1	182

Posto pluviométrico	Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Total
	Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Guarai	25	5	0	0	25	0	1	0	15	0	0	0	6	1	0	1	21	1	0	0	15	10	5	0	131
Gurupi	23	4	1	0	24	3	0	1	20	5	3	0	19	2	0	0	19	5	2	1	22	7	5	2	168
Itacajá	18	7	0	0	15	1	1	0	15	1	1	0	12	1	0	0	11	2	0	0	14	4	4	0	107
Itaporã do Tocantins	25	1	0	0	19	1	0	0	18	3	2	0	14	2	0	0	13	1	0	0	20	7	2	1	129
Jatobá	27	7	1	0	26	3	0	0	22	2	1	1	20	2	0	0	24	3	0	0	27	7	5	2	180
Lizarda	27	8	0	1	19	6	1	0	25	2	1	1	13	3	1	1	22	6	0	1	23	10	7	3	181
Mansinha	37	6	0	0	21	3	1	0	19	1	2	0	11	1	0	1	22	3	0	2	22	9	3	2	166
Miracema do Tocantins	28	4	0	0	21	1	0	0	11	5	1	0	18	1	0	0	13	2	1	0	22	8	5	0	141
Muricilândia	20	6	2	0	29	1	1	1	18	3	0	1	14	2	0	0	12	3	0	0	17	7	0	0	137
Natividade	27	5	0	0	17	3	0	0	16	1	2	0	21	2	1	0	20	3	1	0	19	11	6	3	158
Palmas	22	2	1	2	15	2	1	0	12	3	0	1	13	1	0	1	11	2	1	0	26	4	4	1	125
Palmeirante	23	9	0	0	24	10	0	1	18	5	2	0	22	4	0	0	21	2	0	0	21	10	3	0	175
Palmeirópolis	21	8	3	0	12	3	1	0	16	2	3	1	20	7	0	0	20	7	3	2	17	13	5	7	171
Paraíso do Tocantins	23	3	0	0	19	1	1	0	7	3	1	0	11	0	1	0	11	0	0	0	15	12	2	1	111
Pindorama do Tocantins	23	3	2	0	15	3	0	0	20	0	1	0	14	3	0	0	14	4	1	0	23	5	6	2	139
Piraquê	21	7	3	0	25	5	0	0	23	3	3	0	12	3	0	0	7	1	0	0	15	2	2	0	132
Pium	17	4	0	0	18	3	1	0	20	1	0	0	11	1	0	0	12	2	0	0	22	9	4	0	125
Ponte Alta do Bom Jesus	16	5	0	1	12	3	0	0	12	3	1	0	16	3	0	1	13	3	0	0	9	12	4	3	117
Ponte Alta do Tocantins	25	8	0	1	22	6	2	1	14	2	4	0	19	4	1	0	26	3	1	1	19	7	7	4	177
Porto Gilândia	29	5	0	0	23	3	0	0	17	2	2	0	17	2	1	0	19	0	2	0	17	10	4	1	154
Porto Lemos	23	8	2	1	28	10	1	2	24	7	1	2	20	1	0	0	19	1	1	0	19	5	2	0	177
Porto Real	20	4	0	0	22	5	0	0	14	5	1	0	15	1	0	0	18	1	0	0	18	10	5	2	141
Praia Alta	21	2	0	0	25	0	5	0	22	1	1	0	20	0	3	0	25	3	1	0	22	11	3	3	168
Projeto Rio Formoso	19	6	1	0	14	2	0	0	18	4	1	0	16	1	0	0	13	4	2	0	19	10	4	2	136

Posto pluviométrico	Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Total
	Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
Rio da Palma	25	6	0	0	24	5	3	0	23	7	1	1	17	9	2	1	27	5	1	1	20	14	8	3	203
Santa Terezinha	23	4	1	0	25	2	0	0	14	1	2	0	8	2	0	0	16	0	0	0	29	5	4	1	137
São Sebastião do Tocantins	31	6	3	1	28	6	1	0	27	3	1	0	20	4	0	0	10	1	0	0	22	6	0	0	170
Taquarussu do Porto	20	1	0	0	21	2	0	0	14	1	1	0	15	4	0	0	12	1	1	0	13	7	2	5	120
Tocantinópolis	28	9	5	2	18	7	7	1	34	3	1	0	19	6	1	0	20	0	0	0	24	4	4	0	193
Tupiratins	30	4	1	0	24	5	0	1	15	4	0	1	11	4	1	0	21	1	0	0	16	9	3	0	151
Wanderlândia	27	6	2	0	26	4	0	0	20	1	1	2	15	4	0	0	14	0	0	0	12	9	1	0	144
Xambioá	21	7	4	1	27	6	2	0	19	1	3	1	19	3	1	0	21	2	0	0	20	4	0	0	162
Total	1319	329	67	17	1230	210	52	17	1038	159	66	29	885	153	28	12	958	134	33	15	1093	466	200	98	8608

Fonte: elaboração própria, 2019.

Ainda de acordo com a tabela 13, percebe-se que o posto pluviométrico com maior ocorrência de veranicos durante o período de análise é o de Rio da Palma no município de Conceição do Tocantins, com 203 registros. Conceição do Tocantins está localizada na microrregião de Dianópolis, na porção sudeste do estado. Outros dois postos também tiveram um registro bastante significativo do fenômeno, os quais foram Fazenda Santa Rita no município de Paranã e Conceição do Tocantins, que contabilizaram cada um 199 veranicos entre 1985 e 2016. Os mesmos também se localizam na microrregião de Dianópolis, no sudeste do Tocantins.

Os três postos predominaram a classe A de veranicos, ou seja, com duração de 6 a 10 dias em todos os meses analisados. No caso do posto Rio da Palma foram as seguintes ocorrências de veranicos classe A: novembro (25); dezembro (24); janeiro (23); fevereiro (17); março (27) e abril (20). Já no posto Santa Rita a classe A de veranicos teve as seguintes ocorrências: novembro (23); dezembro (24); janeiro (23); fevereiro (24); março (20) e abril (12) e por fim o posto Conceição do Tocantins com: novembro (23); dezembro (19); janeiro (24); fevereiro (21); março (25) e abril (21).

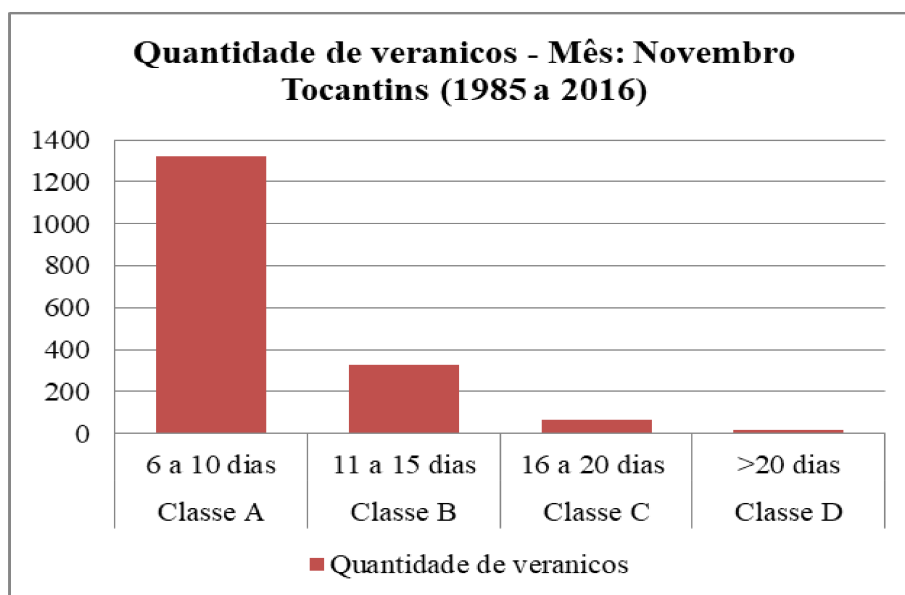
Vale ressaltar que os três postos mencionados tiveram ocorrência de veranicos classe D (> 20 dias) durante a série histórica analisada.

Em relação aos postos pluviométricos que registraram as menores ocorrências de veranicos entre 1985 e 2016, temos o posto de Dois Irmãos do Tocantins, com apenas 95 registros e Fátima com 97. O município de Dois Irmãos do Tocantins localiza-se na porção oeste do estado, na microrregião de Miracema do Tocantins. Já Fátima pertence à microrregião de Rio Formoso e está situado na porção centro-oeste do Tocantins. É importante lembrar que ambos os municípios e seus respectivos postos pluviométricos estão localizados na porção mais chuvosa do estado e tal fato explica a menor ocorrência de veranicos em seus territórios.

O gráfico 8 permite a visualização da quantidade de veranicos no mês de novembro no estado do Tocantins. A partir da mesma é possível observar que o referido mês teve um número bem alto de ocorrências do fenômeno, principalmente da classe A (veranicos de 6 a 10 dias) que contabilizou 1.319 veranicos. A classe B (11 a 15 dias) foi a segunda com maior registro, foram 329 ocorrências. A classe C (16 a 20 dias) foram 67 registros e, por fim, a classe D (>20 dias) que teve 17 ocorrências do fenômeno entre o período analisado. O mês de

novembro corresponde ao período de germinação da soja no Tocantins, uma vez que em tal estado o plantio da oleaginosa ocorre no referido mês. Sendo assim, é importante estar atento principalmente para os veranicos de maior duração, pois nessa fase ocorre na planta uma sensibilidade à falta de água, o que pode trazer prejuízos ao seu rendimento final.

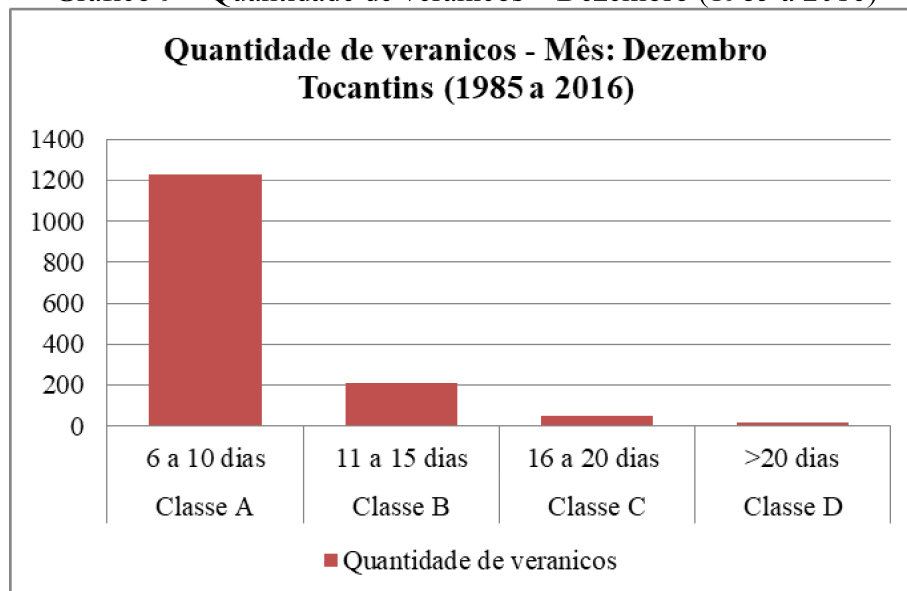
Gráfico 8 – Quantidade de veranicos – Novembro (1985 a 2016)



Fonte: elaboração própria, 2019.

A quantidade de veranicos no mês de dezembro no Tocantins está representada no gráfico 9. Nota-se um número expressivo da classe A (6 a 10 dias) do fenômeno, com registro de 1.230 ocorrências. A segunda classe com maior expressividade foi a B (11 a 15 dias) com 210 registros. Na classe C (16 a 20 dias) foram 52 ocorrências e a classe D (>20 dias) 17 ocorrências de veranicos.

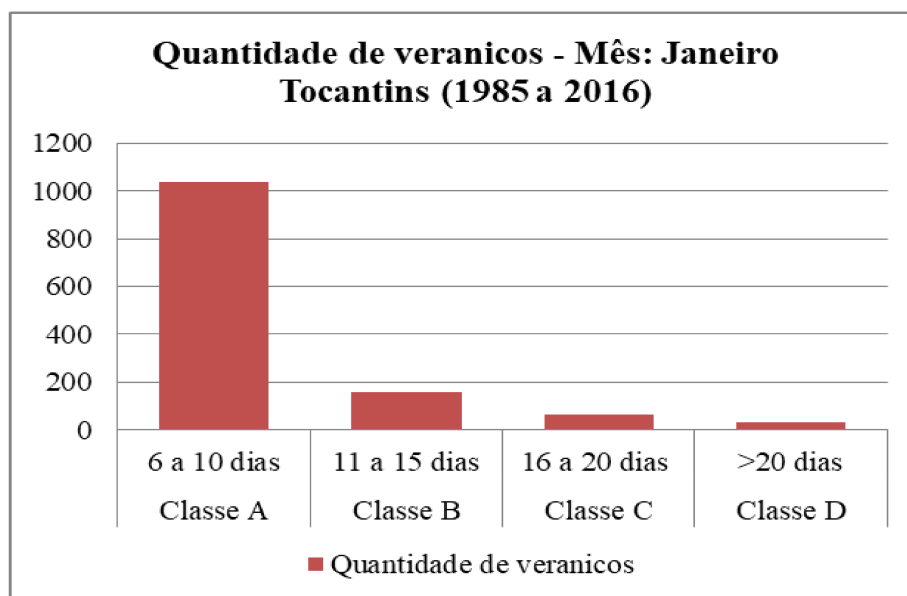
Gráfico 9 – Quantidade de veranicos – Dezembro (1985 a 2016)



Fonte: elaboração própria, 2019.

O gráfico 10 refere-se a quantidade de veranicos no mês de janeiro no Tocantins. O referido mês destaca-se como o de maior necessidade hídrica para a cultura da soja, pois é nessa época que a planta encontra-se nas fases de floração e enchimento do grão, e a ausência de chuvas pode causar o abortamento de flores e de vagens e interferir diretamente na produtividade final do grão. A partir do gráfico fica claro que a classe A (6 a 10 dias) foi a de maior ocorrência, com 1.038 veranicos. Já a classe B (11 a 15 dias) teve 159 registros. Na classe C (16 a 20 dias) foram 66 ocorrências e a classe D (>20 dias) 29 ocorrências do fenômeno, número bem maior se comparado aos meses de novembro e dezembro.

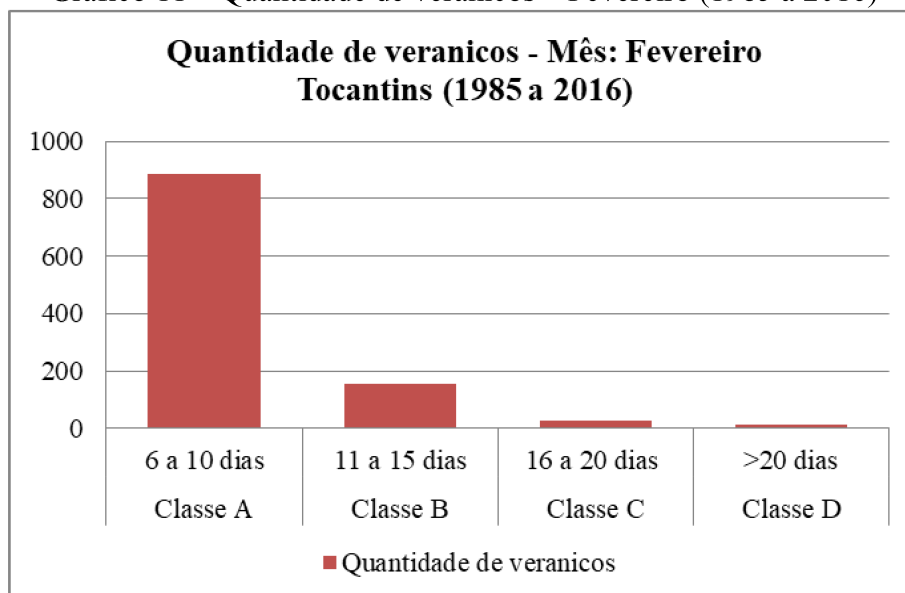
Gráfico 10 – Quantidade de veranicos – Janeiro (1985 a 2016)



Fonte: elaboração própria, 2019.

