



**UFAM**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JACKELINE SOARES ANDRADE

**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA  
CIDADE DE ITACOATIARA-AM**

MANAUS-AM

2023

JACKELINE SOARES ANDRADE

**EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA  
CIDADE DE ITACOATIARA-AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Domínios da Natureza na Amazônia.

Orientadora: Profa. Dra. Natacha Cíntia Regina Aleixo

MANAUS – AM

2023

## Ficha Catalográfica

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

A553e Andrade, Jackeline Soares  
Eventos extremos de precipitação pluvial na cidade de  
Itacoatiara-AM / Jackeline Soares Andrade . 2023  
102 f.: 31 cm.

Orientadora: Natacha Cíntia Regina Aleixo  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Eventos extremos. 2. Precipitação pluvial. 3. Episódios . 4.  
Vulnerabilidade socioespacial. 5. Itacoatiara. I. Aleixo, Natacha  
Cíntia Regina. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

Dedico à minha mãe Marcilene Soares Andrade e minha Avó Maria Antônilha, minhas maiores apoiadoras e inspiração. Amo vocês!

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus, por sua proteção, saúde e força nos momentos de incertezas durante o percurso do mestrado.

À professora mais querida, admirável, inspiradora e principalmente paciente Natacha Cintia Regina Aleixo, muito obrigada por cada palavra durante o mestrado e iniciação científica na graduação. Somente gratidão a sua pessoa, muita luz e felicidade na sua vida.

Ao amor da minha vida, minha mãe Marcilene Andrade pelo amor e pelos ensinamentos, por sacrificar muitas coisas ao longo da vida no intuito de proporcionar para mim boa condição de vida e estudo, por me apoiar sempre. Te amo!

Aos meus avós Maria Antônia e Manoel Batista, minha família, que sempre me apoiaram na minha vida e nas minhas escolhas ao me ausentar em busca de algo melhor, obrigada por tudo.

Aos professores da minha banca Lindberg Nascimento Júnior e José Alberto Lima de Carvalho, pelos direcionamentos apontados para o avanço do trabalho.

As colegas do laboratório HIDROGEO-UFAM, Raquel, Larissa, Rozilene. Pelas conversas e incentivo que cada uma dava para outra, um grande abraço em cada uma de vocês. Sejam muito felizes meninas!

Minha colega e amiga Leticia Braga que esteve comigo lá no final de 2019 quando eu comecei a correr atrás da minha vaga do mestrado e esteve comigo nesse processo, só desejo coisas boas e felizes na sua vida, minha querida.

Agradeço ao Departamento de Geografia, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PPGEOG e especialmente ao laboratório HIDROGEO.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Geografia (PPGEOG) pelas disciplinas cursadas que contribuíram tanto para o desenvolvimento da minha dissertação.

Agradeço também a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) pela oportunidade de cursar disciplinas que contribuíram para a minha pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Amazonas (FAPEAM), pela bolsa de estudos concedida.

A todos que contribuíram direta e indiretamente até mesmo com uma palavra de carinho e incentivo durante esse percurso.

## RESUMO

Essa pesquisa teve como objetivo compreender os efeitos dos eventos extremos de precipitação pluvial integrados a vulnerabilidade socioespacial na cidade de Itacoatiara. O aporte teórico da pesquisa, baseou-se na Climatologia Geográfica e Geografia do Clima. Primeiramente, foi realizada a análise da variabilidade pluviométrica entre 1971-2020, utilizando dados diários, mensais e anuais de precipitação da cidade de Itacoatiara disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a análise dos eventos pluviais extremos através da técnica dos percentis (90/95/99) e dos testes não paramétrico de Mann-Kendall e Pettitt. Ao utilizar como forma de abordagem a Climatologia Geográfica e Geografia do Clima, buscou-se atrelar a realização de uma análise dos eventos extremos e sua dinâmica (por meio da análise rítmica). Além disso, recorreu-se a estudos históricos sobre a produção do espaço urbano e verificou-se os locais de ocorrência dos impactos através das notícias de jornais, assim, realizou-se as análises dos episódios. Além disso, foi realizado o índice de vulnerabilidade socioespacial (SoVI®) aplicado a cidade de Itacoatiara-AM, identificando os locais mais vulneráveis socialmente aos eventos hidroclimáticos. Os resultados demonstraram que os eventos extremos de precipitação analisados por década obtiveram um aumento no total de dias em todos os limiares, percentis 90, 95, 99 principalmente na última década de 2010-2020. Os eventos extremos têm sido mais frequentes nas últimas décadas, com tendência positiva e significativa. Os episódios deflagrados se relacionaram a ocorrência de alagamentos em ruas, dificuldade na circulação de veículos e pessoas, desabamentos e deslizamentos de terra, dificuldade de trafegabilidade. Os principais sistemas atmosféricos atuantes foram: Zona de Convergência Intertropical, Zona de Convergência do Atlântico Sul, Linhas de Instabilidades e Massa Equatorial Continental. Verificou-se que nos bairros (São Francisco; Do Iracy, Santa Luzia, Mamoud Amed, Prainha, Jauary) residem população mais vulneráveis aos episódios de eventos extremos.

**Palavras-chave:** Eventos extremos, Precipitação pluvial; Episódios; Vulnerabilidade socioespacial, Itacoatiara.

## ABSTRACT

This research aimed to understand the extreme events of rainfall integrated with socio-spatial vulnerability in the city of Itacoatiara. The theoretical contribution of the research was based on Geographic Climatology and Climate Geography. First, rainfall variability analysis was performed between 1971-2020, using daily, monthly and annual precipitation data from the city of Itacoatiara made available by the National Institute of Meteorology (INMET) and the analysis of extreme rainfall events using the percentile technique (90/95/99) and the nonparametric tests of Mann-Kendall and Pettitt. By using climate geography and Geographic Climatology as a way of approach, we sought to tie an analysis of atmospheric elements in their dynamics (through rhythmic analysis). For this, historical studies were used on the production of urban space, its dynamics. Subsequently, a detailed analysis of the sand-time variability of rainfall at different scales was made in order to identify the main atmospheric systems that generate extreme rainfall events, and we tried to verify the places of occurrence through newspaper news, thus analyzing the episodes. In addition, the socio-spatial vulnerability index (SoVI®) applied to the city of Itacoatiara-AM was performed and identified the most socially vulnerable sites and hydroclimatic events. The results showed that the extreme precipitation events analyzed by decade showed an increase in total days in all thresholds, 90th percentiles, 95, 99 mainly in the last decade of 2010-2020. extreme events have been more frequent in recent decades, with a positive and significant trend. The episodes triggered were related to the occurrence of flooding in streets, difficulty in the movement of vehicles and people, landslides and landslides, difficulty in trafficability. The main atmospheric systems at work were: Intertropical Convergence Zone, South Atlantic Convergence Zone, Lines of Instabilities and Continental Equatorial Mass. It was found that in the neighborhoods (San Francisco; From Iracy, Santa luzia, Mamoud Amed, Prainha, Jauary) reside the population most vulnerable to episodes of extreme events.

**Keywords:** Extreme events; Precipitation; Episodes; Socio-spatial Vulnerability, Itacoatiara.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da cidade de Itacoatiara-AM .....	14
Figura 2: Etapas realizadas na revisão sistemática .....	22
Figura 3: Terceiro canal do sistema clima urbano-Impacto meteórico .....	33
Figura 4: Estrutura da proposta de análise do clima urbano no trabalho .....	35
Figura 5: Relação dos anos-padrão com os percentis 90,95 e 99 .....	50
Figura 6: Mapa de impactos deflagados nos bairros de Itacoatiara-AM.....	61
Figura 7: Mapa Hipsométrico do perímetro urbano de Itacoatiara-AM.....	62
Figura 8: Índice de Vulnerabilidade social (SoVI®) para a cidade de Itacoatiara-AM.....	79
Figura 9: Registro fotográfico das áreas mais vulneráveis a episódios hidroclimáticos .....	82

### GRÁFICOS

Gráfico 1: Correlação dos dados observados e estimados.....	25
Gráfico 2: Norma climatológica de precipitação dos 50 anos analisados de Itacoatiara-AM..	41
Gráfico 3: Normal Climatológica de 1961-1990 e 1981-2020 da precipitação acumulada média. .....	42
Gráfico 4: Distribuição do total mensal de precipitação pluvial do período de 1971-2020.....	42
Gráfico 5: Anos-Padrão de Itacoatiara-AM.....	43
Gráfico 6: Frequência média mensal do percentil 90.....	44
Gráfico 7: Frequência mensal anual do percentil 90 .....	45
Gráfico 8: Frequência média mensal do percentil 95 .....	45
Gráfico 9: Frequência média anual do percentil 95.....	46
Gráfico 10: Frequência média mensal do percentil 99 .....	46
Gráfico 11: Frequência média anual do percentil 99.....	47
Gráfico 12: Totais de percentis 90,95,99 por década. ....	48
Gráfico 13: Teste de Mann-Kendall para o percentil 90 .....	53
Gráfico 14: Percentil 90, teste de homogeneidade .....	53
Gráfico 15: Teste de Mann-Kendall para o percentil 95 .....	54
Gráfico 16: Percentil 95, teste de homogeneidade .....	54
Gráfico 17: Teste de Mann-Kendall para o percentil 99 .....	55
Gráfico 18: Percentil 99, teste de homogeneidade .....	55
Gráfico 19: Sistemas que atuaram em cada episódios.....	74

## **QUADRO**

Quadro 1: Quantidade de meses faltantes de dados por ano .....	23
Quadro 2: Limites de classes para definição dos anos-padrão segundo a técnica dos percentis .....	25
Quadro 3: Definições de limiares dos eventos extremos para Itacoatiara-AM .....	26
Quadro 4: Estrutura do Social Vulnerability (SoVI) para a cidade de Itacoatiara-AM .....	28
Quadro 6: Ocorrência da La Niña.....	49
Quadro 5: Ocorrência do El Niño.....	49
Quadro 7: Notícias de Jornais referente aos impactos deflagados em Itacoatiara associados as chuvas .....	59

## **TABELAS**

Tabela 1: Resultados das análises de tendência, nível de significância de 95% .....	56
Tabela 2: Fatores e componentes da vulnerabilidade e percentual explicativo baseado no SoVI .....	78

## **FLUXOGRAMAS**

Fluxograma 1: Síntese dos procedimentos metodológicos e técnico .....	30
---	----

## **PRANCHAS**

Prancha 1: Episódio do dia 18 de novembro de 2011 .....	65
Prancha 2: Episódio do dia 20 de dezembro de 2013.....	67
Prancha 3: Episódio do dia 19 de dezembro de 2016.....	69
Prancha 4: Episódio do dia 06 de março de 2017.....	71
Prancha 5: Episódio do dia 14 de fevereiro de 2019 .....	73
Prancha 6: Espacialização da primeira, segunda, terceira e quarta componente principal para cidade de Itacoatiara-AM .....	80

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional de Água
<b>ENOS</b>	El Niño Oscilação Sul
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>INMET</b>	Instituto Nacional de meteorologia
<b>IPCC</b>	International Panel on Climate Change
<b>MK</b>	Mann-Kendall
<b>SCU</b>	Sistema Clima Urbano
<b>SMK</b>	Mann-kendall sazonal
<b>SoVI®</b>	Social Vulnerability Index – Índice de Vulnerabilidade Social
<b>SUFRAMA</b>	Superintendência da Zona Franca de Manaus
<b>TSM</b>	Temperatura da superfície do Mar
<b>ZCAS</b>	Zona de Convergência do Atlântico Sul
<b>ZCIT</b>	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 RECORTE ESPACIAL.....	14
1.2 ASPECTOS FÍSICOS-NATURAIS DA CIDADE DE ITACOATIARA .....	17
<b>2 PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>18</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>18</b>
3.1 POR QUE A CIDADE DE ITACOATIARA?.....	18
<b>4 OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
4.1 OBJETIVO GERAL .....	20
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>5 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS E TÉCNICOS .....</b>	<b>20</b>
<b>6 CAPÍTULO I: CLIMA E EVENTOS EXTREMOS EM ITACOATIARA-AM.....</b>	<b>31</b>
6.1 SISTEMA CLIMA URBANO - SUBSISTEMA-HIDROMETEÓRICO.....	31
6.2 EVENTOS EXTREMOS: DEFINIÇÕES E DIFERENTES ESCALAS DE ANÁLISES .....	35
6.3 SISTEMA ATMOSFÉRICOS ATUANTE NA ÁREA DE ESTUDO.....	38
6.4 CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA DE ITACOATIARA .....	41
6.5 IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS: PERCENTIL 90, 95 E 99 COMO LIMIAR DE ANÁLISE.	43
<b>7 CAPÍTULO II: TENDÊNCIAS E RITMOS DOS EVENTOS EXTREMOS EM ITACOATIARA – AM.....</b>	<b>51</b>
7.1 TENDÊNCIAS DOS EVENTOS EXTREMOS EM ITACOATIARA .....	51
7.2 PERCENTIL 90 TESTE DE TENDÊNCIA E HOMOGENEIDADE .....	53
7.3 PERCENTIL 95 TESTE DE TENDÊNCIA E HOMOGENEIDADE .....	54
7.4 PERCENTIL 99 TESTE DE TENDÊNCIA E HOMOGENEIDADE .....	55
7.5 GEOGRAFIA DO CLIMA E EPISÓDIOS EM ITACOATIARA.....	56
7.6 ANÁLISES RÍTMICAS DOS EPISÓDIOS NA CIDADE DE ITACOATIARA-AM .....	62
7.6.1 Episódio do dia 18 de novembro de 2011 .....	63
7.6.2 Episódio do dia 20 de dezembro de 2013 .....	66
7.6.3 Episódio do dia 19 de dezembro de 2016.....	68
7.6.4 Episódio do dia 06 de março de 2017.....	70
7.6.5 Episódio do dia 14 de fevereiro de 2019 .....	72
<b>8 CAPÍTULO III: RISCO E VULNERABILIDADE SOCIOESPACIAL EM ITACOATIARA – AM.....</b>	<b>75</b>

8.1 RISCO E VULNERABILIDADE SOCIOESPACIAL .....	75
8.2 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL (SOVI®) APLICADO A CIDADE DE ITACOATIARA – AM 77	
<b>9 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>84</b>
<b>10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>86</b>
<b>11 APÊNDICE.....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As abordagens sobre a relação entre as atividades humanas, o clima e seus efeitos a sociedade vêm se tornando cada vez mais pauta de destaque nos estudos e discussões no meio acadêmico e político. Um dos marcos dessas preocupações, ocorreu na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano em Estocolmo (1972) com o foco na relação ambiente e sociedade.

Uma das temáticas de grande importância na atualidade tem sido a das mudanças e variabilidade climática, que vem ultrapassando as esferas acadêmicas e para ser discutida em contextos políticos e sociais diferenciados. As reflexões sobre as problemáticas ligadas as mudanças climáticas globais constituem-se como temas recorrentes nas discussões do presente século, sobretudo, a partir da década de 1980, com a criação do IPCC (International Panel on Climate Change). Destaca-se que na esfera mundial estes processos têm se destacado, seja por sua visibilidade econômica, política e ambiental. Mas também sobre questões que envolvem a justiça social e a emergência climática.

Na literatura científica atual, diversos estudos demonstraram a frequência de anomalias nos regimes climáticos. (FISCH, 1998; MARENGO, 2007; NOBRE, 2001; SANT'ANNA NETO e ZAVATTINI, 2000, SANT'ANNA NETO, 2003). Além disso, as alterações climáticas têm afetado a dinâmica dos ambientes com consequências econômicas e sociais.

Neste contexto de um mundo em que as mudanças ambientais estão ocorrendo de forma acelerada, as catástrofes deflagradas pelos fenômenos naturais vêm crescendo, os eventos extremos vêm ganhando destaque devido ao alto grau de impacto a eles associado. Do mesmo modo a sociedade encontram-se cada vez mais expostas aos riscos climáticos, sobretudo, em contextos urbanos nos quais sobrepõem-se áreas ambientalmente instáveis e populações socialmente vulneráveis (ALMEIDA, 2010).

Como observado não se pode negar que o fenômeno climático se constitui numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições para a questão ambiental das cidades (MENDONÇA, 2019). No âmbito destes cenários, os eventos pluviiais extremos se destacam, sobretudo, diante do grau de impacto nas sociedades, sendo estes compreendidos como as condições discrepantes de um padrão habitual do clima de uma dada localidade, gerando adversidades climáticas (MARENGO et al., 2009).

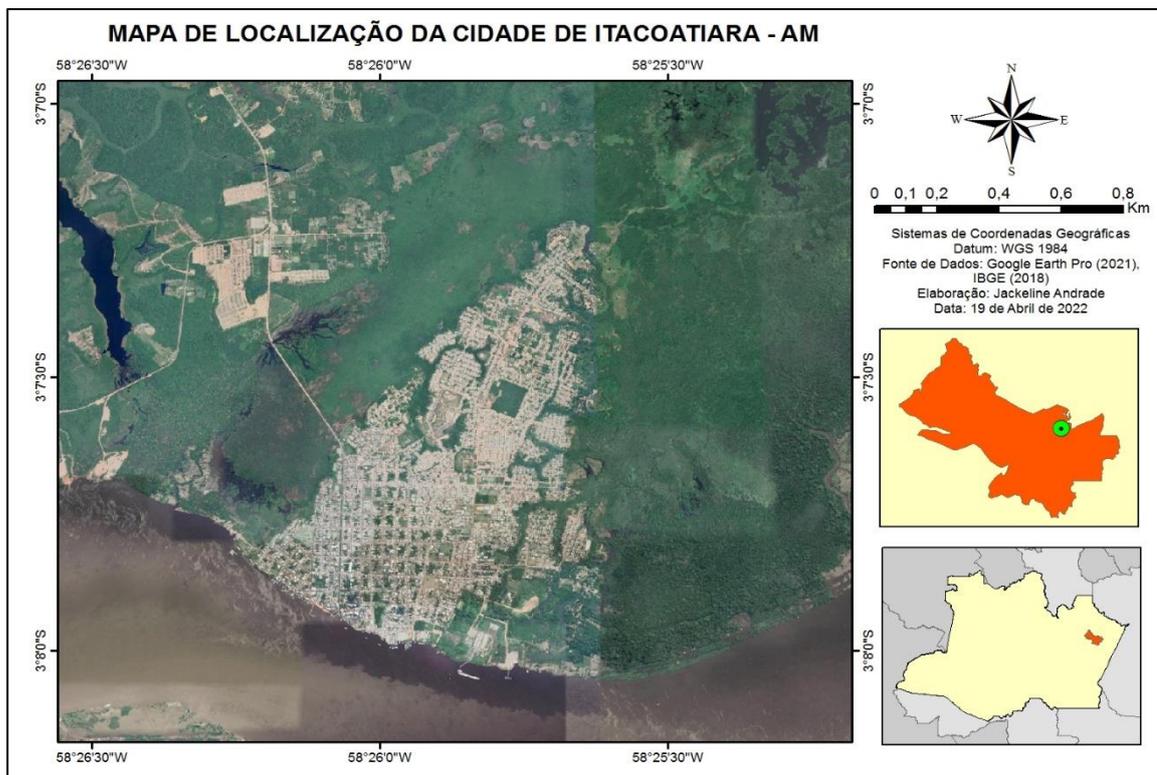
De modo semelhante, os dias em que estes eventos ocasionam impactos no ambiente urbano, também são relevantes, sendo expressos, de acordo com Armond (2014), como episódios pluviiais extremos, que deflagram os alagamentos, enchentes e inundações.

Autores como Armond (2014), Pinheiro (2016) vêm destacando que tão importante quanto definir os eventos extremos de cunho pluvial, é analisar a sucessão de sistemas atmosféricos responsáveis pela gênese, abrangência espacial e os impactos associados em conjunto com a produção do espaço urbano, neste contexto, a análise geográfica do clima tem substancial contribuição para as investigações científicas.

### 1.1 RECORTE ESPACIAL

A sede municipal da Itacoatiara está localizada à margem esquerda do Rio Amazonas, distante cerca de 263km da capital do Estado - Manaus, com acesso pela Rodovia AM 010 e por via fluvial pelo Rio Amazonas 190km e via aérea 176 Km (linha reta) compõe a região metropolitana de Manaus e possui área territorial de 8.891,906 km<sup>2</sup> (Figura 1). Quanto ao aspecto populacional, segundo o último censo demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, possui 86.393 habitantes.

Figura 1: Mapa de localização da cidade de Itacoatiara-AM

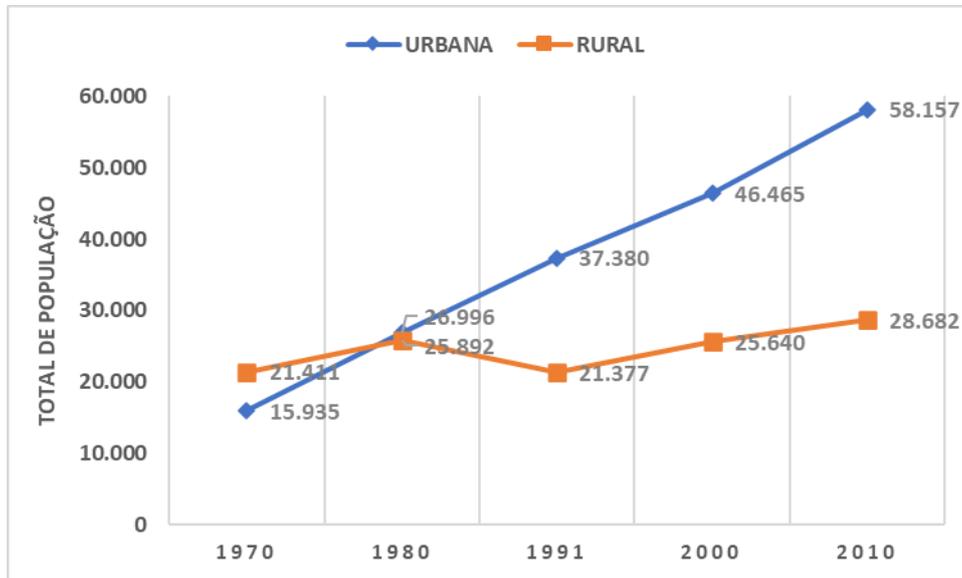


Organização: ANDRADE, J.S, 2022.

Nas últimas décadas a cidade de Itacoatiara tem experimentado rápido crescimento demográfico, no período de 1970–2010 houve um aumento populacional na área urbana do em

relação a população rural. Porém no período, 1991-2010, o crescimento de Itacoatiara se deu tanto no contingente de população rural quanto urbana.

Gráfico 01: População urbana e rural de Itacoatiara



Fonte: Censos Demográficos, 1970 a 2010, IBGE, 2021.

A cidade limita-se ao norte com os municípios de Itapiranga e Silves; a leste Urucurituba e Boa vista do Ramos; ao sul com Maués, Autazes e Nova Olinda do Norte; a oeste Careiro, Manaus e Rio Preto da Eva. Segundo Schor e Costa (2006) a cidade é considerada de responsabilidade territorial, pois, exerce funções importantes para si e seus municípios ao seu entorno. Segundo Braga (2011) é o principal núcleo urbano, de maior dinamismo econômico da região do Médio Amazonas, o autor destaca

[...] Tal importância se dá por conta de sua economia que possui como principais atividades: a indústria madeireira a (Precius Woods-mil madeira), é a mais importante do setor local; o “polo moveleiro” área onde ficam localizadas as fabricas de moveis; o projeto Hermasa que engloba o terminal portuário privativo misto de transporte de grãos em Itacoatiara, o estaleiro naval, a usina de extração de beneficiamento de óleo de soja, a escola de capacitação de fuzileiros navais e a fundação André Maggi (BRAGA, 2011, p.18)

Schor e Oliveira (2011, p.19) destacam em estudo sobre a hierarquia urbana no estado do Amazonas, que Itacoatiara é uma cidade média com função intermediária, uma vez que possui proximidade da metrópole regional de Manaus com a ligação rodoviária e fluvial, “exerce função de intermediária entre as demais cidades e redes urbanas com Manaus; ao mesmo tempo abastece e é abastecida por Manaus”.

Na cidade de Itacoatiara, pode-se encontrar vestígios de sua formação enquanto se denominava cidade da vila de Serpa <sup>1</sup>no século XVIII, e as formas arquitetônicas da época do período da borracha do século XIX. Segundo Oliveira (2007), a partir da década de 1970, iniciou-se intensas modificações no espaço urbano de Itacoatiara, geradas por investimentos que resultaram na primeira fase com a instalação das unidades industriais madeireiras, atraídas pelos incentivos fiscais da SUFRAMA (Superintendência da Zona Franca de Manaus). Nesse sentido, o autor afirma

[...] Itacoatiara jamais presenciou um crescimento demográfico como aquele verificado no começo da década de 1970 e posteriores. O processo de ocupação do município sempre esteve ligado ao setor primário, que se constituiu, desde sua gênese, em principal atividade econômica. O afluxo populacional no decurso da década de 1970 se fez mais evidente com a política de incentivos fiscais da SUFRAMA (OLIVEIRA, 2007, p.101).

Outro fator que explica esse crescimento demográfico nas cidades do Amazonas especialmente de Itacoatiara na década de 1970 está relacionada as enchentes excepcionais no rio Amazonas. Segundo (PINTO et al.,2009) a década de 70 destacou-se como um dos períodos de maior fluxo migratório interno no estado do Amazonas. Ao mesmo tempo, as áreas de várzea foram inundadas, principalmente nos anos 71, 73, 74 e 76. Onde esses fenômenos foram associados aos problemas decorrentes da desestruturação socioeconômicas das populações ribeirinhas, que contribuíram para a migração da população das várzeas para as sedes dos municípios próximos. Nesse sentido, a autora Oliveira (2013) afirma

É importante destacar que os processos migratórios não decorrem apenas de fatores de atração, no caso específico da criação de emprego em Itacoatiara, decorrem, também, de fatores de expulsão como já sinalizado antes como a falta e ou inadequação de políticas públicas para setor primário e as enchentes ocorridas nos anos 1960 e 1970 (OLIVEIRA,2013, p.30).

Segundo Alho (2009) do ponto de vista da espacialização da cidade de Itacoatiara, as estratégias de implantação das plantas industriais madeireiras começaram a esboçar-se, a partir da década de 70. Essa década é basilar para se compreender a evolução espacial da cidade, pois foi a partir desse período que houve o acolhimento de significativos investimentos públicos e privados.

---

<sup>1</sup> O povoamento antes de completar um ano de estabelecido no sítio de Itacoatiara, foi elevado à categoria de vila em 1º de janeiro, antes de ser chamado de Itacoatiara, o povoado foi batizado de Vila de Serpa, em 1759. O nome Serpa foi colocado em cumprimento do alvará de 14 setembro, 1758, que ordenava aos governantes que trocassem “as denominações indígenas das aldeias por nomes de vilas da terra Luzitana” (ALHO, 2009, p.27).

Com esse aumento populacional houve um reflexo de imediato nas condições de vida e na expansão territorial da cidade, a reprodução do espaço urbano se deu de forma desigual. A cidade apresentou na sua expansão do espaço habitado, pois, muitos dos serviços disponibilizados à população local tiveram a qualidade precarizada pela pressão provocada pela urbanização (OLIVEIRA, 2007).

Mas o principal fator de aceleração da expansão do espaço urbano em Itacoatiara foi à construção da AM-010, ligando à capital amazonense, já na década de 1960, com as práticas de governo pautado no desenvolvimento regional.

## 1.2 ASPECTOS FÍSICOS-NATURAIS DA CIDADE DE ITACOATIARA

A Área da cidade de Itacoatiara se localiza nas unidades morfoestruturais da Planície Amazônica e do Planalto Dissecado Rio Trombetas - Rio Negro (RADAM BRASIL, 1976). O Planalto apresenta-se em formas de platô conservados e dissecados, colinas e ravinas desenvolvidas sobre rochas pertencentes à formação Alter do Chão, enquanto a planície Amazônica por sedimentos Quaternários antigos e recentes. Essas duas unidades se inserem na bacia sedimentar Fanerózoica Amazônica (ROSS, 2019).

A área desta unidade está sob o controle direto do rio Amazonas, que está dividida em planície fluvial alagada e planície fluvial inundável (SANTOS, 2006). De acordo com Carvalho (2006) em seu estudo:

Essa imensa planície de inundação abriga, no seu interior, um complexo sistema de drenagem como ilhas, diques marginais, lagos, furos e paranás que são transbordados parcial ou totalmente durante o período máximo de cheia que no rio Solimões/Amazonas acontece normalmente nos meses de junho e julho (CARVALHO, 2006, p. 41).

As feições morfoesculturais estão inseridas no Planalto Dissecados Rio Trombetas- Rio Negro e planície amazônica, produtos das ações climáticas ocorridas no período Terciário-Quaternário e das incisões dos vales dos rios com resultados dessas ações encontra-se as cristas aplainadas, convexas e as coberturas lateríticas. Tais feições morfoesculturais apresentam características textuais, índices de dissecação e tipos de modelado resultante dos processos acumulativos (agradacionais) e erosivos (denudacionais) (SANTOS, 2006).

Em relação a vegetação, apresenta cobertura vegetal predominante de equatorial úmida amazônica, caracterizado pela presença de três formações bem definidas como: Floresta equatorial higrófila de várzea, Floresta equatorial hidrófila e floresta equatorial subperenifólia (EMBRAPA, 2003). Do ponto de vista pedológico é encontra-se solos do tipo latossolo

amarelos, e argissolos, com uma granulometria variando de argila a muito argilosa e relevo desde plano de platô a forte ondulado, esses solos são encontrados sob uma cobertura de floresta subperenifólia que são dominantes no município (EMBRAPA, 2003).

## **2 PROBLEMÁTICA**

Os episódios climáticos extremos de precipitação são constantemente noticiados na mídia dados os prejuízos humanos, ambientais e econômicos vultosos que desencadeiam (MONTEIRO e ZANELLA, 2017).

Geralmente, tais eventos ganham maior visibilidade e magnitude quando ocorrem em ambientes com crescimento urbano intenso e planejamento inadequado, como no caso de muitas cidades brasileiras, uma vez que nestas áreas tais impactos são potencializados por diversos fatores relacionados a uma maior predisposição aos riscos e à forte concentração de habitantes vivendo em condições de vulnerabilidade socioespacial.

Os impactos das chuvas nas cidades estão fortemente relacionados com a maior exposição da população a riscos diversos, acarretando em uma situação de vulnerabilidade cada vez mais recorrente (ZANELLA e OLÍMPIO, 2014). Muitos estudos em relação aos eventos extremos estão observando que as ocorrências de altos valores de precipitação diária estão aumentando e com isso, tornam-se mais prejudiciais a sociedade.

Recentemente, eventos extremos de curta duração como chuvas intensas, ondas de calor e frio, períodos secos, temporais e furações têm sido considerados como os mais importantes pelos climatologistas, pois, alguns modelos climáticos e estudos de projeções de clima para o futuro apontam maiores frequências e intensidades desses eventos em cenário de aquecimento global (MARENGO et al, 2007, p.9).

Nesta perspectiva, a pesquisa aborda a problemática dos riscos associados aos eventos pluviais extremos a partir de duas dimensões: a gênese dos sistemas atmosféricos que são causadoras das precipitações pluviais com potencial de deflagrar impactos e a vulnerabilidade, aspectos sociais que refletem exposição e fragilidade de grupos sociais perante aos riscos.

## **3 JUSTIFICATIVA**

### **3.1 POR QUE A CIDADE DE ITACOATIARA?**

Diversos estudos apontam várias consequências sociais sobre os eventos de precipitação extrema à medida que se tem notícias acerca do aumento do número desses eventos. A ocorrência de eventos extremos também ocasiona diversas modificações no espaço urbano. Sobre isto, Vicente (2005) afirma que:

Os eventos climáticos extremos figuram entre as principais causas deflagradoras de catástrofes naturais que atingem o homem, pois a forma como as sociedades têm se organizado desconsidera o ritmo e a variabilidade do sistema atmosférico, tomando como parâmetro apenas seu estado médio (VICENTE, 2005, p.03).

