



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

**CHUVAS EXTREMAS E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO ESPAÇO**  
**URBANO DE MANAUS (AM): 1986 A 2015**

**MIRILIANE JUDITE DOS SANTOS FERNANDES**

Manaus - Amazonas  
2017

**MIRILIANE JUDITE DOS SANTOS FERNANDES**

**CHUVAS EXTREMAS E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NO ESPAÇO  
URBANO DE MANAUS (AM): 1986 A 2015**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas, Área de Concentração "Amazônia: Território e Ambiente". Linha de pesquisa: Domínios da Natureza na Amazônia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira  
Orientador

Manaus-Amazonas  
2017

### Ficha Catalográfica

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

D722c dos Santos Fernandes, Miriliane Judite  
Chuvas Extremas e seus Impactos Socioambientais no Espaço Urbano de Manaus (AM): 1986 a 2015 / Miriliane Judite dos Santos Fernandes. 2017  
116 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Eventos Extremos. 2. Erosividade. 3. Impactos Socioambientais. 4. Modelos Climáticos. 5. Projeções de Clima. I. Vieira, Antonio Fábio Sabbá Guimarães II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



**Poder Executivo**  
**Ministério da Educação**

**Universidade Federal do Amazonas**

IFCHS/DEGEO/Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Mestrado Conceito 4 - Aprovado pela Resolução nº 009 – CONSUNI de 17/08/95  
Credenciado pela CAPES em set/2000  
Reconhecido através da Portaria Nº 1.077- MEC, de 31 de agosto de 2012



**PORTARIA Nº 011/2017**

**O COORDENADOR DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS,** usando de suas atribuições estatutárias, e

**CONSIDERANDO** o documento oficializado junto à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia, no que concerne à composição de Banca Examinadora de Defesa Pública de Mestrado,

**CONSIDERANDO** o que dispõe o Artigo 10 Resolução Nº 033/2014-CONSEPE, de 30 de setembro de 2014,

**RESOLVE:**

**CONSTITUIR** com os(as) doutores(as) abaixo nominados(as), a Banca Examinadora de Defesa Pública de Dissertação de Mestrado da discente **MIRILIANE JUDITE DOS SANTOS FERNANDES**, do Programa de Pós-Graduação em Geografia, a qual ocorrerá no dia **07 de Agosto de 2017, às 14h00, na Sala de Audiovisual do Departamento de Geografia:**

**Presidente:**

- Professor Doutor **ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA**  
PPGEOG/UFAM

**Membros Titulares:**

- Prof. Dr. **HELDER MANUEL DA COSTA SANTOS**  
PPGEO/ICE/UFAM  
- Profa. Dra. **JACI MARIA BILHALVA SARAIVA**  
PPGEOG/UFAM

**Membros Suplentes:**

- Profa. Dra. **NATACHA CÍNTIA REGINA ALEIXO**  
PPGEOG/UFAM  
- Prof. Dr. **NAZIANO PANTOJA FILIZOLA JR**  
PPGEOG/UFAM

Dê-se ciência e cumpra-se.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, em Manaus/AM, 21 de Julho de 2017**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Prof. Dr. José Aldemir de Oliveira  
Coordenador do Programa



*Dedico este trabalho ao meu querido pai Miguel Soares Fernandes, que não viveu o suficiente para compartilhar minhas conquistas, porém, sempre será minha fonte de inspiração.*

*(In memoriam)*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus pela minha vida e sabedoria que nos momentos de angústia foi minha fonte fortalecedora para vencer todos os desafios nessa caminhada.

A minha amada mãe Valdirene Silva dos Santos e meus irmãos Diego S. Fernandes, Valcilene S. Fernandes e Aline S. Dias que sempre estiveram ao meu lado incentivando a nunca desistir.

Ao meu querido orientador, professor Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, pela oportunidade e incentivo durante minha caminhada como pesquisadora.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, coordenação e professores.

A Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Geografia, em especial a Dona Graça Luzeiro, sempre à disposição para esclarecer nossas dúvidas.

A COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES), pela bolsa de estudos no período do projeto.

Ao INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET), pela cessão dos dados de precipitação.

Aos meus familiares materno e paterno pelo apoio nessa caminhada acadêmica, em especial ao primo José Claudinei Fernandes por me apresentar a ciência geográfica aos meus tios Nira e Nelson Fernandes que esteve presente desde o falecimento do meu pai e compartilharam todas as minhas conquistas.

Aos amigos novos e antigos da graduação e mestrado que tive o privilégio de conhecer e compartilhar momentos de angústia, descontração e conquistas.

Aos amigos que conheci no Laboratório de Geografia Física que sempre motivaram nessa caminhada de pesquisadora, pelas trocas de conhecimento durante a estadia no grupo Armando Brito da Frota Filho, Anne Carolina Marinho Dirane, Nádia Rafaela Abreu.

A amiga e irmã Daniela Paiva Carvalho que tive o privilégio de conhecer melhor durante o mestrado, sou grata pela ajuda durante a pesquisa e pela companhia durante essa trajetória compartilhando sempre nossas angústias e conquistas na vida pessoal e profissional.

Aos amigos que tive o privilégio de conhecer Gabriela Figueira Santana e Lucas Teixeira Campelo, sou eternamente grata pela ajuda nos trabalhos de pesquisa.

As minhas amigas de infância Cimára Salles e Cigrid Salles que sempre estiveram comigo torcendo pelo meu sucesso ao longo dessa jornada.

A todos os professores do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Amazonas que contribuíram para minha formação.

“Não existe vento favorável para o  
marinheiro que não sabe aonde ir”

(Sêneca)

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo principal analisar os índices de chuvas extremas e erosividade da cidade de Manaus (AM) no período de 1986 a 2015. Assim, para atingir esses objetivos, foi feita a caracterização das variações pluviométricas (mensais e anuais) e normal climatológica da cidade de Manaus; a especificação dos padrões anômalos para período; a Identificação dos índices de erosividade da chuva a partir dos dados pluviométricos; e a descrição dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva. Desta forma foram considerados eventos extremos de chuva somente aqueles que ultrapassaram 50 mm diários de precipitação. Nessa análise, foi utilizada uma série histórica temporal de precipitação diária e mensal do período de 1986 a 2015 da estação di INMET. Através da tabulação desses dados foi possível gerar gráficos e identificar os eventos anômalos e através da equação de Fournier (1956) foi possível identificar os índices de erosividade da chuva para o período. No que se refere à caracterização dos impactos causados pelos eventos extremos na cidade de Manaus a fonte utilizada foi através das reportagens do Jornal impresso "A Crítica". Entre os resultados obtidos foi possível identificar que a média dos últimos 30 anos da variação pluviométrica anual foi de 2329,4mm, com destaque para o ano mais chuvoso em 2008 com total de 3157,1 e o ano de 2015 considerado menos chuvoso desse período com total 1735,7. Notou-se o aumento de eventos anômalos nas últimas décadas chegando a última década (2006 a 2015) o registro de 23 meses com episódios anômalos. Em relação às estimativas dos índices de erosividade da chuva foi possível identificar que os índices de erosividade mensais e anuais são bastante significantes para causar impacto na cidade. Notou-se que nesses últimos 30 anos ocorreram 82 eventos extremos, com 16 anos sob influência dos fenômenos La Niña e El Niño e 14 sem a influência destes. Os principais impactos causados estavam relacionados a alagações e enchentes, deslizamento de terra, desabamento de casas e alguns casos com vítimas de afogamento.

**Palavras- chaves:** Eventos Extremos, Erosividade, Impactos socioambiental.

## ABSTRACT

The main objective of this work was to analyze the extreme rainfall and erosivity indices of the city of Manaus (AM) in the period 1986 to 2015. Thus, to reach these objectives, the characterization of pluviometric variations (monthly and annual) and normal climatological Of the city of Manaus; Specification of anomalous patterns for period; A Identification of rainfall erosivity indices from rainfall data; And the description of socio-environmental impacts associated with extreme rainfall events. In this way, only those that exceeded 50 mm of precipitation were considered extreme rainfall events. In this analysis, a daily historical series of daily and monthly precipitation of the period from 1986 to 2015 of the INMET station was used. Through the tabulation of these data it was possible to generate graphs and identify the anomalous events and through the Fournier equation (1956) it was possible to identify the rainfall erosivity indexes for the period. Regarding the characterization of the impacts caused by the extreme events in the city of Manaus, the source used was through the newspaper reports "A Crítica". Among the results obtained, it was possible to identify that the mean of the last 30 years of the annual rainfall was 2329.4mm, with the highlight being the rainy year in 2008 with a total of 3157.1 and the year 2015 considered less rainy during that period Total 1735.7. The increase in anomalous events in the last decades reached the last decade (2006 to 2015) the record of 23 months with anomalous episodes. In relation to the estimates of the rainfall erosivity indices, it was possible to identify that the monthly and annual erosivity indices are low to cause impact in the city. It was observed that in the last 30 years 82 extreme events occurred, with 16 years being influenced by the phenomena La Niña and El Niño and 14 without the influence of the phenomena. The main impacts were related to floods and floods, landslides, house collapses and some cases of drowning.

**Key words:** Extreme Events, Erosivity, Socio-Environmental Impacts.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	18
1. REFERENCIAL TEORICO .....	21
1.1 Clima Urbano .....	21
1.3 Eventos Extremos .....	28
1.4 Sistemas de precipitação da Amazônia .....	31
1.5 Erosividade da chuva .....	33
1.5.1 Fatores de erosividade da chuva .....	34
1.5.2 Índices de erosividade da chuva .....	34
2. ÁREA DE ESTUDO .....	36
2.1 Bairros de Manaus .....	36
2.2 Aspectos Físicos .....	39
2.2.1 Característica Geológica .....	39
2.2.2 Característica geomorfológica .....	39
2.2.3 Característica da hidrografia .....	39
2.2.4 Característica da vegetação .....	40
2.2.5 Característica do solo .....	41
2.2.6 Característica do clima .....	42
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	43
3.1 Procedimentos para alcance dos objetivos .....	43
3.1.1 Bases de dados de precipitação .....	43
3.1.2 Caracterização das variações Pluviométricas e Normal Climatológica da cidade Manaus-AM .....	44
3.1.3 Caracterização dos Padrões anômalos no período de 1986 a 2015 .....	45
3.1.4 Caracterização das estimativas dos índices de erosividade da chuva no período de 1986 a 2015 .....	46