A quantidade de veranicos no mês de fevereiro no Tocantins está representada na gráfico 11. Assim como nos meses anteriores, o maior número de ocorrências do fenômeno foi na classe A (6 a 10 dias), com 885 registros. Em seguida foi a classe B (11 a 15 dias), com 153 ocorrências. A classe C (16 a 20 dias) teve um registro de 28 veranicos em fevereiro e por fim a classe D (>20 dias) com apenas 12 ocorrências. É importante destacar que o menor registro de veranicos no mês de fevereiro em todas as classes se dá pelo fato de que este mês possui uma maior regularidade pluviométrica no estado.

Gráfico 11 – Quantidade de veranicos – Fevereiro (1985 a 2016)

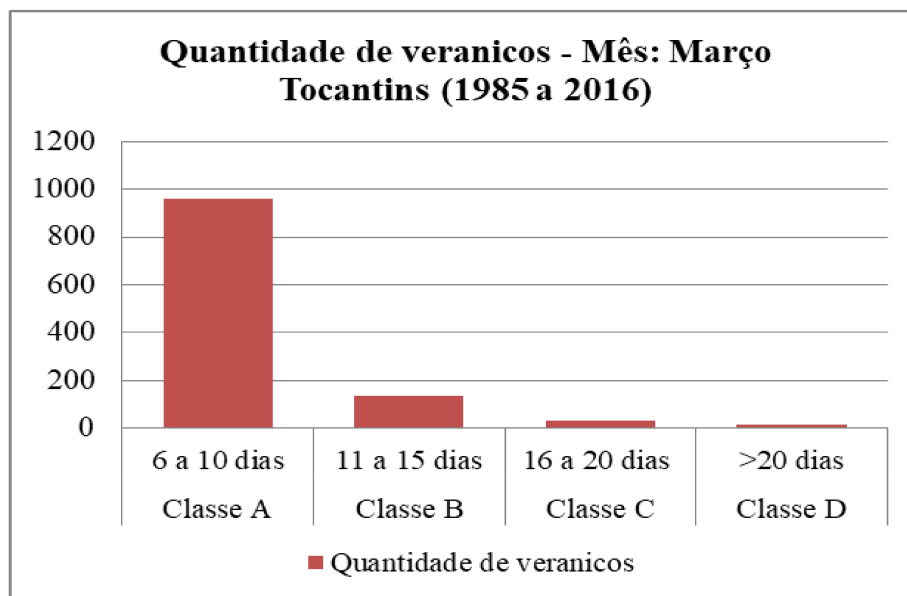


Fonte: elaboração própria, 2019.

Por meio do gráfico 12 é possível analisar a quantidade de veranicos no mês de março no estado do Tocantins. A classe A (6 a 10 dias) foi a de maior destaque, com 958 ocorrências. Em seguida foi a classe B (11 a 15 dias), com 134 registros, a classe C (16 a 20 dias), com 33 veranicos, e por fim a classe D (>20 dias), que registrou 15 ocorrências.

A ocorrência de veranicos no mês de março no Tocantins já não representa tanto risco para a cultura da soja, uma vez que nessa época já está ocorrendo a colheita, sendo necessário nesse período alguns dias sem chuva.

Gráfico 12 – Quantidade de veranicos – Março (1985 a 2016)

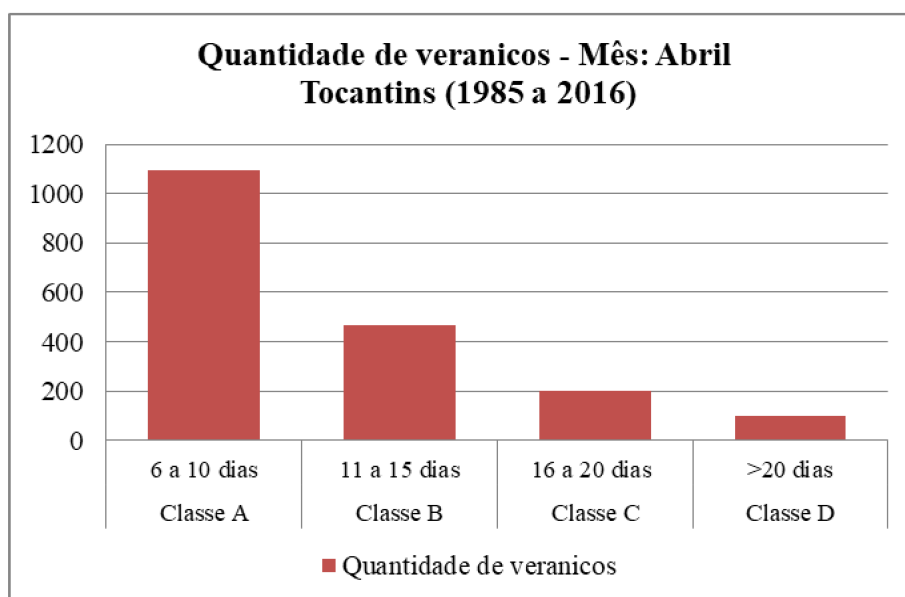


Fonte: elaboração própria, 2019.

O gráfico 13 corresponde à quantidade de veranicos no mês de abril. O referido mês registrou um número bastante expressivo de veranicos em todas as classes de duração, sendo: classe A(6 a 10 dias), com 1.093 ocorrências, classe B (11 a 15 dias), com 466, classe C (16 a 20 dias), com 200 e a classe D (>20 dias), com 98 ocorrências do fenômeno.

A maior ocorrência de veranicos em abril se dá pelo fato de neste mês as chuvas já serem menos recorrentes, ou seja, é o mês que antecede o início do período seco no estado. Além do maior registro de veranicos em todas as classes, é importante destacar o número elevado de veranicos classe D (>20 dias), que ocorre também devido à diminuição das chuvas no mês de abril. Em relação às praticas agrícolas, especialmente a soja, os veranicos nesse mês já não causam interferências, uma vez que em abril já houve a colheita.

Gráfico 13 – Quantidade de veranicos – Abril (1985 a 2016)



Fonte: elaboração própria, 2019.

4.3.3 *Distribuição espacial dos veranicos no Tocantins*

A distribuição espacial dos veranicos no estado do Tocantins não ocorre de forma uniforme no território. O mapa 13 representa os veranicos registrados em postos pluviométricos do estado tocaninense no período de 1985 a 2016.

A área com maior representatividade do fenômeno ocorre na microrregião de Dianópolis, porção sudeste do estado, na divisa com o estado de Goiás. Nessa área estão localizados os postos pluviométricos com maior ocorrência de veranicos, como: Rio da Palma no município de Conceição do Tocantins, com 203 registros; Fazenda Santa Rita no município de Paranã e Conceição do Tocantins, que contabilizaram cada um 199 veranicos entre 1985 e 2016 e ainda o posto pluviométrico do município de Aurora do Norte com 191 ocorrências.

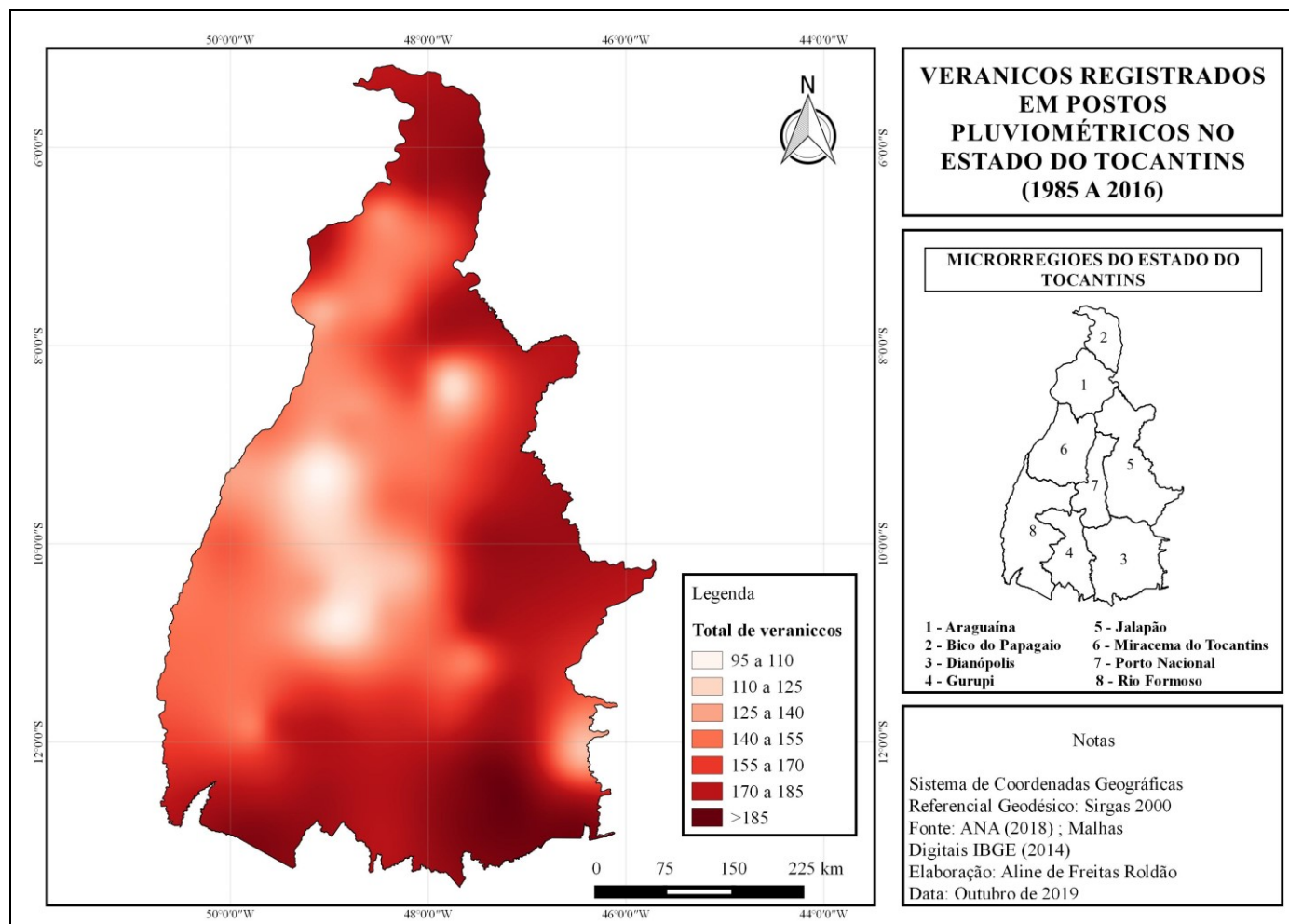
Os postos pluviométricos de Araguaçu e de Tocantinópolis também tiveram registros expressivos do fenômeno, ambos com 193 ocorrências durante o período analisado. O município de Araguaçu está inserido na microrregião de Rio Formoso, na divisa com Goiás. Já Tocantinópolis faz parte da microrregião Bico do Papagaio e está localizado na divisa com o Maranhão, às margens do Rio Tocantins.

No que tange aos postos pluviométricos que registraram as menores ocorrências de veranicos, estes estão localizados na microrregião de Miracema do Tocantins, como é o caso de Dois Irmãos do Tocantins, com apenas 95 registros, e na microrregião de Rio Formoso, o município de Fátima, com 97 ocorrências. É importante destacar o posto pluviométrico do município de Ponte Alta do Bom Jesus, inserido na porção sudeste do estado, que no mapa é representado por uma tonalidade mais clara, o que indica menor ocorrência de veranicos. O referido posto teve um registro de 117 ocorrências do fenômeno.

A partir do mapa 13 fica claro que as regiões sul, leste e nordeste do Tocantins são as que apresentam os maiores registros de veranicos.

Já as regiões oeste, centro-oeste e noroeste são as de menor representatividade do fenômeno. Tais áreas são as mais chuvosas do estado e também apresentam maior regularidade pluviométrica, o que explica a menor ocorrência dos veranicos.

Mapa 13 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins (1985 a 2016)



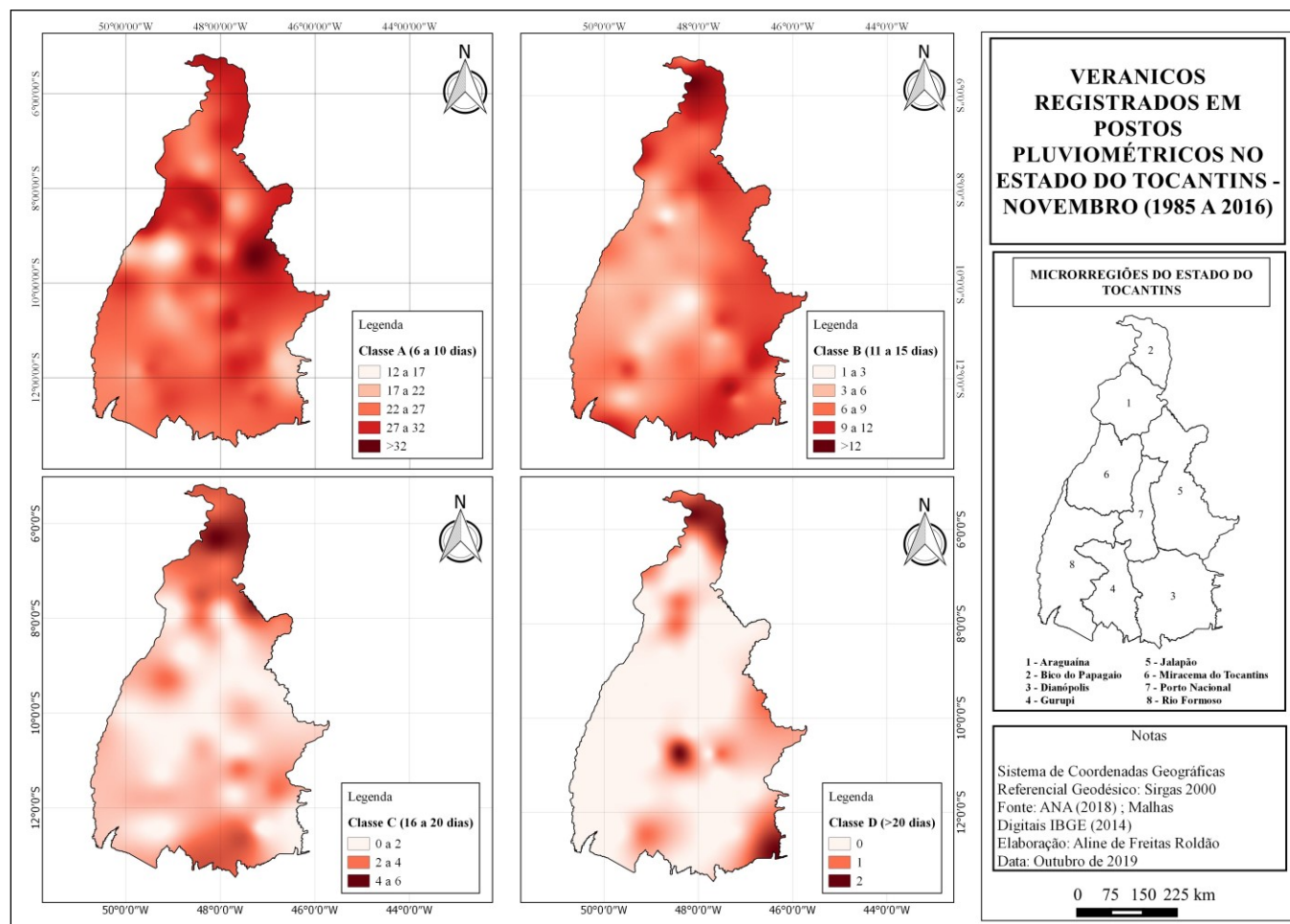
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

O mapa 14 refere-se aos veranicos registrados em postos pluviométricos no estado do Tocantins no mês de novembro no período de 1985 a 2016, a partir das quatro classes de duração do fenômeno: Classe A (6 a 10 dias); Classe B (11 a 15 dias); Classe C (16 a 20 dias) e Classe D (>20 dias). Nota-se no mês de novembro uma maior ocorrência de veranicos Classe A (6 a 10 dias), especialmente no posto pluviométrico de Mansinha, no município de Rio Sono, que registrou 37 ocorrências. Tal município faz parte da microrregião do Jalapão, na porção leste do estado. Em contrapartida, o posto pluviométrico do município de Dois Irmãos do Tocantins, na microrregião de Miracema do Tocantins foi o que obteve a menor ocorrência de veranicos Classe A, com apenas 12 registros.

