

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

ANÁLISE DE ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS DE TEMPERATURA DO AR  
NA AMAZÔNIA

WISNEL JOSEPH

SINOP-MATO GROSSO  
FEVEREIRO, 2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA AMBIENTAIS

WISNEL JOSEPH

ANÁLISE DE ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS DE TEMPERATURA DO AR  
NA AMAZÔNIA

**Orientador:** Prof. Dr. Adilson Pacheco de Souza

Projeto de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso, *campus universitário de Sinop* como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais. Área de concentração: Biodiversidade

SINOP-MATO GROSSO

FEVEREIRO, 2020

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

J83a Joseph, Wisnel.  
Análise de índices de extremos climáticos de temperatura do ar na Amazônia /  
Wisnel Joseph. -- 2020  
98 f. ; 30 cm.

Orientador: Adilson Pacheco de Souza.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de  
Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Ciências  
Ambientais, Sinop, 2020.  
Inclui bibliografia.

1. Mudanças climáticas. 2. Anomalias de temperatura do ar. 3. Estação  
meteorológica convencional. 4. Rclimindex. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
Avenida Alexandre Ferronato, nº 1.200 - Setor Industrial - Cep: 78557267 - Sinop/MT  
Tel : 66 3531-1663/r. 206 - Email : ppgcam@ufmt.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO : "Análise de índices de extremos climáticos de temperatura do ar na Amazônia"**

AUTOR : Mestrando Wisnel Joseph

Dissertação defendida e aprovada em 17/02/2020.

### Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador	Doutor(a)	Adilson Pacheco de Souza
Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Interno	Doutor(a)	JANAINA PAULINO
Instituição:	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO	
Examinador Externo	Doutor(a)	João Carlos Machado Sanches
Instituição:	UNEMAT	
Examinador Suplente	Doutor(a)	Alexandre Ferreira do Nascimento
Instituição:	EMBRAPA	

SINOP, 17/02/2020.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me oferecido essa oportunidade de concluir esse mestrado fora do meu país (Haiti) e por ter me coroado de graça e saúde ao longo do estudo.

Agradeço ao meu incansável orientador Prof.Dr. Adilson Pacheco de Souza pela paciência e seu profissionalismo, pois orientar um estrangeiro sem nenhum conhecimento da língua do país não é algo fácil. Por ele, tenho todo o respeito do mundo.

Agradeço à Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), ao Programa de pós graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM) , aos colegas do mestrado, amigos e à todo o corpo docente do PPGCAM.

Agradeço à CAPES e ao Programa de Alianças para a Educação e a Capacitação (PAEC OEA-GCUB) pela concessão da bolsa.

Um agradecimento especial a meus irmãos , que desde a morte de meus pais assumiram a responsabilidade de pagar todos os custos dos meus estudos, sou muito grato. Também, agradeço a força transmitida por minha namorada Adelaine DELORIEUX ao longo do estudo, apesar da distância entre nós.

Agradeço ao Laboratório de Interações Plantas e Ambiente da UFMT pelos momentos de aprendizado profissional, o apoio e as afeições recebidos de cada colega.

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.2	JUSTIFICATIVA.....	15
1.3	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	16
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>		<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
2.1	Eventos Extremos climáticos: definição, riscos e desastres.....	17
2.2	Índices de detecção de mudanças climáticas nos eventos extremos climáticos.....	19
2.3	Importâncias do Bioma Amazônico na América e no mundo .....	21
2.4	Eventos extremos de temperatura do ar .....	22
2.5	Impactos dos eventos extremos climáticos na Amazônia Brasileira.....	23
2.6	Efeito no uso da cobertura florestal sobre o clima da Amazônia.....	28
2.7	Urbanização na Amazônia .....	30
2.8	Características climáticas da região Amazônica .....	34
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>		<b>37</b>
<b>RESUMO .....</b>		<b>37</b>
<b>ABSTRACT.....</b>		<b>37</b>
2.0	Material e Métodos.....	40
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
3.1	Sazonalidade da temperatura do ar na Amazônia .....	45
3.2	Índices climáticos derivados da temperatura do ar .....	48
3.3	Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Amazonas .....	51
3.4	Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Amapá.....	55
3.5	Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Pará .....	57
3.6	Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Mato Grosso.....	65
3.7	Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Maranhão-MA .....	69
3.8	Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Tocantins-TO.....	76
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>82</b>
<b>5</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> variações das fases do EL Niño e La Niña.....	<b>25</b>
<b>Figura 2:</b> Taxa de desmatamento anual na Amazônia Legal (km <sup>2</sup> ) produzida pelo PRODES de 1988-2018 .....	<b>29</b>
<b>Figura 3 :</b> Evolução da População por Unidade de federação da Amazônia Legal (1872-2000) .....	<b>32</b>
<b>Figura 4 :</b> Precipitação média anual ( 1982-2012) sobre a América do Sul(a) e mensais/trimestrais na Amazônia(b) em mm dia <sup>-1</sup> . A linha preta destaca a região da Amazônia Legal Brasileira. (b) .....	<b>36</b>
<b>Figura 5 :</b> Distribuição espacial das Estações Meteorológicas Convencionais empregadas na avaliação de extremos de temperatura do ar na Amazônia.....	<b>41</b>
<b>Figura 6:</b> Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em duas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Acre .ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada .....	<b>50</b>
<b>Figura 7 :</b> Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar nas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Amazonas. ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada .....	<b>54</b>
<b>Figura 8:</b> Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar nas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Amapá . ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada .....	<b>57</b>
<b>Figura 9 :</b> Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar nas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado do Pará . ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada .....	<b>63</b>
<b>Figura 10 :</b> Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em duas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Mato Grosso-MT .ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada. ....	<b>69</b>
<b>Figura 11 :</b> Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em duas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Maranhão-MA .ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada. ....	<b>76</b>
<b>Figura 12 :</b> Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em duas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Tocantins-TO .ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada. ....	<b>81</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Distribuição de desmatamento por estado na Amazônia entre 08/17-06/18 .....	<b>16</b>
<b>Tabela 2:</b> Número de municípios criados antes e depois da constituição federal de 1988 na Amazônia Legal .....	<b>31</b>
<b>Tabela 3:</b> População urbana e rural, por estado na Amazônia, 2010 .....	<b>33</b>
<b>Tabela 4:</b> Principais atividades econômicas das populações dos estados da Amazônia Brasileira-2000.....	<b>33</b>
<b>Tabela 5:</b> Informações das EMC's avaliadas nos estados da Amazônia Brasileira.....	<b>40</b>
<b>Tabela 6:</b> Índices climáticos dependentes das temperaturas máximas e mínimas com suas definições e unidades .....	<b>43</b>
<b>Tabela 7:</b> Anos de últimas ocorrências de El Nino(EN) e La Nina(LN) e suas intensidades	<b>44</b>
<b>Tabela 8 :</b> Médias mensais e anuais da Temperatura máxima do ar em estações meteorológicas convencionais do rede do INMET, nos estados de Acre, Amazonas, Pará e Amapá .....	<b>45</b>
<b>Tabela 9:</b> Médias mensais e anuais da Temperatura mínima do ar em esta;’oes meteorológicas convencionais do rede do INMET, nos estados de Acre, Amazonas, Pará e Amapá .....	<b>46</b>
<b>Tabela 10:</b> Médias mensais e anuais da Temperatura máxima do ar em estações meteorológicas convencionais do rede do INMET, nos estados de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, .....	<b>47</b>
<b>Tabela 11:</b> Médias mensais e anuais da Temperatura mínima do ar em estações meteorológicas convencionais do rede do INMET, nos estados de Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, .....	<b>47</b>
<b>Tabela 12 :</b> Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar em duas estações meteorológicas convencionais do estado de ACRE-AC	<b>49</b>
<b>Tabela 13 :</b> Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de AMAZONAS-AM .....	<b>52</b>
<b>Tabela 14:</b> Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar na estação meteorológica convencional do estado de AMAPÁ-AP.....	<b>56</b>
<b>Tabela 15 :</b> Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de PARÁ-PA ..	<b>58-59</b>
<b>Tabela 16 :</b> Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de MATO GROSSO-MT.....	<b>66</b>
<b>Tabela 17 :</b> Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de MARANHÃO-MA .....	<b>71</b>
<b>Tabela 27 :</b> Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de TOCANTINS-TO .....	<b>78</b>



## LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

AR4- Quarto Relatório

ASCII- American Standart Code for Informations Interchange

CCI/CLIVAR – International Research Programme on Climate Variability Predictability (Programa Internacional de Pesquisa em Previsão da Variabilidade Climática)

CSDI- Cold speel duration index(Ondas de Frio)

CDD – Consecutive dry days (Dias consecutivos secos)

CQNUMC- Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

DTR – Daily Temperature Range (Amplitude térmica diária)

BDMEP -Banco de Dados Meteorológicos Para Ensino e Pesquisa

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMC-Estação Meteorológica Convencional

ENOS- El NIÑO Oscilação- Sul

ETCCDMI – Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (Equipe de Especialista em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas)

FAO- Food and Agriculture Orgazição of the United Nations(Organização das Nações Unidas para Agricultura

FD-Number of Frost (Número de dias de geadas)

FBDS-Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável

GSL- Growing Season Length (Cultivo Comprimento estação)

GEE-Gases de Efeito Estufa

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernmental de Mudanças Climáticas)

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBF-Instituto Brasileiro de Floresta

INMET-Instituto Nacional da Meteorologia

MMA- Ministério do Meio Ambiente

MDL-Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration (Agência Nacional

Oceânica e Atmosférica)

OMM – Organização Meteorológica Mundial

PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas

PRODES- Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia

REDD- Redução das Emissões por Desmatamento e Degradação

SU – Summer days (Dias quentes)

TMAX – Temperatura máxima

TMIN – Temperatura mínima

TNN – Mínima temperatura mínima

TNX – Máxima temperatura mínima

TN10P – Noites frias

TN90P – Noites quentes

TR – Tropical nights (Noites quentes)

TSM – Temperatura da superfície do mar

TXN – Mínima temperatura máxima

TXX – Máxima temperatura máxima

TN10P-Dias Frios

TN90P-Noites quentes

TX10P – Dias frios

TX90P – Dias quentes

WMO- World Meteorology Organization(Organização Meteorológica Mundial)

WSDI- Warm speel duration index ( Ondas de Calor)

ZFM-Zona Franca de Manaus

## ABREVIACÕES

EN-El Niño

ENF-El Niño Forte

ENM-El Niño Moderado

LN-La Niña

LNM-La Niña Moderada

LNF-La Niña Forte

Jan-Janeiro

Fev-Feveireiro

Mar-Março

Abr-Abril

Maiio-Maio

Jun-Junho

Jul-Julho

Ago-Agosto

Set-Setembro

Out-Outubro

Nov-Novembro

Dez-Dezembro

## **SÍMBOLOS**

CO<sub>2</sub>- Dióxido de Carbono

CH<sub>4</sub>-Metano

O<sub>3</sub>- Ozônio

N<sub>2</sub>O- óxido nitroso

°C-Graus Celcius

%-Porcentagem

Km<sup>2</sup> – quilômetro Quadrado

## RESUMO

Atualmente, a Amazônia Brasileira está sujeita de grandes debates científicos e políticos no mundo relacionados o uso e ocupação do solo na era das mudanças climáticas. Esse trabalho objetivou em verificar se há ocorrência de alterações nas tendências de índices de detecção de mudanças climáticas derivadas das temperaturas máximas e mínimas médias em Estações Meteorológicas Convencionais(EMC's), distribuídas no bioma Amazônico, inclusive, buscar associações entre as alterações nas séries de temperatura do ar e eventos de anomalias TSM (Temperatura Superficial do Mar) de diferentes fases e/ou intensidades. Essas EMC's são pertencentes a rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e possuem dados disponibilizados no BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos Para Ensino e Pesquisa). O software RCLIMDEX 1.9.0 foi empregado para definição numérica de 16 índices de detecção de mudanças climáticas recomendados pelo CCI/CCLIVAR (Climate Change Detection Monitoring and Indices) de distribuição gratuita e disponibilizado para download no website da ETCCDMI (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>). Para análise estatística foram considerados como indicativos a tendência linear da série (obtida pelo método dos mínimos quadrados), nível de significância (valor p), estatística da tendência, coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e erro padrão da estimativa. Nesse caso, foram consideradas apenas tendência linear (positiva ou negativa) superior ao erro padrão de estimativa e significativa a  $p < 0,1$ . O exame dos resultados dos índices mostrou um aquecimento ao longo dos anos em toda a Amazônia. Observou-se tendências de aumento nos índices de TMAX e TMIN com tendências mais significativas ainda na TMIN . Ocorreram aumento nas porcentagens de dias e noites quentes (TN10P, TN90P) e diminuição nas porcentagens de dias e noites frias (TX10P, TX90P) em grande parte da Amazônia. Os indicadores dos dias de Verão (SU25) e noites tropicais (TR20) como os de TNX, TXN, TXX, TNN, DTR mostraram alterações nas tendências em maior parte da Amazônia com resultado mais significativos para o TR20. No estado de Pará, registrou um decréscimo importante nas tendências de DTR, indicando um aumento na temperatura mínima a uma taxa superior à temperatura máxima . Essas alterações podem ser de causas humanas no desmatamento, urbanização, crescimento populacional, formação de ilhas de calor, transportes entre outros. Além disso, podem ser causas de anomalias registradas na TSM do Oceano Pacífico Equatorial através do El Niño e La Niña visto que a maioria dos índices apresentaram correlações sobretudo positivas nos últimos episódios do El Niño .

**Palavras-Chave:** Mudanças Climáticas; Anomalias de temperatura do ar., Estação meteorológica convencional., Rclimdex.

## ABSTRACT

Currently, the Brazilian Amazon is the subject of major scientific and political debates around the world related to land use and occupation in the era of climate change. The objective of this work was to verify if there are changes in the trends of climate change detection indices derived from the maximum, average and minimum temperatures in Conventional Meteorological Stations (CMS), distributed in the inclusive Amazon biome, to look for associations between the changes in the series of air temperature and SST (Sea Surface Temperature) anomaly events of different phases and / or intensities. These CMS belong to the National Institute of Meteorology (NIM) network and have data available in the MDTR (Meteorological Database for Teaching and Research). The RCLIMDEX 1.9.0 software has been employed to numerically define 16 free climate change detection indices recommended by the Climate Change Detection Monitoring and Indices (CCI / CCLIVAR) available for download from the ETCCDMI website (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>). For statistical analysis, the linear trend of the series (obtained by the least squares method), level of significance (p value), trend statistics, coefficient of determination (R<sup>2</sup>) and standard error of the estimate were considered as indicative. In this case, only linear trend (positive or negative) higher than the standard error of estimation and significant at  $p < 0.1$  were considered. Examination of the index results showed a warming over the years throughout the Amazon. There were increasing trends in TMAX and TMIN indices with even more significant trends in TMIN. There was an increase in the percentages of warm days and nights (TN10P, TN90P) and a decrease in the percentages of cold days and nights (TX10P, TX90P) in much of the Amazon. Indicators of summer days (SU25) and tropical nights (TR20) such as TNX, TXN, TXX, TNN, DTR showed changes in trends in most of the Amazon with more significant results for TR20. In the state of Pará, there was a significant decrease in DTR trends, indicating an increase in the minimum temperature at a rate higher than the maximum temperature. These changes can be of human causes in deforestation, urbanization, population growth, heat island formation, transportation and others. In addition, they may be causes of anomalies reported in the Equatorial Pacific Ocean SST through El Niño and La Niña since most indices showed mostly positive correlations in recent El Niño episodes.

**Keywords:** Climate Change; Air Temperature Anomalies., Conventional Weather Station., Rclimdex.

## 1 INTRODUÇÃO

Os diferentes sistemas climáticos tendem a apresentar comportamentos médios dos elementos que os caracterizam ao longo do tempo, todavia, podem ocorrer anomalias que são comumente chamadas de “eventos extremos”. Esses eventos ocorrem em escalas temporais diferentes (instantâneas, horárias, semanais, mensais e até mesmo anuais), sendo que os mais importantes para as atividades humanas são os extremos de curto prazo (relacionados com o tempo) e os de médio prazo (relacionados com o clima), pois têm potencial para causar impactos significativos.

Dependendo das vulnerabilidades existentes, esses eventos podem impactar seriamente os sistemas humanos atingidos, ocasionando grandes desastres naturais. Dessa forma, a ocorrência de extremos climáticos suscita e expõe a vulnerabilidade das populações, alterando o funcionamento das sociedades e o bem-estar social. Portanto, esses eventos extremos climáticos, não estão restritos somente no Brasil, mas também têm sido percebidos e registrados em todo o mundo (JURAS, 2008).

Atualmente a temática do aquecimento global atrai a atenção de vários setores da sociedade e nos convida a pensar em cenários futuros, especialmente voltados para as consequências das mudanças climáticas e seus efeitos sobre a vida como um todo. Diante dos diversos impactos sociais, ambientais e econômicos decorrentes das alterações climáticas, foram criados internacionalmente, várias organizações e eventos com pautas voltadas para a mitigação das mudanças climáticas e a promoção do desenvolvimento.

Destaques podem ser dados a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC), ao Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), ao Protocolo de Quioto (e sua prorrogação até 2020) e suas ferramentas como o MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo), o REDD (e suas variações que visam a redução de emissões por desmatamento e degradação florestal), dentre outros. Em geral, essas organizações partem de bases de cooperação internacional para estabelecer e conduzir políticas de redução e estabilização das emissões de gases de efeito estufa, minimizando assim, as influências antrópicas nos processos climáticos em escalas global e regional.

De acordo com o relatório especial do IPCC em 2007, as projeções para o crescimento das emissões globais de Gases de Efeito Estufa (GEE) com destaque ao CO<sub>2</sub>, serão de 25 a 90% entre 2000 e 2030, tendo como principais impactos, a expectativa de que até meados do século na América Latina, as florestas tropicais do leste da Amazônia, devem ser substituídas gradualmente pelas savanas sob o efeito do aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade do solo. Por conseguinte, essa projeção do IPCC de 2007, mostrou que, nas condições

brasileiras, esperava-se um aumento da temperatura do ar de até 4,0 °C acima da média climatológica de 1961-1990 no interior do país e 3,0°C nas regiões litorâneas. Por conseguinte, para o extremo norte do planeta, as previsões indicavam ainda um aumento na temperatura de 7,5°C, no cenário mais dramático. Quanto às chuvas, esperava-se um aumento de 10% a 20% no volume no hemisfério norte, com redução proporcional no hemisfério sul.

De maneira simplista, começam a ser observadas relações entre eventos climáticos extremos e mudanças climáticas, com aumento da intensidade e da frequência de suas ocorrências (DECAMPS, 2010; JACOBI & GIATI, 2013). As mudanças climáticas podem ser entendidas como um fenômeno mundial, que por sua vez, vêm sendo mais fortemente percebidas nas últimas décadas e, mesmo com algumas das causas associadas aos processos internos naturais, destaca-se que a ação antropogênica pode colaborar na intensificação deste processo (FARIA et al., 2016). Essa influencia deve-se ao fato de que as atividades desenvolvidas pela sociedade ainda são predominantemente dependentes de matriz energética baseada na queima de combustíveis fósseis, e nesse sentido, considerando-se projeções de que no final do século XXI, os níveis de CO<sub>2</sub> terão alcançado o dobro dos valores atuais, espera-se uma elevação de 1,0 °C a 4,0 °C na temperatura da Terra (MENDONÇA et al., 2007).

Dentre os fenômenos naturais periódicos, destaca-se o El Niño Oscilação-Sul (ENOS) e suas fases/intensidades, que geram parte do desequilíbrio climático global ou em mesoescala, a partir do aquecimento e do resfriamento das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Segundo SOUZA et al. (2018), o ENOS pode apresentar influências principalmente na modificação no regime de chuva regional, podendo resultar em secas severas ou chuvas extremas, interferindo de forma expressiva, nas atividades humanas e nas alternâncias de períodos chuvosos e secos. A caracterização das fases do ENOS e suas influências em várias regiões brasileiras foram abordadas por diversos autores, principalmente na região Amazônica (MARENGO et al., 2009; SILVA et al., 2009; REBOITA et al., 2010; ALVES et al., 2013; GONZALEZ et al., 2013; SANTOS et al., 2013; MAIER et al., 2016; SOUZA et al., 2018).

Recentemente, em 2017, na escala global, a temperatura média do ar foi  $1,1^{\circ} \text{C} \pm 0,1^{\circ} \text{C}$  superior às observações dos períodos pré-industriais (1850-1900); especificamente esse ano foi o mais quente do triênio 2015-2017, sem a influência do ENOS (OMM, 2018). Por conseguinte, o ano de 2018 começou como o de 2017 terminou, com a intensificação de fenômenos extremos destrutivos. A temperatura média global para o período de janeiro a outubro de 2018 foi de  $0,98 \pm 0,12^{\circ} \text{C}$  acima do valor medio encontrado no período pré-industrial supracitado (WMO, 2019).

Dessa forma, a humanidade terá que enfrentar uma multiplicação de choques meteorológicos sobre diferentes formas, visto que, nos últimos 50 anos, foi observado um aumento significativo dos eventos extremos de precipitação e temperatura em vários lugares do mundo, inclusive no Brasil. Dias frios, noites frias e geadas têm se tornado menos frequente, enquanto que, a ocorrência de dias quentes, noites quentes e ondas de calor têm aumentado (MARENGO et al., 2009), em diferentes regiões brasileiras, sobretudo na Amazônia.

Fenômenos que antes eram considerados normais, em razão da sua regularidade, serão mais frequentes e terão uma magnitude muito maior, enquanto que, em função de alterações das escalas temporais das variáveis do ciclo hidrológico, se tornando mais intensas/rápidas, tendem a provocar maiores ocorrências de eventos extremos como tempestades, enchentes e inundações (BLANK, 2015). Um exemplo dessa constatação, ocorreu na Amazônia em 2005, quando uma estiagem de proporções inéditas atingiu mais da metade dos 62 municípios do estado Amazonas, isolando milhares de pessoas em comunidades ribeirinhas.

Atualmente, os efeitos das mudanças climáticas são visíveis várias partes do planeta Terra, sendo constatados na degradação dos ecossistemas naturais, na perda de áreas agrícolas, na saúde, nas áreas costeiras (aumento do nível do mar), nos impactos nas espécies biológicas, na diminuição hídrica em escala global, regional e local resultantes das alterações no regime das precipitações. Em suma, as mudanças climáticas afetam não apenas a economia mundial mas os ecossistemas em geral, sendo que, no nível regional, os seus impactos podem ser bastante profundos e heterogêneos (RUIZ, 2011).

O desenvolvimento e crescimento da produção agropecuária como principal atividade econômica de vários países no mundo dependem das relações entre temperatura do ar e precipitações, têm-se nesse setor primário, uma das atividades humana mais influenciada pelo clima e suas variações. Dessa forma, a intensificação e a frequência dos fenômenos extremos decorrentes das mudanças climáticas terão ainda de grandes consequências nas produções agrícolas e na disponibilidade de alimentos em muitas regiões.

No Brasil, especialmente nas regiões tropicais como a Amazônia, o centro-oeste e Leste, alguns fatores como mudanças no uso da terra, queima de biomassa, desflorestamento e o mau uso dos ecossistemas são fatores importantes que podem influenciar os regimes de chuva e de temperatura do ar, sobretudo na Amazônia e no Cerrado. Estes fatores modificaram não apenas o clima regional mas também contribuíram nas alterações dos sistemas de circulação em mesoescala. Do ponto de vista local, eles podem ser mais significativos do que os GEE. De acordo os cenários de mudanças climáticas para a América do Sul para o século XXI, as projeções do aquecimento são variadas entre 1,0 e 4,0 °C para o cenário B1 (otimista, que



apresenta menores emissões de Gases de Efeito Estufa(GEE) e entre 2,0 e 6,0 °C para o cenário A2 (pessimista, que é a manutenção dos padrões de emissões de GEE). Isso quer dizer que, para qualquer dos cenários e modelos avaliados, em geral, ocorrerá aumento de temperatura, enquanto que, em termos de mudanças na precipitação, as regiões mais vulneráveis ainda seriam a Amazônia e o Nordeste Brasileiro, em função da intensidade e posicionamento da zona de Convergência Intertropical (ZCIT)(SALAZAR, 2008).

De fato, nas condições atuais de desenvolvimento do Brasil, a vulnerabilidade de algumas regiões às mudanças climáticas pode ser considerada alta, gerando consequências no desenvolvimento sustentável do país no futuro. De maneira simplificada, o aumento de temperatura do ar, impacta todos os setores (ambientais, sociais e econômicos), visto que propiciarão maiores demandas no consumo da energia associados ao conforto humano, redução de regiões aptas nos zoneamentos agroclimáticos, alterações no turismo, dentre outros (SANTOS et al., 2009). Estas consequências serão ainda mais persistentes nos países em desenvolvimento, com sociedades mais pobres e não possuem recursos suficientes para responder às consequências, com riscos de migrações e êxodos.

De acordo com os danos intensos e destrutivos que as mudanças climáticas causaram e/ou podem causar, torna-se fundamental a fomentação de debates, não apenas a nível científico, mas também a nível político. Nesse contexto, a identificação dos padrões atuais e do comportamento de índices climáticos, aceitos e caracterizados mundialmente para esse tipo de análise, permite subsidiar propostas e políticas que minimizem os impactos nos setores socioeconômicos e ambientais, especialmente na Amazônia brasileira.

Para tanto, essa dissertação, estabelece como objetivo analisar a ocorrência de alterações em séries de temperatura do ar no bioma Amazônia (nos diferentes estados), por meio da evolução de índices numéricos convencionais de análise temporal definidos pela Organização Meteorológica Mundial (ZHANG & YANG, 2004) e relações com eventos de anomalias TSM (Temperatura Superficial do Mar) de diferentes fases e intensidades. Nesse contexto, as perguntas científicas abordadas foram:

- i. Ocorrem diferenças entre índices climáticos nos diferentes estados da Amazônia Brasileira?
- ii. Caso ocorram mudanças nas tendências dos índices de detecção climáticas para algum estado da Amazônia, o que explica/justifica?

## 1.1 OBJETIVOS

Verificar se há ocorrência de alterações nas tendências de índices de detecção de mudanças climáticas derivadas das temperaturas máximas, médias e mínimas em estações meteorológicas convencionais, distribuídas no bioma Amazônico. E ainda, buscar associações entre as alterações nas séries de temperatura do ar e eventos de anomalias TSM (Temperatura Superficial do Mar) de diferentes fases e/ou intensidades.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A Amazônia Brasileira foi selecionada como área de estudo em função de sua contribuição para a manutenção da vida na Terra, extensão territorial e por ser uma área muito exposta a riscos climáticos decorrentes de vários tipos de influências humanas e/ou naturais. Além de ser uma das maiores biodiversidades do mundo, seu nome é destaque em vários relatórios do IPCC, e sua vulnerabilidade (tanto do ambiente natural quanto das populações) aos efeitos das mudanças climáticas vêm sendo apresentada em várias publicações científicas recentes. Para o IPCC (2007), as mudanças climáticas já estão ocorrendo, e, são irreversíveis no curto prazo, pois são derivadas do regime climático de aumento da temperatura mundial, elevação do nível do mar e maior frequências de eventos climáticos extremos.

A Bacia Amazônica possui afluentes nos dois hemisférios do planeta, portanto, o seu comportamento hídrico está sujeito á alteração das estações secas e chuvosas dos dois hemisférios. Na Amazônia oriental, a seca e o calor são considerados como os principais causadores da morte da floresta e sua substituição por vegetação do tipo cerrado e semi-arido. Além desses fatores naturais, a Amazônia sofre também com as influências humanas, sobretudo associadas ao desmatamento. O PRODES, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018), define o desmatamento como a remoção completa da cobertura florestal por corte raso, com emprego de imagens Landsat ou similares apenas para registrar ou quantificar as áreas. Em 1995, foi registrado uma taxa significativa de desmatamento (29.059 km<sup>2</sup>/ano), seguidos de 2002 e 2003, com 23.750 km<sup>2</sup> (INPE, 2004). No período de agosto 2017 a junho de 2018, o PRODES estimou a área desmatada de corte raso na Amazônia em 7.900 Km<sup>2</sup>, com distribuição de porcentagens por estado que compõe a Amazônia Brasileira apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Distribuição de desmatamento por estado na Amazônia, entre 08/2017 e 06/2018.

Estado	PRODES 2018 (km <sup>2</sup> )	Contribuição (%)
Acre	470,0	5,9
Amazonas	1045,0	13,2
Amapá	0,0	0
Maranhão	281,0	3,6
Mato Grosso	1.749,0	22,1
Pará	2.840,0	35,9
Rondônia	1.314,0	16,7
Roraima	176,0	2,3
Tocantins	25,0	0,3
<b>TOTAL</b>	<b>7.900,0</b>	<b>100</b>

**Fonte:** PRODES/INPE, 2018. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/inpe-estima-7-900-km2-de-desmatamento-por-corte-raso-na-amazonia-em-2018>. Acesso em: 01/07/2019.

As influências naturais devido à sua posição geográfica e as modificações antropogênicas geradas pelos processos de colonização da Amazonia brasileira, nos remete a necessidade de uso de vários índices de detecção de alterações climáticas recomendados pelo CCI/CCLIVAR (International Research Programme on Climate Variability and Predictability) associados à temperatura do ar (16 índices). Em geral, algumas projeções, mostraram que o aumento da temperatura impactará de maneira dramática a biodiversidade dos ecossistemas da Amazônia, contudo, não ocorre especificações de quais variáveis descritas da temperatura do ar que sofreram e/ou sofrerão alterações ao longo do tempo.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em dois (2) capítulos, assim detalhados:

O primeiro capítulo consiste de uma revisão de literatura, na qual aborda-se os conceitos-chaves e considerações relacionadas aos as mudanças e variabilidades climáticas; e ainda, uma caracterização geral da Amazônia brasileira.

No segundo capítulo aborda-se a aplicação de 16 índices de detecção de alterações em séries de temperatura do ar, para diferentes estações meteorológicas convencionais dos estados da Amazônia brasileira.

## CAPÍTULO 1

### **2 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **2.1 Eventos Extremos climáticos: definição, riscos e desastres**

As questões vinculadas aos eventos extremos climáticos estão apresentando grandes repercussões e debates no mundo, em função das alterações e possíveis efeitos negativos em diferentes regiões, principalmente nas atividades socioeconômicas. No Brasil, esta questão aparece diariamente na mídia, seja por acontecimentos atuais ou por notícias de outras partes do mundo (DIAS, 2014). Os eventos extremos climáticos são vistos como anomalias climatológicas em diferentes escalas temporais (MARENGO et al., 2007), sendo que de modo geral, um evento extremo pode ser concebido como tal em função de sua baixa frequência de ocorrência (raridade), intensidade excepcional ou pelos impactos e prejuízos resultantes em sistemas urbanos, agrícolas ou ambientais (BENISTON & STEPHENSON, 2004).

Para DIAS (2014) os fenômenos mais cruciais e que tem ocasionado extremos climáticos estão associados ao ENOS (El Niño e La Niña), que funciona em duas fases contrárias, visto que El Niño ocorre quando existe o aquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical e La Niña quando existe o resfriamento dessas águas. Quando ocorre o El Niño, as principais características são a ocorrência de chuvas torrenciais, grandes secas tanto nas regiões da costa da América do Sul quanto em outras partes do mundo. Na ocorrência de La Niña, a costa oeste equatorial da América do Sul fica seca e fria e assim são vários outros lugares do mundo tendem a registrar extremos frios, ou redução de chuvas.

De forma simplificada, os principais extremos climáticos observados são a redução dos dias frios, aumento da duração das ondas de calor, elevação na frequência de chuvas intensas ou de secas severas, e que causam expressivos impactos nas sociedades e nos ecossistemas em geral (KARL et al., 1997), sendo geradores de múltiplos impactos sociais, riscos e desastres do como secas, inundações, enxurradas e alagamentos (MARENGO et al., 2007; COSTA et al., 2018). Na Amazônia, quando somamos ao aquecimento global, as alterações de vegetação resultantes das mudanças dos usos da terra, têm-se a potencialização dos impactos das mudanças climáticas (SALAZAR et al., 2007).

Por conseguinte, ressalta-se ainda, que existe certa recorrência ao longo do tempo para grande parte dos eventos extremos, visto que a Terra passou por distintas eras geológicas, climáticas e de ocupação superficial (distribuição espacial e temporal das espécies) (FRANCA,

2015). As variações dessas tendências ao longo da história geológica da Terra definem as mudanças climáticas, que podem ser derivadas não somente de fatores naturais, mas também antropogênicos. Neste contexto, JURAS (2008) relatou a ocorrência de evidências científicas que confirmaram que as mudanças mais recentes não são variações naturais, mas, estão associadas a um aumento na temperatura da Terra associado a atividades antrópicas, decorrentes em especial pelo consumo de combustíveis fósseis como carvão mineral, petróleo e gás natural, assim como pelos desmatamentos e queimadas.

Por isso, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (CQNUMC) definiu como “mudança climática”, a alteração no clima atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, e que modifica a composição, estrutura ou interação da atmosfera, e que se soma à variabilidade climática natural observada ao longo de escala temporais comparável (ROGER & BARY, 2013). Em contrapartida, o conceito de variabilidade climática pode ser associado ao processo interno naturais do sistema climático, ou a variações nas farsantes climáticas naturais ou antropogênicas. A diferença fundamental entre mudança e variabilidade climática reside na persistência das condições anômalas, característica própria à primeira (FRANCA, 2015), indicando portanto, que a variabilidade climática pode, também, provocar eventos extremos climáticos. A partir de modelagens climatológicas em diferentes escalas espaciais, a incerteza que existe nas projeções feitas das alterações das mudanças climáticas estão diminuindo.

A ocorrência de eventos extremos climáticos como secas, vendavais, tempestades, inundações, entre outros estão se tornando cada vez mais intensos em várias partes do planeta. O Brasil pode ser considerado como um das principais vítimas das consequências desses fenômenos nos últimos anos, tanto nas atividades econômicas, infraestruturais, saúde pública e agropecuária. Esta questão relacionada ao aumento dos extremos climáticos nos remete automaticamente ao problema da vulnerabilidade das populações e dos ecossistemas e as mudanças (SALAZAR et al., 2008).

O risco climático resultam da interação entre vulnerabilidade, exposição e perigo, mostrando a probabilidade de ocorrências e seus possíveis impactos das mudanças climáticas (ROCHA et al., 2016). Por conseguinte, o risco climático extremo pertence à classe dos riscos naturais que o homem não pode controlar em sua totalidade, mas tenta reduzir e proteger-se de seus impactos. Um risco climático, pode ter origem climática como: secas, ondas de calor, vagas de frio; ou ser de origem atmosférica como: vento forte, tornado, ciclone tropical, trovoadas (CORREIA, 2016). BORMA et al., (2013) confirmaram que em 1998, a Amazônia, sofreu impactos significativos resultantes de uma persistente e intensa seca causada por um

fortíssimo episódio de El Niño, que provocou uma redução das chuvas, com consequente estresse hidrológico (deficiência hídrica), que por sua vez, aumentou a vulnerabilidade da floresta a incêndios na região.

Segundo CAMERON et al., (2012), um clima em mudança provoca alterações na frequência, intensidade, extensão espacial e duração de extremos das condições meteorológicas e climáticas, podendo resultar em eventos sem precedentes. Em relação aos desastres naturais mais comuns que ocorrem no Brasil podem ser destacados as enchentes, seca, ondas de calor, erosão e deslizamentos de terra (MARENGO, 2007; BRASIL, 2007). MARENGO et al., (2011a) mostrou que, desde 1903, a enchente registrada na Amazônia em 2009, atingiu o nível máximo registrado nas séries históricas, desalojando inúmeras famílias ribeirinhas em toda a região; nesse caso, o nível da água registrado na estação hidrológica do Rio Negro (em Manaus, AM) foi de 29,75 metros, superior ao registro de 1953 (29,69 m). Essa enchente apresentou inúmeros impactos econômicos e na saúde pública, com aumento da ocorrência de casos de leptospirose e de doenças transmitidas pela água.