Os eventos climáticos extremos de cunho hidrometeorológico (eventos pluviométricos extremos) são os maiores responsáveis pelos desastres naturais (MONTEIRO, 1991). Do ponto de vista social, os eventos extremos são considerados como aqueles em que ocorrem danos materiais, humanos e econômicos de grande importância (MONTEIRO e ZANELLA, 2017).

O sistema clima urbano, proposto por Monteiro (1976) que é base metodológica e conceitual que alicerçou a construção de uma metodologia para os estudos do clima urbano nas cidades de porte médio e pequeno que permite a reflexão teórica e metodológica dos eventos hidrometeorológicos nas cidades. Mendonça (2000), aborda que há uma carência expressiva de bibliografia de base para o tratamento específico para essas cidades de porte médio, pois, os que foram produzidos levam em conta, sobretudo, aglomerações urbanas de grande porte e metropolitanas. Nesse sentido, o autor explica

As cidades de porte médio e pequeno possuem então características geográficas bastante diferenciadas daquelas de grande porte e metropolitanas e apresentam, portanto, consideráveis facilidades para identificação de suas paisagens intra-urbanas; essas, previamente identificadas, permitirão uma melhor compreensão da interação sociedade-natureza na construção do clima urbano (MENDONÇA, 2000, p.171).

Na Amazônia as mudanças tempo-espaciais ocorridas ao longo das décadas foram além das relações socioeconômicas, reestruturando o modo de vida da população das cidades de porte médio (OLIVEIRA, 2007).

Neste sentido estudar o clima e os eventos extremos de precipitação na região amazônica tem como intuito de evidenciar os impactos gerados na vida da população, que acaba sendo diretamente e indiretamente prejudicada. A temática dos eventos extremos visa colaborar com as discussões na interface local e regional permitindo compreender os processos atmosféricos e socioespaciais relacionados aos eventos extremos.

Relacionar de maneira integrada as excepcionalidades das chuvas e a vulnerabilidade socioespacial, permitindo compreender as relações entre o clima e os seus impactos, principalmente, em ambientes urbanos é importante e ainda escasso no contexto amazônico.

Dessa forma, o estudo se faz necessário para essa área pode ser considerada de extrema importância, tanto do ponto de vista econômico por integrar a Região Metropolitana de Manaus.

Para esse estudo, escolheu-se como recorte espacial a cidade de Itacoatiara, devido ao fato de estar entre as principais cidades do estado do Amazonas, a terceira em total de habitantes do estado, considerada uma cidade intermediária segundo Oliveira (2007).

Diante do exposto, a hipótese da pesquisa é de que os eventos pluviiais extremos, tem associação entre os condicionantes físico-naturais e sociais que contribuem para a ocorrência dos episódios, em espacialidades distintas em Itacoatiara. Tendo como pontos que orientam a compreensão sobre as espacialidades dos eventos extremos, quais tipos de impactos vem se tornando frequentes na área de estudo e quais as condições e fatores que influenciam na vulnerabilidade socioespacial.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GERAL**

- ✓ Compreender os efeitos dos eventos extremos de precipitação pluvial integrados a vulnerabilidade socioespacial na cidade de Itacoatiara.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Analisar os anos-padrão e as tendências dos extremos de precipitação pluvial na cidade.
- ✓ Identificar a gênese e os sistemas atmosféricos produtores de eventos extremos pluviiais.
- ✓ Caracterizar as áreas de ocorrência dos episódios deflagrados e identificar as populações e os lugares mais vulneráveis.

## **5 PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS E TÉCNICOS**

O estudo foi desenvolvido tendo como principal referencial teórico-metodológico o sistema clima urbano de Monteiro (1976), sendo o enfoque da pesquisa o subsistema hidrometeorológico (impacto meteorológico), além disso, o referencial da Geografia do Clima proposto por Sant'Anna Neto (2001, 2008, 2011) auxiliou na compreensão da materialidade e seletividade dos episódios deflagrados no espaço urbano, uma vez que a dinâmica da produção capitalista no espaço urbano produz desigualdades que proporcionam diferentes níveis de vulnerabilidade socioespacial na cidade. (SANT'ANNANETO, 2008; NASCIMENTO JR, 2018).

Dentre as etapas da pesquisa, primeiramente consistiu em uma revisão sistemática para a construção da fundamentação teórico-conceitual, posteriormente a obtenção de dados das variáveis climatológicas e sociais, análises estatísticas, tratamento e interpretação de imagens de satélite, realização de mapeamentos e trabalho de campo.

A utilização de tais procedimentos permitiu a definição de um limiar de precipitação para caracterizar diferentes níveis de eventos extremos na localidade supracitada, além disso, permitiu a identificação dos episódios de grande magnitude, o dia do ocorrido em que, os sistemas atmosféricos que atuaram nos dias em que foram registrados volumes de chuva elevados, bem como impactos relacionados aos eventos e que foram mencionados em jornais de circulação local e noticiários na mídia televisiva e digital, pôr fim a vulnerabilidade socioespacial no espaço urbano.

- **Revisão sistemática**

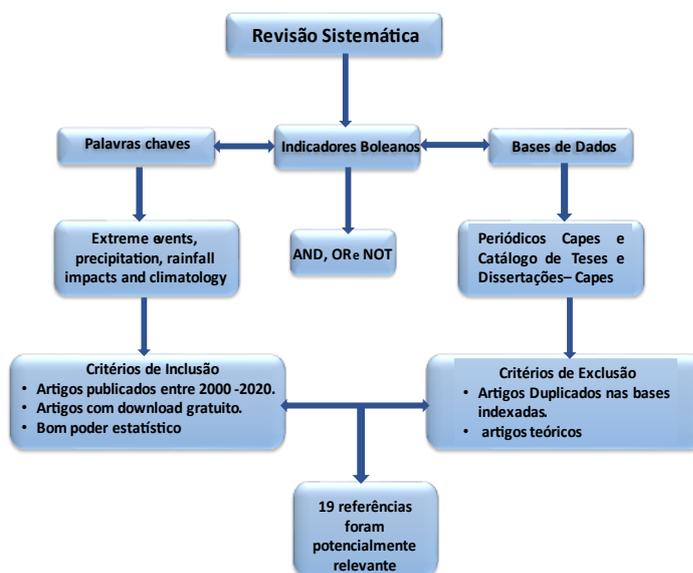
Em busca de artigos e teses sobre eventos extremos de chuvas, foi realizada uma revisão sistemática (Figura 2) com intuito de ser uma interface para avaliar os resultados da pesquisa na cidade de Itacoatiara.

Para identificar esses estudos, foram utilizadas combinações com as palavras-chaves (climatologia, eventos extremos, precipitação, impactos pluviiais), e indicadores booleanos (and, or e not), em que buscou refinar os resultados e encontrar os estudos e autores que abordaram a temática da pesquisa. Desta forma, feito o download dos artigos completos nas bases de dados: Periódicos Capes e Catálogo de Teses e Dissertações – Capes.

Como critérios de exclusão dos artigos foram desconsiderados aqueles que são de fundamentação teórica e aqueles artigos duplicados nas bases indexadas.

Os critérios de inclusão foram os artigos completos e com download gratuito publicados dentre os anos de 2000 a 2020; que obtiveram a área de estudo no território nacional, que utilizaram análises estatísticas de séries temporais, como teste de Tendências (Mann-Kendall) e de eventos extremos por quantis ou percentis.

Figura 2: Etapas realizadas na revisão sistemática



Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

### • Dados Climáticos

Para a caracterização climática da cidade de Itacoatiara, foram coletados dados dos elementos climáticos diários, mensal e anual de precipitação pluvial na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada na cidade de Itacoatiara (58°W; 3°S), na escala temporal de 1971 a 2020. Para o preenchimento de falhas utilizou-se os dados de reanálise, que foram obtidos a partir de sensores remotos do Programa “Previsão de Recurso Mundial de Energia” (POWER) do Centro de Pesquisa Langley da NASA (LARC), site: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.

Foram utilizadas imagens de satélite GOES 13 e 16 do CPTEC/INPE e cartas sinóticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil para avaliar a sucessão dos tipos de tempo e o ritmo climático dos principais eventos extremos e episódios.

### • Tratamento Estatístico de dados

Os dados foram tratados com técnicas estatísticas descritivas e exploratórias: média, mediana, amplitude, valor máximo e mínimo, desvio padrão, coeficiente de variação. Posteriormente, foram elaborados gráficos no software Excel representando o regime das chuvas.

- **Preenchimento de Falhas**

Devido à baixa densidade de estações pluviométricas na região Amazônica, há uma carência de dados nas cidades, em busca de um resultado mais satisfatório foram aplicadas técnicas de preenchimentos de dados que vem sendo muito utilizados nas pesquisas climatológicas no Brasil.

Neste contexto, conforme aponta Fante e Sant’anna Neto (2016, p. 144)

Além das técnicas advindas da estatística nas últimas décadas tem-se verificado um avanço em suplementar as falhas nos bancos de dados climatológicos por diferentes meios como o sensoriamento remoto, inteligência artificial, logics computacionais e redes neurais. Os resultados gerados têm apresentados soluções interessantes e quando avaliados atestam a eficácia e confiabilidade de diferentes técnicas para o preenchimento de falhas.

Na série histórica analisada nessa dissertação apenas o período de 1971 a 1992 estão com defasagem de dados mensais (Quadro 1). Foram testados dados de postos pluviais da Agencia Nacional de Água (ANA) para o preenchimento da série, mas com índices de determinações fracos e grande parte das séries desses postos também tem baixa qualidade de mensuração das informações e muitos meses faltantes na série. Desta forma optou-se por utilizar os dados de reanálise mensal do Power larc Nasa para esse preenchimento.

Quadro 1: Quantidade de meses faltantes de dados por ano

Ano	Meses Faltantes
1971	2
1973	5
1974	8
1975	11
1976	2
1977	1
1979	2
1981	3
1982	4
1989	12
1991	2
1992	2

Org: ANDRADE, J.S, 2021.

Os dados foram organizados por período de 1971- 1979 que foram preenchidos por média aritmética simples dos meses anteriores e o período de 1981 – 1992 por regressão linear simples, já que os dados de reanálise mensal só estão disponíveis a partir da década de 80.

A regressão linear simples expressa a relação entre a variável independente (x) e uma variável dependente (y), onde podemos determinar a equação da reta que melhor modela os

dados. Com esta equação, podemos prever o valor da variável resposta associada com um valor fixo da variável explicativa (FERREIRA, 2015).

Para encontrarmos a equação de regressão, utilizaremos a técnica de regressão linear simples. O coeficiente linear e a ordenada do ponto em que a reta corta o eixo das ordenadas (y). Em estatística, a equação de regressão é expressa na forma (FERREIRA, 2015):

$$y = b + b x$$

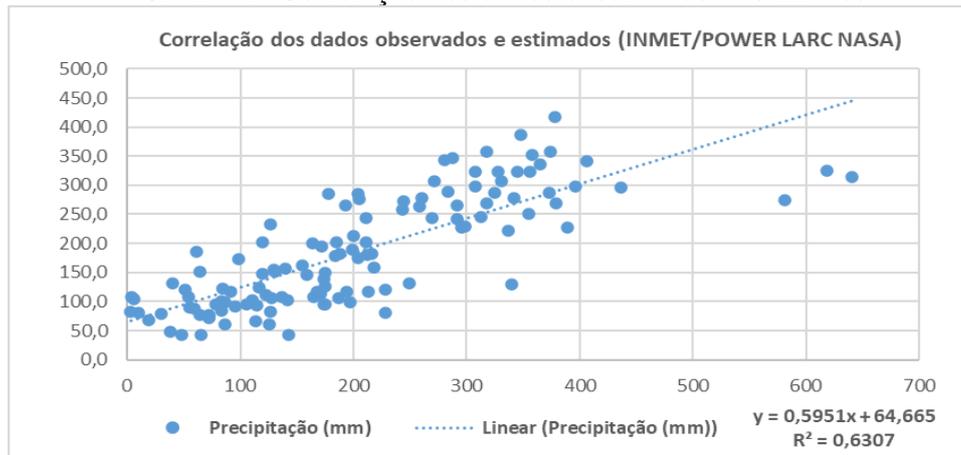
Em que “Y” e o coeficiente angular, a variável explicada, “b” e o intercepto. O coeficiente angular informa a inclinação da reta em relação ao eixo das abscissas “x” a variável explicativa (FERREIRA, 2015).

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) revela a força da relação linear entre a variável o que permite observar e avaliar tendências em seu comportamento ao longo da série (FERREIRA, 2015). Esse coeficiente varia entre 0 e 1, quanto mais próximo a 1, mais bem explicada ela é pelo modelo linear. Já um coeficiente próximo a 0 indica que a relação linear é fraca e que as variáveis não podem ser bem explicadas por esse tipo de modelo.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi utilizado para validar e testar a confiabilidade dos dados estimados (Power larc Nasa) versus dados observados (estação convencional) de precipitação, utilizando para tal a média mensal no período de 1981 a 1992, e com isto obter o grau de intensidade da predição sob os dois conjuntos de dados.

O gráfico de dispersão (Gráfico 1) apresentou o coeficiente de determinação entre os dados estimado e observado, de  $R^2 = 0,6307$ . Apesar de não apresentar uma capacidade de predição forte, mas moderada, considerou-se importante sua utilização, uma vez que nenhuma outra estação pluvial (ANA) apresentou o valor semelhante e nem próximo a este em outros testes realizados para o preenchimento das falhas, desta forma, ainda que o valor apresentado apresente limitações para o preenchimento é o mais próximo das condições pluviais da área.

Gráfico 1: Correlação dos dados observados e estimados



Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

- **Anos-Padrão**

Nos estudos sobre eventos climáticos foi necessária a escolha de anos representativos da dinâmica das chuvas no local. Nesse caso, procedeu-se a escolha dos anos-padrão. (MONTEIRO, 1971).

Para escolha dos anos-padrão, foram analisados os dados segundo a técnica dos percentis (SILVESTRE; SANT'ANNA NETO e FLORES, 2013) e classificados com os seguintes valores de percentis (Quadro 2), entre 0% a 15% (secos), de 15% a 35% (tendente a secos), 35% a 65% (habituais) 65% a 85% (tendentes a chuvosos) e aqueles com limites superiores a 85% (chuvosos). A escolha desses intervalos se deu como objetivo de identificar os padrões dos anos e aqueles considerados mais extremos.

Quadro 2: Limites de classes para definição dos anos-padrão segundo a técnica dos percentis

Percentis	Classes anos-padrão	Cores
$YI \leq (0,15)$	SECO	Red
$Q(0,15) < YI \leq Q(0,35)$	TENDENTE A SECO	Yellow
$Q(0,35) < YI < Q(0,65)$	HABITUAL	White
$Q(0,65) \leq YI < Q(0,85)$	TENDENTE A CHUVOSO	Light Blue
$YI \geq Q(0,85)$	CHUVOSO	Dark Blue

Organização: Jackeline Andrade (2021) baseada em Armond (2014).

- **Eventos extremos de chuva**

Os eventos extremos de chuva foram caracterizados segundo os percentis (P90, P95, P99), estes representam, respectivamente, 10%, 5% e 1% das precipitações mais significativas em toda a série de dados estudada, assim analisados de acordo com a frequência de dias iguais ou superior ao seu limiar. Utilizou-se de dados diários, uma vez que a estação do INMET em Itacoatiara é convencional e não possui mensurações horárias.

Os valores foram adotados nas seguintes classes de limiares (Quadro 3): P90 (valores entre P90 e 95), P95 (valores entre P95 e P99) e P99 (valores iguais ou superiores ao P99).

Quadro 3: Definições de limiares dos eventos extremos para Itacoatiara-AM

PERCENTIL	90	95	99
CLASSES	$22,6 > YI < 36,7$	$36,8 > YI < 68,5$	$\geq 68,6$

Organização: Jackeline Andrade (2021).

Autores como Barcellos (2009), Goudard (2015; 2019), realizaram estudos, nos quais os percentis foram utilizados de maneira satisfatória para a determinação de elevados totais pluviais diários e consideração dos eventos extremos utilizando o percentil 99 como limiar de estudo. Além disso, foram utilizados testes estatísticos não-paramétricos como Mann-Kendall para análise das tendências dos eventos extremos e significância estatística. Este teste estatístico é a união de um teste não paramétrico, inicialmente, estudado por Mann (1945) e, depois retomado por Kendall (1975), que procura determinar se uma tendência é significativamente identificável em uma série temporal (GOUDARD, 2019).

- **Coleta de informações junto à mídia**

Nesta fase do trabalho, foram coletados dados de episódios de eventos extremos em mídias impressas (acrítica, em tempo) e mídias digitais (G1 Amazonas), durante o período analisado, buscando também os dados de ocorrências registrados pela defesa civil da cidade, como subsidio qualitativo para os episódios extremos analisados nessa dissertação, tornando-se fundamental atrelar os dados quantitativos de chuva a informações qualitativos para qualificar a análise geográfica da distribuição das chuvas na área de estudo. Bem como Zanella (2006), Lohmann (2011), Goudard (2015; 2019), salientaram em seus estudos que a utilização dessas bases permitiu uma aproximação da realidade dos impactos deflagrados pelos episódios extremos.

Com base nessas informações dos impactos da série histórica de precipitação, buscou-se relacionar esses eventos as cartas sinóticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil e

CPTEC/INPE, assim possibilitando a verificação dos principais episódios extremos, bem como dos sistemas atmosféricos desencadeadores de excepcionalidades climáticas na área de estudo.

- **Índice de vulnerabilidade Social (SoVI) aplicado a cidade de Itacoatiara-AM**

A elaboração do índice de vulnerabilidade é baseada em uma série de modelos estatísticos e na presente pesquisa optou-se pela utilização do modelo SoVI® (Social Vulnerability Index) – Índice de Vulnerabilidade Social desenvolvido por Cutter et al. (2003).

As variáveis relativas ao perfil dos residentes, seus rendimentos, raça, cor, alfabetização, etnia, gênero, estrutura etária, formação, além de parâmetros da qualidade ambiental (coleta de lixo, abastecimento, arborização, iluminação e das condições de moradia) (tipos de domicílios, infraestruturas), que foram levantados pelo censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2010).

A sistematização do índice seguirá os princípios apresentados por Cutter et al (2003), e aplicado por Nascimento Jr. (2018) em que dados socioeconômicos e demográficos usados por setores censitários serão analisados através de um método analítico de fatores, de modo que centenas de variáveis são reduzidas a um pequeno conjunto de fatores independentes que representem a maior porcentagem da variância. De modo que essas variáveis são determinantes para a definição do perfil de vulnerabilidade na área de estudo. (NASCIMENTO Jr, 2018)

Desde a primeira aplicação, em Cutter et al. (2003), o SoVI® subsidiou análise de como a vulnerabilidade à desastres naturais acontece nos municípios estado-unidenses. Desde então, o índice tem sido utilizado por diversos autores em diferentes contextos, Almeida (2012) para a bacia do Rio Maranguapinho na região metropolitana de Fortaleza, Hummel et al., (2016) para os municípios brasileiros e integrado as excepcionalidades climáticas Armond (2018) para o estado do Rio de Janeiro, Nascimento Junior (2018) para as cidades de Santos (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Australia), Rampazzo (2019) para os municípios paulistas (Marília, São Carlos, Presidente Prudente)

Para elaboração do SoVI® na cidade de Itacoatiara-AM utilizou-se as informações coletadas no Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setores censitários (IBGE, 2010), considerando as categorias e variáveis apresentadas por Cutter (2003), e adaptadas por Nascimento Jr. (2018).

Os modelos e técnicas estatísticas aplicadas para a construção do SoVI® foram efetuadas no Microsoft Office Excel, em conjunto com o programa XLStat, com relação ao desenvolvimento do mapeamento usou-se o software QGis®.

No (Quadro 4) a seguir observam-se as informações estruturais do modelo, a fonte dos dados e a unidade espacial adotada para a cidade de Itacoatiara-AM. É representada a descrição das variáveis selecionadas do banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (Censo 2010) e as 4 categorias da vulnerabilidade estabelecidas.

Quadro 4: Estrutura do Social Vulnerability (SoVI®) para a cidade de Itacoatiara-AM

<b>Estrutura</b>	<b>Itacoatiara-AM</b>
<b>Base de dados</b>	Censo Demográfico 2010: Resultados do universo por setor censitário
<b>Fonte de base de dados</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - <b>IBGE</b>
<b>Unidade Espacial</b>	Setor Censitário urbano
<b>Total de unidades espaciais</b>	88 setores
<b>Número de variáveis</b>	129
<b>Categorias estabelecidas</b>	4

Organização: Jackeline Andrade (2023).

Desse modo, a unidade espacial de análise apoiou-se em 88 setores censitários urbanos, com dados de características demográficas, de domicílios e do entorno dos domicílios. Ao todo, foram selecionadas 129 variáveis e, posteriormente, agrupadas em categorias: estrutura etária; idade; alfabetização; raça/cor; situação socioeconômica; estrutura familiar; moradia e propriedade; abastecimento saneamento e energia; infraestrutura urbana-ambiental. De acordo com Mendes et al. (2011); Rampazzo (2019) o conceito de vulnerabilidade social pode ser decomposto em duas componentes principais: 1) Criticidade – analisa gênero, etnia, raça e cor, estrutura etária, alfabetização; 2) Capacidade suporte – considera questões de situação socioeconômica (renda média mensal por domicílio, bens duráveis e riqueza material), o perfil dos residentes (responsáveis, idade e gênero), propriedade, tipo e situação dos domicílios, e infraestrutura (identificação de logradouros, iluminação pública, pavimentação, calçadas, meio fio/guia, bueiros, rampa, arborização, coleta de lixo, abastecimento, que podem ser verificados no apêndice III.

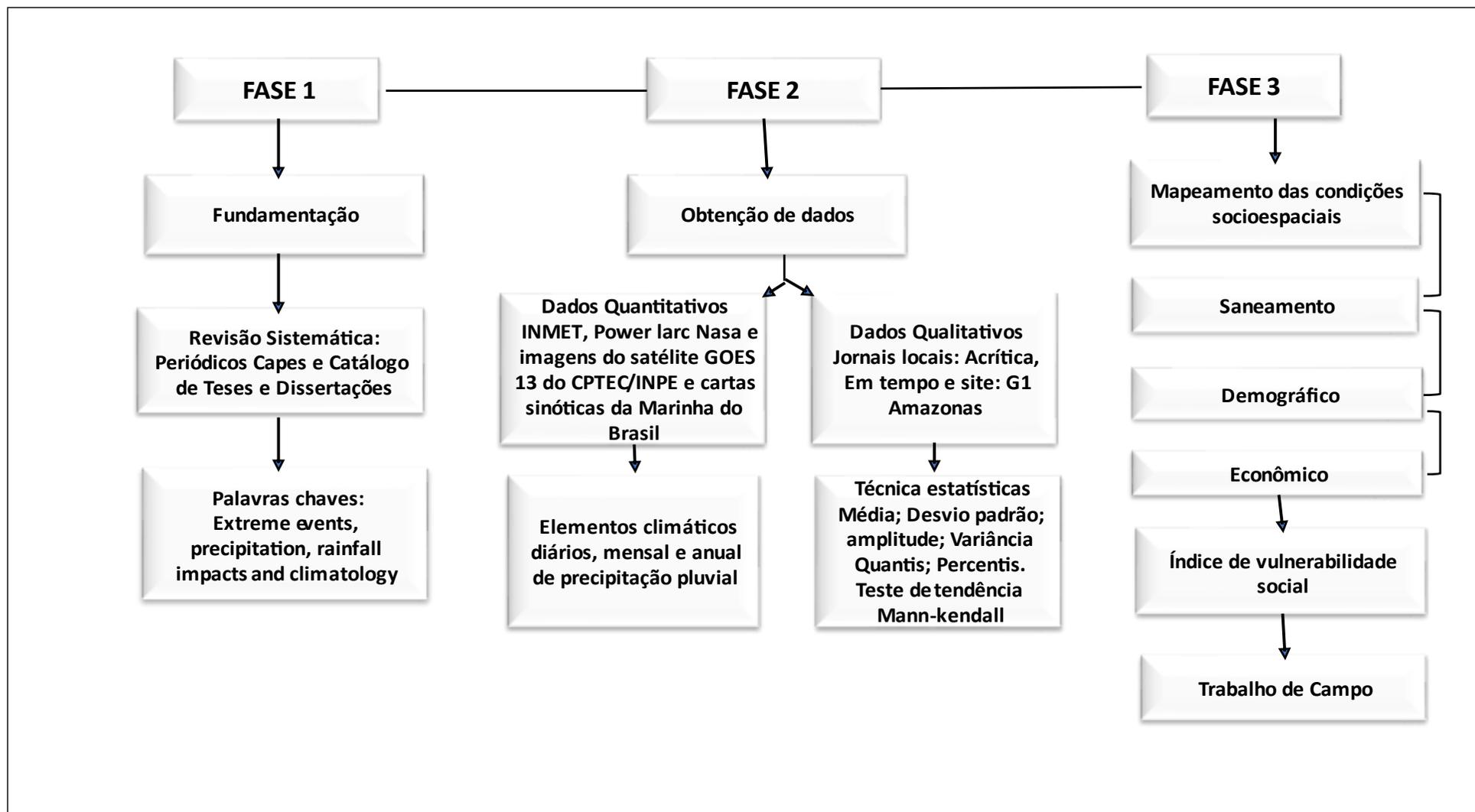
Nascimento Júnior (2018) elencou seis etapas principais para a construção do respectivo índice: I) a seleção de variáveis em categorias de vulnerabilidade; II) a padronização das variáveis: consiste na transformação em porcentagem, utilizando duas variáveis de ponderação – total de domicílios e população residentes por setores censitários; III) a aplicação de teste de multicolinearidade: as variáveis que exibirem correlações com valores superiores a  $r^2 > 0,09$

foram admitidas, assim, foi possível verificar a validação dos pesos obtidos pelo teste que reduziram as 129 variáveis para um grupo de 63; IV) aplicação da Análise Componente Principal - ACP para decomposição em fatores, admitindo-se o autovalor acumulado até 50% para cada componente principal e variáveis com cargas fatoriais entre -0,5 a 0,5; V) a construção de índices: através da determinação das Cardinalidades em cargas positivas e negativas das componentes principais da vulnerabilidade. VI) indicação numérica da vulnerabilidade: os valores dos componentes são calculados pela média aritmética, e posteriormente, classificados pela técnica do desvio padrão no ambiente do mapeamento no software QGis®. Nesta etapa são consideradas as classes de vulnerabilidade em muito baixa, baixa, moderada baixa, moderada alta, alta e muito alta.

- **Pesquisa de Campo**

Após a espacialização dos episódios extremos de chuva, a pesquisa de campo realizado em janeiro de 2023 nas áreas consideradas com classes maior de vulnerabilidade na cidade de Itacoatiara, com intuito de evidenciar as condições perante os desastres hidrometeorológicos. Onde realizou-se registros fotográficos, verificando em loco os sujeitos presentes e as estratégias de adaptação utilizada pela população nesses ambientes, no intuito de validar o índice de vulnerabilidade social, contrapondo a realidade com o mapeamento do índice.

Fluxograma 1: Síntese dos procedimentos metodológicos e técnico



Organização: Jackeline Andrade, 2021.

## 6 CAPÍTULO I: CLIMA E EVENTOS EXTREMOS EM ITACOATIARA-AM

Este capítulo coloca em evidência as bases teóricas e conceituais da pesquisa, permeando os conceitos sobre o sistema clima urbano com enfoque no subsistema hidrometeorológico, eventos pluviiais extremos, variabilidade climática na área de estudo e a identificação dos eventos extremos segundo os percentis 90, 95 e 99 como limiar de análise.

### 6.1 SISTEMA CLIMA URBANO - SUBSISTEMA-HIDROMETEÓRICO

O Sistema do Clima Urbano (S.C.U) se baseia na necessidade de compreender de maneira integrada as relações entre o sistema climático (fenômeno natural) e a urbanização (processo social), Monteiro (1976, 2003).

Monteiro (1976) apoiou seus estudos teóricos e técnicos de sua proposta na teoria geral do sistema (TGS) de Ludwing von Bertalanffy (1950). Resolvia parte da dicotomia moderna entre sociedade e natureza, ao entender que o clima e o fator urbano abrangiam fatores naturais e antrópicos, destacava o conceito de derivação ambiental no qual representava a noção integrada da dinâmica social e natural, propondo essa teoria geográfica do clima urbano. (NASCIMENTO Jr, 2018).

Essa proposta de análise elaborada por Monteiro, sobre o clima urbano, na perspectiva da Climatologia Dinâmica, que teve em Maximilien Sorre e Pierre Pédelaborde seus fundamentos, mas também na proposta metodológica de mensuração e análise separativa dos elementos climáticos nas cidades independentemente do tamanho (extensão territorial) e quantidade de habitantes.

Desse modo, tendo como base a T.G.S, Monteiro (1976) formalizou esta estrutura teórica e metodológica para a compreensão do fato urbano concomitantemente às interações atmosféricas, um sistema complexo, aberto e adaptativo. Dentro da teoria do S.C.U, o clima urbano é entendido como um sistema aberto, que se apresenta por estrutura interna que se mantém pela troca de matéria e energia atmosférica, entendido a partir da entrada (input) e saída (output) da radiação solar. A estrutura do S.C.U é subdividido em três subsistemas ou canais de percepção:

- Termodinâmico (canal térmico)
- Físico-químico (qualidade do ar)
- Hidrometeorológico (impactos meteorológicos)

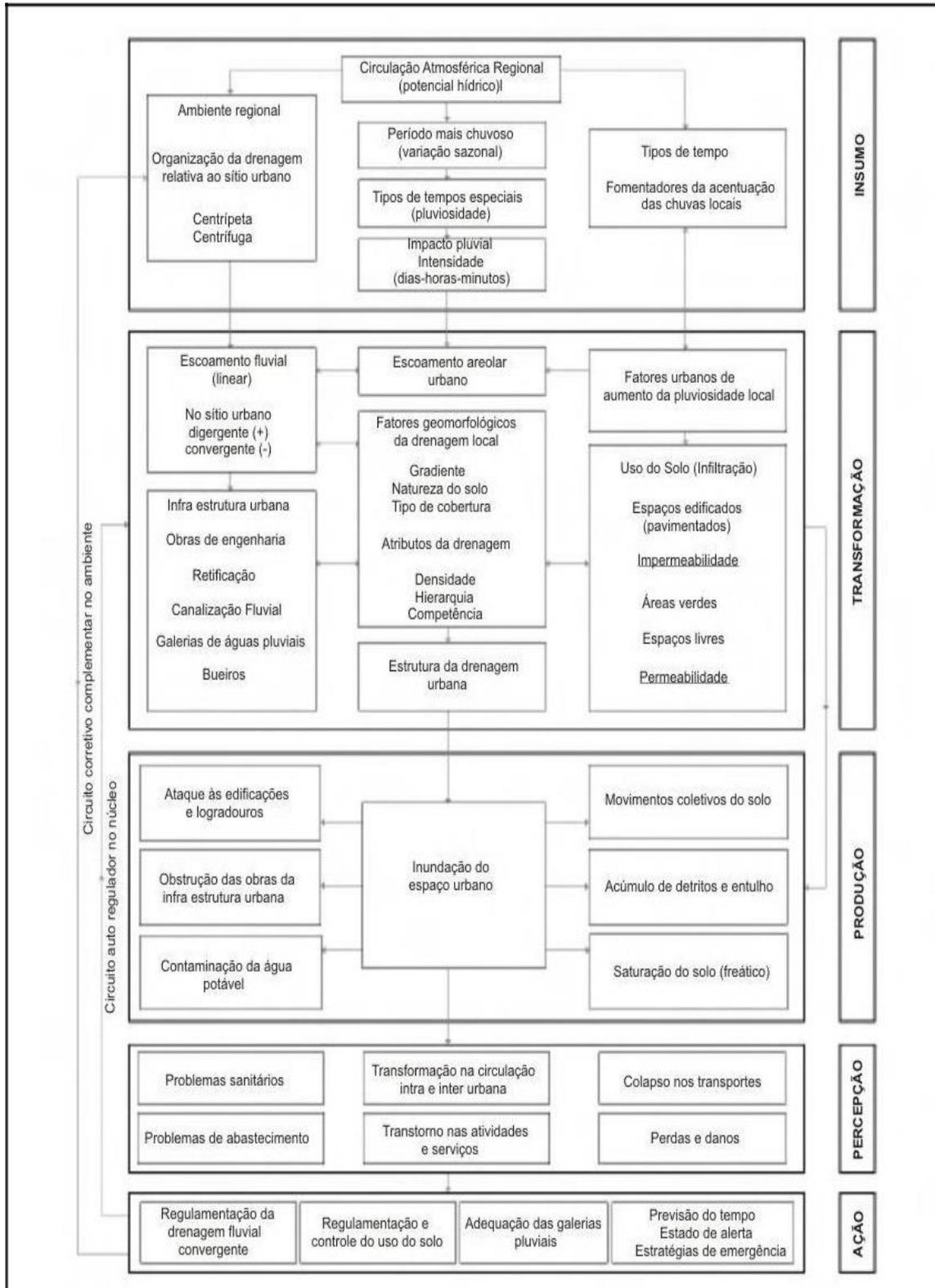
Ao longo da pesquisa, coloca-se em evidência o subsistema hidrometeorológico (Figura 3), pois, abrange todos os impactos meteorológicos, hídricos, mecânicos e elétricos (chuva, nevoeiro, tornados, tempestades) que possam ocasionar impactos na vida urbana, causando perturbação ou desorganização de sua estrutura e dos serviços (MONTEIRO, 1976). Nesse sentido o autor explica

A ideia de impacto pressupõe consequência calamitosas, atacando a integridade física da cidade como artefato físico e perturbando, sensivelmente, as formas de circulação e comunicação internas e de ligação extrema. São episódios ou eventos restritos no tempo, que estão presos ao modo de transmissão de energia, ou seja, ao ritmo de sucessão dos estados atmosféricos (MONTEIRO, 1976, p.171).