A segunda classe com maior destaque de ocorrências em novembro é a Classe B (11 a 15 dias). O posto pluviométrico de Araguatins na microrregião Bico do Papagaio foi o de maior destaque, registrando 14 ocorrências. Já as menores ocorreram nos postos pluviométricos de Itaporã do Tocantins (microrregião de Miracema do Tocantins) e no posto pluviométrico Taquarussu do Porto no município de Palmas (microrregião de Porto Nacional). Ambos os postos tiveram apenas 1 registro de veranicos classe B no período analisado. Os veranicos classe C (16 a 20 dias) possuem menor recorrência em novembro, sendo que os postos pluviométricos que registraram maiores ocorrências dessa classe foram: Ananas (6 registros) e Goiatins (5 registros). O município de Ananas faz parte da microrregião Bico do Papagaio e Goiatins da microrregião do Jalapão. Vários postos não tiveram registros da Classe C, como: Alvorada, Arapoema, Fátima, Itaporã do Tocantins, Pium, entre outros.

Já em relação aos veranicos classe D (>20 dias) nota-se que a maior ocorrência foi de 2 registros, que ocorreram nos seguintes postos pluviométricos: Araguatins, Aurora do Norte, Palmas e Tocantinópolis.

Mapa 14 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Novembro (1985 a 2016)



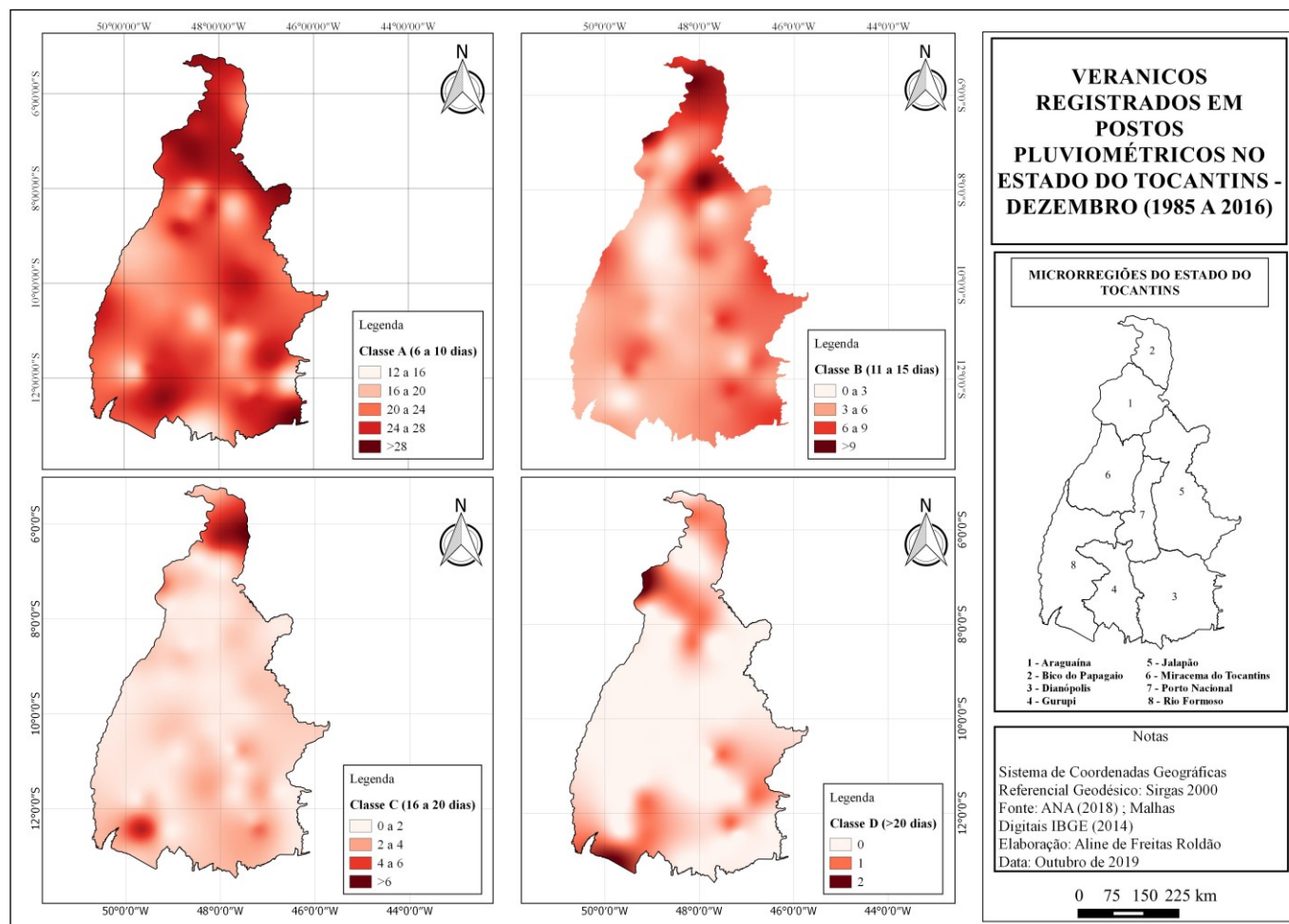
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

Sobre os veranicos registrados em postos pluviométricos no estado do Tocantins no mês de dezembro, estes podem ser observados no mapa 15. Em relação à duração do fenômeno, a classe A (6 a 10 dias) é a de maior destaque, com as maiores ocorrências. O posto pluviométrico do município de Aurora do Norte, na microrregião de Dianópolis foi o que teve o maior registro, com 30 ocorrências no mês de dezembro no período de 1985 a 2016. Outros dois postos tiveram 29 registros do fenômeno, os quais foram Campos Lindos e Muricilândia, o primeiro na microrregião do Jalapão e o segundo na de Araguaína. Os postos pluviométricos dos municípios de Ponte Alta do Bom Jesus na microrregião de Dianópolis e Palmeirópolis na microrregião de Gurupi foram os que registraram as menores ocorrências de veranicos Classe A, com apenas 12 registros.

Em relação à classe B (11 a 15 dias) três postos tiveram 10 ocorrências em dezembro entre 1985 e 2016: Araguatins na microrregião Bico do Papagaio, Palmeirante e Porto Lemos, município de Santa Fé do Araguaia, ambos na microrregião de Araguaína. Já os postos pluviométricos de Dois Irmãos do Tocantins, Guaraí e Praia Alta (Sandolândia) não tiveram ocorrências de veranicos classe B em dezembro. Os municípios de Dois Irmãos do Tocantins e Guaraí estão inseridos na microrregião Miracema do Tocantins e o município de Sandolândia na microrregião Rio Formoso. No que se refere aos veranicos classe C (16 a 20 dias), o posto de Tocantinópolis na microrregião Bico do Papagaio foi o que teve maior destaque no mês de dezembro, com 7 ocorrências entre 1985 e 2016. Pelo fato dessa classe de duração de veranicos não ser tão recorrente no estado, vários foram os postos pluviométricos que não registraram nenhuma ocorrência, como por exemplo: Alvorada, Arapoema, Aurora do Norte, Caseara, Fátima, Gurupi, Palmeirante, Ponte Alta do Bom Jesus, dentre outros.

Por fim, a classe D (>20 dias), a de menor ocorrência, teve três postos pluviométricos com 2 registros entre 1985 e 2016: Araguaçu, Boa Vista do Araguaia (Araguaína) e Porto Lemos (Santa Fé do Araguaia).

Mapa 15 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Dezembro (1985 a 2016)



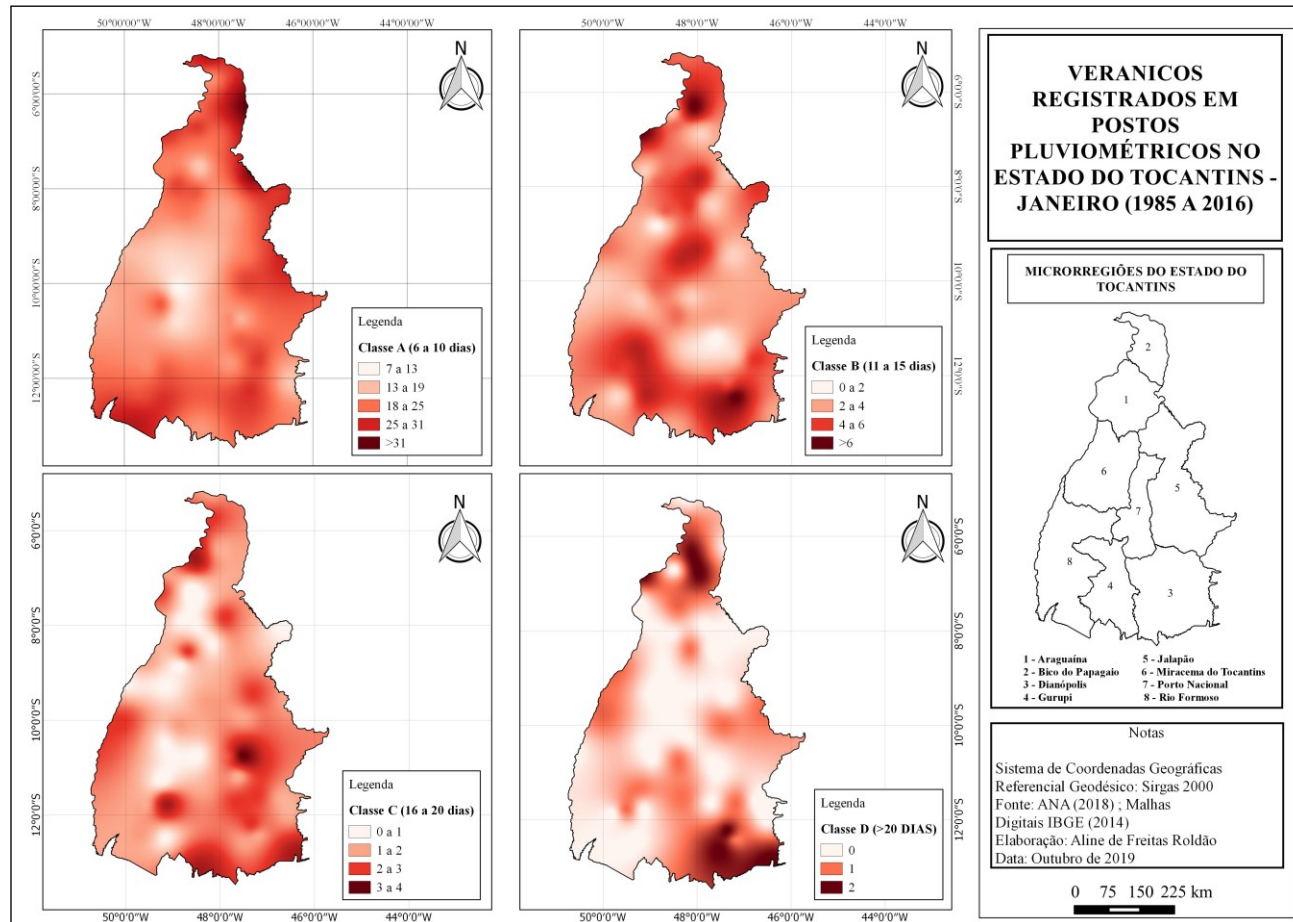
Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

A espacialização dos veranicos registrados em postos pluviométrico no estado do Tocantins no mês de janeiro (1985 a 2016) pode ser observada na mapa 16. Os veranicos classe A (6 a 10 dias) são os que possuem maior destaque em janeiro, assim como em novembro e dezembro. O posto pluviométrico de Tocantinópolis, na microrregião Bico do Papagaio é o que obteve maior registro, com 34 ocorrências do fenômeno. Já o posto pluviométrico de Paraíso do Tocantins na microrregião de Rio Formoso foi o de menor ocorrência, com um total de apenas 7 registros entre 1985 e 2016 .

Três postos pluviométricos tocantinenses tiveram 7 ocorrências de veranicos classe B no mês de janeiro nos anos de 1985 a 2016, sendo os mesmos: Ananás, Porto Lemos (Santa Fé do Araguaia) e Rio da Palma (Conceição do Tocantins), localizados respectivamente, nas seguintes microrregiões: Bico do Papagaio, Araguaína e Dianópolis. Cabe destacar os postos dos municípios de Guaraí e Pindorama do Tocantins, que não registraram veranicos classe B no mês de janeiro durante o período analisado. A classe C (16 a 20 dias) possui pouca expressividade em janeiro. Tal fato pode ser notado a partir do posto pluviométrico do município de Ponte Alta do Tocantins na microrregião do Jalapão, que obteve 4 ocorrências do fenômeno, sendo o de maior registro. Mais da metade dos postos pluviométricos não tiveram registros dessa classe de veranicos ou então registraram apenas uma ocorrência do fenômeno durante os 32 anos analisados.

Em relação à classe D (>20 dias) praticamente em todos os postos analisados não houve ocorrência ou apenas um registro. Somente Ananás, Aurora do Norte, Conceição do Tocantins, Fazenda Santa Rita (Paranã), Porto Lemos (Santa Fé do Araguaia) e Wanderlândia registram 2 ocorrências em janeiro entre os anos de 1985 e 2016.