3.1.5 Caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva .....	46
4. RESULTADOS .....	48
4.1 Caracterizações das variações pluviométricas (mensais e anuais) e normal climatológica da cidade de Manaus do período de 1986 a 2015 .....	48
4.1.1 Variação pluviométrica anual do período de 1986 a 1995 .....	48
4.1.2 Variação pluviométrica média mensal e normal climatológica do período de 1986 a 1995 .....	50
4.1.3 Variação pluviométrica anual do período de 1996 a 2005 .....	50
4.1.4 Variação pluviométrica média mensal e normal climatológica do período de 1996 a 2005 .....	52
4.1.5 Variação pluviométrica anual do período de 2006 a 2015 .....	53
4.1.6 Variação pluviométrica média mensal e normal climatológica do período de 2006 a 2015 .....	55
4.1.7 Variação pluviométrica anual do período de 1986 a 2015 .....	56
4.2 Caracterizações dos padrões anômalos no período de 1986 a 2015 .....	58
4.2.1 Padrões anômalos no período de 1986 a 1995 .....	58
4.2.2 Padrões anômalos no período de 1996 a 2005 .....	62
4.2.3 Padrões anômalos no período de 2006 a 2015 .....	66
4.3 Caracterizações dos índices de erosividade da chuva no período de 1986 a 2015 .....	70
4.3.1 Índices de erosividade da chuva média anual e mensal de 1986 a 2015 ..	70
4.3.2 Índices de erosividade da chuva média anual e precipitação média anual de 1986 a 2015 .....	72
4.3.3 Índices de erosividade da chuva média anual e precipitação média anual de 1986 a 1995 .....	73
4.3.4 Índices de erosividade da chuva média anual e precipitação média anual de 1986 a 1995 .....	74



4.3.5 Índices de erosividade da chuva média anual e precipitação média anual de 1986 a 1995.....	75
4.4 Caracterizações dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva.....	76
4.4.1 Impactos socioambientais do período de 1986 a 1995.....	76
4.4.2 Impactos socioambientais do período de 1996 a 2005.....	82
4.4.3 Impactos socioambientais do período de 2006 a 2015.....	86
4.5 Impactos socioambientais do período de 1986 a 2015.....	92
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	98
6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO .....	102
7. ANEXOS .....	107

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

AB - Alta da Bolívia

CPTC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

°C – grau Celsius

DI – Distrito Industrial

EMBRAPA – Empresa de Pesquisa Agropecuária

ENOS – El Niño Oscilação Sul

El<sub>30</sub> – Erosividade da chuva

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

mm – Milímetros

O.M.M – Organização Meteorológica Mundial

P - Precipitação anual

p - Precipitação mensal

PROSAMIM - Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

UEA- Universidade Estadual do Amazonas

R<sub>c</sub> – Coeficiente de chuva

SCU - Sistema Clima Urbano

UTC - Coordenadas de Tempo Universal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

ZFM - Zona Franca de Manaus

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área urbana de Manaus-AM.....	37
Figura 2: Alteração na cobertura florestal urbana (1977,1994 e 2011) de Manaus...	41
Figura 3: “Aguaceiro inundou Manaus”, “A Crítica”, Ed. 28/02/1988.....	79
Figura 4: "Chuva inferniza vida no igarapé do Messias", "A crítica" Ed. 07/11/1989.	79
Figura 5: “Um mortos e vários dramas sob a chuva”, “A Crítica”, 08/01/1991.....	80
Figura 6: “Chuva causa alagações e desabamento”, “A crítica” Ed. 21/01/1993.....	81
Figura 7:"Chuva provoca alagações e desabamento", " A crítica" Ed.28/01/1995....	81
Figura 8: "Temporal causa alagação e desabamento", “A critica" Ed. 06/05/1997....	84
Figura 9: “Temporal castiga Manaus”, “A crítica” Ed. 21/04/2000.....	85
Figura 10: “Temporal causa duas mortes e destruição”, “A crítica”Ed. 09/05/2005...	86
Figura 11: "Chuva e tragédia", "A crítica" Ed. 29/01/2007.....	89
Figura 12: “Novo dia de estragos”, “A critica” Ed. 13/04/2007.....	89
Figura 13: “Prédio cai em dia de temporal”, “A crítica” Ed. 05/01/2008.....	90
Figura 14: "Chuva causa alagações em vários bairros", “A crítica" ed. 22/03/2008. .	91
Figura 15: “Chuva deixa 70 famílias sem casa”, “A crítica” Ed. 20/11/2013.....	92
Figura 16: “Chuva provoca desabamentos e deixa 23 feridos”, “A crítica”. Ed. 05/03/1990. ....	94
Figura 17: "Feriadão com chuvas" "A crítica" Ed. 22/12/2015.....	95
Figura 18: "Alagações e sofrimentos", "A crítica" Ed. 20/05/2015.....	95

## LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 01: Precipitação anual acumulada para Manaus - 1986 a 1995 .....	48
Gráfico 2: Precipitação média mensal e normal climatológica - 1986 a 1995.....	50
Gráfico 03: Precipitação anual acumulada para Manaus – 1996 a 2005 .....	51
Gráfico 4: Precipitação média mensal e normal climatológica de 1996 a 2005.....	53
Gráfico 05: Precipitação anual acumulada para Manaus -2006 a 2015 .....	54
Gráfico 06: Precipitação média mensal e normal climatológica- 2006 a 2015.....	56
Gráfico 7: Variação interanual de precipitação de 1986 a 2015.....	57
Gráfico 8: Eventos anômalos de precipitação em 1986.....	58
Gráfico 9: Eventos anômalos de precipitação em 1988.....	59
Gráfico 10: Eventos anômalos de precipitação em 1989 .....	59
Gráfico 11: Eventos anômalos de precipitação em 1991.....	60
Gráfico 12: Eventos anômalos de precipitação em 1993.....	60
Gráfico 13: Eventos anômalos de precipitação em 1994 .....	61
Gráfico 14: Eventos anômalos de precipitação em 1995 .....	61
Gráfico 15: Eventos anômalos de precipitação em 1996.....	62
Gráfico 16: Eventos anômalos de precipitação em 1997 .....	63
Gráfico 17: Eventos anômalos de precipitação em 1999.....	63
Gráfico 18: Eventos anômalos de precipitação em 2000.....	64
Gráfico 19: Eventos anômalos de precipitação em 2002 .....	64
Gráfico 20: Eventos anômalos de precipitação em 2003.....	65
Gráfico 21: Eventos anômalos de precipitação em 2004 .....	65
Gráfico 22: Eventos anômalos de precipitação em 2006.....	66
Gráfico 23: Eventos anômalos de precipitação em 2007.....	67
Gráfico 24: Eventos anômalos de precipitação em 2008 .....	67
Gráfico 25: Eventos anômalos de precipitação em 2009.....	68
Gráfico 26: Eventos anômalos de precipitação em 2011.....	68
Gráfico 27: Eventos anômalos de precipitação em 2012.....	69
Gráfico 28: Eventos anômalos de precipitação em 2013 .....	69
Gráfico 29: Eventos anômalos de precipitação em 2014 .....	70
Gráfico 30: Índice de erosividade anual de 1986 a 2015 .....	71

Gráfico 31: Índice de erosividade mensal de 1986 a 2015.....	72
Gráfico 32: Índice de erosividade anual e media anual de precipitação de 1986 a 2015 .....	73
Gráfico 33: Índice de erosividade da chuva - 1986 a 1995 .....	74
Gráfico 34: Índice de erosividade da chuva- 1996 a 2005 .....	75
Gráfico 35: Índice de erosividade da chuva de 2006 a 2015.....	76
Gráfico 36: Eventos Extremos por mês de 1986 a 1995 .....	78
Gráfico 37: Eventos extremos por mês de 1996 a 2005 .....	83
Gráfico 38: Eventos extremos por mês de 2006 a 2015 .....	88
Gráfico 39: Eventos Extremos $\geq 50$ mm de 1986 a 2015 .....	93
Gráfico 40: Eventos extremos por mês de 1986 a 2015 .....	96
Gráfico 41: Bairros afetados pelos eventos extremos de 1986 a 2015 .....	97

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Sistema Clima Urbano (SCU) Articulação dos sistemas de percepção..	23
Quadro 02: Classificação dos desastres em relação a intensidade, evolução e origem .....	24
Quadro 03: Origem dos desastres naturais.....	26
Quadro 04: Classificação dos desastres em relação agravantes e consequências ..	27
Quadro 5: Desmatamento áreas verdes em Manaus (1986 a e 2004).....	40
Quadro 06: Eventos Extremos $\geq 50$ mm de 1986 a 1995.....	77
Quadro 07: Eventos Extremos $\geq 50$ mm de 1996 a 2005.....	82
Quadro 08: Eventos Extremos $\geq 50$ mm de 2006 a 2015.....	87

## LISTA DE TABELA

Tabela 1: Precipitação média anual das máximas e mínimas de 1986 a 1995.....	49
Tabela 02: Precipitação média anual das máximas e mínimas de 1996 a 2005.....	52
Tabela 03: Precipitação média anual das máximas e mínimas de 2006 a 2015.....	55

## INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas é possível observar a preocupação com estudos relacionados a desastres naturais em várias partes do mundo; em geral esses desastres são determinados a partir da relação entre o homem e a natureza.

Segundo Kobiyama et al. (2006), quando não são aplicadas medidas para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos. Entre os fatores que contribuem para provocar desastres nas áreas urbanas destaca-se a impermeabilização do solo, o adensamento das construções, a conservação de calor e a poluição do ar.

Segundo Coelho (2001), os impactos ambientais promovidos pelas aglomerações urbanas são ao mesmo tempo produto e processo de transformações dinâmicas e recíprocas da natureza e da sociedade estruturada em classes sociais.

Em 2012 a Defesa Civil realizou um mapeamento das áreas de riscos em Manaus (AM) onde foram registradas 34.025 residências na área urbana em situação de risco a desastres naturais, incluindo enchentes e inundações. Entre as zonas com maior número de residências em risco destaca-se a zona leste com 40,94%, seguido pela zona norte com 26,31%, zona sul com 21%, zona centro-sul 10% e zona oeste 2%.

Em virtude da ocupação desordenada próximo as margens de igarapés e falta de uma boa drenagem na área urbana é possível presenciar com um dia de chuva o aumento do escoamento da água pela superfície, acima da capacidade da rede de drenagem, com aumento do nível das águas nos igarapés causando sérias ocorrências de inundações nas áreas ocupadas.

Segundo Marengo et al.(2007), 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.

Benedetto (2014) realizou uma pesquisa sobre eventos extremos de chuva e vento para Manaus/AM no período de 2002 a 2012, e sua pesquisa destacou a

influência dos fenômenos El Niño e La Niña no registro dos eventos extremos e nas variações pluviométricas anuais.

Benedetto (2014) destacou que 2003 apresentou o menor total pluviométrico anual com 1.954,9mm e 2008 o maior total pluviométrico anual com 3.157,4mm, e esse resultado refletiu no registro de episódios de eventos extremos em anos de maior pluviometria na cidade.

Mascarenhas (2009), em sua pesquisa denominada “Fenômenos meteorológicos extremos em Manaus-AM: Sazonalidade e impactos no ambiente urbano” destacou que a precipitação na cidade, no período estudado, teve uma redução nos dias chuvosos e aumento nos eventos extremos superiores a 50,0 mm; destacou, também, a influência dos fenômenos El Niño e La Niña em várias séries. O autor verificou que a maior concentração dos episódios intensos de eventos extremos se deu no período chuvoso, em especial nos meses de abril com 61 ocorrências e março com 54 ocorrências no período de 1961 a 2007.