## **2.2 Índices de detecção de mudanças climáticas nos eventos extremos climáticos**

De acordo com CATTIAUX (2010), o conceito “extremo” refere-se ao que está nos fins, ou tautologicamente nos fins, sendo, portanto, de natureza rara, algo que acontece de forma que atrai a atenção e propicia debates. No campo do clima, o termo “extremos climáticos” vem do evento e qualifica uma configuração meteorológica muito incomum, intensiva e/ou com curta duração, que se desvia excepcionalmente de sua configuração usual.

Os eventos extremos estão associados a origens antrópicas e/ou naturais, apresentados ao longo das estações do ano, quando um padrão de algum elemento meteorológico altera-se e torna-se persistente, podendo ser classificado como evento climático extremo, especialmente se seus valores médios ou totais ultrapassam os limites da variação natural (desvios positivismo e negativos associados a média do elemento) (IPCC, AR5, 2013-2014).

FRICH et al., (2002) relataram que foram identificadas mudanças em extremos climáticos a partir de dados observados e analisados por 10 índices de extremos climáticos de temperatura e precipitação, sendo alguns desses eventos extremos muito localizados, enquanto outros são de escala global. Nesse caso, relataram ainda que a maioria dos índices mostravam um aquecimento no Hemisfério Norte e na Austrália após 1946, indicando um decréscimo global no número de dias frios na segunda metade do século XX (NATIVIDADE et al., 2017).

O IPCC é uma organização científica da ONU (Organização das Nações Unidas), criada em 1988 pela OMM (Organização Mundial Meteorológica) e pelo UNEP/PNUMA (United Nations Environment Programme), que objetiva avaliar todas as informações

científicas, técnicas e socioeconômicas revelantes para o entendimento dos riscos das mudanças climáticas induzida pelo homem, seus impactos potenciais e as opções de adaptação e mitigação.

O IPCC emitiu em 1990 seu primeiro relatório, no qual afirmou que a ação do homem sobre o meio ambiente poderia estar causando alterações no efeito estufa. O estudo foi a base para as discussões do evento Rio-92, no Rio de Janeiro, no qual, durante o encontro, os países desenvolvidos se comprometeram a reduzir ou limitar, voluntariamente, até o ano 2000 as emissões de gases causadores do efeito estufa.

Os índices de detecção de mudanças climáticas foram desenvolvidos a partir de 1990 e tiveram como objetivo criar ferramentas de apoio para detectar alterações no clima mundial. De acordo com MELO (2017), a OMM estabeleceu a equipe de especialistas em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Índices - ETCCDMI) em conjunto com o Programa Internacional de Pesquisa em Previsão da Variabilidade Climática (International Research Programme on Climate Variability Predictability - CCI/CLIVAR), considerado como o conselho que monitora índices climáticos.

O ETCCDMI elaborou 27 índices de detecção de mudanças climáticas, dos quais 11 estão relacionados com a precipitação e 16 referem-se à temperatura do ar (ROCHA et al.,2016). As regiões do Caribe, América do Sul, América Central, África, Ásia central e Oeste, foram identificadas pelo ETCCDMI como as regiões de início de aplicação dos 27 índices (FRICH et al.,2002).

O quarto Relatório do IPCC informou que o aquecimento do sistema climático é inequívoco, visto que de 1995 a 2006, foram registradas as onze mais elevadas temperaturas da superfície global média anual (desde o início dos registros instrumentais em 1850) (IPCC, AR4, 2007). No quinto relatório, categorizou-se ainda que nas últimas três décadas, sucessivamente, foram registradas as temperaturas mais quentes desde 1850. No Hemisfério Norte, o período de 1983 a 2012, foi provavelmente o mais quente dos últimos 1400 anos; e ao longo dos 50 anos anteriores, dias quentes, noites quentes e ondas de calor tornaram-se mais frequentes (IPCC, AR 5: 2013).

### 2.3 Importâncias do Bioma Amazônico na América e no mundo

O bioma Amazônico é considerado como uma das maiores floresta do mundo, não apenas pela extensão territorial mas também pela biodiversidade, sobretudo algumas espécies da fauna e flora consideradas como endêmicas. Representa uma área cerca de 30% de toda a floresta tropical do mundo, com uma superfície de 7 milhões de km<sup>2</sup>, distribuídos por nove países: Brasil, Guiana Francesa, Suriname, Guiana, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru e Bolívia. O Bioma Amazônica representa cerca de 40% do território brasileiro, distribuído em oito estados: Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do Maranhão.

Segundo o Instituto Brasileiro de Floresta (IBF), na Amazonia, ocorrem três categorias de vegetação caracterizam a floresta: i) florestas densas de terra firme; ii) florestas de igapó, que estão situadas em terrenos mais baixos, que estão em grande parte do tempo, inundadas; iii) florestas de várzeas, que sofrem com inundações em determinados períodos do ano. Na parte mais alta dessa floresta, o tempo de inundação é curto e vegetação é parecida com as das matas de terra firme. (<https://www.ibflorestas.org.br/bioma-amazonico>, acesso dia 01/12/19 às 18 horas).

A floresta mantém a garantia na qualidade dos estoques de água doce, do solo e a proteção da diversidade de espécies. Sua importância vai além disso, como uma fonte de mitigação para as mudanças climáticas, visto que as plantas captura o dióxido de carbono disposto na atmosfera pelo processo fotossintético. Segundo a FAO (2009), as florestas desempenham um papel importante na regulação do ciclo de carbono e da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico, e além disso, elas têm potencial e capacidade de sequestrar e armazenar carbono nos solos, sustentando atividades agropastorais sustentáveis (SIMON & BOULIER, 2010).

Em 2006, o Brasil assinou um projeto em colaboração com o Reino Unido sobre mudanças climáticas na Amazônia, no qual foram produzidos resultados significativos. Os estudos científicos mostraram que a floresta é muito sensível em relação às mudanças climáticas. O aumento da temperatura e o decréscimo das chuvas pode ser maior na Amazônia quando comparado com a variabilidade média esperada no contexto global. Esse projeto norteou o debate sobre a importância da Amazônia para o clima mundial, e a sua importância como uma provedora de serviços ambientais para o Brasil. Além disso, a floresta fornece meios econômicos nos vários domínios, como: extrativismo, agricultura, pecuária, mineração e alguma atividade industrial. O extrativismo vegetal principalmente de borracha, castanha-do-Brasil e madeira ainda é responsável pela economia de grande parte dos municípios inseridos



na região. Outro fator importante é o desenvolvimento do ecoturismo, no qual podem ser aproveitados os três (3) ecossistemas da floresta: matas de várzea, de igapó e de terra firme.

A floresta mostrou a sua importância como regular ambiental na seca excepcional registrada na região Sudoeste da bacia hidrográfica em 2005, na qual, as águas tropicais, vindas do Brasil e de volta ao Caribe, apresentavam uma temperatura de 1,0 a 2,0 °C acima do normal, com um aumento correspondente na força de evaporação oceânica. Em função disso, espera-se que a preservação da floresta deveria ser ainda mais importante quando comparado com as preocupações quanto as emissões de gases de efeito estufa e o resultante aquecimento climático.

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) publicou um relatório em 2006, no qual Wulf Killmann, o presidente do grupo de trabalho interdepartamental sobre mudanças climáticas, relatou que "devemos parar o desmatamento e aumentar a área de terra arborizada", querendo mostrar a importância dos espaços florestais na luta contra as mudanças climáticas. No contexto de demonstrar quanto as florestas são capazes de sequestrar grandes quantidades de carbono, a FAO conduziu vários estudos (PNUE, 2009; NILSON & CHOPFHAUSER, 1995), considerando os cenários de crescentes de sequestros de carbono sob o efeito combinado de desaceleramento das políticas de desmatamento e plantação em terras não florestais.

#### **2.4 Eventos extremos de temperatura do ar**

Eventos extremos, especialmente da temperatura do ar, constituem a vitrine de um contexto de mudanças climáticas e podem ser vistos como ambientes térmicos que excedem a medida normal de calor sensível na região, e tendem a expor o corpo humano a mudanças fisiológicas adaptativas. Assim, a anomalia de temperatura do ar, define-se como um desvio de um valor de referência ou de uma média de longo prazo, podendo apresentar dois tipos de ocorrências: positiva, quando a temperatura observada é superior ao valor de referência (dias ou noites mais quentes), e negativa, indicando temperaturas observadas menores quando comparado com o valor de referência (CATTIAUX, 2010).

Segundo os modelos globais de previsão, entre 1900-2100, a temperatura global pode variar entre 1.4 e 5.8 °C acima das médias normais, representando um aquecimento mais rápido do que aquele detectado no século XX e que, não possui precedentes durante, pelo menos, os últimos 10.000 anos.

ALEXANDER et al., (2006) afirmaram que em análises de mudanças climáticas globais de longo prazo devem ser empregados dados observacionais diários de temperaturas e

precipitações. MEARNS et al., (2000) indicaram dois grandes grupos de índices de extremos climáticos: i) baseados em estatísticas climáticas simples, que incluem extremos como uma temperatura diária muito baixa ou muito alta, ou altos totais de chuvas diárias ou mensais, ao longo do ano; ii) complexos, causados por eventos nos quais incluem secas, inundações ou furacões, e que não necessariamente ocorrem todos os anos no mesmo local.

Em geral, as pesquisas mais recentes na Amazônia foram direcionadas às chuvas. A temperatura do ar também inclui os efeitos da umidade do ar em função das interpedências entre o balanço de energia e o vapor d'água (SINCLAIR & WATTERSON, 1999). A análise de extremos de temperatura do ar e seus impactos, é fundamental para a conscientização pública e dos tomadores de decisão quanto as questões climáticas (CATTIAUX, 2010).

De fato, o planeta, ao longo da sua existência, já sofreu inúmeros processos de resfriamento e aquecimento, podendo ser considerados como extremos. Esses processos podem ter sido resultantes da retroalimentação do vapor de água na atmosfera, da atividade solar, da concentração de gases na atmosfera provenientes de desastres naturais, como metano pelo degelo de áreas pantanosas, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono por erupções vulcânicas e queimadas, dentre outros (SILVA & PAULA, 2009).

MITCHELL (2012) elaborou um documento derivado do Relatório Especial sobre Gestão dos Riscos e Extremos climáticos e Desastres (STREX, na sigla inglês), no qual apresentou as consequências dos extremos de temperaturas, com ondas de calor gerando mortes. NUNE DA SILVA et al.,(2014) fizeram um uma revisão de literatura sobre Clima e saúde no contexto Urbano, eles concluíram que: as populações pobres são amaiore vulnerabilidades aos impactos atmosféricos negativos relacionados a frio ou calor. Eles confirmaram maior risco para as faixas etárias de idosos e crianças, o que pode levar grande incidência de doenças.

## **2.5 Impactos dos eventos extremos climáticos na Amazônia Brasileira**

A Amazônia vive ano após ano a dinâmica sazonal de secas e cheias dos rios. No cotidiano do homem amazônico, esse processo é encarado com naturalidade, pois este aprendeu a adaptar-se de forma sábia a variabilidade sazonal dos rios da região (OLIVEIRA et al., 2012).

Nos últimos 15 anos, a Amazônia brasileira passou por três grandes eventos climáticos extremos: 2005, com um período de seco que foi crítico nos diversos rios da Amazônia; 2009, cheias em todos os contribuintes do rio Amazonas; e 2010, seca que atingiu muitas comunidades ribeirinhas da região. Em termos de gravidade meteorológicas, as secas de 2005 e as de 2010 foram semelhantes, no entanto, os impactos hidrológicos sobre os níveis das águas

do último evento foram mais fortes (MARENGO et al., 2011). A partir desses eventos extremos, a sociedade regional aumentou a preocupação em função das mudanças climáticas e seus impactos. Dessa forma, os eventos climáticos extremos assumem importância significativa no cotidiano das sociedades amazônicas, quer seja por sua frequência e intensidade de ocorrência, quer seja pela vulnerabilidade socioambiental (OLIVEIRA et al., 2012).

MARENGO et al., (2007) analisaram as causas da ocorrência da seca que atingiu a Amazônia em 2005, e concluíram que esse evento não estava relacionado ao ENOS, mas foi resultante de três possíveis fatores: i) a anomalia de aquecimento do Atlântico Norte Tropical; ii) redução na intensidade do transporte pelos alísios de nordeste em direção ao sul da Amazônia durante o pico da estação de verão; iii) enfraquecimento do movimento ascendente sobre esta seção da Amazônia, resultando em redução do desenvolvimento convectivo e da chuva. Como consequência, essa seca deixou milhares de pessoas com dificuldades na alimentação por subsistência, causou problemas com o transporte fluvial, agricultura, geração de hidroeletricidade e também afetou direta e indiretamente as populações que vivem ao longo dos rios da região. Além disso, essa seca do 2005 foi a mais severa que registrada nos últimos 100 anos, especialmente no Sul e no Sudoeste (MARENGO et al., 2007).

Por sua vez, em 2010, a floresta amazônica foi marcada por uma seca generalizada que com magnitude semelhante a de 2005, tendo início no verão austral durante o El Niño, que depois foi intensificado como consequência do aquecimento do Atlântico Norte Tropical (MARENGO et al., 2011). Outro episódio com destaque, ocorreu entre 1997-1998, no qual aconteceu um incêndio na Amazônia associado a uma seca excepcional causada pelo El Niño, que devastou grandes áreas florestais no Norte e Leste da Amazônia (NEPSTAD et al., 1999).

De fato, a bacia hidrográfica do rio Amazonas, está no auge das preocupações com o clima global. Nesse contexto, o estudo de suas sub-bacias torna-se primordial tanto no monitoramento, quanto na prevenção de desastres naturais (SARRÃO et al., 2015). Esses eventos extremos que estão associados à precipitação pluviais afetam não apenas o ciclo hidrológico, mas também o setor econômico (ASSIS, 2012). DUFEK & AMBRIZZI (2008) indicaram que o ciclo hidrológico e os recursos hídricos são afetados por mudanças no regime de precipitação, por apresentar as relações diretas de entrada e saída de água em contextos regionais (bacias hidrográficas).

Do ponto de vista social, os eventos extremos climáticos são responsáveis por diversos impactos, causando perdas de vidas humanas, desabrigados, perdas materiais, perdas

agropecuárias, dentre outras. A intensidade e a frequência severa dos eventos extremos provocam grandes mudanças na taxa da produtividade agrícola devido a alterações na disponibilidade de radiação e energia para o crescimento das plantas, modificam o aparecimento e a severidade de pragas e doenças, podem provocar abortamento de flores e frutos, dentre outros efeitos ecofisiológicos (MORAES et al., 2011; CAMPOS et al., 2015).

Nas últimas décadas, a Amazônia perdeu cerca de 17% de sua cobertura vegetal. RAGONI et al., (2009) relataram que aspectos políticos, econômicos e sociais são os principais fatores que pressionam os ecossistemas, resultando no desmatamento consequentemente na queima de biomassa, que por sua vez, geram consequências significativas no meio ambiente, na saúde e, gerando ainda, perdas de oportunidades para o uso sustentável dos recursos naturais (SANTOS & BRITO, 2007).

O El Niño - Oscilação Sul (ENOS) é um fenômeno associado a anomalias nos ventos alísios e nas temperaturas superficiais do Oceano Pacífico, e apresenta duas fases: a fase quente (positiva) nomeada El Niño e a fase fria (negativa) La Niña. O El Niño é responsável do aquecimento das águas superficiais, acompanhado de uma diminuição de pressão atmosférica na região do Pacífico Leste, podendo estar normalmente associado a períodos de secas em algumas regiões brasileiras, enquanto que, La Niña funciona do contrário (Figura 1).

Segundo ROGER & BARRY (2013), as precipitações pluviais são um dos principais elementos climáticos das regiões tropicais, pois além de influenciar no comportamento de outros elementos atmosféricos, como, umidade relativa do ar, temperatura do ar, é o elemento que melhor caracteriza as variabilidades climáticas da região. SOUZA et al., (2016) analisaram as relações entre o ENOS e a precipitação na Amazônia, num contexto espacial e temporal, e observaram que a variabilidade temporal da anomalia de precipitação no leste da Amazônia, revela comportamento diferenciado em intensidade e tempo de ocorrência de eventos ENOS, permitindo uma analogia de que entre os campos espaciais das anomalias e as oscilações climáticas de precipitação ocorre um desacordo por causa de caráter espaço-tempo heterogêneo da chuva.

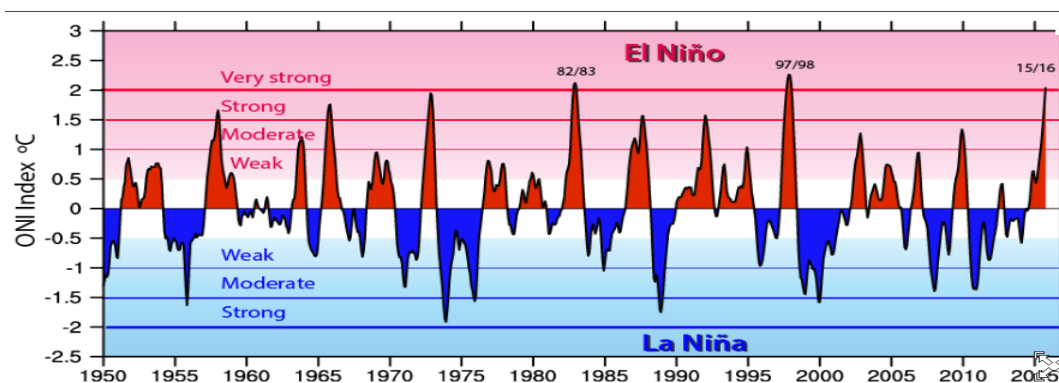


Figura 1. Variação das fases do El Niño e La Niña. Disponível em: <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/nino-sst-indices-nino-12-3-34-4-oni-and-tni>. Acesso em: 03/08/2019.

O principal fenômeno que afeta a variabilidade da chuva na região amazônica é o ENOS, contribuindo para períodos mais secos quando ocorre sua fase quente e períodos mais úmidos quando de sua fase fria (LIMBERGER & SILVA, 2016). Segundo ROMERO & MARCUZZO (2013), o ENOS influencia consideravelmente o clima em locais onde atua, podendo ser observados longos períodos de secas, ciclones ou totais pluviométricos acima dos patamares normais, dentre outros efeitos (DOURADO, 2013).

Essa relação existente entre o ENOS e a precipitação influencia também na produtividade agrícola, pois que a agropecuária é dependente diretamente da radiação solar e da precipitação. GOMES & WOLLMANN (2017) relataram que a quantidade e distribuição das chuvas, são alguns dos principais fatores que favorecem o bom desempenho agrícola, uma vez que essa variável climatológica é a principal fonte de água para o solo, indispensável no processo fotossintético de incorporação de matéria orgânica, e ainda, indica as relações entre evapotranspiração e a disponibilidade de água nos balanços hídricos. TRENTIN et al., (2013) observaram maiores produtividades na cultura do feijão em anos de El Niño, com acréscimo na precipitação pluvial na região Sul do Brasil, enquanto, que em anos de La Niña ocorrem tendências de redução de produtividade quando comparados à ausência do fenômeno.

No projeto que foi assinado entre o Brasil e o Reino Unido em 2006 sobre a tomada em conta das mudanças climáticas na Amazônia no qual foi empreto o INPE(Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) do Brasil e o MOHC (Met Office Hadley Centre) do Reino Unido, os modelos projetados para depois de 2040 indicam grandes aumentos de temperaturas do ar e as reduções percentuais da precipitação pluviométricas na Amazônia. Estas diminuições podem ser decorrentes do aquecimento das águas no oceano pacífico que provocam alterações nos padrões de vento e no transporte de umidade na America do Sul.

SANTOS et al., (2013) e SOUZA et al., (2015) analisaram que, no período de 1970-2001, os índices de precipitação na Amazônia Ocidental apresentaram boas correlações com o PDO (Pacific Decadal Oscillation), com a Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO) e com as anomalias do Atlântico, e indicaram que, quando a TSM aumenta no Atlântico Sul, aumenta a intensidade da produção de chuva, porém, quando diminui a TSM, diminui também a intensidade da produção de chuva. Em alguns locais foram ainda observados longos períodos de secas, ciclones, totais pluviométricos acima dos valores normais sob fortes influências do ENOS (ROMERO & MARCUZZO, 2013).

O Centro Nacional de Informação Ambiental (NOAA, na sigla inglês), analisou as anomalias de precipitação global ocorridas em junho de 2018 e revelou tendências significativas de seca em vários lugares do mundo quando comparado com as condições normais, com destaque para o Paraguai, norte da Argentina, nordeste do Brasil, norte do México, África Austral, Norte da Europa e as regiões central e oriental da Rússia. Em contrapartida, foram observadas condições mais úmidas do que o normal na metade oriental dos Estados Unidos, sul da Argentina, sul da Europa, Índia, norte do Japão e centro-oeste da Rússia.

Eventos extremos de precipitação, que incluem chuvas extremas e um período extremamente longo de dias secos (seca), estão entre os fenômenos mais perturbadores da atmosfera (SANTOS & BRITO, 2007; ZIN et al., 2010). A região Amazônica apresenta seu regime de precipitação modulado por sistemas atmosféricos dinâmicos de micro, meso e grande-escala (LOUREIRO et al., 2014). Essa região é caracterizada por apresentar clima quente e úmido durante todo o ano, sendo que a precipitação pode ser considerada regionalmente, como o parâmetro com maior heterogeneidade e variabilidade espaço-temporal (LOUREIRO et al., 2014).

Aliado a isso, têm-se que o fenômeno ENOS também pode ser considerado como principal responsável pela variabilidade climática interanual na América do Sul, visto, que análises anteriores de dados observados têm mostrado uma relação forte entre seus episódios e a ocorrência de eventos extremos de precipitação (FLACH & GRIMM, 2010). Todavia, LIMBERGER & SILVA (2016) destacam ainda que o Atlântico também tem um papel importante na variabilidade da precipitação, especialmente por modular o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e o transporte de umidade para a bacia amazônica.

Em contrapartida, a relação entre o vapor d'água (que origina as precipitações) e a temperatura do ar, pode-se associar que, fatores que influenciam em precipitações, também causarão efeitos significativos na dinâmica da temperatura do ar. Todavia, esse elemento

meteorológico apresentar maior estabilidade regional em função da dependência dos fluxos de calor e das relações entre absorção, reflexão e transmissão da radiação em ondas curtas e da emissão da radiação em longas.

SALAZAR et al., (2008) notaram por projeções com 15 modelos climáticos globais do Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report (IPCC AR4), nos cenários A2 e B1 de aquecimento global, que a anomalia de temperatura aumenta com tempo no decorrer do século, sendo maior para o cenário mais pessimista (A2). Especificamente, para a Amazônia, todos os modelos concordam com o sinal positivo da anomalia, com um aquecimento médio entre 2 e 4 °C para os cenários B1 e A2 no final deste século 21.

LI et al., (2006) revelaram diferentes padrões de precipitação na Amazônia sob a influencia do cenário SRES A1B, sendo que nesse caso, dos onze modelos avaliados, cinco apresentaram aumento da precipitação, três apresentaram um decréscimo na precipitação e os outros três, não indicaram padrão significativo de mudança de precipitação na Amazônia.

## **2.6 Efeito no uso da cobertura florestal sobre o clima da Amazônia**

O espaço Amazônico pode ser visto como um espaço segmentado e organizado de acordo com usos e agentes predominantes de ocupação, assumindo diferentes identidades sócio-econômicas e institucionais (GODFREY & BROWDER, 1996). Além de sua extensão territorial com mais 4 milhões de km<sup>2</sup> de perfil florestal e cerca de 1/3 das reservas de florestais tropicais úmidas, a região apresenta uma das maiores biodiversidades e o maior banco genético mundial, além de um quinto da disponibilidade mundial de água doce (IBGE, 2004).

Tais representações da Amazônia deveriam ser ferramentas importantes nas tomadas de decisões na elaboração de planos regionais, evitando generalizações e considerando as especificidades locais de cada região (ALVES & ESCADA, 2001). O modelo tradicional da ocupação da Amazônia tem levado a um aumento significativo do desmatamento na Amazônia legal, sendo este um fenômeno de natureza bastante complexa, que não pode ser atribuído a um único fator (ALENCAR et al., 2004).

A ocupação do solo amazônico não é nova. Desde 1950, algumas atividades começaram nas áreas costeiras. Por volta dos anos 70, a ocupação da Amazônia tornou-se prioridade nacional e o Governo Federal passou a viabilizar e subsidiar a ocupação de terras para expansão pioneira. As políticas de ocupação procuraram combinar os empreendimentos de exploração econômica com estratégias geopolíticas (COSTA, 1997). A fase mais recente da ocupação iniciou-se com as atividades de minerações agroindustriais e a reforma agrária, sendo que a partir dos anos 90, houve a conversão de parte das áreas ocupadas por floresta para atividades

de pecuária e monocultivos agrícolas, principalmente com a cultura de soja (CARVALHO, 1999).

Por meio dessas atividades, em 2002, as alterações no uso da terra já haviam afetado 15,3% da vegetação da Amazônia, sendo essa mudança promovida por meio de atividades de desmatamento e queimadas, que geraram impactos significativos em todo o bioma. Dentre esses períodos de ocupação, até 2010, a pecuária se destacou como o principal uso que altera a cobertura da terra, representando 51,7% da vegetação antropizada na Amazônia Legal, enquanto a vegetação secundária (vegetação que surge naturalmente após o abandono de áreas antes usadas pelo homem) correspondia a 32,1% e a agricultura a 15,2% (IBGE, 2011).

Estes valores já alertavam para a frequência e intensidade das mudanças no uso e cobertura do solo da região que conduzem a inúmeras questões ambientais, tais como a conservação da biodiversidade da região, alterações no balanço de carbono e no ciclo hidrológico, com sérios efeitos sobre as mudanças climáticas globais (GASH et al., 1996).

Consciente destas situações críticas de desmatamento na Amazônia Legal, foi criado em 2004 pelo Governo Brasileiro, um Grupo Interministerial com o objetivo de combater o desmatamento e propor soluções para diminuir seus efeitos (MMA, 2004). Com base no Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), verifica-se que a taxa de desmatamento decresceu consideravelmente voltadas para os anos de 2009-2015 na Amazônia (Figura 2), todavia, nos últimos anos (2016 a 2018), notou-se novamente uma tendência de crescimento. As taxas de desmatamento de 2017 e 2018 apresentaram variação superior de 8%, indicando aberturas de novas áreas para fronteiras agrícolas, ou em conjunto, a reabertura de áreas com vegetação secundária.

As mudanças no uso da cobertura vegetal modificam a interação entre a biosfera e a atmosfera e, conseqüentemente, o padrão climatológico da região. Associado a isso, essas mudanças nas coberturas florestais da Amazônia modificam também os ciclos biogeoquímicos, uma vez que são responsáveis por um elevado percentual das emissões brasileiras de CO<sub>2</sub>, contribuindo para a elevação das temperaturas, e, conseqüentemente, para a modificação do clima (HOUGHTON, 1991; HOUGHTON, 2000; NÓBREGA, 2008).



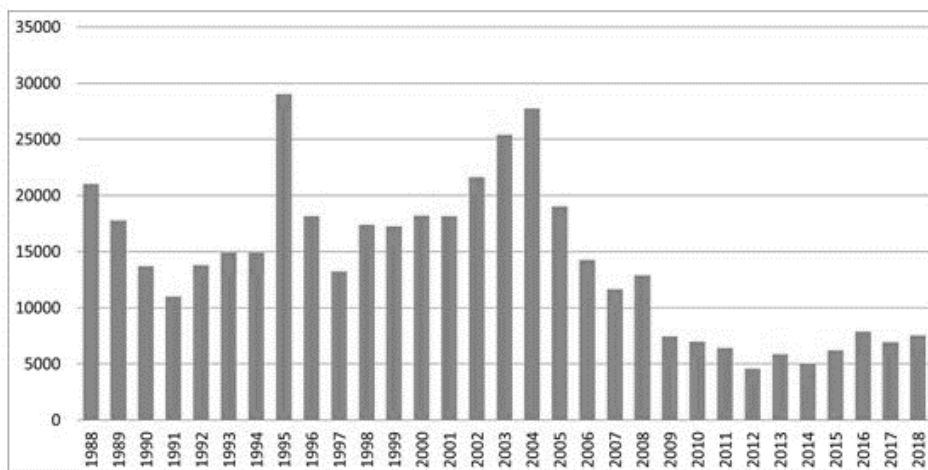


Figura 2. Taxa de desmatamento anual na Amazônia Legal (km<sup>2</sup>) produzida pelo PRODES de 1988-2018.

Fonte: PRODES/INPE,2018.Disponível em <http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/inpe-consolida-7-536-km2-de-desmatamento-na-amazonia-em-2018>. Acesso em: 01/07/2019.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, 2018), o desmatamento está no segundo lugar, após da queima de combustíveis fósseis, como as principais causas das mudanças climáticas, sendo que, as emissões geradas pela destruição das florestas são superiores as geradas por todo o setor de transporte. De acordo com FEARNSSIDE (2003), o desmatamento na Amazônia é um dos fatores de redução das chuvas no Sudeste do Brasil, em função das forçantes de circulação atmosférica em meso-escala atuantes em algumas épocas do ano.

## 2.7 Urbanização na Amazônia

O conceito de Urbanização é relacionado basicamente ao crescimento do número de cidades e aumento da população urbana. Entre os mais variados processos de mudança que vem ocorrendo no mundo, a intensa urbanização tem causado preocupação, principalmente, se considerarmos que, sobretudo nas duas últimas décadas, intensificou-se o número de assentamentos humanos precários nas cidades (DOS SANTOS et al., 2016).

Nas últimas décadas, as redes urbanas que se estendem sobre a Amazônia Legal têm evoluído com o surgimento de cidades médias e com a multiplicação de pequenas aglomerações urbanas, que seguem os traçados das principais rodovias e rios da região (CARVALHO et al., 2009). Segundo SOUZA (2000), duas fases historicamente distintas caracterizaram a urbanização dos estados Amazônicos: na primeira (antes dos anos 60), o processo nascia e se desenvolvia predominantemente pelos rios; já na segunda fase, a

exploração mineral e os grandes projetos estimularam o crescimento urbano com o auxílio das rodovias (após os anos 1960).

De acordo com AMARAL et al. (2001), atualmente, a urbanização da região encontra-se em fase de estruturação, caracterizando-se ainda como uma região de "fronteira", onde a dinâmica das cidades, ainda é muito intensa e instável, incluindo o surgimento de novos assentamentos urbanos. Nesse contexto, o que chama a atenção, é a política nacional de construção de grandes obras hidráulicas posta em prática, isto é, de acordo com os padrões federais e as construções anárquicas que algumas vezes causam muitos danos no meio ambiente e até mesmo em relação à segurança humana.

De acordo com HALL et al. (2009), as áreas urbanas ocupam menos de 2% da superfície terrestre, porém abrigam 50% da população mundial, por isso, as cidades também estão na linha de frente quanto a resposta às ameaças da mudanças climáticas. De fato, assim como as cidades são importante na emancipação econômica global ou em um país em particular, devem ser ordenadas com planos de gestão bem definidos, que levem em consideração os desafios ecológicos, visando a geração e manutenção do bem-estar social (DOS SANTOS et al., 2016). Os dados do IBGE (2003) mostram que o processo de criação urbana nos diferentes sistemas políticos, seja na ditadura antes de 1988 e na democracia a partir de 1988, influenciaram na distribuição geopolítica da região (MANIÇOBA, 2006) (Tabela 2).

Tabela 2. Número de municípios criados antes e depois da constituição federal de 1988 na Amazônia Legal.

Estados	Nº de municípios antes 1988	Nº de municípios depois 1988-2000	Total
Amapá	5	11	16
Rondônia	19	33	52
Roraima	8	7	15
Acre	12	10	22
Pará	87	56	143
Tocantins	58	81	139
Amazonas	59	3	62
Mato Grosso	82	57	139
Maranhão	104	76	180
Total	434	334	768

Fonte: IBGE (2003).

A evolução das atividades humanas na Amazônia , tanto no aumento da frequência quanto na intensidade das mudanças no uso e cobertura do solo da região, conduziram a inúmeras preocupações ambientais, como a conservação da biodiversidade da região, alterações no balanço de carbono e no ciclo hidrológico (GASH et al., 1996). De acordo com MANIÇOBA (2006), devido ao crescimento urbano desorganizado em muitas regiões da Amazônia, foram observadas várias consequências relacionadas sobretudo com a destruição de

recursos naturais em algumas regiões (atividades predatórias), aumento da temperatura média do ar, pressão sobre a infraestrutura e equipamentos urbanos, ausência de saneamento básico adequado que gera como consequência a proliferação de doenças infecto-contagiosas, dentre outros.

Além disso, deve-se destacar as condições sócio-culturais da região, que foram grandemente afetadas através de transferência de hábitos na relação do conquistador/colonizador com os povos tradicionais ou também com os migrantes de outras regiões. Em 1872, a Amazônia era quase uma vasta área desabitada com baixíssimas presenças populacionais, todavia, até 2000, houve um crescimento vertiginoso de sua população, com concentração nos estados do Maranhão, Pará e Amazonas (Figura 3).

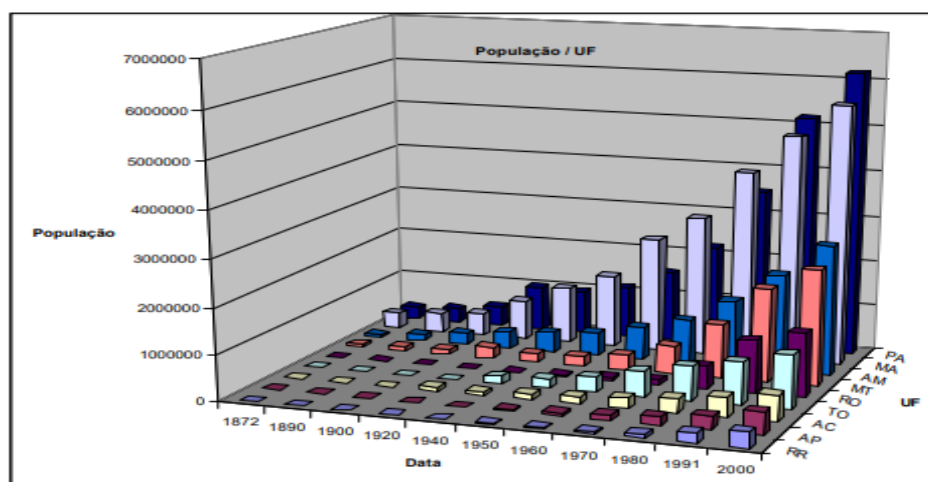


Figura 3. Evolução da População por Unidade de federação da Amazônia Legal entre 1872-2000. Fonte: AMARAL et al. (2001).

Baseando-se nos dados do IBGE, ao longo das últimas décadas, a região têm experimentado as maiores taxas de crescimento urbano do Brasil. Em 1970, a população urbana correspondia a 35,5% da população total; esta proporção aumentou para 44,6% em 1980; para 58% em 1991; 61% em 1996; e 70% em 2000 (AMARAL et al., 2001). A divulgação dos resultados dos censos demográficos do IBGE (2010), indicou uma população estimada de 25.474.365 habitantes na Amazônia Brasileira, com 71,8% vivendo no meio urbano (Tabela 3). Estados como Pará, Maranhão, Amazonas, Mato Grosso e Rondônia são respectivamente os mais populosos, e menos nos demais estados, ocorre uma concentração de população urbana.