Mapa 16 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Janeiro (1985 a 2016)



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

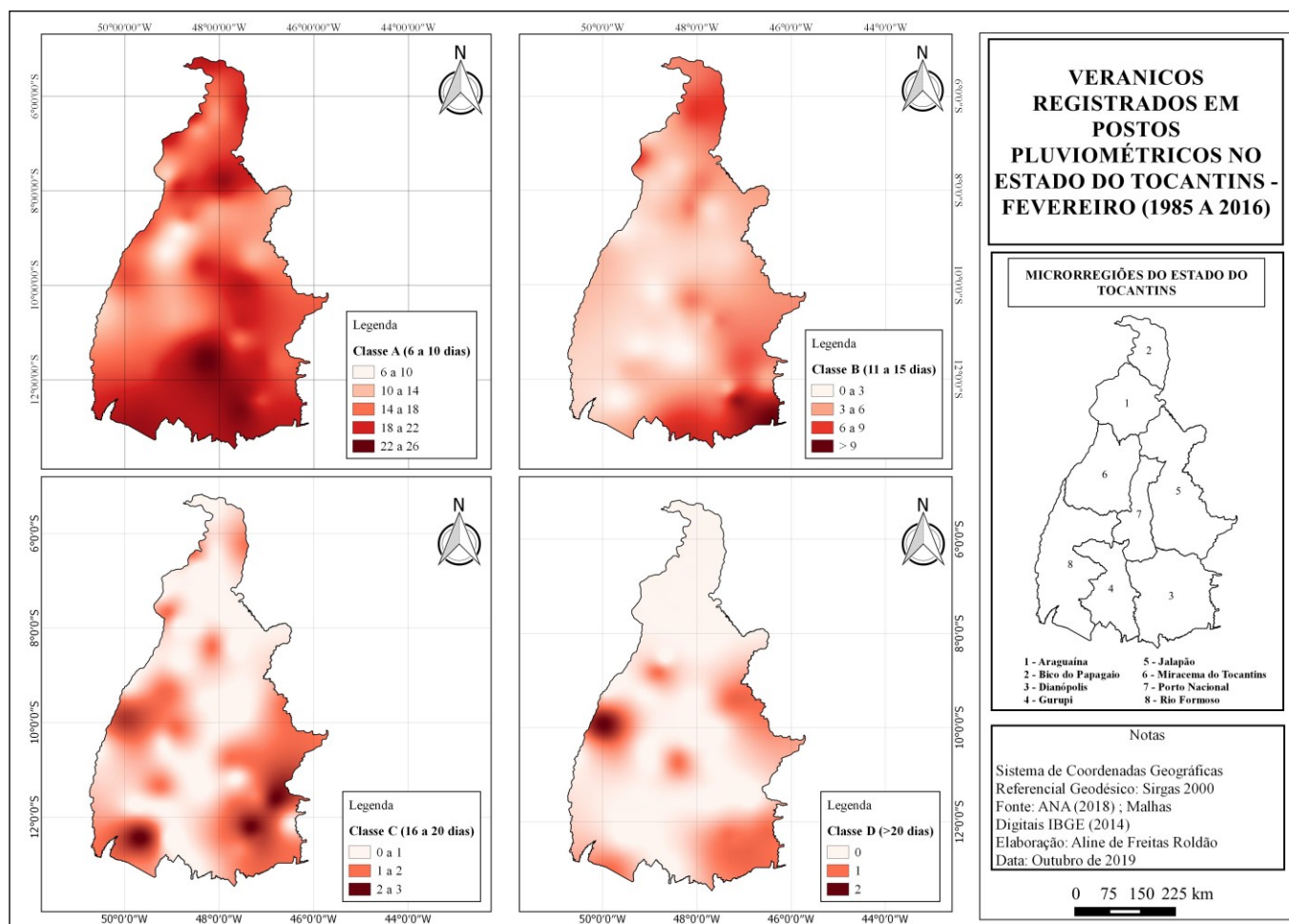
Por meio do mapa 17 é possível analisar os veranicos registrados em postos pluviométricos no estado do Tocantins para o mês de fevereiro no período de 1985 a 2016. É possível constatar que a maior ocorrência dos veranicos é da Classe A (6 a 10 dias), com destaque para o posto pluviométrico Fazenda Lobeira no município de São Valério da Natividade, que obteve 26 registros. Tal município faz parte da microrregião de Dianópolis. Em relação às localidades com menor ocorrência da classe A (6 a 10 dias) os postos pluviométricos de Dois Irmãos do Tocantins e de Guaraí tiveram destaque, registrando apenas 6 veranicos. Os dois municípios fazem parte da microrregião de Miracema do Tocantins, oeste do estado.

Sobre os veranicos classe B (11 a 15 dias), Aurora do Norte na microrregião de Dianópolis foi o posto pluviométrico com maior evidência, com 11 ocorrências. Já os postos de Araguacema, Dueré, Fazenda Lobeira (São Valério da Natividade) e Praia Alta (Sandolândia) não tiveram ocorrências de veranicos classe B no mês de fevereiro entre os anos avaliados.

A classe C (16 a 20 dias) é pouco significativa no mês de fevereiro no Tocantins, sendo que o maior valor encontrado foi de 3 ocorrências nos seguintes postos: Conceição do Tocantins, Dianópolis e Praia Alta (Sandolândia).

A Classe D também é de pouca expressividade no mês de fevereiro e a localidade com maior ocorrência foi o posto pluviométrico Cangussu no município de Pium com 2 ocorrências entre 1985 e 2016. O município de Pium faz parte da microrregião Rio Formoso e situa-se às margens do Rio Araguaia, na divisa com os estados do Pará e do Mato Grosso.

Mapa 17 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Fevereiro (1985 a 2016)



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

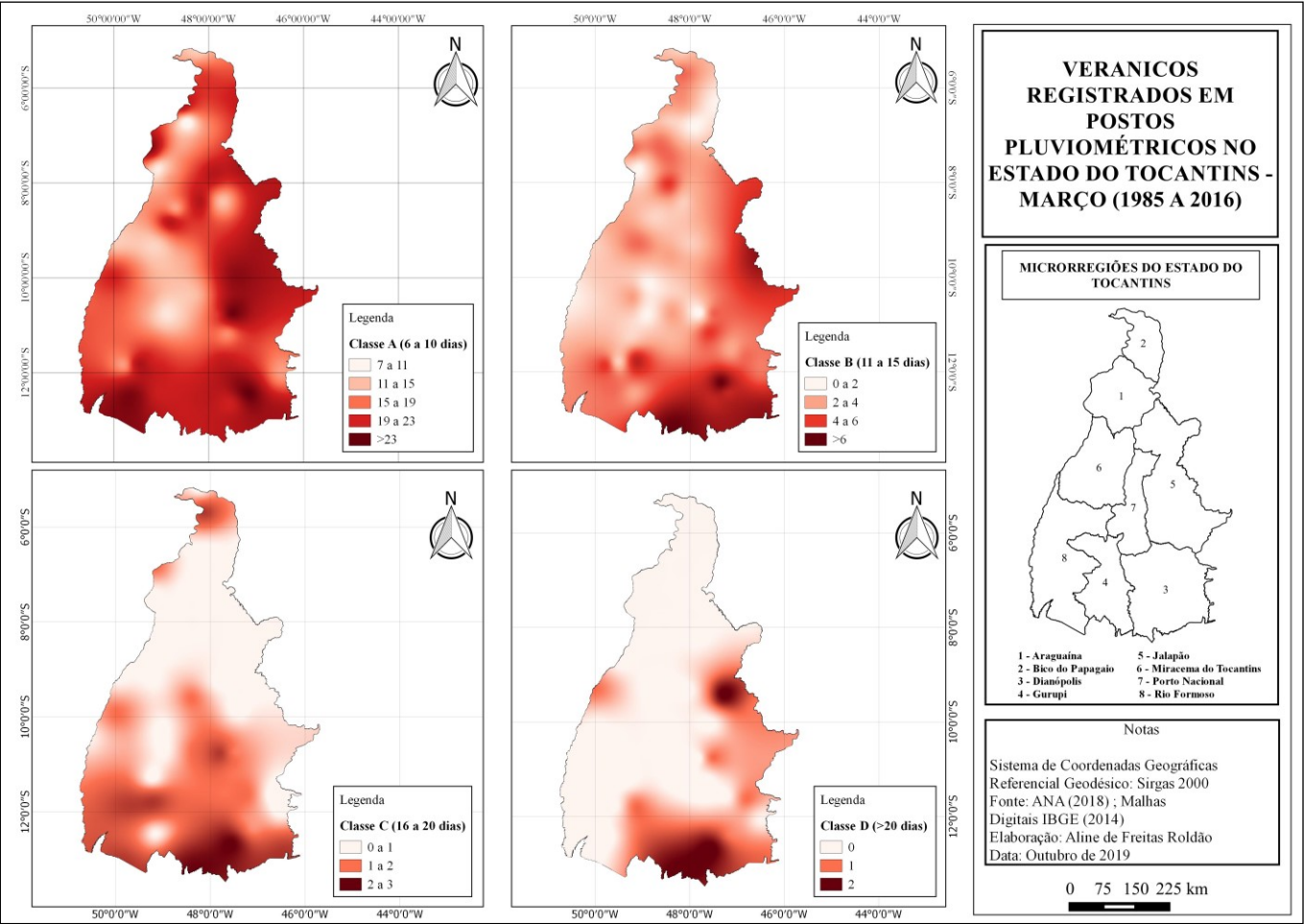
O mapa 18 concerne aos veranicos registrados em postos pluviométricos no estado do Tocantins no mês de março, de 1985 a 2016. No mencionado mês, a classe A (6 a 10 dias) é a mais recorrente no estado, com destaque para o posto pluviométrico Rio da Palma no município de Conceição do Tocantins (microrregião de Dianópolis), que teve um registro de 27 ocorrências do fenômeno. Em compensação, o posto pluviométrico Piraquê, no município de Araguaína (microrregião de Araguaína), foi o de menor destaque de ocorrências da classe A (6 a 10 dias), com 7 registros. Vale ressaltar os postos de Arapoema (microrregião de Araguaína) e de Fátima (microrregião de Rio Formoso) que tiveram apenas 8 registros.

A respeito dos veranicos classe B (11 a 15 dias) no mês de março no período analisado, as maiores ocorrências foram nos postos pluviométricos de Conceição do Tocantins (microrregião de Dianópolis) e de Palmeirópolis (microrregião de Gurupi), ambos com 7 registros. Em sete postos pluviométricos não houve ocorrências de veranicos classe B (6 a 10 dias) no mês de março, os quais foram: Arapoema, Fátima, Paraíso do Tocantins, Porto Gilândia (Monte do Carmo), Santa Terezinha (Fortaleza do Tabocão), Tocantinópolis e Wanderlândia.

Os veranicos classe C (16 a 20 dias) possuem pouca expressividade em março no Tocantins, fato que pode ser observado no mapa pela tonalidade mais clara que representa de 0 a 1 ocorrência. Os postos pluviométricos que tiveram maior ocorrência dessa classe foram Fazenda Santa Rita no município de Paranã (microrregião de Dianópolis) e Palmeirópolis (microrregião De Gurupi), com 3 registros do fenômeno .

Por fim, a classe D (>20 dias) que praticamente em todos os postos analisados não teve ocorrências ou apenas uma durante o período estudado, com exceção dos postos pluviométricos de Fazenda Santa Rita no município de Paranã, Mansinha no município de Rio Sono e Palmeirópolis, os quais registram 2 episódios de veranicos.

Mapa 18 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Março (1985 a 2016)



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

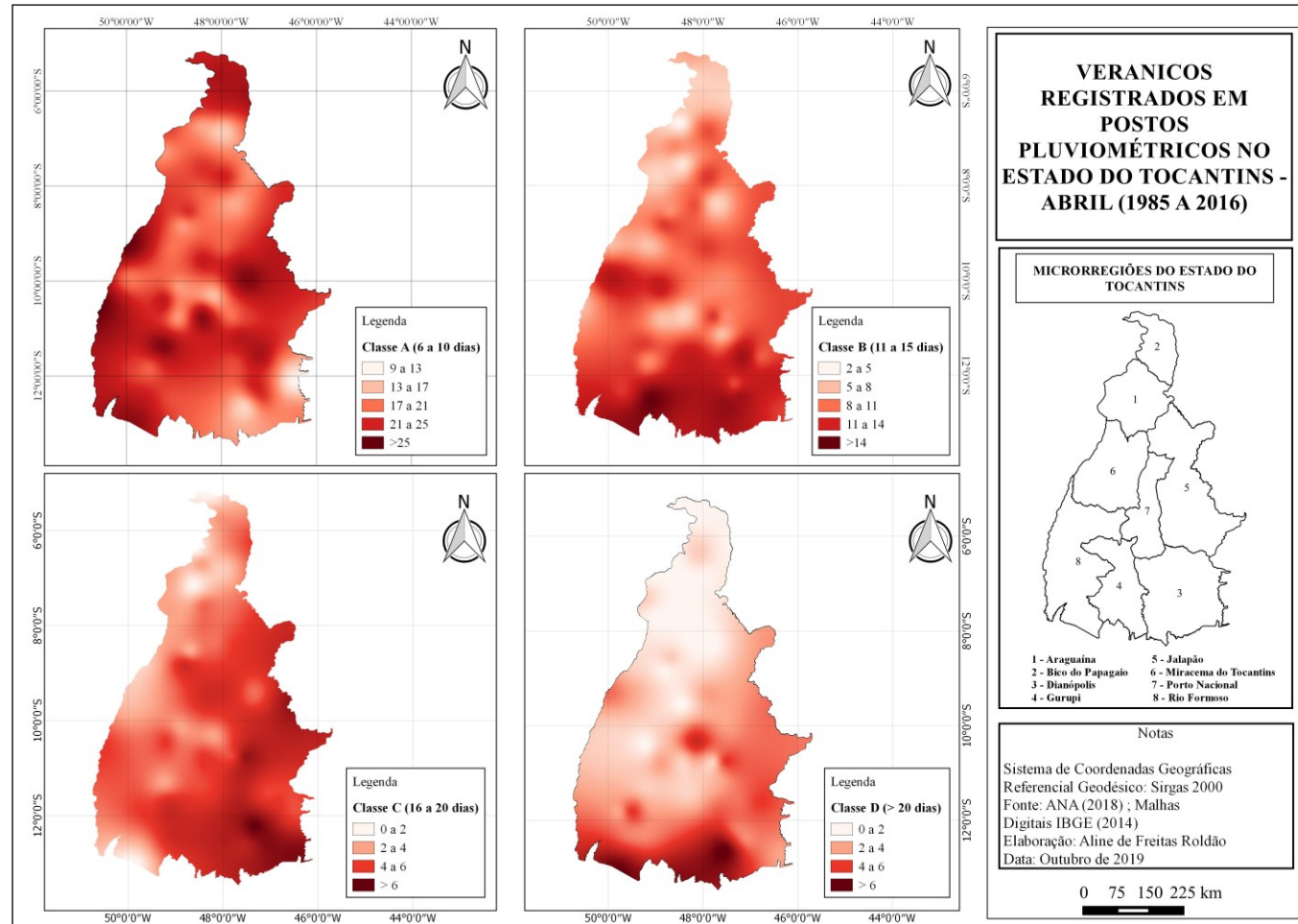
Por fim, o mês de abril que está representado no mapa 19, a qual demonstra os veranicos registrados em postos pluviométricos no estado do Tocantins para o mencionado mês, entre 1985 e 2016. Os postos pluviométricos que tiveram maior quantidade de registros dos veranicos classe A (6 a 10 dias) foram os de Caseara e o de Fazenda Santa Terezinha no município de Fortaleza do Tabocão, ambos com 29 ocorrências. Os referidos postos estão localizados na microrregião de Miracema do Tocantins. Já o posto com menor registro de veranicos classe A (6 a 10 dias) foi o de Ponte Alta do Bom Jesus (microrregião de Dianópolis), com 9 ocorrências.

Em relação aos veranicos classe B (11 a 15 dias), Alvorada (microrregião de Gurupi) foi o posto com maior registro, com 18 eventos. Já o posto Piraquê no município de Araguaã (microrregião de Araguaína) obteve a menor ocorrência, com apenas 2 registros ao longo do período analisado.

A classe C (16 a 20 dias) ocorreu com maior frequência no posto pluviométrico de Conceição do Tocantins (microrregião de Dianópolis), com registro de 9 veranicos entre 1985 a 2016. Em contrapartida, os postos de Araguaçu, Muricilândia, São Sebastião do Tocantins e Xambioá não registraram veranicos classe C no mês de abril.