A cidade de Manaus começou a passar por mudanças significativas nas últimas décadas, principalmente, em relação a sua modelagem urbana, onde se pode destacar o primeiro momento dessa mudança, no período da exploração da borracha e as habitações no estilo europeu; o segundo momento, com a criação da Zona Franca de Manaus e o conseqüente crescimento do espaço urbano e surgimento de vários bairros periféricos e a terceira mudança com criação de novas políticas de reforma urbana como o PROSAMIM.

Diante dessas mudanças no espaço urbano de Manaus, a cidade começou a ser afetada por diversos problemas socioambientais nos períodos de chuvas intensas. Com base nos transtornos causados pelos impactos associados a chuvas extremas essa pesquisa buscou responder as seguintes perguntas: Nas últimas três décadas aumentou ou diminuiu os índices de chuvas extremas na cidade de Manaus (AM)? Os eventos extremos estão sempre relacionados com os fenômenos El Niño e La Niña? Quais foram os impactos socioambientais causados pelas chuvas extremas na cidade? Existe um padrão de chuvas extremas para Manaus?

Em virtude das mudanças na modelagem urbana de Manaus essa pesquisa teve como objetivo principal: “analisar os índices de chuvas extremas e erosividade da cidade de Manaus (AM) no período de 1986 a 2015”.



No sentido de encontrar respostas essa pesquisa seguiu os objetivos específicos:

- ✓ Caracterizar as variações pluviométricas (mensais e anuais) e as séries históricas precipitação da cidade de Manaus;
- ✓ Especificar os padrões anômalos para período;
- ✓ Identificar os índices de erosividade da chuva;
- ✓ Descrever os impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva.

## 1 REFERENCIAL TEORICO

### 1.1 Clima Urbano

O estudo sobre o clima das cidades vem despertando grande interesse desde o século XVIII, a partir dos estudos clássicos de clima urbano que apontaram evidência de alterações nos elementos climáticos nos centros urbano-industriais europeus. Os fenômenos atmosféricos sempre despertaram o interesse e a curiosidade do homem desde as civilizações antigas, que consideravam estes fenômenos obra da força divina (BRANDÃO 2001).

A expansão populacional, a utilização indiscriminada dos recursos naturais e a industrialização têm crescido num ritmo surpreendente nos dois últimos séculos, mas, foi a partir do século XX que as atividades humanas tiveram atuação decisiva na mudança de composição da atmosfera, sobretudo, em função da atividade industrial. Isso aumentou cerca de 20 vezes neste século, a exemplo do consumo de combustível fóssil ter apresentado um aumento 30 vezes maior do que em 1900, sendo que a maior parte deste aumento se deu a partir de 1950, fato que revela a rapidez do processo de urbanização mundial e seu crescente impacto sobre a atmosfera e o meio ambiente (BRANDÃO 2001).

No caso brasileiro a passagem do estágio de população predominantemente rural para urbano aconteceu em meados da década de 1960, tendo o processo de urbanização apresentado considerável aceleração nas décadas seguintes. Caracterizando como “urbanização corporativa”, o processo brasileiro gerou cidades com expressiva degradação das condições de vida e do ambiente urbano, principalmente, pelo rápido processo de urbanização de maneira desigual (MONTEIRO 2015).

De acordo com Brandão (2001), no momento em que se assiste com maior frequência e intensidade a uma série de fenômenos naturais extremos destruidores de paisagens em diferentes escalas e em distintas regiões da terra, urge investigar as ligações sincrônicas entre eventos de escala planetária com aqueles de natureza local e microclimática, como por exemplo, os gerados na escala da cidade.

Brandão (2001) destaca que é necessária a junção de esforços coletivos (poder público e sociedade civil), buscando comprometimento dos atores sociais envolvidos na busca de soluções de problemas socioambientais e em mitigar seus

impactos, pois a intensidade destes está diretamente relacionada ao nível de desenvolvimento econômico e à capacidade dos administradores no gerenciamento de tais problemas nas regiões afetadas.

Segundo Gonçalves (2015), no seu trabalho sobre impacto pluvial e desorganização do espaço urbano em Salvador destaca que o processo de urbanização é bastante significativo em termos de modificação do clima na escala local. A materialidade física da cidade e as atividades dela decorrente promovem alterações nos balanços energético, térmico e hídrico resultantes trazendo como consequência modificações importantes nas propriedades físicas e químicas da atmosfera, propiciando, assim, a criação de condições climáticas distintas das áreas não urbanizadas.

Gonçalves (2015) destaca que os estudos sobre a precipitação pluviométrica, no âmbito da climatologia urbana têm se reportado, em sua maioria, às análises dos efeitos urbanos como causas do aumento verificado nos seus índices. No entanto, enfatizam as dificuldades encontradas, pela deficiência do número de estações meteorológicas com registros históricos e pela amostragem relativamente pouco precisa dos pluviômetros, além da própria natureza descontínua da precipitação, fazem com que se torne difícil, muitas vezes, separar a influência de localização da cidade e das características do sítio em relação aos seus próprios efeitos.

Em 1975 o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, defendeu sua tese de livre docência chamada de “Teoria e Clima Urbano”, na qual encontrou direcionamento técnico e teórico na Teoria Geral dos Sistemas, do biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy, possibilitando ao leitor conhecer as diferentes abordagens que podem ser dadas nas pesquisas em clima urbano (PINHEIRO, 2012).

Segundo Monteiro (2015), como toda organização complexa, o clima de uma cidade admite uma visão sistêmica, com vários graus de hierarquia funcional e diferentes níveis de resolução.

Monteiro (2015) propôs para o Sistema de Clima Urbano três canais de percepção (QUADRO 01) que ao mesmo tempo permite um paralelo entre eles, onde acredita que os canais abstratos que se iniciam na essência da atmosfera e desembocam na percepção humana, coerente com a abordagem sistêmica e com a condição lógica da análise. Ele destaca que esse encaminhamento de análise é em termos operacional mais coerente com o paradigma aceito por ele para a análise geográfica do clima.

**Quadro 01: Sistema Clima Urbano (SCU) Articulação dos sistemas de percepção**

Subsistemas Canais	I	II	III
	Termodinâmica	Físico-Químico	Hidrometeorológico
Caracterização	Conforto Térmico	Qualidade do ar	Impacto meteórico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Industriais obras- limpas	Atmosfera Estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódio (Eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e metrológica especial	Meteorológica hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares tecnológicas	Bioclimatológica Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e infraestrutura urbana
Produtos	"Ilhas de Calor" Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataque à integridade urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle de uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

**Fonte:** Monteiro, 2015

**Organização:** Miriliane J. D. S. Fernandes, 2016

## 1.2 Desastres Naturais

Segundo Castro (1998), desastre é definido como resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais ou ambientais e, conseqüentemente, prejuízos econômicos e sociais.

Castro (1998) cria três bases para classificar desastres que podem ser diferenciados entre si, onde destaca quanto à **intensidade**, a **evolução**, a **origem** e a **duração**. Referente à classificação **Intensidade** ele apresenta quatro níveis de desastres conforme (Quadro 02) elaborado por (KOBİYAMA et al., 2006).

**Quadro 02: Classificação dos desastres em relação a intensidade, evolução e origem**

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. <b>(Prejuízo ≤ 5% PIB municipal)</b>	Facilmente superável com os recursos do município
II	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. <b>(5% &lt; Prejuízo ≤ 10% PIB)</b>	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial
III	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos <b>(10% &lt; Prejuízo ≤ 30% PIB)</b>	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos
IV	Com impactos muito significativos e prejuízos muito vultosos. <b>(Prejuízo &gt; 30% PIB)</b>	Não superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional <b>(Estado de Calamidade Pública - ECP)</b>

Fonte: Castro (1999) *apud* Kobiyama et al., (2006)

Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

De acordo com Castro (1999), os níveis I e II são desastres facilmente superáveis pelo município, não havendo necessidade de recursos provenientes do estado ou da união. O nível III significa que a situação de funcionalidade pode ser

restabelecida com os recursos locais, desde que seja complementado com recursos estaduais e federais; nesse nível, o município declara Situação de Emergência (SE).

Castro (1999) destaca no nível **IV** que o desastre não é superável pelos municípios, mesmo quando bem informados e preparados. Nessa situação, ocorre a decretação do Estado Calamidade Pública (ECP). Quando o município necessita de apoio do governo estadual e federal.

Em relação à classificação **Evolução**, Castro (1999) apresenta três níveis. O primeiro referente aos desastres **súbitos** que são caracterizados pela rápida velocidade com que o processo evolui, por exemplo, as inundações bruscas e os tornados. Ao contrário do anterior, os **graduais** caracterizam-se por evoluírem em etapas de agravamento progressivo, como as inundações graduais e as secas. O outro tipo é a **Somação de efeitos parciais**, que se caracterizam pela ocorrência de numerosos acidentes semelhantes, cujos impactos, quando somados, definem um desastre de grande proporção. Por exemplo, acidentes de trânsito e de trabalho.

Referente à **Origem**, Castro (1999), também, apresenta três tipos: os **naturais**, que são aqueles provocados por fenômenos naturais extremos, que independem da ação humana; os **humanos**, que são aqueles causados pela ação ou omissão humana, como os acidentes de trânsito e a contaminação de rios por produtos químicos; e os desastres **mistos** associados às ações ou omissões humanas, que contribuem para intensificar, complicar ou agravar os desastres naturais.

É muito difícil ocorrer um desastre puramente natural, visto que todos os desastres recebem de alguma maneira, uma influência antrópica. Logo, levando-se em consideração essa classificação existiriam somente desastres mistos (CASTRO, 1999).

Por último, a classificação referente à **Duração** que Sidle et al. (2004) apud Kobiyama et al. (2006) classificaram os desastres naturais em dois tipos: **episódicos e crônicos**.

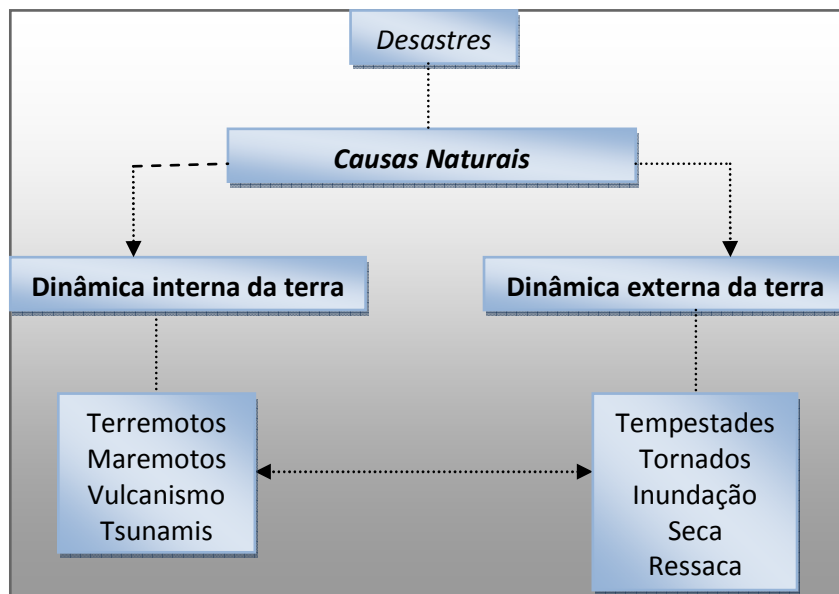
Os desastres denominados episódicos tais como terremoto, vulcanismo, tsunami, inundação e fluxo de detrito chamam mais atenção por causa de sua magnitude. Os desastres crônicos tais como erosão do solo geram sérios prejuízos ambientais, especialmente, em longo prazo e não apresenta um perigo aparente, no entanto, o custo para prevenção ou controle pode ser bem elevado.