De acordo com Monteiro (2003), este canal merece destaque, pois:

[...] aguaceiros, fortes impactos pluviais concentrados, o problema é de especial para nós, no Brasil, já que dificilmente há um ano que, em diferentes regiões, não haja uma ou algumas cidades violentamente atacadas [...] a complexidade da questão e sua importância nacional exigem maiores considerações, no que concerne tanto a gênese do fenômeno como a seu impacto urbano, nos mecanismos de defesa (MONTEIRO, 2003, p. 55).

Figura 3: Terceiro canal do sistema clima urbano-Impacto meteórico



Fonte: MONTEIRO; MENDONÇA, 2019, p.54.

As manifestações meteóricas de impacto são eventos que possuem variações extremas e formas violentas do ritmo - desvio dos padrões habituais, disritmias, provocadas pela sucessão dos estados atmosféricos (PINHEIROS, 2012). Na maioria das vezes os elementos extremos estão associados aos fenômenos atmosféricos e a cidade responde derivada da sua organização por impactos desses eventos.

Muitos estudos sobre clima urbano, abordam o subsistema hidrometeorológico atrelado principalmente aos problemas urbanos e a ocorrência de desastres em áreas que apresentam grandes susceptibilidades a alagamentos, inundações. Pode-se resumir que esses estudos apresentaram caracterizações das intensidades, frequências, magnitudes e das distribuições espaço temporais da precipitação pluvial.

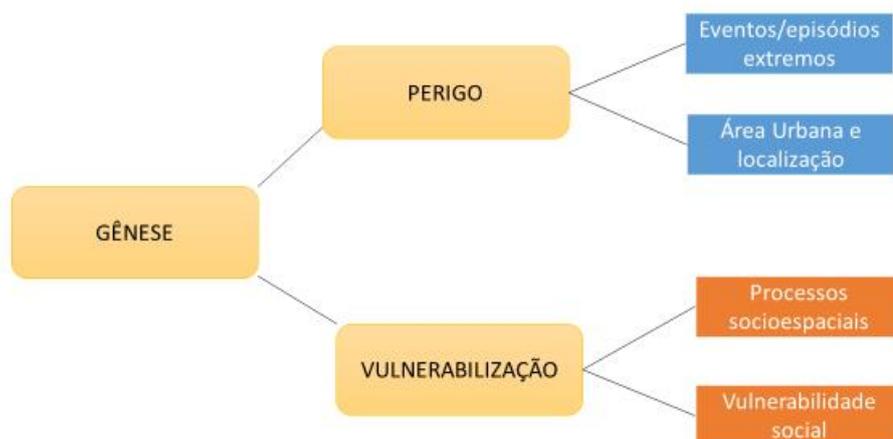
Alguns estudos como Zanella (2006) e Goudard (2015) para a cidade de Curitiba – PR, por Lima (2012) para a cidade de São Carlos -SP. Outros articulam esses eventos de chuvas conforme as suas frequências, intensidade e magnitude ao padrão e expansão territorial, associando essas notificações a notícias de jornais, informações e dados da defesa civil (Zanella, 2006; Lima, 2012), abordando risco e vulnerabilidade (Zanella, 2006; Armond, 2014; Nascimento Jr, 2018).

Segundo Nascimento Jr (2018) entende-se como ponto possível de interpretação do clima urbano pela climatologia geográfica, em que utiliza o SCU, passa pela descrição das chuvas e dos fenômenos associados (chuvas extremas, enchentes, inundações e alagamentos) tendo como base o impacto que tendem a promover.

A proposta da análise do clima nesse trabalho é possível pela combinação da Geografia do Clima no Sistema Clima Urbano, trazendo o” risco definido pela triangulação entre gênese – perigo – vulnerabilização. A síntese desta concepção pode ser visualizada na (Figura 4), onde deve-se compreender o fator de risco como probabilidade e construção social” (NASCIMENTO JR, 2018).

Sobre o perigo, trata-se de uma das maneiras de representar os “sistemas naturais como evento adverso ou extremo é o perigo natural”. Se tratando de eventos extremos que podem gerar impactos na cidade sua concepção remete diretamente à natureza dos riscos. “O risco como probabilidade está para perigo natural em um primeiro momento da análise em uma dimensão eventual. Sobre a vulnerabilização que a relativização do perigo ocorrer, e o risco de o perigo acontecer” (NASCIMENTO JR, 2018).

Figura 4: Estrutura da proposta de análise do clima urbano no trabalho



Org: ANDRADE, J.S, 2023.

## 6.2 EVENTOS EXTREMOS: DEFINIÇÕES E DIFERENTES ESCALAS DE ANÁLISES

Buscando compreender as definições sobre eventos extremos de precipitação e suas escalas de análises, realizou-se uma revisão sistemática (figura 2, p.21) que obteve com resultado dezenove trabalhos com teor satisfatório, para compreensão sobre a temática e suas metodologias de análises.

Em relação aos termos e conceitos sobre eventos extremos de chuva, não existe uma unanimidade científica, pois, sempre está baseado nos estudos em diferentes índices para avaliar a intensidade, frequência e duração desses eventos.

São denominados de excepcionalidades climáticas (MONTEIRO, 1991; SANT'ANNA NETO, 2008), adversidades climáticas (BEREZUK, 2007), até mesmo de hazards (MARANDOLA JUNIOR e HONGAN, 2004).

Marengo et al. (2007) define eventos extremos como anomalias climatológicas em escalas de tempo que variam de horas, dias, estações até milhares de anos, entre os eventos extremos de curta duração destacam-se: ondas e calor, chuvas intensas, geadas, temporais, furações e secas.

Do ponto de vista específico das chuvas, os extremos podem ser considerados aqueles cujos totais anual, sazonal ou diário demonstram desvios de valores superiores ou inferiores à apresentação dos habituais da área no período analisado (NASCIMENTO Jr, 2013). Os índices se baseiam quase sempre no comportamento diário de elementos do clima, como a temperatura e a

precipitação, e têm a finalidade de compreender a variabilidade, os ritmos e a excepcionalidade de eventos climáticos (MONTEIRO e CARVALHO, 2013).

No que concerne à análise dos extremos, no âmbito da literatura científica as metodologias de identificação associam-se frequentemente a índices climáticos de cunho estatístico, baseados no comportamento diário de elementos do clima e tendo por finalidade a compreensão da variabilidade, dos ritmos e da excepcionalidade de eventos climáticos (FRANÇA, 2015). Neste contexto, os limiares para a definição de extremos são os mais variados, em face de diferentes abordagens teórico-metodológicas.

Para Goudard (2015) em seu estudo na sub-bacia do Atuba-Bacacheri-PR, buscou compreender, de maneira integrada a variabilidade pluvial, as chuvas extremas (maiores ou iguais ao Percentil 99%), os episódios pluviais extremos, dias em que precipitações extremas culminaram em impactos no ambiente urbano com limiares acima 48,6mm/24h. Os resultados demonstraram que os episódios pluviais extremos se processam de maneiras não-homogêneas ao longo da bacia analisada, sendo que as populações mais vulneráveis socialmente são justamente as mais afetadas.

Goudard (2019) analisou a variabilidade dos extremos pluviais e a configuração dos riscos híbridos associados aos desastres hidrometeorológicos na bacia do alto Iguaçu. Foram realizadas análises integradas, colocando em evidência a variabilidade dos extremos pluviais (P90, P95, P99) classes de chuvas entre 20 e 30mm em 24 horas.

Armond (2014) realizou uma análise dos elementos atmosféricos em sua dinâmica por meio da análise rítmica, junto com a identificação qualitativa dos alagamentos ocorridos no município do Rio de Janeiro. Foram considerados como limiar de chuvas eventos acima de 20mm em 24 horas.

Santos (2017) avaliou a caracterização das variações pluviométricas (mensais e anuais) e normal climatológica da cidade de Manaus, identificação dos índices de erosividade da chuva a partir dos dados pluviométricos e a descrição dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva. Foram considerados como limiares de eventos extremos somente aqueles que ultrapassaram 50mm diários de precipitação.

Sousa (2010) analisou o padrão das chuvas no leste da Amazônia e o período de maior ocorrência de eventos extremos de precipitação, com limiares de totais diários iguais ou superiores a 30mm em 24 horas. Os impactos dos eventos extremos estão associados às enchentes e inundações em Rondônia, as análises identificaram diversas situações de risco, particularmente nos âmbitos da saúde, habitação e economia.

Antunes (2015) a partir do estudo sobre os eventos intensos de precipitação na bacia hidrográfica do rio Piracicaba a partir do limiar de 94 mm em 24h, obtido por meio da adaptação

do método do box plot, foi possível estabelecer áreas de maior ocorrência de eventos. Verificou-se que o setor centro-leste da bacia hidrográfica recebeu a maior quantidade de chuvas intensas no período de 1981 a 2010.

Ferreira (2008) observou as características climatológicas associados aos eventos extremos a Zona de Convergência Intertropical observados sobre o oceano atlântico equatorial, procurando estabelecer as influências na variabilidade pluviométrica da Amazônia oriental com valores acumulados que geralmente ultrapassaram os 20mm, corresponderam à aproximadamente 89% do total de eventos.

Weykamp (2006) analisou os aspectos dinâmicos do Jato de baixos níveis (JBN) sobre os episódios extremos de precipitação no Paraguai, a Região Sul do Brasil e o Uruguai e o leste da Argentina. Os episódios extremos de precipitação foram aqueles no qual o percentil da distribuição de Gamma ajustada a série de totais diários de precipitação ultrapassou o limiar 95%.

Lima (2012) partiu das notícias de jornal para buscar a gênese das chuvas que causavam impactos, os resultados revelaram que, embora a ocorrência de alagamentos e inundações na cidade de São Carlos, sejam considerados fato antigo, houve um grande aumento do número de ocorrências e surgimento novas áreas atingidas por esses impactos, especialmente a partir do final da década de 1990, com reflexo da expansão urbana e do aumento da concentração das chuvas, principalmente nos casos de grandes volumes de precipitação de 30 mm em 24h.

Silveira (2007) relacionou os eventos de precipitação pluvial extrema com a ocorrência de inundações na zona urbana de São Sepé-RS. Com base na análise dos episódios observou-se que o volume mínimo de precipitação capaz de originar esse tipo de impactos de 38mm de chuva em 24h. A autora classificou as inundações quanto a sua gênese, em três grupos: aqueles relacionados as passagens frontais rápidas, os de frentes estacionarias e os de instabilidades tropicais associados a frente polar.

Pinheiro (2016) ao analisar a variabilidade têmporo-espacial da pluviosidade no período de 1980 a 2010 na bacia do Alto Iguaçu, constatou variações sazonais de tendências das chuvas. em sua análise da frequência dos eventos, utilizou os percentis 95 e 99, mostraram uma variabilidade espacial e sazonal, uma vez que no verão apresentou-se como o maior número de eventos, seguido pela primavera, outono e inverno.

Franca (2015) em seu estudo na região da Amazônia meridional e os riscos e impactos socioambientais a eles associados em Rondônia. não foi observada nenhuma tendência estatisticamente significativa no que se refere ao aumento ou redução de eventos pluviais extremos ao longo do período analisado.

Zanella (2006) trabalhou a questão dos eventos extremos de precipitação na cidade de Curitiba, especificamente no bairro Cajuru, os episódios analisados foram os de intensidades iguais e superiores a 60mm/24h. Por meio de pesquisas em jornais, analisou os impactos e verificou que os jornais davam mais exposição aos eventos que causavam mais estragos à vida da população, normalmente com valores acima de 100 mm diários ou na somatória de três dias.

Monteiro e Zanella (2017) identificaram eventos extremos máximos diários de chuva a partir da aplicação da metodologia estatística dos máximos de precipitação nos municípios cearenses de Crato, Fortaleza e Sobral. No período de janeiro de 1980 a junho de 2017, identificando eventos de grande intensidade com limiares acima de 50mm em 24 horas.

Pinheiro (2012) no estudo do clima urbano da cidade Bauru-SP por meio de uma análise temporal e espacial dos impactos ocorridos visando avaliar os eventos extremos. Concluiu que apesar dos eventos pluviométricos extremos, assim, como o total mensal de chuvas foi diminuído na década de 2000 estes passaram a impactar e fragilizar mais o ambiente urbano.

Nunes (2018) buscou identificar tendências para eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Belo Horizonte. A pesquisa permitiu o levantamento de 104 casos de alagamentos para a cidade, sendo determinado um limiar de 40mm em 24 horas, que é um indicativo de evento com potencialidade em causar impactos associados a drenagem urbana.

Santos (2015) em seu estudo na Amazônia Brasileira, observou que os eventos mais intensos são esperados durante o período chuvoso. E no sul da Amazônia, as análises de composição revelaram que os eventos de precipitação extrema estão associados com a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), no litoral, noroeste, são aparentemente associados ZCIT ou convecção local.

Mascarenhas (2009) relacionou os dados de precipitação aos fenômenos El Niño e La Niña, e observou-se que estes eventos influenciaram os padrões desses parâmetros no decorrer da série estudada. Definidos inicialmente como eventos extremos para a cidade de Manaus valores acima de 50mm e 60mm em 24 horas.

A partir disso, a pesquisa avaliou os eventos extremos em Itacoatiara e sua relação com a dinâmica do clima na Amazônia.

### 6.3 SISTEMA ATMOSFÉRICOS ATUANTE NA ÁREA DE ESTUDO

A região amazônica apresenta pouca amplitude térmica, por localizar-se próxima à faixa equatorial, recebe durante todo ano alta quantidade de energia solar, que se reflete em temperaturas

elevadas independentemente das estações do ano, com exceção dos dias com a presença de friagens (ALEIXO, 2015).

A precipitação na região segundo Fisch, Marengo e Nobre (1998) possui a média de 2300 mm. Variando no Oeste da região, a média fica em torno de 3500 mm anuais, devido à ascensão de orográfica da umidade transportada pelos ventos alíseos de leste da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Os autores apontam que

O período de chuva ou forte atividade convectiva na região amazônica é compreendido entre novembro e março sendo que o período de seca (sem grande atividade convectiva) ocorre entre os meses de maio e setembro. Os meses de abril e outubro são meses de transição entre um regime e outro (FISCH, MARENGO e NOBRE, 1996, p. 104-106).

Na região onde o município de Itacoatiara está localizado essa configuração pode ser observada que entre os meses de novembro a maio é período de forte atividade convectiva, em contrapartida os meses de junho a outubro sendo configurado como período de seca nessa região.

Os sistemas atmosféricos atuantes na Amazônia são complexos e seu predomínio está também relacionado à organização do movimento convectivo na região e podem ser classificados conforme sua escala.

De grande escala tem-se Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no verão e outono. Além disso, tem-se em escala sinótica a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é um importante sistema de grande escala que influencia na variabilidade de precipitação na região. A ZCAS é uma banda persistente de nebulosidade e precipitação com sentido noroeste-sudeste, que percorre deste o sul e leste da Amazônia até o Sudoeste do Oceano Atlântico Sul.

Durante o verão tem-se também o predomínio da atuação do sistema Alta da Bolívia em conjunto com os movimentos convectivos locais. A frequência de linhas de instabilidade(mesoescala) durante a época denominada de seca na Amazônia Central é também responsável pelas chuvas na região (MOLION, 1987, FISCH et al., 1998). Em seus estudos Molion (1987) destaca esses sistemas de grande escala e mesoescala que atuam na região.

Os principais mecanismos que contribuem para a elevada pluviosidade resultam da combinação ou atuação da ZCIT, Alta da Bolívia (AB) e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) em grande escala e as LIs, brisas marítimas e os aglomerados convectivos são alimentados pelas fontes de vapor d'água constituídas pelo Oceano Atlântico e da floresta Amazônica (MOLION, 1987, p. 108).

De acordo com Marengo e Nobre (2009, p. 199-207) um importante padrão de circulação equatorial associa-se aos ventos alísios que transportam umidade do atlântico tropical para Amazônia associado a uma maior pressão atmosférica no atlântico tropical norte, durante o verão e outono. Além disso, as incursões de sistemas frontais, aliadas à organização do movimento

convectivo, contribuem para chuvas e diminuição da temperatura na região e ocorrem com maior frequência durante os meses de junho-outubro (ALEIXO, 2015).

Em larga escala destacam-se dois eventos de extrema importância para o regime climático na região Amazônica, o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) um fenômeno de interação oceano-atmosfera que ocorre no oceano Pacífico Equatorial, considerado a causa principal da variabilidade climática em várias regiões do globo e na Amazônia, apresentando duas fases quente (El Niño) e outra fria (La Niña) que correspondem, os valores negativos e positivos do índice de Oscilação Sul.

Os eventos de El Niño e (La Niña) concomitante com anomalias de TSM no Atlântico tropical, intensificam ou diminuem a precipitação sobre a porção central-leste da Amazônia e nordeste Brasileiro (MARENGO et al., 2018). Essa interação entre oceano-atmosfera conhecido como Dipolo do Atlântico que causa variação na precipitação na região Norte e Nordeste do Brasil.

O Dipolo do Atlântico é uma mudança anômala na Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Atlântico Tropical. Esse fenômeno gera uma alteração na circulação meridional da atmosfera (Célula de Hadley) e influência na formação de nuvens no Norte e Nordeste brasileiro e alguns países do continente africano, fazendo com que haja uma variação na precipitação (OLIVEIRA, 2019, p.30).

Além disso, de acordo com Mascarenhas (2009) na Amazônia a La Niña atua aumentando os totais pluviométricos amenizando as temperaturas, em média sua ocorrência é entre dois a sete anos. Na sua fase positiva, o El Niño atua reduzindo os totais pluviométricos elevando as temperaturas, dependendo de sua intensidade (MASCARENHAS, 2009).

Os valores referem-se à região do Pacífico Equatorial identificada como Niño 3.4 e é denominado Índice Oceânico Niño. Compreende-se que os eventos El Niño e La Niña (oceânicos) têm relação com o Índice de Oscilação Sul (atmosférico) e integram o fenômeno El Niño Oscilação Sul-ENOS (fase quente e fria) que é a associação do componente oceânico e atmosférico que relaciona a temperatura do Oceano Pacífico com as alterações da pressão em Tahiti e Darwin. (MARENGO e NOBRE, 2009)

A presença do fenômeno El Niño na região ocorreu durante as secas de 1991/1992, 1994/1995, 1997/1998. Na seca de 1991/92 as anomalias mais altas ocorreram na área nordeste da Amazônia nos meses de janeiro e maio de 1992 se estendendo até a costa oeste da América do Sul em maio deste ano, com deslocamento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCIT) mais para o norte resultando nessas anomalias negativas (NOBRE e BORMA, 2013, p.57).

Em anos de ENOS fase fria, observa-se o fortalecimento da convecção na região Norte e Nordeste e aumento dos totais pluviométricos interanuais.

#### 6.4 CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA DE ITACOATIARA

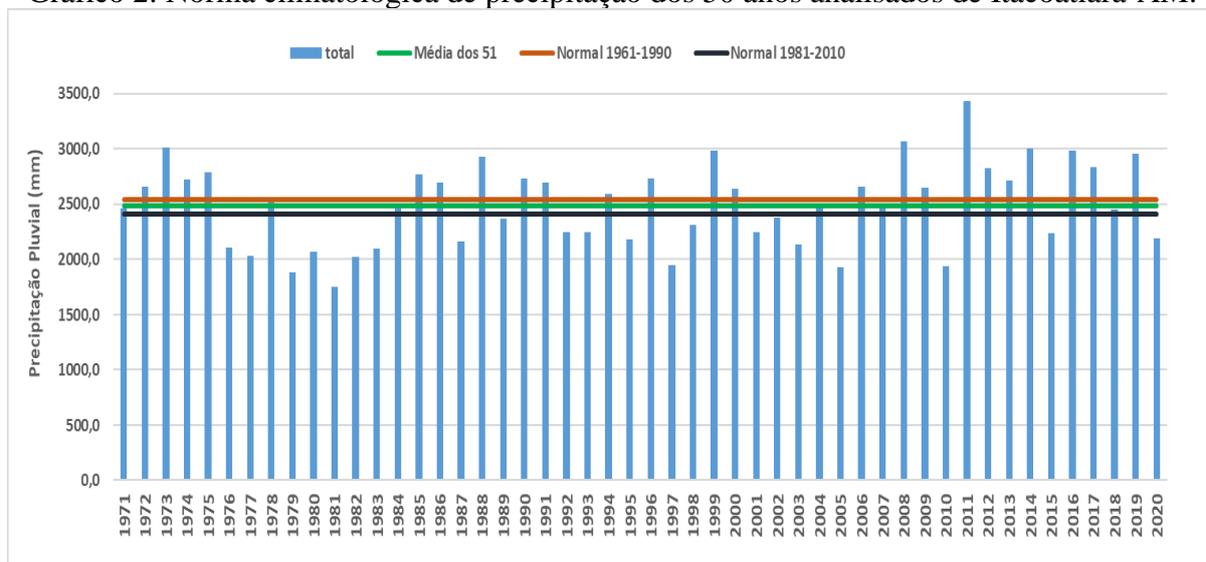
Para uma análise dos dados de precipitação e eventos extremos, primeiramente é importante caracterizar a dinâmica e os elementos do clima em que a cidade de Itacoatiara está situada no contexto regional.

Em relação ao clima onde está situada, a cidade de Itacoatiara- AM é caracterizada com um clima tipo AM, segundo (DUBREUIL; FANTE; SANT'ANNA NETO, 2018), considerado quente e úmido ao longo do ano, Itacoatiara tem uma temperatura média de 28,5°C, umidade relativa acima de 86,6 % e pluviosidade média anual de 2.543,8 milímetros, segundo as normais climatológicas de 1991-2020.

O período temporal para análise climática de Itacoatiara foi de 1971-2020 cabe primeiramente identificar como se caracteriza o regime habitual das chuvas, sua variabilidade interanual, sazonal e mensal.

A partir dos dados referentes à normal climatológica do período de 1961 a 1990 e a normal de 1981 a 2010, foi possível fazer algumas considerações sobre a variabilidade pluviométrica. Em relação a normal climatológica, os 50 anos analisados (Gráfico 2), apresentaram o valor médio de 2462,2mm, e a normal climatológica de 1961-1990 obteve a média de 2539,6mm e a normal de 1981-2010 com 2412,4mm. O total máximo de chuva anual ocorreu no ano de 2011 que alcançou 3432,9 mm e o menor total anual ocorreu no ano de 1981 com 1747,8 mm. O valor médio dos 50 anos analisados ficou abaixo da normal climatológica de 1961-1990, em relação ao período de 1981-2010 a média ficou acima.

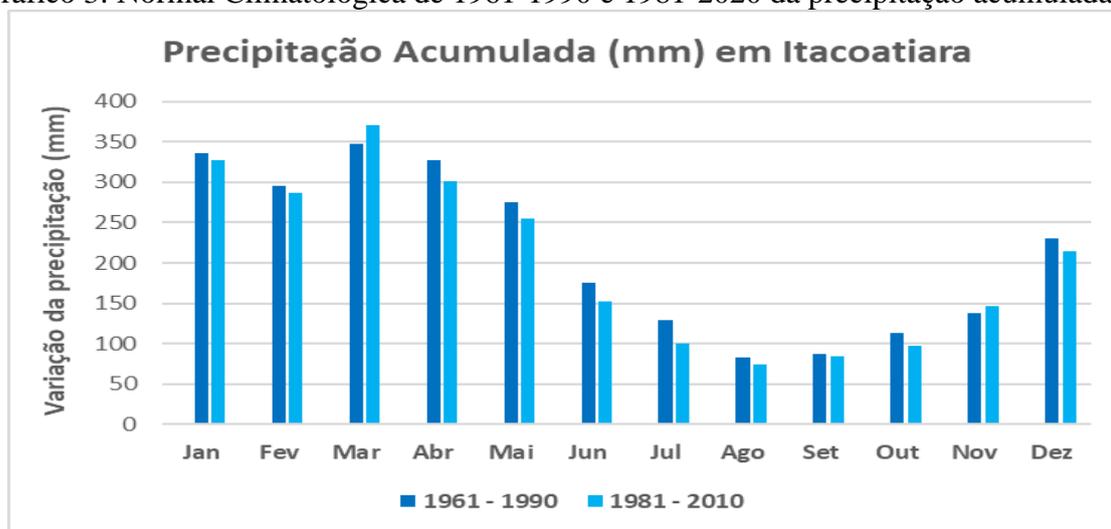
Gráfico 2: Norma climatológica de precipitação dos 50 anos analisados de Itacoatiara-AM.



Fonte: INMET, Org: ANDRADE, J.S, 2021.

Em relação as normais climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010 de precipitação acumulada média, representada no (Gráfico 3), os milímetros acumulados mensais aumentaram, principalmente nos meses de março e abril, que correspondem ao período chuvoso. No período de julho à setembro houve uma diminuição no volume da precipitação.

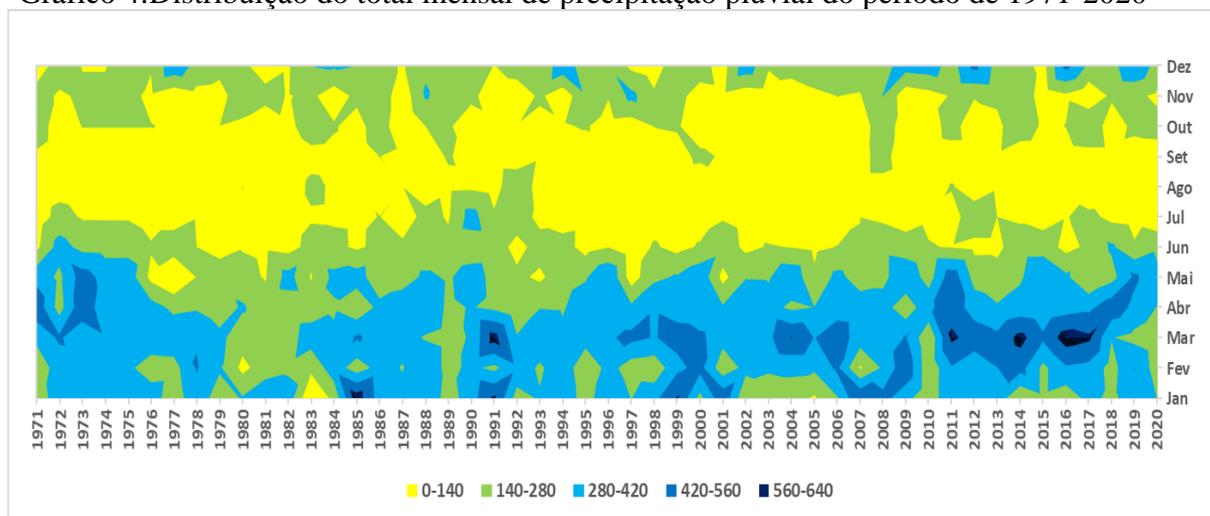
Gráfico 3: Normal Climatológica de 1961-1990 e 1981-2020 da precipitação acumulada média.



Fonte: INMET, Org: ANDRADE, J.S,2021.

Pela distribuição mensal das chuvas (Gráfico 4) identificou-se que os meses de janeiro a maio se caracterizam como tendentes a chuvosos/ou chuvosos, em contrapartida os meses de julho a outubro possuem o padrão de tendentes a secos. No período de 1970-2020 o mês de junho apresentou o padrão de 31 meses se configurando como habitual, assim se caracterizando como um mês de transição entre o período chuvoso para o tendente a seco/seco.

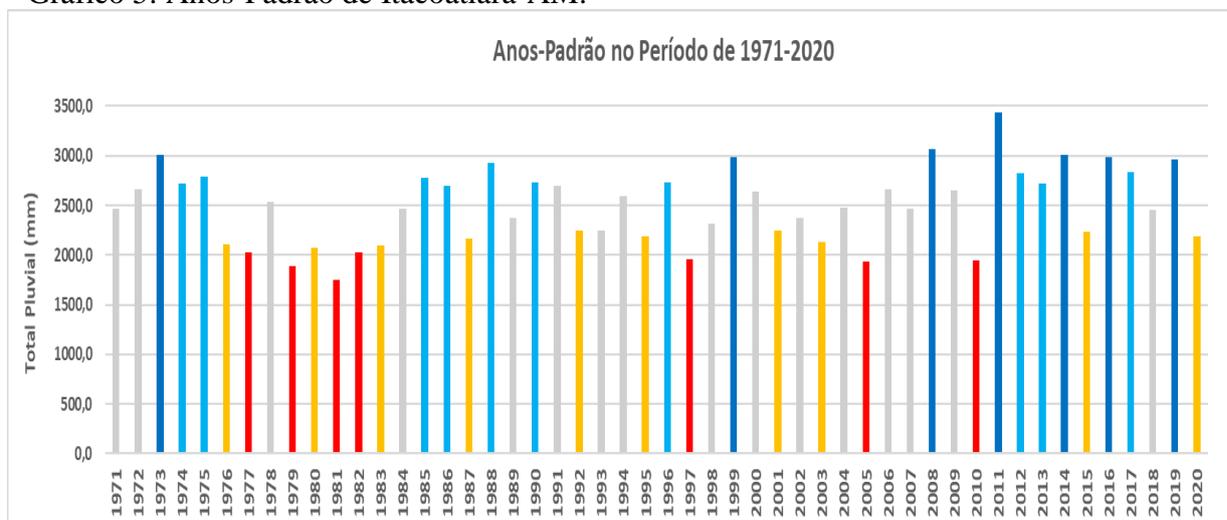
Gráfico 4: Distribuição do total mensal de precipitação pluvial do período de 1971-2020



Fonte: INMET, Org: ANDRADE, J.S,2021.