Sobre a Classe D (>20 dias), esta teve maior quantidade de veranicos no mês de abril em relação aos meses anteriores. Esse fato se dá em virtude de abril ser o mês em que as chuvas diminuem no Tocantins, precedendo o início da estação seca no estado. Sendo assim, dois postos pluviométricos do estado chegaram a registrar 8 ocorrências dessa classe entre 1985 e 2016, sendo os postos de Araguaçu (microrregião de Rio Formoso) e o Fazenda Santa Rita no município de Paranã (microrregião de Dianópolis).

Mapa 19 – Veranicos registrados em postos pluviométricos do Tocantins - Abril (1985 a 2016)



Fonte: Agência Nacional de Águas (2018).

4.3.4 *Probabilidade da ocorrência de veranicos no Tocantins*

A partir do cálculo da probabilidade da ocorrência de veranicos para todas as classes, foram obtidos os seguintes valores demonstrados na tabela 14.

O mês de novembro possui destaque no Tocantins por ser a época de plantio da soja e é nesse período que ocorre a germinação da planta, um dos períodos mais críticos em relação à falta de água, o que torna importante conhecer quais são as chances (probabilidade) de ocorrer veranicos, principalmente os de maior duração.

Dado à ocorrência de veranicos no mês de novembro, em todos os postos pluviométricos a chance de que ele seja da classe A (6 a 10 dias) é a de maior probabilidade. O posto pluviométrico do município de Itaporã do Tocantins é o que tem maior probabilidade de ocorrência de veranicos classe A (6 a 10 dias) no mês de novembro, sendo de 96,15%. Já o posto pluviométrico do município de Dianópolis apresenta 57,14% de chance de ocorrência de veranicos classe A (6 a 10 dias) e nesse caso fica claro que tal posto apresenta uma probabilidade mais significativa da ocorrência das outras classes de duração. A classe B (11 a 15 dias) é a segunda de maior probabilidade, e nesse contexto, o posto pluviométrico de Dianópolis é o que possui maior chance de ocorrência de veranicos dessa classe em novembro, com 35,71%. Em contrapartida, o posto pluviométrico de Itaporã do Tocantins apresenta apenas 3,85% de chances de ocorrer veranicos classe B (11 a 15 dias) em novembro.

Em relação à classe C (16 a 20 dias), o posto pluviométrico do município de Ananás é o que possui a maior probabilidade, com 15% de chances de que em novembro ocorra veranicos dessa classe. Já em relação à classe D (>20 dias) em novembro, dada à ocorrência de veranicos, o posto pluviométrico Palmas no município de Porto Nacional, tem-se 7,41% de chance que ele seja da classe D (>20 dias). As demais localidades apresentam muito pouca ou nenhuma chance de ocorrência dessa classe em novembro.

Tabela 14 – Probabilidade (%) de ocorrência de veranicos no estado do Tocantins

Posto Pluviométrico	Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março				Abril			
	Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				Classe			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Almas	78,13	18,75	3,13	0,00	88,89	3,70	7,41	0,00	85,19	3,70	7,41	3,70	76,00	20,00	4,00	0,00	85,71	9,52	4,76	0,00	53,33	31,11	8,89	6,67
Alvorada	83,33	13,33	0,00	3,33	90,32	6,45	0,00	3,23	82,76	17,24	0,00	0,00	90,91	9,09	0,00	0,00	86,96	8,70	0,00	4,35	42,22	40,00	11,11	6,67
Ananas	60,00	25,00	15,00	0,00	68,42	18,42	13,16	0,00	69,70	21,21	3,03	6,06	66,67	33,33	0,00	0,00	89,47	10,53	0,00	0,00	72,41	17,24	6,90	3,45
Araguacema	86,11	11,11	2,78	0,00	85,00	10,00	5,00	0,00	80,00	10,00	5,00	5,00	100,00	0,00	0,00	0,00	85,71	14,29	0,00	0,00	72,73	21,21	3,03	3,03
Araguaçu	67,74	29,03	3,23	0,00	77,78	11,11	3,70	7,41	90,00	6,67	3,33	0,00	84,62	7,69	3,85	3,85	83,33	10,00	6,67	0,00	53,06	30,61	0,00	16,33
Araguatins	60,00	31,11	4,44	4,44	64,10	25,64	7,69	2,56	70,83	16,67	8,33	4,17	78,95	21,05	0,00	0,00	77,27	13,64	9,09	0,00	80,00	13,33	6,67	0,00
Arapoema	82,76	17,24	0,00	0,00	85,71	14,29	0,00	0,00	90,00	5,00	5,00	0,00	75,00	16,67	8,33	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	75,00	16,67	8,33	0,00
Aurora do Norte	71,88	21,88	0,00	6,25	83,33	16,67	0,00	0,00	70,83	8,33	12,50	8,33	59,38	34,38	3,13	3,13	70,97	19,35	6,45	3,23	44,44	27,78	22,22	5,56
Boa Vista do Araguaia	69,44	27,78	2,78	0,00	74,19	9,68	9,68	6,45	78,26	13,04	8,70	0,00	66,67	33,33	0,00	0,00	88,89	11,11	0,00	0,00	62,50	25,00	8,33	4,17
Campos Lindos	75,00	19,44	5,56	0,00	90,63	9,38	0,00	0,00	85,71	14,29	0,00	0,00	78,57	21,43	0,00	0,00	84,00	16,00	0,00	0,00	55,56	25,00	13,89	5,56
Cangussu	89,66	10,34	0,00	0,00	81,82	18,18	0,00	0,00	78,95	5,26	10,53	5,26	71,43	9,52	9,52	9,52	90,48	4,76	4,76	0,00	51,52	39,39	6,06	3,03
Caseara	68,18	27,27	4,55	0,00	75,00	25,00	0,00	0,00	76,47	17,65	0,00	5,88	87,50	12,50	0,00	0,00	83,33	8,33	0,00	8,33	76,32	13,16	2,63	7,89
Colinas do Tocantins	76,92	15,38	5,13	2,56	76,19	23,81	0,00	0,00	84,00	16,00	0,00	0,00	89,47	10,53	0,00	0,00	80,95	19,05	0,00	0,00	64,29	25,00	10,71	0,00
Colônia	90,00	10,00	0,00	0,00	92,00	8,00	0,00	0,00	88,00	12,00	0,00	0,00	94,74	5,26	0,00	0,00	92,31	7,69	0,00	0,00	76,00	16,00	8,00	0,00
Conceição do Tocantins	65,71	31,43	2,86	0,00	70,37	22,22	3,70	3,70	75,00	12,50	6,25	6,25	75,00	10,71	10,71	3,57	73,53	20,59	2,94	2,94	48,84	23,26	20,93	6,98
Dianópolis	57,14	35,71	7,14	0,00	80,65	16,13	0,00	3,23	78,26	17,39	4,35	0,00	65,22	21,74	13,04	0,00	80,00	15,00	0,00	5,00	51,43	25,71	11,43	11,43
Dois Irmãos do Tocantins	70,59	17,65	11,76	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	84,62	15,38	0,00	0,00	75,00	12,50	12,50	0,00	76,92	23,08	0,00	0,00	65,38	19,23	11,54	3,85
Duere	92,00	8,00	0,00	0,00	82,14	17,86	0,00	0,00	72,73	22,73	0,00	4,55	93,75	0,00	6,25	0,00	94,12	5,88	0,00	0,00	67,50	25,00	5,00	2,50
Fátima	90,00	10,00	0,00	0,00	95,24	4,76	0,00	0,00	81,82	18,18	0,00	0,00	91,67	8,33	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	60,00	20,00	12,00	8,00
Fazenda Lobeira	75,00	21,43	3,57	0,00	84,62	7,69	7,69	0,00	85,00	5,00	5,00	5,00	100,00	0,00	0,00	0,00	84,21	10,53	5,26	0,00	55,26	31,58	10,53	2,63
Fazenda Primavera	64,29	21,43	10,71	3,57	87,10	9,68	0,00	3,23	75,00	18,75	0,00	6,25	94,12	5,88	0,00	0,00	83,33	16,67	0,00	0,00	76,92	11,54	11,54	0,00
Fazenda Santa Rita	65,71	25,71	8,57	0,00	80,00	13,33	6,67	0,00	71,88	18,75	3,13	6,25	77,42	16,13	3,23	3,23	66,67	16,67	10,00	6,67	29,27	36,59	14,63	19,51
Formoso do Araguaia	72,73	24,24	3,03	0,00	78,57	17,86	3,57	0,00	73,91	17,39	4,35	4,35	88,89	11,11	0,00	0,00	87,50	4,17	8,33	0,00	50,00	27,78	11,11	11,11
Goiatins	66,67	20,51	12,82	0,00	77,78	19,44	2,78	0,00	93,94	3,03	3,03	0,00	85,71	14,29	0,00	0,00	88,00	12,00	0,00	0,00	53,57	28,57	14,29	3,57

Posto Pluviométrico	Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março				Abril			
	Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				Classe			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Guarai	83,33	16,67	0,00	0,00	96,15	0,00	3,85	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	75,00	12,50	0,00	12,50	95,45	4,55	0,00	0,00	50,00	33,33	16,67	0,00
Gurupi	82,14	14,29	3,57	0,00	85,71	10,71	0,00	3,57	71,43	17,86	10,71	0,00	90,48	9,52	0,00	0,00	70,37	18,52	7,41	3,70	61,11	19,44	13,89	5,56
Itacajá	72,00	28,00	0,00	0,00	88,24	5,88	5,88	0,00	88,24	5,88	5,88	0,00	92,31	7,69	0,00	0,00	84,62	15,38	0,00	0,00	63,64	18,18	18,18	0,00
Itaporã do Tocantins	96,15	3,85	0,00	0,00	95,00	5,00	0,00	0,00	78,26	13,04	8,70	0,00	87,50	12,50	0,00	0,00	92,86	7,14	0,00	0,00	66,67	23,33	6,67	3,33
Jatobá	77,14	20,00	2,86	0,00	89,66	10,34	0,00	0,00	84,62	7,69	3,85	3,85	90,91	9,09	0,00	0,00	88,89	11,11	0,00	0,00	65,85	17,07	12,20	4,88
Lizarda	75,00	22,22	0,00	2,78	73,08	23,08	3,85	0,00	86,21	6,90	3,45	3,45	72,22	16,67	5,56	5,56	75,86	20,69	0,00	3,45	53,49	23,26	16,28	6,98
Mansinha	86,05	13,95	0,00	0,00	84,00	12,00	4,00	0,00	86,36	4,55	9,09	0,00	84,62	7,69	0,00	7,69	81,48	11,11	0,00	7,41	61,11	25,00	8,33	5,56
Miracema do Tocantins	87,50	12,50	0,00	0,00	95,45	4,55	0,00	0,00	64,71	29,41	5,88	0,00	94,74	5,26	0,00	0,00	81,25	12,50	6,25	0,00	62,86	22,86	14,29	0,00
Muricilândia	71,43	21,43	7,14	0,00	90,63	3,13	3,13	3,13	81,82	13,64	0,00	4,55	87,50	12,50	0,00	0,00	80,00	20,00	0,00	0,00	70,83	29,17	0,00	0,00
Natividade	84,38	15,63	0,00	0,00	85,00	15,00	0,00	0,00	84,21	5,26	10,53	0,00	87,50	8,33	4,17	0,00	83,33	12,50	4,17	0,00	48,72	28,21	15,38	7,69
Palmas	81,48	7,41	3,70	7,41	83,33	11,11	5,56	0,00	75,00	18,75	0,00	6,25	86,67	6,67	0,00	6,67	78,57	14,29	7,14	0,00	74,29	11,43	11,43	2,86
Palmeirante	71,88	28,13	0,00	0,00	68,57	28,57	0,00	2,86	72,00	20,00	8,00	0,00	84,62	15,38	0,00	0,00	91,30	8,70	0,00	0,00	61,76	29,41	8,82	0,00
Palmeirópolis	65,63	25,00	9,38	0,00	75,00	18,75	6,25	0,00	72,73	9,09	13,64	4,55	74,07	25,93	0,00	0,00	62,50	21,88	9,38	6,25	40,48	30,95	11,90	16,67
Paraíso do Tocantins	88,46	11,54	0,00	0,00	90,48	4,76	4,76	0,00	63,64	27,27	9,09	0,00	91,67	0,00	8,33	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	50,00	40,00	6,67	3,33
Pindorama do Tocantins	82,14	10,71	7,14	0,00	83,33	16,67	0,00	0,00	95,24	0,00	4,76	0,00	82,35	17,65	0,00	0,00	73,68	21,05	5,26	0,00	63,89	13,89	16,67	5,56
Piraquê	67,74	22,58	9,68	0,00	83,33	16,67	0,00	0,00	79,31	10,34	10,34	0,00	80,00	20,00	0,00	0,00	87,50	12,50	0,00	0,00	78,95	10,53	10,53	0,00
Pium	80,95	19,05	0,00	0,00	81,82	13,64	4,55	0,00	95,24	4,76	0,00	0,00	91,67	8,33	0,00	0,00	85,71	14,29	0,00	0,00	62,86	25,71	11,43	0,00
Ponte Alta do Bom Jesus	72,73	22,73	0,00	4,55	80,00	20,00	0,00	0,00	75,00	18,75	6,25	0,00	80,00	15,00	0,00	5,00	81,25	18,75	0,00	0,00	32,14	42,86	14,29	10,71
Ponte Alta do Tocantins	73,53	23,53	0,00	2,94	70,97	19,35	6,45	3,23	70,00	10,00	20,00	0,00	79,17	16,67	4,17	0,00	83,87	9,68	3,23	3,23	51,35	18,92	18,92	10,81
Porto Gilândia	85,29	14,71	0,00	0,00	88,46	11,54	0,00	0,00	80,95	9,52	9,52	0,00	85,00	10,00	5,00	0,00	90,48	0,00	9,52	0,00	53,13	31,25	12,50	3,13
Porto Lemos	67,65	23,53	5,88	2,94	68,29	24,39	2,44	4,88	70,59	20,59	2,94	5,88	95,24	4,76	0,00	0,00	90,48	4,76	4,76	0,00	73,08	19,23	7,69	0,00
Porto Real	83,33	16,67	0,00	0,00	81,48	18,52	0,00	0,00	70,00	25,00	5,00	0,00	93,75	6,25	0,00	0,00	94,74	5,26	0,00	0,00	51,43	28,57	14,29	5,71
Praia Alta	91,30	8,70	0,00	0,00	83,33	0,00	16,67	0,00	91,67	4,17	4,17	0,00	86,96	0,00	13,04	0,00	86,21	10,34	3,45	0,00	56,41	28,21	7,69	7,69
Projeto Rio Formoso	73,08	23,08	3,85	0,00	87,50	12,50	0,00	0,00	78,26	17,39	4,35	0,00	94,12	5,88	0,00	0,00	68,42	21,05	10,53	0,00	54,29	28,57	11,43	5,71
Rio da Palma	80,65	19,35	0,00	0,00	75,00	15,63	9,38	0,00	71,88	21,88	3,13	3,13	58,62	31,03	6,90	3,45	79,41	14,71	2,94	2,94	44,44	31,11	17,78	6,67
Santa Terezinha	82,14	14,29	3,57	0,00	92,59	7,41	0,00	0,00	82,35	5,88	11,76	0,00	80,00	20,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	74,36	12,82	10,26	2,56

Posto Pluviométrico	Novembro				Dezembro				Janeiro				Fevereiro				Março				Abril			
	Classe				Classe				Classe				Classe				Classe				Classe			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
São Sebastião do Tocantins	75,61	14,63	7,32	2,44	80,00	17,14	2,86	0,00	87,10	9,68	3,23	0,00	83,33	16,67	0,00	0,00	90,91	9,09	0,00	0,00	78,57	21,43	0,00	0,00
Taquarussu do Porto	95,24	4,76	0,00	0,00	91,30	8,70	0,00	0,00	87,50	6,25	6,25	0,00	78,95	21,05	0,00	0,00	85,71	7,14	7,14	0,00	48,15	25,93	7,41	18,52
Tocantinópolis	63,64	20,45	11,36	4,55	54,55	21,21	21,21	3,03	89,47	7,89	2,63	0,00	73,08	23,08	3,85	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	75,00	12,50	12,50	0,00
Tupiratins	85,71	11,43	2,86	0,00	80,00	16,67	0,00	3,33	75,00	20,00	0,00	5,00	68,75	25,00	6,25	0,00	95,45	4,55	0,00	0,00	57,14	32,14	10,71	0,00
Wanderlândia	77,14	17,14	5,71	0,00	86,67	13,33	0,00	0,00	83,33	4,17	4,17	8,33	78,95	21,05	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	54,55	40,91	4,55	0,00
Xambioá	63,64	21,21	12,12	3,03	77,14	17,14	5,71	0,00	79,17	4,17	12,50	4,17	82,61	13,04	4,35	0,00	91,30	8,70	0,00	0,00	83,33	16,67	0,00	0,00
Total	76,15	19,00	3,87	0,98	81,51	13,92	3,45	1,13	80,34	12,31	5,11	2,24	82,10	14,19	2,60	1,11	84,04	11,75	2,89	1,32	58,86	25,09	10,77	5,28

Fonte: elaboração própria, 2019.