Kobiyama et al. (2006) definem que um desastre pode ser definido como a ocorrência de inundações, escorregamentos, secas, furacões, entre outros fenômenos naturais severos, fortemente influenciados pelas características regionais, tais como, rocha, solo, topografia, vegetação, condições meteorológicas.

Segundo os autores, quando estes fenômenos intensos ocorrem em locais onde os seres humanos vivem resultando danos (materiais e humanos) e prejuízos (socioeconômico) estes são considerados como “**desastres naturais**”.

De acordo com Kobiyama et al. (2006), os fenômenos de origem natural podem estar relacionados com a dinâmica interna ou externa da Terra (Quadro 03) e são normalmente súbitos e inesperados, de uma gravidade e magnitude capaz de produzir danos e prejuízos diversos, resultando em mortos e feridos, que exigem ações preventivas e restituidoras, que envolvem diversos setores governamentais e privados, visando uma recuperação que não pode ser alcançada por meio de procedimentos rotineiros.

**Quadro 03: Origem dos desastres naturais**



**Fonte:** Kobiyama et al. (2006)

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

White (1974) apud Kobiyama et al. (2006) propôs cinco itens para estudo de desastres naturais entre eles: **1)** é necessário estimar a área ocupada pelo ser humano nas áreas de perigo; **2)** é importante determinar a faixa de ajuste possível contra eventos extremos; **3)** examinar como a população percebe os desastres

naturais; **4)** é importante examinar os processos de seleção de medidas adequadas; e **5)** estimar os efeitos da política sobre essas medidas.

E além desses itens, Hewitt (1983) apud Kobiyama et al. (2006) adicionou mais um item, a necessidade de entender como aspectos socioeconômicos da sociedade contribuem à geração de desastres.

Segundo Kobiyama et al. (2006), os desastres de causas naturais podem ser agravados pela ação antrópica inadequada, isto é, situações causadas pelo homem que ajudam a intensificar o desastre. Segundo o autor é possível encontrar vários agravantes antrópicos que interferem nos tipos de desastres. (Quadro 04).

**Quadro 04: Classificação dos desastres em relação agravantes e consequências**

<b>Agravantes humanos</b>	<b>Desastres consequentes</b>
Emissão de gases nocivos	Chuvas ácidas
Retirada da mata ciliar e assoreamento dos rios	Inundações
Impermeabilização do solo (concreto asfalto...).	Inundações bruscas
Ocupação desordenada de encostas íngremes	Escorregamentos

**Fonte:** Kobiyama *et al.* (2006)

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Souza (2011) ressalta que cada vez mais os desastres relacionados às instabilidades atmosféricas têm chamado à atenção da comunidade científica, dos governos e da sociedade para analisar não apenas os perigos em si, mas, as condições sociais que influenciam o modo como às pessoas são afetadas por tais perturbações.

Souza (2011) ressalta que a compreensão da vulnerabilidade, que é um componente inseparável de um desastre, é uma característica humana que está diretamente associada com a produção dos espaços, com a organização do trabalho



e da produção, cujas condições sociais, econômicas e ambientais são respostas direta de um desastre.

### **1.3 Eventos Extremos**

Eventos extremos podem ser definidos como anomalias em relação à climatologia, em escalas de tempo que podem variar de dias até milênios. É difícil atribuir eventos extremos ao tempo e ao clima, pois, têm diferentes considerações espaciais e temporais (MARENGO et al. 2007).

Em relação aos estudos sobre eventos extremos de tempo Marengo (2009) destaca que uma das perguntas mais importantes relacionadas aos eventos extremos de curto prazo é se sua ocorrência está aumentando ou diminuindo com o tempo. Ele destaca que friagens, ondas de calor, frio, chuvas intensas, inundações entre outros eventos extremos, afetam América do Sul em todas as estações, e os seus impactos variam de acordo com o setor.

Outro fator importante abordado por Marengo (2009) referente a eventos extremos de clima é a questão de nível sazonal, uma estação chuvosa fraca ou extremamente forte, acompanhada por relativas altas temperaturas devido a anomalias de temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico tropical (El Niño, La Niña), ou no Atlântico tropical ou subtropical podem ter fortes impactos sobre a população e em setores econômicos dependendo da disponibilidade de água.

Marengo (2009) destaca como exemplo uma das secas mais intensas no sudoeste da Amazônia em 2005, que afetou severamente a população ao longo do canal principal do Rio Amazonas e os seus afluentes ao oeste e sudoeste, (rios Solimões e Madeira). Nesse período, os níveis dos rios atingiram os menores valores já registrados e a navegação ao longo desses rios teve de ser suspensa, isolando pequenas aldeias e afetando o turismo e a vegetação ao longo dos rios.

Mendonça et al. (2010) realizou estudo dos impactos da precipitação no ambiente urbano de Presidente Prudente - SP, usando como pressuposto, o fato de que para que haja um desequilíbrio na integridade do ambiente urbano, através dos extremos episódios de precipitação, é necessário anteriormente que haja um processo de urbanização.

Segundo Mendonça et al. (2010), a atmosfera não é a principal responsável por esses impasses que ocorrem no ambiente urbano, mas sim, a própria

urbanização que promove alterações na paisagem, tornando esse ambiente vulnerável aos eventos extremos.

Mendonça et al. (2010) identificou que vários episódios extremos de precipitação atingiam a integridade do ambiente urbano, de modo a resultar em diferentes impactos, como alagamentos, desmoronamentos, queda de árvores, entre outros, os quais foram analisados através da análise conjunta dos dados quantitativos de precipitação com os dados qualitativos.

Souza (2011), em seu trabalho sobre impactos socioeconômicos e ambientais dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife utilizou a técnica dos *Quantis* para classificação de precipitação diária acumulada em 24 horas, onde identificou quando há registros de precipitação dentro da classe de chuva muito forte, sempre há escorregamento e muitos pontos de alagamentos, ocasionando danos à população,

Souza (2011) observou que é frequente a ocorrência de desastres associados às chuvas em Recife, e, principalmente, associadas à falta de infraestrutura que a cidade oferece, aliados as condições sociais e econômicas da população mais pobre, cujos problemas são agravados pela sociedade, devido à falta de percepção e educação em relação ao meio, quando jogam lixo nas ruas, nos canais, entre outros.

Pinheiro (2012) realizou um estudo sobre as chuvas extremas e suas repercussões no espaço urbano de Bauru- SP de 1978 a 2008, no qual constatou que a grande mudança observada ao longo dessa série de análise está no grau de impacto causado por enchentes e inundações no ambiente urbano.

Pinheiro (2012) observou durante sua pesquisa que os totais mensais de precipitação no mês de janeiro apresentaram maiores variações quando comparados aos meses de dezembro e fevereiro, apresentando 83 mm no ano de 1986 e 475 mm no ano de 1997. Em alguns anos evidenciou a atuação do ENOS o aumento de oscilações nos totais pluviométricos e variações nos totais de pluviosidade e impactos. Em relação às Zonas de Convergências do Atlântico Sul, juntamente com as linhas de Instabilidade Tropical foi o principal sistema atmosférico responsável pelas intensas chuvas e pelos principais eventos extremos e impactos causados.

Santos et al. (2012) realizaram um estudo sobre as tendências de índices de extremos climáticos baseados em dados de precipitação para três estações

localizadas em Manaus e na região circunvizinhas para o período de 1971 a 2007. De acordo com os resultados observaram que houve aumento da precipitação total anual sobre a região estudada. Os autores destacam que a estação localizada na zona urbana de Manaus (INMET) teve aumento com significância estatística dos eventos de precipitação iguais ou superior a 50 mm, na precipitação máxima acumulada em cinco dias consecutivos e nos dias úmidos indicaram que Manaus poderá sofrer com o aumento das chuvas extremas.

Machado et al. (2013) analisou o comportamento da precipitação no Estado do Paraná, através de métodos estatísticos para eventos extremos e ferramentas do Sistema de Informação Geográfica, onde identificaram regiões mais vulneráveis a precipitações intensas, como o sudoeste do Estado que apresentou chuvas intensas, recorrência de extremos anuais e tendências de aumento de extremos.

Machado et al. (2013) observaram que o litoral do Estado apresentava grande percentual de dias chuvosos e alta precipitação anual que corresponde a uma região com chuvas bem distribuídas, assim como a baixa recorrência de estiagem.

Loureiro et al. (2014) estudaram os eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará, nessa pesquisa para definição de eventos significativos utilizaram dados de precipitação ocorridos durante o ano de 2009, usaram como critério para definir evento significativo todo o registro maior ou igual a 25 mm em um período de 24 horas.

Loureiro et al. (2014) concluíram que os eventos extremos registrados nas estações de superfície do estado do Pará no ano de 2009 ocorreram em sua maioria na estação chuvosa. Os acúmulos mensais nas cinco estações analisadas, apresentaram valores acima da média climatológica para o ano de 2009, com valores acima da média climatológica de 540 mm, 410 mm e 680 mm em Belém, Cametá e Tracuateua.

Cunha et al. (2014) estudaram eventos extremos de chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Araguari (Amapá), teve como objetivo analisar vazões extremas ocorridas entre 9 a 14 de abril de 2011. Nessa pesquisa identificaram um evento extremo de máxima precipitação e vazão na bacia durante o período chuvoso de 2011.

Entre as conclusões Cunha et al. (2014) verificaram que os sistemas mais atuantes são os conhecidos ZCIT (Zonas de convergência intertropical) e as ZI (Zonas de instabilidade). Outro ponto destacado é referente às deficiências de

infraestrutura que dificultaram ações preventivas aumentando os riscos das ações tardias ou reativas no enfretamento de problemas hidrológicos na bacia.

Rozendo et al. (2015) realizaram uma pesquisa sobre chuvas extremas e desordenamento do território na construção do risco, um estudo de caso no município de Cabaceiras (Paraíba), referente a precipitações extremas coletaram dados para análise dos anos de 1994 a 2012 no posto pluviométrico de Cabaceiras, onde identificaram que os anos de 2004, 2008, 2009 e 2011 apresentaram as maiores precipitações acumuladas dos últimos 18 anos, e através de relatos informais dos moradores e pesquisas em mídias impressas e digitais constataram que com exceção do ano de 2009, em todos os anos ocorreram enchentes, que atingiram a cidade.