Outro aspecto regional importante são as comunidades tradicionais, que foram estimadas por CARVALHO et al. (2005) em 180 povos com 208 mil indivíduos de população indígena, 357 comunidades remanescentes de quilombolas e milhares de comunidades de seringueiros,

ribeirinhos ou babaqueiros. Essas diferentes populações estão associadas a várias atividades como extrativismo vegetal e mineral, agricultura, a indústria e a pesca, turismo são entre outros fatores chaves nos quais a economia da Amazônia se baseia. Essa diversificação das atividades econômicas e as mudanças populacionais resultantes, reestruturaram e reorganizaram a ocupação humana na região. A visão da Amazônia no início do século 21 apresenta padrões e arranjos espaciais de uma Amazônia diferente: em meio a floresta tropical um tecido urbano complexo se estruturou, levando a criação e o uso do termo "floresta urbanizada" pelos pesquisadores que estudam e acompanham o processo de ocupação da região (BECKER, 1995).

Tabela 3. População urbana e rural, por estado na Amazônia, 2010.

Estado	Total	Urbana	Rural	% Urbana
Acre	733.559	532.279	201.280	72,6
Amapá	669.526	601.036	68.490	89,8
Amazonas	3.483.985	2.755.490	728.495	79,1
Maranhão	6.574.789	4.147.149	2.427.640	63,1
Mato Grosso	3.035.122	2.482.801	552.321	81,8
Pará	7.581.051	5.191.559	2.389.492	68,5
Rondônia	1.562.409	1.149.180	413.229	73,6
Roraima	450.479	344.859	105.620	76,6
Tocantins	1.383.445	1.090.106	293.339	78,8
Amazônia	25.474.365	18.294.459	7.179.906	71,1

Fonte: IBGE (2010), censo demográfico.

De acordo com LIRA (2007), entre o período de 1970 até o final do século XX, três (3) grandes eixos dinâmicos formaram-se a economia da Amazônia: i) o polo industrial de Manaus denominado de Zona Franca de Manaus (ZFM), com produtos industriais eletrônicos voltados predominantes para o mercado interno brasileiro; ii) os setores minerais no Pará, presentes em todo o estado, e voltados predominantemente para o mercado internacional, a partir da exploração de bauxita metalúrgica, alumina e alumínio primário, como ferro gusa, ferrossilício maganês, silício metálico, entre outros; iii) o setor agropecuário, responsável da produção de grãos e pecuária permanente, com predominância no Norte, Oeste e Leste de Mato Grosso e no Oeste, Leste e Sudeste do Pará, e de forma secundária no Sul de Rondônia e no Centro-Norte do Tocantins, tendo suas produções direcionadas aos mercados interno e externo. O extrativismo (vegetal, animal e mineral) e a agropecuária na Amazônia podem ser destacados como os principais fatores econômicos da região (Tabela 4), sendo associados, também à alterações no uso e ocupação do solo (desmatamento), para o setor madeireiro e a intensificação da produção agropecuária e indústria (CASTRO, 2005; BRASIL, 2006).

Tabela 4. Principais atividades econômicas das populações dos estados da Amazônia Brasileira-2000.

Estados	População		Atividades econômicas
	Urbanos (%)	Rurais (%)	
Acre	70,55	29,45	Agropecuária
Amapá	56,25	43,75	Extrativismo mineral, vegetal e agropecuária
Amazônas	74,92	25,08	Agropecuária e extração vegetal
Maranhão	62,38	37,62	Agropecuária e extrativismo vegetal
Mato Grosso	80,21	19,79	Extrativismo, agricultura, pecuária, mineração
Pará	70,32	29,68	Agropecuária, indústria
Rondônia	66,16	33,84	Extrativismo mineral, agricultura
Roraima	76,15	23,85	Extrativismo mineral, vegetal e agropecuária
Tocantins	74,32	25,68	Agropecuária, comércio e o extrativismo vegetal, mineral e pesca

Fonte: IBGE (2000) - Censo Demográfico.

Segundo dados de IBGE, a participação dos municípios da Amazônia no Produto Interno Bruto (PIB) do país cresceu de 6,9% em 2002, para 8,6% em 2016. Na área de Agropecuária, em 2002, a Amazônia respondia por 14,8% da produção nacional, passando à 21,0% em 2016. Na indústria, a participação da região cresceu de 6,7% para 8,9 no mesmo período, e nos Serviços (exceto a Administração Pública), de 5,5% para 6,6%, enquanto que na Administração Pública, de 10,1% para 12,1%, para o mesmo período supracitado.

## 2.8 Características climáticas da região Amazônica

Este trabalho objetiva entender as alterações nos padrões de temperatura do ar na região amazônica brasileira, portanto, apresentar-se-á a seguir, as principais características gerais da área associadas ao clima.

A Amazônia possui uma área estimada a 6.3 milhões de km<sup>2</sup>, sendo que mais de 5 milhões km<sup>2</sup> encontra-se no Brasil; o restante é dividido entre Bolívia, Colômbia, Equador, Peru, Venezuela, Guiana, Guiana Francesa e Suriname. Ela é limitada à oeste pela Cordilheira dos Andes (com elevações de até 6000 m), à norte pelo Planalto das Guianas (com picos montanhosos de até 3000 m), ao sul pelo Planalto Central (altitudes típicas de 1200 m) e à leste pelo Oceano Atlântico, por onde toda a água captada na bacia escoava para o exutório “mar” (FISH et al., 1998). Considerando a parte do território brasileiro, especialmente a Amazônia Legal, corresponde a uma área aproximadamente de 5.217.423 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2014), considerado como o maior bioma do Brasil (61 % do território nacional) e a maior floresta tropical do mundo. Nela estão localizados os estados do Pará, Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia e

Roraima e algumas partes do Maranhão situadas ao oeste do Meridiano 44°, Tocantins e Mato Grosso (MANIÇOBA, 2006).

A Amazônia Brasileira é dividida em Amazônia Ocidental e Oriental. A área ocidental composta pelos estados do Amazonas, Acre, territórios de Rondônia e Roraima, no qual o clima sofre a interferência da massa equatorial; e a parte Oriental consiste-se de Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso, na qual, o clima sofre interferência da massa equatorial marítima. Falando do Bioma Amazônico, é falar de um conjunto de unidades biológicas tais como vegetação, solo, hidrografia, biodiversidade, etc.

BASTOS (1982), adaptou o sistema de classificação climático de Wladimir Köppen, que é um dos mais conhecidos e baseado nas variações sazonais da temperatura do ar e precipitação, e classificou o clima da Amazônia como sendo Tropical Chuvoso, representado pela letra A, este clima constitui habitat para a floresta tropical sem estação fria e com temperatura média do mês menos quente acima de 18<sup>o</sup> C. Muitos fatores são determinantes do clima na Amazônia, mas o mais importante ainda é a disponibilidade de energia solar através do balanço de energia. O bioma amazônico apresenta um clima quente e úmido com uma temperatura média mensal estimada em torno de 25° C, com variações dos tipos climáticos Af, Am e Aw pela classificação supracitada (CRUZ et al., 2011).

A localização da Amazônia nas latitudes região 5° N e 12° S, faz com que ocorra no topo da atmosfera variações em torno de 28 a 40 MJ m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, entre solstícios de inverno e verão (SALATI & MARQUES, 1984). Em relação a altos valores de energia que incidem, o comportamento da temperatura do ar mostra uma pequena variação ao longo do ano, com excessão da parte mais ao sul (Rondônia e Mato Grosso), que inclusive sofre a ação de sistemas frontais denominados localmente por Friagens. Na Amazônia Central, os meses nos quais são registradas ocorrências das maiores radiações na superfície (radiação global) os meses menos chuvosos, com maior transmissividade atmosférica, ou dias de céu aberto durante o verão (FISH et al.,1998).

Um dos elementos climáticos mais importantes a ser analisado na região tropical é precipitação, pois induz as características e comportamento dos outros, tais como temperatura, umidade relativa do ar, ventos, etc. Anualmente, a precipitação é distribuída de modo irregular, registrando em torno de 2.900 mm na porção central da Amazônia, e na fronteira com a Venezuela em torno de 1.100 mm e período seco mais prolongado, assemelhando-se ao semi-árido do Brasil (CRUZ et al.,2011). Entre 1982-2012 (normal climatológica), foi publicado a distribuição espacial da precipitação anual sobre a América do Sul, em que, a Amazônia Legal (Figura 6a) (área realçada com a linha preta) foi considerada como a região que apresenta

tanto a maior área espacial como a maior intensidade (entre 4 e 10 mm/dia) do volume pluviométrico sobre o continente. Nesse mesmo período, em fevereiro e março ocorrem valores máximos de 9 mm de chuva por dia e entre 2,6 e 2,2 mm/dia de valores mínimos (Figura 6b), contudo, algumas regiões ao Sul da Amazônica apresentam meses com ausência de precipitações (maio a agosto). Na Amazônia, as médias sazonais de precipitação já mostraram que a estação chuvosa se processa durante os trimestres do verão e outono e a estação seca ou menos chuvosa no inverno e primavera (Figura 6b) (SOUZA et al., 2016).

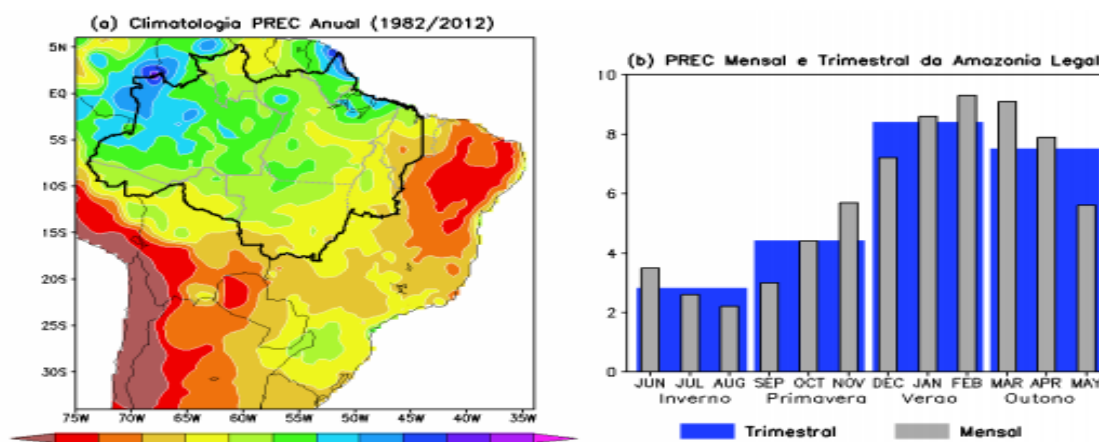


Figura 6. Precipitação média anual (1982-2012) na América do Sul (a) e mensais/trimestrais na Amazônia (b), em  $\text{mm dia}^{-1}$ . A linha preta destaca a região da Amazônia Legal Brasileira. Fonte: SOUZA et al. (2016).

De maneira geral, na bacia Amazônica, entre 1980-2012, a precipitação anual em regiões próximas do Equador é superior a 2000 milímetros. A região da foz do rio Amazonas e o setor noroeste da Amazônia apresentam precipitação anual superior a 3.000 milímetros (LIMBERGER & SILVA, 2016). A precipitação diminui da linha do Equador para as regiões subtropicais e para o nordeste do Brasil, onde se observam valores anuais inferiores a 1.000 milímetros (FISCH et al., 1996). De acordo com CRUZ et al. (2011), os fatores climáticos também influenciam na quantidade nutrientes nos solos da Amazônia, visto que naturalmente em função da geologia e dos processos de formação, os solos amazônicos, em geral, apresentam características de acidez elevada, saturação por alumínio alta, baixa CTC, pobre em macronutrientes (principalmente fósforo), reduzida fixação de fósforo, lençol freático elevado em sua maioria, densidade do solo elevada, adensamento e susceptibilidade à compactação e erosão nos solos de relevo movimentado e erosão laminar ligeira nas áreas de savanas.

## CAPÍTULO 2

### INDICES DE EXTREMOS DE TEMPERATURA DO AR NA AMAZÔNIA

#### RESUMO

Esse trabalho visa em verificar se há ocorrência de alterações nas tendências de índices de detecção de mudanças climáticas derivadas da temperatura máxima e mínima nas Estações Meteorológicas Convencionais (EMC's), distribuídas no bioma Amazônico, além ainda, buscar associações entre elas e as anomalias de TSM (Temperatura Superficial do Mar). Foram utilizados dados das séries diárias de Temperatura do ar, entre 1920-2018 das EMC's do INMET. O software RCLIMDEX 1.9.0 foi utilizado no processamento estatístico e controle de qualidade dos dados. O nível de significância estatística (valor p) do trabalho foi estimado a 10% ( $p < 0,10$ ). Observou-se um aquecimento generalizado na Amazônia. Constatou-se tendência de aumento mais significativa na temperatura mínima diária do que na máxima diária. Observou-se aumento nas ondas de calor, aumento nas frequências e intensidade dos dias e noites quentes em grande parte da Amazônia. Tais alterações podem ser decorrentes de anomalias registradas na TSM e nas atividades antrópicas desenvolvidas na região.

**Palavras-Chave:** Mudanças Climáticas., Anomalias de temperatura do ar., Estação meteorológica convencional., Rclimdex.

### AIR TEMPERATURE EXTREMES INDICES IN THE AMZON

#### ABSTRACT

This work aims to verify if there are changes in the trends of detection indexes of climate change derived from the maximum and minimum temperature in the Conventional Meteorological Stations (CMS), distributed in the Amazon biome, and also to look for associations between them and the SST (Sea Surface Temperature) anomalies. Data from the daily air temperature series between 1920-2018 from INMET CMS were used. The RCLIMDEX 1.9.0 software was used for statistical processing and data quality control. The level of statistical significance (p value) of the study was estimated at 10% ( $p < 0.10$ ). There was widespread warming in the Amazon. There was a tendency to increase more significantly in the minimum daily temperature than in the daily maximum. Increased heat waves, increased frequencies and intensity of hot days and nights in much of the Amazon. Such changes may be due to abnormalities registered in the TSM and anthropic activities developed in the region.

**Keywords:** Climate Change., Air temperature anomalies., Conventional weather station., Rclimdex..



## 2 INTRODUÇÃO

Há séculos atrás, o sistema climático do planeta está se voltando para um verdadeiro debate devido ao aquecimento global e seus impactos no clima e na vida. O Oceano aquece causando derretimento do gelo, facilitando o aumento na intensidade e na frequência das ondas de calor impactando a circulação atmosférica, em detrimento das ondas de frias. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2013), em torno do século XXI, o Oceano Global continuará a aquecer, o calor afetará a circulação do oceano. Quanto subirá a temperatura média global da superfície, diminuirá o volume global das geleiras do Oceano.

Este aquecimento se torna acima da média histórica, desenvolvendo uma anomalia positiva nos valores de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) com grandes efeitos sobre o clima global (NÓBREGA & SANTIAGO, 2014). Essas anomalias registradas na TSM sobre o Atlântico Tropical e Pacífico são devidas aos fenômenos El Niño e La Niña caracterizados pelo aquecimento e resfriamento das águas superficiais do oceano Pacífico Tropical Central e de Leste. Esses fenômenos são capazes de influenciar o clima de várias regiões do mundo e sendo responsáveis pelos desvios extremos em relação ao clima normal (CUNHA et al, 2011).

Além desses fenômenos naturais, o relatório do IPCC (2013) confirmou também que atividades antropogênicas estão na base das mudanças climáticas. Ele revelou que, as mudanças nos extremos climáticos da temperatura mínima têm aumentado mais rápido do que às máximas. Por isso, esses últimos permitiram que cada uma das últimas três décadas foi sucessivamente mais quente na superfície da Terra do que qualquer uma das décadas anteriores no registro instrumental.

De fato, desde a Revolução industrial em 1760, com o rápido crescimento da concentração de CO<sub>2</sub> observado na atmosfera, as atividades humanas foram confirmadas como uns fatores determinantes no aquecimento do planeta. Além de serem decorrentes de concentração excessivo de CO<sub>2</sub> na atmosfera, as mudanças climáticas e o aquecimento global antrópicos são decorrentes da concentração de vários outros gases, que absorvem parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, e dificultam sua passagem, para o espaço, impedindo que ocorra uma perda demasiada de calor para o espaço, o que mantém a Terra aquecida ( SANTOS et al., 2013).

Na Amazônia, SALAZAR et al., (2007) estimaram que, os principais fatores de mudanças climáticas de origem antrópicas são derivados do uso e ocupação do solo. Tais alterações estão ligadas diretamente ao desmatamento de sistemas florestais para transformação em sistemas

agrícolas e/ou pastagens, o que implica em transferência de carbono (na forma de dióxido de carbono) da biosfera para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global.

BERNARDES & MENDES (2012) estudaram influência da Urbanização no aumento da Temperatura do ar no município de Uberlândia entre 1980 a 2010. O resultado encontraram mostrou um aumento aproximadamente de 1,5°C, saindo de 21,5 °C no início da década de 1980 para 23 °C em 2010. Dentre diversos fatores analisados, eles apontaram para o crescimento populacional da cidade que levou no aumento de números de automotores nas cidades e outras atividades semelhantes. A partir daí, pode -se deduzir que entre o crescimento populacional de uma região/cidade e o aumento da temperatura média existe uma relação estreita, diga causa a efeito.

A partir das tendências de temperatura do ar e da precipitação, hoje, é possível de determinar mudança climática em qualquer lugar fazendo uma análise dos “27 índices de Detecção de Mudanças Climáticas” cujo 11 são baseados na precipitação e 16 na temperatura do ar (assim usados nesse trabalho). Estes índices foram criados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) no objetivo de monitorar e detectar possíveis alterações climáticas em determinado lugar. Eles são capazes de projetar o clima de diversas regiões do globo (ZHANG; YANG, 2004).

Geralmente, as evidências de medidas das mudanças climáticas locais, são feitas usando as variáveis meteorológicas notadamente a temperatura do ar e a precipitação, através de análise de séries históricas (SANTOS et al., 2013). Devido a essas ferramentas, possíveis alterações observadas no tempo e no clima não seriam mais algo não conhecido . Essas alterações nos extremos de temperatura são identificadas no aumento expressivo das noites quentes nos últimos anos, dias quentes especialmente na América do Sul (MARENGO et al., 2010).

No contexto de propor perspectivas podendo reduzir as consequências das mudanças climáticas no meio ambiente e na vida como um todo, esse trabalho visa em verificar se há ocorrência de alterações nas tendências de índices de detecção de mudanças climáticas derivadas das temperaturas máximas e mínimas nas estações meteorológicas convencionais, distribuídas no bioma Amazônico , além ainda, buscar associações entre as alterações nas séries de temperatura do ar e eventos de anomalias TSM (Temperatura Superficial do Mar) de diferentes fases e/ou intensidades.

## 2.0 Material e Métodos

Os dados meteorológicos de temperaturas do ar baixados para o período de 1920-2018 que foram utilizados neste trabalho são oriundos das séries diárias de temperaturas máximas e mínimas, com períodos mínimos de 30 anos, de 54 Estações Meteorológicas Convencionais (EMC's) pertencentes a rede do Instituto Nacional de Meteorologia –INMET ([www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)), disponibilizadas no BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) séries históricas. Conforme a (Tabela 5 e Figura 8) são apresentadas as informações, as coordenadas geográficas das EMC's avaliadas e suas distribuições em sete (7) estados da Amazônia. Esses dados meteorológicos foram de uma importância essencial para o cálculo estatístico dos índices climáticos a partir do software Rclimindex 1.9.0.

Tabela 5. Informações das EMC's avaliadas nos estados da Amazônia Brasileira

Estado	Nome da Estação	Período de dados	Latitude	Longitude	Altitude
Acre	Rio Branco	1969-2018	-9, 95°	-67, 86°	160 m
Acre	Tarauaca	1969-2018	-8, 16°	-70,76°	190 m
Amazonas	Barcelos	1961-2018	-0, 96°	-60, 91°	40 m
Amazonas	Benjamin Constant	1961-2018	-4, 38°	-70, 03°	65m
Amazonas	Codajas	1976-2018	-3, 83°	-62, 05°	48m
Amazonas	Eirunepe	1974-2018	-6, 66°	-69, 86°	104m
Amazonas	Fonte -Boa	1961-2018	-2, 53°	-66, 16°	55, 57m
Amazonas	Iauaretê	1961-2018	0, 61°	-69, 18°	120m
Amazonas	Itacoatiara	1961-2018	-3, 13°	-58, 43°	40m
Amazonas	Labrea	1973-2018	-7, 25°	-64, 83°	61m
Amazonas	Manaus	1961-2018	-3, 10°	-60, 01°	67m
Amazonas	Manicore	1961-2018	-5, 81°	-61, 3°	50m
Amazonas	São Gabriel da Cachoeira(Uaupes)	1961-2018	-0, 12°	-67, 06°	90m
Amazonas	Tefe	1969-2018	-3, 83°	-64, 7°	47m
Amapa	Macapa	1967-2018	-0, 05°	-51, 11°	14, 46m
Pará	Altamira	1961-2018	-3, 21 <sup>0</sup>	-52, 21 <sup>0</sup>	74, 04m
Pará	Belem	1961-2018	-1, 43 <sup>0</sup>	-48, 43 <sup>0</sup>	10m
Pará	Belterra	1971-2018	-2, 63 <sup>0</sup>	-54, 95 <sup>0</sup>	175, 74m
Pará	Breves	1968-2018	-1, 68 <sup>0</sup>	-50, 48 <sup>0</sup>	14, 74m
Pará	Cameta	1970-2018	-2, 25 <sup>0</sup>	-49, 5 <sup>0</sup>	23, 9m
Pará	Conceicao do Araguaia	1961-2018	-8, 26 <sup>0</sup>	-49, 26 <sup>0</sup>	156, 85m
Pará	Itaituba	1961-2018	-4, 28 <sup>0</sup>	-55, 98 <sup>0</sup>	45m
Pará	Maraba	1973-2018	-5, 36 <sup>0</sup>	-49, 13 <sup>0</sup>	95m
Pará	Monte Alegre	1974-2018	-2 <sup>0</sup>	-54, 1 <sup>0</sup>	145, 85m
Pará	Obidos	1970-2018	-1, 91 <sup>0</sup>	-55, 51 <sup>0</sup>	37m
Pará	Porto de moz	1963-2018	-1,73 <sup>0</sup>	-52,23 <sup>0</sup>	15, 93m
Pará	São Felix do Xingu	1972-2018	-6, 63 <sup>0</sup>	-51, 96 <sup>0</sup>	206m
Pará	Soure	1961-2018	-0,73 <sup>0</sup>	-48, 51 <sup>0</sup>	10, 49m
Pará	Tracua Teua	1972-2018	-1, 06 <sup>0</sup>	-46, 9 <sup>0</sup>	36m
Pará	Tucuruí	1970-2018	-3, 76 <sup>0</sup>	-49, 66 <sup>0</sup>	40m
Mato Grosso	Canarana	1995-2018	-13, 47 <sup>0</sup>	-52, 50 <sup>0</sup>	430m
Mato Grosso	Cáceres	1961-2018	-16, 05°	-57, 68°	188m
Mato Grosso	Cuiaba	1961-2018	-15, 61 <sup>0</sup>	-56, 10 <sup>0</sup>	145m
Mato Grosso	Diamantino	1961-2018	-14, 4 <sup>0</sup>	-56, 45 <sup>0</sup>	286.3m
Mato Grosso	Matupa	1987-2018	-10, 25 <sup>0</sup>	-54, 91 <sup>0</sup>	285m
Mato Grosso	Nova Xav.( Xavantina)	1987-2018	-14, 69 <sup>0</sup>	-52,35 <sup>0</sup>	316m
Mato Grosso	Padre Ricardo, Remeter	1987-2018	-15, 78 <sup>0</sup>	-56, 06 <sup>0</sup>	140m
Mato Grosso	Poxoreo	1976-2018	-15,83 <sup>0</sup>	-54,38 <sup>0</sup>	450m
Maranhão	Alto Parnaiba	1976-2018	-9,1 <sup>0</sup>	-45, 93 <sup>0</sup>	285, 05m

Maranhão	Bacabal	1976-2018	-4, 21 <sup>0</sup>	-44, 76 <sup>0</sup>	25, 07m
Maranhão	Balsas	1973-2018	-7, 53 <sup>0</sup>	-46, 03 <sup>0</sup>	259, 38m
Maranhão	Barra do Corda	1961-2018	-5, 5 <sup>0</sup>	-45, 23 <sup>0</sup>	153m
Maranhão	Carolina	1961-2018	-7, 33 <sup>0</sup>	-47, 46 <sup>0</sup>	192, 83m
Maranhão	Caxias	1961-2018	-4, 86 <sup>0</sup>	-43, 35 <sup>0</sup>	103, 56m
Maranhão	Chapadinha	1976-2018	-3, 75 <sup>0</sup>	-43, 35 <sup>0</sup>	103, 5m
Maranhão	Colinas	1976-2018	-6, 03 <sup>0</sup>	-44, 25 <sup>0</sup>	179, 75m
Maranhão	Imperatriz	1961-2018	-5, 53 <sup>0</sup>	-47, 48 <sup>0</sup>	123, 3m
Maranhão	São Luis	1961-2018	-2, 53 <sup>0</sup>	-44, 21 <sup>0</sup>	50, 86m
Maranhão	Turiacu	1961-2018	-1, 66 <sup>0</sup>	-45, 36 <sup>0</sup>	44, 06m
Maranhão	Zedoca	1975-2018	-3, 26 <sup>0</sup>	-45, 65 <sup>0</sup>	45, 28m
Tocantins	Araguaina	1980-2018	-7, 2 <sup>0</sup>	-48, 2 <sup>0</sup>	228, 52m
Tocantins	Pedro Afonso	1977-2018	-8, 96 <sup>0</sup>	-48, 18 <sup>0</sup>	187m
Tocantins	Peixe	1975-2018	-12, 01 <sup>0</sup>	-48, 35 <sup>0</sup>	242, 49m
Tocantins	Tagua Tinga	1961-2018	-12, 4 <sup>0</sup>	-46, 41 <sup>0</sup>	603, 59m

Fonte: www.inmet.gov.br.

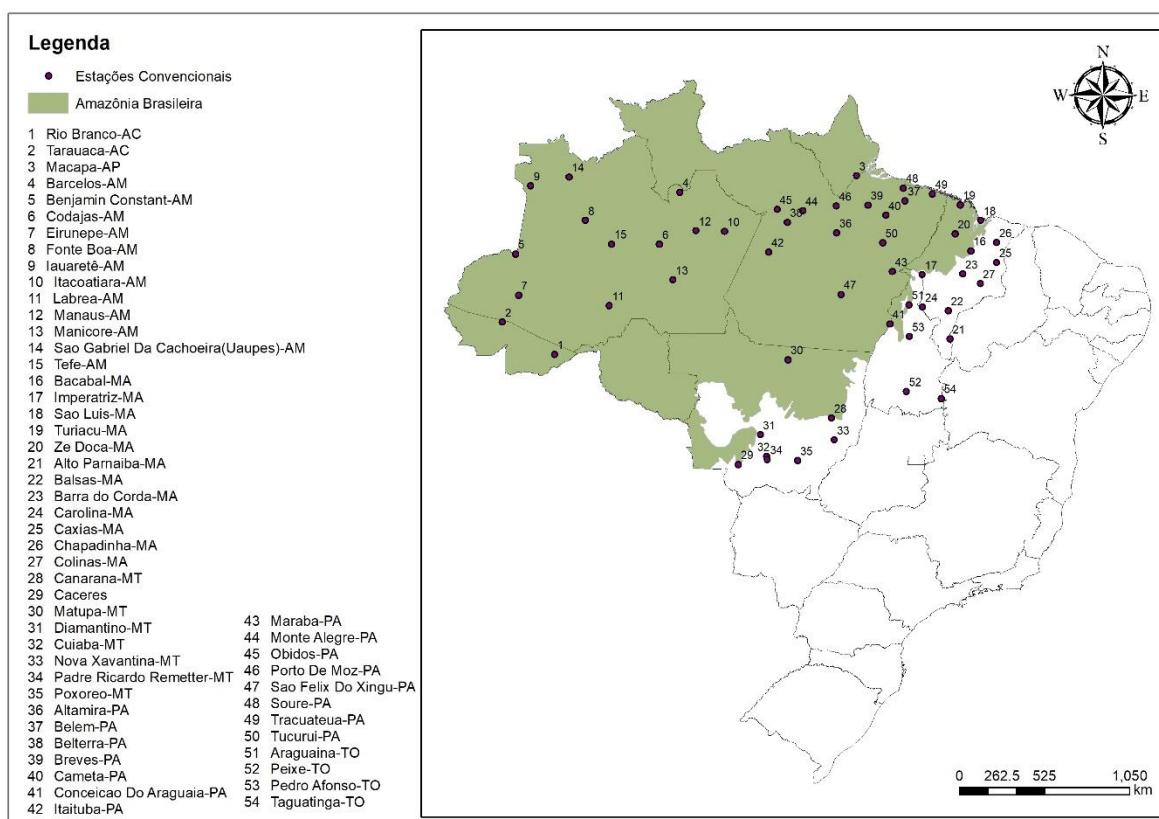


Figura 5. Distribuição espacial das estações meteorológicas convencionais empregadas na avaliação de extremos de temperatura do ar, na Amazônia. Fonte: Organização pelo autor.

Na Amazônia Brasileira, considerando os dados utilizados neste trabalho, inseridas na rede de estações meteorológicas (convencionais e automáticas) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), entre 1920-2018, são disponibilizadas medidas em superfície de no mínimo 54 Estações Meteorológicas Convencionais (EMC's) pelo BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa), permitindo inúmeras aplicações climatológicas e suas

validações. Nesse caso, especificamente, dados do estado de Rondônia e das estações de São Vicente de Mato Grosso (MT), Porto Nacional de Tocantins (TO) não foram considerados em função da não disponibilidade séries contínuas anuais e falta de consistência.

Os índices de extremos de temperatura do ar foram obtidos com o software RCLIMDEX 1.9.0., que engloba os 27 índices básicos climáticos recomendados pelo Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices (ETCCDMI) e pelo International Research Programme on Climate Variability and Predictability (CCI/CCLIVAR). De acordo com SOUZA & AZEVEDO (2012), este software é baseado no Microsoft Excel, usado no cálculo de índices extremos climáticos para monitorar e detectar mudanças climáticas. O software foi desenvolvido por Byron Gleason do Nacional Climate Data Centre (NCDC) da NOAA, e tem sido usado em oficinas CC/CLIVAR sobre índices climáticos desde 2000. Seu objetivo foi proporcionar uma interface amigável para calcular todos os 27 índices básicos cujo 11 para precipitação e 16 para temperatura do ar. O pacote RCLIMDEX 1.9.0, é de distribuição gratuita e desenvolvido para a linguagem computacional R , ele está disponível para download no website dos índices da ETCCDMI (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>).

Neste trabalho foram considerados os dezesseis (16) índices voltados para detecção de mudanças climáticas associadas a temperatura do ar (Tabela 6), sendo desenvolvidos por indicarem mudanças na intensidade, frequência e duração de eventos de extremos de temperatura do ar. Segundo FRICH et al., (2002), estes índices de detecção de mudanças climáticas são podem ser avaliados da seguinte forma: i) Índices como FD, indica o número de dias em que a temperatura mínima é inferior a 0 °C, e exibe tendências coerentes sobre as latitudes médias e altas durante a segunda metade do século XX. Além disso, mudanças nesses índices podem ter impactos profundos em setores específicos da sociedade ou dos ecossistemas; ii) índices como SU25 e TR20, são índices que respondem o número de dias em que a temperatura ficou abaixo ou acima de um valor fixo com alteração anual de temperatura máxima de 25 °C (SU25) e temperatura mínima acima de 20 °C (TR20), enquanto que alguns deles, gerenciam extremos de calores (WSDI), extremos frios (CSDI), comprimento das estações ano (GSL); iii) índices caracterizando noites frias (TN10p), noites quentes (TN90p), dias frios (TX10p), dias quentes (TX90p) são baseados nos percentis de ocorrências dessas anomalias de extremos frios ou quentes.

De acordo com SILVA & JARDIM (2016), esses índices supracitados são empregados a partir de análises de regressão linear simples para determinar tendências positivas ou negativas, e possíveis correlações entre fatores naturais e humanos com a variação interanual da temperatura do ar. Atualmente, o RCLimdex inclui somente um procedimento simples de

controle de qualidade dos dados (Zhang & Yang, 2004). De acordo com ARAÚJO et al. (2015), o controle de qualidade do RCLIMDEX procede-se da seguinte forma: Substitui todos os dados faltosos nas bases de dados do INMET por um código -99.9 (formato interno reconhecido pelo software R), bem como todos os valores que discrepantes/inconsistentes (que incluem quantidades de precipitação diárias menores que zero e temperatura máxima menor que a temperatura mínima diária). De acordo com ASSIS (2012), o controle de qualidade dos dados também elimina valores superiores do que os normais de temperaturas máximas e mínimas diárias.

Tabela 6. Índices climáticos dependentes das temperaturas máximas e mínimas com suas definições e unidades.

Sigla	Nome dos índices	Descrição	Unidade
FD	Número de dias de geadas	Contagem anual de dias em que TN (Temperatura mínima diária) $< 0^{\circ}$	Dias
SU25	Dias de verão	Número de dias em um ano em que a TX (temperatura máxima diária) $> 25^{\circ}\text{C}$	Dias
ID	Número de dias de congelamento	Contagem anual de dias quando TX (Temperatura máxima diária) $< 0^{\circ}\text{C}$	Dias
TR20	Noites Tropicais	Número de dias em um ano em que a TN (Temperatura mínima diária) $> 20^{\circ}\text{C}$	Dias
GSL	Comprimento das estações do ano	Número de dias entre a primeira ocorrência de pelo menos 6 dias consecutivos com $TG_{ij} > 5^{\circ}\text{C}$ e a primeira ocorrência após 1 <sup>o</sup> julho (1 <sup>o</sup> janeiro em SH) de, pelo menos, 6 dias consecutivos com $TG_{ij} < 5^{\circ}\text{C}$ .	$^{\circ}\text{C}$
TXX	Máximo de Temperatura máxima	Valor mensal máximo da temperatura máxima diária (TX)	$^{\circ}\text{C}$
TNX	Máximo de temperatura mínima	Valor máximo mensal da temperatura mínima diária (TX)	$^{\circ}\text{C}$
TXN	Mínimo de temperatura máxima	Valor mínimo mensal da temperatura máxima diária (TX)	$^{\circ}\text{C}$
TNN	Mínimo de temperatura mínima	Valor mensal mínima da temperatura mínima diária (TN)	$^{\circ}\text{C}$
TN10P	Noites frias	Porcentagem de dias no ano com temperatura mínima abaixo do percentil 10	%
TX10P	Dias frios	Porcentagem de dias no ano com temperatura máxima acima do percentil 10	%
TN90P	Noites quentes	Porcentagem de dias no ano com temperatura mínima acima do percentil 90	%
TX90P	Dias quentes	Porcentagem de dias no ano com temperatura máxima acima do percentil 90	%
WSDI	Quente índice duração speel	Contagem anual de dias com, pelo menos, 6 dias consecutivos quando $TX > 90^{\text{th}}$ percentil	Dias
CSDI	Speel fria índice duração	Contagem anual de dias com, pelo menos, 6 dias consecutivos quando $TN < 10^{\text{th}}$ percentil	Dias
DTR	Amplitude Térmica diurna	Diferença média mensal entre Temperatura máxima e mínima	$^{\circ}\text{C}$

Fonte: [http://etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml)

Segundo ZHANG & YANG (2004), para o processamento dos dados no RCLIMDEX, os arquivos devem ser em formato de texto ASCII (American standard code for information interchange) distribuídos em colunas organizadas na seguinte sequência: ano, mês, dia, precipitação em milímetros (mm), temperatura máxima e temperatura mínima (em  $^{\circ}\text{C}$ ).

Ressalta-se, ainda que, os dados devem estar em ordem cronológica. O RCLIMDEX fornece informações estatísticas para cada índice calculado quanto a sua tendência linear calculada pelo método de mínimos quadrados, nível de significância estatística da tendência (valor P), tanto na tendência linear (positiva ou negativa) e erro padrão de estimativa significativo. Nesse trabalho foram consideradas como significativo o nível de probabilidade de 10% ( $p < 0,1$ ).