Dezembro também é um mês crítico em relação à falta de água, pois é o período que inicia a fase de floração da soja no Tocantins. O período de florescimento da planta é extremamente dependente de uma boa disponibilidade hídrica, já que a falta de água pode ocasionar o abortamento das flores. Assim, conhecer a probabilidade da ocorrência de veranicos nesse mês é muito importante.

Observando a tabela 14 é possível notar a probabilidade de ocorrência de veranicos no mês de dezembro para todas as classes analisadas. Sendo assim, dada à ocorrência de veranicos no mês de dezembro, em todos os postos analisados, a maior chance é que o fenômeno seja da classe A (6 a 10 dias). Há um destaque para o posto pluviométrico de Dois Irmãos do Tocantins, que no referido mês apresenta 100% de chance de ocorrência de veranicos classe A, não apresentando probabilidade de ocorrer as outras classes de maior duração. Já o posto de Tocantinópolis apresenta 54,55% de chances de que os veranicos sejam classe A (6 a 10 dias).

A classe B (11 a 15 dias) é a segunda com maior chance de ocorrência no mês de dezembro, com destaque para o posto pluviométrico de Palmeirante, que apresenta 28,57% de chances de ocorrência da classe B. Três postos pluviométricos não apresentam chances de episódios de veranicos classe B em dezembro, os quais são: Dois Irmãos do Tocantins, Guaraí e Praia Alta (Sandolândia).

O posto pluviométrico de Tocantinópolis é o que possui maior possibilidade de ocorrências de veranicos classe C (16 a 20 dias) em dezembro, com probabilidade de 21,21%. Alguns postos como o de Campos Lindos, Caseara e Dois Irmãos do Tocantins não possuem chances de ocorrência da classe C em dezembro.

No que tange aos veranicos classe D (>20 dias) no mês de dezembro, esta é a classe com menor probabilidade de ocorrência. No entanto, é importante destacar o posto pluviométrico de Araguaçu, que apresenta 7,41% de chance de que os veranicos sejam classe D (>20 dias). Tal posto é o de maior chance entre os demais analisados de que a classe D venha a ocorrer.

O mês de janeiro no estado do Tocantins está entre os de maior necessidade de uma distribuição regular das chuvas, ou seja, períodos de estiagens nessa época podem comprometer seriamente as culturas anuais no estado, especialmente a soja. Nesse período muitas lavouras ainda estão na fase de florescimento e posteriormente de enchimento do grão.

A fase fenológica da formação das vagens é a de maior necessidade de água (em média 7,3 mm/dia) e períodos de deficiência hídrica podem prejudicar o rendimento final das lavouras. Assim, torna-se necessário saber a probabilidade de ocorrência dos veranicos nesse mês.

Por meio da tabela 14 é notável que no mês de janeiro em todas as localidades estudadas, os veranicos classe A (6 a 10 dias) são os que possuem maiores chances de acontecer. O posto pluviométrico de Guaraí possui 100% de probabilidade de ocorrência dessa classe. Já o posto do município de Paraíso do Tocantins é o que possui menor probabilidade de que o fenômeno seja da classe A (6 a 10 dias), com 63,64%.

A classe B (11 a 15 dias) é a segunda com maior probabilidade de ocorrência em janeiro, com destaque para o posto pluviométrico de Miracema do Tocantins que possui 29,41% de chances de ocorrência de veranicos classe B em janeiro. Já os postos pluviométricos de Guaraí e Pindorama do Tocantins não possuem probabilidade de tal classe em janeiro.

Em relação à classe C (16 a 20 dias), o posto pluviométrico com maior probabilidade de ocorrência é o de Ponte Alta do Tocantins, com 20% de que os veranicos em janeiro sejam da referida classe. Já em relação à classe D (> 20 dias), grande parte dos postos pluviométricos tocaninenses não possui probabilidade de ocorrência. No entanto é importante destacar os postos de Aurora do Norte e Wanderlândia, que apresentam 8,33% de que venha a ocorrer veranicos classe D em janeiro.

O mês de fevereiro no Tocantins caracteriza-se como um período de transição no que se refere às fases fenológicas da soja. É um período em que está finalizando a fase de enchimento do grão, ou seja, ainda há uma dependência hídrica, mas que em seguida inicia-se a fase de maturação fisiológica da planta e, posteriormente, o preparo para a colheita e nesse caso uma pausa no regime pluviométrico demonstra-se necessário.

A partir de então, analisando a tabela 14 é possível observar a probabilidade de ocorrência de veranicos no mês de fevereiro nos postos pluviométricos estudados. A classe com maior chance de ocorrência é a classe A (6 a 10 dias). Nesse caso, alguns postos como o de Araguacema e Fazenda Lobeira no município de São Valério da Natividade, possuem 100% de probabilidade de ocorrência de veranicos nessa classe. Já o posto Rio da Palma, no município de Conceição do Tocantins, é o que possui menor probabilidade, sendo de 58,62 % de chances de que os veranicos sejam dessa classe.

A classe B (11 a 15 dias) demonstra-se como a segunda com maior probabilidade de ocorrência e o posto pluviométrico do município de Aurora do Norte é o que possui maior probabilidade, com 34,38% de chances de que o fenômeno seja da classe B em fevereiro. A classe C (16 a 20 dias) é menos recorrente em fevereiro, o que torna menor a probabilidade de ocorrência. Porém é importante destacar o posto do município de Dianópolis, o qual possui 13,04% de chances de ocorrência de veranicos classe C em tal mês. Por fim, a classe D (>20 dias), que assim como a classe C, também é menos recorrente, sendo o posto pluviométrico do município de Guaraí o que possui maior probabilidade, com 12,50% de chances de vir a ocorrer.

Março caracteriza-se como o mês de plena maturação da soja no Tocantins e também a época da colheita, o que torna necessário uma menor quantidade de chuvas nesse período. Sendo assim, os veranicos que ocorrem nesse mês não são considerados um empecilho para o sucesso no rendimento final da cultura.

Partindo do pressuposto, na tabela 14 é possível verificar a probabilidade de ocorrência de veranicos em março para as quatro classes determinadas. A classe A (6 a 10 dias) é a de maior probabilidade, com destaque para os postos pluviométricos de Arapoema, Fátima, Paraíso do Tocantins, Santa Terezinha, Tocantinópolis e Wanderlândia, que possuem 100% de probabilidade de veranicos classe A em março. Já o posto de Palmeirópolis apresenta menor chance se comparado aos postos mencionados anteriormente, sendo de 62,50% a probabilidade de ocorrência da classe A. Quanto à classe B (11 a 15 dias) a probabilidade de que venha a ocorrer é bem menor em relação à classe A e o posto pluviométrico que apresenta maior probabilidade é o de Dois Irmãos do Tocantins, com chances de 23,08%.

A probabilidade de ocorrência das classes C (16 a 20 dias) e D (>20 dias) são bem menores em março. O posto pluviométrico Projeto Rio Formoso, no município de Formoso do Araguaia, é o que apresenta maior chance de ocorrer veranicos classe C, com 10,53%, e o posto de Caseara o com a maior probabilidade de ocorrência da classe D no mês de março, com 8,33%.

O mês de abril no Tocantins corresponde ao período em que as chuvas começam a diminuir para dar início à estação seca. Nesse mês, praticamente toda a soja já foi colhida no estado. É possível verificar por meio da tabela 14 que em relação à probabilidade de veranicos

em abril, a classe A (6 a 10 dias) é a de maior destaque, apesar de ser bem menor se compararmos com os meses entre novembro e março. O posto pluviométrico do município de Xambioá é o que apresenta maior probabilidade de ocorrência de veranicos classe A (6 a 10 dias) em abril, com 83,33%. Já o posto Fazenda Santa Rita no município de Fátima, é o que apresenta menor probabilidade, sendo de 29,27%. A classe B (11 a 15 dias) possui 42,86% de vir a ocorrer em Ponte Alta do Bom Jesus e apenas 10,53% em Piraquê. Já em relação à classe C (16 a 20 dias) o posto com maior probabilidade é o do município de Aurora do Norte e o de classe D (>20 dias) a maior probabilidade de ocorrência é no posto Fazenda Santa Rita, município de Fátima, com 19,51%.

É importante ressaltar que abril é o mês que possui maior probabilidade de ocorrência de veranicos das classes C (16 a 20 dias) e D (>20 dias). Isso pode ser explicado pelo fato de ser o mês em que as chuvas começam a diminuir para então dar início ao período seco no estado.

Em síntese, é possível dizer que em todos os meses analisados, a classe A (6 a 10 dias) é a que possui maior probabilidade de ocorrência no estado do Tocantins, em contrapartida, a classe D (>20 dias) é a que possui as menores chances de ocorrer.

4.4 Veranicos e Produtividade da Soja

Inicialmente, verificou-se se os requisitos para o teste de independência de Qui-Quadrado foram respeitados. Nas tabelas a seguir podem ser observados os valores esperados para cada classe de duração dos veranicos (B, C e D) e para a produtividade da soja, nos três meses analisados: novembro, dezembro e janeiro (tabela 15 à 23).

Tabela 15 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em novembro

Classe B	Produtividade 0	Produtividade 1
0	175,5576923	182,4423077
1	28,44230769	29,55769231

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 16 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em novembro

Classe C	Produtividade 0	Produtividade 1
0	198,6057692	206,3942308
1	5,394230769	5,605769231

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 17 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em novembro

Classe D	Produtividade 0	Produtividade 1
0	201,5480769	209,4519231
1	2,451923077	2,548076923

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 18 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em dezembro

Classe B	Produtividade 0	Produtividade 1
0	178,9903846	186,0096154
1	25,00961538	25,99038462

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 19 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em dezembro

Classe C	Produtividade 0	Produtividade 1
0	200,5673077	208,4326923
1	3,432692308	3,567307692

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 20 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em dezembro

Classe D	Produtividade 0	Produtividade 1
0	203,0192308	210,9807692
1	0,980769231	1,019230769

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 21 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em janeiro

Classe B	Produtividade 0	Produtividade 1
0	193,7019231	201,2980769
1	10,29807692	10,70192308

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 22 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em janeiro

Classe C	Produtividade 0	Produtividade 1
0	198,6057692	206,3942308
1	5,394230769	5,605769231

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 23 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em janeiro

Classe D	Produtividade 0	Produtividade 1
0	202,5288462	210,4711538
1	1,471153846	1,528846154

Fonte: elaboração própria, 2019.

Como se pode notar nas tabelas 15 a 23, a classe C (16 a 20 dias) no mês de dezembro e a classe D (>20 dias) nos meses de novembro, dezembro e janeiro violam as restrições do teste de Qui-Quadrado. Portanto, deve-se utilizar o teste exato de Fisher, e nesse sentido, tal teste foi aplicado para avaliar a dependência ou independência dessas classes com a produtividade da soja.

Na tabela 24 encontram-se os p-valores, os testes utilizados em cada caso e a conclusão sobre os mesmos.

Tabela 24 – Testes, p-valores e conclusões sobre dependência

Mês	Classe	Teste	P-valor	Conclusão
Novembro	B	Qui-Quadrado	0,049339505	Dependência
Novembro	C	Qui-Quadrado	1	Independência
Novembro	D	Fisher	1	Independência
Dezembro	B	Qui-Quadrado	0,878876155	Independência
Dezembro	C	Fisher	1	Independência
Dezembro	D	Fisher	1	Independência
Janeiro	B	Qui-Quadrado	0,210040492	Independência
Janeiro	C	Qui-Quadrado	0,07686774	Dependência
Janeiro	D	Fisher	0,248470806	Independência

Fonte: elaboração própria, 2019.

Como pode-se notar na tabela 24, apenas podemos rejeitar a hipótese nula de independência em dois casos: classe B (11 a 15 dias) no mês de novembro e classe C (16 a 20 dias) do mês de janeiro. Para estes casos foram analisadas a ocorrência ou não do veranico e a média da produtividade. Os resultados estão dispostos nas tabelas 25 e 26.

Tabela 25 – Produtividade média em novembro em relação ao veranico de classe B

Classe B	Média da produtividade
0	2724,81
1	2608,48

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 26 – Produtividade média em janeiro em relação ao veranico de classe C

Classe C	Média da produtividade
0	2714,84
1	2478,54

Fonte: elaboração própria, 2019.

A partir dos valores demonstrados nas tabelas 25 e 26, podemos concluir que a ocorrência do veranico da classe B (11 a 15 dias) em novembro e da classe C (16 a 20 dias) em janeiro diminui a produtividade.

4.5 Veranicos e *El Niño*

Inicialmente, verificou-se se os requisitos para o teste de independência de Qui-Quadrado foram respeitados. Nas tabelas a seguir podem ser observados os valores esperados para cada classe de duração dos veranicos (A, B, C e D) e a ocorrência do *El Niño*, nos três meses analisados: novembro, dezembro e janeiro (tabela 27 a tabela 47).

Tabela 27 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe A em novembro

Classe A	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	116,2100239	42,17661098	14,80668258	14,80668258
1	142,7899761	51,82338902	18,19331742	18,19331742

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 28 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em novembro

Classe B	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	223,1479714	80,98806683	28,43198091	28,43198091
1	35,85202864	13,01193317	4,568019093	4,568019093

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe B (11 a 15 dias) em novembro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 2 e 3.

Tabela 29 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em novembro com agrupamento

Classe B	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2 ou 3
0	223,1479714	80,98806683	56,86396181
1	35,85202864	13,01193317	9,136038186

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 30 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em novembro

Classe C	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	252,2004773	91,53221957	32,13365155	32,13365155
1	6,799522673	2,46778043	0,866348449	0,866348449

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe C (16 a 20 dias) em novembro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 1, 2 e 3.

Tabela 31 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em novembro agrupado

Classe C	El Niño 0	El Niño 1, 2 ou 3
0	252,2004773	155,7995227
1	6,799522673	4,200477327

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 32 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em novembro

Classe D	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	255,9093079	92,87828162	32,60620525	32,60620525
1	3,090692124	1,121718377	0,393794749	0,393794749

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe D (>20 dias) em novembro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 1, 2 e 3.

Tabela 33 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em novembro agrupado

Classe D	El Niño 0	El Niño 1, 2 ou 3
0	255,9093079	158,0906921
1	3,090692124	1,909307876

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 34 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe A em dezembro

Classe A	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	96,28708134	35,08133971	12,31578947	12,31578947
1	161,7129187	58,91866029	20,68421053	20,68421053

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 35 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em dezembro

Classe B	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	227,4749403	82,55847255	28,98329356	28,98329356
1	31,52505967	11,44152745	4,016706444	4,016706444

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe B (11 a 15 dias) em dezembro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 2 e 3.