Em relação a definição dos anos-padrão, é necessária a escolha de anos representativos da dinâmica das chuvas no local em estudo, desta forma foram identificados os anos-padrão (Gráfico 5), assim considerados como secos (coloração vermelho) aqueles anos que tiveram suas médias abaixo de 2055,1mm acumulados, os anos de 1977, 1979, 1981, 1982, 1997, 2005 e 2010 apresentaram essas características, por outro lado, os anos chuvosos (coloração azul-escuro) apresentaram valores maiores de 2941,7mm, sendo os anos de 1973, 1999, 2008, 2011, 2014, 2016 e 2019.

Gráfico 5: Anos-Padrão de Itacoatiara-AM.



Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2021.

Os caracterizados como tendentes a secos (coloração laranja) foram 10 anos, sendo eles, 1976, 1980, 1983, 1987, 1992, 1995, 2001, 2003, 2015 e 2020 e os anos tendentes a chuvosos (coloração azul-claro) são os anos de 1974, 1975, 1985, 1986, 1988, 1990, 1996, 2012, 2013 e 2017, um total de 10 anos. Os anos habituais (coloração cinza), são aqueles valores que o acumulado não apresentou características além do esperado para valores máximos ou mínimos, predominaram na série histórica. No total 16 anos foram considerados habituais: 1971, 1972, 1978, 1984, 1989, 1991, 1993, 1994, 1998, 2000, 2002, 2004, 2006, 2007, 2009 e 2018.

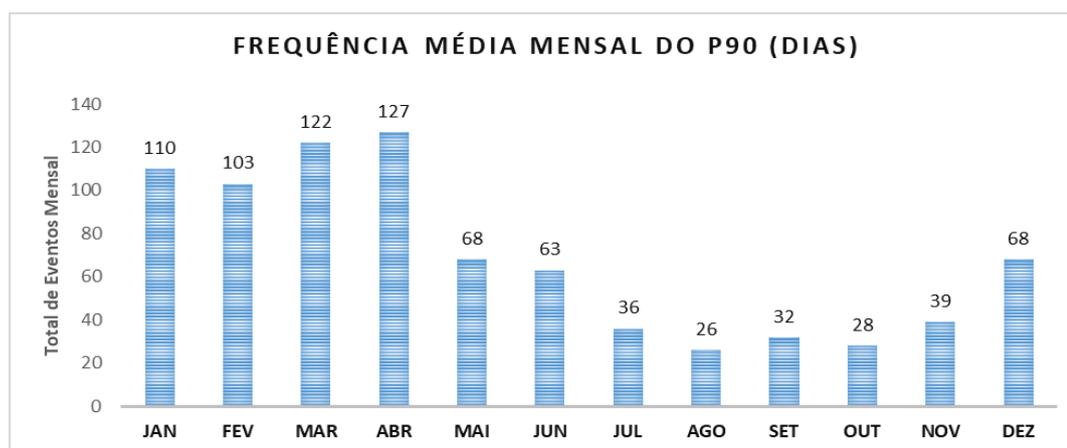
## 6.5 IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS: PERCENTIL 90, 95 E 99 COMO LIMAR DE ANÁLISE.

Ao analisar os dados referente aos eventos extremos na cidade de Itacoatiara- AM, foram utilizados como limiares de análise os percentis 90, 95 e 99. No que se refere à excepcionalidade das chuvas, a partir dessa análise dos percentis, notou-se que o percentil 90 apresentou a classe de

22,6 a 36,7 mm/24h na área de estudo, ao passo que o percentil 95, oscila entre 36,8 a 68,5 mm/24h e o percentil 99, encontra-se atrelado a índices iguais ou superiores a 68,6 mm/24h.

Do ponto de vista da frequência média mensal do percentil 90 (Gráfico 6), os meses de abril (127), março (122), janeiro (110) e fevereiro (103 dias) se destacam, apresentando valores superiores a 100 dias de precipitações, em detrimento dos meses de agosto (26) e outubro (28 dias) que evidenciam as menores frequências no período de 1970 a 2020.

Gráfico 6: Frequência média mensal do percentil 90.

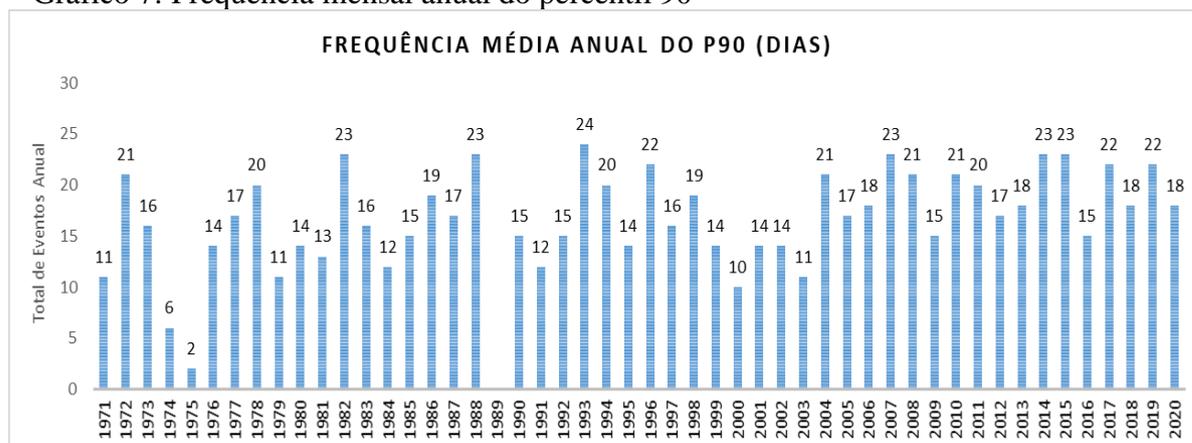


Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2021.

Em relação à frequência média anual (Gráfico 7), nota-se uma distribuição relativamente homogênea, contudo, pode-se citar os anos de 1993 (24); 1982, 1988, 2007, 2014 e 2015 com (23), 1996, 2017 e 2019 (22) e 1972, 2004, 2008, 2010 apresentando as frequências mais significativas.

As frequências menos expressivas são constatadas nos anos de 1975 (2), 1974 (6), 2000 (10), 1971, 1979 e 2003 com (11 dias), o ano de 1989 não obtivemos dados diários para análise. Os demais anos oscilaram entre frequências de 12 a 20 dias de precipitações entre 22,6 e 36,7 mm/24h.

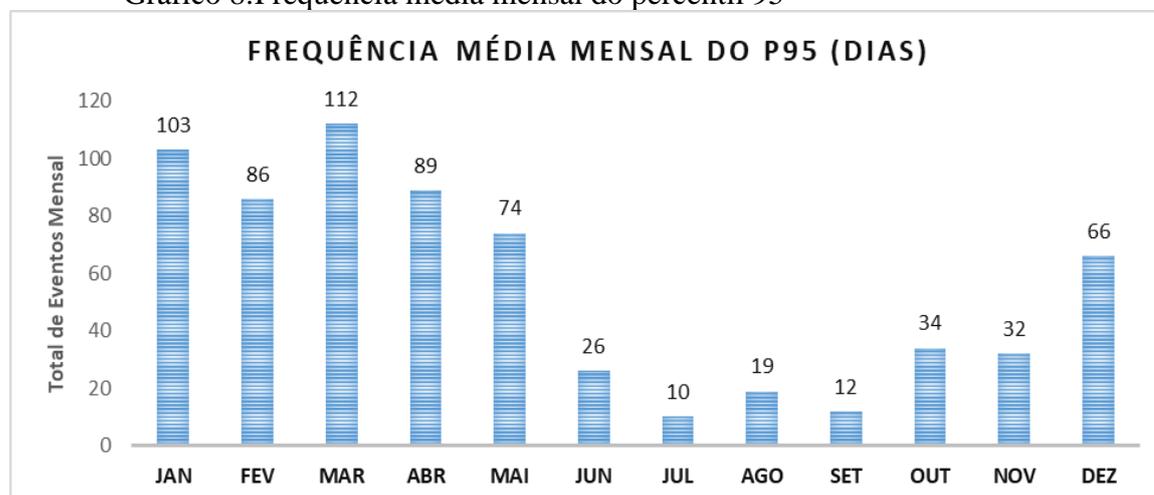
Gráfico 7: Frequência mensal anual do percentil 90



Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

Em relação ao percentil 95 refere-se ao índice dos extremos, por corresponder a 5% das chuvas mais intensas da série de dados. No que concerne à frequência média mensal do percentil 95 (Gráfico 8), destacam-se os meses de março (112), janeiro (103), abril (89) e fevereiro (86 dias) com concentrações de frequência do percentil 95. Os meses de menor expressividade das frequências de P95 são julho (10) e setembro (12) e agosto (19 dias).

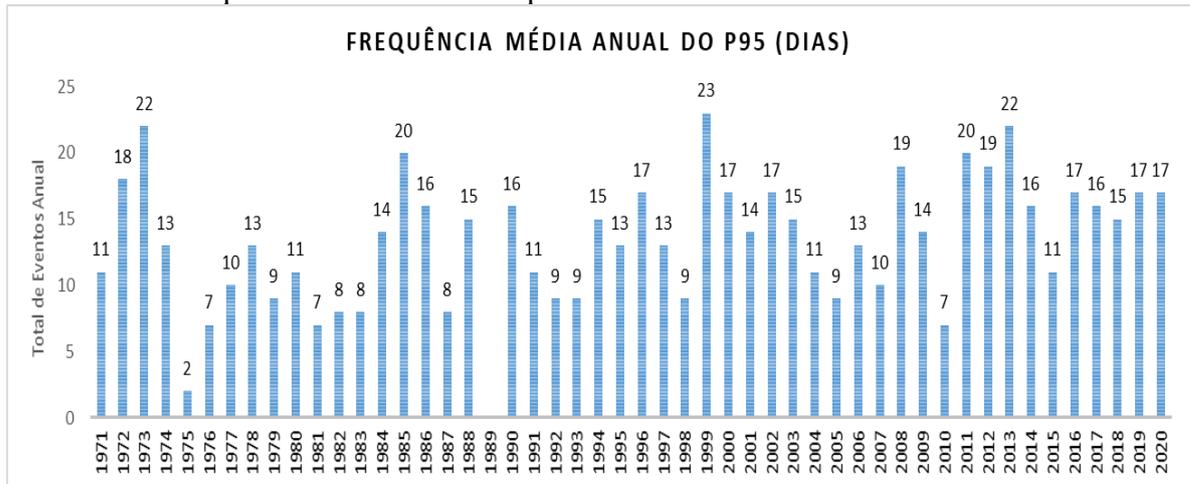
Gráfico 8: Frequência média mensal do percentil 95



Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

Em relação à frequência média anual (Gráfico 9) verificou-se as frequências mais expressivas após o ano de 1999 com (23 dias). Os mais significativos no recorte temporal foram os anos de 1973 e 2013 (22); 1985 e 2011 (20); 2008 e 2012 com (19 dias), ao passo que os anos de 1975 (2); 1976, 1981 e 2010 (7); 1982, 1983 e 1987 (8); 1979, 1992, 1993, 1998 e 2005 (9) e os anos de 1977 e 2007 com (10 dias) que evidenciaram os menores valores de dias de chuva entre os limiares de 36,8 e 68,5mm/24h. O ano de 1989 não obteve dados diários para análise.

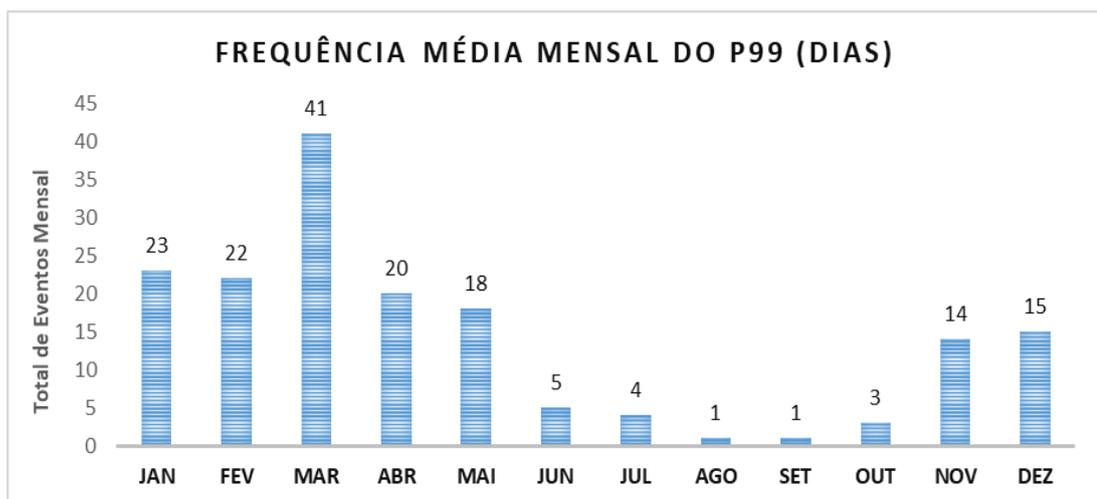
Gráfico 9: Frequência média anual do percentil 95



Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

Em relação ao percentil 99 refere-se ao índice mais expressivo dos extremos, por corresponder a 1% das chuvas mais intensas da série de dados. Para a área de estudo o limiar igual ou superior ao valor 68,6mm/24h. Do ponto de vista da frequência média mensal (Gráfico 10), evidencia-se que as chuvas atreladas ao P99, a frequência média mais significativa está no mês de março com (41 dias), seguindo os meses janeiro (23), fevereiro (22), abril (20) e maio (18 dias). As menores frequências são constatadas em agosto e setembro com (1 dia), seguindo do mês de outubro (3), julho (4) e junho (5 dias).

Gráfico 10: Frequência média mensal do percentil 99

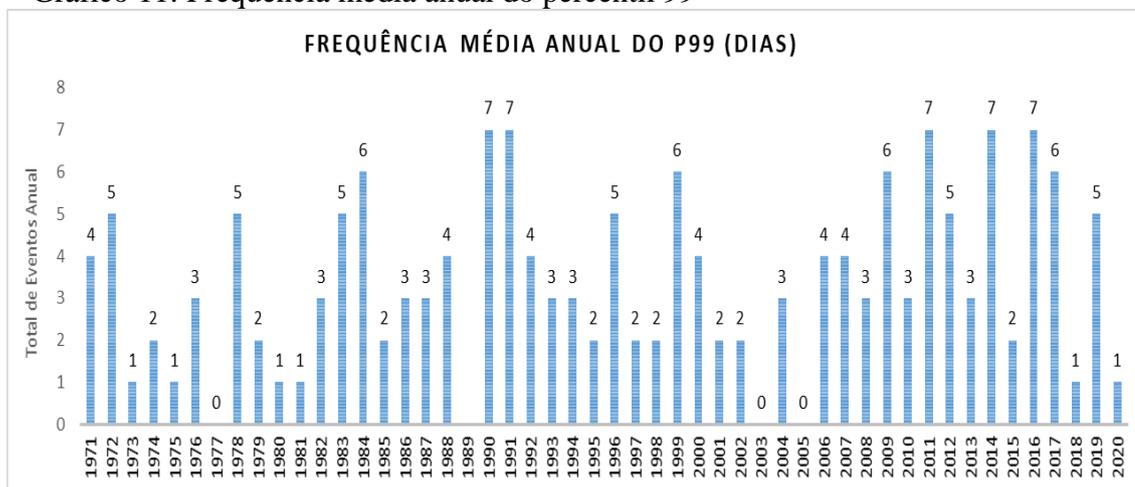


Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

Analisando à frequência média anual (Gráfico 11) merecem destaque os anos de 1990, 1991, 2011, 2014 e 2016, com valor de 7 dias de chuvas extremas. Os menores valores de dias de

chuvas extremas associados ao P99 encontram-se nos anos de 1973, 1975, 1980, 1981, 2018 e 2020, com 1 dia de chuva igual ou superior ao limiar do P99. Nos anos de 1997, 2003 e 2005 não houve dias com frequência média do percentil 99, o ano de 1989 não obteve dados para análise.

Gráfico 11: Frequência média anual do percentil 99



Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

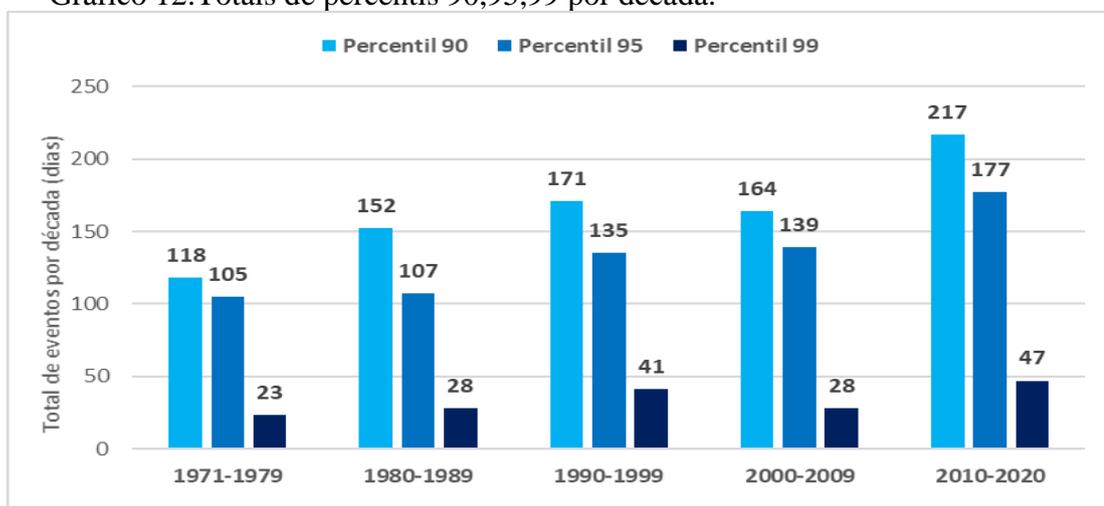
A análise das relações dos eventos extremos por década ( Gráfico 12) no recorte temporal do presente estudo, sugere que os dias com precipitações extremas foram cada vez mais expressivos ao longo das décadas. Ressalta-se que o percentil 90 foi analisado para Itacoatiara com limiar 22,6 a 36,7 mm/24h, percentil 95 com 36,8 a 68,5 mm/24h e o percentil 99 com valores iguais ou superiores a 68,6 mm/24h.

Neste sentido, os valores associados ao percentil 90, dos eventos extremos por década aumentaram principalmente no período de 2010-2020 com um total de 217 dias, seguindo do período 1990-1999 com 171 dias, 2000-2009 com 164 dias, 1980-1989 com 152 dias e o período com a menor frequência do percentil 90, está na década de 1970-1979 com um total de 118 dias de eventos.

No percentil 95, os eventos analisados por década ocorreram principalmente no período de 2010-2020 com um total 177 dias, seguindo respectivamente por 2000-2009 com 139 dias, 1990-1999 com 135 dias, 1980-1989 com 107 dias e 1970-1979 com 105 dias, sendo o período com a menor frequência do percentil 95. Em relação ao percentil 99 que se refere aos índices mais expressivos dos extremos e analisando por década o período que mais apresenta esse limiar foi de 2010-2020 com um total de 47 dias de eventos extremos, seguindo por 1990-1999 com 41 dias, 2000-2009 e 1980-1989 com o total de 28 dias cada década, por fim 1970-1979 com 23 dias, desta forma se caracteriza como o período com a menor frequência dos eventos extremos.

Relacionando os resultados analisados por década verificou-se um aumento no total de dias dos eventos extremos em todos os limiares, percentis 90, 95, 99 principalmente na última década de 2010-2020.

Gráfico 12: Totais de percentis 90,95,99 por década.



Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

Analisando os anos padrão dos valores de pluviosidade em relação a somatória do total da frequência anual dos percentis e também os gráficos do total anual de cada percentil 90, 95 e 99 (Figura 5) podemos observar os anos com os maiores total de ocorrência dos eventos extremos e verificar se há associação com o fenômeno ENOS (fase quente ou fria conforme observamos nos Quadro 5 e Quadro 6).

Em relação a somatória dos percentis, verificou-se que o ano que apresentou o maior total de ocorrência de eventos extremos foi o ano de 2011 com (47 dias), considerado um ano chuvoso com total de 3432,2mm anual, coincidindo com atuação do ENOS, mais precisamente na sua fase fria (La Niña), o ano de 2017 considerado tendente a chuvoso, com 44 dias de ocorrência também esteve associado a esse fenômeno, com intensidade fraca, respectivamente nos anos citados.

Os anos com os maiores dias de eventos extremos foram considerados chuvosos (2014 com 46 dias); (2019 com 44 dias) e tendente a chuvoso (1972 com 44 dias de ocorrência); (2013 com 43 dias); (1988 com 42 dias) porém na análise esses anos não apresentaram associação com o fenômeno ENOS. Apenas um ano foi considerado habitual (1972 com 44 dias) estando associado com fenômeno El Niño que se configurou com intensidade forte neste ano.

Em contrapartida, na análise do Percentil 90, o total anual de ocorrência maior foi no ano de (1993 com 24 dias) considerado um ano habitual, os anos de (1982 e 2007) considerados anos seco, (2015) tendente a seco, (1988) tendente a chuvoso, (2014) chuvoso. Esses anos todos

obtiveram um total de 23 dias de ocorrência de eventos extremos, todos esses anos com exceção ao ano de 2014, estiveram associados ao fenômeno ENOS na sua fase quente (El Niño) com intensidades fortes, moderada e fraca conforme (quadro 5 e 6).

Quadro 5: Ocorrência do El Niño

Ocorrência do El Niño	
1969-1970	1991-1992
1972-1973	1992-1993
1976-1977	1997-1998
1979-1980	2002-2003
1982-1983	2006-2007
1986-1987	2009-2010
1987-1988	2015-2016
Legenda	
Forte	Moderada
	Fraca

Fonte: CPTEC/INPE, 2021.

Quadro 6: Ocorrência da La Niña

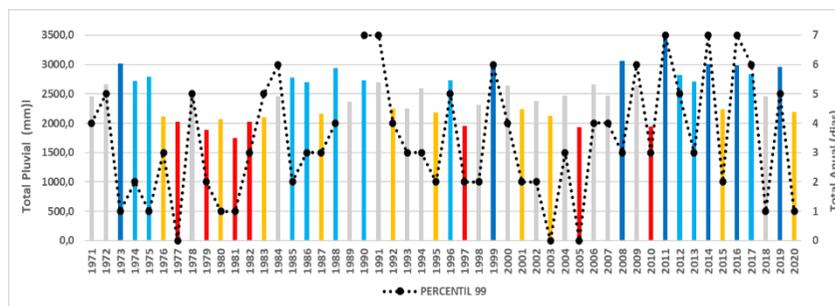
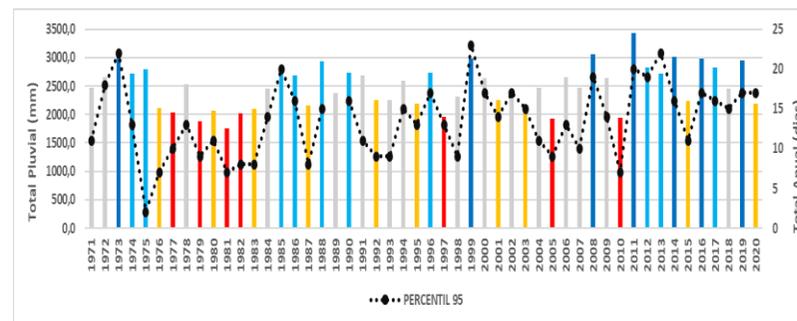
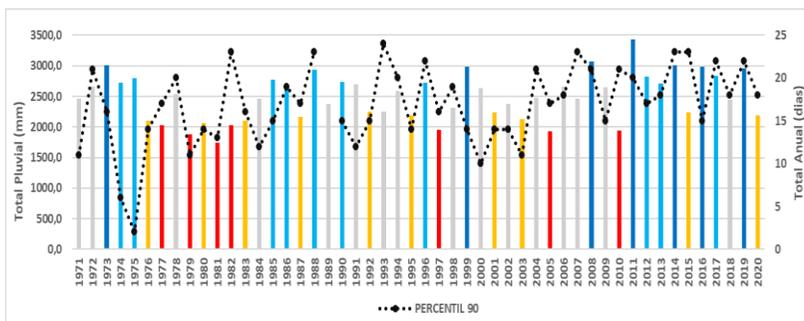
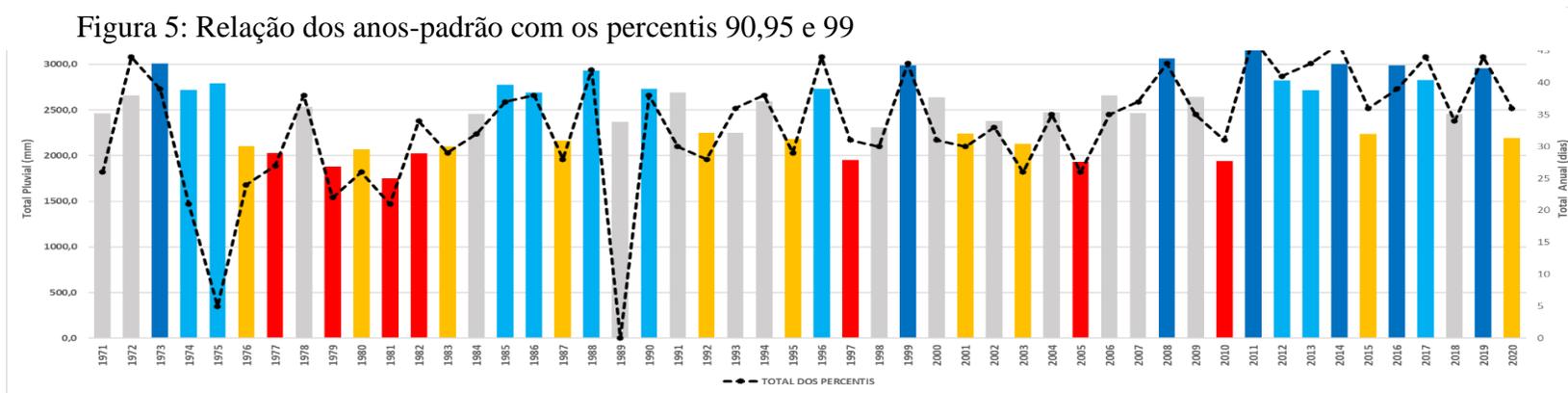
Ocorrência da La Niña	
1970-1971	1999-2000
1973-1974	2007-2008
1975-1976	2010-2011
1988-1989	2017-2018
1998-1999	
Legenda	
Forte	Moderada
	Fraca

Fonte: CPTEC/INPE, 2021.

No percentil 95, os anos de 1999 com (23 dias) considerado um ano chuvoso; (1973 e 2013) com 22 dias de ocorrências de eventos, (1985 e 2011) com 20 dias, estes anos foram considerados chuvosos e tendente a chuvoso, respectivamente. Os anos de 1999 e 2011 estiveram associados ao fenômeno ENOS na sua fase fria (La Niña) com intensidades moderada e fraca.

Em relação percentil 99, o total maior de ocorrência, foram de 7 dias de eventos extremos nos anos de 1990 considerado tendente a chuvoso, 1991 (habitual), 2011, 2014, 2016 considerados anos chuvosos. Os anos de 1991 e 2016 apresentaram associação ao fenômeno El Niño com intensidade forte, e o ano de 2011 esteve associado ao fenômeno La Niña.

Figura 5: Relação dos anos-padrão com os percentis 90,95 e 99



Organização: ANDRADE, J.S, 2021.

## **7 CAPÍTULO II: TENDÊNCIAS E RITMOS DOS EVENTOS EXTREMOS EM ITACOATIARA – AM.**

Neste capítulo realizou-se a análise de tendência dos eventos extremos utilizando-se do teste de Mann-Kendall e teste de Pettitt. Além da abordagem geográfica com enfoque para o ritmo dos eventos extremos mais significativos da série integrados aos episódios em Itacoatiara.

### **7.1 TENDÊNCIAS DOS EVENTOS EXTREMOS EM ITACOATIARA**

Segundo Molion (2008), o clima da terra tem variado naturalmente ao longo de sua existência, seja por agentes externos ou internos. E as influências estão associadas ao aumento da emissão de gases de efeito estufa, de queimadas, com o desmatamento e a formação de ilhas urbanas de calor (IPCC, 2007). Diante da variabilidade atual é imprescindível compreender como as alterações nos elementos climáticos estão modificando o regime climático de determinada região. Uma maneira de verificar esta mudança é observar a existência de tendências (GOMES, et al, 2015).

O teste de Mann-Kendall foi realizado nos percentis 90, 95 e 99 a fim de se verificar tendências dos eventos climáticos em Itacoatiara- AM, esse teste é recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para estudos de análise de tendências climáticas em séries climatológicas, amplamente utilizado em pesquisas na área de climatologia, além do teste de tendência, foi aplicado o teste de homogeneidade com objetivo de constatar a ocorrência de rupturas na série conforme proposto por Pettitt (1979).

Por meio de cálculos estatísticos, o teste de Pettitt busca identificar se a série é homogênea ou se há alguma ruptura nela. Destaca-se que, não será detectada mudança na distribuição, caso não se verifique mudança de posição (PETTITT ,1979; DEBORTOLI, 2013).

Para o teste de Pettitt (1979) que é utilizado para analisar a homogeneidade da série e constatar se houve uma ruptura na série histórica, admite pelo menos um ano que acontece essa quebra no padrão, no qual o valor de P é usado para mensurar a significância dessa ruptura (FANTE, 2014).

O teste de Mann-Kendall, também considerado um teste não paramétrico, este tem por objetivo determinar se uma tendência é identificável em uma dada série temporal. Geralmente, este teste é aplicado em paralelo a um teste não paramétrico (DEBORTOLI, 2013, p.110). A tendência pode ser entendida também como alteração contínua e sistemática, observada em uma série temporal, a qual reflete o grau de acréscimo ou diminuição nos valores da variável (ALENCAR et al. 2011).

Os resultados do teste de Mann-kendall é confirmado a aceitação da hipótese de estabilidade, na questão de rejeição a hipótese alternativa afirma tendência na série de dados, para o  $MK > 0$  a tendência é positiva e para  $MK < 0$  a tendência é negativa. O teste ajustado ao nível de significância 5% não rejeitou a hipótese nula ( $H_0$ ) para série dos percentis 90,95 e 99, o teste aplicado possui intervalo de confiança de 95%. (DEBORTOLI, 2013)

Alguns trabalhos mencionam os testes de Mann-kendall e Pettitt em conjunto, com o trabalho realizado em Urussanga -SC, no qual teste de Pettitt apresenta concordância com a análise de regressão, não identificando mudança brusca significativa nos dados de precipitação já o teste de Mann-Kendall aponta períodos com tendência decrescente da precipitação, atingindo os limites de significância (BACK, 2000).

A partir do teste de Mann kendall, para o município de Caicó-RN apontou-se que os totais precipitados anuais em anos secos, tenderam a decrescer durante o período de analisado (SILVA; NÓBREGA; SOARES, 2017).

Os autores Peneiro e Meschiatti (2017) avaliaram as variabilidades e identificaram tendências significativas em séries temporais de temperaturas mínima, média e máxima e precipitação pluviométrica observadas em municípios brasileiros especificamente nos meses de junho e dezembro, com períodos variados utilizando o teste de Mann-kendall.