Os dados de TSM observados no Oceano Pacífico usados nesse trabalho foram obtidos no site <http://ww.enos.cpetec.inpe.br>, apresentando nos últimos anos de ocorrência tanto do El Niño (EN) quanto de La Niña (LN), suas diferentes fases e intensidades (Tabela 7). Nesse caso, considera-se para EN, a intensidade forte quando a TSM (oceano Pacífico) foi superior à 1,5 °C em alguns meses; moderada, quando TSM apresentou valores inferiores à 1,5 °C e superiores a 1,0 °C; e por fim a intensidade fraca, quando TSM variou entre 1,0 e 0,5°C; a condição neutra corresponde para variação de TSM entre 0,5 e 0,5 °C. Por conseguinte, para LN, considera-se as mesmas faixas, contudo, vinculado a diminuição de TSM.

Tabela 7. Anos de últimas ocorrências de El Nino(EN) e La Nina(LN) e suas intensidades

El Nino		La Nina	
Ano	Intensidade	Ano	Intensidade
1919-1920	Moderada	1917-1918	Moderada
1925-1926	Moderada	1924-1925	Moderada
1930-1931	Forte	1933-1934	Moderada
1939-1940	moderada	1937-1938	Fraca
1940-1941	Forte	1938-1939	Fraca
1941-1942	Fraca	1942-1943	Forte
1951-1952	Moderada	1949-1950	Forte
1952-1953	Fraca	1954-1955	Fraca
1957-1958	Forte	1955-1956	Moderada
1963-1964	Moderada	1967-1968	Fraca
1965-1966	Forte	1970-1971	Fraca
1968-1969	Fraca	1973-1974	Moderada
1969-1970	Moderada	1975-1976	Moderada
1972-1973	Forte	1988-1989	Moderada
1976-1977	Moderada	1998-1999	Fraca
1979-1980	Moderada	1999-2000	Moderada
1982-1983	Forte	2007-2008	Moderada
1986-1987	Moderada	2010-2011	Moderada
1987-1988	Forte	2017-2018	Moderada
1991-1992	Forte	--	--
1992-1993	Fraca	--	--
1997-1998	Forte	--	--
2002-2003	Moderada	--	--
2006-2007	Moderada	--	--
2009-2010	Moderada	--	--
2015-2016	Forte	--	--

Fonte: enos.cpetec.inpe.br

Nesse trabalho, foi feito um estudo observacional visual em relação aos valores dos índices climáticos e as anormalias de TSM observadas, com indicação para alguns índices com do EN e LN nas intensidades forte e moderada. Essa análise foi empregada apenas para identificar possíveis fatores causadores de extremos nas tendências dos índices de temperatura do ar avaliados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Sazonalidade da temperatura do ar na Amazônia

As EMC's avaliadas na área de estudo são distribuídas em sete (7) estados conforme Tabela 5. Nos estados que não apresentam transição com o bioma Cerrado (Acre, Amazonas, Pará e Amapá), observa-se que as temperaturas máximas médias mensais variaram entre 29,5 e 34,84 °C com valores mais elevados entre julho a outubro (Tabela 8), dependendo da latitude e longitude da estação, principalmente no Pará e Amazonas.

Tabela 8. Médias mensais e anuais da temperatura máxima do ar em estações meteorológicas convencionais da rede do INMET, nos estados do Acre, Amazonas, Pará e Amapá.

Estado	Estações	Meses												Anual
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Acre	Rio Branco	30,82	30,87	31,2	31,1	30,48	30,39	30,91	32,42	32,84	32,71	31,73	31,10	31,15
	Tarauacá	30,88	30,88	31,03	31,24	31,01	30,88	31,75	32,55	32,7	32,46	31,82	31,29	31,27
Amazonas	Barcelos	32,16	32,12	32,09	31,57	31,09	31,23	31,41	32,31	32,75	32,73	32,76	32,61	32,14
	Benjamin	30,89	31,05	31,51	31,38	31,09	31,19	31,15	31,64	31,96	32,29	31,68	31,33	31,35
	Codajás	31,68	31,12	31,49	31,61	31,21	31,51	32,06	33,36	33,65	33,66	33,03	32,25	31,87
	Eirunepé	32,60	32,52	32,68	32,85	31,94	31,92	32,47	33,74	34,02	33,91	33,30	32,95	32,76
	Fonte Boa	31,30	31,35	31,18	31,03	30,80	30,18	31,04	31,71	32,35	32,44	32,39	31,67	31,32
	Itacoatiara	30,60	30,54	30,75	30,89	31,24	31,64	32,08	32,95	33,36	33,64	32,89	31,83	31,74
	Iauaretê	31,78	31,69	31,78	31,49	30,89	30,83	30,33	31,19	31,84	31,99	31,71	31,90	31,70
	Lábrea	31,13	31,35	31,48	31,60	31,33	31,17	32,54	33,17	33,06	32,76	31,90	31,34	31,54
	Manaus	30,46	30,31	30,37	30,59	30,79	31,04	31,66	32,76	33,14	33,11	32,31	31,36	31,20
	Manicore	31,10	30,67	31,39	31,22	30,95	31,74	32,14	33,23	32,78	32,71	32,38	31,61	31,67
	São G. da Cachoeira	31,60	31,73	31,85	31,22	30,57	29,74	29,75	30,71	31,97	32,1	31,73	31,49	31,54
Pará	Altamira	30,69	30,33	30,35	30,52	30,96	31,55	31,68	32,48	32,90	32,93	32,59	31,97	31,61
	Belém	30,83	30,46	30,38	30,94	31,59	31,84	31,93	32,24	32,32	32,34	32,44	32,12	31,88
	Bel terá	29,78	29,52	29,49	29,52	29,78	29,90	30,20	30,96	31,63	32,04	31,94	31,16	30,05
	Breves	31,73	31,11	31,18	31,38	31,99	32,41	32,62	33,03	33,09	33,38	33,23	32,56	32,48
	Cametá	32,10	31,59	31,95	32,22	32,76	33,26	33,30	33,65	33,46	33,36	33,45	32,94	33,10
	Conceição Araguaia	31,18	31,03	31,15	31,87	33,11	33,79	34,52	35,47	34,44	32,95	32,26	31,55	32,60
	Itaituba	31,54	31,24	31,43	31,65	32,22	32,87	33,48	34,27	34,25	34,27	33,52	32,46	32,67
	Marabá	31,14	31,22	31,54	32	32,93	33,23	33,69	34,54	33,73	33,27	32,08	31,52	32,50
	Monte Alegre	30,46	29,95	29,93	30,04	30,25	30,37	30,95	31,78	32,48	32,87	32,46	31,75	30,71
	Óbidos	30,64	30,19	30,17	30,34	30,54	31,00	31,20	32,09	32,83	33,34	32,89	32,26	31,10
	Porto de Moz	31,03	30,68	30,76	30,68	31,06	31,39	31,81	32,74	33,14	33,27	33,11	32,3	31,60
	São Felix do Xingu	30,91	30,75	30,94	31,48	32,12	32,41	33,18	33,75	33,3	32,46	32,04	31,15	32,08
	Soure	30,46	29,93	29,82	30,20	30,85	31,24	31,05	31,18	31,54	31,81	31,88	31,42	31,11
	Tracuateua	31,04	30,04	29,90	30,00	30,86	31,20	31,07	31,32	32,09	32,71	32,99	32,82	31,13
	Tucuruí	31,65	31,49	31,76	32,1	32,45	33,02	33,32	33,86	34,01	33,74	33,42	32,69	32,86
Amapá	Macapá	29,86	29,58	29,61	30,03	30,48	31,04	31,01	31,96	32,82	33,15	32,70	31,80	31,02

Nesse contexto, as temperaturas mínimas médias mensais variaram de 17,1 a 25,6 °C, com maiores valores observados em Soure (PA), independentemente da época do ano. As médias anuais das temperaturas mínimas foram de 20,0 a 24,2 °C, respectivamente. Não foi observado um padrão de sazonalidade das temperaturas mínimas ao longo do ano; para as estações mais próximas da linha do Equador, as diferenças entre os maiores e menores valores



de temperatura mínima são inferiores a 1,0 °C (exemplo, Barcelos, Fonte Boa, Itacoatiara e Jaguaretê no AM; Macapá no AP; Breves, Óbidos e Porto Moz no PA).

Tabela 9. Médias mensais e anuais da temperatura mínima do ar em estações meteorológicas convencionais da rede do INMET, nos estados do Acre, Amazonas, Pará e Amapá.

Estado	Estações	Meses												Anual
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Acre	Rio Branco	22,06	21,89	22,01	21,47	20,12	18,36	<b>17,17</b>	17,84	19,59	21,23	21,71	22,05	21,35
	Tarauacá	22,20	22,29	22,19	21,75	21,19	19,73	18,88	19,12	20,77	21,52	21,86	22,11	21,63
Amazonas	Barcelos	22,66	22,78	22,83	22,87	22,76	22,34	22,09	22,28	22,27	22,70	22,77	22,80	22,73
	Benjamin	21,40	21,39	21,46	21,55	21,38	20,80	20,72	20,90	21,28	21,51	21,48	21,72	21,39
	Codajás	22,77	22,36	22,78	22,81	22,75	22,30	21,97	21,91	22,57	23,03	23,13	23,16	22,76
	Eirunepé	21,77	21,53	22,02	21,99	20,89	20,21	19,55	19,76	21,04	21,84	22,11	22,05	21,65
	Fonte Boa	22,84	22,81	22,56	22,60	22,60	22,19	21,96	22,27	22,47	22,88	22,91	22,75	22,60
	Itacoatiara	23,14	23,07	23,14	23,15	23,52	23,36	23,24	23,34	23,60	23,82	23,80	23,48	23,35
	Iauaretê	21,99	21,93	22,10	22,18	22,08	21,75	21,37	21,56	21,78	22,03	22,11	22,06	22,01
	Lábrea	22,49	22,43	22,61	22,55	21,92	20,78	19,77	20,30	21,45	22,01	22,19	22,60	22,10
	Manaus	22,95	22,94	23,05	23,14	23,20	22,85	22,67	23,07	23,54	23,70	23,60	23,36	23,10
	Manicore	22,15	21,89	22,06	22,30	22,22	21,08	21,13	21,15	21,79	22,14	22,54	22,27	22,10
	São G. da Cachoeira	22,35	22,56	22,62	22,51	22,36	21,84	21,5	21,72	21,96	22,41	22,48	22,52	22,39
	Pará	Altamira	22,03	22,18	22,35	22,47	22,59	22,05	21,49	21,7	22,34	22,78	22,86	22,71
Belém		22,60	22,64	22,84	23,06	23,07	22,65	22,30	22,29	22,26	22,34	22,43	22,52	22,56
Bel terá		20,77	21,08	20,91	21,46	21,08	20,31	19,80	20,13	20,79	21,14	21,45	21,22	20,99
Breves		22,39	22,48	22,66	22,92	22,87	22,69	22,5	22,41	22,46	22,54	22,54	22,59	22,54
Cametá		23,19	23,07	23,30	23,46	23,45	23,32	23,32	23,50	23,84	24,01	24,25	23,91	23,46
Conceição Araguaia		21,12	20,87	21,30	21,34	20,95	19,60	18,59	19,06	20,45	20,96	21,33	21,00	20,95
Itaituba		22,99	22,54	22,91	23,34	23,10	22,53	22,00	22,29	23,01	23,26	23,3	23,42	23,00
Marabá		22,92	23,02	23,00	23,35	23,35	22,56	22,00	22,45	23,65	23,73	23,48	23,31	23,16
Monte Alegre		22,97	22,86	23,04	23,14	23,16	23,17	23,01	23,42	23,68	23,84	23,86	23,60	23,16
Óbidos		22,71	22,46	22,75	22,94	22,86	22,58	22,46	22,67	22,81	23,41	23,41	23,16	22,78
Porto de Moz		22,93	22,92	23,10	23,11	23,24	22,94	22,58	22,67	23,04	23,11	23,23	23,22	23,07
São Felix do Xingu		20,04	19,62	20,11	20,54	19,89	18,69	18,11	18,99	20,02	20,14	20,44	20,26	20,03
Soure		23,96	23,61	23,49	23,83	23,95	24,27	24,12	24,54	25,10	25,55	<b>25,56</b>	25,22	24,19
Tracuateua		22,10	22,08	22,00	22,08	21,58	21,33	20,77	20,94	20,73	20,74	20,9	21,67	21,46
Tucuruí		22,91	22,83	23,13	23,4	23,47	23,19	22,43	22,68	23,30	23,72	23,95	23,50	23,24
Amapá		Macapá	23,28	23,27	23,42	23,65	23,77	23,50	23,14	23,68	23,78	23,79	23,72	23,66

Nos estados que apresentam as regiões de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado (Mato Grosso, Tocantins e Maranhão), foram observados comportamentos semelhantes quanto aos valores das temperaturas máximas e mínimas médias mensais (Tabelas 10 e 11), todavia, nesse caso, as máximas ocorrem no período seco da região em função do aumento da transmissividade atmosférica da radiação global (ZAMADEI et al., 2016b), enquanto que, as mínimas também acontecem no inverno, e estão associadas ao balanço de radiação em ondas longas, visto que diminuiu as radiações em ondas longas emitidas pela atmosfera.

No estado de Mato Grosso, as temperaturas máximas mensais variaram de 30,6 (junho em Cáceres) a 37,6 °C (setembro em Nova Xavantina); essas diferenças não decorrem do efeito da latitude e altitude, mas estão associadas a entrada de massas de ar frias (friagens) nas proximidades da Cordilheira dos Andes e da bacia hidrográfica do Rio Paraguai (Pantanal),

que alteram os centros de pressão em meso-escala e propiciam reduções de temperaturas no inverno.

Tabela 10. Médias mensais e anuais da temperatura máxima do ar em estações meteorológicas convencionais da rede do INMET, nos estados do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão.

Estado	Estações	Meses												Anual
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Mato Grosso	Cáceres	32,46	32,44	32,73	32,03	31,05	<b>30,63</b>	30,98	33,11	34,14	34,275	33,71	32,68	32,57
	Canarana	31,24	31,13	31,84	32,08	32,53	32,87	33,83	35,79	35,74	34,33	32,65	31,34	32,59
	Cuiabá	32,56	32,49	32,85	32,72	31,67	31,24	31,88	34,18	34,15	34,42	33,48	32,72	32,72
	Diamantino	31,90	31,81	32,29	32,36	31,68	31,63	32,13	34,36	34,60	33,98	32,86	31,95	32,21
	Matupá	31,30	31,01	31,32	32,14	32,55	33,24	34,27	35,82	34,88	33,52	32,10	31,29	32,34
	Nova xavantina	31,93	32,58	32,81	33,55	32,99	33,49	33,93	35,91	<b>37,59</b>	35,96	33,10	32,11	33,29
	Padre R.Remetter	32,77	32,79	32,97	32,75	31,11	31,70	31,46	34,73	35,93	34,89	33,75	33,12	32,88
	Poxoreo	31,31	31,79	32,49	32,25	31,26	31,47	32,32	34,46	34,65	33,67	32,25	31,52	32,25
Maranhão	Alto Parnaíba	31,65	31,89	31,58	32,11	32,68	32,88	33,22	34,80	35,79	34,67	32,68	31,99	32,68
	Bacabal	32,17	31,98	32,06	32,06	32,37	32,22	32,80	34,39	35,40	35,96	35,41	34,40	32,58
	Balsas	31,19	31,15	31,40	31,90	32,80	33,29	33,36	34,97	35,66	34,03	32,12	31,07	32,46
	Barra do Corda	31,10	30,83	30,82	31,05	31,41	31,92	32,93	34,27	35,04	34,63	33,55	32,30	32,11
	Carolina	31,05	31,08	31,11	31,85	32,45	33,68	34,58	35,73	35,62	33,02	31,60	31,12	32,15
	Caxias	32,80	32,17	31,93	31,98	31,93	32,44	33,20	34,88	36,47	37,12	36,07	34,81	33,00
	Chapadinha	32,01	31,54	31,34	31,36	31,31	31,15	32,14	33,75	35,13	35,71	35,61	34,73	32,07
	Colinas	31,55	31,17	31,16	31,75	32,01	32,68	33,27	34,73	35,93	35,30	33,72	32,44	32,56
	Imperatriz	31,68	31,74	31,59	32,04	32,82	33,41	34,12	35,10	34,96	34,20	33,11	32,35	32,96
	São Luis	29,85	29,29	29,29	29,53	30,14	30,44	30,24	30,57	30,97	31,22	31,48	31,24	30,34
Turialvo	30,81	30,19	29,84	30,12	30,46	30,75	30,56	31,04	31,66	31,81	32,28	32,00	30,78	
Zedoca	30,78	30,05	29,75	29,78	30,21	30,36	30,27	30,79	31,39	31,61	31,71	31,67	30,57	
Tocantins	Araguaína	30,85	30,65	30,89	31,37	32,27	32,97	33,85	34,97	34,52	32,52	31,45	31,01	31,86
	Pedro Afonso	31,52	31,49	31,44	32,28	33,09	33,89	34,72	36,02	36,11	33,59	32,11	31,72	32,68
	Peixe	31,82	31,68	31,54	32,22	32,77	32,83	33,36	35,33	35,96	34,12	32,32	31,48	32,55
	Taguatinga	30,75	30,67	30,60	31,31	31,53	31,31	31,21	32,94	34,30	33,06	31,03	30,73	31,26

Por conseguinte, no estado de Maranhão, as máximas variaram de 29,53 a 35,93 °C, em fevereiro (estação São Luis) e setembro (estação Colinas) (Tabela 10), com diferenças entre as máximas e mínimas médias anuais variando de 8,1 a 11,1 °C, dependentes da distância do litoral com o Atlântico Equatorial e com a Caatinga, ou seja, estações inseridas na porção continental apresentaram maiores diferenças entre TMAX e TMIN ao longo do ano. Esse comportamento decorre da influência que o vapor d'água transportado do Atlântico ou de grandes superfícies de água livre apresenta sobre a emissão de ondas longas atmosféricas, e consequentemente, nos comportamentos convectivos associados ao aquecimento do ar.

Tabela 11. Médias mensais e anuais da temperatura mínima do ar em estações meteorológicas convencionais da rede do INMET, nos estados do Mato Grosso, Tocantins e Maranhão.

Estado	Estações	Meses												Anual
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Mato Grosso	Cáceres	22,97	22,95	22,75	21,78	18,72	16,88	16,11	17,43	20,02	21,87	22,46	22,93	21,82
	Canarana	21,12	21,20	21,33	20,95	19,23	17,28	17,17	18,50	20,94	21,47	21,55	21,37	21,03
	Cuiabá	23,19	23,13	23,02	22,29	19,60	17,93	16,68	18,62	21,30	23,00	23,24	23,30	22,65
	Diamantino	22,09	21,88	21,82	21,27	19,13	17,40	16,33	18,20	20,51	21,51	22,00	22,15	21,39
	Matupá	21,27	21,33	21,31	21,44	20,40	18,02	16,90	18,04	20,55	21,35	21,72	21,57	21,29
	Nova xavantina	21,56	21,58	21,76	20,50	17,15	14,64	13,82	14,78	19,02	21,48	21,70	21,79	20,99
	Padre R.Remetter	23,54	23,35	23,40	22,41	19,21	17,14	15,78	17,47	20,64	22,94	23,40	23,58	22,68
	Poxoreo	21,43	21,36	21,22	20,04	17,29	14,61	12,96	14,21	18,48	20,61	21,25	21,48	20,32
Maranhão	Alto Parnaíba	21,82	21,68	21,83	21,55	20,25	17,98	16,68	17,48	20,22	22,02	21,96	21,88	21,61
	Bacabal	23,27	23,44	23,45	23,65	23,83	22,82	22,13	22,45	23,02	23,64	23,98	23,91	23,44
	Balsas	22,17	22,07	22,42	22,41	21,97	20,60	19,46	20,34	22,40	22,98	22,46	22,12	22,15
	Barra do Corda	21,57	21,76	21,59	21,72	21,06	19,66	18,89	19,54	21,57	22,34	22,17	21,90	21,58
	Carolina	22,16	22,34	22,49	22,58	22,03	20,67	19,96	21,12	22,67	22,45	22,49	22,35	22,35
	Caxias	22,88	22,54	22,59	22,60	22,43	21,42	20,78	21,22	22,39	23,25	23,86	23,51	22,56
	Chapadinha	22,82	22,61	22,70	22,75	22,90	22,32	21,85	22,08	22,56	22,94	23,40	23,43	22,72
	Colinas	22,15	22,04	22,28	22,24	21,58	19,87	18,83	18,93	21,09	22,69	22,62	22,43	22,09
	Imperatriz	22,38	22,38	22,51	22,72	22,34	21,22	20,26	20,55	22,11	22,61	22,46	22,45	22,38
	São Luis	23,35	23,15	23,13	23,06	23,23	22,99	22,7	22,97	23,46	23,87	24,02	23,88	23,19
	Turiacu	23,86	23,25	23,17	23,12	23,43	23,26	23,12	23,68	24,06	24,26	24,22	24,38	23,56
Zedoca	23,74	23,19	23,09	23,11	23,16	23,10	22,83	23,58	23,96	24,20	24,09	24,21	23,39	
Tocantins	Araguaína													
	Pedro Afonso	22,32	22,45	22,54	22,74	22,28	19,82	18,93	19,66	21,705	22,62	22,45	22,50	22,38
	Peixe	22,02	21,96	22,28	22,26	20,78	18,50	17,37	18,52	21,32	22,23	22,25	22,05	21,99
	Taguatinga	20,54	20,59	20,79	20,79	20,16	19,30	18,75	20,11	21,80	21,74	20,89	20,72	20,65

### 3.2 Índices climáticos derivados da temperatura do ar

Na Tabela 12 são apresentados os valores das tendências temporais dos índices climáticos extremos de temperatura do ar significativos estatisticamente ( $p < 0,1$ ) para o estado do Acre, gerados pelo software RCLIMDEX. Os valores identificados pelos asteriscos são aqueles que foram significativos. Nesse caso, observou-se que não houve significância de nenhum índice para as duas estações conjuntas, e sim, efeitos isolados em cada estação. Os índices SU25, TR20 e TXX não foram significativos na EMC de Rio Branco, apenas em Tarauaca. Esses índices estão associados a temperatura máxima e mínima diária e indicam, portanto, a inexistência de tendências para suas variações ao longo do período estudado em Rio Branco.

Observou-se que, em Rio Branco, ocorreu uma tendência positiva para a temperatura mínima média mensal (TMIN) com um crescimento de  $0,034$  °C/ano entre 1969-2018, perfazendo em um aumento de  $1,66$  °C, em 49 anos (Figura 6a). De acordo com SOUZA & AZEVEDO (2012), essa tendência de aumento das temperaturas mínimas, indica a ocorrência de noites mais quentes, visto que a temperatura mínima tende a ocorrer no maior intervalo de tempo sem incidência de raios solares, e podem estar associadas à causas naturais ou humanas

como o aumento da umidade do oceano em direção ao continente, devido à elevação das temperaturas durante o dia, favorecendo o aumento da evaporação e a formação de nuvens na região, o aumento de transporte, urbanização, dentre outros.

Tabela 12. Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar em duas estações meteorológicas convencionais do estado de ACRE.

ÍNDICE	RIO BRANCO	TARAUACA
TMAX	0,454	0,009*
TMIN	0,01*	0,104
SU25	0,463	0,002*
TR20	0,107	0,066*
TXX	0,849	0,032*
DTR	0,094*	0,971

Baseado na Figura 6, percebe-se uma diminuição significativa da temperatura mínima média mensal entre os anos de 1988-1989, abaixo de 18 °C. Nesse período ocorreu por 3 anos consecutivos, eventos de El Niño e La Niña desde 1986-1989, indicando que essa redução pode estar associada ao ano de LN (1988-1989) com intensidade moderada. Esse fenômeno em geral, gera consequências climáticas que impactam significativamente o setor agrícola no Brasil pelas alterações nas precipitações e na temperatura do ar (ARAÚJO et al., 2013).

O índice DTR representa a diferença média mensal entre a temperatura máxima e mínima também significativo na estação Rio Branco, apresentado tendência negativa ao longo dos anos avaliados; isso quer dizer que houve uma mudança decrescente da amplitude térmica avaliada a -0,031 °C/ano, equivalendo a -1,5 °C em 49 anos (Figura 6b). Nesse caso, nos anos de 1986-1989, um aumento considerável na temperatura máxima média mensal, que pode estar ligado ao EL Niño de intensidade forte registrado entre 1987-1988, dessa forma, entre 1986-1989, as variações dos índices climáticos (para todas as estações na Amazônia) foram decorrentes de várias transições consecutivas do ENOS. Esses comportamentos, associados ao ENOS, também foram observados no período 1997-1998, com EN de forte intensidade, corroborando com SATYAMURTY & OLIVEIRA (2014), que relataram em dezembro de 1997, algumas anomalias da TSM do Pacífico Leste próximo à costa do Peru e Equador, e observaram aumentos de na temperatura entre 4°C e 5.5°C acima da média climatológica na região Amazônica.

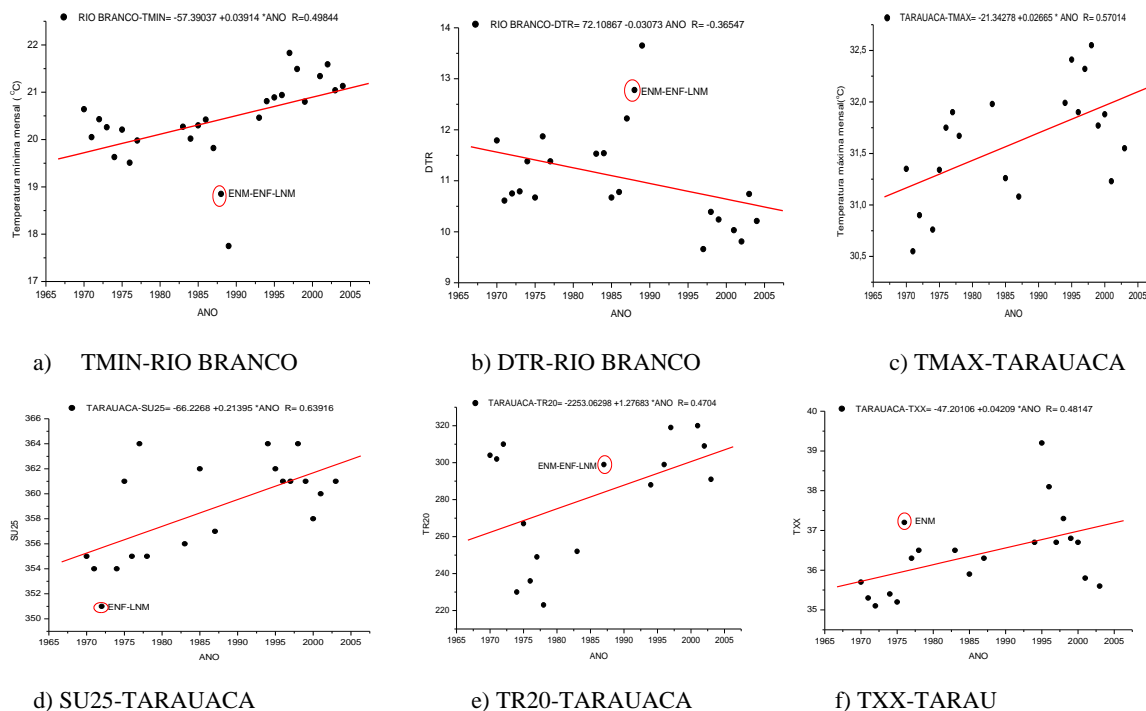


Figura 6. Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em duas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Acre. ENF = El Niño Forte; ENM = El Niño Moderado; LNF = La Niña Forte; LNM = La Niña Moderada.

As alterações em índices vinculados a temperatura máxima média mensal (TMAX)(figura 6 c), podem ainda estar associado ao entorno da própria EMC, visto que, durante as suas instalações e início de operação, os perímetros urbanos, em geral, eram distantes dos pontos de avaliação. Posteriormente, com as expansões e crescimento urbano das cidades, algumas estações foram englobadas como urbanas, tendo ao longo do tempo, sofrido alterações quanto as relações de reflexão, absorção e transmissão do calor nas circunvizinhanças. Assim, essas tendências de aumento da temperatura máxima média pode estar associada a urbanização, destruição de áreas verdes, grandes obras hidráulicas/barramentos (superfícies de água livre), construções de novas ruas, asfaltamento, dentre outros, que afetam diretamente o clima das cidades. Para, OBREGÓN & MARENGO (2007), em alguns casos, as tendências de aquecimento podem ser atribuídas às mudanças no uso das terras locais, especialmente em termos de crescimento do perímetro urbano na região.

Nesse sentido, os indicadores SU25 (número de dias no ano com temperatura máxima acima de 25°C) e também TR20 (número de dias no ano com temperatura mínima acima de 20°C) apontam para uma tendência de aumento na estação Tarauaca, com aumento de 10 dias com temperaturas superiores a 25 °C em 49 anos e com aumento de 62,7 dias por ano com

temperaturas mínimas superiores a 20 °C (Figura 6e). Por sua vez, o indicador TXX (valor mensal máximo da temperatura máxima e mínima) apresentou tendência positiva com aumento das temperaturas em torno de 0,043 °C/ano entre 1969-2018 (Figura 6f), representando um aumento importante de 2,1 °C em 49 anos.

### 3.3 Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Amazonas

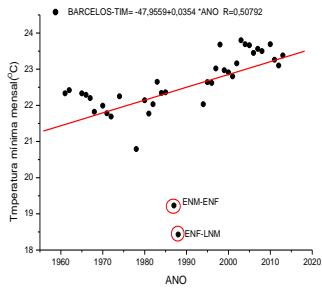
Para o estado de Amazonas (AM), foram obtidas as tendências para 11 EMC's (Tabela 13), sendo que nesse caso, não foram observados índices significativos ( $p < 0,1$ ) apenas para a estação de Tefé. Os índices TR20 e TNN foram os mais representativos no estado (4 EMC's cada). Os valores identificados com os asteriscos são aqueles que foram significativos a  $p < 0,1$ .

Tabela 13. Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de AMAZONAS-AM.

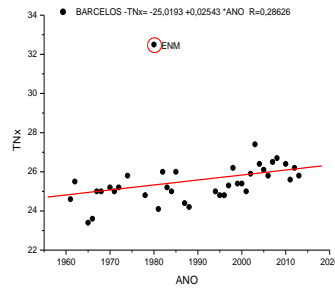
SIGLA	Barcelos	Benjamin Constant	Codajás	Eirunepé	Fonte Boa	Iauaretê	Itacoatiara	Lábrea	Manaus	São Gabriel da Cachoeira	Tefe
TMax	0,143	0	0,007*	0	0	0	0,004*	-	0,402	0	0
TMin	0,001*	0	0	0	0,005*	0,93	0	0,314	0,433	0,016*	0,434
SU25	0,911	0,412	0,244	0,167	0,65	0,002*	0,028*	-	0,091*	0,15	0,899
TR20	0,474	0,164	0,002*	0,001*	0,225	0,037*	0	0,432	0	0,001*	0,856
GSL	0,66	0,996	0,547	0,542	0,16	0,165	0,139	-	0,8	0,316	0,284
TXX	0,199	0	0,136	0,01*	0	0,001*	0,032*	-	0,774	0	0
TXN	0,561	0,266	0,173	0,644	0,019*	0,654	0,557	-	0,593	0,001*	0,262
TNX	0,081*	0	0,499	0	0,315	0,964	0	0,041*	0,254	0,31	0,582
TNN	0,188	0,035*	0,003*	0,007*	0,234	0,208	0	0,215	0,007*	0,915	0,924
DTR	0,096*	0,657	0,725	0,887	0	0	0,002*	-	0,894	0	0

Observou-se um aumento significativo das temperaturas máximas médias mensais (TMAX) ao longo dos anos nas EMC's de Codajás (Figura 7e) e Itacoatiara (Figura 7o), sendo que nesse caso, as duas estações apresentaram aumento nas temperaturas máximas de 0,044 °C/ano entre 1976-2018, perfazendo um aumento de 1,85 °C em 42 anos e 0,028 °C/ano entre 1961-2018, equivalendo a 1,60 °C em 57 anos consecutivos, respectivamente.

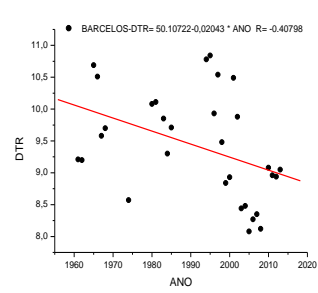
Considerando as tendências das temperaturas mínimas médias mensais, duas estações (Barcelos e Fonte Boa) apresentaram tendências significativas positivas (Figuras 7a±k), enquanto que a estação de São Gabriel da Cachoeira que apresentou tendência negativa (Figura 7v). em Barcelos e Fonte Boa, ocorreram aumentos de nas temperaturas mínimas médias mensais de 0,03 e de 0,015 °C/ano, em ambos os casos para o período de 1961-2018, gerando um aumento de 1,71 e 0,85 °C em 57 anos. Já para São Gabriel da Cachoeira, a temperatura mínima média diminuiu a -0,011 °C/ano, no mesmo período, perfazendo em uma redução estimada de -0,62 °C em 57 anos.