Tabela 36 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em dezembro com agrupamento

Classe B	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2 ou 3
0	227,4749403	82,55847255	57,96658711
1	31,52505967	11,44152745	8,033412888

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 37 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em dezembro

Classe C	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	254,673031	92,42959427	32,44868735	32,44868735
1	4,326968974	1,570405728	0,551312649	0,551312649

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe C (16 a 20 dias) em dezembro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 1, 2 e 3.

Tabela 38 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em dezembro com agrupamento

Classe C	El Niño 0	El Niño 1, 2 ou 3
0	254,673031	157,326969
1	4,326968974	2,673031026

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 39 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em dezembro

Classe D	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	257,7637232	93,55131265	32,8424821	32,8424821
1	1,23627685	0,448687351	0,1575179	0,1575179

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe D (>20 dias) em dezembro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 1, 2 e 3.

Tabela 40 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em dezembro com agrupamento

Classe D	El Niño 0	El Niño 1, 2 ou 3
0	257,7637232	159,2362768
1	1,23627685	0,76372315

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 41 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe A em janeiro

Classe A	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	142,1718377	51,59904535	18,11455847	18,11455847
1	116,8281623	42,40095465	14,88544153	14,88544153

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 42 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em janeiro

Classe B	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	246,0190931	89,28878282	31,34606205	31,34606205
1	12,98090692	4,711217184	1,653937947	1,653937947

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe B (11 a 15 dias) em janeiro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 1 e 2.

Tabela 43 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe B em janeiro com agrupamento

Classe B	El Niño 0	El Niño 1 ou 2	El Niño 3
0	246,0190931	120,6348449	31,34606205
1	12,98090692	6,365155131	1,653937947

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 44 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em janeiro

Classe C	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	252,2004773	91,53221957	32,13365155	32,13365155
1	6,799522673	2,46778043	0,866348449	0,866348449

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe C (16 a 20 dias) em janeiro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 1, 2 e 3.

Tabela 45 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe C em janeiro com agrupamento

Classe C	El Niño 0	El Niño 1, 2 ou 3
0	252,2004773	155,7995227
1	6,799522673	4,200477327

Fonte: elaboração própria, 2019.

Tabela 46 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em janeiro

Classe D	El Niño 0	El Niño 1	El Niño 2	El Niño 3
0	257,1455847	93,32696897	32,76372315	32,76372315
1	1,854415274	0,673031026	0,23627685	0,23627685

Fonte: elaboração própria, 2019.

Os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para classe D (>20 dias) em janeiro, por isso, foram agrupados o *El Niño* tipo 1, 2 e 3.

Tabela 47 – Valores esperados Qui-Quadrado para classe D em janeiro com agrupamento

Classe D	El Niño 0	El Niño 1, 2 ou 3
0	257,1455847	158,8544153
1	1,854415274	1,145584726

Fonte: elaboração própria, 2019.

Conforme vistos nas tabelas de 27 a 47, mesmo agrupando *El Niño* tipo 1, 2 e 3, os pressupostos do teste Qui-Quadrado não foram atingidos para as classes C (16 a 20 dias) e D (>20 dias) no mês de novembro, dezembro e janeiro, e por isso foi utilizado o teste exato de Fisher para esses casos. Nas demais classes foi aplicado o teste Qui-Quadrado.

Na tabela 48, encontram-se os p-valores, os testes utilizados em cada caso e a conclusão sobre os mesmos.

Tabela 48 – Testes, p-valores e conclusões sobre dependência

Mês	Classe	Teste	P-valor	Conclusão
Novembro	A	Qui-Quadrado	0,000586197	Dependência
Novembro	B	Qui-Quadrado	0,00064578	Dependência
Novembro	C	Fisher	0,113406289	Independência
Novembro	D	Fisher	0,072622881	Dependência
Dezembro	A	Qui-Quadrado	0,03382691	Dependência
Dezembro	B	Qui-Quadrado	0,014680051	Dependência
Dezembro	C	Fisher	0,259352482	Independência
Dezembro	D	Fisher	0,145253566	Independência
Janeiro	A	Qui-Quadrado	0,050742974	Dependência
Janeiro	B	Qui-Quadrado	0,119752387	Independência
Janeiro	C	Fisher	0,217560457	Independência
Janeiro	D	Fisher	0,290175971	Independência

Fonte: elaboração própria, 2019.

Como pode-se notar na tabela 48 apenas podemos rejeitar a hipótese nula de independência em seis casos: classe A, B e D no mês de novembro, A e B no mês de dezembro e A em janeiro. Para estes casos foram analisados o tipo de *El Niño* e a frequência de ocorrência do veranico.

A partir da tabela 49 é possível perceber que quando não houve ocorrência de *El Niño* ou quando o mesmo foi de intensidade fraca, a ocorrência de veranicos da Classe A (6 a 10 dias) em novembro foi maior.

Tabela 49 – Ocorrências do veranico classe A em novembro

El Niño	Veranico Classe A
0	137
1	66
2	18
3	10

Fonte: elaboração própria, 2019.

A tabela 50 demonstra que quando não houve ocorrência de *El Niño*, o registro de veranicos da classe B (11 a 15 dias) em novembro foi de 29 ocorrências. E quando o *El Niño* foi de intensidade moderada ou forte houve 19 ocorrências da classe B no mês de novembro.

Tabela 50 – Ocorrências do veranico classe B em novembro

El Niño	Veranico Classe B
0	29
1	10
2 ou 3	19

Fonte: elaboração própria, 2019.

Por meio da tabela 51 é possível constatar que quando não houve registro de *El Niño*, ocorreu apenas um veranico da Classe D (>20 dias) em novembro. Já quando teve *El Niño* (fraco, moderado ou forte), foram 4 registros da classe D no mês de novembro.

Tabela 51 – Ocorrências do veranico classe D em novembro

El Niño	Veranico Classe D
0	1
1, 2 ou 3	4

Fonte: elaboração própria, 2019.

Em relação à classe A (6 a 10 dias) em dezembro, é possível observar através da tabela 52 que quando não ocorreu *El Niño* ou quando o mesmo foi de intensidade fraca, os registros de veranicos classe A foram maiores, sendo respectivamente de 163 e 67 ocorrências.

Tabela 52 – Ocorrências do veranico classe A em dezembro

El Niño	Veranico Classe A
0	163
1	67
2	16
3	16

Fonte: elaboração própria, 2019.

O mesmo ocorreu para a Classe B (11 a 15 dias) em dezembro, onde pode ser observado a partir da tabela 53, que quando não ocorreu *El Niño* ou quando o mesmo foi de intensidade fraca, os registros de veranicos classe B foram maiores, sendo respectivamente de 23 e 19 ocorrências.

Tabela 53 – Ocorrências do veranico classe B em dezembro

El Niño	Veranico Classe B
0	23
1	19
2 ou 3	9

Fonte: elaboração própria, 2019.

A classe A (6 a 10 dias) em janeiro pode ser observada por meio da tabela 54. É possível constatar que a ocorrência de veranicos classe A em janeiro foi maior quando não houve ocorrência de *El Niño*, ou quando o fenômeno foi de intensidade fraca.

Tabela 54 – Ocorrências do veranico classe A em janeiro

El Niño	Veranico Classe B
0	109
1	53
2	16
3	11

Fonte: elaboração própria, 2019.

Por fim, analisando as tabelas 49 a 54, pode-se notar que a classe A (6 a 10 dias) em novembro e dezembro, a classe B (11 a 15 dias) em dezembro e a classe A (6 a 10 dias) em janeiro, a ocorrência de veranicos é superior quando o *El Niño* não ocorre (0) ou é do tipo fraco (1), enquanto a classe B (11 a 15 dias) em novembro apresenta mais veranicos nas classes dos extremos, ou seja, quando não há *El Niño* (0) ou quando ele é moderado ou forte

(2 e 3). Diferentemente das demais, a classe D (>20 dias) em novembro apresenta mais veranicos quando a intensidade é maior.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os procedimentos metodológicos aplicados, especialmente quanto à identificação dos veranicos e a proposta das classes de duração do fenômeno, possibilitaram resultados satisfatórios ao término desse estudo.

Por mais que a metodologia tenha sido aplicada em um estado, nesse caso o Tocantins, a mesma pode ser desenvolvida em outras áreas, em menores ou maiores escalas, principalmente em localidades com potencial agrícola para a soja e com características climáticas sazonais no que se refere à dinâmica pluviométrica. Dessa forma, diversas áreas que incluem o domínio dos Cerrados podem ser favorecidas com esse estudo.

Ficou constatado que o Tocantins possui uma sazonalidade pluviométrica, onde as chuvas estão concentradas entre os meses de novembro e abril e nos demais meses (maio a setembro) há um predomínio de escassez das mesmas, o que resulta em deficiência hídrica no solo. Já em relação à temperatura do ar, existe uma pequena amplitude térmica, com temperaturas elevadas em grande parte do ano em virtude da ausência de nuvens e da pouca influência exercida pelas massas polares oriundas das latitudes médias e altas do Hemisfério Sul. Durante o ano, as médias mensais não ficam abaixo dos 22°C, podendo, em algumas localidades, principalmente no período da primavera, ultrapassar médias de 29°C.

Pelo fato de haver um período de concentração das chuvas, as culturas anuais praticadas no estado, em especial a soja, acabam sendo cultivadas em regime de sequeiro, a fim de evitar os custos relacionados à irrigação. No entanto, mesmo com a concentração das chuvas entre novembro e abril e, conseqüentemente, um bom excedente hídrico no solo, períodos de estiagem durante a estação chuvosa (veranicos) são expressivos no estado. Tal fato foi comprovado pelo número significativo de ocorrências de veranicos que foram contabilizados entre 1985 e 2016, sendo de um total de 8.608 eventos do fenômeno meteorológico registrados em postos pluviométricos do estado tocaninense. Sobre as classes de duração do fenômeno em estudo, a de maior ocorrência é a classe A (6 a 10 dias), com 76% dos episódios contabilizados, em seguida a classe B (11 a 15 dias) com 17% dos eventos, a classe C (16 a 20 dias) representa 5% do total encontrado e por último a classe D (>20 dias), com apenas 2%. Já em relação aos meses analisados, totalizando as classes de duração, o mês

de novembro representa 20% da soma dos veranicos entre 1985 e 2016, dezembro representa 17,5%, janeiro 15%, fevereiro 12,5%, março 13% e abril 22%.

Os procedimentos metodológicos utilizados para espacializar os veranicos permitiu uma visualização da dinâmica espacial do fenômeno no Tocantins, o que contribui no sentido de conhecer as áreas que possuem as maiores e menores ocorrências de tal fenômeno, dando aporte no zoneamento agroclimático do estado. Nesse sentido ficou claro que os veranicos não ocorrem de forma uniforme no estado e que a área com maior representatividade do fenômeno está situada na porção sudeste, mais especificamente na microrregião de Dianópolis, a qual dispõe das localidades com as maiores ocorrências: Rio da Palma, município de Conceição do Tocantins (203 registros); Fazenda Santa Rita, município de Paranã (199 registros) e Conceição do Tocantins (199 registros). Já a porção centro-oeste do estado engloba as áreas com as menores ocorrências de veranicos do Tocantins, de maneira especial as microrregiões de Miracema do Tocantins e Rio Formoso, com as respectivas localidades e registros do fenômeno: Dois Irmãos do Tocantins (95 registros) e Fátima (97 registros). Importante mencionar que as áreas com menores registros de veranicos coincidem com as localidades que dispõe de grande produção de soja no estado, como por exemplo, os municípios de Caseara, Lagoa da Confusão e Porto Nacional. Em contrapartida, as áreas com maiores registros de veranicos, não dispõem de produção da oleaginosa, como por exemplo, os municípios de Conceição do Tocantins, Paranã e Tocantinópolis.

O cálculo da probabilidade da ocorrência de veranicos possui o objetivo de auxiliar os produtores agrícolas do Tocantins no sentido de conhecer quais são as classes de duração do fenômeno que possuem maiores chances de ocorrer durante todo o ciclo da planta, desde o seu plantio até a colheita, ou seja, durante todas as fases fenológicas, especialmente daquelas mais sensíveis à falta de água, que no caso da soja são a germinação, a floração e o enchimento do grão. A partir dessa pesquisa, ficou claro que em todos os meses analisados, a classe A (6 a 10 dias) é a que possui maior probabilidade de ocorrência e a classe D (>20 dias) a que possui as menores chances de ocorrer.

Quanto à relação entre a ocorrência de veranicos e a produtividade da soja, em análise mensal, ficou constatado que a ocorrência do veranico da classe B (11 a 15 dias) em novembro e o da classe C (16 a 20 dias) em janeiro diminuiu a produtividade da oleaginosa. O fato de ocorrer veranicos da classe B (11 a 15 dias) em novembro prejudica a emergência da planta, ou seja, sua germinação acaba sendo comprometida. Ao ocorrer veranicos da classe

C (16 a 20 dias) em janeiro, as fases fenológicas de floração e enchimento do grão que ocorrem justamente durante esse mês no Tocantins são diretamente afetadas, uma vez que um déficit hídrico durante essa fase causa abortamento de flores e afeta o desenvolvimento das vagens da planta. Nesse estudo, não foi constatada nenhuma relação entre os veranicos classe D (>20 dias) e o rendimento final da soja no estado do Tocantins, o que pode ser explicado pelo fato de que muitas vezes os produtores de soja, ao serem surpreendidos com veranicos extensos acabam replantando o grão e a safra final não fica prejudicada.

Foi verificado também que a ocorrência de veranicos das classes A (6 a 10 dias), B (11 a 15 dias) e D (>20 dias) no mês de novembro, classes A (6 a 10 dias) e B (11 a 15 dias) em dezembro e classe A (6 a 10 dias) em janeiro, estão associadas à ocorrência do *El Niño*. Em conclusão geral, pôde-se provar que a não ocorrência do *El Niño* aumenta a ocorrência de veranicos de classes A (6 a 10 dias) e B (11 a 15 dias) em novembro e dezembro e A (6 a 10 dias) em janeiro, mas o contrário ocorre no mês de novembro, em que a ocorrência do *El Niño* aumenta a frequência de veranicos do tipo D (>20 dias) no referido mês.

Ainda que a metodologia aplicada tenha possibilitado o alcance de resultados satisfatórios, algumas dificuldades foram enfrentadas durante o desenvolvimento dessa pesquisa, principalmente em relação aos dados pluviométricos, em que foi necessário um levantamento rigoroso das estações pluviométricas da ANA, procurando ao máximo as de maior consistência e ainda com os dados de temperatura do ar, em virtude do Tocantins ser carente em estações meteorológicas de superfície, recorrendo nesse caso aos dados de reanálise.

Ao arrematar essa pesquisa, não significa que outros estudos não possam dar continuidade nessa temática. Pelo contrário, ainda há espaço para aperfeiçoamentos na metodologia e a inclusão de outras abordagens, como por exemplo, o estudo dos sistemas atmosféricos que atuam na gênese dos veranicos.