Rozendo et al. (2015) concluíram que diversos fatores contribuíram para as inundações em algumas áreas no município de Cabaceiras, em particular no perímetro urbano, onde foi observado que existe um papel marcante da dinâmica climática regional, marcada pela elevada complexidade e pela existência de eventos extremos em que também têm as chuvas excessivas concentradas no tempo e no espaço.

Outro ponto destacado foi o quadro pedológico que oferece uma boa contribuição às inundações, através da drenagem naturalmente deficiente e da sua pequena profundidade, o que favorece o escoamento superficial, erosão e assoreamento dos cursos d'água que somada a essas questões têm a infraestrutura deficiente em termos de escoamento das águas.

Rozendo et al. (2015) destacam que se torna importante observar que devido à inconstância das precipitações extremas, aliadas à inobservância do poder público, a população encontra-se extremamente vulnerável a estes eventos, aumentando, assim, o risco de danos não só materiais (perca de produção agrícola, morte animais, danos às resistências), como também à própria vida dos habitantes da cidade.

#### **1.4 Sistemas de precipitação da Amazônia**

O sistema de precipitação da Amazônia segundo Molion (1987) é causado por vários eventos de grande e meso escalas, os quais destacam a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Células de Walker e Hadley e a Alta da Bolívia

(grande escala), em meso escala Cohen, (1989) destaca as linhas de instabilidade que são responsáveis pelas chuvas nos períodos secos.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma faixa latitudinal sobre os oceanos equatoriais, onde os ventos alísios de ambos os hemisférios se encontram, gerando nessas regiões movimentos de ar ascendentes formando uma banda de nuvens que libera calor para atmosfera (NASCIMENTO, 2009).

Segundo Molion (1987), a célula de Hadley tem origem a partir da ZCIT, onde as baixas pressões são predominantes, o que leva a ocorrer convergência proveniente dos oceanos nos níveis próximos à superfície e ascendência do ar (nos níveis altos da troposfera); após isso gera condensação e conseqüentemente descendência em latitudes entre 20° e 35°. De acordo com Nascimento (2009), a maior importância da célula de Hadley está na formação e deslocamento de umidade para as baixas latitudes.

Segundo Nascimento (2009), a célula Walker é encontrada na região equatorial e está relacionada à variação da pressão atmosférica entre as porções leste e oeste do oceano Pacífico promovendo uma circulação no sentido longitudinal nessa região.

Em relação à Alta da Bolívia (AB), de acordo com Mascarenhas (2009) é resultado da convergência do ar mais quente e umidade nos baixos níveis (850 hPa) e divergência do ar que se resfria em altos níveis da atmosfera (250 hPa) na América do Sul e possui uma posição variável de acordo com a radiação solar recebida durante o ano o que de certa maneira influencia na precipitação da região.

Segundo Mascarenhas (2009), quando a Alta da Bolívia enfraquece e se movimenta para o norte do continente no período de inverno, os setores sul e leste da Região Amazônica experimentam períodos de redução na precipitação. Entretanto, quando o sistema volta para sua posição média de verão, o período seco vai se tornando desde o Brasil central até o leste Amazônico. O autor destaca que em anos de El Niño a Alta da Bolívia tende a enfraquecer diminuindo a precipitação na região.

Em larga escala destacam-se dois eventos de extrema importância para essa pesquisa, o El Niño Oscilação Sul (ENOS) nas suas fases quentes e nas fases frias a La Niña. O El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e sub superficiais do oceano Pacífico Equatorial (CPTC, 2017). O El Niño é o movimento da célula Walker que tem seu ramo ascendente nas águas quentes do Pacífico

Oeste, ou no Leste da Austrália e seu ramo descendente na costa Leste do Pacífico nas proximidades do Peru e do Equador (NASCIMENTO 2009).

De acordo com Mascarenhas (2009), na região Amazônica o El Niño atua reduzindo os totais pluviométricos elevando as temperaturas, dependendo de sua intensidade, em média ocorrem em torno de 1 a 10 anos com intensidades variadas.

A La Niña representa uma intensidade do resfriamento das águas do Pacífico na costa oeste da América do Sul, nesse caso é oposto do El Niño e tem consequências no tempo e no clima em todo planeta (CPTC, 2017).

De acordo com Mascarenhas (2009), para Amazônia a La Niña atua aumentando os totais pluviométricos amenizando as temperaturas, em média sua ocorrência é entre dois a sete anos.

Segundo Cohen (1989) as Linhas de Instabilidade (LI) são formações de nuvens ocorridas no norte-nordeste Amazônico, que abrange os litorais dos estados do Amapá e do Pará, surgindo através do fenômeno conhecido como “brisa marítima” que ocorre geralmente todos os finais de tarde, devido ao aquecimento diferenciado entre as superfícies.

De acordo com Cohen (1989), as Linhas de Instabilidade ocorrem geralmente em períodos em que a ZCIT se localiza ao norte, momento que o hemisfério sul encontra-se no inverno.

## **1.5 Erosividade da chuva**

A erosividade da chuva segundo Bigarella (2007) é causada pela ação das chuvas. Segundo o autor, essa ação depende de muitos fatores, os quais destaca: Clima (características das chuvas: total, distribuição e intensidade), do relevo, da forma e da natureza da vertente, do tipo de solo (condições edáficas), do tipo de cobertura vegetal e da ação antrópica na paisagem.

Segundo Guerra et al. (2011), erosividade da chuva é a capacidade da chuva de provocar erosão dos solos, pode ser medida através da energia cinética das águas da chuva, intensidade máxima em 30 minutos (I30), quantidade total de chuva, precipitação em determinada área, tempo de cada evento chuvoso.

Segundo Bigarella (2007), as chuvas torrenciais têm um poder destrutivo consideráveis, ao passo que as finas e lentas são pouco erosivas. Para o autor, a

intensidade das precipitações constitui um fator de erosão do solo de primordial importância, preparando o material a ser transportado pelo escoamento superficial.

### 1.5.1 Fatores de erosividade da chuva

Segundo Wischmeier (1978) apud Almeida (2009), devido aos padrões cíclicos evidentes nos parâmetros climáticos, os valores utilizados para obter com boa precisão a erosividade da chuva deve decorrer de uma estação meteorológica com uma série histórica de no mínimo 20 anos.

O fator erosividade da chuva (R) segundo Wischmeier (1978) apud Almeida (2009) é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva, esperada em dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção.

### 1.5.2 Índices de erosividade da chuva

Segundo Wischmeier (1978) apud Almeida (2009), o índice de erosividade surgiu em decorrência das pesquisas da relação entre as diferentes características físicas da chuva e as perdas de solo evidenciadas nos Estados Unidos, com o objetivo de estabelecer um índice de erosividade que melhor estimasse a capacidade da chuva em provocar erosão.

Assim, verificaram que a perda de solo provocada pelas chuvas em áreas cultivadas apresentava elevada correlação com o produto entre duas características das chuvas: energia cinética total e intensidade máxima em 30 minutos.

Segundo o autor, esse produto foi denominado índice de erosividade  $EI_{30}$  que representa os efeitos do impacto e turbulência das gotas combinados com a capacidade de transporte do escoamento superficial.

Esse índice foi capaz de explicar de 72 a 97% das perdas de solo causadas pelas chuvas. Adicionando-se os valores desse índice ( $EI_{30}$ ) para todas as chuvas individuais erosivas que ocorrem em cada mês, tem-se o índice  **$EI_{30}$  mensal**, cuja soma caracteriza o  **$EI_{30}$  anual**, (WISCHMEIER., 1978) apud (ALMEIDA., 2009).

Em relação às pesquisas sobre erosividade da chuva Vieira (1998) realizou uma pesquisa sobre “erosão por voçorocas em áreas urbanas de Manaus”, onde estimou o índice de erosividade da chuva para três estações (Cobal, Mundo Novo e INMET) no período do de 1997 a 1998 utilizando a equação de (FOURNIER, 1956).

Vieira (1998) observou que os índices de erosividade foram mais elevados nos meses de março, abril, maio, novembro e dezembro no ano de 1997. Identificou que no período de monitorado de 1997 a 1998 as médias dos totais anuais ficaram em torno dos 2080 mm, apresentando índices de erosividade média anual em torno dos 186 mm, levando o autor a considerar o fator chuva como uns dos responsáveis em grande parte pela expansão das voçorocas, em Manaus.

Queiros et al. (2016) realizaram uma pesquisa sobre “ erosividade das chuvas no município de Tefé no estado do Amazonas” no período de 1985 a 2014, utilizando os dados de precipitações das estações meteorológica INMET e da UEA (Universidade do Estado do Amazonas – CEST). No procedimento metodológico utilizaram a Equação Universal de Perdas do Solo e o modelo matemático proposto por Tomaselli et al. (1997).

De acordo com a pesquisa de Queirós et al. (2016) observaram que os índices de erosividade acima de  $1000 \text{ MJ mm há}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$  ocorrem entre janeiro e maio, e entre  $900$  e  $700 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$  ocorreram nos meses de novembro e dezembro, os índices com intervalo de  $400$  a  $600 \text{ MJ mm há}^{-1}\text{h}^{-1}\text{mês}^{-1}$  ocorreram nos meses de junho, julho, setembro e outubro, e o mês de agosto com o menor índice de erosividade com  $300,4 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{h}^{-1} \text{mês}^{-1}$ .



## 2 ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Manaus, capital do Amazonas, está situada na margem esquerda do Rio Negro com uma área territorial de 11.401 km<sup>2</sup>, população estimada de 2.057.711 em 2015 IBGE (2016). O município faz limite com os municípios Rio Preto da Eva, Itacoatiara, Presidente Figueiredo, Iranduba, Careiro e Novo Airão.

De acordo com Vieira (2008), a evolução da cidade de Manaus se deu em três fases: a primeira entre 1669 e 1840; a segunda entre 1840 e 1955, e a terceira fase em 1955 até os dias atuais, em que essa terceira pode ser dividida entre o Pré-Zona Franca (ZF) e Distrito Industrial (DI) e a segunda fase da criação da Zona Franca e do Distrito Industrial em 1967. Na qual destaca que nesse último período foi caracterizado pela expansão da malha urbana, que teve como consequência a redução das áreas verdes e ocupação das áreas inadequadas.