O teste de Pettitt possibilitou a identificação de tendência significativa nas séries históricas de vazões e precipitações mensais no município de Alegre – ES, numa série histórica de 1939 a 2005 (ULIANA, et al.,2014)

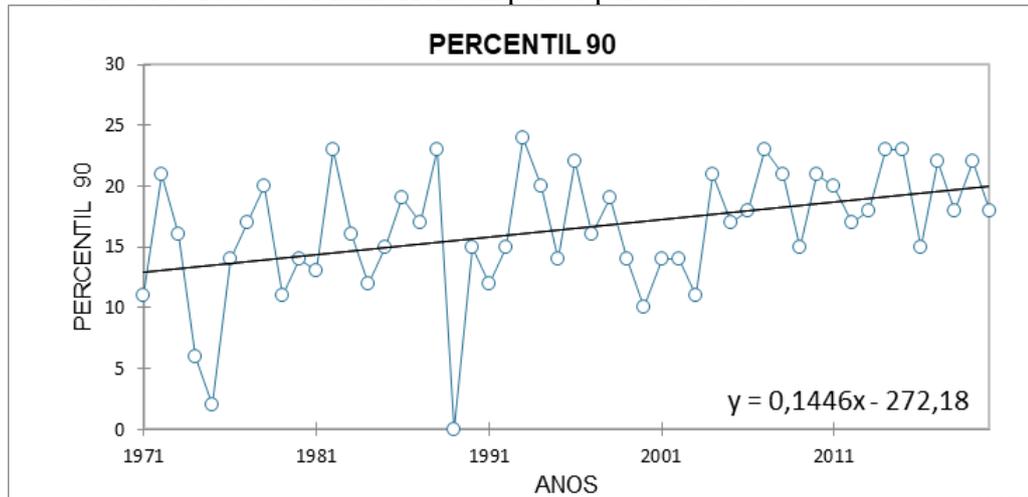
Os autores Luiz Cardoso e Ribeiro (2012) utilizaram o teste não paramétrico Mann-Kendall Sazonal (SMK), para o estado de Goiás, onde verificaram tendência positiva para a série temperatura do ar nos municípios, e tendência negativa para a série umidade relativa do ar.

Segundo Gomes et. al, (2015) verificou-se as tendências de elevação da temperatura do ar nos municípios localizado na Amazônia Central evidenciam que a região do Oeste do Pará, cada vez mais sofre com a ação dos impactos ocasionados seja pela variabilidade natural do clima ou por ações antropogênicas.

## 7.2 PERCENTIL 90 TESTE DE TENDÊNCIA E HOMOGENEIDADE

O teste de Mann-kendall, com valor de P calculado para percentil 90 foi 0,005, menor que a significância  $\alpha = 0,05$  sendo assim na análise podemos verificar que há tendência significativa na série de dados (Gráfico 13)

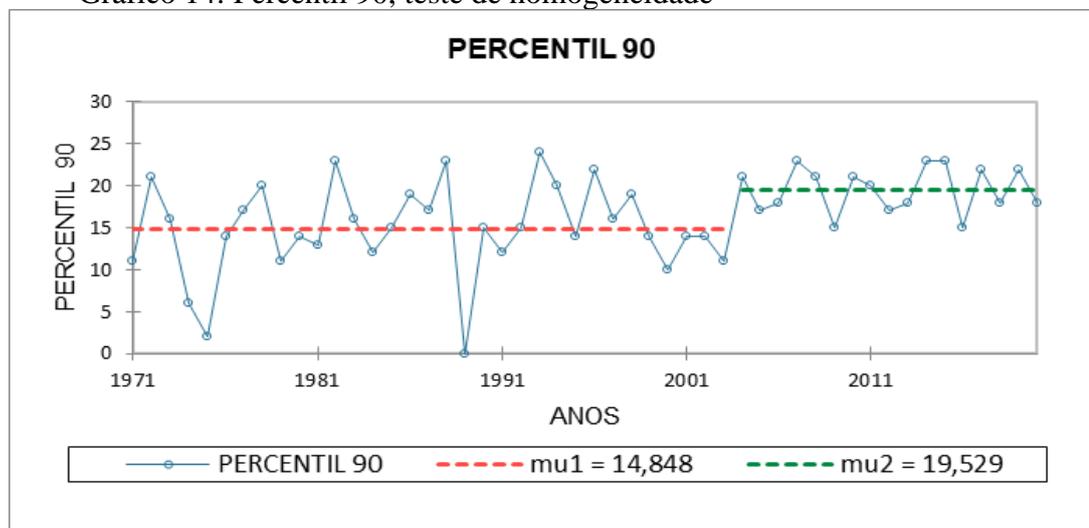
Gráfico 13: Teste de Mann-Kendall para o percentil 90



Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2023.

O teste de Pettitt para os dados do percentil 90 o valor de p foi 0,017 de acordo com a interpretação é inferior ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), analisando o gráfico verificou-se que no ano de 2003 ocorreu a alteração da série de dados e o maior incremento de dias do ano com eventos iguais ou acima do percentil 90 (Gráfico 14 )

Gráfico 14: Percentil 90, teste de homogeneidade

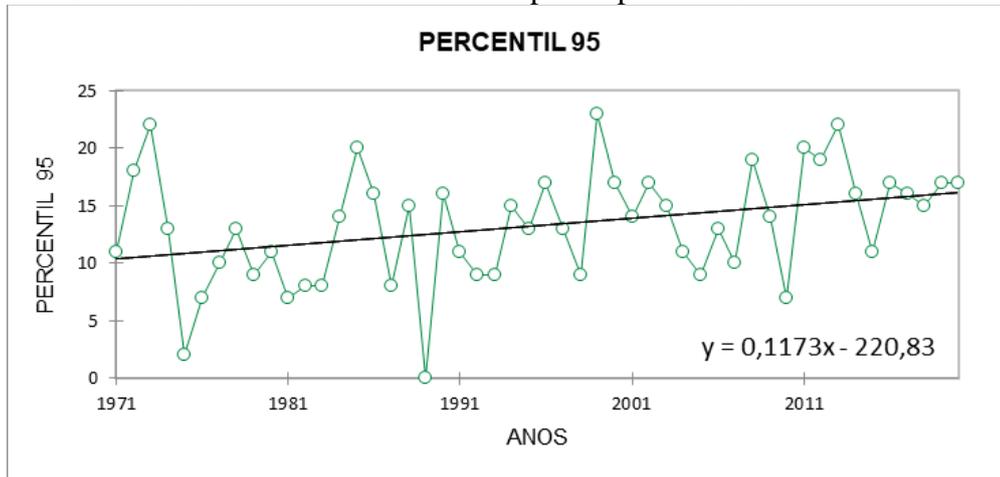


Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2023.

### 7.3 PERCENTIL 95 TESTE DE TENDÊNCIA E HOMOGENEIDADE

O resultado do teste de Mann-kendall para o percentil 95 foi 0,008, com a interpretação é inferior ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , demonstrando que há tendência na série (Gráfico 15)

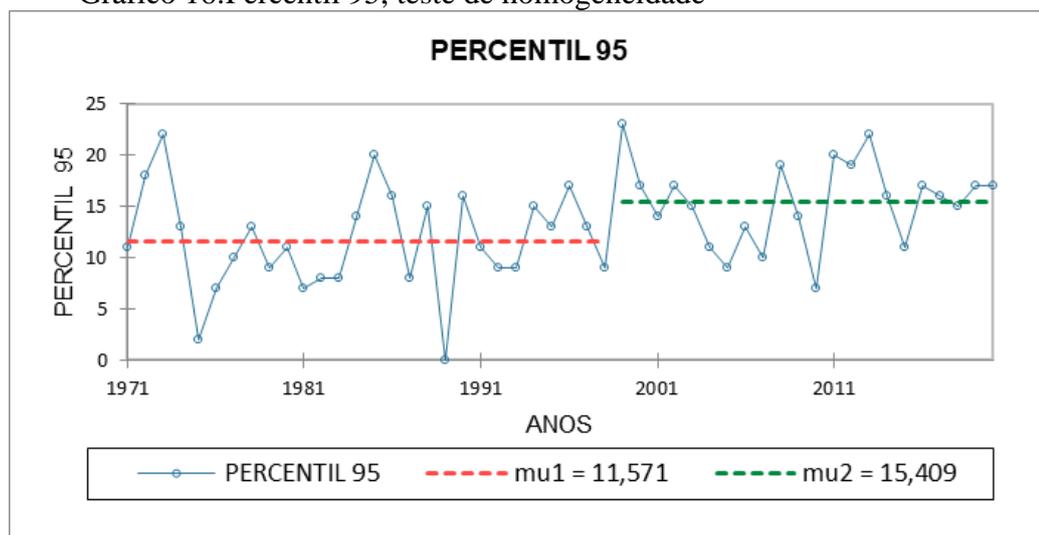
Gráfico 15: Teste de Mann-Kendall para o percentil 95



Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2023.

Para os dados do resultado do teste de homogeneidade para os dados do percentil 95 o valor de P foi 0,046 de acordo com a interpretação é inferior ao nível de significância  $\alpha = 0,05$ , deve-se rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), assim é significativa a ruptura na série a partir de 1998 para a maior quantidade de eventos extremos nas duas últimas décadas (Gráfico 16)

Gráfico 16: Percentil 95, teste de homogeneidade

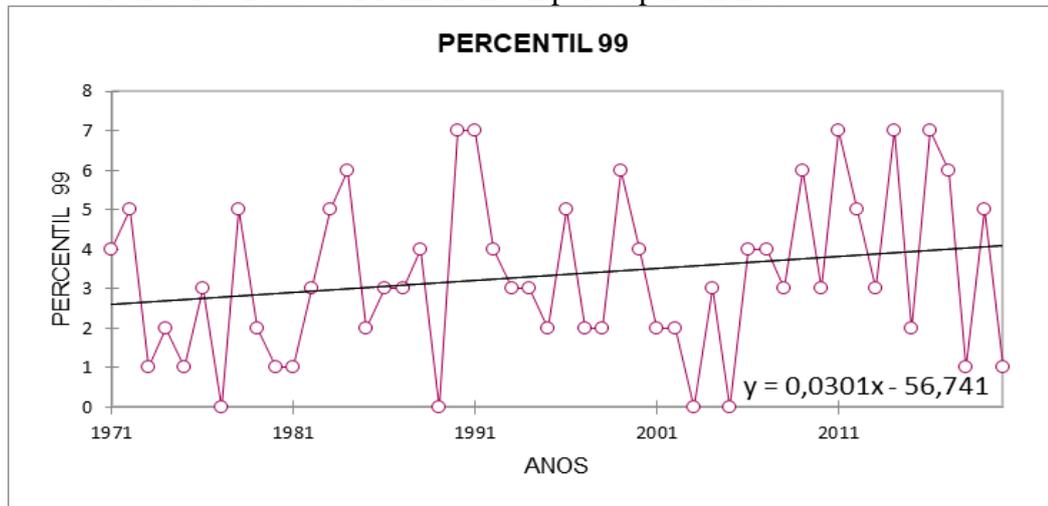


Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2023

#### 7.4 PERCENTIL 99 TESTE DE TENDÊNCIA E HOMOGENEIDADE

O teste de Mann-kendall para o percentil 99 demonstrou valor de  $p=0,165$ , com a interpretação é maior ao nível de significância  $\alpha =0,05$ , não podendo rejeitar a hipótese nula  $H_0$ , demonstrando que não há significância da tendência na série temporal (Gráfico 17)

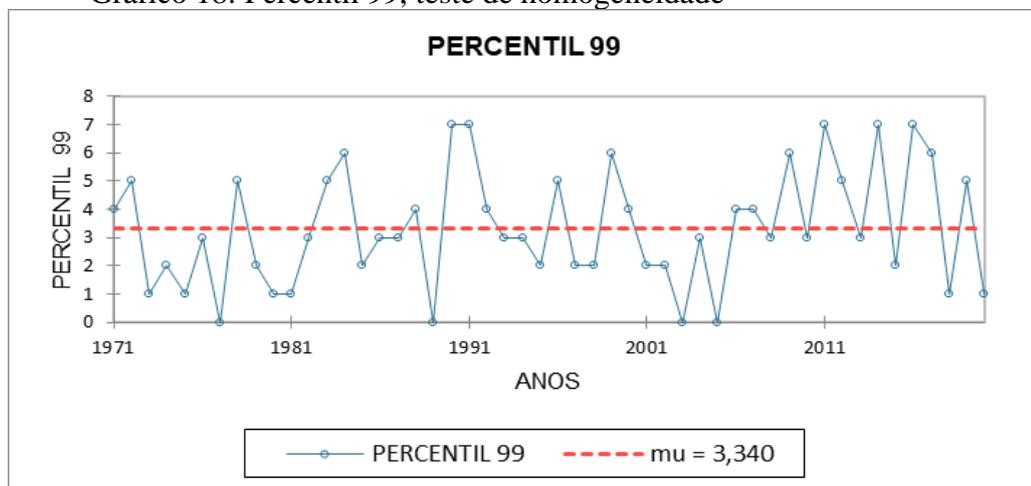
Gráfico 17: Teste de Mann-Kendall para o percentil 99



Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2023.

O resultado do teste de homogeneidade para os dados do percentil 99 ( Gráfico 18) o valor de P foi 0,54, de acordo com a interpretação é maior que o nível de significância  $\alpha =0,05$ , não devendo-se rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), demonstrando que os dados são homogêneos e não ocorreu ruptura na série de dados dos eventos extremos (igual ou maior que o percentil 99).

Gráfico 18: Percentil 99, teste de homogeneidade



Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2023.

A (Tabela 1) mostra os valores de MK encontrados para os percentis 90, 95, 99 após a aplicação do teste. Com base nestes resultados, é possível verificar que as séries dos percentis 90, 95 e 99 apresentaram tendência positiva de incremento de dias com eventos extremos. Porém, o percentil 99 não obteve significância estatística para o incremento dos eventos extremos. Considerando o nível de significância proposto (95%), as tendências positivas encontradas foram significantes para o incremento de dias com precipitação pluvial extrema nos valores iguais ou acima dos percentis 90 e 95, mas não puderam ser consideradas como significativas para mudanças no padrão de comportamento no período dos valores iguais ou acima do percentil 99.

Tabela 1: Resultados das análises de tendência, nível de significância de 95%

Percentil	Teste de Mann-Kendall (MK calculado)	Valor de P	Tendência ( $\alpha=0,05$ )
90	0,284	0,005	S positiva
95	0,265	0,008	S positiva
99	0,144	0,165	NS Positiva

Org: ANDRADE, J.S, 2023.

Nota: S:tendência significativa, NS = tendência não significativa

## 7.5 GEOGRAFIA DO CLIMA E EPISÓDIOS EM ITACOATIARA.

A análise geográfica parte da perspectiva do sistema clima urbano (MONTEIRO, 1976), na base da Climatologia Geográfica e combina a ressignificação do estudo do clima urbano mediante a abordagem da Geografia do Clima (SANT'ANNANETO, 2001a; 2001b). Os fundamentos da Climatologia Geográfica, que desde as mudanças paradigmáticas propostas por Sorre (1951) e estabelecidas por Monteiro (1971), a partir da noção de “ritmo”, estão na base da produção geográfica do clima. Sant'Anna Neto (2001a) aponta as bases da proposta da climatologia geográfica, conforme preconiza Monteiro (1971).

- Desprezo dos valores médios e a utilização de dados reais, em escala diária, em proveito de uma minuciosa análise da variação dos elementos do clima.
- A utilização das cartas sinóticas de superfície como subsídio à identificação dos tipos de tempo, possibilitando a relação entre a circulação atmosférica regional com as manifestações individualizadas localmente.
- A elaboração de um ciclo evolutivo da penetração da massa Polar Atlântica, por considerar a sua presença (ou sua ausência) como o elemento fundamental, composto de três momentos: prenúncio, avanço e domínio.
- A escolha de períodos “padrão” (anual, estacional, mensal e episódico) que seriam capazes de fornecer um quadro dinâmico das situações concretas, demonstrando a amplitude de ocorrência dos tipos de tempo habituais, ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação com capacidade de produzir situações adversas.
- A análise da sequência e encadeamento dos tipos de tempo, na busca do entendimento das variações locais dentro de um quadro regional, marcado pelas características e influências dos fatores geográficos.

- E, por fim, a tentativa de classificação climática, em bases genéticas e dinâmicas, a partir de índices de participação dos sistemas atmosféricos atuantes e suas respectivas repercussões no espaço geográfico (SANT'ANNA NETO, 2001a, p.58)

Em seu artigo intitulado “Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico”. Sant'anna Neto (2001b) procuravam avançar na revisão conceitual do clima como fenômeno geográfico. Além de propor uma análise crítica da climatologia geográfica, se objetivou também discutir o papel do clima nas principais dimensões socioespaciais, como construção social.

Análise geográfica dos eventos extremos pluviais parte da perspectiva do Sistema clima urbano, porém, avanços teóricos compreendendo o clima urbano e as seletividades dos impactos dos eventos pluviais extremos como construção social têm sido produzidas na denominada Geografia do clima (SANT'ANNA NETO, 2001; 2008; 2011), que permite incorporar a dimensão social na interpretação do clima na análise geográfica. Essa discussão dos eventos pluviais e seus impactos como construção social têm sido produzidas na denominada Geografia do clima (ARMOND, 2014; SANT'ANNA NETO, 2001a; 2008; NASCIMENTO JR, 2018), que entende o clima como um produto social e cultural.

A proposta de uma Geografia do Clima inspirada, sobretudo, nas formas como se dão as relações desiguais de produção do espaço, assumindo a importância de análise dessa produção do espaço nos estudos climáticos, segue avançando, principalmente no caráter teórico, emergindo assim a Geografia do Clima. De acordo com Sant'Anna Neto (2001b):

O clima, tratado como insumo no processo de apropriação e de produção da natureza, assume um papel variado na medida em que as diferentes sociedades se encontram em momentos distintos no processo de globalização e de mundialização e em que, num mesmo território, uma sociedade desigual, estruturada em classes sociais, não dispõe dos mesmos meios para lidar com a ação dos fenômenos atmosféricos, de forma a minimizar ou otimizar os seus efeitos (SANT'ANNA NETO, 1998b, p. 59).

A geografia do clima propõe a que considere o clima como fenômeno geográfico mediado pelos processos socioespaciais, tornando-se um fenômeno materializado no tempo e espaço, moldado historicamente pela relação entre sociedade e natureza (SANT'ANNA NETO, 2008, 2011).

A maioria das cidades brasileiras cresceram demonstrando em seu espaço urbano a insuficiência de medidas de controle ambiental, criando assim condições ambientais de forte impactos sobre a vida da população, e no que se refere ao clima urbano, os efeitos desse crescimento foram evidenciados no desconforto térmico, deslizamentos de terra, inundações, chuva ácidas, poluição do ar, etc.

Essas problemáticas serviram de premissas para direcionar os estudos da climatologia para a Geografia, desta forma, estudar o “clima urbano”, sendo a cidade o lugar de maior efetiva interação e contradições entre sociedade e a natureza.

Na proposta teórico-metodológica desenvolvida por Monteiro (1976) Sistema do Clima Urbano, que destaca que toda cidade possui um clima próprio. Sua interpretação se dava pela abordagem sistêmica, e contemplava a impossibilidade de tratamento de estudo do clima urbano ou do clima das cidades a partir da separação dos elementos naturais e antrópicos (MONTEIRO,1976; 2003).

Com a necessidade cada vez mais de se incorporar nos estudos do clima urbano, principalmente nas cidades de médio e pequeno porte na região amazônica buscando uma abordagem sobre a dimensão social na perspectiva da análise geográfica, é necessário entender que os impactos potencializados pelos eventos extremos ocorrem de forma desigual na vida da população e no espaço urbano das cidades.

Na cidade de Itacoatiara as ocorrências dos impactos deflagrados associados aos eventos extremos, vem ocorrendo com mais frequência, principalmente na área urbana, tendo em vista que esses espaços apresentam desigualdade sociais e falta de infraestrutura.

Foram analisados os episódios que promoveram impactos no cotidiano populacional da cidade de Itacoatiara, tendo em vista que os bairros mais afetados são os menos favorecidos e com áreas mais suscetíveis aos eventos de precipitação extrema, enfatizando as discussões da geografia do clima proposta por Sant’ Anna Neto (2001; 2008), na qual o autor afirma que o clima impacta os agentes sociais de forma diferente.

Para analisar os episódios em Itacoatiara de acordo com notícias dos jornais (Quadro 7) compreende as notícias veiculadas nos jornais e site organizados em ordem cronológica decrescente de acordo com os anos 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2013 e 2011. Verificou-se durante a pesquisa a carência de se encontrar notícias de jornais que relatem os impactos deflagrados associados as chuvas na cidade.

Diante disso, foram selecionadas notícias com os seguintes termos: chuva extrema, fortes chuvas, deslizamentos de terra, alagamentos, danos materiais, desmoronamentos e desabamentos de casa. Tendo em vista os transtornos desencadeados em bairros na área urbana de Itacoatiara, foi possível identificar o total e as porcentagens dos episódios que impactaram a população: 27% das notícias reportadas referem-se aos alagamentos, 18% referem-se a episódios em que ocorreram quedas de árvores e dificuldade de trafegabilidade.

Quadro 7: notícias de jornais referente aos impactos deflagados em Itacoatiara associados as chuvas

<b>Data</b>	<b>Precipitação (mm/em 24 h)</b>	<b>Jornal</b>	<b>Impactos materiais e sociais</b>	<b>Áreas afetadas</b>
14/02/2019	82,7 (INMET)	BOM DIA AMAZONAS	Alagamentos de casas	São Francisco; Do Iracy, rua Beijamim Constant
18/01/2018	10,8 (INMET)	JAM 1º edição	Quedas de árvores, danos materiais em carros	Mamoud Amed
06/03/2017	1,1 (INMET)	G1 AMAZONAS	Muro do estádio desabou	Do Iracy
13/04/2016	42,8 (INMET)	BOM DIA AMAZÔNIA	Alagamento, deslizamento, destelhamentos de casas, árvores derrubadas, falta de fornecimento de energia elétrica.	Santa luzia, Mamoud Amed
19/12/2016	150 mm/ 143,2 (INMET)	JAM 1º EDIÇÃO	Ruas e casas alagadas	Prainha, Mamoud Amed
18/11/2016	20,7 (INMET)	JAM 1º EDIÇÃO	Casas alagadas, quedas de árvores, destelhamento de casas, barcos afundaram	Bairro Jauary
04/04/2015	0* (Problemas na mensuração de dados)	JAM 2º EDIÇÃO	Casas e ruas ficaram alagadas	Mutirão; Jauary
20/12/2013	45,1(INMET)	JAM 2º EDIÇÃO	Queda no fornecimento de energia elétrica	Jauary, Do Iracy
18/11/2011	21,6 (INMET)	JAM 1º EDIÇÃO	Alagamentos, dificuldade na trafegabilidade de veículos e pessoas, danos matérias, danos em vias e quedas de árvores.	Prainha

Organização: ANDRADE, J.S, 2022.

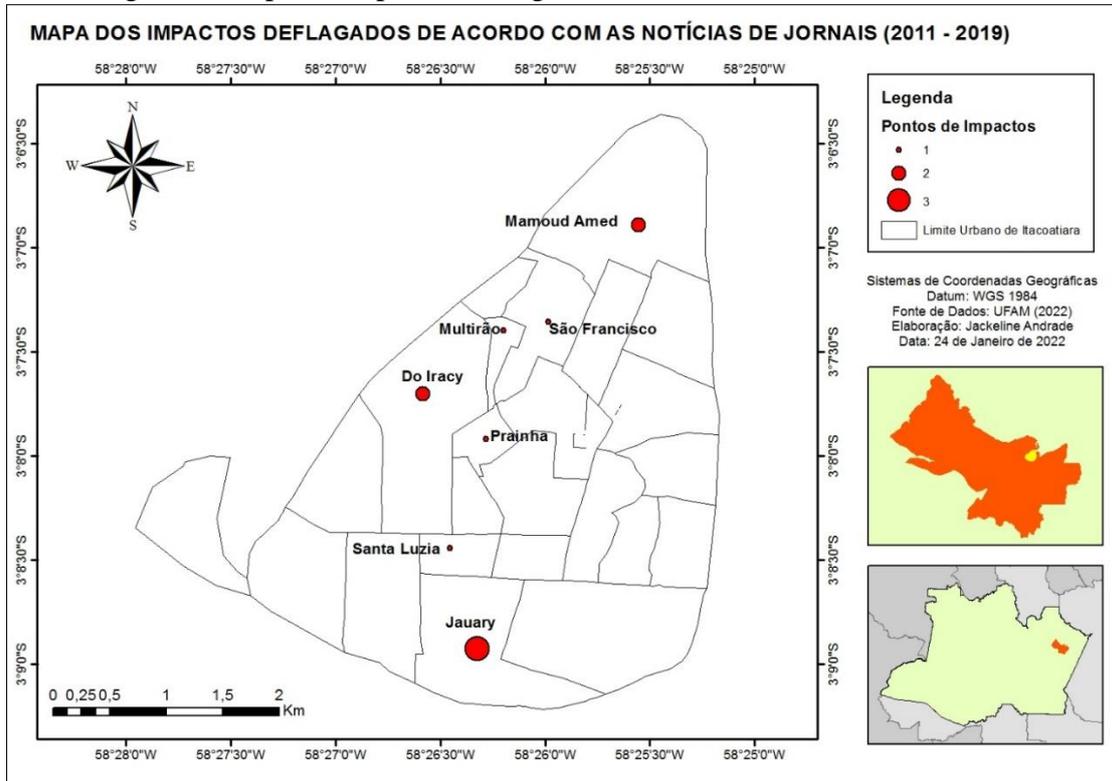
Do total de episódios, também 14% dos impactos estiveram relacionados a danos materiais, como perda de barcos que afundaram, carros que foram danificados por queda de árvores, total de três ocorrências. Também 9% estiveram relacionadas a queda de energia elétrica que aconteceu em alguns bairros, após, um evento de precipitação intensa, total de duas ocorrências registradas pelos jornais e site. Outros (5%) relatam danos em vias públicas (5%) deslizamento de terra, (4%) desabamento de um muro do estádio Floro de Mendonça.

Na (Figura 6) mostram os bairros em que ocorreram o maior número de casos de acordo com as notícias reportadas. O mapa dos impactos representados por círculo proporcional, demonstrou que no bairro Jauary ocorreram a maioria dos episódios (3) que ocasionaram queda no fornecimento de energia elétrica, casas e ruas alagadas, quedas de árvores, destelhamento de casas e barcos afundados

Os bairros Do Iracy e Mamoud Amed, se destacaram com a ocorrência de dois episódios cada, que ocasionaram transtornos como quedas de árvores, danos materiais em carros, alagamento, deslizamento, destelhamentos de casas, árvores derrubadas, falta de fornecimento de energia elétrica. Além disso, os bairros: São Francisco (1), Multirão (1), Prainha (1) e Santa Luiza (1) se destacaram com impactos negativos.

No Bairro Jauary que se destacou como um bairro que teve mais impactos de negativos, nesse bairro as ocupações irregulares são visíveis, as casas, denominadas palafitas, são uma das características principais, pois, que expressaram dilemas voltados para falta de infraestrutura uma vez que são áreas consideradas de risco e que, conseqüentemente, estão suscetíveis aos eventos de precipitação extrema que ocasionam desastre.

Figura 6: Mapa de impactos deflagrados nos bairros de Itacoatiara-AM

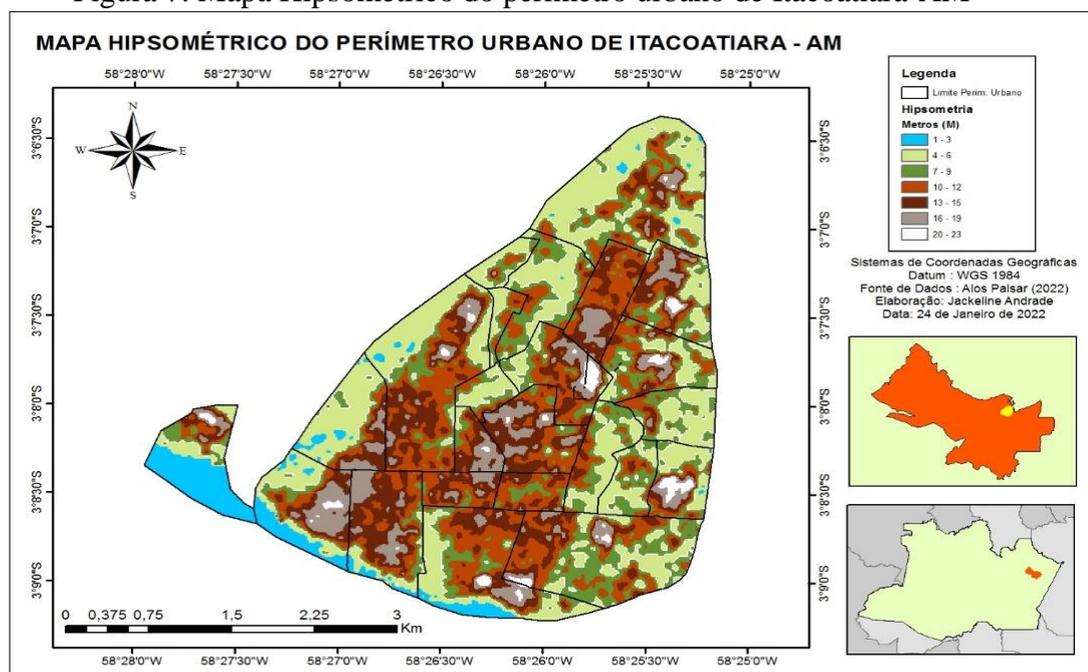


Organização: ANDRADE, J.S, 2022.

Em relação a observação da hipsometria (Figura 7) de modo conjugado à declividade permite verificar que as áreas com maiores altitudes (20 – 23 m) e de menores altitudes (4 – 6 m) encontram-se atreladas às zonas de maior suscetibilidade aos impactos e pessoas socialmente vulneráveis. Estas condições naturais da área (baixas altitudes) são agravadas ao se analisar a espacialização do uso e ocupação, que favorece a deflagração de impactos a partir da dinâmica pluvial e fluvial como alagamentos, ligados aos sistemas de drenagem do ambiente urbano, esse fator podemos observar no bairro Jauary. A autora Oliveira (2013) afirma

O bairro Jauary I, durante o processo de crescimento da cidade foi ocupado por famílias que não tinham moradia, e que insistem em permanecer lá até hoje, não apenas pela falta de alternativa habitacional, mas também pela localização próxima ao porto, o que facilita o envio de mantimentos para a zona rural e a vinda de produtos agrícolas que complementam a renda e a alimentação familiar. Além de área residencial, o bairro também é composto por muitos comércios que enfrentam problemas com a cheia do Rio Amazonas. Neste local, há ainda riscos para a saúde, não há asfaltamento nem água encanada. No Lago Jauary são despejados os dejetos e o lixo doméstico, espalhando um forte odor com o qual as famílias convivem todos os dias e quando o lago transborda aumentam os riscos de contaminação (OLIVEIRA, 2013, p.60).

Figura 7: Mapa Hipsométrico do perímetro urbano de Itacoatiara-AM



Organização: ANDRADE, J.S, 2022.

## 7.6 ANÁLISES RÍTMICAS DOS EPISÓDIOS NA CIDADE DE ITACOATIARA-AM

A partir da década de 1960, e principalmente sob influência do Prof. Dr. Carlos Augusto Figueiredo Monteiro, a climatologia brasileira passou a registrar produção de trabalhos de cunho regional e local, os quais transcenderam a predominante abordagem estritamente meteorologia do clima. Com base na noção de tipos de tempos de Pierre Pédelaborde e nos questionamentos acerca do ritmo climático de Max Sorre (1957).