Por fim, cabe ressaltar que a concretização deste trabalho visa principalmente nortear ações ligadas à produção agrícola do estado, dando suporte aos agricultores tocantinenses, em especial os que cultivam a soja.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. HIDROWEB v3.1.1. **Snirh**, [21--]. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em fevereiro de 2018.
- AGRESTI, A. **Categorical Data Analysis**. New York: Wiley, 2002.
- AGRO BAYER BRASIL. Soja. **Agro.bayer**, 2018. Disponível em: <https://www.agro.bayer.com.br/culturas/soja>. Acesso em: 5 set. 2019.
- ALLEY, Richard *et al.* **Mudança do Clima 2007: a Base das Ciências Físicas**. Paris: IPCC, 2007. Disponível em: http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/IPCC%20mudan%C3%A7as%20climaticas.pdf. Acesso em: 2 nov. 2019.
- ALMEIDA, I. R. de. **O clima como um dos fatores de expansão da cultura da soja no Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso**. Presidente Prudente. 119 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente - SP, 2005
- ALMEIDA, R. E. M.; CAMPOS, L. J. M.; COSTA, R. V.; SIMON, J.; LAGO, B. C.; BONAFEDE, E. Desempenho de cultivares de soja da região centro norte do estado do Tocantins na safra de 2015/2016. **Boletim de desenvolvimento e pesquisa/ Embrapa Pesca e Aquicultura**, Palmas, 2016, 18 p.
- ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos el nino-oscilação sul (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 7, n. 2, 1992. p. 583-592. DOI 10.1590/S1415-43662007000100008.
- ARACRI, L. A. S.; AMARAL, G. M. O.; LOURENÇO, T. C. M. A expansão do cultivo da soja e as transformações do espaço agrário no cerrado mineiro. **Revista de Geografia UFJF**, Juiz de Fora, v. 2, n. 1, p.1-9, 2011.
- ASSAD, E. D. E.; CASTRO, L. H. R. Análise frequencial da pluviometria para a estação de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.l.], v. 26, n. 3, p. 397-402, 1991.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1998. 434p.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R.; SILVA, F. A. M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.
- ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DE MATO GROSSO. [sem título]. **APROSOJA**, Cuiabá, [21--]. Disponível em: <http://www.aprosoja.com.br>. Acesso em: 2 nov. 2018.
- AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. 14 ed. Rio de Janeiro, 2010.

BARRETO, H. B. F.; PEREIRA, G. M.; BARRETO, F. P.; FREIRE, F. G. C.; MAIA, P. M. E. Relação intensidade-duração-frequência para precipitação extrema em Mossoró – RN. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 7, n. 3, p. 103–109, 2014. DOI 10.14688/1984-3801/gst.v7n3p103-109.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1987. 61p.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. **A soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1977. p. 1-6.

CÂMARA, G. M. S. Introdução ao agronegócio soja. **USP/ESALQ**, São Paulo, 2015. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4484506/mod_resource/content/0/LPV%200584%202017%20-%20REVISAO%20Soja%20Apostila%20Agronegocio%20%282%29.pdf. Acesso em: 5 jun. 2019.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, M. A. A.; SOUSA, S. A. V.; CARVALHO, P. O. L. Estimativas de ocorrência de veranicos em Seropédica, Vassouras e Pirai (RJ), e suas influências no rendimento da cultura do feijão(*phaseolus vulgaris* l.). **Ciênc. e Agrotec.**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 323-330, abr./jun., 1999.

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

CASTRO NETO, P.; VILELLA, E. A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 59-62, 1986.

CASTRO, M. E. S. **A gênese, a variabilidade dos veranicos e suas consequências sobre as culturas do milho e da soja em Maringá-PR**. 2008. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

CEBALLOS, A.; MERTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J.; LUEGO-UGIDOS, M. A. Analysis of rainfall trends and dry periods on a pluviometric gradient representative of Mediterranean climate in the Duero Basin, Spain. **Journal of Arid Environments**, [s.l.], v. 58, 2004, p. 215–233. DOI 10.1016/j.jaridenv.2003.07.002.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. El Niño. **CPTEC/INPE**, 2016. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/elniño/pt>. Acesso em: 2 nov. 2019.

CHATFIELD, C. Wet and dry spells. **Monthly Weather Review**, Boston, v. 21, n. 3, p. 308-310, 1966.

CHRISTOPHERSON, R. W.; BIRKELAND, G. H. **Geossistemas**: uma introdução à Geografia Física. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n. 5, 2008, p. 295-341. DOI 10.1080/07352680802333904.

CLEPS JUNIOR, J. **Dinâmica e estratégias do setor agroindustrial no cerrado**. O caso do Triângulo Mineiro. 1998. 291 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP, 1998.

CRESTANA, S.; SOUSA, I. S. F. Agricultura tropical no Brasil. *In*: ALBUQUERQUE, A. C. S; SILVA, A. G. **Agricultura tropical**: Quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília: Embrapa, 2008.

CRUZ, E. S. *et al.* Ocorrência de veranicos no Estado do Rio de Janeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, 2004, p. 68-79. DOI 10.1590/S0100.

CUPOLILLO, F. **Diagnóstico Hidroclimatológico da bacia do rio Doce**. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte - MG, 2008.

CUPOLILLO, F. **Períodos de estiagem durante a estação chuvosa no Estado de Minas Gerais**: espacialização e aspectos dinâmicos relacionados. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, 2007, p. 1862-1866. DOI 10.1590/S1413.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Soja. **Embrapa**, [21--]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>. Acesso em: 10 out. 2019.

EQUIPE ESTATCAMP. Software Action. **Estatcamp Consultoria em estatística e qualidade**, São Carlos - SP, 2014. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/>. Acesso em 25 nov. 2019.

FALCO, J. G. **Estatística aplicada**. Cuiabá: EdUFMT, 2008. 92 p.

FANCELLI, A. L. Manejo baseado na fenologia aumenta eficiência de insumos e produtividade. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 13, 2015.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. E.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Embrapa Soja. Circular Técnica, 48.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p.

FERREIRA, D. B. **Análise da variabilidade climática e suas consequências para a produtividade da soja na região Sul do Brasil**. 2010. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

FERREIRA, D. B. **Relações entre a variabilidade da precipitação da precipitação e a produtividade agrícola de soja e milho nas regiões sul e sudeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2005.

FISHER, R. A. **Statistical Methods for Research Workers**. 5 ed. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1934.

FREITAS, E. D.; GRIMM, A. M. Determinação de probabilidades de ocorrências de veranicos no estado do Paraná. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., Brasília. **Anais...**, Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, CD-ROM, 1998.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.

GOLDEN GATE WEATHER SERVICES. El Niño and La Niña Years and Intensities: based on Oceanic Niño Index (ONI). **GGWeather**, 2019. Disponível em: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 12 out. 2019.

GRIMM, A. M. **Meteorologia Básica**: notas de aula. Curitiba: Departamento de Física, Universidade Federal do Paraná, 1999.

HABER, M. The continuity correction and statistical testing. **International Statistical Review**, [s.l.], v. 50, p. 135-144, 1982.

HANWAY, J. J. How a corn plant develops. **Iowa State University**, Ames, n. 48, 1966. 21 p.

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

HERNANDEZ, F. B. T.; SOUSA, S. A. V.; ZOCOLER, J. L.; FRIZZONE, J. A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira D'Oeste, Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, 2003, p. 21-30.

HOLTZ, A. C. T. Precipitação. *In*: PINTO, N. L. S *et al.* Hidrologia Básica. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. p. 27-35.

HYMOWITZ, T. **On the domestication of the soybean**. *Econ. Bot.*, [s.l.], v. 24, p. 408-421, 1970.

IBGE. IBGE Censo 2010. **IBGE**, 2015. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Malhas digitais – Mapas. **IBGE**, 2020. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>. Acesso em: 2 jan. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). **IBGE**, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>. Acesso em: 2 ago. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas. **INMET**, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 5 abr. 2019.

KALNAY, E. *et al.* The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, v. 77, n. 3, 1996, p. 437-471. DOI 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com un estudio de los climas de la tierra. Mexico: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima no Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Koppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, 2001, p. 171-182.

MANTEL, N. The continuity correction. **The American Statistician**, [s.l.], v. 30, 1976, p. 103-104.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V.; CARDOSO, M. R. D. Tendência do número de dias de chuva no estado do Tocantins e a relação dos seus extremos como o índice oceânico Niño. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 32, n.1, p. 1-16, 2014. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/13418/9371>. Acesso em: 15 out. 2019. DOI 10.4025/bolgeogr.v32i1.18235.

MARTIN, F. W. Why grow soybeans? **ECHO**, North Ft. Myers, 1998.

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

MENEZES, H. E. A. *et al.* A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 23, n. 2, 2008, p. 152-161. DOI 10.1590/S0102-77862008000200004.

MENEZES, H. E. A. **Influência da Temperatura da superfície dos oceanos tropicais na ocorrência de veranicos no Estado da Paraíba**. 2006. 110 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; LIMA, R. A. F. A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 181–186, 2010. DOI 10.1590/S1415-43662010000200009.

MENEZES, H. E. A; MEDEIROS, R. M; BRITO, J. I. B; MENEZES, H. E. A. Relação entre agricultura e veranico em Santa Filomena – PI, Brasil. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO, 2, **Anais...**, Campina Grande/PB, 2015.

- MINUZZI, R. B.; SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; COSTA, J. M. N. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, 2005. DOI 10.1590/S1415-43662005000300011.
- MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Nobel, 1985.
- NIMER, E. Descrição, análise e interpretação conceitual do sistema de classificação de climas de C.W. Thornthwaite. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 39, p. 87-109, 1977.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. [sem título]. **NOAA**, [21--]. Disponível em: <https://www.noaa.gov/>. Acesso em: 8 ago. 2019.
- NOVAIS, G.T. **Classificação Climática aplicada ao Bioma Cerrado**. 2019. 184 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- NUNES, R. Um pouco de Tocantins. **Recanto das Letras**, [21--]. Disponível em: <https://www.recantodasletras.com.br/poesias-regionais/2875244>. Acesso em: 2 dez. 2019.
- OLIVEIRA, A. G. **A questão do valor do clima**: reflexões em torno de um valor conceitual para a precipitação pluviométrica na produção agrícola. 2010. 150 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.
- PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha – MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 10, n. 4, p. 758 - 766, 2016. DOI 10.7127/rbai.v10n400402.
- PATERNIANI, E. Agricultura sustentável nos trópicos. **Estudos avançados**, [s.l.], v. 15, n. 43, 2001, p. 303-326. DOI 10.1590/S0103-40142001000300023.
- 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: 12 jun. 2019.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária. 2002. 478 p.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. Meteorologia Agrícola. **Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, 2007.
- PEREIRA, A.R. Agrometeorologia: Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, p. 311-313, 2005. DOI 10.1590/S0006-87052005000200019.
- PEREIRA, V. C. *et al.* Influência dos eventos El Niño e La Niña na precipitação pluviométrica de Mossoró-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 16., 2010, Belém. **Anais eletrônicos**. Belém: SBMET, 2010. Disponível em: http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/60_46462.pdf. Acesso em: 14 nov. 2019.

- PERTUSSATTI, C. A. **Veranicos no estado do Mato Grosso**: Análise da variabilidade espaço-temporal e modelagem estatística. 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia ambiental e recursos hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da faculdade de tecnologia da Universidade de Brasília, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- PINTO, J. E. S. S; AGUIAR NETTO, A. O. A. **Clima, Geografia e agrometeorologia**: uma abordagem interdisciplinar. São Cristóvão: Editora UFS, Aracaju, 2008.
- PINTO, P. H. P. **As chuvas no estado do Tocantins**: distribuição geográfica e gênese das variações rítmicas. 2013. 183 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.
- PORTAL SYNGENTA. Produtividade da lavoura. **Portal Syngenta**, 2020. Disponível em: <https://portalsyngenta.com.br/cultura/soja>. Acesso em: 2 jan. 2020.
- ROLDÃO, A. F. **Influência do fenômeno veranicos na produtividade da soja na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba – MG**. 2015. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.
- ROLDÃO, A. F; ASSUNÇÃO, W. L. Tipificação e ocorrência de veranicos nos municípios de Costa Rica e Chapadão do Sul – MS. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Dourados: UFGD, 2011.
- ROLDÃO, A. F; FERREIRA, V. O. Influência do fenômeno veranico na produtividade da soja na Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba–MG. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 13, n. 2, p. 118-138, jul./dez. 2015.
- ROLIM, G. S. Agrometeorologia, Mudanças Climáticas e os impactos na citricultura. *In*: Simpósio de Citricultura Irrigada, 6., **Anais...**, [s.l.], 2008.
- ROLIM, G. S. *et al.* Classificação climática de Koppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, 2007, p. 711-720.
- ROLIM, G. S; SENTELHAS, P. C. **Balanço hídrico normal por Thorntwaite e Mather (1955)**. Piracicaba: ESALQ/USP – Departamento de Ciências Exatas: Área de Física e Meteorologia, 1999.
- SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. de A. Introdução. *In*: MONTEIRO, J. E. B. de A. (org.). **Agrometeorologia dos Cultivos**: o fator meteorológico na produção agrícola. Brasília: INMET, 2009.
- SHARMA, T. C. Simulation of the Kenyan longest dry and wet spells and the largest rain-sums using a Markov Model. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 178, p. 55-67, 1996. DOI 10.1016/0022-1694(95)02827-7.
- SILVA, A. A. F. **Variações do ritmo pluvial e a produção de soja no município de Pedro Afonso – TO**. 2013. 229 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Pedro Afonso/TO, 2013.

SILVA, A. R. P.; ALMEIDA, M. G. O agronegócio e o estado do Tocantins: o atual estágio de consolidação. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 21, p. 28–45, jun. 2007.

SILVA, F. A. S.; RAO, T. V. R. Regimes pluviais, estação chuvosa e probabilidade de ocorrência de veranicos no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, 2002, p. 453-459.

SILVA, J. F. **El Niño**: O fenômeno climático do século. Brasília: Thesaurus, 2000. 139 p.

SILVA, M. M. **Variabilidade do início e fim da estação chuvosa e ocorrência de veranicos na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba**. 2014. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SILVEIRA, V. P.; ASSIS, S. V.; Ocorrência de períodos secos na cidade de Pelotas, RS. *In*: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 11., Rio de Janeiro, **Anais...**, 2000.

SIVAKUMAR, M. V. K. Empirical analysis of drought spells for agricultural applications in West Africa. **Journal of Climate**, [s.l.], v. 5, 1992, p. 532-539. DOI 10.1175/1520-0442(1992)005<0532:EAODSF>2.0.

SOARES, D. B. E.; NÓBREGA, R. S. Detecção de tendências na ocorrência de veranicos na microrregião do Pajeú – PE. **Revista de Geografia**, Recife, v. 26, n. 3, p. 263-275, 2009.

SOARES, D. B. E.; NÓBREGA, R. S. Análise espacial e climatológica da ocorrência de veranicos no sertão de Pernambuco. **Revista de Geografia**, Recife, v. 27, n. 1, p. 95-106, 2010.

SOUSA, S. A. V.; FRIZZONE, J. A. Simulação da ocorrência de veranicos em Piracicaba e seu efeito em duas épocas de plantio de milho. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 1997.

SOUSA, S. A. V.; PERES, F. C. Programa computacional para simulação da ocorrência de veranicos e queda de rendimento. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 33, n. 12, p. 1951-1956, dez. 1998.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, Nova York, n. 1, p. 55-94, 1948. DOI 10.2307/210739.

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

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: Versão Digital, 2006. 463 p.

VASCONCELLOS, S. L. B.; ANDRÉ, R. G. B.; PERECIN, D. Probabilidade de ocorrência de dias secos para a região de Jaboticabal-SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, 2003, p. 321-325. DOI 10.1590/S0102-77862013000200006.

VIANA, T. V. A. *et al.* Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos em Pentecoste – CE. **Irriga**, Botucatu, v. 7, n. 3, p. 226-229, 2002. DOI 10.15809/irriga.2002v07n3p226-229.

ZAVATTINI, J. A. **Estudos do clima no Brasil**. Campinas: Alínea, 2004.