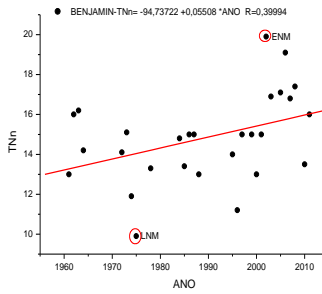
a) TMIN-BARCELOS



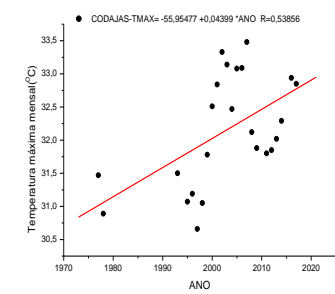
b) TNX-BARCELOS



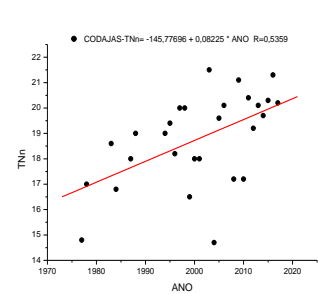
c) DTR-BARCELOS



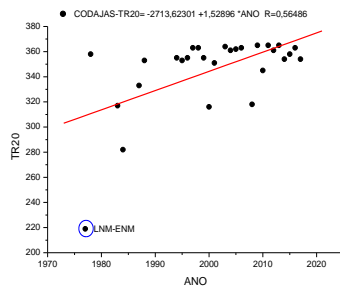
d) TNN-BENJAMIN-CONST



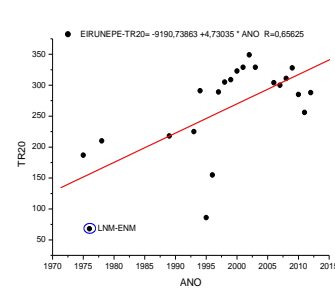
e) TMAX-CODAJAS



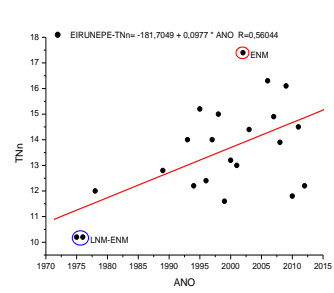
f) TNN-CODAJAS



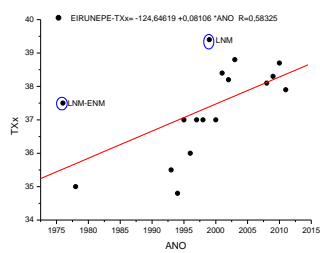
g) TR20 - CODAJAS



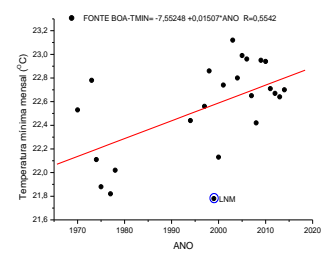
h) TR20-EIRUNEPE



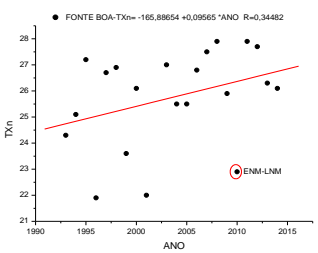
i) TNN-EIRUNEPE



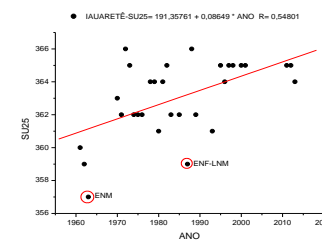
j) TXX-EIRUNEPE



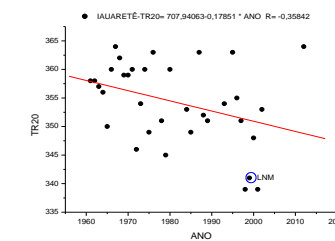
k) TMIN-FONTE BOA



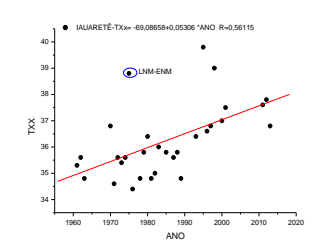
l) TXN-FONTE BOA



m) SU25-IAUARATÊ



n) TR20-IAUARATÊ



o) TXX-IAUARATÊ

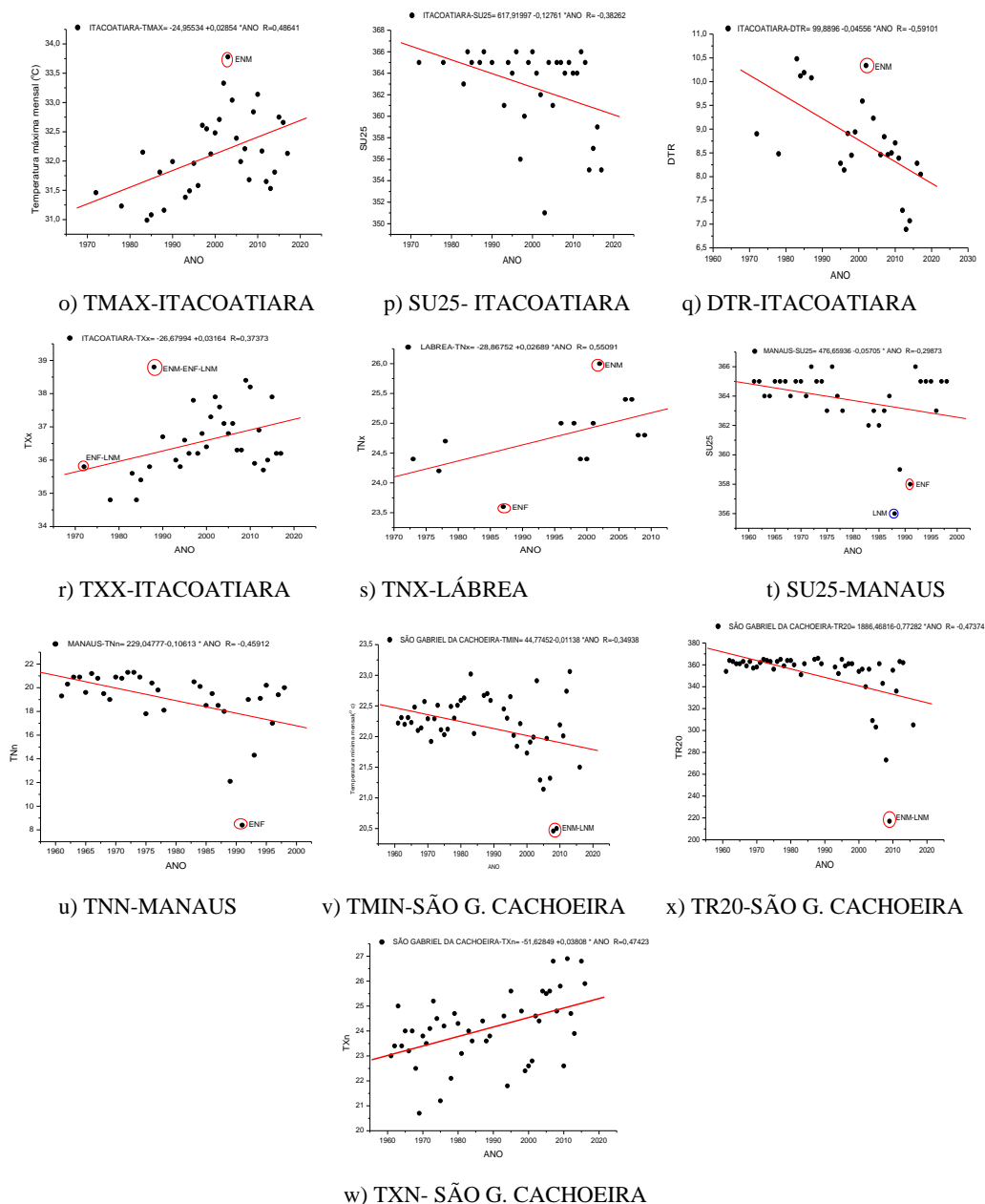


Figura 7 Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar nas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Amazonas. ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada.

Essas alterações observadas nas estações de Barcelos e Fonte Boa podem ser derivadas de não apenas fatores antropogênicos mas também naturais. Desde 1986-1989, foram constatados várias transições nos episódios dos anos de El Niño e La Niña tantas a intensidade fortes quantas moderas. O ano 1987-1988, foi conhecido como ano de El Niño a intensidade forte igual constata-se na figura(7 a) de Barcelos, este fenômeno foi responsável do aumento da temperatura das águas Superficiais no oceano Pacífico impactando boa parte do planeta. De



acordo com SOUZA & AZEVEDO (2012), aumentos nos índices de detecção de mudanças climáticas em Recife, foram observados tanto nas temperaturas máximas quanto nas mínimas, e foram decorrentes de fatores derivados de atividades humanas como indústrias, aumento da poluição urbana, queima de floresta, ilhas de calor nos grandes centros, crescimento urbano, mudança no uso do solo, dentre outros.

De acordo com CALDERON & BORSATO (2017), o fenômeno La Niña também é denominado “anti-El Niño”, ou seja, o oposto do El Niño, e seus efeitos também são, muitas vezes, o contrário daqueles causados pelo El Niño. Por isso, observou-se na figura 10v, a tendência negativa da temperatura mais acentuada na estação de São Gabriel da Cachoeira, associados pela transição do El Niño moderado (ENM) entre 2009-2010 para La Niña Moderada(LNM) entre 2010-2011.

Analisando-se tendências para os indicadores de SU25 (número de dias em um ano em que a  $TX > 25^{\circ}\text{C}$ ) e TR20 (número de dias em um ano em que a  $TN > 20^{\circ}\text{C}$ ), observou-se que três EMC's (Iauaretê, Itacoatiara e Manaus) apresentaram tendências significativas. Em Iauaretê, SU25 indica um aumento de 5 dias em 57 anos, indicando que em 2018, todos os dias do ano apresentam TX superior a  $25^{\circ}\text{C}$  (Figura 7m). Já para Itacoatiara e Manaus, observou-se uma redução de SU25, todavia, espera-se acima de 350 e 361 dias com TX superior a  $25^{\circ}\text{C}$  ao longo do ano (Figura 7p,t).

Destaques devem ser dados ao indicador TR20 (número de dias com  $TN > 20^{\circ}\text{C}$ ), visto que, para as estações de Codajas e Eirunepe (Figura 7g,h) houve um aumento de 64 e 208 dias ao longo do ano com TN superiores a  $20^{\circ}\text{C}$ , ou seja, as temperaturas noturnas aumentaram significativamente ao longo dos períodos avaliados. Enquanto que nas EMC's de Iauaretê e São Gabriel da Cachoeira (Figura 7n,x), foi registrada uma diminuição nas tendências do TR20 a taxas de -0,18 e -0,77 dias/ano, entre 1961-2018, perfazendo em uma redução a 10,1 e 44 dias em 57 anos, todavia, apresentando ainda acima de 320 dias do ano com TX superiores a  $20^{\circ}\text{C}$ .

Essas alterações observadas nas tendências desses indicadores (SU25 ,TR20) podem estar associadas a movimentações da massa de ar por convecção para locais próximos grandes superfícies de água livre, incluindo rios (como o Amazonas, Negro e Solimões) e os oceanos. Vários autores (BJERKNES, 1969; RASMUSSEN & CARPENTER, 1982; ROPELEWISK & HALPERT, 1996) já confirmaram que a Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nos oceanos tropicais Pacífico e Atlântico são as principais variáveis físicas influenciadoras das condições climáticas em várias áreas litorâneas e/ou que recebem massas de ar com trajetórias

oriundas dos oceanos em um curto intervalo de tempo (máximo diária), pois interferem na dinâmica regional de vapor d'água.

Considerando-se os índices de TXN, TXN, TNX, TNN, DTR, todos foram significativos e apresentaram tendências positivas para a maioria das estações meteorológicas convencionais avaliadas, exceto o TNN na estação de Manaus e a DTR em Barcelos e Itacoatiara.

### 3.4 Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Amapá

No estado de Amapá, foi avaliada uma única EMC denominada Macapá cujo os valores de suas tendências são apresentados na tabela 14. Constatou-se que, os índices que são associados a temperatura máxima e mínima diária SU25, TXX, TXN, TNX, TNN foram todos significativos indicando a presença de tendência para suas variações ao longo dos anos. Assim, observou-se as ondas de calor (WSDI) e de frio (CSDI) seguido da Amplitude Térmica (DTR) também apresentaram significância estatística a  $p < 0,10$ .

Tabela 14: Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar na estação meteorológica convencional do estado de AMAPÁ-AP.

Índice	Significância	Índice	Significância
TMax	0	TNN	0,001*
Tmin	0	TX10P	0
SU25	0,094*	TX90P	0
TR20	0,163	TN10P	0
GSL	0,877	TN90P	0
TXX	0,002*	WSDI	0,079*
TXN	0,015*	CSDI	0,006*
TNX	0,036*	DTR	0,011*

De acordo com a figura (8a), o índice de dias de verão (SU25) foi significativo e apresentou tendência de aumento a 0,06 dias/ano entre 1967-2018, indicando que nos últimos 51 anos, houve um aumento pelo menos de 3 dias com temperatura máxima diária superior a 25°C. Esse aumento observado na temperatura máxima, pode ser ligado na transição observada nas ocorrências do El Niño Forte para La Niña Moderada nos anos de 1972-1974.

De fato, os índices máxima de temperatura máxima (TXX) (Figura8b), mínimo de temperatura máxima (TXN) (figura8 c), máximo de temperatura mínima (TNX) (figura 8 d) e mínimo de temperatura mínima (TNN) (figura 8e), apresentaram todos valores de tendência de aumento de 0,055; 0,02; 0,022; 0,025 °C /ano respectivamente. Esses resultados indicam portanto um aumento de 2,8; 1,02; 1,12; 1,3 °C em 51 anos respectivamente. Esses resultados indicam tendência de aumento tanto para a temperatura máxima quanto para a temperatura mínima.

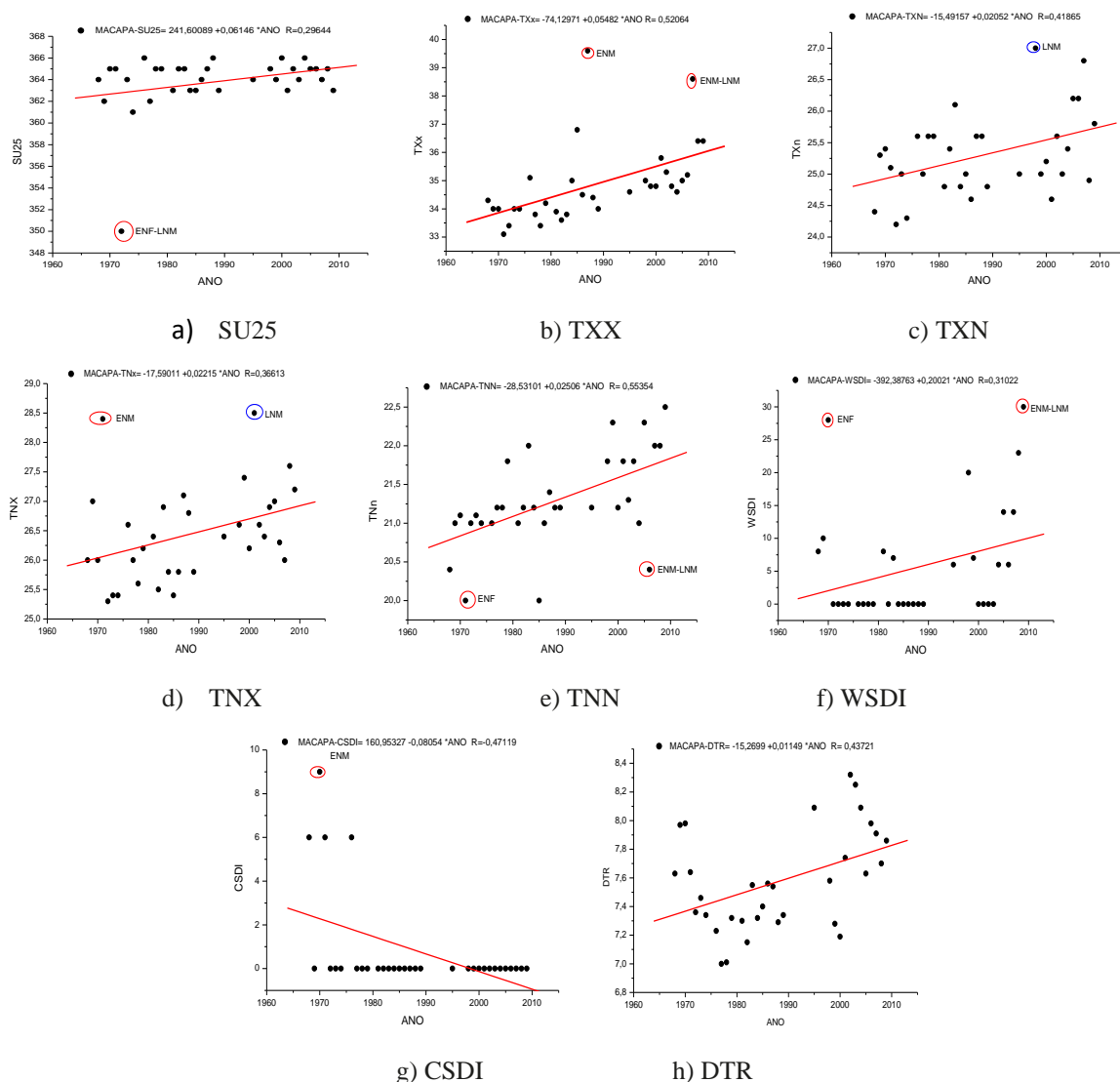


Figura 8: Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar nas estações meteorológicas convencionais (EMC's) em Macapá, no estado de Amapá. ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada.

Essas alterações observadas no aumento da temperatura máxima e mínima diária, de acordo com o IPCC (2014), podem ser o resultado da concentração de gases a efeito estufa na atmosfera Terrestre desde a Revolução Industrial atingido cada vez mais nas últimas décadas. Além disso, podem ser também as anomalias naturais registradas na TSM a partir do evento de ENOS. Percebe-se que, os índices apresentaram correlações com as anomalias da TSM de vários anos, dentre eles, as transições de 1972-1974 (ENF-LNM), 1986-1989 (ENM-ENF-LNM), os anos de 1999-2000 (LNM) e 1969-1970 (ENM). Essas últimas podem ter de graves consequências no clima como nas atividades agrícolas das regiões independente de suas

intensidades. Os efeitos de um ano do El Niño, costumam se formar grandes aglomerados de tempestades severas que podem levar a efeitos desastrosos, como quedas de granizo, ventanias, tornados e inundações rápidas entre outros (SILVA DIAS, 1999, 2011; SILVA DIAS et al., 2009)

Os índices de número de dias no ano com pelo menos 6 dias consecutivos quando  $TX > 90^{\text{th}}$  Percentil (WSDI) (figura 8f) e 6 dias consecutivos quando  $TN < 10^{\text{th}}$  percentil (CSDI) (figura 8g) apresentaram também tendências de aumento e diminuição respectivamente. Verifica-se um aumento nas ondas de calor a 0,2 dias/ano dando entre 1967-2018 pelo menos 10 dias consecutivos onde o máximo da Temperatura máxima (TX) foi superior a  $90^{\text{th}}$  percentil. Por consequência, foi registrada uma diminuição nas ondas de frios (CSDI) de -0,08 /ano equivalendo a -4 dias consecutivos onde o mínimo de temperatura mínima (TN) foi inferior a  $10^{\text{th}}$  percentil. Essas alterações podem ser vinculadas às transições de 2006-2008 (ENM-LNM), 2009-20011 (ENM-LNM) e no ano de 1969-1970 (ENM).

Em relação a Amplitude Térmica (DTR) (figura 8h), verifica-se uma tendência de aumento entre os valores de temperaturas máximas e mínimas. Observou-se um aumento de  $0,011^{\circ} \text{C/ano}$  equivalendo a  $0,56^{\circ} \text{C}$  em 51 anos. Essa diferença nas temperaturas pode ser explicada por além das consequências das mudanças climáticas globais mas também locais. Nesse caso, de acordo com ASSIS (2005), tanto em área tropical quanto temperada, a mudança climática local associada aos efeitos da produção de calor antropogênico, pode provocar a redução das taxas de resfriamento evaporativo e convectivo, em função da impermeabilização do solo, da diminuição da superfície coberta por vegetação e da redução da velocidade dos ventos pelo aumento da rugosidade superficial, o aumento nas temperaturas.

### **3.5 Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Pará**

Para o estado de Pará, foram avaliadas 15 EMC's, cujo o índice do mínimo de temperatura máxima diária (TXN) é o mais representativo do estado (10 EMC's) (Tabela 15). Identificou-se duas EMC's (Itaitubá e Marabá) com a presença de apenas um índice que foi significativo a  $p < 0,10$  para cada uma, o que permitiu que elas fossem as únicas a apresentar a menor quantidade de índices significativos.

Tabela 15: Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de PARÁ-PA.

Índice	Altamira	Belém	Beltera	Breves	Cametá	Conceição do Araguaia	Itaituba	Marabá
TMax	0	0,02*	0,036*	0,594	0	0,036*	0	0
TMin	0	0	0,013*	0	0	0	0	0
SU25	0,46	0,64	0,067*	0,268	0,482	0,007*	0,12	0,897
TR20	0,007*	0,007*	0,048*	0,001*	0,243	0	0	0
GSL	0,852	0,805	0,178	0,506	0,677	0,645	0,205	0,965
TXX	0	0,078*	0,518	0,563	0	0	0,704	0
TXN	0,061*	0,017*	0,001*	0,465	0,004*	0,304	0	0,016*
TNX	0	0,002*	0,83	0,226	0,059*	0	0	0
TNN	0,024*	0,002*	0,003*	0	0	0	0	0
DTR	0,001*	0,068*	0,378	0,003*	0,545	0	0,001*	0,189

Índice	Monte alegre	Óbidos	Porto de Moz	São Félix do Xingu	Soure	Tracuateua	Tucuruí
TMax	0	0,068*	0,484	0,001*	0,282	0	0,863
TMin	0,017*	0,007*	0	0,03*	0,022*	0,129	0
SU25	0,011*	0,635	0,763	0,943	0,408	0,328	0,302
TR20	0,007*	0,007*	0,006*	0,137	0,388	0,138	0,002*
GSL	0,841	0,287	0,755	0,841	0,42	0,874	0,641
TXX	0,867	0,002*	0,832	0	0,614	0,023*	0,363
TXN	0,001*	0,65	0,036*	0,235	0,05*	0,003*	0,061*
TNX	0,107	0,106	0	0,13	0,003*	0,1	0
TNN	0	0,001*	0,001*	0,106	0,189	0,105	0,002*
DTR	0,984	0,758	0,065*	0,208	0,083*	0,157	0,015*

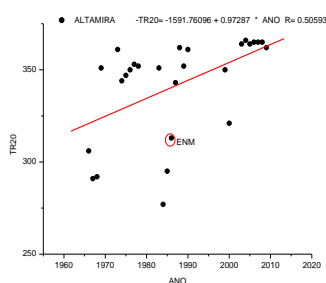
Baseando-se na Temperatura máxima média mensal (TMAX), ela foi significativa para cinco (5) EMC's respectivamente Belém , Beltera , Conceição do Araguaia , Óbidos, São Felix do Xingu . Ela apresentou tendência de aumento em 4 exceto a de Óbidos. Respectivamente, as EMC's de Belém, Beltera, Conceição do Araguaia, São Felix do Xingu apresentaram tendências de aumento a 0,014., 0,025., 0,024., 0,033 °C/ano representando um aumento de 0,8 °C entre 1961-2018 (Figura 9 e), 1,17 °C entre 1971-2018 (figura 9 l), 1,37 °C entre 1961-2018 (figura 9 v) e 1,52 °C entre 1972-2018 (figura 9 m1). Assim, a EMC de Óbidos foi decrescente a -0,021 °C/ano permitindo uma diminuição de -1 °C em 48 anos (1970-2018).

Além da TMAX, a Temperatura mínima média mensal (TMIN) apresentou significância para cinco (5) EMC's respectivamente Beltera, Monte Alegre, Óbidos, São Felix do Xingu e Soure. Os valores dos índices apresentaram tendências de aumento em todas essas EMC's a 0,054 °C (figura 9 m), 0,062 °C (figura 9 z), 0,078 (figura 9 e1), 0,073 °C (figura 9 n1), 0,019 °C (figura 9 o1) /ano respectivamente. Indicando um aumento a 2,54 °C em 47 anos., 2,73 °C em 44 anos., 3,74 °C em 48 anos., 3,35 °C em 46 anos., 1,08 °C em 57 anos.

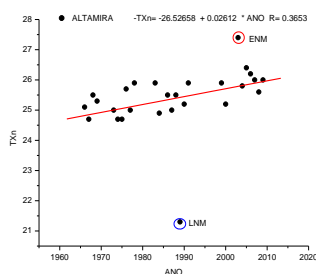
O Su25 (número de dias em um ano onde a  $TX > 25$  °C) apresentou valores significativos em três (3) EMC's respectivamente Beltera, Conceição do Araguaia, Monte alegre. Ele apresentou tendência de aumento a 23,5 dias em 47 anos (figura 9 n); 6,7 dias em 57 anos (figura 9 w); e

2,64 anos (figura9a1) respectivamente. Esses resultados indicam portanto um aumento na temperatura máxima diária provocando mais dias com temperatura máxima acima de 25 °C.

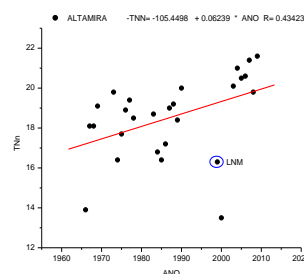
Baseando-se no índice de TR20 ( Número de dias em um ano em que a TN (Temperatura mínima diária) > 20 ° C), obsevou-se que ele foi significativo em oito (8) EMC's respectivamente Altamira, Belém, Beltera, Breves, Monte alegre, Óbidos, Porto de Moz, Tucuruí . Em todas essas EMC's, ele apresentou tendência de aumento respectivamente a 55,29 dias em 57 anos (figura 9a) ; 20,52 dias em 57 anos (figura 12f), 148 dias em 47 anos (figura 9 o), 141 dias em 50 anos (figura 9r), 32,12 dias em 44 anos (figura 9b1); 188,64 dias em 48 anos (figura 9f1) ; 80,3 dias em 55 anos (figura 9i1) ., 83,52 dias em 48 anos (figura 9u1). Esses resultados indicam portanto, a intensidade da frequência rápida do crescimento da temperatura mínima na região.



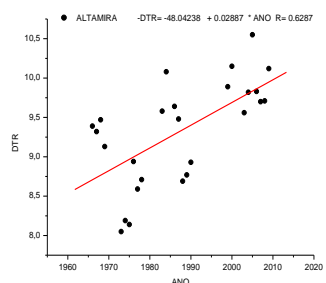
a) TR20-Altamira



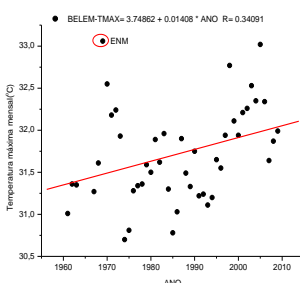
b) TXN-Altamira



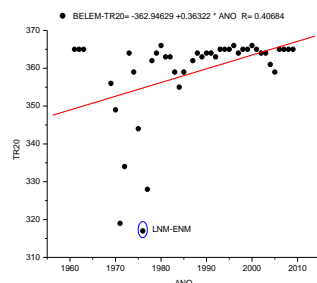
c) TNN-Altamira



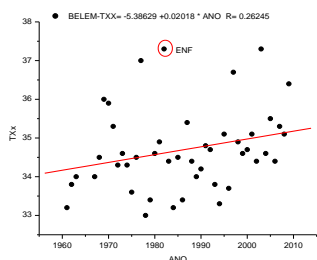
d) DTR-Altamira



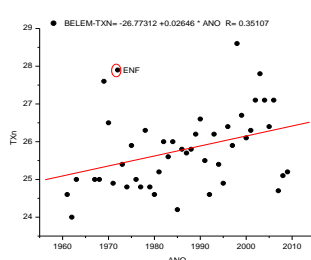
e) TMAX-Altamira



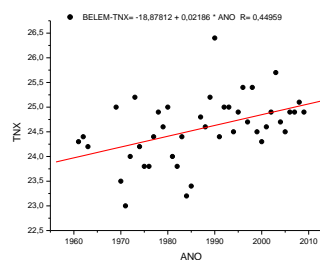
f) TR20-Belém



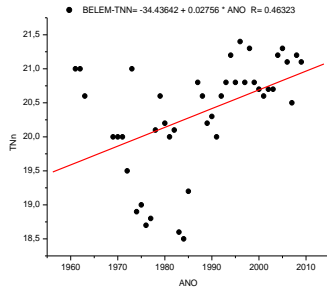
g) TXX-Belém



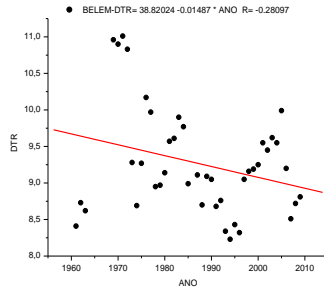
h) TXN-Belém



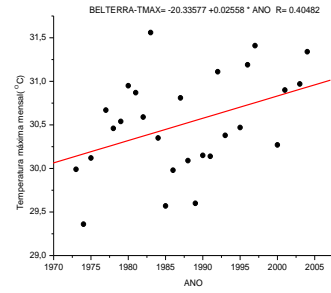
i) TNX-Belém



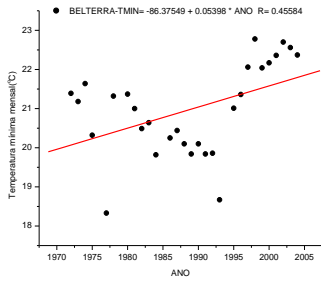
j) TNN-Belém



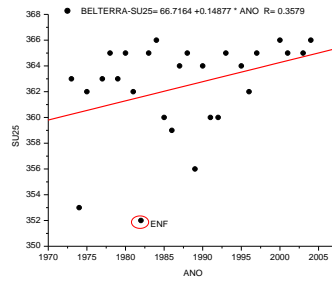
k) DTR-Belém



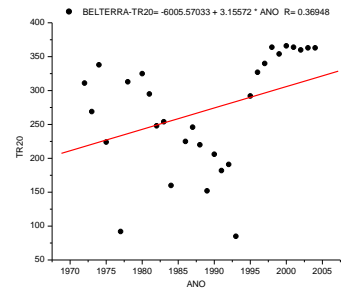
l) TMAX-Belterra



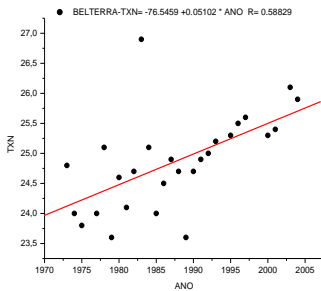
m) TMIN-Belterra



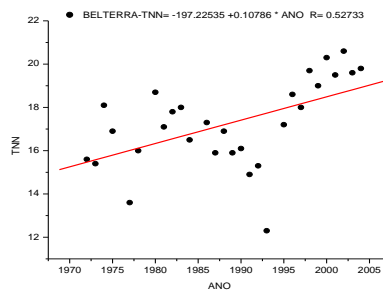
n) SU25-Belterra



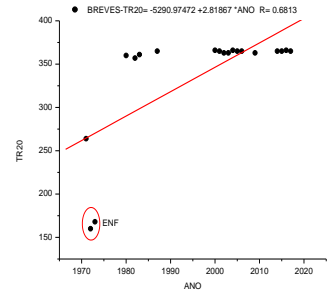
o) TR20-Belterra



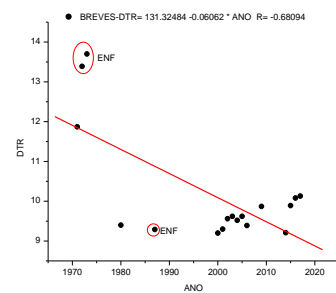
p) TXN-Belterra



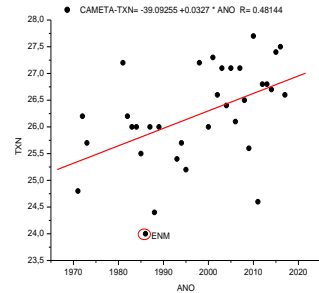
q) TNN-Belterra



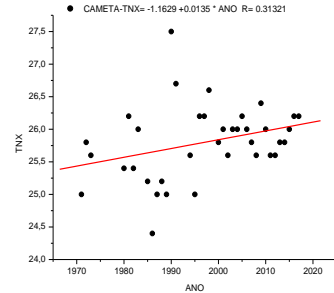
r) TR20-Breves



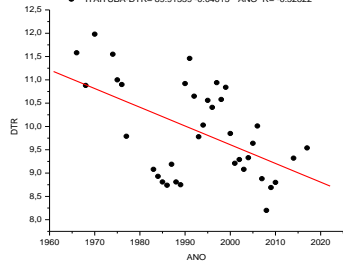
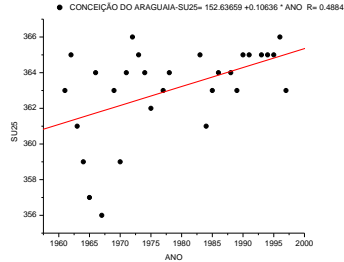
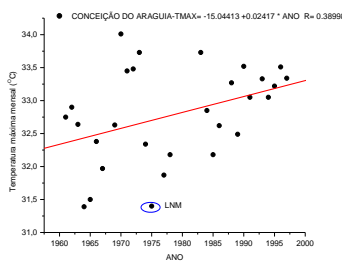
s) DTR-Breves



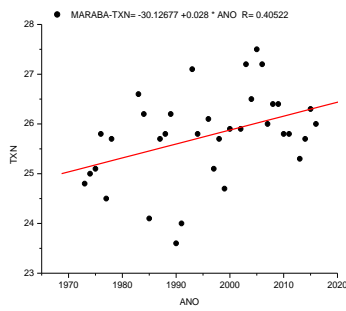
t) TXN-Cametá



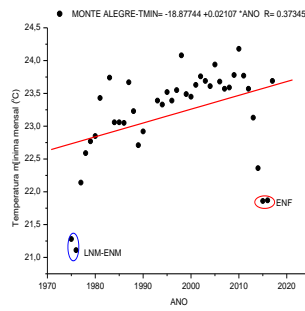
u) TNX-Cametá



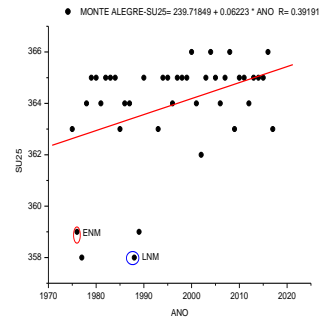
v) TMAX-Conc. Araguaia



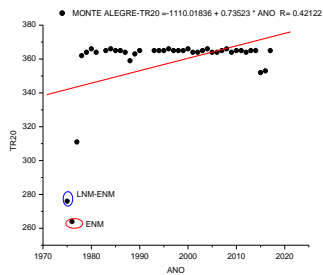
w) SU25- Conc. Araguaia



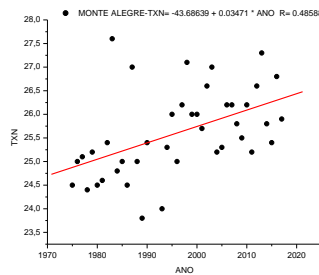
y) DTR-Itaituba



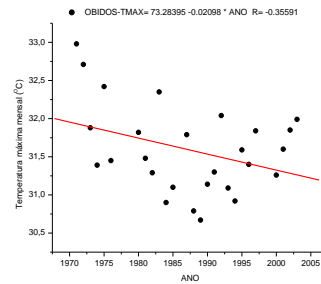
x) TXN-Marabá



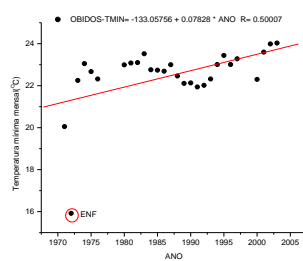
z) TMIN-Monte Alegre



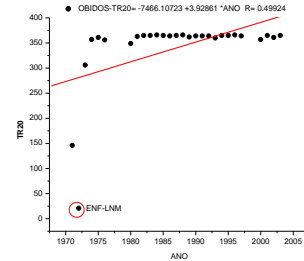
a1) SU25-Monte Alegre



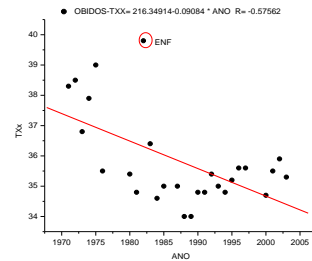
b1) TR20-Monte Alegre



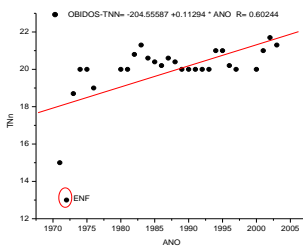
c1) TXN-Monte Alegre



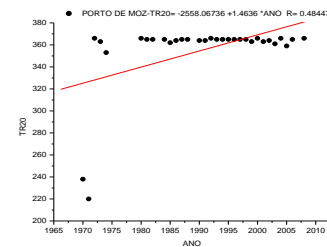
d1) TMAX-Óbidos



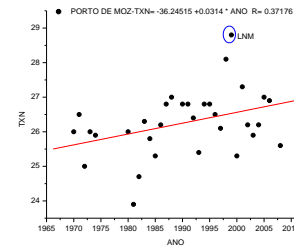
e1) TMIN- Óbidos



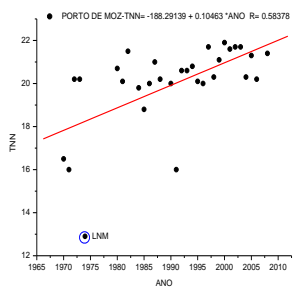
f1) TR20- Óbidos



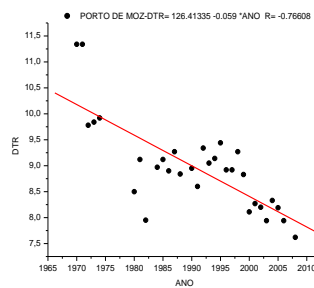
g1) TXX- Óbidos



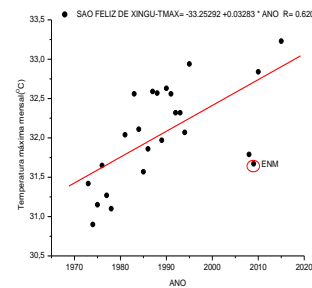
h1) TNN-Óbidos



i1) TR20-Porto de Moz



j1) TXN-Porto de Moz



k1) TNN-Porto de Moz

l1) DTR-Porto de Moz

m1) TMAX-São Felix Xingu



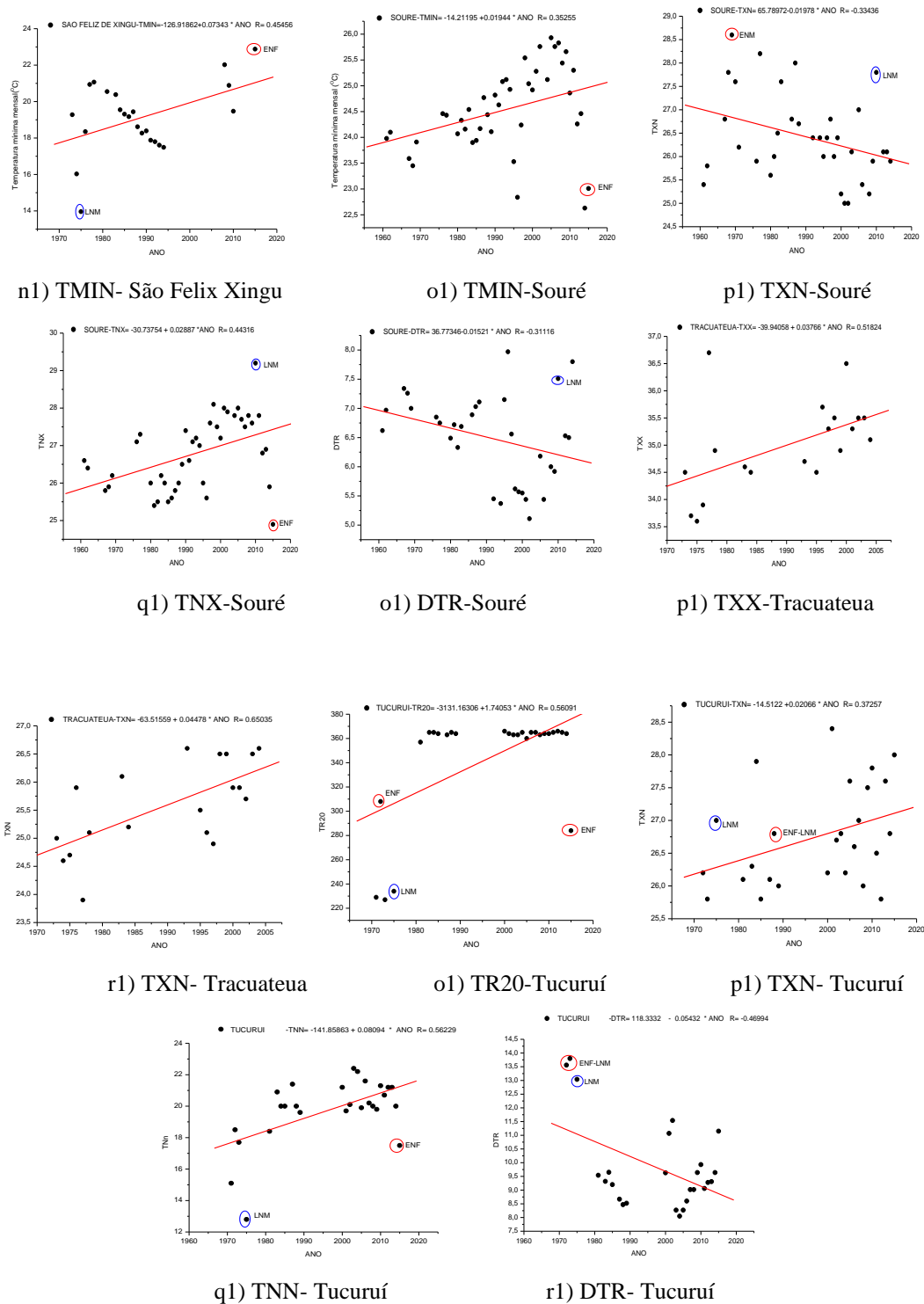


Figura 9: Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar nas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado do Pará . ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada.