Max Sorre (1957) tratou o clima como o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera, em determinado lugar, em sua sucessão habitual. Já Pierre Pédelaborde insistiu que se deviam tomar como unidade básica os tipos de tempo, noção muito mais complexa e abrangente. Constituindo a base de metodologia de pesquisa, a qual obviamente está associada ao movimento de ar e a atuação dos sistemas atmosféricos.

Monteiro (1971) propôs a abordagem da atmosfera a partir da análise do ritmo dos tipos de tempo, ou sucessão dos estados atmosféricos sobre um determinado lugar.

Em termos conceituais o clima refere-se a série dos estados atmosféricos de um determinado lugar em sua sucessão habitual (SORRE, 1951). Segundo os estudos de Monteiro (1976) tais processos são observados por meio da análise dos tipos de tempo em sequência contínua (ritmo climático) por longos períodos (mínimo 30 anos), com diferentes combinações dos elementos climáticos em relação a outros atributos geográficos, e fatores do clima.

A análise rítmica é uma técnica proposta por Monteiro (1971) que visa individualizar os tipos de tempo atmosférico e assim acompanhar seus ritmos juntamente como o acompanhamento das medidas observadas por uma estação meteorológica em caráter no mínimo diário.

Borsato e Souza Filho (2008) descrevem o objetivo da análise rítmica como caracterização do tempo atmosférico através da dinâmica da circulação regional. Para os autores, a técnica permite a análise espacial e temporal uma vez que se procura avaliar a influência da latitude sobre a dinâmica atmosférica, em determinado recorte temporal.

Para caracterizar o ritmo climático de uma localidade observam-se os estados atmosféricos numa determinada escala cronológica. Segundo Monteiro (1971, p. 9)

“o ritmo climático só poderá ser compreendido por meio da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidade de tempo cronológico pelo menos diária, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo”.

Para analisar o ritmo do clima de uma localidade, constrói-se um gráfico com representação dos seguintes elementos temperatura, umidade relativa, precipitação, pressão atmosférica, esses elementos climáticos são definidos pelos atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local. Desta forma, a definição dos conceitos dos elementos climáticos é de suma importância para o estudo em climatologia.

#### 7.6.1 Episódio do dia 18 de novembro de 2011

A análise rítmica é realizada para compreender as condições dos elementos meteorológicos e da circulação atmosférica, assim, o ritmo climático do mês de novembro de 2011 (Prancha 1), apresenta os dados de velocidade do vento, temperatura e precipitação oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET) e dos sistemas atmosféricos atuantes identificados por imagens do Satélite GOES 12, para compreender os sistemas que estavam atuando nesses respectivos dias, analisando três dias antes e três dias após o episódio.

No dia 18 de novembro de 2011, o total diário de chuva foi de cerca 22,6mm, umidade relativa do ar de 82%, as temperaturas variaram apenas de 24°C a 29°C, o sistema atmosférico responsável por essas características foi a presença de Sistema Convectivo e sistema do tipo Linhas de Instabilidade, configuradas pelas condições termodinâmicas.

Segundo o BOLETIM CLIMANÁLISE divulgado em novembro de 2011 que a região Norte, na maior parte do Amazonas, Acre e Rondônia, os totais mensais de precipitação ficaram abaixo dos valores médios históricos. Apesar das chuvas terem ocorrido predominantemente abaixo da média no cômputo mensal, destacaram-se os acumulados diários de precipitação que

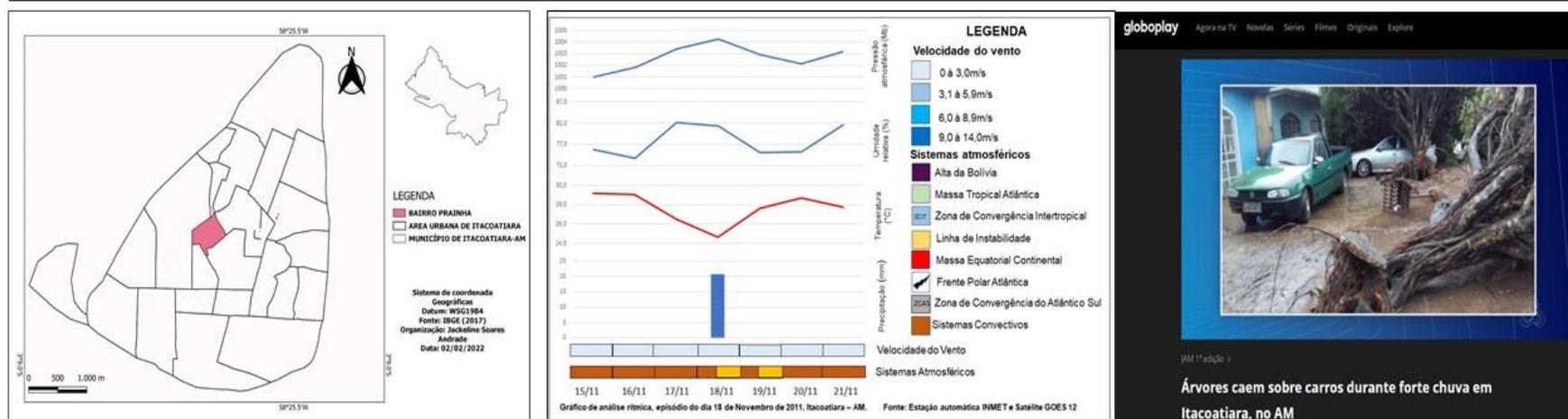
excederam 100 mm nas cidades de Vilhena-RO (102 mm, no dia 06); Manicoré-AM (137,2 mm, no dia 07; 104,4 mm, no dia 11); entre outras cidades, segundo dados do INMET.

Diante disso, verificou-se que o evento de precipitação pluvial no dia 18 de novembro, que de acordo com a notícia de jornal JAM 1º edição onde relataram impactos deflagrados em decorrência da precipitação pluvial que culminou com a falta de infraestrutura do bairro, não foi um evento considerado acima dos limiares, como aqueles representados pelo percentil 99. No bairro Prainha, por exemplo, observou-se impactos tais como alagamentos, dificuldade na trafegabilidade de veículos e pessoas, danos materiais, danos em vias e quedas de árvores.

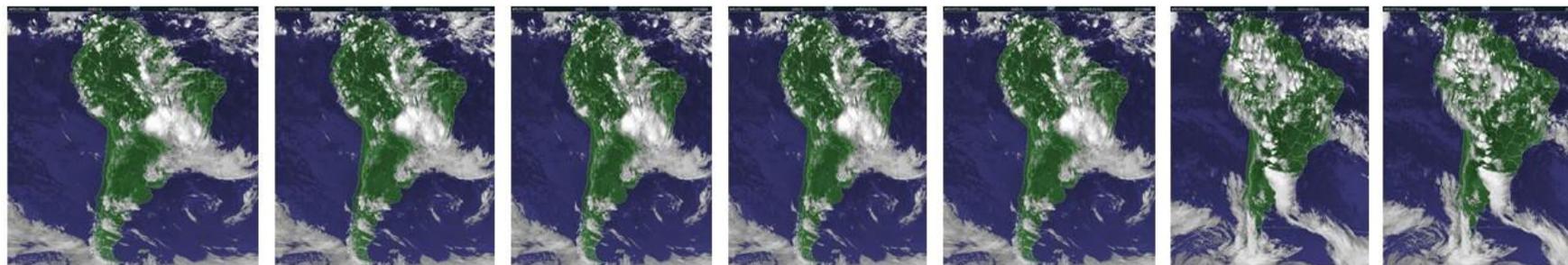
## Prancha 1: Episódio do dia 18 de novembro de 2011

- EPISÓDIO DO DIA 18 DE NOVEMBRO DE 2011

Figura 01: Mapa de localização: Bairro prainha    Figura 02: Análise rítmica do período de 15 à 21 de Novembro de 2011    Figura 03: Notícia de jornal JAM 1ª Edição



## Imagens do Satélite Goes 12 dos dias 15 à 21 de Novembro de 2011



Organização: ANDRADE, J.S., 2022.

### 7.6.2 Episódio do dia 20 de dezembro de 2013

O episódio reportado pelo jornal JAM 1º edição, especificamente, no dia 20 de dezembro de 2013 ocasionou queda no fornecimento de energia elétrica, alagamento em alguns bairros da cidade, sobretudo, no bairro Jauary. Nessa análise foram selecionados os dados das variáveis disponíveis na Estação Meteorológica de Itacoatiara/INMET como velocidade do vento, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação e temperatura, além das imagens de satélite GOES 13 nos dias do período de 16 a 22 de dezembro de 2013 para análise dos sistemas atmosféricos atuantes nos respectivos dias (Prancha 2).

Ao analisar os respectivos dias verificou-se que a velocidade do vento ficou entre 0 e 1 m/s, a umidade esteve entre 73,3% à 91,5 %, dos 7 dias analisados em 5 ocorreram chuva, a mínima apresentou 2,7 mm e a máxima 45,1 mm, além disso a temperatura variou em 25,6°C à 29,5°C. O sistema atmosférico que atuou foi Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) no dia 20 de dezembro de 2013, data em que foi reportado o episódio, a umidade relativa do ar ficou em 89%, com precipitação pluvial de 45,1 mm diário, e a temperatura em 26,4°C.

De acordo com o BOLETIM CLIMANÁLISE choveu abaixo da média histórica na maior parte da Região Norte. As exceções ocorreram em grande parte de Rondônia, Tocantins e Amapá, no leste de Roraima e no extremo noroeste do Pará, onde os totais de precipitação excederam a climatologia mensal.

Neste episódio ocorreu um evento de precipitação considerada extrema onde relataram impactos deflagrados em decorrência da precipitação pluvial que culminou com a falta de infraestrutura do bairro, não foi um evento considerado acima dos limiares, como o representado pelo percentil 99. Verificou-se a constância de ocorrência de eventos pluviais após o episódio reportado pelo JAM 1º edição, entre os dias 21 à 22 com precipitação pluvial de (20,8mm e 34,6 mm), influenciados pelo sistema atmosférico Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que contribuiu com os acumulados de positivos de precipitação.

## Prancha 2: Episódio do dia 20 de dezembro de 2013

- EPISÓDIO DE 20 DE DEZEMBRO DE 2013

Figura 04: Mapa de localização: Bairro Jauary

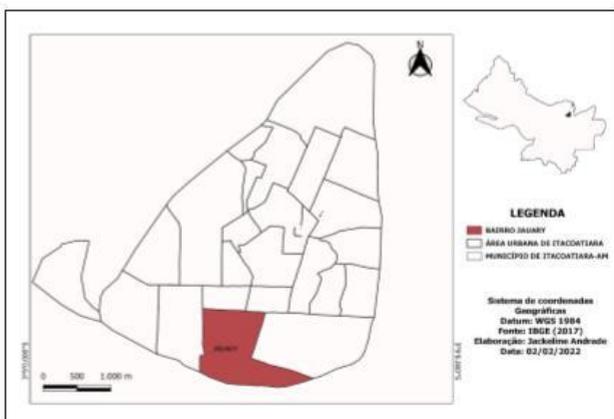


Figura 05: Análise rítmica do período de 16 à 22 de Dezembro de 2013

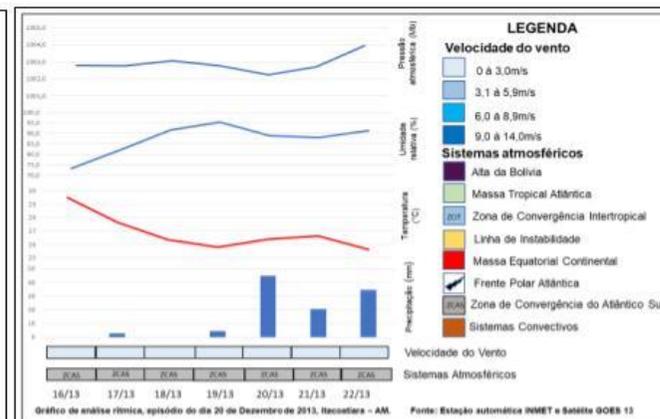
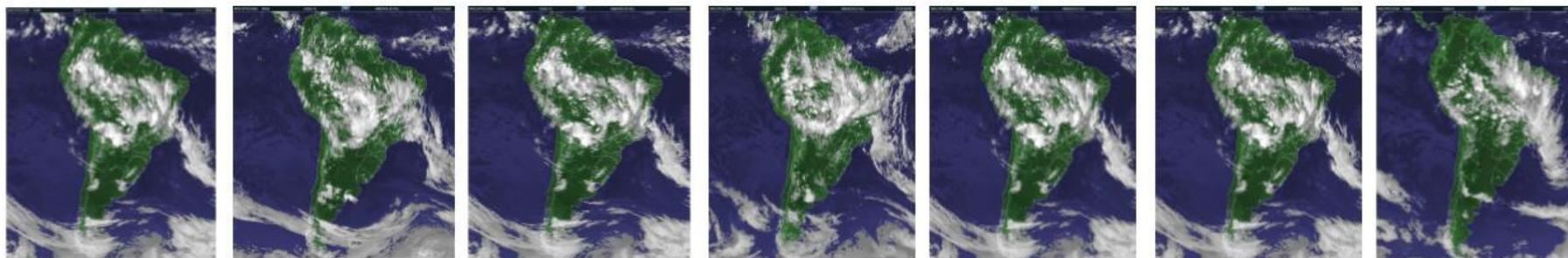


Figura 06: Notícia de jornal JAM 2ª edição



Imagens de Satélite GOES 13 dos dias 16 à 22 de Dezembro de 2013



Organização: ANDRADE, J.S., 2022.

### 7.6.3 Episódio do dia 19 de dezembro de 2016

O episódio reportado pelo jornal “JAM 1º edição”, especificamente, no dia 19 de dezembro de 2016 ocasionou alagamento em alguns bairros da cidade, sobretudo, no bairro Santa Luzia que foi reportado no jornal. Nessa análise foram selecionados os dados das variáveis disponíveis na Estação Meteorológica de Itacoatiara/INMET como velocidade do vento, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação pluvial e temperatura do ar, além das imagens de satélite GOES 13 nos dias do período de 16 a 22 de dezembro de 2016 para análise dos sistemas atmosféricos atuantes nos respectivos dias (Prancha 3).

Ao analisar os respectivos dias verificou-se que a velocidade do vento ficou entre 0 e 1 m/s, a umidade esteve entre 77% à 94%, dos 7 dias analisados em 4 ocorreram chuva, a mínima apresentou 4,4 mm e a máxima 143,2 mm, além disso a temperatura variou em 25,3°C à 27,2°C. O sistema atmosférico que atuou foi Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) no dia 19 de dezembro de 2016, data em que foi reportado o episódio, a umidade relativa do ar ficou em 77%, com precipitação pluvial de 143,2 mm diário, e a temperatura em 27,2°C.

Neste episódio ocorreu um evento de precipitação considerada extrema tendo em vista que ultrapassaram o limiar do percentil 99, onde relataram impactos em decorrência da precipitação pluvial que culminou com os impactos deflagrados na cidade.

Verificou-se a constância de ocorrência de eventos pluviais dias antes e após o episódio reportado pelo jornal “JAM 1º edição”, nos dias 17, 18, 21 e 22 com precipitação pluvial de (12,1mm, 8,2mm, 4,4mm e 82,5 mm respectivamente), influenciados pelo sistema atmosférico Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Massa Equatorial Continental que contribuiu com os acumulados de positivos de precipitação.

## Prancha 3: Episódio do dia 19 de dezembro de 2016

- EPISÓDIO DO DIA 19 DE DEZEMBRO DE 2016

Figura 07: Mapa de localização: Bairro Santa Luzia

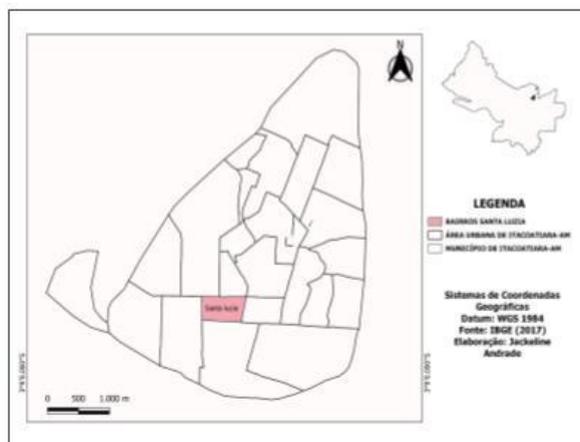


Figura 08: Análise rítmica do período de 16 à 22 Dezembro de 2016

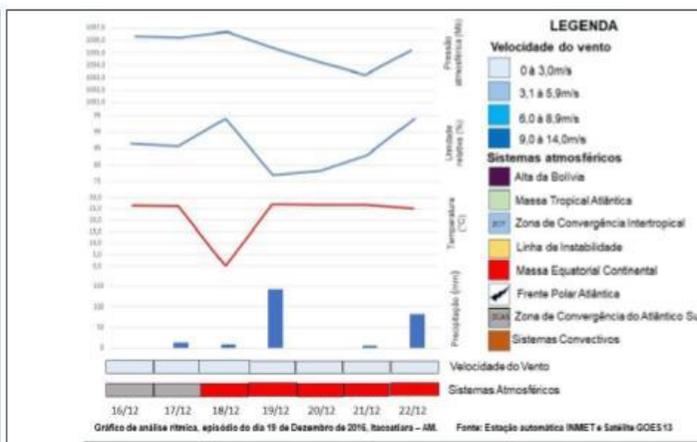
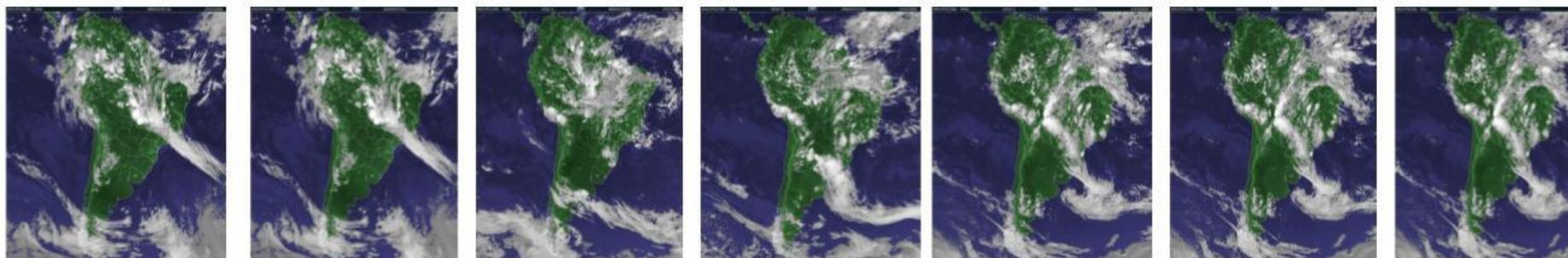


Figura 09: Notícia de jornal JAM 1º edição



Imagens de Satélite GOES 13 dos dias 16 à 22 de Dezembro de 2016



#### 7.6.4 Episódio do dia 06 de março de 2017

O episódio reportado pelo site “G1 Amazonas”, especificamente, no dia 06 de março de 2017 ocasionou alagamento em alguns bairros da cidade, sobretudo, no bairro do Iracy que foi reportado no site. Nessa análise foram selecionados os dados das variáveis disponíveis na Estação Meteorológica de Itacoatiara/INMET como velocidade do vento, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação e temperatura, além das imagens de satélite GOES 13 nos dias do período de 03 a 09 de março de 2017 para análise dos sistemas atmosféricos atuantes nos respectivos dias.

Ao analisar os respectivos dias verificou-se que a velocidade do vento ficou entre 0 e 1 m/s, a umidade esteve entre 74,3% à 90%, dos 7 dias analisados em 5 ocorreram precipitação, a mínima apresentou 1,1 mm e a máxima 93,4 mm, além disso a temperatura variou em 25,3°C à 27,2°C. O sistema atmosférico que atuou nessa semana foi Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no dia 06 de março de 2017, data em que foi reportado o episódio, a umidade relativa do ar ficou em 90,6%, com precipitação pluvial de 1,1 mm diário, e a temperatura em 25°C (Prancha 6).

Neste episódio ocorreu um evento de precipitação considerada extrema, pois causou danos que impactaram a população, como alagamentos de ruas e casas e desabamento do muro do estádio Floro de Mendonça no bairro do Iracy, tendo em vista que a precipitação desse dia não ultrapassou o limiar do percentil 99, considerado chuva extrema, porém teve impactos que refletiu no social da população

Verificou-se a constância de ocorrência de eventos pluviais dias antes e após o episódio reportado pelo jornal “G1 Amazonas”, nos dias 03, 07, 08 e 09 com precipitação pluvial de 12 mm, 93,4 mm, 20,8mm e 37,6 mm respectivamente, influenciados pelos sistemas atmosféricos Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Sistemas Convectivos.

## Prancha 6: Episódio do dia 06 de março de 2017

- EPISÓDIO DO DIA 06 DE MARÇO DE 2017

Figura 10: Mapa de localização: Bairro do Iracy

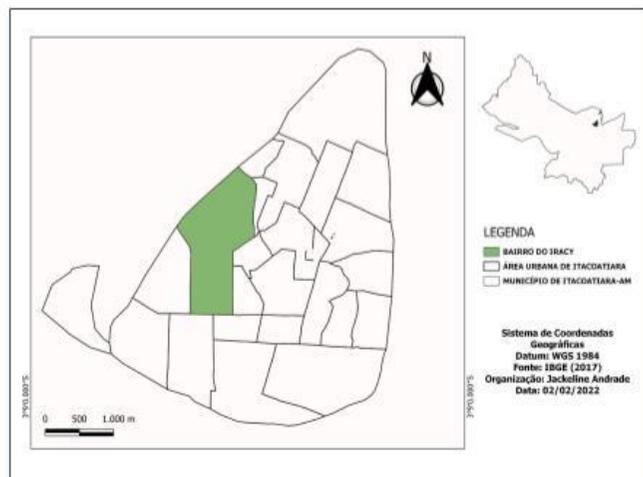


Figura 11: Análise rítmica do período de 03 à 09 de Março de 2017

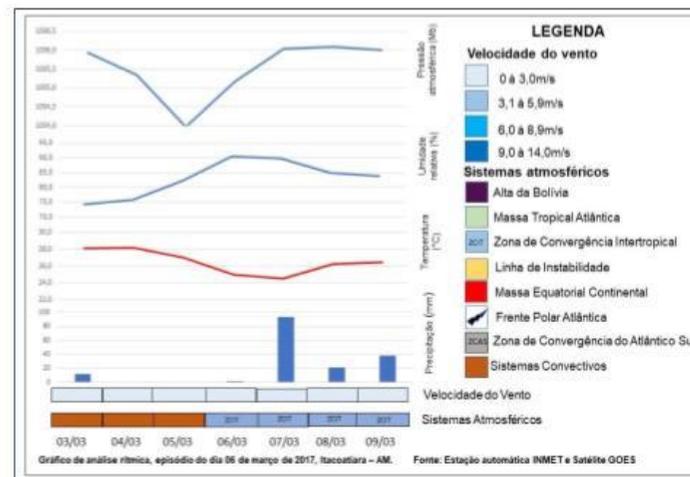
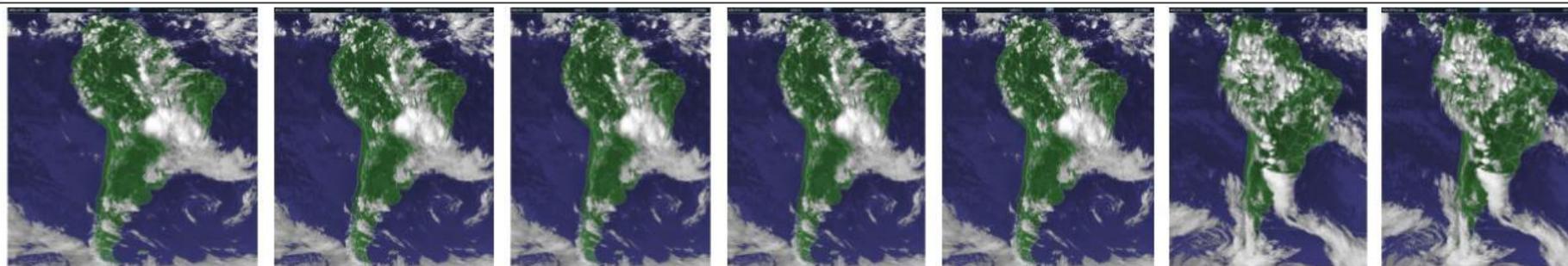


Figura 12: Notícia de jornal G1 Amazonas



## Imagens do Satélite Goes 12 dos dias 03 à 09 de Março de 2017



Organização: ANDRADE, J.S, 2022

#### 7.6.5 Episódio do dia 14 de fevereiro de 2019

O episódio reportado pelo jornal “Bom dia Amazônia”, especificamente, no dia 14 de fevereiro de 2019 ocasionou alagamento em alguns bairros da cidade, sobretudo, no bairro do São Francisco que foi reportado no jornal. Nessa análise foram selecionados os dados das variáveis disponíveis na Estação Meteorológica de Itacoatiara/INMET como velocidade do vento, umidade relativa do ar, precipitação e temperatura, além das imagens de satélite GOES 16 nos dias do período de 11 a 17 de fevereiro de 2019 para análise dos sistemas atmosféricos atuantes nos respectivos dias.

Ao analisar os respectivos dias verificou-se que a velocidade do vento ficou entre 0 e 1 m/s, a umidade esteve entre 77,5% à 90,8%, dos 7 dias analisados em 5 ocorreram precipitação, a mínima apresentou 15,8 mm e a máxima 82,7 mm, além disso a temperatura variou em 25,9°C à 28°C. O sistema atmosférico que atuou nessa semana foi Zona de Convergência intertropical (ZCIT) no dia 14 de fevereiro de 2019, data em que foi reportado o episódio, a umidade relativa do ar ficou em 87,3%, com precipitação pluvial de 82,7 mm diário, e a temperatura em 26°C. (Prancha 7)

Verificou-se também, a constância de ocorrência de eventos pluviais dias antes e após o episódio reportado pelo jornal “G1 Amazonas”, nos dias 11, 12, 13 e 17 com precipitação pluvial de 48,2mm, 15,8mm, 10,9mm e 17,8mm respectivamente, influenciados pelo sistema atmosférico Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Neste episódio ocorreu um evento de precipitação considerada extrema, acima do limiar do percentil 99 causando danos que impactaram a população, como alagamentos de ruas e casa no bairro São Francisco.

## Prancha 7: Episódio do dia 14 de fevereiro de 2019

- **EPISÓDIO DO DIA 14 DE FEVEREIRO DE 2019**

Figura 13: Mapa de localização: São Francisco

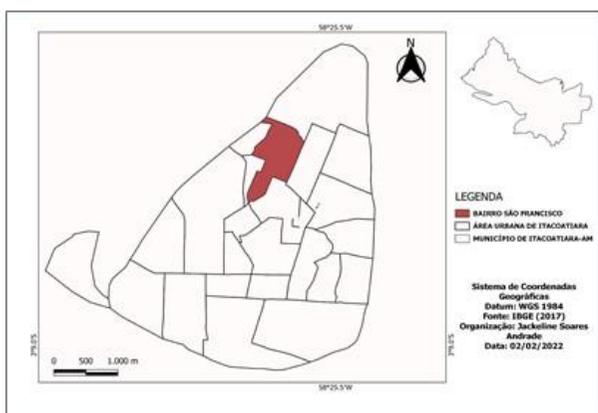


Figura 14: Análise rítmica do período de 11 à 17 de fevereiro

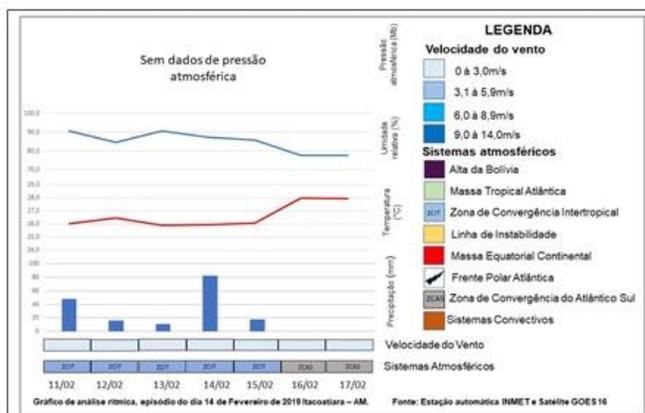
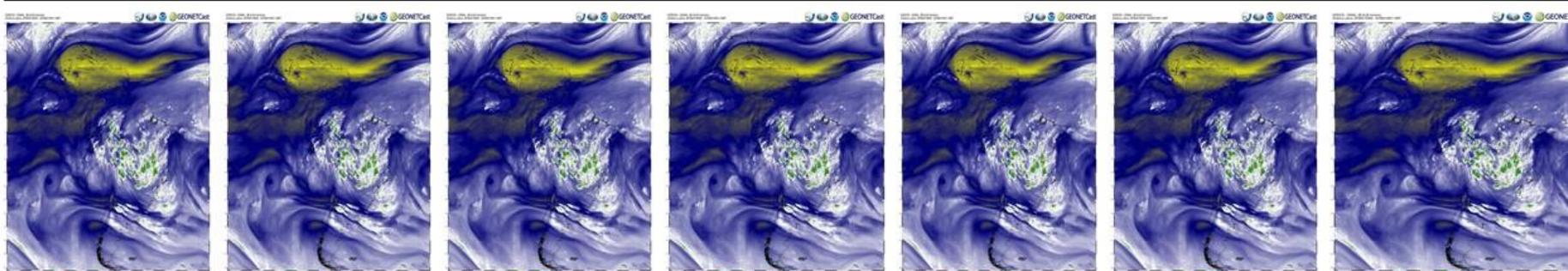


Figura 15: Notícia de jornal Bom dia Amazônia



Imagens de satélite GOES 16 dos dias 11 à 17 de Fevereiro de 2019

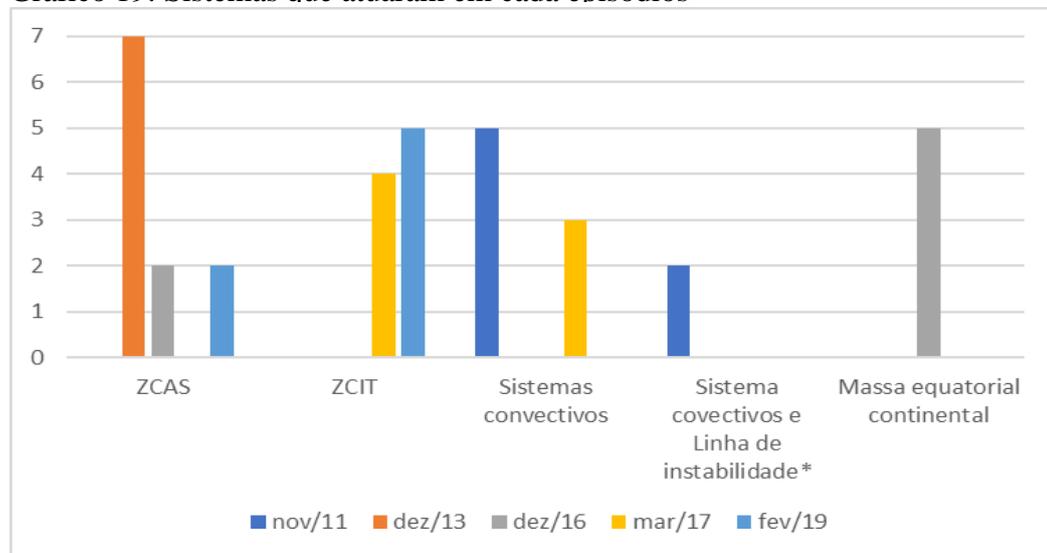


Organização: ANDRADE, J.S, 2022.