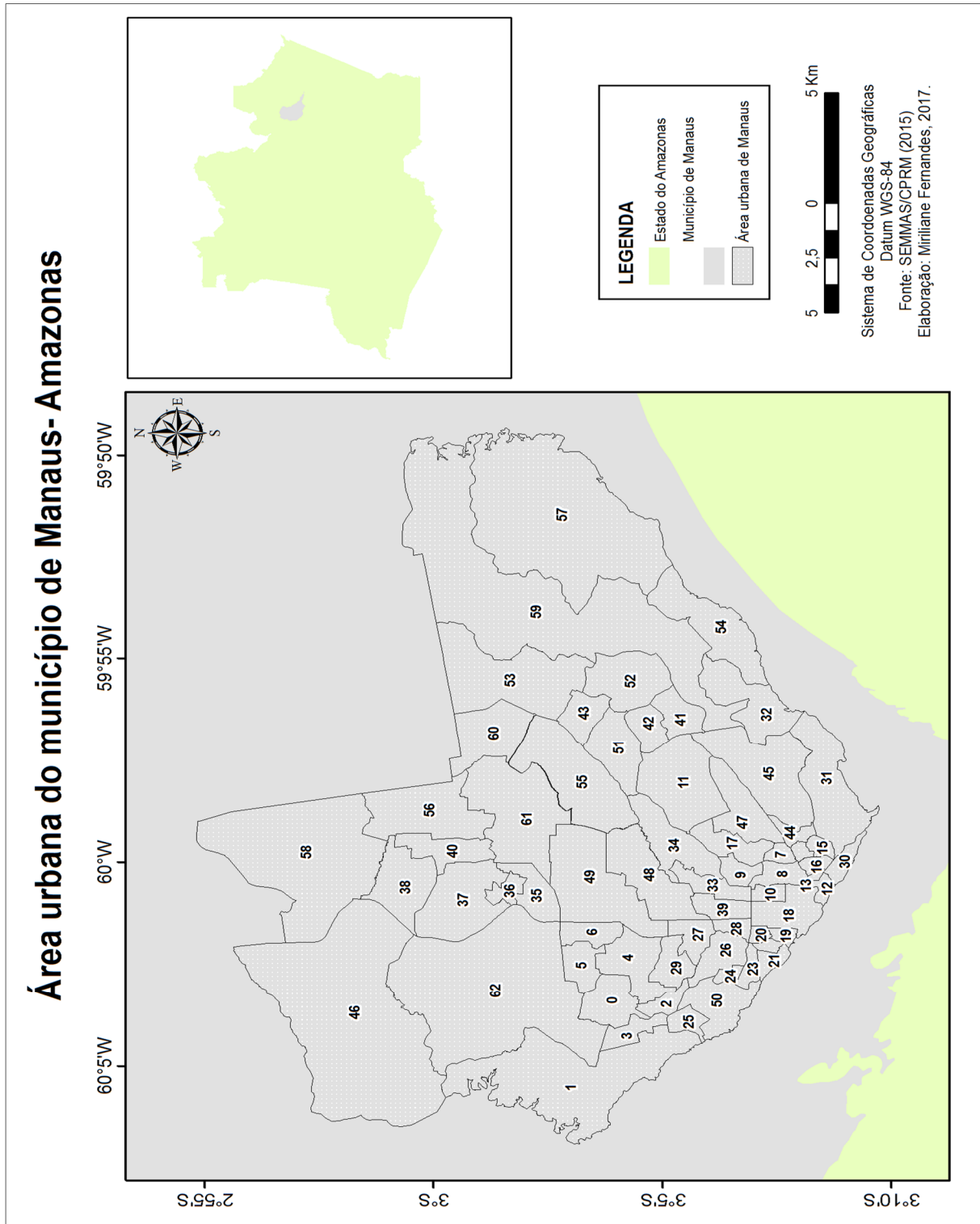
Segundo informações da Prefeitura de Manaus (2014), o surgimento do núcleo urbano localizado à margem esquerda do Rio Negro, teve início com a construção do Forte da Barra de São José idealizado pelo capitão de artilharia, Francisco da Mota Falcão, em 1669, data que foi convencionada a usar como o nascimento da cidade.

O nome lembra a tribo indígena dos Manáos que habitavam a região onde hoje é Manaus, antes de serem extintos por conta da civilização portuguesa, e seu significado é “mãe dos deuses”. A partir de 1870, Manaus viveu o surto da economia encerrando-se em 1913, em virtude da perda do momento mundial para a borracha asiática, fazendo com que a cidade retornasse a um novo período de isolamento até o advento da Zona Franca de Manaus, em 1970.

### 2.1 Bairros de Manaus

Atualmente a cidade Manaus possui 63 bairros oficiais (FIGURA 01) segundo a Lei de nº 1.401, de 14 de janeiro 2010 que determinou a divisão do bairro Cidade Nova, São José dos Operários, Tarumã e Distrito Industrial. Os novos bairros oficiais de Manaus destacam-se Nova Cidade, Cidade de Deus, Novo Aleixo, Gilberto Mestrinho, Lago Azul, Tarumã-Açu e Distrito Industrial II.

**Figura 1: Área urbana de Manaus - AM**  
**Fonte:** SEMMAS e CPRM (2006)  
**Organização:** Miriliane Fernandes, 2016



**Quadro 5: Bairros oficiais da cidade de Manaus- Amazonas**

<b>Bairros da cidade de Manaus- AM</b>			
B.0	PLANALTO	B.32	MAUAZINHO
B.1	PONTA NEGRA	B.33	ADRIANÓPOLIS
B.2	NOVA ESPERANÇA	B.34	ALEIXO
B.3	LÍRIO DO VALE	B.35	COLÔNIA SANTO ANTÔNIO
B.4	ALVORADA	B.36	NOVO ISRAEL
B.5	REDENÇÃO	B.37	COLÔNIA TERRA NOVA
B.6	DA PAZ	B.38	SANTA ETELVINA
B.7	RAIZ	B.39	NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS
B.8	CACHOEIRINHA	B.40	MONTE DAS OLIVEIRAS
B.9	SÃO FRANCISCO	B.41	ARMANDO MENDES
B.10	PRAÇA 14 DE JANEIRO	B.42	ZUMBI DOS PALMARES
B.11	COROADO	B.43	TANCREDO NEVES
B.12	EDUCANDOS	B.44	CRESPO
B.13	SANTA LUZIA	B.45	DISTRITO INDUSTRIAL I
B.14	BETÂNIA	B.46	TARUMÃ-AÇÚ
B.15	SÃO LÁZARO	B.47	JAPIIM
B.16	MORRO DA LIBERDADE	B.48	PARQUE 10 DE NOVEMBRO
B.17	PETRÓPOLIS	B.49	FLORES
B.18	CENTRO	B.50	COMPENSA
B.19	NOSSA SENHORA APARECIDA	B.51	SÃO JOSÉ OPERÁRIO
B.20	PRESIDENTE VARGAS	B.52	GILBERTO MESTRINHO
B.21	SÃO RAIMUNDO	B.53	JORGE TEIXEIRA
B.22	GLÓRIA	B.54	COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO
B.23	SANTO ANTÔNIO	B.55	NOVO ALEIXO
B.24	VILA DA PRATA	B.56	NOVA CIDADE
B.25	SANTO AGOSTINHO	B.57	PURAUQUARA
B.26	SÃO JORGE	B.58	LAGO AZUL
B.27	CHAPADA	B.59	DISTRITO INDUSTRIAL II
B.28	SÃO GERALDO	B.60	CIDADE DE DEUS
B.29	DOM PEDRO	B.61	CIDADE NOVA
B.30	COLÔNIA OLIVEIRA MACHADO	B.62	TARUMÃ
B.31	VILA BURITI		

Organização: Miriliane Fernandes, 2017.

## **2.2 Aspectos Físicos**

### **2.2.1 Característica Geológica**

A cidade de Manaus é constituída, basicamente, pela Formação Alter do Chão. Essa formação é da idade Cretácea superior a Terciária, pertencente ao grupo Javari, são constituídas principalmente por arenitos feldspáticos/ caulínicos, quartzo-arenito e conglomerado (seixos de quartzos, pelito e arenito) com estratificações cruzadas acanalada e tabular, que são interpretados como depósitos de canais fluviais (CPRM, 1998).

Segundo Silva (2005) a formação Alter do Chão é a unidade mais representativa da região e sua característica geomorfológica permite distingui-la facilmente das unidades paleozoicas da Bacia do Amazonas.

### **2.2.2 Característica geomorfológica**

A geomorfologia da cidade de Manaus está inserida no Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro; esse planalto é considerado a maior unidade geomorfológica da região. É representada por colinas pequenas e médias dissecadas, vales fechados e drenagens subdendríticas, desenvolvido em uma ampla superfície sobre a Formação Alter do chão; as colinas que predominam nessa superfície possuem cotas de 50 a 100 metros, marcados por fortes rebordos erosivos com vales estreitos em V e zonas de interflúvios estreitos e alongadas (NW-SE e NE-SW) que separam amplas bacias de drenagens assimétricas (SILVA 2005).

### **2.2.3 Característica da hidrografia**

A região Amazônica apresenta uma rede dendrítica, em especial a cidade de Manaus é cortada por rede de canais conhecidas como igarapés, onde o rio Negro destaca-se como o principal agente de drenagem e tem seu baixo curso situado na unidade morfoescultural (Planalto da Amazônia Oriental), atuando como limite natural para expansão da cidade em direção ao sul (COSTA et al., 1978) apud (VIEIRA., 2008).

Segundo Vieira (2008), a cidade é delimitada ao Sul pelo sistema supracitado, a Leste pelo Rio Puraquequara e a Oeste o Rio Tarumã-Açu, exercendo uma barreira natural à expansão urbana. No interior do sítio de Manaus destacam-se quatro bacias: a bacia do Tarumã, a bacia do São Raimundo, a bacia do Educandos e bacia do Gigante.

De acordo com Vieira (2008) existem 19 bacias no espaço urbano de Manaus, classificadas em função da localização de suas respectivas desembocaduras, nas quais se destacam três grupos: bacias do oeste (três bacias), bacias do sul (nove bacias) e bacias do leste (sete bacias).

#### 2.2.4 Característica da vegetação

A vegetação da Amazônia está distribuída em sete grupos, entre eles a cidade de Manaus que está inserida no grupo (Florestas Ombrófila Densa) típico de florestas tropicais com alto grau de umidade (IBGE, 2012). Hoje as manchas relativas a essas florestas encontram-se reduzidas permanecendo apenas algumas áreas de proteção ambiental como: Campus referente ao Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), a Reserva Florestal Adolpho Ducke e Parque Estadual Sumaúma.

Segundo Vieira (2008), o desmatamento nos anos de 1986, 1995 e 2004, no que se refere da Zona Leste de Manaus sofreu a maior perda em termos de áreas florestadas em porcentagem, devido à ausência da cobertura vegetal associada à expansão urbana e as altas taxas pluviométricas da cidade (Quadro 06).

**Quadro 6: Desmatamento áreas verdes em Manaus (1986 a e 2004)**

Zona	Área Desmatada (%)			Área Verde (%)			Área		
	1986	1995	2004	1986	1995	2004	Total km <sup>2</sup>	A.D. km <sup>2</sup> *	(%)**
Leste	47,58	69,96	95,4	115,45	93,07	67,64	163,03	47,82	100,6
Norte	31,65	43,96	58,3	36,59	24,29	9,93	68,24	26,67	84,2
Oeste	45,37	48,42	58,9	74,16	71,11	60,58	119,53	13,58	29,9
Centro-Oeste	14,98	15,24	15,38	2,59	2,32	2,19	17,57	0,40	2,7
Centro-Sul	24,51	28,07	31,62	11,99	8,44	4,88	36,50	7,11	29,0
Sul	28,51	28,51	28,96	7,90	7,90	7,46	36,41	0,45	1,6
<b>Total</b>	<b>192,60</b>	<b>234,19</b>	<b>288,63</b>	<b>248,68</b>	<b>206,12</b>	<b>152,65</b>	<b>441,28</b>	<b>96,03</b>	<b>49,86</b>

\* A.D. (Área desmatada) refere-se a diferença entre a área desmatada até 2004 menos a área desmatada até 1986.