Essas tendências de aumento observadas nas temperaturas máximas e mínimas na região estão de acordo com as projeções do IPCC(2013) que tem identificado que as temperaturas mínimas têm aumentado mais rápido do que as máximas. Nesse trabalho, isso pode explicar a

partir das anomalias registradas na TSM nos últimos anos de ocorrências de EN e LN. Observou-se maiores valores de aumento na TMIN do que a TMAX, igual observou-se as ocorrências dos episódios mais fortes nas tendências da TMIN nos anos de 1972/74, 1975/77, 2015/16 cujo maioria foi a intensidade Forte. Porém as ocorrências registradas na TMAX foram mais relacionadas a LNM cujo: 1964/65, 1975/76, 2009/2011. Esse resultado indica uma correlação de causa a efeito, quando aquece as águas do oceano pacífico, aumenta também a temperatura média. Esse resultado concorda com o encontrado por VINCENT et al.,(2005), que observaram um aumento nas noites quentes e uma diminuição das noites frias na América d Sul.

Também, as tendências positivas observou-se nos índices de SU25 e TR20 indicaram um aumento significativo tanto na TMAX quanto na TMIN, mas com mais significativo ainda no TR20. Essas tendências podem ser ligadas nas anomalias de TSM e algumas atividades específicas desenvolvidas na região. Dentro dessas EMC's, observou-se a ocorrência de vários anos de ocorrência do El Niño e La Niña incluso de várias transições a intensidades as mais severas. De acordo com ARAÚJO et al., (2013), os efeitos dos anos de El Niño e La Niña são diversos. Um ano de El Niño pode trazer de grande secas com ocorrência de incêndios florestais. Já no ano de La Niña, a região Sul experimenta chuvas abundantes, com ocorrência de enchentes e elevações nos níveis de temperatura.

Considerando esses índices que são associados a temperatura máxima e mínima diária( TXX, TXN, TNX, TNN, DTR), eles apresentaram significância para a maioria das EMC's do estado com tendência de aumento. Exceto as tendências do TXX na EMC de Óbidos, TXN em Soure. Para o indicador de DTR somente Altamira que apresentou tendência de aumento. Isso indica um aumento na temperatura mínima a uma taxa superior a máxima em quase todas as EMC's avaliadas. Observou-se, todos os índices apresentaram no mínimo um aumento de 1°C independente do período de tempo. O resulta desse trabalho concorda com os resultados encontrados por MELO (2017) onde verificou-se um aumento nos índices de temperatura máximas e mínimas na estação Bebedouro-PE.

Destaque no índices do mínimo de temperatura mínima (TNN), ele apresentou valores de significância para sete (7) EMC's cujas: Altamira (1961-2018), Belém (1961-2018), Beltera Óbidos, Porto de Moz e Tucuruí . Ele apresentou tendência de aumento para todas as estações respectivamente a 0,062/ano ( figura 9c); 0,027/ano (figura 9 j); 0,108/ano (figura 9 q); 0,113/ano (figura 9 h1); 0,105/ano (figura 9k1); 0,081 ° C /ano (figura 9w1) respectivamente. Esses resultados são correspondendo a um aumento de 3,53 ° C em 57 anos, 1,54 ° C em 57

anos, 5,07 ° C em 47 anos, 5,42 ° C em 48 anos, 5,8 ° C em 55 anos e 3,88 ° C em 48 anos respectivamente.

Essas variações nos índices podem ser de causas de anomalias registradas na TSM e também de algumas atividades desenvolvidas na região. Baseando-se nas últimas ocorrências do El Niño e La Niña (tabela 7) independente das intensidades, vários anos (1972/74 (ENM-LNM), 1975/76 (LNM), 1987/89 (ENF-LNM), 1999/2000 (LNM), 2009/2011 (ENM LNM), 2015/16 ( ENF) entre outros foram correlacionados aos índices. Tais resultados concordam com os resultados encontrados por ARAÚJO et al., (2014) que observaram , um aumento do valor máximo da temperatura máxima anual , diminuição dos dias gelados na região, noites mais quentes, diminuição dos dias frios entre outros a partir das correlações entre os índices e anomalias da TSM para a região do baixo rio Colorado.

Estas anomalias em fase positiva, igual observou-se na Amplitude Térmica (DTR) se correlacionaram com o índice negativo, o que evidencia que o aumento destas anomalias positivas diminui a diferença média mensal entre as temperaturas máximas e mínimas. Então, devido as várias transições observadas nas anomalias da TSM nas EMC's do Pará, evidenciou-se que, os extremos climáticos analisados para essa região podem ser explicados em grande parte por estas anomalias de TSM no Oceano Pacífico Equatorial.

Além desses fatores naturais que podem ser a base do aumento na temperatura máxima e mínima no estado, tem que também considerar-se os fatores devido aos atividades antrópicas. De acordo com os dados do LEMOS & SILVA (2011), Pará é o segundo estado da Amazônia Brasileira tendo apresentado maior taxa de desmatamento seja 221.276 km<sup>2</sup>. Segundo os dados do IBGE (2003), ele é um dos maiores produtores agrícolas da Amazônia Legal especialmente na cultura de soja, produção de bovina. Após do Maranhão , ele é o segundo estado que foi apresentado maior crescimento urbano desde a Constituição Federal de 1988.

Basenado-se nesses dados do estado no uso da cobertura do solo, no crescimento urbano, na produtividade agrícolas, é óbvio de pensar que boa parte desse aumento constatou-se na temperatura do ar esteja associada a estas atividades humanas. Nesse sentido devido a vários fatores de causas, TAO et al.,(2014) observaram um aumento nos índices de temperatura mínima na região do lago Poyang, China, NANDINTSETSEG et al; (2007) ainda encontraram a mesma tendências de aumento nas temperaturas médias máximas e mínimas, e também, na frequência de noites quentes, na área do Lago Hovsgol, na Mongólia.

### 3.6 Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Mato Grosso

Na tabela 16, estão apresentados os valores dos índices gerados por RCLIMDEX obtidos no estado de Mato Grosso. Obsevou-se que, a maioria dos índices que apresentaram significância estatística são aqueles que são associados a temperatura máxima e mínima diária. Obsevou-se que, os índices de dias de Verão (SU) e Mínimo de temperatura máxima (TXN) não apresentaram significância em nenhuma das EMC's avaliadas. Identificou-se, o Máximo de temperatura mínima (TNX) como o mais representativo no estado com significância em seis (6) das oito (8) EMC's avaliadas.

Os resultados obtidos nas tendências de valores da temperatura máxima média mensal (TMAX) e Mínimas apresentaram tendências positivas para as estações de Cáceres (figura 10b), Cuiabá (figura 10 f), Matupá (figura 10 l) e Canaraná (figura 10 a), Cuiabá (figura 13 g) e Nova Xavantina (figura 10 p) respectivamente. Sendo que de forma mais significativa nas EMC's de Matupá pela TMAX que apresentou um aumento a 0,04 °C /ano (figura 10 l) entre 1987-2018 perfazendo em um aumento de 1,24 °C em 31 anos, e Noxa Xavantina (figura 10 P) pela TMIN que apresentou um aumento de 0,057 °C/ano em Noxa Xavantina (figura 10 P), somando um aumento de 1,76 °C em 31 anos.

Tabela 16: Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de MATO GROSSO-MT.

SIGLA	Canarana	Cáceres	Cuiabá	Diamantino	Matupá	Nova Xavantina	Padre Ricardo Remetter	Poxoréo
Tmax	0,344	0,057*	0,005*	0	0,001*	0	0,668	0
Tmin	0,002 *	0,61	0,016*	0,808	0	0,018*	0,538	0
SU25	0,574	0,767	0,979	0,292	0,559	0,794	0,254	0,298
TR20	0,024 *	0,952	0,185	0,727	0	0,051*	0,574	0
GSL	0,47	0,774	0,998	0,53	0,078*	0,754	0,557	0,979
TXX	0,086 *	0,478	0,001*	0,003*	0,194	0	0,74	0
TXN	0,563	0,96	0,858	0,891	0,488	0,574	0,898	0,503
TNX	0,433	0,08 *	0,03*	0,017 *	0,002*	0,575	0,062*	0,014*
TNN	0,76	0,3	0,124	0,751	0,435	0,018*	0,131	0,038*
DTR	0,732	0,812	0,589	0	0,011*	0,087*	0,881	0,905

Essas tendências de aumento indicam pequenas variações tanto na temperatura máxima quanto na mínima. Essa pequena alteração observada na temperatura pode ser devido a certas atividades em escalala local que vem influenciado a temperatura média, especialmente no aumento populacional e com avançado de novas tecnologia que mudam o espaço.

O índice de Noites Tropicais (TR20) foi significativo para duas EMC's respectivamente Canarana e Nova Xavantina. Os resultados obtidos pra essas duas estações mostraram

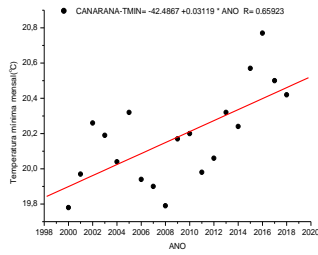
tendências de aumento a 1,27 dias/ano entre 1995-2018 e 1,72 dias/ano entre 1987-2018. A tendência dessas duas EMC's quer dizer que houve um aumento na frequência das noites quentes a mais de 39,56 dias em 23 anos (figura 10 B) e 53,32 dias em 31 anos (figura 10 Q) em que a temperatura mínima diária foi superior a 20 °C.

O índice de Comprimento das estações do ano (GSL) também apresentou significância estatística para Matupá com tendência de diminuição a -0,037 °C entre 1987-2018.

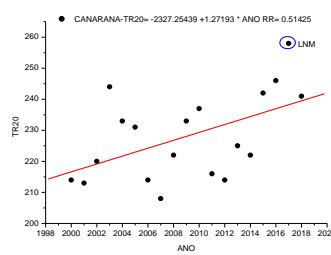
O índice máximo de temperatura máxima (TXX) foi significativo para três EMC's cujas Canarana, Cuiabá e Diamantino com tendência de aumento respectivamente a 0,073 °C/ano entre 1995-2018 (figura 10 C), 0,031 °C/ano entre 1961-2018 (figura 10 h) e 0,026 °C/ano entre 1961-2018 (figura 10 j). Indicando um aumento na temperatura mínima respectivamente a 1,68 °C em 23 anos, 1,76 °C e 1,48 °C em 57 anos.

Baseando-se no índice de máxima da temperatura mínima (TNX), ele foi significativo para seis EMC's do estado com tendência de aumento em 5 cujos Cáceres, Cuiabá, Diamantino, Matupá, Poxoréo exceto a de Padre Ricardo Remetter. Ele apresentou valores de tendência de aumento e de diminuição a 0,017 °C /ano entre 1961-2018 (figura 10e); 0,024 °C/ano entre 1961-2018 (figura 10i); 0,022 °C/ano entre 1961-2018 (figura 10 h); 0,066 °C/ano entre 1987-2018 (figura 10 n); 0,033 °C/ ano entre 1976-2018 (figura 10 v) e -0,049 °C /ano entre 1987-2018 respectivamente. Essas tendências indicam portanto respectivamente em períodos diferentes um aumento 0,97 °C ; 1,37 °C ; 1,25 °C em 57 anos; 2,04 °C em 31 anos; 1,39 °C em 42 anos e -1,5 °C em 31 anos respectivamente.

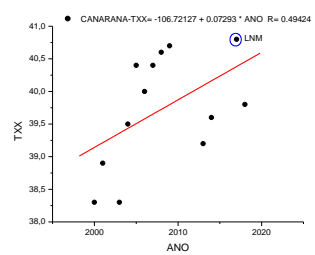
A significância obtida pelo índice de mínima de temperatura mínima (TNN) apresentou tendência de aumento em Nova Xavantina a 0,253 °C/ano entre 1987-2018 (figura 10 r) e Poxoréo 0,106 °C /ano entre 1976-2018 (figura 10 u). Em 31 e 42 anos respectivamente, o mínimo de temperatura mínima diária (TNN) foi aumentado a umas taxas de 7,84 °C e 4,45 °C. Assim, de seu lado, a Amplitude Térmica diária (DTR) apresentou significância estatística para as estações de Matupá e Noxa Xavantina com tendência de diminuição e aumento respectivamente a -0,06 °C /ano (figura 13 o) e 0,055 °C/ano (figura 13 S) entre 1987-2018. Verifica-se que, em os últimos 31 anos respectivamente, houve uma mudança no aumento dos valores da Amplitude Térmica diária a -1,86 °C e 1,7 °C.



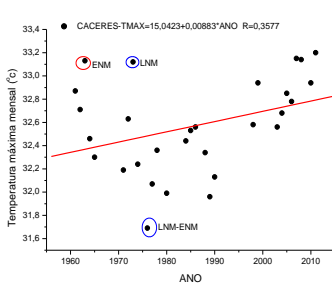
a) TMIN-Canarana



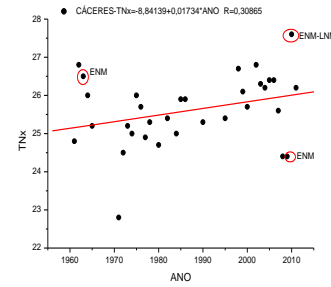
b) TR20-Canarana



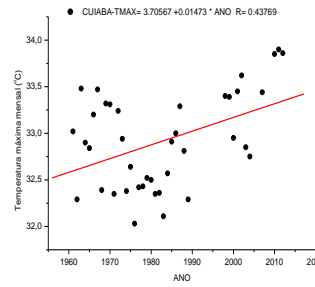
c) TXX-Canarana



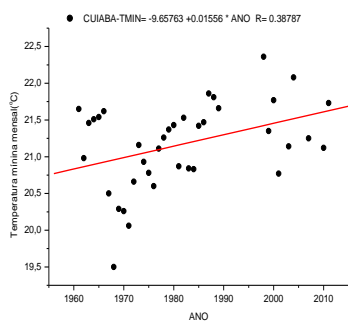
d) TMAX-Cáceres



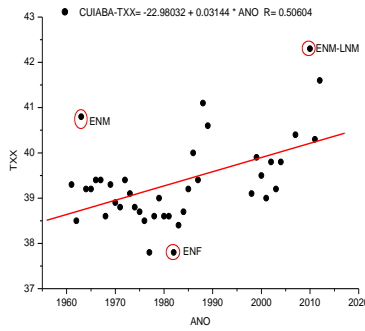
e) TNX-Cáceres



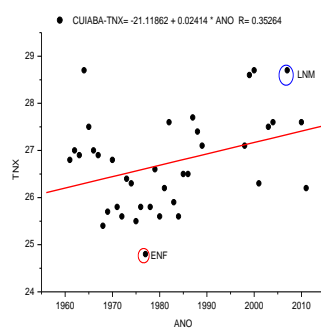
f) TMAX-Cuiabá



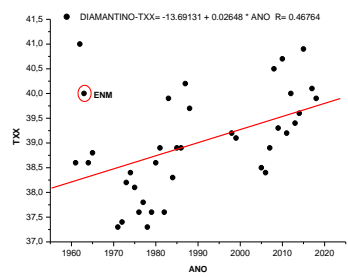
g) TMIN-Cuiabá



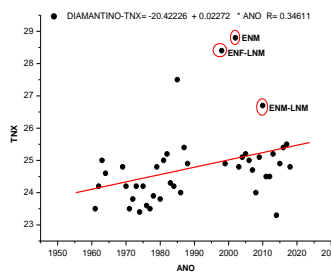
h) TXX-Cuiabá



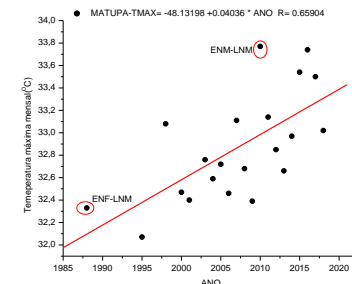
i) TNX-Cuiabá



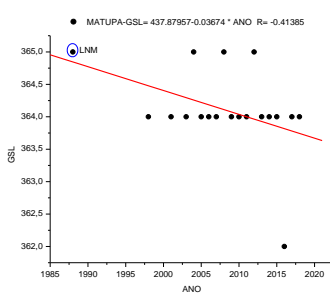
j) TXX-Diamantino



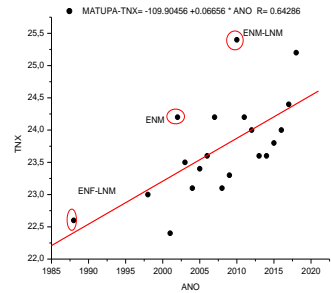
k) TNX-Diamantino



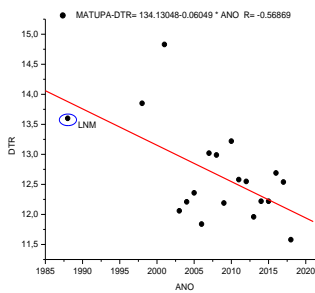
l) TMAX-Matupá



m) GSL-Matupá



n) TNX-Matupá



o) DTR-Matupá

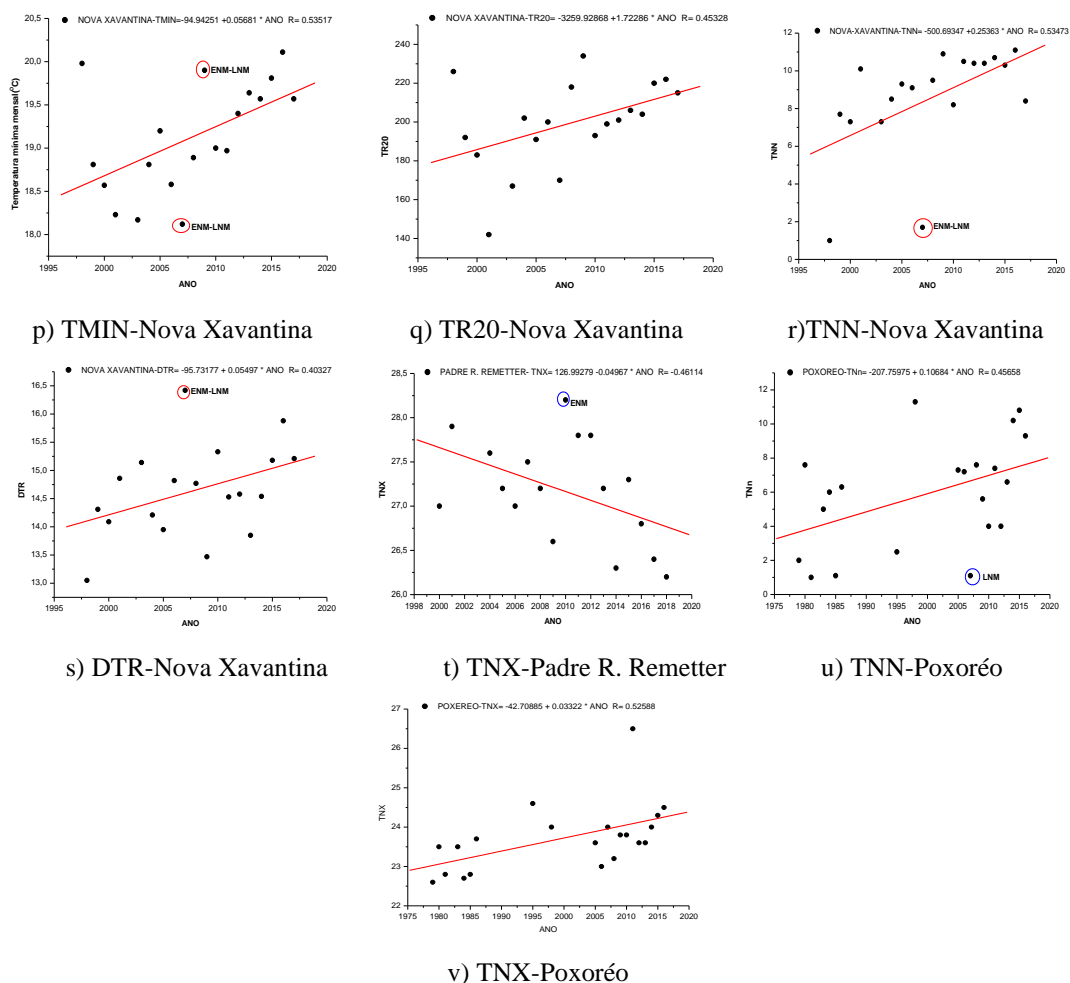


Figura 10: Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em duas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Mato Grosso-MT .ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada.

As alterações observadas nos índices de TXN, TNN, TNN, DTR podem ser relacionadas as mudanças climáticas locais, regionais nas ocorrências de anomalias da Temperatura Superficial do Mar (TSM) no oceano Pacífico. Esse resultado concorda com o resultado encontrado por SOUZA & AZEVEDO (2009) que observaram um aumento nos índices que são associados a temperatura máxima e mínima diária em Recife-PE relacionado as mudanças climáticas locais devido aos atividades humanas na região como transporte, urbanização, construções de prédios, asfaltos, indústrias entre outros.

Baseando-se na tabela 2 e figura 4 respectivamente, o estado de Mato Grosso era o terceiro estado da Amazônia tendo apresentado maior número de município desde a constituição de 1988-2000 e terceiro mais populoso entre 1872-2000. Também, de acordo com os dados do INPE(2004), entre 2001-2003, ele era o estado da Amazônia apresentado mais porcentagem de

áreas desmatadas seja 44%. Esses fatores de crescimento urbano, crescimento populacional, desmatamento mantêm um uso do solo mais rápido aumentando o fluxo de calor latendo e interferindo a precipitação na região. Por isso, muitos desses aumentos observados nas temperaturas, assim constatado no índice de mínima de temperatura mínima (TNN) em Nova Xavantina e Poxoréo podem ser as consequências das atividades humanas locais relacionados a asfalto, ilha de calor contribuindo na diminuição das áreas verdes levando mudanças na atmosfera local, modificando a temperatura do ar na região.

Concorda com DIAS (2014) dentre os fatores regionais responsáveis pela ocorrência de eventos extremos climáticos, o fenômeno El Niño- Oscilação Sul tem grande capacidade. Concorda com a Tabela 7, muitos anos das últimas ocorrências do fenômeno El Niño e La Niña de intensidade forte e moderada foram correlacionados com esses índices de temperatura máxima e mínima diária no MT. Verifica-se os anos de 1963-1964, 1972-1974, 1975-1977, 1982-1983, 2015-2018 foram entre outros os mais intensos nas anomalias da TSM. O que foi encontrado por CRUZ et al., (2019), que afirmaram com relação tanto às anomalias positivas quanto negativas da TSM do Oceano Pacífico, os mais intensos extremos climáticos observadas em Goiânia (GO) se associam com ocorrência do fenômeno El Niño- Oscilação Sul (ENOS).

Portanto, a partir das variações das tendências dos índices que apresentaram valores de tendências positivas em quase todas as EMC's do estado, podemos dizer que houve ocorrências de anomalias tanto na temperatura máxima quanto na mínima do estado de Mato Grosso. Tais resultados estão de acordo com os resultados encontrados por LUIZ SILVA et al., (2015) sobre as avaliações dos índices de extremos climáticos baseados na temperatura do ar no estado de Paraná, um aumento significativo generalizado nas temperaturas em quase todo o estado com um crescimento mais rápido observado nas tendências da temperatura mínima.

### **3.7 Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Maranhão-MA**

Estão apresentados na tabela 17, os valores de doze (12) EMC's avaliadas no estado de Maranhão. Obsevou-se, a maioria dos índices apresentaram significância estatística no estado. O mínimo de temperatura máxima diária (TXN) 7 EMC's sendo o mais representativo no estado. Percebe-se que pelo menos um índice foi significativo em cada EMC avaliada. Porém, os índices de TX10P, TX90P, TN10P, TN90P apresentaram significância estatística para apenas Alto Parnaíba, nas outras EMC's, suas tendências não foram geradas pelo Rclimdex.



Tabela 17: Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de MARANHÃO-MA.

Índice	Alto Parn.	Bacabal	Balsas	Barra do Corda	Carolina	Caxias
TMax	0,002*	0,009*	0	0	0	0
TMin	0,012*	0,096*	0,014*	0	0	0
SU25	0,203	0,48	0,757	0	0	0,151
TR20	0,028*	0,63	0,038*	0,002*	0	0
GSL	0,906	0,806	0,183	0,896	0,055*	0,839
TXX	0,003*	0,009*	0	0	0	0
TXN	0,182	0,026*	0	0,001*	0,002*	0,182
TNX	0,763	0,093*	0,77	0,028*	0	0
TNN	0,668	0,293	0,001*	0	0	0
TX10P	0,004*	0,579	0	0,538	-	0,878
TX90P	0,022*	0,73	0,286	0,728	-	0,67
TN10P	0,034*	0,289	0,776	0,261	-	0,349
TN90P	0,013*	0,143	0,825	0,549	-	-
WSDI	0,207	1	0,783	0,146	0,994	0,025*
CSDI	0,025*	0,86	0,758	0,617	0,82	0,006*
DTR	0,126	0,913	0,383	0,744	0,973	0,011*
	Chapadinha	Colinas	Imperatriz	São Luís	Turialvo	Zedoca
TMax	0	0	0	0,049*	0	0,037*
TMin	0	0,003*	0	0,084*	0,024*	0,444
SU25	0,102	0,051*	0,393	0,014*	0,512	0,015*
TR20	0	0,018*	0	0,437	0,332	0,95
GSL	0,641	0,667	0,947	0,842	0,707	0,662
TXX	0	0	0	0,15	0,096*	0,548
TXN	0,003*	0,002*	0,002*	0,877	0,058*	0,65
TNX	0,76	0,034*	0	0,196	0,168	0,648
TNN	0,029*	0,598	0	0,523	0,296	0,35
TX10P	0,216	0	0,742	-	-	0,569
TX90P	0,925	0,547	0,394	0,216	0,824	0,728
TN10P	0,391	0,425	0,692	-	0,831	0,195
TN90P	0,902	0,876	0,717	0,952	0,659	0,16
WSDI	0,734	0,208	0,461	0,701	0,638	0,313
CSDI	0,787	0,414	0,703	0,583	0,445	0,229
DTR	0,576	0,465	0,937	0,324	0,727	0,263

Baseando-se na Temperatura máxima e mínima média mensal (TMAX. TMIN) do estado, observou-se que, elas apresentaram significâncias estatística em quase todo o estado com tendências de aumento. Observou-se um aumento mais rápido nas tendências da TMAX do que a TMIN. Nas EMC's de Alto Parnaíba, Bacabal, São Luis e Zedoca, respectivamente, a TMAX aumento a 0,05 °C/ano(1976-2018)(figura 11 a); 0,058 °C/ano (1976-2018)(figura 11 j); 0,042 °C /ano (1961-2018)(figura 11f1) e 0,026 °C /ano (1975-2018)(figura 11 l). Indicando um aumento média a 2,1 °C em 42 anos, 2,43 °C em 42 anos, 2,4 °C em 57 anos e 1,1 °C em 43 anos respectivamente. Porém nas tendências da TMIN, os maiores valores de aumento apresentaram apenas em Bacabal e São Luis respectivamente a 2,93 °C em 42 anos (11 l) e 1,45 °C em 57 anos (figura 11g1).

Essas tendências positivas observadas na TMAX e TMIN, querem dizer um aumento considerável foi registrado tanto na temperatura máxima quanto na mínima no estado. Esse aumento gera os dias, noites mais quentes diminuindo a precipitação a favor do aquecimento. De acordo com LEMOS & SILVA (2011), Maranhão é o quarto estado da Amazônia Legal mais desmatado até o ano de 2009. A extração dessas árvores facilitou a concentração de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera, o que gera de grande consequências não apenas no clima do estado, mas também na vida das populações.

Além disso, deve levar em conta as últimas ocorrências registradas nas anomalias da TSM que podem ser também na base dessas alterações. Obsevou-se muitas correlações entre as variações da TMAX e TMIN com os anos de ocorrências do EL Niño e La Niña principalmente a intensidade forte. Uma das causas podendo explicar os maiores valores de aumento observada na temperatura máxima média pode ser as ocorrências dos anos de El Niño a intensidade Forte de 1982-1983., 1987-1988, 1997-1998, 2015-2016 conhecidos como os mais perigosos da história. SATYAMURTY & OLIVEIRA (2014) caracterizaram o episódio de 97/98 de muito intenso. Eles afirmaram que, o inverno de 1997 esteve com temperaturas acima da média sobre a região Sudeste do Brasil e parte da Região Sul, principalmente no Paraná. As anomalias de temperatura estiveram entre 1 e 4°C acima da média.

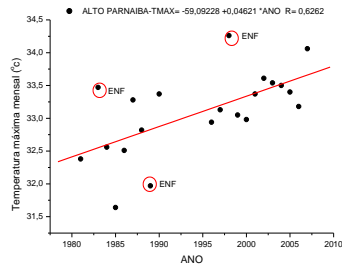
Também, quase os mesmos cenários foram repetidos para a TMIN inclusive de várias transições entre o ENF, ENM. Tais resultados são muito consistentes com os que foram encontrados por NATIVIDADE et al., (2017) que observaram tendência de aumento de dias e noites mais quentes indicando uma tendência de aquecimento no estado de Minas Gerais (MG) como um todo.

Os indicadores de número de dias em um ano em que a TX (temperatura máxima diária) > 25°C (SU25) e número de dias em um ano em que a TN (Temperatura mínima diária) > 20 °C (TR20) apresentaram significância estatística em 7 EMC's. Para o SU25, ele apresentou tendências de aumento nas EMC's de Colinas, São Luis e Zedoca respectivamente a 4 dias em 42 anos., 17 dias em 57 anos e 2,15 dias em 43 com temperatura máxima acima do 25° C (figura 11 z, h1, m1). Porém, o TR20 de seu lado apresentou valores mais significativos ainda nas EMC's de; Alto Parnaíba, Balsas, Barra do Corda, Colinas a 46,2 dias em 42 anos; 33,75 dias em 45 anos; 87,78 dias em 57 anos e 28,1 dias em 42 anos (figura 11 b, p, r, b1) respectivamente. Esses resultados mostraram que, nos últimos 40 anos, houve de grandes variações nas noites quentes com crescimento nos dias em que a temperatura mínima foi superior a 20°C.

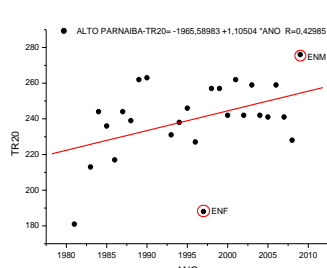
O índice de comprimento das estações do ano (GSL), ele apresentou significância estatística para a EMC de Carolina com tendência de aumento a  $0,031\text{ }^{\circ}\text{C}$  entre 1961-2018 perfazendo em um aumento a  $1,76\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 57 anos. Esse resultado indica uma variação na duração de crescimento térmico que mostraria anomalias nas estações de primavera e outono nas latitudes mais altas.