No (Gráfico 19) os sistemas atmosféricos que mais atuaram nos dias de cada episódio analisados, de acordo com as imagens de satélites, boletim de climanálise e boletins técnicos do CPTEC/INPE foram: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Linhas de Instabilidade (LI's), Sistemas Convectivos e Massa Equatorial Continental.

Verificou-se que o sistema atmosférico, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) esteve presente atuando, em um total de 11 dias de precipitação pluvial que ocorreram impactos na cidade de Itacoatiara, nos anos dos episódios analisados. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), atuou num total de 9 dias, principalmente nos episódios dos meses de março de 2017 e fevereiro de 2019. Os sistemas convectivos atuaram em torno de 8 dias nos anos de 2011 e 2017. A Massa Equatorial Continental foi responsável pela precipitação que influenciaram nos impactos sofridos pela população, em torno de 5 dias do episódio do mês de dezembro de 2016. Por fim os Sistemas Convectivos e Linhas de Instabilidades (LI's) atuaram em conjunto em dois dias do mês de novembro de 2011

Gráfico 19: Sistemas que atuaram em cada episódios



Fonte: INMET. Org: ANDRADE, J.S, 2023.

\*Os sistemas atuaram em conjunto

## 8 CAPÍTULO III: RISCO E VULNERABILIDADE SOCIOESPACIAL EM ITACOATIARA – AM

Neste capítulo foram abordados os conceitos de risco e vulnerabilidade, além de demonstrar o índice de vulnerabilidade socioespacial (SoVI®) aplicado a cidade de Itacoatiara - AM e identificando os locais mais vulneráveis socialmente e aos eventos hidroclimáticos.

### 8.1 RISCO E VULNERABILIDADE SOCIOESPACIAL

Os termos risco e vulnerabilidade são conceituados de diversas maneiras e estudos variados a partir de diferentes pressupostos, posturas metodológicas e aplicações. Nessa proposta para a construção da dissertação serão discutidos esses dois conceitos, porém, com enfoque principalmente nas perspectivas conceituais adotadas nessa pesquisa.

Na ciência geográfica, o entendimento da relação sociedade-natureza é o cerne da utilização do conceito, centrando-se em ambos os aspectos, todavia, o aparecimento do conceito de risco ocorre primeiramente nos estudos dos naturais hazards, desde a década de 1920 (MARANDOLA, 2008; SOUZA e ZANELLA, 2009; ALEIXO, 2012).

A denominação natural hazards está relacionada à origem dos fenômenos, porém “um hazards não é natural em si, mas trata-se de um evento que ocorre na interface sociedade-natureza” (MARANDOLA JR. e HOGAN, 2004, p.28). Na visão geográfica, risco (risk) é uma situação que está no futuro e que traz incerteza e insegurança. “Assim, há regiões de risco (regions of risk) ou regiões em risco (regions at risk). O que é estar em risco? É estar suscetível à ocorrência de um hazards” (MARANDOLA Jr e HOGAN, 2004).

Para Veyret (2007), o risco é definido como a percepção do perigo ou de uma catástrofe possível e, portanto, passa a existir apenas em relação a uma sociedade que o perceba, integre e com ele conviva por meio das práticas cotidianas, a autora afirma que, o risco é sempre um produto social. Para Castro (2005) o risco, de maneira mais ampla, consiste na “probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinantes, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana.

O conceito de vulnerabilidade já foi discutido por diversos autores, que expressam o termo complexo, difícil de mensurar e representar, autores como BICKMANN (2006) contido em ALMEIDA (2010), destacam que a vulnerabilidade é:

- multidimensional e diferencial (varia através do espaço físico e entre e dentro de grupos sociais),
- dependente da escala (com relação ao tempo, espaço e unidades de análise tais como individual, familiar, região, sistema) e

- dinâmica (as características e as forças motrizes da vulnerabilidade mudam a todo tempo).

Para Nascimento Júnior (2018) a vulnerabilidade está para o risco como uma construção social e histórica, mas também apresenta aspectos singulares históricos para sua fundamentação. Para a Geografia é necessário compreender as contradições materiais e imateriais entre o social e o espacial, que gera conflitos na apropriação do espaço pelas diversas classes sociais, e a vulnerabilidade está nos cerne destas contradições. As autoras Penna e Ferreira (2014) definem a vulnerabilidade como

“Um risco social, a vulnerabilidade caracteriza-se pela concentração da precariedade (ou falta) de serviços coletivos e de investimentos públicos em infraestruturas (os ativos e as estruturas de oportunidades), que desse modo provocam a desproteção social das comunidades mais carentes. A vulnerabilidade pode ou não estar associada a riscos ambientais, como, por exemplo, moradias localizadas em áreas de alta declividade (perigo de deslizamentos e soterramentos de pessoas e habitações) ou sujeitas a enchentes (...) vulnerabilidade social enfocada numa perspectiva socioespacial é entendida como um processo no qual interagem as condições do território e as potencialidades da população que nele habita. É a interação dessas características com as sociais, econômicas e culturais da população do lugar (suas potencialidades) que resultaria no grau de vulnerabilidade dos lugares” (PENNA e FERREIRA, 2014, p.26 e 30).

A relação entre vulnerabilidade e risco frente a situações adversas, bem como, o comportamento dos sujeitos perante esses eventos depende de sua vulnerabilidade, ou seja, há uma maior exposição ou mesmo resposta pouco adequada para seu enfrentamento (ARAÚJO, 2014).

A vulnerabilidade é um processo que envolve tanto a dinâmica social quanto as questões ambientais vivenciadas pela população de uma determinada localidade e está relacionada ao maior ou menor grau de risco que a população enfrenta face aos problemas tanto de ordem social e econômica, quanto aos deflagrados por condicionantes atmosféricos e geológicos. (HOGAN e MARANDOLA, 2006). Segundo Veyret (2019) as sociedades modernas se apresentam muito vulneráveis, são mais sensíveis que no passado aos eventos meteorológicos que traduzem em efeitos sobre o turismo, no custo dos produtos agrícolas, no transporte.

Para Gonçalves (2003), quando os eventos de precipitação extrema se tornam perigosos para os agentes sociais são chamados de riscos, pois, em alguns casos a população não consegue evitar os efeitos negativos. Demonstrando que o clima pode impactar a população de formar diferentes.

## 8.2 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE SOCIAL (SOVI®) APLICADO A CIDADE DE ITACOATIARA – AM

A abordagem de risco e vulnerabilidade auxilia na evidencia que a vulnerabilidade está para o risco como uma construção social, espacial e histórica (MARANDOLA, 2008, CUTTER, 2011). De acordo com Nascimento Júnior (2018) dentre as variadas metodologias de índices de vulnerabilidade na ciência geográfica dos riscos e ameaças naturais, o Social Vulnerability Index – SoVI® (Índice de Vulnerabilidade Social) preconizada por Cutter et. al. (2003) apresenta possibilidades para discussões de cunho teórico e metodológico na análise dos riscos. Além disso, não considera um único parâmetro nos resultados de cada universo de análise, os autores que se baseiam nesse modelo apresentaram resultados distintos e particulares, uma vez que a vulnerabilidade social é organizada por contextos históricos e espaciais (NASCIMENTO JÚNIOR, 2018).

Segundo Cutter (2011) vulnerabilidade é o potencial para perda, que inclui elementos de exposição ao risco (as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado perigo), quer de propensão (as circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos para responder a e recuperar de ameaças ambientais).

A composição do SoVI® proposta por Cutter et al. (2003) implica na avaliação da vulnerabilidade social a partir da estrutura de fatores que representam a variância explicativa da matriz do conjunto de variáveis em nível percentual.

Em relação análise de Componentes Principais (ACP) as cargas fatoriais representam uma medida relativa da importância de cada variável original nas componentes principais e, os respectivos sinais positivos ou negativos podem indicar relação direta ou inversamente proporcional na matriz de variância. Desta forma, foram utilizados os scores das componentes principais que explicam percentual acumulado de variabilidade total no conjunto  $\geq 50\%$ .

A composição do índice em Itacoatiara-AM se deu pela aplicação do ACP que reduziu o conjunto de 129 para 4 fatores, que representam 52% de variância explicativa, conforme (Tabela 2).

Tabela 2: Fatores e componentes da vulnerabilidade e percentual explicativo baseado no SoVI®

Cidade	Fator	Componentes	Variabilidade (%)	% Acumulada
Itacoatiara/AM	1	Moradia, faixa etária, renda, raça e gênero,	22,7	22,7
	2	locatários e ocupantes	13,1	35,7
	3	Saneamento	9,0	44,7
	4	Infraestrutura Urbana e Ambiental	7,3	52,1

Org: ANDRADE, J.S, 2023.

Os valores de SoVI® (Figura 8) para Itacoatiara foram estruturados a partir de fatores com diferentes níveis percentuais de variância explicativa da vulnerabilidade social em relação ao conjunto total de variáveis utilizadas

A 1ª componente apresenta 22,7% de percentual explicativo (que apresentou a variável com a maior carga fatorial) da vulnerabilidade social de Itacoatiara é a moradia, faixa etária, raça e gênero. A variável dominante é relativa a domicílios particulares permanentes cedidos de outra forma, combinada às demais variáveis relativas a domicílios cedidos e rampa, meio fio/guia, calçada, iluminação pública. A presença de moradores de domicílios particulares permanentes alugados, moradias inadequadas, identificados com rendimento mensal médio de 1 a 2 salários mínimos, e pessoas alfabetizadas de 60 anos em diante, do sexo feminino e raça parda completam os scores de variância. Esses fatores sugerem que a principal condição de vulnerabilização está ligada a natureza de ocupação de domicílios, desigualdade social/renda, levando em consideração também a qualidade do ambiente construído.

Quando espacializados os scores da primeira componente em Itacoatiara (Prancha 8) os mesmos se distribuem de forma diversa devido ao caráter abrangente da componente que demonstram a vulnerabilização. Os lugares com os menores valores estão nos bairros situados na área central da cidade, as regiões de adjacências aos bairros centrais e também ao Norte com valores médios. Os valores altos predominaram nas regiões consideradas áreas periféricas da cidade, com predomínio de domicílios e renda precária como os bairros: Mamoud Amed, Eduardo Braga II, Eduardo Braga I, Jauary II, Da paz, Jardim Adriana, Nogueira júnior.

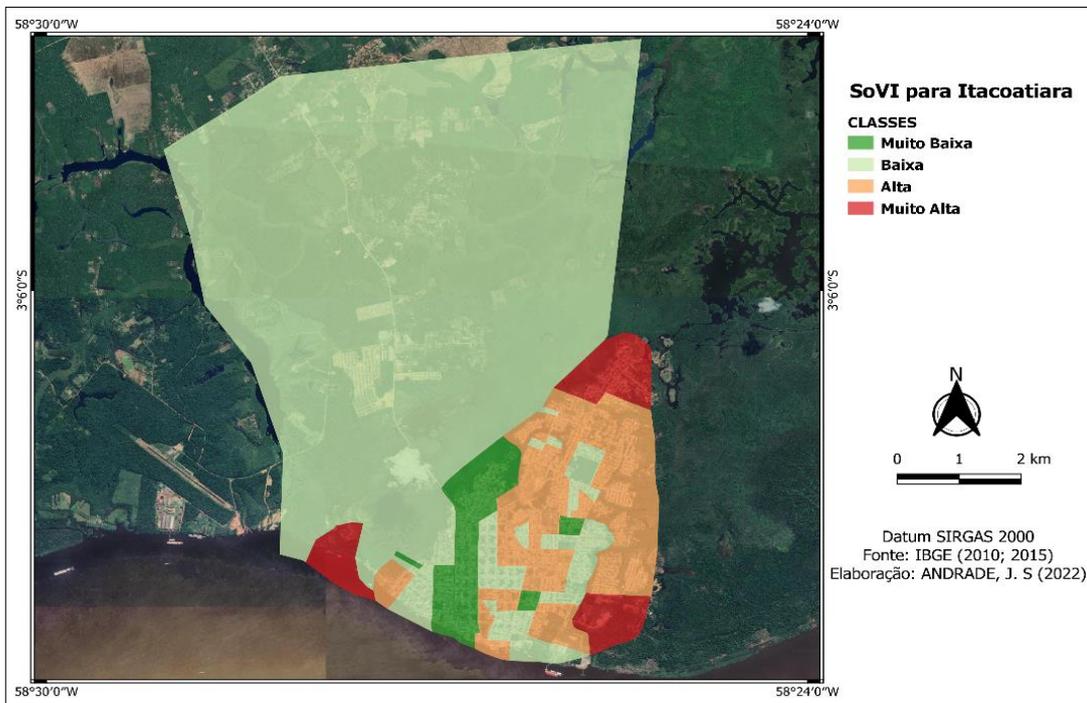
Na 2ª componente explica 13,1% da matriz da vulnerabilidade da cidade de Itacoatiara. As variáveis que formam as componentes sugerem que as populações mais vulneráveis são aquelas que residem em domicílios cedidos, domicílios alugados, domicílios particulares permanentes sem morador do sexo feminino com a presença de iluminação pública, calçada, bueiro/boca de lobo, banheiro com uso exclusivo dos moradores dos domicílios e arborização.

A interpretação da 2ª componente indica que a vulnerabilidade está atribuída à locatários e ocupante, quando espacializados os scores da segunda componente em Itacoatiara, relativa à condição de ocupação, se distribuem da seguinte forma: o predomínio dos menores valores se apresentou nos bairros ao redor do centro e adjacências. Os valores elevados predominaram nos bairros Jauary II, Centenário, Eduardo Braga II e uma parcela do bairro florestal.

Na 3ª componente em Itacoatiara explica 9,0% da variabilidade na matriz SoVI® relativa aos domicílios particulares próprios, esgotos a céu aberto, lixo acumulado nos logradouros, rampa, meio fio e arborização. A combinação desta variável aos domicílios particulares com lixo acumulados nos logradouros sugere que a interpretação seja relacionada a precariedade do saneamento ambiental.

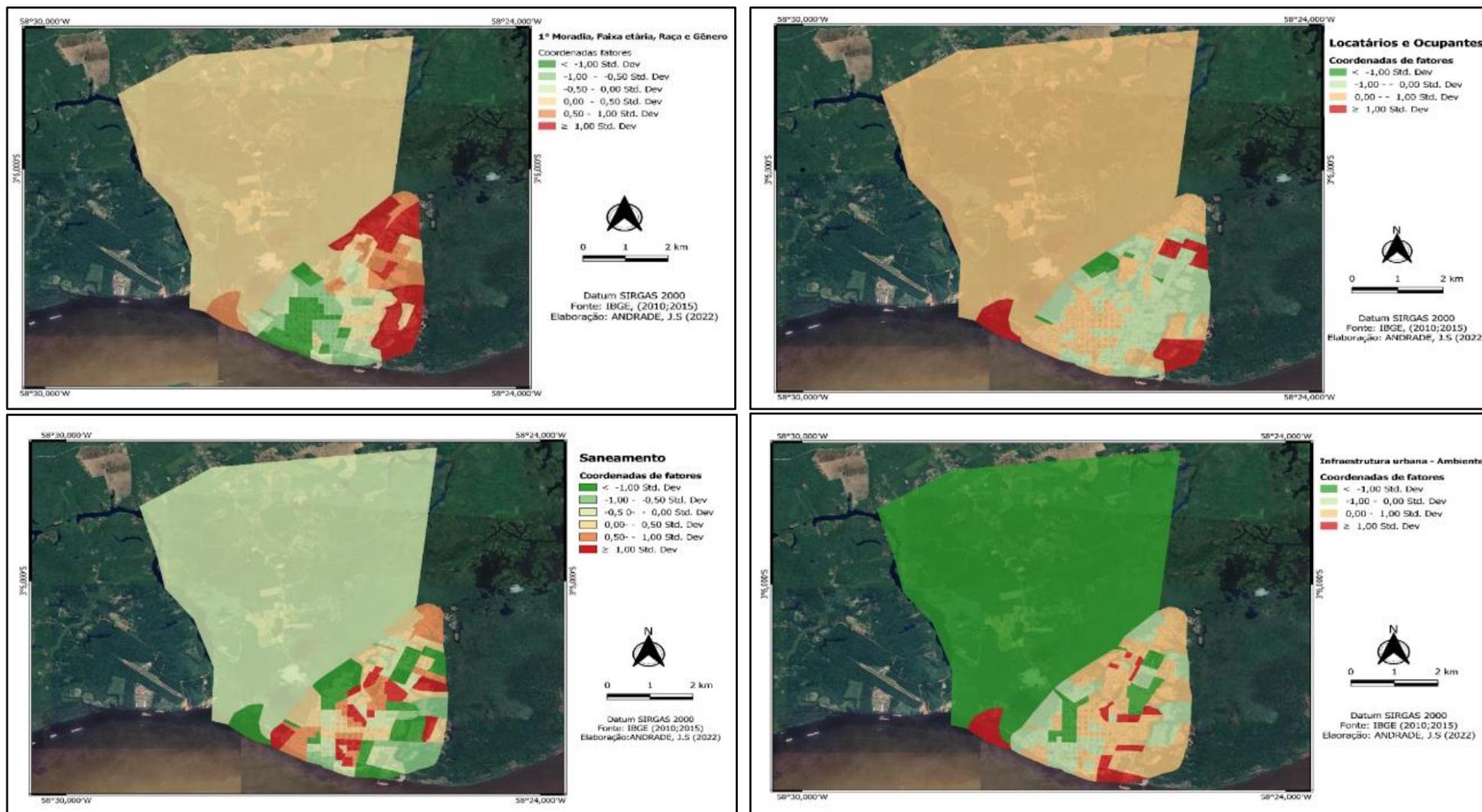
Na 4ª componente explica 7,3% da variabilidade na matriz, relativa à infraestrutura urbana e ambiental. As variáveis dominantes são iluminação pública, identificação de logradouros, domicílios alugados e próprios. Tendo em vista a combinação entre as variáveis abrangidas na quarta componente há maior relevância nos aspectos da qualidade do ambiente construído é estruturada em função de moradores residentes em domicílios cedidos ou alugados e das condições socioeconômicas.

Figura 8: Índice de Vulnerabilidade social (SoVI®) para a cidade de Itacoatiara-AM



Org: ANDRADE, J.S, 2023.

Prancha 6: Espacialização da primeira, segunda, terceira e quarta componente principal para cidade de Itacoatiara-AM



Org: ANDRADE, J.S, 2023.

Ao identificar os locais mais vulneráveis aos episódios de eventos extremos hidroclimáticos na cidade, verificou-se também os lugares e bairros mais vulneráveis da cidade de Itacoatiara. Assim, cabe destacar aspectos da realidade sobre como os índices de vulnerabilidade resultam das dinâmicas históricas de urbanização, e como os eventos extremos de precipitação se apresentam de forma seletiva e promovem impactos climáticos urbanos desiguais. Segundo Rampazzo (2019) a discussão teórica e aplicação prática do índice SoVI®, é uma das possibilidades de qualificar a vulnerabilização da população e os impactos do clima urbano que são diferentes em cada realidade histórica da produção do espaço urbano.

Um agravante identificado no índice de vulnerabilidade da cidade de Itacoatiara é a recorrência de setores geográficos com maiores índices de vulnerabilidade associadas a componente de moradia. Os domicílios alugados, cedidos indicam a relevância da riqueza material quando se trata dos níveis de vulnerabilidade da população que não possui domicílio próprio e são submetidas à insegurança. Observou-se também que a aquela população que possui domicílios próprios carece de melhorias na infraestrutura habitacional e social.

As classes do índice SoVI® apresentaram para Itacoatiara as condições socioespaciais desiguais ligadas ao processo histórico do contexto urbano-cidade produzida.

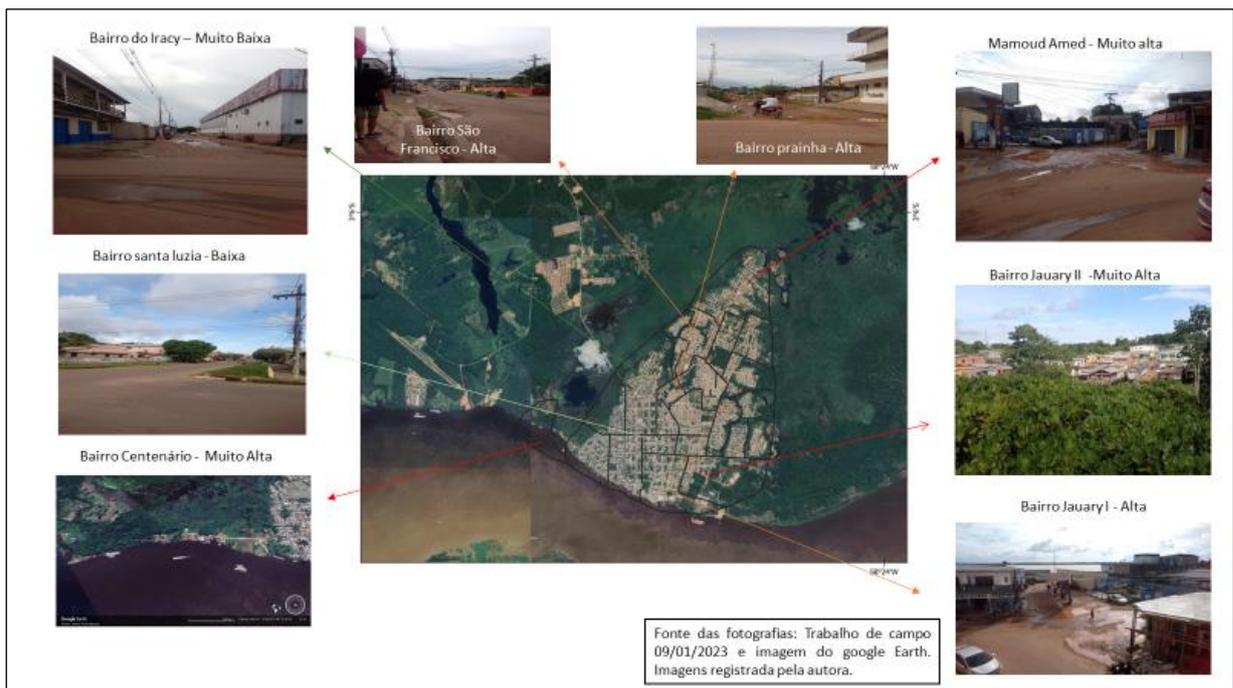
Além disso, verificou-se que os bairros Jauary I e Jauary II considerado com vulnerabilidade alta e muito alto no índice SoVI® (Figura 9) nesses bairros apresenta ausência de infraestrutura básica de saneamento, com esgoto a céu aberto e algumas áreas moradias precárias, sofrendo principalmente nos eventos extremos de chuva. O bairro Mamoud Amed sofre com a falta de infraestrutura, ruas esburacadas e sem asfalto, na época de chuva os moradores relatam abandono do poder público, considerado um bairro populoso e periférico, segundo Oliveira (2013). Entre os demais da cidade, porém com a crescente densidade populacional e aumento da cidade, não está conseguindo melhorias na sua infraestrutura para atender essa população.

Esses bairros que estão aos arredores do centro e adjacências, são considerados com vulnerabilização alta ou muito alta, que se relaciona ao crescimento populacional e em contrapartida a expansão territorial urbana em Itacoatiara pela procura por moradia nos bairros próximos ao centro e adjacências, pois, as pessoas que tinham recursos conseguiam comprar um terreno, ou ainda, alugar ou comprar uma casa nessa região.

Todavia os que não dispunham de renda, buscavam nas áreas mais distantes um local para morar, assim crescendo o número de loteamentos, os chamados invasões, que deram origem a novos bairros. Os mesmos acabaram não conseguindo suprir a demanda da população por saneamento básico por falta de investimentos do poder público.

Os bairros como do Iracy, Santa luzia e Centro foram considerados com vulnerabilidade baixa, e apresentam lojas comerciais, prédios dos poderes públicos. Observou-se que a população desses bairros centrais possui um poder aquisitivo maior, moradias com melhores estruturas e materiais construtivos. Contudo, apesar da baixa vulnerabilidade ainda apresenta aspectos infraestruturais que necessita de melhor planejamento e políticas públicas.

Figura 9: Registro fotográfico das áreas mais vulneráveis a episódios hidroclimáticos



Org: ANDRADE, J.S, 2023.

Numa análise geral da cidade de Itacoatiara, os bairros Jauary I, Jauary II, Mamoud Amed dentre os problemas destaca-se o saneamento incluindo rede de água, esgoto e energia elétrica, e o ambiente construído apresenta deficiência de iluminação pública, no escoamento de águas pluviais, meio fio/ guias e sarjetas, calçadas, pavimentação. Nestes locais a susceptibilidade é agravada pela densidade populacional, elevado número de moradores por domicílio e moradia semi-adequada, pessoas alfabetizadas de 60 anos em diante, do sexo feminino e raça parda.

Cabe ressaltar que essa realidade não está condicionada a esses bairros considerados periféricos, não excluindo os demais, pois a maior parte dos bairros de Itacoatiara sofrem com esses problemas. Destaque nessa situação para a seletividade dos lugares na cidade para interesses de reprodução do capitalismo resulta na segregação socioespacial, racial e de gênero, onde podemos observar em bairros dotados de infraestrutura e outros não, levando à ampliação a cada dia do tecido urbano de Itacoatiara nas áreas periféricas, onde se encontram essa

população socialmente vulnerável. Diante disso o SoVI® contribuiu para evidenciar as principais condições de vulnerabilização, limitações e as singularidades na construção social do clima urbano são evidenciadas dentre as áreas que estejam mais suscetíveis aos perigos naturais e como as populações mais vulneráveis aos impactos climáticos se distribuem espacialmente na cidade.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sob os estudos dos eventos extremos, pressupostos teóricos e metodológicos da climatologia geográfica e geografia do clima permitiram evidenciar análises e reflexões sobre os eventos extremos de precipitação atrelados a vulnerabilidade social no espaço urbano de Itacoatiara.

No capítulo I, pela distribuição mensal da variabilidade pluviométrica, identificou-se que os meses de janeiro a maio se caracterizam como tendentes a chuvosos/ou chuvosos, em contrapartida os meses de julho a outubro possuem um padrão de tendente a seco e seco. No período de 1971-2020 o mês de junho apresentou o padrão de 31 meses se configurando como habitual, assim se caracterizando como um mês de transição entre o período chuvoso para o tendente a seco/seco.

Em relação aos anos-padrões observou-se dezesseis anos considerados como habituais, dez anos como tendente a seco e sete anos como seco, em relação aos anos considerados tendentes a chuvosos um total de dez anos, sete anos como chuvosos.

No que se refere à excepcionalidade dos eventos extremos. Em relação ao percentil 90, partiu-se do limiar de análise entre 22,6 a 36,7 mm/24h na área de estudo, ao passo que o percentil 95, entre 36,8 a 68,5 mm/24h e o percentil 99, encontra se atrelado a índices iguais ou superiores a 68,6 mm/24h. Onde apresentaram variações quanto aos seus limiares, com frequências anuais de 822 dias para o P90, 663 dias de precipitações para o P95 e 167 dias de chuvas associadas ao P99 no período de 1971-2020. Relacionando os resultados analisados por década verificou-se um aumento no total de dias dos eventos extremos em todos os limiares, percentis 90, 95, 99 principalmente na última década de 2010-2020.

No capítulo II, identificou que as séries dos percentis 90, 95 e 99 apresentaram tendência positiva de incremento de dias com eventos extremos. Avançou na abordagem geográfica com enfoque no ritmo dos eventos extremos mais significativos da série integrados aos episódios em Itacoatiara. Verificou-se a gênese dessas precipitações extremas onde o Sistema atmosférico, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) esteve presente atuando, em um total de 11 dias de precipitação pluvial que ocorreram episódios de impactos deflagrados na cidade de Itacoatiara, nos anos dos episódios analisados, seguindo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Sistemas Convectivos, Massa Equatorial Continental e Linhas de Instabilidades (LI's).

Em relação ao capítulo III analisou-se os diferentes indicadores para o índice de vulnerabilidade socioespacial (SoVI®) e identificou-se que os bairros Jauary I, Jauary II,

Mamoud Amed são mais vulneráveis e suscetíveis aos perigos naturais. Além disso, as pessoas alfabetizadas de 60 anos em diante, do sexo feminino e raça parda com a população são mais vulneráveis aos impactos hidroclimáticos na cidade de Itacoatiara.

Com isso, constatou-se que é de suma importância a análise integrada com os pressupostos teóricos da Climatologia Geográfica, Geografia do clima e Vulnerabilidade para compreender a gênese dos eventos extremos de precipitação na região Amazônica, os impactos e os impactados, bem como entender como a produção do espaço desigual é estrutura principal das ocorrências dos impactos do clima urbano e dos eventos extremos.

Portanto, é essencial a implantação de políticas públicas não apenas para o monitoramento e prevenção dos riscos dos eventos e episódios extremos, mas voltada principalmente a infraestrutura, saneamento, moradia e diminuição de desigualdades estruturais materializadas nas cidades amazônicas para redução da vulnerabilidade social das pessoas e dos lugares em Itacoatiara.

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará.** 278 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

ALMEIDA, R. B; CASTRO, M. B. Espacialização da dengue: Indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença. **Revista Raega.** Curitiba, v.45, p. 200-2013, 2018.

ALEIXO, N. C. R. **Pelas lentes da climatologia e da saúde pública: doenças hídricas e respiratória na cidade de Ribeirão Preto.** 353f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e tecnologia, 2012.

ALEIXO, N.C.R.; SILVA NETO, J. C. A. **Precipitação e riscos em Tefé -AM.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, p.1176-1190, 2015.

ALHO, M. C. **Uma análise político-econômica de desenvolvimento no município de Itacoatiara (AM).** 165f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional) - Universidade Federal do Amazonas, 2009.

ARAÚJO, R. R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA).** 286f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2014.

ARMOND, N. B. **Entre Eventos e Episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro.** 239f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Presidente Prudente, 2014.

BACK, Álvaro José. **Aplicação de análise estatística para identificação de tendência Climáticas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira., Brasília, v.36, n.5, p.717-726, maio 2001.

BARCELLOS, P.C.L. **Precipitações intensas na cidade do Rio de Janeiro: probabilidade e previsibilidade.** 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BEREZUK, A. G. **Análise das adversidades climáticas no Oeste Paulista e Norte do Paraná.** Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente. 2007.

BIRKMANN, J. **Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards disaster resiliente societies.** Toquio: United Nations University Press, 2006.

BIRKMANN, J; WISNER, B. **Measuring the un-measurable: the challenge of vulnerability.** Alemanha, United Nation University. Institute for Environment and Human Security. 2006.

BORMA, L.S.; NOBRE, C. A. **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

CARVALHO, J. A. L. **Terras caídas e consequências sociais: Costa do Miracauera – Paraná da Trindade, Município de Itacoatiara** – Am, Brasil. 141f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Manaus, 2006.

CUTTER, S. L. **The vulnerability of Science and the Science of vulnerability**. Annals of the Association of American Geographers, v. 93, n 1. 2003.

\_\_\_\_\_. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. Revista Crítica de Ciências Sociais, v. 93, n. 1, p. 59-70, jun. 2011.

DEBREUIL, V. FANTE, K.P; SANT'ANNA NETO, J.L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Revista Franco-brasileira de Geografia**. N.37, 2018.

DEBORTOLI, Nathans. **O regime de chuvas na Amazônia meridional e sua relação com olog**. 2013. 217p. tese (doutorado em desenvolvimento sustentável e geografia) – universidade de Brasília, Distrito Federal, com co-tutela em Universo site Renes 2, alta bretanha.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos do Município de Itacoatiara- Estado do Amazonas/** João Marcos Lima da Silva. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2003.