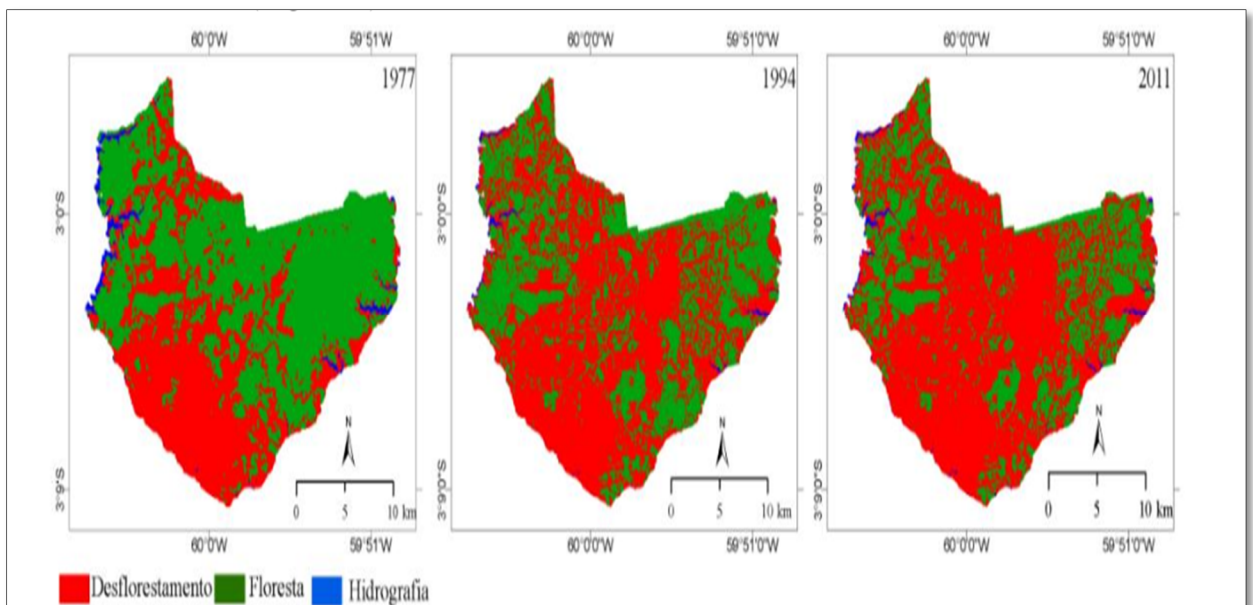
\*\* Percentual relativo ao aumento da área desmatada de 1986 para 2004

**Fonte:** Elaborado por Vieira (2008) a partir de dados modificado de SIPAM (2005).

**Organização:** Armando Brito da Frota Filho, 2015.

Pinheiro et al. (2013) identificou que houve uma redução elevada na cobertura florestal da cidade de Manaus (FIGURA 02) no período de 1977 a 2011, em especial na zona leste de acordo com seus resultados, os autores identificaram uma tendência à extinção e fragmentação florestal e formação de ilhas de vegetação isoladas.

Referente à Manaus, restando apenas cerca de 40% da vegetação original, a principal causa do desflorestamento está relacionada ao crescimento urbano e populacional, associado principalmente à existência da Zona Franca e do Polo industrial (FILHO, 2016).



**Figura 2: Alteração na cobertura florestal urbana (1977,1994 e 2011) de Manaus**

**Fonte:** Pinheiro et al., 2013

### 2.2.5 Característica do solo

O solo predominante na cidade de Manaus é o pertencente à classe Latossolos; esse tipo de solo compreende solos constituídos por material mineral; são solos em avançado estágio de intemperização, variam de fortemente a bem drenados e normalmente são muito profundos e sua espessura raramente é inferior a um metro e tem sequência de horizontes A, B C, com pouca diferenciação de subhorizontes, com transição difusa ou gradual e em geral são solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínios (EMBRAPA, 2009).

Segundo Vieira (1998), a classe Latossolo predominante na cidade possui variação de cor amarela a vermelho-amarelo. Estes solos, em geral, são bem envelhecidos, profundos, caulíníticos, álicos e frequentemente agregados com uma grande coerência.

### 2.2.6 Característica do clima

A região Amazônica está localizada na zona intertropical do planeta, com mecanismos atmosféricos influenciados por determinados fatores que controlam e atuam em meso e grande escala climática, em virtude da posição geográfica, tipo de vegetação do ciclo hidrológico e da topografia local, a Amazônia apresenta características de chuvas convectivas, importantes para o equilíbrio local, regional, e equilíbrio do clima global (NASCIMENTO, 2009).

O clima predominante, segundo a classificação de Koppen, na região é do tipo quente e úmido, classificado como Clima Tropical Chuvoso, sendo na cidade de Manaus o tipo climático **Amw**, caracterizado por uma estação seca de curta duração (VIEIRA, 2009).

Os últimos registros apontam precipitação média anual em Manaus em torno dos 2.300mm, com média de 190 dias de chuva, sendo que em geral o mês de março é o mais chuvoso e o mês de agosto o menos chuva (HEYER.,1997) apud (VIEIRA,1998).

De acordo com Aguiar (1995), a temperatura média compensada anual, para a região urbana apresenta mínimas 23,2°C, médias de 26,7 ° C e máximas de 31,5°C. Com médias mais altas nos meses de agosto e novembro e médias mais baixas nos períodos de fevereiro e março.

Segundo Silva (2009) na cidade de Manaus, a temperatura máxima é 33,6 °C e mínima de 27,8°C, tendo como média das máximas de 28,1°C e médias das mínimas de 24,1°C, no período mais quente do ano (a gosto a novembro). De acordo com o autor, os períodos amenos (Janeiro a Abril) a máxima é 21,6°C e mínima de 29,5°C, com temperaturas mais elevadas em regiões com menor número de áreas verdes que acaba formando as ilhas de calor.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Essa pesquisa foi conduzida pelo método de análise sistêmico de Monteiro (2015), chamado Sistema Clima Urbano - SCU. O autor aborda o clima como “um sistema singular, aberto, evolutivo, adaptativo e morfogênico, composto pelo clima local e pela cidade”. Seu pensamento foi direcionado a partir de reflexões da Teoria Geral dos Sistemas.

Essa pesquisa seguiu a proposta do Canal de percepção humana III- Impactos Meteóricos (Subsistema hidrometeórico) elaborados por Monteiro (2015); esse canal tem como finalidade direcionar estudos relacionados a dados pluviométricos, em especial os que geram impactos no ambiente urbano, através de eventos pluviais extremos que vêm da natureza com forte influência social e econômica do trânsito no subsistema do operador ao operando, e, principalmente, pela contribuição das atividades econômicas e sociais desordenadas que criam áreas urbanas favoráveis para que os impactos pluviométricos ocorram, juntamente com a presença de anomalias pluviais positivas (PINHEIRO, 2012).

As manifestações meteóricas de impacto são eventos que possuem variações extremas e formas violentas do ritmo e desvio dos padrões habituais, disritmias provocadas pela sucessão dos estados atmosféricos (PINHEIRO, 2012).

Dentro destas manifestações estão inseridos os de ordem extrema, ocasionando danos às áreas de incidência geralmente ocupadas por atividades humanas, e estes podem ser representados pela avalanche (neve), nevoeiros, secas, enchentes, granizos, geadas, escorregamento de vertentes, descargas elétricas, tornados e vendavais, sendo que na maioria das vezes estes elementos estão associados aos fenômenos atmosféricos (PINHEIRO, 2012).

#### **3.1 Procedimentos para alcance dos objetivos**

##### **3.1.1 Bases de dados de precipitação**

Os dados utilizados neste trabalho foram constituídos por uma série histórica temporal de precipitação diária e mensal do período de 1986 a 2015, pertencentes à estação climatológica de Manaus – 82331 localizada a (3°07'S e 59° 57' W com altitude 67m), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



Os dados utilizados foram coletados através de uma estação meteorológica convencional composta de vários sensores isolados, que registram continuamente os parâmetros meteorológicos como pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade dos ventos INMET, (2016).

A coleta dos dados é realizada através de leituras e anotações por um observador humano a cada intervalo de três leituras diárias 00h, 12h e 18h, seguindo as Coordenadas de Tempo Universal (UTC), este os envia a um centro coletor por um meio de comunicação e são criadas planilhas organizadas com médias diárias. É uma estação conhecida como “Estação Padrão” INMET (2016).

A estação meteorológica do INMET esteve posicionada em diferentes locais na cidade de Manaus: De 1974 a 1997 estava no bairro do Aleixo; de 1998 a 2010 no bairro do Distrito Industrial e de 2011 até o momento no Adrianópolis. Essa variação de localização pode ter influenciado os parâmetros climáticos nesta pesquisa.

### **3.1.2 Caracterização das variações Pluviométricas e Séries Históricas da cidade Manaus-AM**

As Caracterizações pluviométricas mensais e anuais foram obtidas através dos totais mensais e anuais de precipitação de 1986 a 2015. Em seguida, foram organizadas em tabelas do Microsoft Excel, versão 2010 e criado um banco de dados com planilhas e gráficos para análise.

Nas tabelas foi obtida a somatória dos totais mensais e anuais e feitas às médias. Foram gerados os gráficos com análises anuais e mensais de 10 em 10 anos e gráficos com análise de 30 anos para melhor interpretação e leitura dos resultados obtidos.

As séries históricas foram elaboradas conforme é estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), que define normal como “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como médias de dados climatológicos calculados para período consecutivos de 30 anos INMET (2016).

De acordo com a OMM, os dados climáticos são frequentemente mais úteis quando comparados com valores normais padronizados, obtidos segundo suas próprias recomendações técnicas, tornando-se de suma importância o cálculo e publicação das Normais Padronizadas.

De acordo com Ramos et al., (2010) seguindo recomendações da OMM em geral, para se determinar as séries históricas de uma variável  $X$ , para determinada estação meteorológica, computa-se, inicialmente, o valor  $X_{ij}$  correspondente a cada mês  $i$  e cada ano  $j$ , para o período de 30 anos. No caso de variáveis associadas a valores acumulados no período de interesse, precipitação objeto direto dessa pesquisa, computa-se  $X_{ij}$  como o valor acumulado no mês  $i$ , do ano  $j$ , isto é, a soma de todos os valores disponíveis para aquele mês e aquele ano, conforme equação (01), isto é:

$$X_{ij} = \sum k X_{kij}$$

Nestes casos, a OMM recomenda que se considerem apenas meses completos, isto é, meses sem nenhum dado faltante.

Seguindo recomendação da OMM as séries históricas dessa pesquisa climatológica foram obtidas através da soma de todos os totais de precipitação mensal; em seguida a soma de todos os totais para chegar ao total final; e por último a divisão do total final pelo número de anos estudados no caso 30 anos.