Esses índices que são associados a temperatura máxima e mínima diária (TXN, TXN, TNN, TNN, DTR) são todos apresentaram significâncias estatísticas e tendências positivas em quase todo o estado. O índice máximo da temperatura máxima (TXX), aumentou a  $0,058\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ano}$  (1976-2018) em Alto Parnaíba (figura 11d) e  $0,062\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ano}$  (1976-2018) em Bacabal (figura 11m) somando um aumento respectivamente a  $2,44\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 42 anos;  $2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 42 anos. Sendo mais representativo no estado, o índice do mínimo de temperatura máxima (TXN) está aumentando mais rápido com valores mais significativos. Observou-se uma tendência de aumento respectivamente nas EMC's de Bacabal a  $2,22\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 42 anos (figura 11k), Barra do Corda a  $2,44\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 57 anos (figura 11s), Carolina a  $1,48\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 57 anos (figura 11v), Chapadinha a  $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 42 anos (figura 11x), Colinas a  $2,05\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 42 anos (figura 11c1), Imperatriz a  $1,65\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 57 anos (figura 11e1) e Turiacu a  $1,02\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 57 anos (figura 11k1). Assim, o índice do mínimo de temperatura máxima (TNX) mostrou tendência de aumento na EMC de Bacabal a  $0,052\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{ano}$  (1976-2018) (figura 11 o) perfazendo em um aumento a  $2,18\text{ }^{\circ}\text{C}$  em 42 anos.

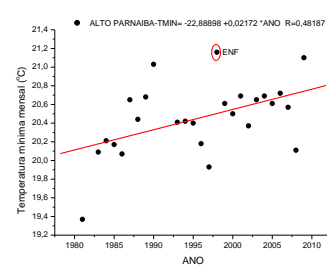
As tendências de aumento observadas nesses índices (TXN, TXN, TNX, TNN, DTR), podem ser decorrentes nas anomalias de TSM entre os anos de: 1982-1983 (ENF), 1997-1998 (ENF), 1979-1980 (ENM), 1986-1989 (ENM-ENF-LNM), 2002-2003 (ENM). Observou-se que, ocorreram maior ocorrência do EN sobretudo episódios de 1982-1983; 1987-1988; 1997-1998 que se consideram como uns dos maiores da história. Isso indica mais aquecimento das águas do oceano pacífico do que resfriamento. Esses fenômenos são capazes de aumentar o fluxo de calor e de vapor d'água do oceano Pacífico, provocando mudança na atmosfera, na precipitação e nas condições meteorológicas e climáticas em escala regional e global (SALINI, 2011). Assim, essas alterações podem ser o resultado de algumas mudanças climáticas antropogênicas baseadas no uso do solo da região levando esse aquecimento. De acordo com o IPCC (2007), o aquecimento derivado pelo homem pode reduzir a captura de dióxido de carbono na atmosfera já esse ciclo de carbono aumentou o aquecimento médio global em 2010 a mais de  $1^{\circ}\text{C}$ .



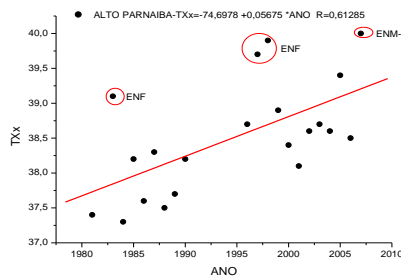
a) TMAX-Alto Parnaíba



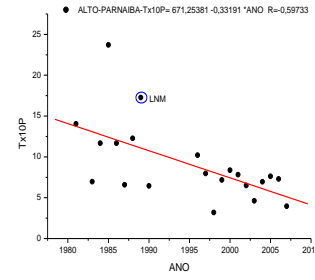
b) TR20-Alto Parnaíba



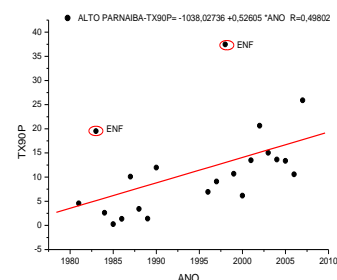
c) TMIN- Alto Parnaíba



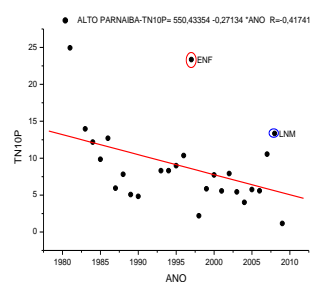
d) TXX-Alto Parnaíba



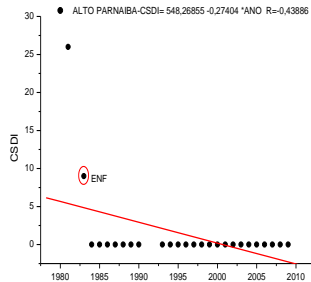
e) Tx10P-Alto Parnaíba



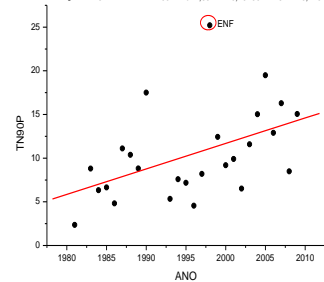
f) Tx90P- Alto Parnaíba



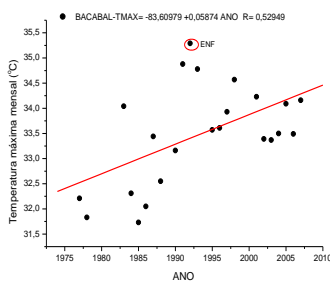
g) TN10P-Alto Parnaíba



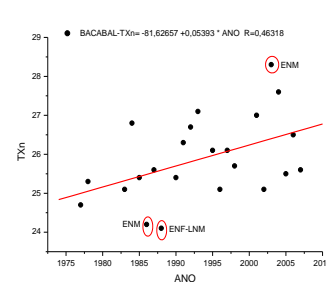
h) CSDI-Alto Parnaíba



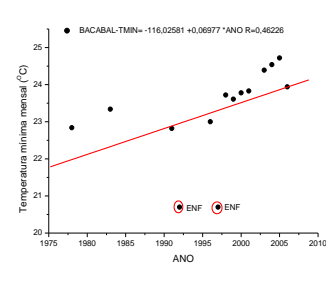
i) TN90P- Alto Parnaíba



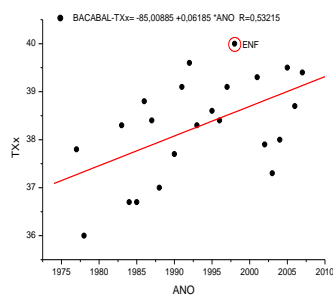
j) TMAX-Bacabal



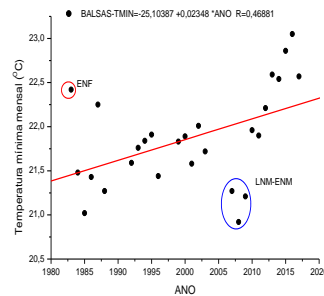
k) TXN-Bacabal



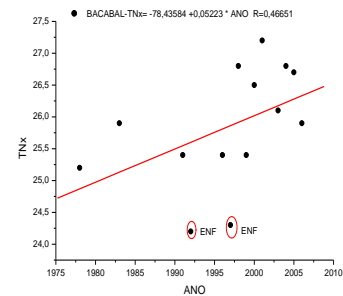
l) TMIN-Bacabal



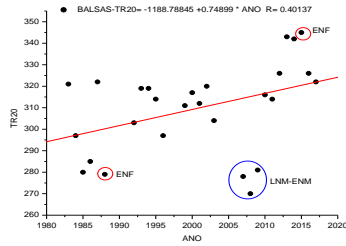
m) TXX-Bacabal



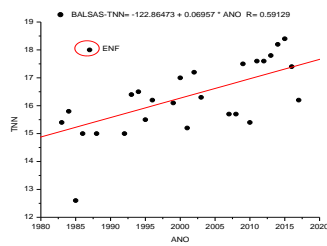
n) TMIN-Balsas



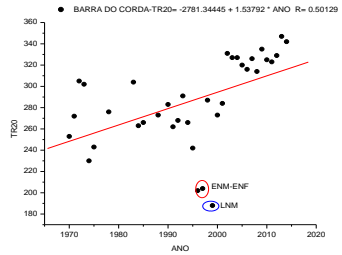
o) TNX-Bacabal



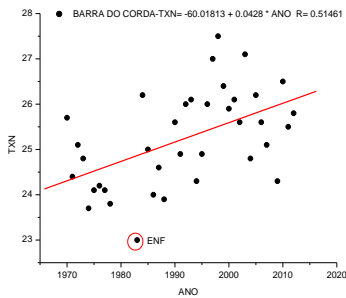
p) TR20-Balsas



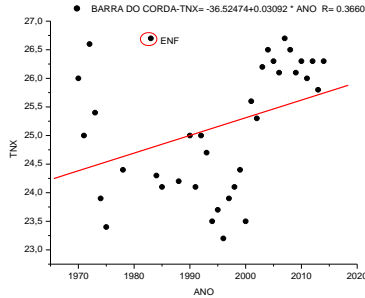
q) TNN-Balsas



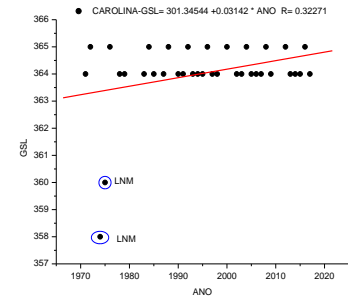
r) TR20-Barra do Corda



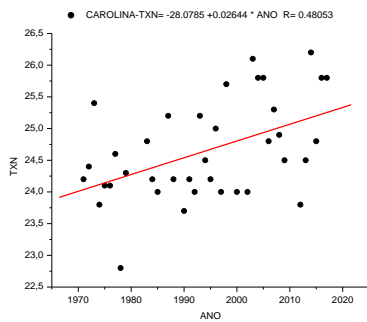
s) TXN-Barra do Corda



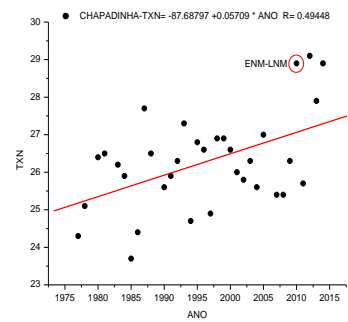
t) TNX-Barra do Corda



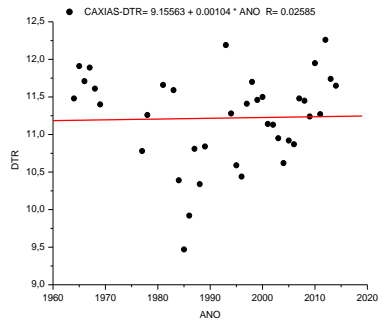
u) GSL-Carolina



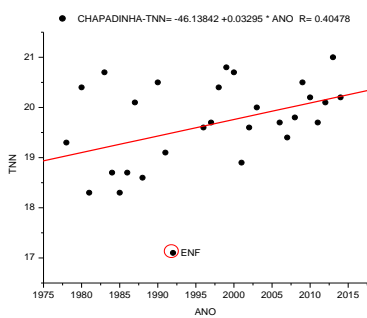
v) TXN-Carolina



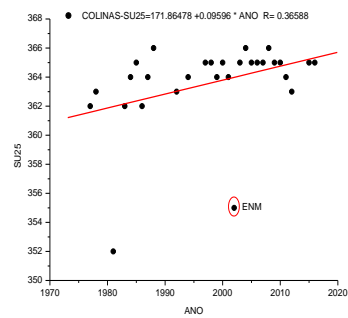
w) TXN-Chapadina



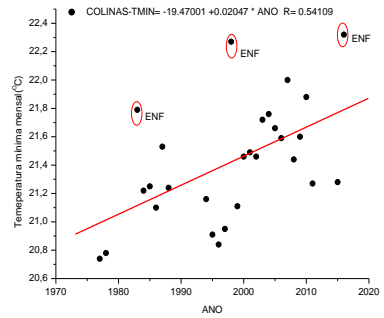
x) DTR-Caxias



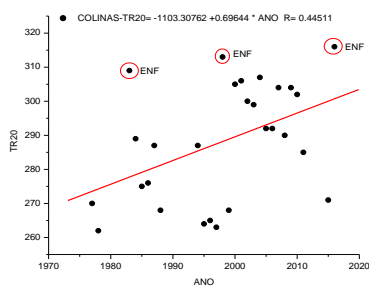
y) TNN-Chapadina



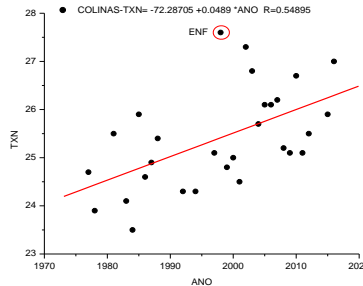
z) SU25-Colinas



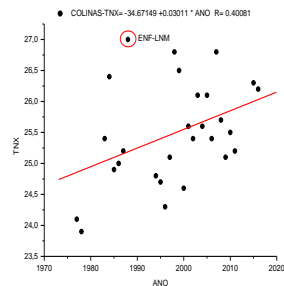
a1) TMIN-Colinas



b1) TR20-Colinas



c1) TXN-Colinas



d1) TNX-Colinas

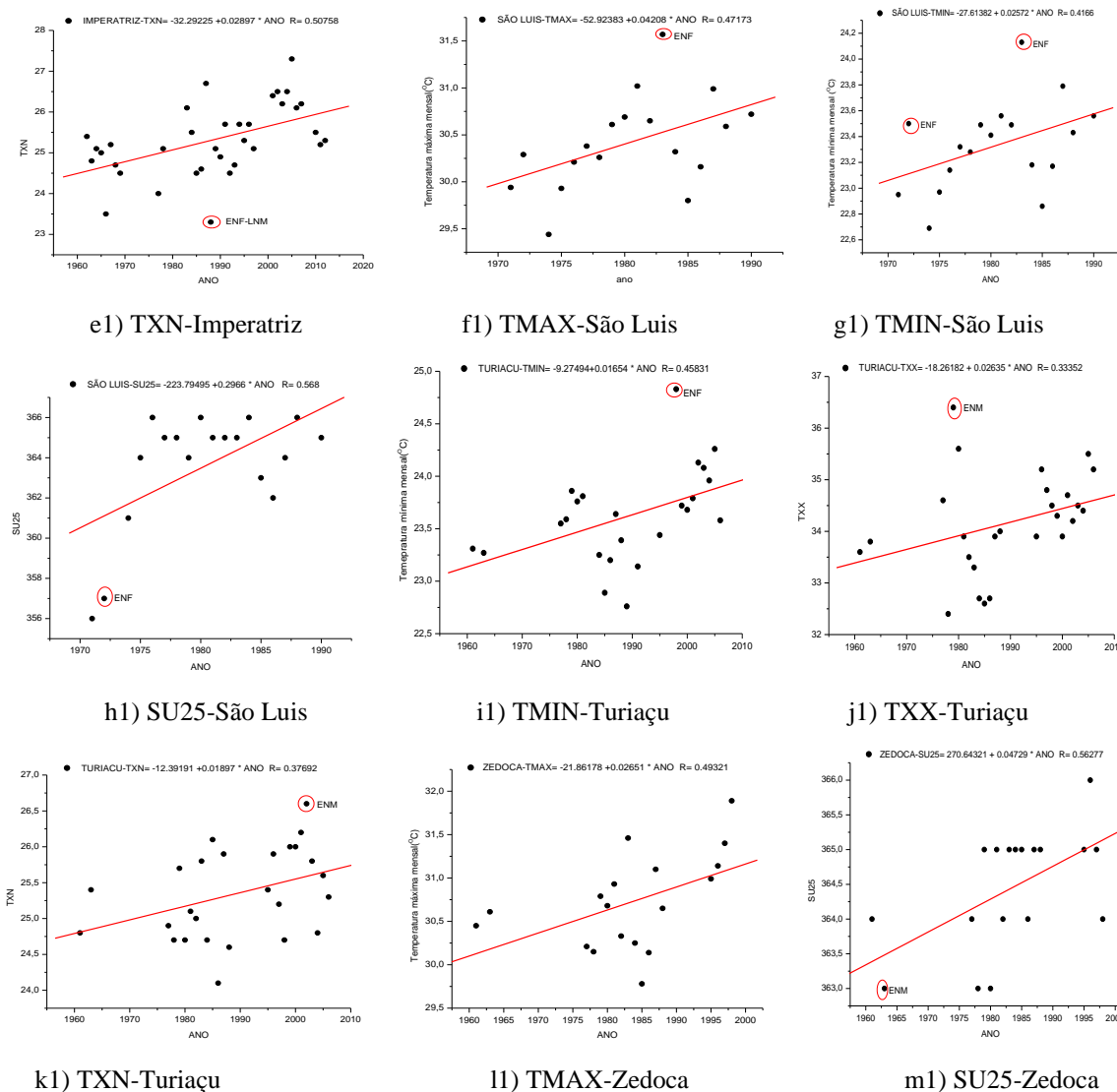


Figura 11: Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em duas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Maranhão-MA .ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada.

Os indicadores de dias frios (TX10P), noites frias (TN10P) apresentaram significâncias estatísticas para Alto Parnaíba. A partir do aumento constatado tanto nas temperaturas máximas e mínimas, bem como nos dias e noites quentes, espera-se a uma diminuição de dias e noites frios. Devido às tendências dos dias frios (TX10P) e das noites frias (TN10P), verifica-se uma diminuição respectivamente a -0,33 dias/ano (figura 11e) e -0,271 dias/ano (figura 11g).

Os indicadores de dias quentes (TX90P) e noites quentes (TN90P) que apresentam as porcentagens de dias no ano em que as temperaturas máximas e mínimas, respectivamente, ficam acima do percentil 90, são mostrados nas figuras ( 11f ; 11i) respectivamente. Esse resultado concorda com o do FRICH et al., (2002) que confirmaram que a frequência dos

extremos de temperatura mínima quente (TN90P) aumentou geralmente em todo o mundo. Assim, concordam com as tendências dos índices de SU25 e TR20 citados acima, também, eles apresentaram significâncias estatísticas para Alto Parnaíba com tendência de aumento a 0,53 dias/ano e 0,29 dias/ano respectivamente. Indicando que um aumento em média a 22 e 12 noites quentes em torno de 42 anos.

Analisando-se o índice de ondas de frios (CSDI), ele apresentou significância estatística para Alto Parnaíba com tendência de diminuição a -0,27 dias/ano (figura 11 h). Nessa estação, ocorreu uma diminuição nas ondas frias a mais de 11 dias em 42 anos a favor das ondas de calor.

Percebe-se que, os índices de TX10P, TX90P, TN10P, TN90P, eles apresentaram correlação aos anomalias registradas na TSM do Oceano Pacífico. Os anos de ENF (1982-1983, 1997-1998), LNM (2007-2008) indicam portanto o aumento nas porcentagens dos dias e noites quentes na região. Tais resultados são em perfeito acordo com os encontrados por MELO (2017) que observou correlações positivas entre os índices de dias, noites quentes indicando um aumento nas porcentagens de dias e noites mais quentes da região de Sobradinho-Bahia. O que não foi diferente no estudo realizado por LUIZ SILVA et al., (2015) que encontraram as mesmas tendências de aumento nas porcentagens dos dias e noites mais quentes e diminuição dos dias e noites mais frios a partir de dados de 20 estações meteorológicas de IAPAR avaliados no período de 1976-2010 no estado de Paraná.

### **3.8 Índices climáticos derivados da temperatura do ar no estado de Tocantins-TO**

Os indicadores dos índices estão apresentados na tabela 18. Observou-se a a EMC de Araguaína apresentou maior número de significância (9 índices) contra a da Taguatinga apenas 2 índices. Verificou-se que, os índices do Máximo de Temperatura máxima (TXx), noites frias (TN10P), noites quentes (TN90P), o comprimento das estações do ano (GSL) não apresentaram significância para nenhuma das EMC's avaliadas no Estado. O que indica a ausência de suas tendências no estado ao longo dos anos. Também, observou-se somente Araguaína que apresentou significância para a Temperatura máxima média mensal (TMAX) e a mínima (TMIN). O Mínimo de temperatura máxima (TXN) é o índice o mais representativo no estado, com significância estatística para as 4 EMC's avaliadas no estado.

Tabela 18: Análise de significância ( $p < 0,10$ ) de índices de extremos climáticos derivados da temperatura do ar nas estações meteorológicas convencionais do estado de TOCANTINS-TO

<b>SIGLA</b>	<b>Araguaína</b>	<b>Pedro Afonso</b>	<b>Peixe</b>	<b>Taguatinga</b>
TMax	0,002*	0	0	0
TMin	0,086*	0	0	0
SU25	0,001*	0,022*	0,213	0,04*
TR20	-	0	0,001*	0
GSL	0,112	0,518	0,737	0,185
TXX	0	0	0	0
TXN	0,002*	0,016*	0,049*	0,082*
TNX	0,086*	0	0	0
TNN	0,086*	0,275	0,081*	0
TX10P	0,054*	0	0,001*	-
TX90P	0,01*	0	0,004*	-
TN10P	-	0	0	-
TN90P	-	0	0	-
WSDI	0,031*	0,053*	0,138	-
CSDI	-	0,01*	0,085*	-
DTR	0,002*	0,05*	0,175	0,848

As temperaturas máximas e mínimas médias mensais (TMAX e TMIN) apresentaram significâncias estatísticas para a EMC de Araguaína com tendências de aumento respectivamente a 0,002 e 0,02°C/ano (figura 12 a ± b) entre 1980-2018. Esses aumentos podem ser vinculados na extração das áreas verdes, a circulação de veículos, mudanças nas construções ect. Tais resultados estão associados com o trabalho de VASCONCELOS & ZAMPARONI (2011) que observaram maiores valores na média da temperatura do ar e menores na umidade relativa do ar quando a Estação meteorológica está instalada próximo das áreas de circulação de veículos, de avenidas asfaltadas.

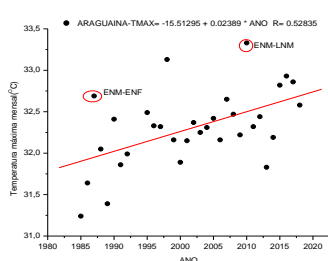
Os indicadores de SU25 (Número de dias em um ano em que a TX (temperatura máxima diária) > 25°C) e TR20 (Número de dias em um ano em que a TN (Temperatura mínima diária) > 20 °C apresentaram significâncias estatísticas para Araguaína, Pedro Afonso, Taguatinga e Peixe respectivamente. As figuras (12c, k,v) apresentam as tendências de SU25 a 0,15 dias/ano entre 1980-2018., 0,12 dias/ano entre 1977-2018., 0,09 dias/ano entre 1961-2018 e a figura 12 p apresenta a tendência para Peixe a 1,28 dias/ano entre 1975-2018. Esses valores indicam um aumento gradualmente nos dias e noites quentes no estado com resultado mais significativo ainda para o TR20 que registrou um aumento de 55 noites quentes a mais em 43 anos na EMC de Peixe.

A partir dessas tendências, obsevou-se que tanto na temperatura máxima quanto na mínima, assim bém como nos dias e noites quentes, o sinal de algumas alterações extremos na temperatura do ar do estado de Tocantins. De acordo com MOLION (2005), a partir de 1977, as anomalias voltaram a apresentar tendência positiva, com um aumento de +0,32°C, atribuído à intensificação do efeito-estufa pelas atividades humanas. Portanto, há evidência que essas

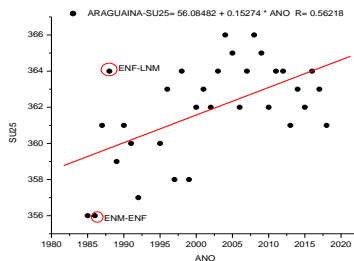


alterações se associam aos avanços tecnológicos, a indústria, uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural), agricultura intensiva e tantas outras atividades humanas que podem prejudicar a circulação atmosférica.

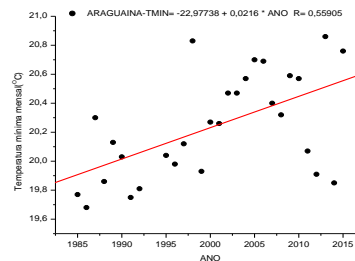
Além desses fatores causadores, pode-se basear nas anomalias da TSM registradas nos anos de ocorrências de EN e LN. Verifica-se algumas transições entre o ENF e ENM de 1987-1989; o ENM de 2002-2003; ENF de 1972-1973, transição entre 2006-2008, esses últimos de acordo com ALEXANDER et al., (2002) têm a capacidade de afetar severamente a circulação atmosférica tropical, os ecossistemas, a frequência de intensidade dos eventos extremos climáticos. Então, pode-se dizer que grandes partes dessas variabilidades na temperatura do ar no estado são associada a esses eventos.



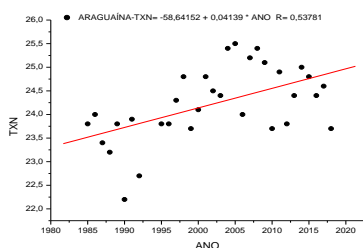
a) TMAX-Araguaína



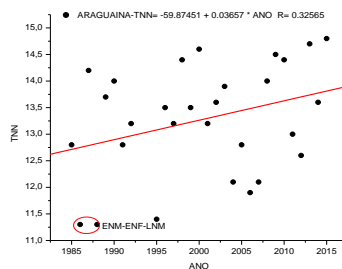
b) SU25-Araguaína



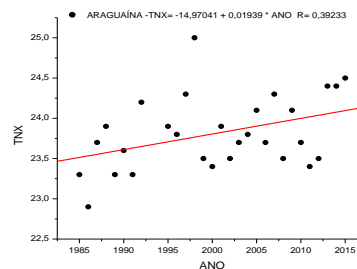
c) TMIN-Araguaína



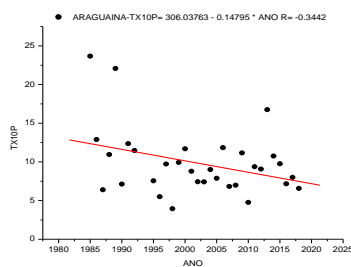
d) TXN-Araguaína



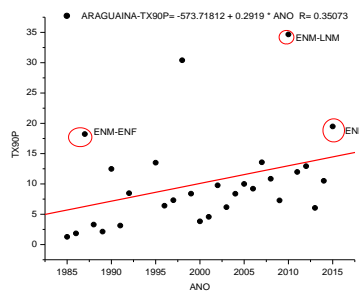
e) TNN-Araguaína



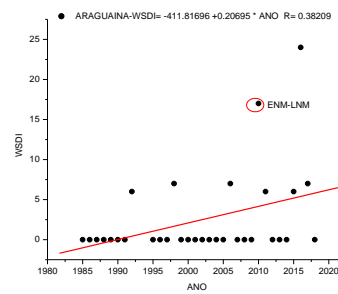
f) TNX-Araguaína



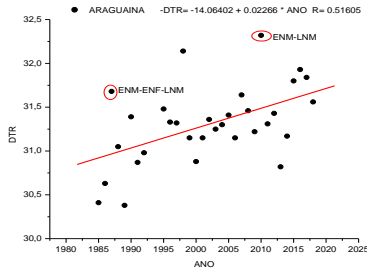
g) TX10P-Araguaína



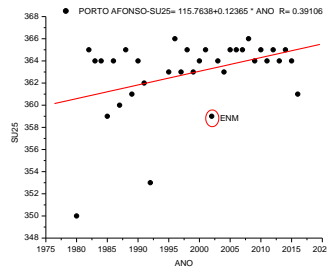
h) TX90P-Araguaína



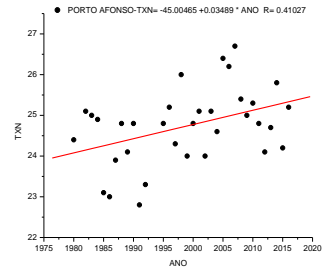
i) WSDI-Araguaína



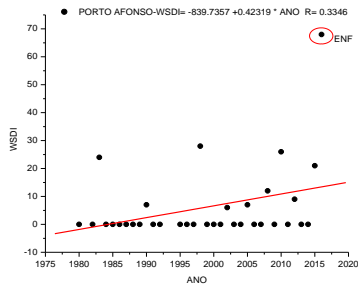
j) DTR-Araguaína



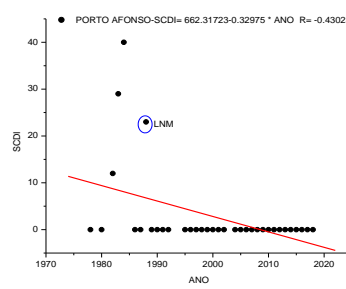
k) SU25-Porto Afonso



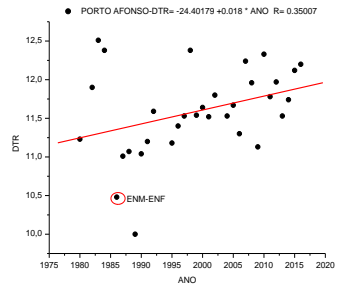
l) TXN-Porto Afonso



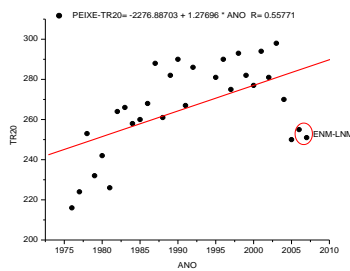
m) WSDI-Porto Afonso



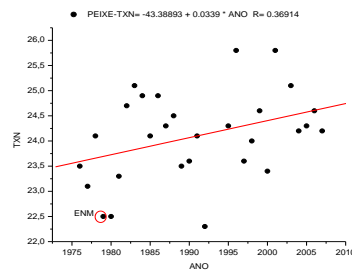
n) SCDI-Porto Afonso



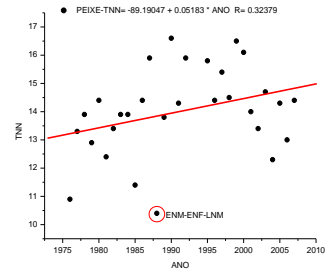
o) DTR-Porto Afonso



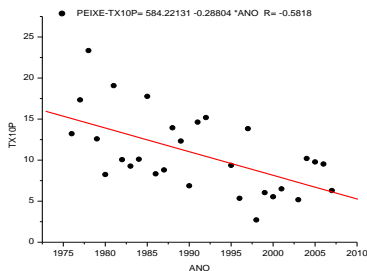
p) TR20-Peixe



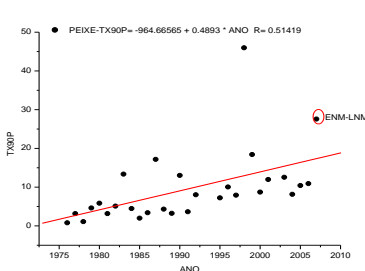
q) TXN-Peixe



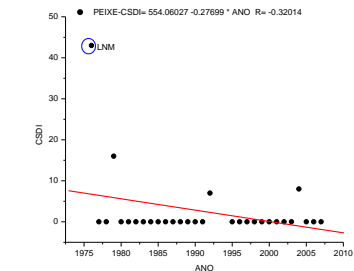
r) TNN-Peixe



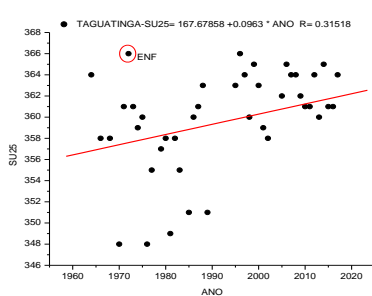
p) TX10P-Peixe



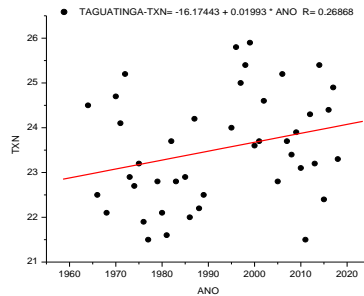
q) TX90P-Peixe



r) CSDI-Peixe



s) SU25-Taguatinga



t) TXN-Taguatinga

Figura 12: Variabilidade temporal de índices climáticos de temperatura máxima e mínima do ar em duas estações meteorológicas convencionais (EMC's) no estado de Tocantins-TO . ENF=El Niño Forte, ENM=El Niño Moderado, LNF=La Niña Forte, LNM=La Niña Moderada.

Os indicadores do Mínimo de temperatura máxima (TXN), Mínimo de temperatura máxima (TNX), Mínimo de temperatura mínima (TNN), Amplitude Térmica (DTR) apresentaram significância estatísticas em grande parte do Estado. Para o TXN, as tendências mostraram aumento a 0,04 °C/ano em Araguaína (figura 12 d); 0,03 °C/ano em Pedro Afonso (figura 12l); 0,03 °C/ano em Peixe (figura 12q) e 0,02 °C/ano em Taguatinga (figura 12w). Indicando um aumento respectivamente a 1,52 °C em 38 anos, 1, 23 °C em 41 anos; 1,29 °C em 43 anos e 1,14 °C em 57 anos. O TNX de seu lado, apresentou uma elevação a 0,02 °C/ano para Araguaína (figura 12 e), perfazendo em um aumento de 0,76 °C em 38 anos. Baseando-se no indicador de TNN, ele apresentou tendência positiva para Araguaína a 0,04 °C/ano (figura 12f) e Peixe a 0,05 °C/ano (figura 12r). O que indica um aumento a 1,52 °C em 38 anos e 2,15 °C em 43 anos. Assim, o DTR apresentou tendência de aumento em Araguaína a 0,02 °C/ano (figura 12 j) e em Padre Afonso a 0,02 °C/ano (figura 12 O). Passando a uma mudança na temperatura entre a temperatura máxima e a mínima a 0,76 °C em 38 anos e 0,82 °C em 41 anos respectivamente.

Obsevou-se a partir das tendências desses índices de TXN, TNX, TNN, DTR, a ocorrência de um aumento respectivamente nas temperaturas máximas e mínimas diárias na região. Isso pode ser devido a concentração massiva de gás a efeito estufa na atmosfera derivada aos atividades humanas. Com foco no crescimento demográfico e urbano, ruas pavimentadas, a interação humana nas cidades, o fluxo da população em algumas costeiras, a antropização, a construção anárquica derivada às vezes ao êxodo rural habilitado, além disso para criar ilhas de calor sem perceber comprometendo grandes impactos não apenas climáticos mas também socioeconômicos.

Sabendo que, as mudanças no uso do solo são grandes causadores de diferentes impactos ambientais e socioeconômicos. Voltando-se nas tabelas 4 e 3 anteriormente respectivamente, no estado de Tocantins, no ano de 2000, suas principais atividades econômicas foram agropecuárias, comércios, extrativismo vegetais, minerais e pesca. A população urbana do estado do Estado em 2010 era duas vezes maior do que a rural ou seja 71 % urbana. Isso quer dizer uma ocupação urbana bem importante no sentido de concentração, o que de acordo com OLIVEIRA et al., (2017) pode provocar o desmatamento em favor da construção civil, criação de novas ruas asfaltadas, adensamento de casas facilitando a criação de ilha de calor podendo alterar a temperatura no nível local.

Tem que levar em conta também a presença de anomalias da TSM observadas ao longo dos anos pelos fenômenos de EL Niño-EN e La Niña-LN. As tendências desses indicadores

podem ser associadas aos anos de 1979-1980 (ENM); as grandes transições de 1986-1989; 2009-2011 entre anos de EN e LN . Essas transições explicam de fato, quando caiu o EN já entrou o LN e vice e versa.

Analisando as tendências dos indicadores de dias frios (TX10P) e dias quentes (TX90P) , percebe-se que, tendência de declino e aumento respectivamente. Os dias frios (TX10P) diminuíram a 0,15 dias/ano em Araguaína (figura 12g), 0,29 dias/ano em Peixe (figura 15t). Indicando uma diminuição na porcentagem dos dias frios na região em favor de dias mais quentes. Assim, o dias quentes (TX90P) apresentou tendência crescente a 0,29 dias/ano em Araguaína (figura 12 h) e 0,49 dias/ano em Peixe (figura 12t). Mantendo-se um aumento nas porcentagens dos dias quentes na região. Esse aumento nos dias quentes (TX90P) pode ser vinculado ao aumento na TSM nas transições entre o EN e LN de 2006-2008 (ENM-LNM), 1986-1989 ( ENM-LNM); 2009-2011 (ENM-LNM); 2015-2016 ( ENF).