FANTE, Karime Pechutti. **Variabilidade da temperatura em áreas não Metropolitanas do estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011**. 254 f. Dissertação de mestrado, universidade estadual de São Paulo, Presidente Prudente – SP, 2014.

FANTE, K.P; SANT'ANNA NETO, J.L. **técnicas estatísticas para a homogeneização de dados de temperatura em séries temporais climatológicas**. Revista Brasileira de climatologia, v.18, p. 143-156, 2016.

FERNANDES, M. J. D. S. **Chuvas extremas e seus impactos socioambientais no espaço urbano de Manaus (AM): 1986 a 2015**. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

FERREIRA. D. B. D. S. **Eventos extremos da zona de convergência intertropical sobre atlântico durante o período chuvoso da Amazônia Oriental**. 65f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.

FERREIRA, Valéria. **Estatística Básica**. Rio de Janeiro: SESES, p.184, 2015.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. revista Acta Amazônica 28(2); p. 101-126, 1998

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

GOMES, Ana Clara dos Santos. Et. al. **Análises estatística das tendências de elevação nas series de temperatura média máxima na Amazônia c:entral: Estudo de Caso para região do Oeste do Pará.** Revista Brasileira de Climatologia. Ano 11-vol.17-jul/dez, 2015

GOUDARD, G. **Eventos e Episódios Pluviais Extremos em Curitiba (PR): Uma abordagem a partir dos riscos e vulnerabilidades socioambientais.** 129 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

\_\_\_\_\_. **Eventos pluviais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na Bacia do Alto Iguaçu (Paraná).** 236f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Curitiba, 2019.

HUMMELL, B; M. L; CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 7, n. 2, p. 111-122, 2016.

LIMA, A. P. **Análise de impactos associados à precipitação na cidade de São Carlos – SP.** 177f. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

LOHMANN, M. **Regressão logística e redes neurais aplicadas à previsão probabilística de alagamentos no município de Curitiba, PR.** 230f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MARANDOLA, J. E. Habitar em risco: mobilidade e vulnerabilidade na experiência metropolitana. 266f. Tese de doutorado em Geografia, Universidade de Campinas, Campinas, 2008.

MARANDOLA JUNIOR, E; HOGAN, D. J. **O risco em perspectiva: tendências e abordagens.** *Geosul*, v. 19, n. 38, p. 25-58, 2004.

\_\_\_\_\_. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. *Ambiente e Sociedade*, São Paulo, v,7, n.2, p.95-110, 2004.

\_\_\_\_\_. As dimensões da vulnerabilidade. *São Paulo em Perspectiva*, v. 20, n. 1, p. 33-43, jan./mar. 2006

MARENGO, J.A et al. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos. *Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE. Centro de Ciências do Sistema Terrestre - Edição Especial. 2009.

MARENGO, J.A et al. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório N°5 - Ministério do Meio Ambiente - MMA /Secretaria de Biodiversidade e Florestas-SBF/Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio, 2007.

MARENGO, J. A et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 90, n.1, p. 1973-1985, 2018.

MASCARENHAS JUNIOR, T. A. **Fenômenos meteorológicos extremos em Manaus – AM: sazonalidade e impactos no ambiente urbano**. 199f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e clima do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F. **O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: aspectos teórico-metodológico e estudo de caso**. In: SANT’ANNA NETO, J.L.; ZAVATTINI, J. A. (Org.). Variabilidade e mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: Eduem, p.167-192. 2000.

MENDONÇA, F. O estudo do SCU -Sistema clima urbano – no Brasil: aplicações e avanços. In: MONTEIRO, C.A.F. (Org.). A construção da climatologia geografia no Brasil. Campinas - SP, Editora Alíneas, 2015.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina. In: MONTEIRO. C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). Clima urbano. São Paulo: **Contexto**, 2019.

MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da Região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de Meteorologia**. Vol.2, 107-117, 1987.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo: IGEOG/USP, n.1, p.1-21, 1971.

\_\_\_\_\_. **Teoria e Clima Urbano**. 191f. Tese (Livre Docência em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

\_\_\_\_\_. Teoria e clima urbano – um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO. C. A. F.; MENDONÇA, F. (Org.). Clima urbano. São Paulo: -, 2003.

MONTEIRO, A., CARVALHO, V. Uma abordagem metodológica para avaliação de eventos climáticos extremos. In: AMORIM, M. C. C. T., SANT’ ANNA NETO, J. L., MONTEIRO, A. (Org.). Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. 1. Ed. São Paulo: Outras Expressões, p. 117-142, 2013.

MONTEIRO, C. A. F; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral- CE. **Geo Textos**, vol. 13 n. 2, dezembro 2017.

NASCIMENTO JUNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. 162f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2013.

\_\_\_\_\_. **Clima urbano, risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical: estudo comparado entre Santo (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Austrália)**. 176f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2018.

NASCIMENTO, T. S. D. **Caracterização das condições atmosféricas no período de (1991-2007) em cidades que compõem a calha do rio Solimões – Amazonas**. 126f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, 2009.

NOBRE, C; BORMA, L.S. Secas na Amazônia: Causa e consequências. São Paulo. **Editora oficinas de textos**. 2013.

NUNES, A. D. A. **Tendências em eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Belo Horizonte: detecção, impactos e adaptabilidades**. 191f. Tese (Doutorado em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia. Minas Gerais, 2018.

OLIVEIRA, C. N.S. D. **Urbanização no médios amazonas: importância de Itacoatiara (AM) como cidade intermediária**. 184f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia) — Universidade Federal do Amazonas, 2007.

OLIVEIRA, L. K. D.M. **(RE)Produção do espaço urbano e habitação popular de Itacoatiara-AM**. 100f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, 2013.

OLIVEIRA, R. N. D. **A variabilidade da chuva na Amazônia central: El Niño e La Niña**. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, 2019.

PENNA, N. A; FERREIRA, I. B. Desigualdades socioespaciais e áreas de vulnerabilidades. **Revista Mercador**, v.13, n. 3, p. 25-36, Fortaleza, set/dez, 2014.

PENEIRO. Júlio César; MESCHIATTI. Monica Cristina. Variabilidades e tendências climáticas nos Máximos do inverno e verão no Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 13-vol.21-jul/dez, 2017

PETITT, A. N., 1979. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. *Applied Statistics*, 28, 2, 126-135. Disponível: <http://www.jstor.org/stable/2346729>. Acesso: 17 out. 2022.

PINHEIRO, G. M. **As chuvas extremas e suas repercussões no espaço urbano de Bauru/SP: 1978 a 2008**. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

PINHEIRO, G.M. **Variabilidade tempo-espacial da pluviosidade na bacia do alto Iguaçu**. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

PINTO. Antônia Gomes Neta, et al. As grandes enchentes do Amazonas, na década de 1970, e sua associação com a migração para Manaus, 2009. Disponível em: <[www.Sbpcnet.org.br/livro/tabatinga/134.htm](http://www.Sbpcnet.org.br/livro/tabatinga/134.htm)> Acesso em: jan. 2023.

RADAMBRASIL. Folha S. A-21-Santarém geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso da terra. Rio de Janeiro: DNPM, (Levantamento de Recursos Naturais, 10). p111. 1976.

**RAMPAZZO, Camila Riboli. Clima urbano, risco climático e vulnerabilidade socioespacial mediados pela produção do espaço urbano em cidades paulistas (São Carlos, Marília e Presidente Prudente).** 280f Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, 2019.

ROSS, Jurandyr Sanches. Geografia do Brasil. **Edusp**; São Paulo, 6ª edição, 2019.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do clima antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Revista Terra livre**, nº17, p49-62, 2º semestre. São Paulo, 2001.

\_\_\_\_\_. Da climatologia geográfica a geografia do Clima: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. In: **Anpege**, v. 4, p. 61 – 88, 2008.

\_\_\_\_\_. O clima urbano como construção social: Vulnerabilidade polissêmica das cidades enfermas ao sofisma utópico das cidades saudáveis. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.8, p. 45-60, 2011.

SANT'ANNA NETO, J.L.; ZAVATINI, J.A. Variabilidade e Mudanças Climáticas. Maringá: **EDUEM**, 2000.

SANTOS, M. M. C. D. **Análise Geomorfológicas da região entres os municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga, Nordeste do estado do Amazonas.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Geociências, 2006.

SANTOS, Eliane Barbosa. **Modelagem estatística e atribuições dos eventos de precipitação extrema na Amazônia Brasileira.** 130 f Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Ciências Climáticas, Natal, 2015.

SILVESTRE, M R; SANT' ANNA NETO, J.L; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos-padrão: Uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**. n. 20, V. 2. p. 23-53, 2013.

SILVEIRA, R. D. **Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepe – RS.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Santa Maria: UFSM, 2007.

SILVA. Bruno Claytton.O.da. da Silva; NÓBREGA; Ranyére. S; SOARES, Ana Maria. J.S. Detecção de tendência Climáticas da precipitação pluviométrica em anos (Muitos) secos para o Município de Caicó-RN. **Revista Cerrados**. Montes Carlos, v.15, n.2, p.145-161, jul/dez-2017.

SCHOR, T.; OLIVEIRA, J. A. Reflexões Metodológicas Sobre o Estudo da Rede Urbana no Amazonas e Perspectivas para a Análise das Cidades na Amazônia Brasileira. **Revista Acta Geográfica**, Edição Especial Cidades na Amazônia Brasileira, p.15-30. 2011.

SCHOR, Tatiana; COSTA, Danielle Pereira da. Tipificação da Rede Urbana na Calha do Rio Solimões – Amazonas. Tipificação da Rede Urbana na Amazônia: um estudo para as cidades localizadas na calha do rio Solimões – Amazonas. Núcleo de Estudos e Pesquisas das Cidades da Amazônia Brasileira – NEPECAB, Manaus, 2006.

SOUSA, A. J. D. S. **Eventos extremos de precipitação no Leste da Amazônia**. 93f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia: Processos de superfícies terrestre) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

SOUZA, L. B; ZANELLA. M. E. **Percepção de Riscos Ambientais: Teoria e Aplicações**, Edições UFC, Fortaleza, 2009.

TAVARES, Antônio Carlos. Critérios de escolha de Anos padrões para análise rítmica. Boletim de geografia teórica. Rio Claro – SP, p.79-86, 1976.

ULIANA, E. M.; SILVA, D. D.; RODRIGUES, B. S.; CORRÊDO, L. P., 2015. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste não paramétrico. **Revista Ambiente & Água, Taubaté**, 10, 1. Disponível: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1427>. Acesso: 14 dez. 2022.

VEYRET, Y. Os riscos. O homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo. **Contexto**, 2007.

\_\_\_\_\_. Os riscos. O homem como agressor e vítima do meio ambiente. 2.ed.,1º reimpressão. - São Paulo. **Contexto**, 2019.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Campinas**. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2005.

VIEIRA, S. Estatística Básica. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

WEYKAMP, F.V. **Eventos extremos de precipitação no Sul/sudeste da América do Sul associados a jatos de baixos níveis**. 121f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Departamento de ciências atmosféricas do instituto de astronomia, geofísica e ciências atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

XAVIER, Terezinha de Maria Bezerra Sampaio; XAVIER, Airton Sampaio Fontenele. Caracterização de períodos secos ou excessivamente chuvosos no Estado do Ceará através da técnica dos quantis: 1964-1998. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n.2, 63-78, 1999.

ZANELLA, M.E. **Inundações Urbanas em Curitiba/PR: Impactos, Riscos e Vulnerabilidade Socioambiental no Bairro Cajuru**. 272 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ZANELLA, M.E. OLÍMPIO, J.L.S. Impactos pluviais, risco e vulnerabilidade em Fortaleza CE, in: Mendonça, F. (Org.). Riscos Climáticos: vulnerabilidades e resiliência associados. **Paco Editorial, Jundiá**, p. 115- 136, 2014.

ZANELLA, M.E. Eventos pluviométricos intensos e impactos gerados na cidade de Curitiba/PR-bairro Cajuru: um destaque para as inundações urbanas. Mercator - **Revista de Geografia da UFC**, ano 05, n. 9, 2006.

## 11 APÊNDICE

## Apêndice I: Índice Oceânico Niño

Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	OND	NDJ
1971	-1,4	-1,4	-1,1	-0,8	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-1	-0,9
1972	-0,7	-0,4	0,1	0,4	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1	2,1
1973	1,8	1,2	0,5	-0,1	-0,5	-0,9	-1,1	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2
1974	-1,8	-1,6	-1,2	-1	-0,9	-0,8	-0,5	-0,4	-0,4	-0,6	-0,8	-0,6
1975	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-1	-1,1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,6	-1,7
1976	-1,6	-1,2	-0,7	-0,5	-0,3	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,8
1977	0,7	0,6	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8
1978	0,7	0,4	0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,1	0
1979	0	0,1	0,2	0,3	0,2	0	0	0,2	0,3	0,5	0,5	0,6
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	OND	NDJ
1980	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0	-0,1	0	0,1	0
1981	-0,3	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1
1982	0	0,1	0,2	0,5	0,7	0,7	0,8	1,1	1,6	2,0	2,2	2,2
1983	2,2	1,9	1,5	1,3	1,1	0,7	0,3	-0,1	-0,5	-0,8	-1	-0,9
1984	-0,6	-0,4	-0,3	-0,4	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,6	-0,9	-1,1
1985	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4
1986	-0,5	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,2
1987	1,2	1,2	1,1	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1
1988	0,8	0,5	0,1	-0,3	-0,9	-1,3	-1,3	-1,1	-1,2	-1,5	-1,8	-1,8
1989	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	OND	NDJ
1990	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
1991	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,8	1,2	1,5
1992	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1	0,7	0,4	0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,1
1993	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1
1995	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0	-0,2	-0,5	-0,8	-1	-1	-1
1996	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,3	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4
1998	2,2	1,9	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,8	-1,1	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6
1999	-1,5	-1,3	-1,1	-1	-1	-1	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	OND	NDJ
2000	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,8
2006	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,1	0	0,1	0,3	0,5	0,8	0,9	0,9
2007	0,7	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,6
2008	-1,6	-1,5	-1,3	-1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,8	-0,8	-0,6	-0,3	0	0,3	0,5	0,6	0,7	1,0	1,4	1,6
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	OND	NDJ
2010	1,5	1,2	0,8	0,4	-0,2	-0,7	-1	-1,3	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6
2011	-1,4	-1,2	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1	-1,1	-1
2012	-0,9	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	0	0,2	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,2
2013	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,5	-0,3	0	0,2	0,2	0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7
2015	0,5	0,5	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,9	2,2	2,4	2,6	2,6
2016	2,5	2,1	1,6	0,9	0,4	-0,1	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6
2017	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-1
2018	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,8
2019	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5
Ano	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	FILHO	OND	NDJ
2020	0,5	0,5	0,4	0,2	-0,1	-0,3	-0,4	-0,6	-0,9	-1,2	-1,3	-1,2

Fonte: NOAA, 2021.

## Apêndice II: Estudos selecionados sobre Eventos extremos de precipitação.

<b>Nome do Estudo</b>	<b>Local de estudo e período</b>	<b>Autor e ano de publicação</b>	<b>Método de Análise</b>	<b>Síntese do Estudo</b>
Eventos e episódios pluviiais extremos em Curitiba (PR): Uma abordagem a partir dos riscos e vulnerabilidades socioambientais	Curitiba (PR) (1980-2010)	Goudard, G (2015)	Método hipotético – dedutivo. Interpolação por Krigagem Percentil 99	A pesquisa buscou compreender, de maneira integrada, espaço-temporalmente, a variabilidade pluviial, as chuvas extremas (maiores ou iguais ao Percentil 99%), os episódios pluviiais extremos, dias em que precipitações extremas culminaram em impactos no ambiente urbano com limiares acima 48,6mm/24h
Eventos pluviiais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na Bacia do Alto Iguaçu (Paraná)	Bacia do Alto Iguaçu (Paraná). (1986 – 2015)	Goudard, G (2019)	Percentis (P90, P95, P99). Análise multicritério	Analisou a variabilidade dos extremos pluviiais e a configuração dos riscos híbridos associados aos desastres hidrometeorológicos na bacia do Alto Iguaçu. Foram realizadas análises integradas, colocando em evidência a variabilidade dos extremos pluviiais (P90, P95, P99, Rx1Day, Rx5day), classes de chuva entre 20 e 30 mm/24h
Entre Eventos e episódios: As excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro/ RJ (1999-2010, 2011-2012)	Armond, N.B (2014)	Desvio-padrão, quantis (percentil) e análise multivariada de agrupamento	Realizou-se uma análise dos elementos atmosféricos em sua dinâmica (por meio da análise rítmica), junto com a identificação qualitativa dos alagamentos ocorridos no município do Rio de Janeiro. Foram considerados como limiar de chuva extrema 20mm/24h.
Chuvas extremas e seus impactos socioambientais no espaço Urbano de Manaus (Am): 1986 a 2015	Manaus /AM (1986 – 2015)	Santos, M. J.D.F (2017)	Técnicas estáticas e descritiva. Índice de Erosividade da chuva. Notícias de jornal “Acrítica”	Caracterização das variações pluviométricas (mensais e anuais) e normal climatológica da cidade de Manaus, identificação dos índices de Erosividade da chuva a partir dos dados pluviométricos e a descrição dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva. Foram considerados eventos extremos de chuva somente aqueles que ultrapassaram 50mm diários de precipitação.
Eventos extremos de precipitação no leste da Amazônia	Leste da Amazônia/ estado do Pará	Sousa. A.J.D.S (2010)	Técnicas estatísticas	Foram analisado o padrão das chuvas e o período de maior ocorrência de eventos de extremos de precipitação, com limiares de totais diários iguais ou superiores a 30mm.
Fenômenos de Precipitação intensas: análise da espacialidade e variabilidade na bacia hidrográfica do rio Piracicaba -SP	São Paulo/SP (1981-2010)	Antunes, A.S (2015)	Método de análise integradas e técnica Box plot, Krigagem	A partir do limiar de 94 mm em 24h, obtido por meio da adaptação do método do box plot, foi possível estabelecer áreas de maior ocorrência de eventos. Verificou-se que o setor centro-leste da bacia hidrográfica recebeu a maior quantidade de chuvas intensas no período estudado

Eventos extremos da zona de convergência intertropical sobre o atlântico durante o período chuvoso da Amazônia Oriental.	Amazônia Oriental (1985-2007)	Ferreira, D.B.D.S (2008)	Método de interpolação, técnicas estatísticas multivariadas, Notícias de jornal “Diário do Pará e o liberal”	Observou as características climatológicas associados aos eventos extremos da ZCIT observados sobre o oceano atlântico equatorial, procurando estabelecer as influências na variabilidade pluviométrica da Amazônia oriental com valores acumulados que geralmente ultrapassaram os 20mm, corresponderam à aproximadamente 89% do total de eventos.
Eventos extremos de precipitação no Sul/sudeste da América do sul associados a jatos de baixos níveis.	Sul/Sudeste da América do Sul. (1979 – 1998)	Weykamp, F. V (2006)	Percentil 95, teste T- Student, técnica de composições	Foram analisados os aspectos dinâmicos da JBN nos episódios extremos de precipitação. Os EEP foram aqueles no qual o percentil da distribuição de gamma ajustada a série de totais diários de precipitação ultrapassou o limiar 95%
Análises de impactos associados à precipitação na cidade de São Carlos/SP.	São Carlos/ SP 1980-2009	Lima, A.P (2012)	Técnica estatística, média, desvio padrão	Houve um aumento do número de ocorrências e surgimento novas áreas atingidas por esses impactos de alagamentos a partir do final da década de 1990, como reflexo da expansão urbana e do aumento da concentração das chuvas, principalmente nos casos de grandes volumes de precipitação em 24h.
Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé - RS	São Sepé/ RS 1980-2006	Silveira, R.D (2007)	Método de sturges, análise quantitativa e qualitativo por jornais	Relacionou os eventos de precipitação pluvial extrema com a ocorrência de inundações na zona urbana de São Sepé- RS. Com base na análise dos episódios observou-se que o volume mínimo de precipitação capaz de originar esse tipo de impactos é de 38mm
Variabilidade têmporo-espacial da pluviosidade na bacia do Alto Iguazu	Curitiba/ PR (1980-2010)	Pinheiro, G.M (2016)	Técnicas estatísticas e tendências pluviométricas, percentil 95,99	A análise da frequência dos eventos extremos (percentil 95% e 99%) mostra que existe variabilidade espacial e sazonal, uma vez que o verão se apresenta como maior número de eventos, seguido pela primavera, outono e inverno.
Eventos pluviais extremos na Amazônia Meridional: Riscos e impactos em Rondônia	Rondônia e município de porto Velho (1981-2011)	França, R.R.D (2015)	Análise estatísticas-descritiva, Krigagem, método de interpolação, regressão linear	Na região da Amazônia Meridional não foi observada nenhuma tendência estatisticamente significativa no que se refere ao aumento ou redução de eventos pluviais extremos ao longo do período analisado.
Inundações urbanas em Curitiba/PR: Impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no bairro Cajuru.	Curitiba/PR (1980-2002)	Zanella, M.E (2006)	Análises quantitativas e qualitativas	Os episódios analisados foram os de intensidades iguais e superiores a 60mm/24h
A metodologia dos máximos de precipitação aplicada a estudo de eventos extremos diários nos	Crato, Fortaleza e Sobral (1980 – 2017)	Monteiro, J.B; Zanella, M.E (2017)	Técnicas estatísticas média aritmética, desvio padrão.	Identificou eventos extremos máximos diários de chuva a partir da aplicação da metodologia estatística dos máximos de precipitação nos municípios cearenses de Crato,

municípios de Crato, Fortaleza e Sobral.			Metodologia dos máximos de precipitações	Fortaleza e Sobral. No período de janeiro de 1980 a junho de 2017 identificou-se eventos de grande intensidade com limiares acima de 50mm/24h.
As chuvas extremas e as suas repercussões no espaço urbano de Bauru/SP:1978 a 2008	Bauru/SP (1978 – 2008)	Pinheiro, G.P (2012)	Técnica estatística qualitativa e quantitativa desvio padrão, Técnica dos anos padrão	O estudo do clima urbano de Bauru por meio por meio de uma análise temporal e espacial dos impactos ocorridos, visando avaliar os eventos extremo. Concluiu que apesar dos eventos pluviométricos extremos assim como o total mensal de chuvas ter diminuído na década de 2000 estes passaram a impactar e fragilizar mais o ambiente urbano.
Tendência em eventos extremos de precipitação na região metropolitana de Belo Horizonte: Detecção, impactos e adaptabilidade	Belo Horizonte	Nunes, A.D.A (2018)	Tete paramétricos de regressão linear e não-paramétricos de Mann-kendall, de spearman, Rank-sum	A pesquisa realizada permitiu o levantamento de 104 casos de alagamentos para a cidade de Belo Horizonte, sendo determinado um limiar de 40 mm, que é um indicativo de evento com potencialidade em causar impactos associados à drenagem urbana.
Modelagem estatísticas e atribuições dos eventos de precipitação extrema na Amazônia Brasileira	Amazônia Brasileira (1983 – 2012)	Santos, E.B (2015)	Método de hierárquico aglomerativo de Ward, técnica de composição, índice de silhouette	Os eventos mais intensos são esperados durante o período chuvoso. No sul da Amazônia, as análises de composição revelam que os EPI estão associados com a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul. No litoral. No Noroeste, são aparentemente associados à Zona de Convergência Intertropical e/ou à convecção local.
As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões e impactos de eventos extremos	Paraná (1947- 2011, 1976 - 2011)	Nascimento, J.L (2013)	Técnica de regressão linear, técnica de ponderação regional, padronização, teste Pettitt, Mann-kendall	Nas análises de rupturas e tendências, os dados apresentaram o período de 1990 a 1995 como o principal momento de transição dos valores de pluviométricos e, de 1990 a 2003 para os números de dias com chuva, com recorde para o ano de 1992.
Fenômenos meteorológicos extremos em Manaus – AM: Sazonalidade e impactos no ambiente urbano	Manaus -AM (1961 – 2007)	Mascarenhas, T.A.J (2009)	Método de tendencia, análises estatísticas do intervalo de confiança, Notícias de jornal “Acrítica”	Relacionou os dados de precipitação e temperatura aos Fenômenos El Niño e La Niña, e observou-se que estes eventos influenciaram os padrões desses parâmetros no decorrer da série estudada. Foram definidos inicialmente como eventos extremos para a cidade de Manaus valores acima de 50 mm e 60mm

Fonte: Periódicos capes e Catálogo de teses e dissertação. Org: Jackeline Andrade, 2021.

Dimensão	Categorias	Descrição da variável	Nome (IBGE)	Arquivo
<b>CRITICIDADE</b>	Ponderação	Domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes. Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes.	V001 V002	6.1. Básico
	Estrutura etária	Crianças - Pessoas de 0 a 12 anos completos Adolescentes - Pessoas de 13 a 18 anos completos Idosos - Pessoas de 60 anos em diante	V024 - V046 V047 - V052 V094 - V134	6.16 Arquivo Idade, total (planilha Pessoa13)
	Raça e Cor	População residente da cor/raça Branca População residente da cor/raça Preta População residente da cor/raça Amarela População residente da cor/raça Parda População residente da cor/raça Indígena	V002 V003 V004 V005 V006	6.8 Arquivo Cor ou Raça, idade e gênero (planilha Pessoa03)
		Pessoas alfabetizadas responsáveis, do sexo feminino Pessoas alfabetizadas responsáveis, do sexo masculino	V093 V201	6.4 Resp. pelo domicílio, mulheres. 6.5 Resp. pelo domicílio, homens.
		Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo masculino e raça branca Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo masculino e raça preta Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo masculino e raça amarela Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo masculino e raça parda Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo masculino e raça indígena Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo feminino e raça branca Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo feminino e raça preta Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo feminino e raça amarela Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo feminino e raça parda Pessoas alfabetizadas de 7 a 19 anos, do sexo feminino e raça indígena	V001 + V006 + V011 V002 + V007 + V012 V003 + V008 + V013 V004 + V009 + V014 V005 + V010 + V015 V081 + V086 + V091 V082 + V087 + V092 V083 + V088 + V093 V084 + V089 + V094 V085 + V090 + V095 V066 + V071 V067 + V072	6.9 Arquivo Cor ou Raça, alfabetização, idade e gênero (planilha Pessoa04)
	Alfabetização, idade, gênero e raça/cor			



	<p><b>Estrutura familiar</b></p>	<p>Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 3 a 5 salários mínimos, do sexo feminino  Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 5 a 10 salários mínimos, do sexo feminino  Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 10 a 15 salários mínimos, do sexo feminino  Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 15 a 20 salários mínimos, do sexo feminino  Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 20 salários mínimos, do sexo feminino  Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal, do sexo feminino</p> <p>Domicílios particulares permanentes sem morador do sexo masculino  Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 1 morador  Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 2 moradores  Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 3 moradores  Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 4 moradores  Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 5 moradores  Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 6 ou mais moradores  Domicílios particulares permanentes, com homem responsável e sem outro morador  Domicílios particulares permanentes sem morador do sexo feminino  Domicílios particulares permanentes com mulher responsável e mais 1 morador  Domicílios particulares permanentes com mulher responsável e mais 2 moradores  Domicílios particulares permanentes com mulher responsável e mais 3 moradores  Domicílios particulares permanentes com mulher responsável e mais 4 moradores  Domicílios particulares permanentes com mulher responsável e mais 5 moradores  Domicílios particulares permanentes com homem responsável e mais 6 ou mais moradores  Domicílios particulares permanentes com mulher responsável e sem outro morador</p> <p>Domicílios particulares permanentes alugados  Domicílios particulares permanentes cedidos por empregador  Domicílios particulares permanentes cedidos de outra forma  Domicílios particulares permanentes em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados nem cedidos)  Domicílios particulares permanentes quitados  Domicílios particulares permanentes próprios em aquisição</p> <p>Domicílios particulares permanentes do tipo casa  Domicílios particulares permanentes do tipo casa de vila ou em condomínio  Domicílios particulares permanentes do tipo apartamento  Domicílios particulares improvisados</p>	<p>V060  V062  V063  V064  V065  V066  V067  V068  V061  V081  V082  V083  V084  V085  V086  V087</p> <p>V008  V009  V010  V011  V006  V007</p> <p>V003  V004  V005  V001</p>	<p>"6.2 Arquivo Domicílio, características gerais (planilha Domicilio01)"</p> <p>6.22 Arquivo Entorno 01 (planilha Entorno 01)</p>
--	----------------------------------	--	---	--

	Abastecimento	Domicílios particulares permanentes do tipo casa	V012 V013 V014 V015	6.23 Arquivo Entorno 02 (planilha Entorno 02)
	Saneamento	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna Domicílios particulares permanentes com outra forma de abastecimento de água		
		Domicílios particulares permanentes com banheiros de uso exclusivo dos moradores ou sanitário Domicílios particulares permanentes com banheiros de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial Domicílios particulares permanentes com banheiros de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica Domicílios particulares permanentes com banheiros de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar Domicílios particulares permanentes com banheiros de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via vala Domicílios particulares permanentes com banheiros de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar Domicílios particulares permanentes com banheiros de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via outro escoadouro Domicílios particulares permanentes com lixo coletado Domicílios particulares permanentes com lixo queimado na propriedade Domicílios particulares permanentes com lixo enterrado na propriedade Domicílios particulares permanentes com lixo em terreno baldio ou logradouro Domicílios particulares permanentes com lixo jogado no rio, lado ou mar Domicílios particulares permanentes com outro destino do lixo	V016 V017 V018 V019 V020 V021 V022 V035 V038 V039 V040 V041 V042	
	Energia	Domicílios particulares permanentes com energia.	V043	
		Identificação de Logradouros - Domicílios próprios Identificação de Logradouros - Domicílios alugados Identificação de Logradouros - Domicílios cedidos	V002 V004 V006	
		Iluminação pública - Domicílios próprios Iluminação pública - Domicílios alugados Iluminação pública - Domicílios cedidos	V008 V010 V012	
	Infraestrutura Urbana-Ambiental; Qualidade do Ambiente Construído	Pavimentação - Domicílios próprios Pavimentação - Domicílios alugados Pavimentação - Domicílios cedidos  Calçada - Domicílios próprios Calçada - Domicílios alugados Calçada - Domicílios cedidos  Meio fio/Guia - Domicílios próprios Meio fio/Guia - Domicílios alugados Meio fio/Guia - Domicílios cedidos	V014 V016 V018  V020 V022 V024  V026 V028 V030	

		<p>Bueiro/boca de lobo - Domicílios próprios  Bueiro/boca de lobo - Domicílios alugados  Bueiro/boca de lobo - Domicílios cedidos</p> <p>Rampa - Domicílios próprios  Rampa - Domicílios alugados  Rampa - Domicílios cedidos</p> <p>Arborização - Domicílios próprios  Arborização -Domicílios alugados  Arborização - Domicílios cedidos</p> <p>Esgoto a céu aberto - Domicílios próprios  Esgoto a céu aberto - Domicílios alugados  Esgoto a céu aberto - Domicílios cedidos</p> <p>Lixo acumulado nos logradouros - Domicílios próprios  Lixo acumulado nos logradouros - Domicílios alugados  Lixo acumulado nos logradouros - Domicílios cedidos</p> <p>Domicílios particulares permanentes com moradia adequada - com identificação  Domicílios particulares permanentes com moradia semi - adequada - com identificação  Domicílios particulares permanentes com moradia inadequada - com identificação.</p>	<p>V032  V034  V036</p> <p>V038  V040  V042</p> <p>V044  V046  V048</p> <p>V050  V052  V054</p> <p>V056  V058  V060</p> <p>V202  V204  V206</p>	
--	--	---	---	--