Os índices de ondas de calor (WSDI) e ondas de frios (CSDI) respectivamente apresentaram significâncias estatísticas significativas em 4 EMC's. O WSDI apresentou tendências positivas a 0,29 dias/ano em Araguaína (figura 12 I) e 0,42dias/ano em (Pedro Afonso (figura 12m). Porém, as ondas de frio (CSDI) diminuíram a -0,33 dias/ano em Pedro Afonso (figura 12 n) e -0,28 dias/ano em Peixe (figura 12u).

Em relação as ondas frias (CSDI), verificou-se uma diminuição pelo menos de 17 dias consecutivos ao ano ( 1977-2018) quando a temperatura mínima foi inferior a 10<sup>th</sup> percentil. Também, verifica-se algumas correlações entre o CSDI e as anomalias de TMS nos anos de 1988-1989 ( LNM) e 1975-1976 (LNM). Esses dois anos de LN resfriaram as águas do Oceano Pacífico permitindo a diminuição na temperatura mínima , nos dias frios e noites frias.

Considera-se as ondas de Calor (WSDI), verifica-se um aumento pelo menos 11 dias consecutivos quentes ao ano (1980-2018) quando a temperatura máxima foi superior a 90<sup>th</sup> percentil. Observou-se associações entre o WSDI e a TSM entre os anos 2009-2011(ENM-LNM), 2015-2016 (ENF) que aqueceram as águas do Oceano Pacífico. O que pode ser um dos fatores causadores do aumento nos dias quentes observados. Baseando-se no trabalho realizado por MELO ( 2017), que confirmou o especto de causa a efeito que existe entre a dinâmica da temperatura e as anomalias da TSM. Quando as águas do Oceano estão mais aquecidas verifica-se um aumento na temperatura máxima, dias quentes, amplitude térmica diária e, conseqüentemente, um aumento nos dias consecutivos secos.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, as mudanças climáticas encontram-se no meio de grandes debates mundiais sobre as alternativas que deveriam ser adotadas para políticas de planejamento e mitigação dos seus impactos ambientais, econômicos e sociais. Nesse trabalho, diagnosticamos alterações significativas no comportamento de índices climáticos associados a extremos de temperatura do ar na Amazônia Brasileira, a partir de dados diários avaliados na escala mensal e interanual, de 54 estações meteorológicas convencionais, distribuídas em sete estados.

As tendências desses índices revelaram que, nos últimos décadas de dados meteorológicos avaliados na Amazônia, houve um aumento significativo nas temperaturas mínimas do ar (noturnas), e, em algumas regiões de transição Cerrado-Amazônia (Mato Grosso, Tocantins e Maranhão) também foram observadas alterações nos padrões das temperaturas máximas. Especialmente, nos estados de Maranhão e Tocantins, verifica-se um aumento nas quantidades de dias quentes e noites quentes (TX90P, TN90P) acompanhado com uma diminuição semelhante nas quantidades de dias frios e noites frias (TX10P, TN10P).

Ocorreram ainda alterações significativas positivas nas ondas de calor (WSDI) e tendências negativas nas ondas de frios (CSDI), indicando medida de temperatura significativa de extremo frio em declínio em grande parte do Amazônia. Também, verificam-se grandes alterações no comportamento dos índices de dias de verão (SU25) e noites tropicais (TR20) que indicaram tendências de aumentos em todos os estados da Amazônia brasileira, sendo mais significativos para o TR20. Esses resultados indicaram em particular, uma perda total nas ondas de frio (exceto a região Sul do Mato Grosso que ainda ocorre a incidência das “friagens”), independente da estação do ano.

Os indicadores de TXX, TNX, TXN, TNN e DTR, sinalizam para o aquecimento na Amazônia, principalmente nas interfaces com os Biomas Cerrado e Pantanal. Para o estado do Pará, a amplitude Térmica (DTR) indica um aumento na temperatura mínima da região a uma taxa superior ao crescimento da Temperatura máxima, diminuindo assim a DTR.

Com base nas alterações observadas no comportamento dos índices, é possível de dizer que a Amazônia está se tornando sucessivamente mais quente, indicando uma mudança climática gradual a partir de 1960. Todavia, ressalta-se que essas mudanças podem ser decorrentes de alguns fatores associados a uso e a ocupação de solo próximo à EMC's, principalmente àquelas que situam-se, atualmente, em perímetros urbanos. Na evolução das cidades amazônicas, espaços que foram anteriormente era considerados livres e com presenças de florestas, tornaram cidades, áreas agrícolas ou pastagens, centros industriais, aeroportos,

usinas, dentre outros, que favorecem a criação de ilhas de calor, impermeabilização do solo e redução das áreas verdes, alterando o clima nas escalas local, regional e até mesmo no bioma.

Além desses fatores antropogênicos, os fatores naturais observados nas correlações entre os índices e as anomalias de TSM no Oceano Pacífico Equatorial devem ser levados em conta. Percebe-se, que na maior parte dos índices, as baixas correlações foram decorrentes dos elevados espalhamentos (grande variabilidade da variável dependente para um mesmo valor da variável independente), tanto em correlações positivas como negativas, indicando uma associação, específica com as anomalias da TSM indicando o aquecimento e resfriamento das águas do Oceano Pacífico, com os episódios do El Niño e La Niña, sobretudo o El Niño a intensidade forte do que La Niña, indicando portanto mais aquecimento do que resfriamento nas águas do Oceano Pacífico.

Quando as transições, ocorram vários episódios observados entre os anos de 1986-1989, 2006-2008, 2009-2011, 1972-1973 indicando quando o El Niño ou La Niña está caindo já chegando o outro consecutivamente. Portanto, pode-se inferir a partir dessas correlações maioria do El Niño e as tendências maioria positivas dos indicadores de extremos e temperatura, quando mais aquece as águas do Oceano Pacífico Equatorial, mais aumenta a média da temperatura mudando a circulação atmosférica da região.

Em função desse cenário observado e pelas relações entre a temperatura do ar e os outros elementos meteorológicos (radiação solar, umidade do ar, ventos, precipitações, dentre outros), são fundamentais a adoção de medidas para minimizar e mitigar os impactos das mudanças climáticas nos setores econômicos, sociais e ambientais. Nesse sentido, deve-se pensar em um plano de desenvolvimento sustentável, inclusivo e resiliente, que leve em consideração o bem-estar atual, sem comprometer o futuro das novas gerações.

Para tanto, indica-se como necessário a adoção de políticas agrícolas mais sustentáveis que considerem os desafios do clima; a revisão de políticas industriais para redução das grandes concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera; a desconcentração de serviços públicos básicos para garantir que todos tenham acesso, seja em áreas rurais ou urbanas, reduzindo o êxodo rural, a concentração urbana e a formação de ilhas de calor nas cidades; a promoção de cidades sustentáveis, com a criação de novas áreas urbanas protegidas com utilização de veículos não motorizados, transportes coletivos, efetivos a fim de reduzir os números de automóveis em circulação, dentre outros, conjunto de medidas que podem contribuir na redução dos riscos climáticos que a Amazônia está sujeita.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, P. H. C.; FÉRES, J.; REIS, E.; BRAGA, M. J. Brasil em Desenvolvimento(BD): Estado, Planejado e Políticas Públicas. capítulo 13. Eventos Climáticos extremos: Efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola. **Instituto de Pesquisa Economica Aplicada (IPEA)**, p. 347-362, 2013.

ARAÚJO , F. R. da. C. D.; SANTOS, C. A. .C.; NASCIEMNTO, F. das. C. A. Correlações entre índices extremos de temperatura e índices de grande escala climáticos e oceânicos para a região do baixo rio Colorado. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v. 36, n. 3, p. 450 – 458 , set-dez. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X1123>

ARAÚJO, F. R. da C. D.; SANTOS, C. A. C. dos; NASCIMENTO, F. das C. A. do. Estudo dos índices extremos de temperatura na bacia hidrográfica do baixo rio colorado, EUA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 1, p. 29-36, 2015 . DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620120530>

ALVES, D. S.; ESCADA, M. I. S. Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Amazônia: Impactos Sócio-Ambientais na Ocupação de Regiões de Fronteira Agrícola. **Relatório Técnico Parcial**, p. 38, 2001.

ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CAVALCANTI, I. F. A. Histórico de secas na Amazônia. In: BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. Secas na Amazônia: causas e consequências. **São Paulo: Oficina de Textos**, p.29-38, 2013.

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V. FILHO, B. S. Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Manaus, **Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam)**, p.89, 2004.

ASSIS, J. M. O. de. **Análise de tendências de mudanças climáticas no semiárido de Pernambuco – Recife**. 2012. 116 f. : il. ; 30cm . Dissertação de (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Amambiente (PRODEMA)) da Universidade Federal de Pernambuco.

ASSIS, E. S. de. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. **Anais Encac-Elacac 2005**. Maceió -Alagoas, Brasil. P.92-101, 2005.

ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector: Part I. surface climate. **Monthly Weather Review**, v. 166, p. 505–524, 1988. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1988\)116<0505:OTFOTS>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1988)116<0505:OTFOTS>2.0.CO;2)

- AMARAL, S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. Análise Espacial do Processo de Urbanização da Amazônia, INPE, **Relatório Técnico**, p.30. 2001
- ALEXANDER, M.; BLADE, I.; NEWMAN, M.; LANZANTE, J.; LAU, N.; SCOTT, J. The atmospheric bridge: the influence of ENSO teleconnections on air-sea interaction over the global oceans. **Journal of Climate**. v. 15, n.16, p. 2205-2229, 2002.
- ALEXANDER, L.V.; ZHANG, X.; PETERSON, T. C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; KLEIN TANK, A. M. G.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F.; TAGIPOUR, A.; RUPA, K.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VINCENT, L.; STEPHENSON, D. B.; BURN, J.; AGUILAR, E.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAIN, P.; RUSTICUCCI, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J. L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**, v. 111, D05109, p. 1-22, 2006. DOI: 10.1029/2005JD00690.
- BASTOS, T. X. **O clima da Amazônia Brasileira Segundo Köppen**. v. 87, p. 4, 1982.
- BJERKNES, J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, v. 97, p. 163-172, 1969.
- BLANK, D. M. P. O contexto das mudanças Climáticas e suas vítimas. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 157-172, 2015.
- BENISTON, M.; STEPHENSON, D. B. Extreme climatic events and their evolution under changing climatic conditions. **Global and Planetary Change**, v. 44, p.1-9, 2004.
- BERNARDES, F. F.; MENDES, P. C. A urbanização e sua influência no aumento da temperatura média no município de Uberlândia/MG. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v. 2, n. 5, p. 77-88, 2012.
- BECKER, B. K. Undoing Myths: The Amazon - An Urbanized forest. In: Clüsener, G. M. , Sachs, I., Brazilian Perspectives on sustainable development of the Amazon region - Man and Biosphere Series, Paris, **UNESCO e Parthenon Publish Group Limited**. P.53-89, 1995.
- BORMA, S. L.; TOMASELLA, J.; ROBALLO S. T.; CUARTAS, L. A.; RODRIGUES, D. A.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia**: Impactos dos eventos extremos de seca e cheia sobre os recursos hídricos amazônicos e ações da Defesa Civil. São Paulo: Oficina de Textos, São Paulo, n. 1, 2013. p. 305-337.
- BRASIL. Vulnerabilidade Ambiental. Desastres naturais ou fenômenos induzidos? Organização do texto: Rosely Ferreira dos Santos. **Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, p. 192, 2007. DOI: 10.4215/RM2015.1402.0010.



BRASIL. Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil /OPAS-Organização Pan-Americana da Saúde **Ministério da Saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, p.40, 2008.

CAMPOS, T. L. de O. B.; MOTA, M. A. S. da; SANTOS, S. R. Q. dos. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: Uma revisão de notícias históricas de jornais. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 1, p. 182-194, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1433>.

CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos cadernos Naea** v. 8, n. 2, dez. 2005, p. 39.

CALDERON, G.; BORSATO, V. A. O fenômeno La Niña e sua influência na disponibilidade hídrica no município de Campo Mourão-PR. **Geosp – Espaço e Tempo**, v. 21, n. 1, p. 177-197, abril. 2017.

CARVALHO, R. **A Amazônia rumo ao “ciclo da soja”**. Amazônia Papers, São Paulo, n. 2, p.8, 1999. Programa Amazônia, Amigos da Terra. Disponível em: <https://amazonia.org.br/>, acesso dia 6 de nov.2019

CARVALHO, P. D.; HECK, E.; LOEBENS, F. Amazônia indígena: conquista e desafios. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, n. 53, 2005.

CARVALHO, J. A. M, de; DOUGLAS, S.; ROBERTO, L. M. M. As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 11-39, 2009.

CAMERON, C.; MORRINGTON-DAVIES, G.; VELDE, V. Rede de Conhecimento de Clima e Desenvolvimento (2012) Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe: **Lições do relatório SREX**. CDKN. Disponível em: [www.cdkn.org/srex.p.24.2012](http://www.cdkn.org/srex.p.24.2012).

CATTIAUX J. **Extrêmes de température en Europe** : mécanismes et réponses au changement climatique. Climatologie.2010p.257.Thèse de (Doctorat en école des Sciences de l’environnement d’Ile de France) à l’Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2010.

CORREIA, A. F. B. **Os ventos velozes em análise**: Causas, Danos e Perdas – Casos de Estudo em Portugal (Porto, Odemira e Évora). 2016, 129 p. Dissertação (Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território), Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2016.

COSTA, W. M. da. **O Estado e as Políticas Territoriais no Brasil**. 7ª ed. São Paulo: Editora Contexto, 1997. 83p.

COSTA, J. N.; JÚNIOR S.; ARAÚJO J.B., S.M.S. Riscos e desastres relacionados a eventos extremos (climáticos e meteorológicos) no estado da Paraíba. **Revista Doregne**, v. 4, n. Esp. p.111-125, 2018.

CUNHA, G. R. da., PIRES, J. L. F., DALMAGO, G. A., SANTI, A., PASINATO, A., SILVA, A. A. G. da., ASSAD, E. D., ROSA, C. M. da. El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Ed 121, Aldeia Norte Editora, passo Fundo, Rs, p.1-7, jan-fev de 2011

CRUZ, D. L. de S., JÚNIOR, J. F. do. V., SOUZA, M. I. L. de., NASCIMENTO, P. P. R. R. do. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p.158-165, maio-agosto, p. 158-165, 2011.

CRUZ, V. P., NASCIMENTO, D.T.F., LIMA, L.V.V. Episódios e gênese dos eventos climáticos extremos em Goiânia-GO. **Caderno de Geografia**, v.29, n.57, P.513-608, 2019.

DÉCAMPS, H. Événement climatiques extrêmes. Réduire les vulnérabilités des systèmes écologiques et sociaux. **Rapport sur la science et la Technologie**, n° 29, 2010. 240p.

DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 93, p. 167-178, 2008.

DOURADO, C. da S. **Mineração de dados climáticos para análise de eventos extremos de precipitação** / Campinas, SP: [s.n.], 2013.p.147. Dissertação de (Mestrado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Faculdade de Engenharia Agrícola) da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).2010.

DOS SANTOS, E. A.; COSTA, S. M. F. da; VALOTA, E. C. dos S.; OLIVEIRA, I. G. de; MONTOIA, G. R. M. Crescimento urbano e ocupação de várzea em pequenas cidades da Amazônia: uma discussão premente. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 20, n.1, p. 114-129, 2016. DOI: 10.5902/2236499419094

DIAS, M. A. F. da S. Eventos Climáticos Extremos. **Revista USP**, v. 103, n. 33, p. 35-40, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p33-40>

FARIA, J. A. de. Fatores determinantes da evidenciação das mudanças climáticas nas empresas e brasileiras participantes do carbon disclosure project (cdp). Issn-2359-1048, 2016

FLACH, R.; GRIMM, A. M. Eventos extremos e totais mensais de precipitação na América do Sul durante ENOS e condições normais no clima presente e em cenários futuros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Belém-PA. 2010. **Anais...** São José dos Campos: SBMET, p. 1-6, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305449822>

FAO\_Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Forêt et Changement climatique** .Disponível em: <http://www.fao.org/newsroom/fr/focus/2006/1000247/index.html>. Acessado em: 01/12/2019.

FAO\_Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change Implications and opportunities for mitigation and adaptation**. 2009. 50P. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i1135e.pdf>. Acesso em: 25/06/19.

FRANCA, R. R. da. **Eventos pluviiais extremos na Amazônia Meridional : riscos e impactos em Rondônia**. 2015, 190p. Tese de (Doutorado em Geografia ) do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Curitiba, 2015

FRICH, P.; ALEXANDER, L. V.; DELLA-MARTA, P.; GLEASON, B.; HAYLOCK, M.; KLEIN TANK, A. M. G.; PETERSON, T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, **Climate Research**, v. 19, p. 193-212, 2002.

FEARNSIDE, P. M.; TARDIN, A. T.; L.G.M. F. A Floresta Amazônica nas mudanças globais. **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)**, Manaus, 2003, 134p.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921998282126>.

GASH, J. H. C.; NOBRE, C. A.; ROBERTS, J. M.; VICTORIA, R. L. (Eds.). **Amazonian Deforestation and Climate**. New York: XVIII Ed. John Wiley, 1996. 611p.

GODFREY, B.; BROWDER, J. O. Disarticulated Urbanization in the Brazilian Amazon. **The Geographical Review**, v. 86, n. 3, p. 441-445, 1996.

GONZALEZ, R. A.; ANDREOLI, R. V.; CANDIDO, L. A.; KAYANO, M. T.; SOUZA, R. A. F. A influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazônica**, v. 43, n. 4, p. 469-480, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672013000400009>

GOMES, S. L. S.; WOLLMANN C. A. A influência da distribuição da precipitação pluviométrica na produção agrícola de soja, no município de Tupanciretã/RS, entre os anos de 2014 e 2015. **Ciência e Natura**, Santa Maria v. 39, ed. Esp. PROCAD/CAPES, p. 75-80, 2017.

HALL, J. W.; DAWSON, R. J.; WALSH, C. L.; BARKER, T.; BARR, S. L.; BATTY, M.; BRISTOW, A. L.; BURTON, A.; CARNEY, S.; DAGOUMAS, A.; EVANS, S.; FORD, A. C.; GLENIS, V.; GOODESS, C. G.; HARPHAM, C.; HARWATT, H.; KILSBY, C. G.; KOHLER, J.; JONES, P.; MANNING, L.; MCCARTHY, M.; SANDERSON, M.; TIGHT, M. R.; TIMMS, P. M.; ZANNI, A. Engineering Cities: How can cities grow whilst reducing emissions and vulnerability? **The Tyndall Centre for Climate Change Research**, p. 1-36. 2009.

HOUGHTON, R. A. Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. **Climate Change**, v. 19, p. 99-118, 1991.

HOUGHTON, R. A.; SKOLE, D. L.; NOBRE, C. A.; HACKLER, J. L.; LAWRENCE, K. T.; CHOMENTOWSKI, W. H. Annual Fluxes of Carbon from Deforestation and Regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, v. 403, p. 301-304, 2000.

IBGE\_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 2004. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Brasil 2004, n.4, Rio de Janeiro. P.395.

IBGE\_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2000**, <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2000/inicial>. Acessado em 16/12/19

IBGE\_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geoestatísticas revelam patrimônio ambiental da Amazônia Legal**, 2011. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo?busca=1&id=1&idnoticia=1887&t=geoestadisticas-revelan-patrimonio-ambiental-la-amazonia-legal&view=noticia>. Acessado em 16/12/19

IBGE\_Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amazônia Legal. 2014. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonialegal.html?=&>. Acessado em: 08/11/2019.

INPE\_Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da Floresta**. São José dos Campos, 2004.

INPE\_Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. 2008. Disponível em:

<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acessado em: 28/06/2019.

IPCC\_Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (eds.). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge-New York: Cambridge University Press, 2007. 18p.

IPCC\_Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. In: PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (eds.). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007a, 104p.

IPCC -Climate change(2013).Summary for Policymakers Technical Summary and Frequently Asked Questions. **The Physical Science Basis**, 2013. 222p.

IPCC\_ Intergovernmental Panel on **Climate Change**. Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the IPCC, Fourth Assessment Report. Summary for Policymakers. Brussels, April 2007. 16p.

IPCC\_ Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR4, WGII Report**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 25p.

IPCC\_ Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. In: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEXAND, V.; MIDGLEY, P. M. (eds.). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC. AR5, WG1, SPM. Cambridge: Cambridge University Press, 2013a. Disponível em: [http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5\\_SPM\\_brochure\\_en.pdf](http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf)

IPCC\_ Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. In: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (Eds.). Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report IPCC. Cambridge: Cambridge University Press. 2013b. 1535pp. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781107415324>

IPCC\_ Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical summary. In: FIELD, C. B.; BARROS, V. R.; DOKKEN, D. J.; MACH, K. J.; MASTRANDREA, M. D.; BILIR, T. E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K. L.; ESTRADA, Y. O.; GENOVA, R. C.; GIRMA, B.; KISSEL, E. S.; LEVY, A. N.; MACCRACKEN, S.; MASTRANDREA, P. R.; WHITE, L. L. (eds.). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, , United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-TS\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-TS_FINAL.pdf).

JACOBI, P. R. E & GIATI, L. Eventos extremos, urgências e mudanças climáticas. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 20, n. 3, p.1-6, jul-set 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoceditorialv2032017>.

JURAS, I. da A. G. M. Aquecimento global e mudanças climáticas: uma introdução. **Plenarium**, v. 5, n. 5, p. 34-46, 2008.

KARL, T.; NICHOLLS, N.; GREGORY, J. The Coming Climate. **Scientific American**, v. 276, p. 54-59, 1997.

LEMOS, A. L. F & SILVA, J. de. A. Desmatamento na Amazônia Legal: Evolução, Causas, Monitoramento e Possibilidades de Mitigação Através do Fundo Amazônia. **Floresta e**

**Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 1, p. 98-108, 2011. DOI: 10.4322/loram.2011.027 ISSN 1415-0980

LI, W.; FU, R.; DICKINSON, D. Rainfall and its seasonality over the Amazon in the 21st century as assessed by the coupled models for the IPCC AR4. **Journal of Geophysical Research**, v. 111, D02111, p.1-14, 2006.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2014.84539>

LIRA, S. R. B. de. Do aviamento à globalização, facetas do (sub) desenvolvimento da economia paraense. In: SIMPÓSIO ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, XII, 2007, Belém, Pará, Brasil. **Anais... ENANPUR-Belém**, v. 12, n. 1, p. 1-23, maio 2007.

LUIZ SILVA, W.; DEREZYNSKI, C.; CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L.; RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 2, p. 181-194, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130622>

LOUREIRO, R. S. Estudo dos eventos extremos de precipita o ocorridos em 2009 no estado do pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 29, n. esp., p. 83-94, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620130054>

MANIÇOBA, R. de. S. **Urbaniza o e qualidade de vida nos municípios da Amazônia legal criado após de 1988**. Tese de (Doutorado em Programa de Doutorado em Desenvolvimento Sustentável), Universidade de Brasília, Bras li, 2006. 378p.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; TOMASELLA, J.; OLIVEIRA, G. S. de.; OLIVEIRA, R. de; CAMARGO, H.; ALVES, L. M.; BROWN, F. The Drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, v. 21, p. 495-516, 2007. DOI: 10.1175/2007JCLI1600.1

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracteriza o do clima atual e defini o das altera es climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2<sup>a</sup> ed. Brasília-DF: MMA, 2007, 82p.

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L.; VALVERDE, M. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. **International Journal Of Climatology**, v. 29, p. 2241–2255, 2009. DOI: 10.1002/joc.1863

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. An Intercomparison of Observed and Simulated Extreme Rainfall and Temperature Events during the Last Half of the Twentieth Century: part 2: Historical Trends. **Climatic Change**, v. 98, p. 509–529, 2010. doi: 10.1007/s10584-009-9743-7.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; CHOU, S. C.; TOMASELLA, J.; SAMPAIO, G.; ALVES, L. M.; OBREGÓN, G. O.; SOARES, W. R.; BETTS, R.; KAY, G. **Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil: Análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das Mudanças Climáticas e do Desmatamento na Amazônia**. São Jose dos Campos, SP: INPE, 2011a, 55 p.

MAIER, E. L. B.; COSTI, J.; BARREIRA, S.; SIMÕES, J. C. Precipitação na América do Sul: médias climáticas e padrões de variabilidade no período entre 1979 e 2008. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 32- 46, 2016.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia, noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 206p.

MORAES, V. B.; JESUS JÚNIOR, W. C.; MORAES, W. B.; CECÍLIO, R. A. Potenciais impactos das mudanças climáticas globais sobre a agricultura. **Revista Trópica Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 5, n. 2, p. 3-14, 2011.

MEARNS, L. O.; EASTERLING, D. R.; MEEHL, G. A.; PARMESAN, C.; CHANGNON, S. A.; KARL, T. R. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. **Atmospheric Science**, v. 289, n. 5487, p. 2068-2074, 2000. DOI: 10.1126/science.289.5487.2068

MOLION, L. C. B. Aquecimento global, el niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do pacífico. **Revista Climanálise**, v. 3, n. p. 1-5, 2005.

MELO, M. M. M. S. **Análise das possíveis alterações dos extremos climáticos devido à formação do lago artificial da Hidrelétrica de Sobradinho-Bahia**. 2017. 71p. Dissertação de (Mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

MITCHELL, T. Rede de Conhecimento de Clima e Desenvolvimento (2012) Gerenciando extremos climáticos e desastres na América Latina e no Caribe: **Lições do relatório SREX**. CDKN. Disponível online em [www.cdkn.org/srex](http://www.cdkn.org/srex). Acessado em: 24/06/2019.

NATIVIDADE, U. A.; GARCIA, S. R.; TORRES, R. R. Tendência dos Índices de Extremos Climáticos Observados e Projetados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 32, n. 4, p. 600-614, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786324008>

NILLSSON, S.; CHOPFHAUSER, W. The carbon-sequestration potential of a global afforestation program . **Climatic Change**, v. 30, n. 3, p. 267-293, 1995.

NANDINTSETSEG, B.; GREENE, J. S.; GOULDEN, C. E. Trends in extreme daily precipitation and temperature near Lake Hovsgol, Mongolia. **Internacional Journal of climatology**, v. 27, p. 341-347, 2007.

NUNES DA SILVA, E; RIBEIRO, H., SANTANA, P. Clima e saúde em contextos urbanos: uma revisão da literatura. **Biblio 3W. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales**. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, 30 de octubre de 2014, Vol. XIX, nº 1092 >[ISSN 1138-9796].disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/b3w-1092.htm>, acesso dia 1/12/19

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A.; ALENCAR, A. A. **A Floresta em Chamas: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Brasília: MMA, 1999. 204p.

NÓBREGA, R. S., SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de Temperatura na superfície do mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e variabilidade de precipitação em Pernambuco. **Marcado-Revista de Geografia da UFC**, vol.13, No.1, p.107-118, jan-abr.2014.

OMM\_Organisation Meteorologique Mondiale. **Déclaration de L'OMM sur l'état du Climat en 2017**. OMM, n. 1212, 2018, 40p.

OBREGÓN, G.; MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima no século xx no Brasil: tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. São Paulo: MMA, 2007, 91p. (Relatório, 2)

OLIVEIRA, P. B. P. de; ROMERO, C. W. da S.; SILVA, H. R.; MARQUES, A. P. Relação entre as ilhas de calor e uso e ocupação do solo em centros urbanos de pequeno porte utilizando o sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO-SBSR, 18, 2017. **Anais...** Santos: INPE, 2017. p.4953-4960.

OLIVEIRA, V. P.; MAFRA, M. V. P.; SOARES, A. P. A. Eventos climáticos extremos na amazônia e suas implicações no Município de Manaquiri (Am). **Revista Geonorte**, edição especial 2, v. 1, n. 5, p. 977-987, 2012.

RASMUSSEN, F. M.; CARPENTER, T. H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. **Monthly Weather Review**, v. 110, n. 5, p. 354-384. 1982.



- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 25, p. 185-204, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>
- RAGONI, V.; BARCELLOS, C. H.; MONTEIRO, A. M. V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H. C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACON, S. Mudanças climáticas e Ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiology Services and Saúde**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.
- ROMERO, V.; MARCUZZO, F. F. N. Influência do El Niño e La Niña no Número de Dias de precipitação pluviométrica do estado de Goiás. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 7, n. 14, p. 93-106, 2013. DOI: 10.5654/actageo2013.0714.0006.
- REPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. Quantifying Southern Oscillation-precipitation relationships. **Journal of Climate**, v. 9, p. 1043-1059, 1996.
- PNUE\_Programme des Nations Unies pour l'Environnement. FAO- Les perspectives du financement carbone pour les projets d'agriculture, de foresterie et d'autres affectations des terres dans le cadre des petites exploitations agricoles. P.39 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i1632f/i1632f.pdf> . Acessado em : 12/06/2019.
- ROGER, G. BARRY . **Atmosfera, tempo e Clima**. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 512p.
- ROCHA, C. H. E. D.; CHOU, L. S. M. S. C.; SOUZA , J. M. V de A. S. A.; RODRIGUES, W. de A. B. L. N. **Mudanças Climáticas no DFE RIDE**. Detecção e projeções das mudanças climáticas para o Distrito Federal e região integrada de desenvolvimento do DF e interno. Brasília: UNB, 2016. 192p.
- RUIZ , R. M.; DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S. Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos na Região Nordeste. **Documentos Técnico-Científicos**, v. 42, n. 2, p. 230-246, avr-jun 2011.
- SALINI, M. F. **Influência do Fenômeno El Niño Oscilação Sul-ENOS(La Niña e El Niño) na Ocorrência de Inundações no Vale do Taquari-RS**. 2011, p.57. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Ambiental do Centro Universitário de UNIVATES.
- SALAZAR, L.; CARLOS, A. N.; GILVAIN, S. Mudanças Climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.
- SALAZAR. L.; CARLOS, A. N.; GILVAIN. S. Cenários de mudança climática para a América do Sul para o final do século 21. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 27, p. 2-24, 2008.
- SATYAMURTY, P.; OLIVEIRA, G. S de. O EL Niño de 1997/98: Evolução e impactos no Brasil. p. 1-5, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/43654004>

Acesso dia 01/12/19

SAINCLAIR, M. R & WATTERSON, I. G. Objective assessment of extratropical weather systems in simulated climates. **Journal of Climate**, 12, 3467-85. 1999.

SANTOS, C. A.; BRITO, J. I. B. Análise dos índices de extremos para o semiárido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, n. 3, p.303-312, 2007.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAMANA RAO, T. V.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 24, p. 39-47, 2009.

SANTOS, T. S.; GOMES, A. C. S.; COUTINHO, M. D. L.; SILVA, A. R.; CASTRO, A. A. Análise de Eventos Extremos na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, p. 1356-1370, 2013.

SANTOS, P. V. dos., SANTOS, R. dos & COUTINHO, M. D. L. Detecção de Mudanças Climáticas Através de Índices Pluviométricos Diários no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V.6, N. 4, p.713-731, 2013. ISSN:1984-2295

SERRÃO, E.; SANTOS, C.; WANZELER, R.; GONÇALVES, L.; LIMA, A. Avaliação da seca de 2005 e 2010 na amazônia: análise da bacia hidrográfica do Rio Solimões. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 9, n. 2, p. 5-20, 2015.

SILVA, R. W. C.; PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terræ Didática**, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009.

SILVA, M. R.; JARDIM, C. H. Extremos de temperatura do ar em belo horizonte: variabilidade natural e influência do clima urbano. **Revista do Departamento de Geografia**, v. especial, p.83-97, 2016.

SILVA DIAS, M. A. F. Storms in Brazil. In: PIELKE, R. Jr. (ed.). **Storms hazard and disasters series**. Londres: Routledge, p. 207-19, 1999.

SILVA DIAS, M. A. F.; ROZANTE, J. R.; MACHADO, L. A. T. Complexos convectivos de mesoescala na América do Sul. In: CAVALCANTI, I.; et al. (eds.). **Tempo e Clima no Brasil**, v. 1. São Paulo: Oficina de Textos, p. 181-94, 2009.

SOUZA, C. A. de S. **Urbanização na Amazônia**. Belém: Unama, 2000

SOUZA, W. M. de; AZEVEDO, P. V. de. Índices de detecção de mudanças climáticas derivados da precipitação pluviométrica e das temperaturas em Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, n. 1, p. 143-159, 2012.

SOUZA, W. M. de; AZEVEDO, P. V. de. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife: mudanças climáticas ou variabilidade? **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 462-472, 2009.

SOUZA, A. P.; ASCOLI, C. A.; ULIANA, F. T.; CASAVECCHIA, B. H. Influência do ENOS nas chuvas anuais da região amazônica do Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 6, n. 1, p. 39-46, 2018.

SOUZA, P. J. de O. P.; DE SOUZA, E. B.; CARMO, A. M. C.; MORAES, B. C.; NACIF, A.; FERREIRA, D. B. da S.; ROCHA, E. J. P. Sazonalidade da precipitação sobre a amazônia legal brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo regcm4. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 18, p. 293-306, 2016.

SIMON, L.; BOULIER, J. Les forêts au secours de la Planète: Quel potentiel de stockage du carbone? **L'espace géographique**, v. 39, p. 309-324, 2010.

TAO, H.; FRAEDRICH, K.; MENZ, C.; ZHAI, J. Trends in extreme temperature indices in the Poyang Lake Basin, China. **Stoch Environ Res Risk Assess**, v. 28, p. 1543-1553, 2014.

TRENTIN, C.; ZANATTA, T. P.; PAULA, G. M. de; CARON, B. O.; ROCKENBACH, A. P.; SCHNEIDER, J. R.; ENGROFF, T. H. D.; PAVAN, M. Influência do fenômeno ENOS na produtividade da cultura do feijoeiro de 1990 a 2010 no estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17, Belém. 2013. **Anais...** Porto Alegre: SB Agro, 2013, p.1-5.

VASCONCELOS, L. C. da S.; ZAMPARONI, C. A. G. P. Análise do microclima em Cuiabá-MT: um estudo de caso nos bairros Duque de Caxias e dos Bandeirantes. **Geoambiente on-line**, Jataí, n. 16, p. 16-33, 2011.

VINCENT, L. A.; PETERSON, T. C.; BARROS, V. R.; MARINO, M. B.; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; BERLATO, M. A.; GRIMM, A. M.; MARENGO, J. A.; MOLION, L.; MONCUNILL, D. F.; REBELLO, E.; ANUNCIACÃO, Y. M. T.; QUINTANA, J.; SANTOS, J. L.; BAEZ, J.; CORONEL, J.; GARCIA, I.; TREBEJO, M.; HAYLOCK, M. R.; KAROLY, D. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960–2000. **Journal of Climate**, v. 18, n. 12, p. 5011-5023, 2005.

WMO\_World Meteorological Organization. **The global Climate 2011-2015: heat records and high impact weather**. n.14 2016. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/global-climate-2011-2015-hot-and-wild> Acessado em: 01/12/2019

WMO\_World Meteorological Organization. **WMO statement on the state of the Global Climate in 2018**. WMO-n.1233, 2019, 44p.

ZAMADEI, T., SOUZA, A. P. de., MONTEIRO , E. B., CASAVECCHIA, B. H. Transmissividade Atmosférica da Radiação Global na Região Amazônica de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 31, n. 4(suppl.), 639-648, 2016b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786312314b20150147>.

ZHANG, X. ; YANG, F. **RCLimDex. User Guide. Climate Research Branch Environment Canada. Downsview.** Ontario, 2004. 22p.

ZIN, W. Z. W.; JAMALUDIN, S.; DENI, S. M.; JEMAIN, A. A. Recent changes in extreme rainfall events in Peninsular Malaysia: 1971–2005. **Theoretical and Applied Climatology**, vol. 99, issue number 3-4, p. 303–314, 2010. DOI: 10.1007/s00704-009-0141-x