### **3.1.3 Caracterização dos Padrões anômalos no período de 1986 a 2015**

Para essa pesquisa foi considerado como evento anômalo aquele que ultrapassou as médias da máxima de precipitação estabelecida para a pesquisa, que conseqüentemente, passou das séries históricas estabelecida.

Os eventos anômalos foram analisados através dos gráficos de precipitação mensal por década. Os resultados foram analisados por década totalizando os 30 anos estabelecidos pela pesquisa. Os resultados serão apresentados através de gráficos com os anos e meses que apresentaram os eventos anômalos.

### **3.1.4 Caracterização das estimativas dos índices de erosividade da chuva no período de 1986 a 2015**

Para obter o índice de erosividade esse trabalho adotou o método aplicado por Silva et al. (2003), que investigaram a distribuição espacial da erosividade anual de precipitação no Brasil.

Esse trabalho utilizou a equação proposta por Fournier, (1956), que também pode estimar, com boa precisão, mensalmente os valores anuais de erosividade das chuvas, utilizando registros pluviométricos como médias anuais e médias mensais de precipitação.

Para obter o índice de erosividade da chuva (EI30) foi necessário calcular as médias mensais e anuais de precipitação; em seguida foi aplicada a (EQUAÇÃO 01):

$$Rc = p^2/P$$

Onde,

**Rc** = coeficiente de chuva, em mm;

**p** = precipitação mensal média, em mm;

**P** = precipitação anual média, em mm.

Essa equação relaciona os índices de erosividade da chuva (EI30), obtidos por meio de pluviogramas com o coeficiente da chuva (Rc). Essa equação foi adotada por ALMEIDA (2009) para identificar a Erosividade das chuvas no estado de Mato Grosso.

Em seguida foi criado um banco de dados em planilhas do Microsoft Excel versão 2010 com gráficos e tabelas para análise dos resultados. Os resultados obtidos serão apresentados em forma de gráficos, com índices erosivos mensais e anuais do período de 30 anos.

### **3.1.5 Caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva**

A caracterização dos impactos causados pelos eventos extremos na cidade de Manaus foi obtida por meio de notícias publicados no jornal impresso “A Crítica”,

que cobriu satisfatoriamente o período da pesquisa de 1986 a 2015 na Biblioteca Pública do Amazonas.

Durante a pesquisa foi realizado o registro por meio de fotos das notícias relacionadas aos eventos de precipitação e, em seguida, foi feita uma análise estatística com os dados de precipitação diárias correspondentes aos dias em que ocorrem os maiores impactos.

Na sequência foi criado um banco de dados em planilhas do Microsoft Excel versão 2010 com os principais bairros afetados e os respectivos impactos socioambientais acusados pelos eventos extremos de chuvas acima de 50 milímetros diários do período estudado.

Os resultados da pesquisa serão apresentados separados por década totalizando os 30 anos estabelecidos pela pesquisa, destacando os anos que tiveram maiores registros de eventos extremos e seus respectivos impactos socioambientais. Apresentar-se-á o número de ocorrência de eventos extremos por ano e o número de bairros afetados; os meses que apresentaram mais registros de eventos extremos de cada década.

E, para finalizar, uma análise geral dos 30 anos dos principais impactos socioambientais relatados nas matérias do jornal “A crítica”, o número de eventos extremos registrados nos últimos 30 anos, os meses que mais ocorrem eventos extremos e, por fim, os principais bairros da cidade afetados pelos eventos extremos nos últimos 30 anos.

## 4 RESULTADOS

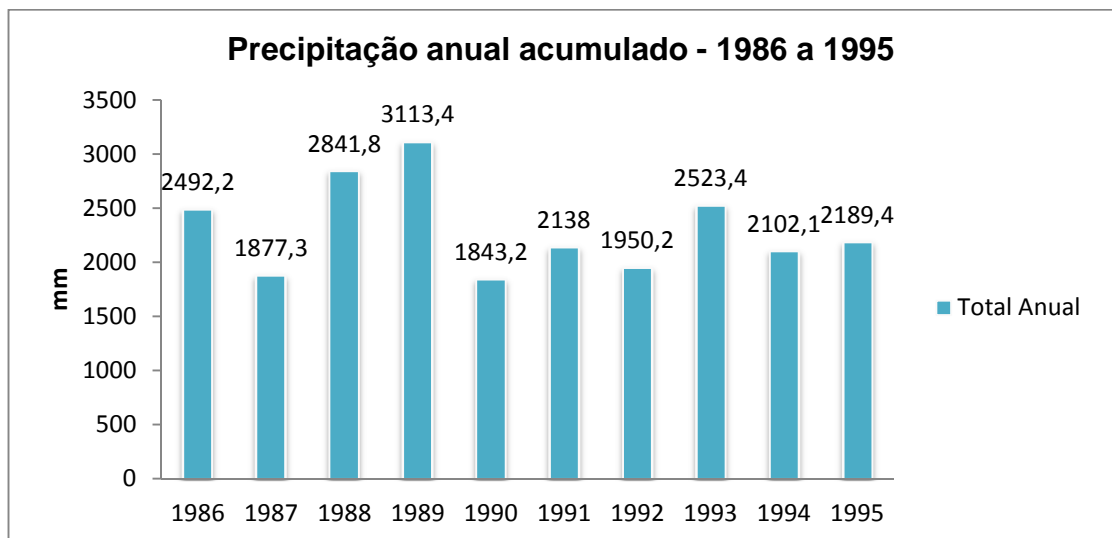
Os resultados a seguir serão apresentados por década, totalizando 30 anos. Destacando para esse período as variações pluviométricas, normal climatológicas, erosividade da chuva, eventos anômalos e os impactos socioambientais causados pelos eventos extremos.

### 4.1 Caracterizações das variações pluviométricas (mensais e anuais) e séries históricas da cidade de Manaus do período de 1986 a 2015

#### 4.1.1 Variação pluviométrica anual do período de 1986 a 1995

Nessa primeira década, a média anual de precipitação foi 2307,1mm; a distribuição do regime pluviométrico esteve abaixo de 3200 mm, conforme pode ser observado no (GRÁFICO 01). Nesse período, os anos com os maiores valores acumulados registrados foram os anos de 1988 com total 2841,8 mm e 1989 com total de 3113,4mm.

Os anos com os valores precipitados mais baixos compreendem 1987 com 1877,3mm e 1990 com 1843,2mm; destacam-se para esses dois anos ocorrência do fenômeno El Niño.



**Gráfico 01: Precipitação anual acumulada para Manaus - 1986 a 1995**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Na (TABELA 01) é possível observar os meses que tiveram as máximas e mínimas de precipitação dos primeiros 10 anos. Observou-se que os meses que apresentaram o maior volume de chuvas nessa década correspondem ao mês de Abril e o mês com volume de chuvas em Agosto.

Os anos que tiveram sob efeito do fenômeno El Niño correspondem a 1987, 1992 e 1995 e os anos sob efeito do fenômeno La Niña 1988 e 1989.

Durante os 10 anos o mês que apresentou a máxima de precipitação ocorreu em fevereiro de 1993 com total de 617,4mm. Em relação à precipitação mínima aconteceu em 1986 no mês de agosto com 1,6mm. Sendo a média das mínimas 381,15mm e médias das mínimas 28,67mm desse período.

**Tabela 1: Precipitação média anual das máximas e mínimas de 1986 a 1995**

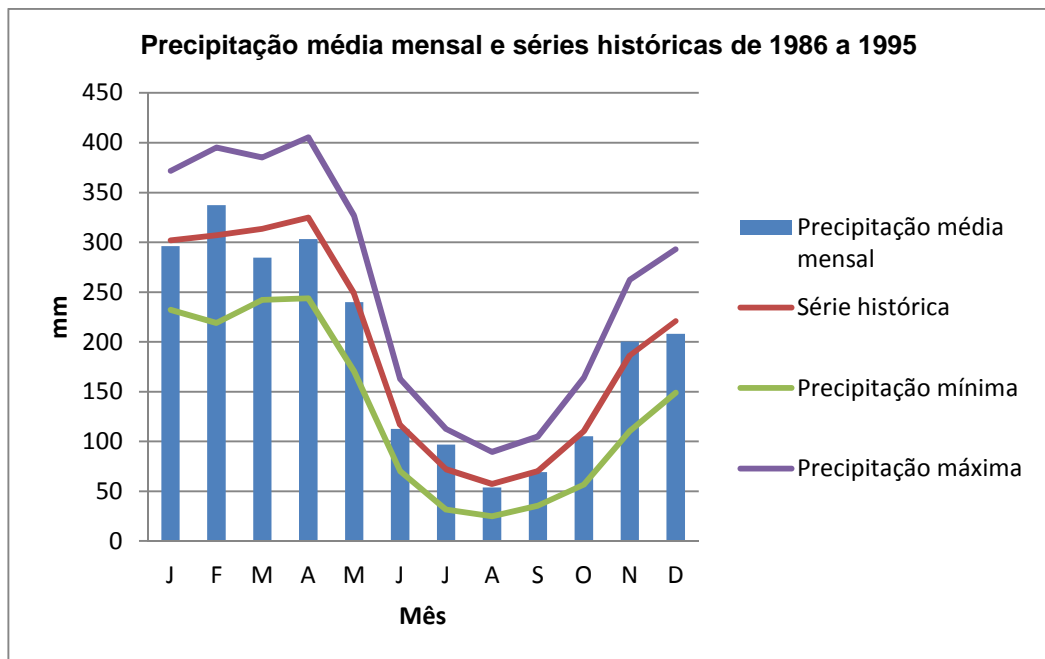
Precipitação máxima e mínima anual				
Ano	Mês	Precipitação máxima mensal (mm)	Mês	Precipitação mínima mensal (mm)
1986	Novembro	321,8	Agosto	1,6
1987 (El Niño)	Janeiro	291,5	Julho	20,7
1988 (La Niña)	Dezembro	412,1	Agosto	35,6
1989 (La Niña)	Abril	370,8	Agosto	15,8
1990	Março	299,2	Setembro	22,8
1991	Abril	342,9	Novembro	37,9
1992(El Niño)	Março	347,8	Junho	61,0
1993	Fevereiro	617,4	Julho	34,6
1994	Fevereiro	399,5	Dezembro	22,5
1995(El Niño)	Abril	408,5	Agosto	34,2
Média		381,15		28,67

Organização: Miriliane J.D.S Fernandes, 2016

#### 4.1.2 Variação pluviométrica média mensal e as séries históricas do período de 1986 a 1995

No (GRÁFICO 02) é possível observar a variação pluviométrica média mensal 1986 a 1995 e seu comportamento em relação a precipitações máxima, mínima e normal climatológica.

É possível observar que os comportamentos mensais de precipitação nos primeiros 10 anos que estiveram dentro das séries históricas para o período de 30 anos com exceção apenas de Fevereiro e Novembro, que ultrapassaram a normal e os meses de Janeiro, Março, Abril e Agosto que estiveram abaixo da normal climatológica.

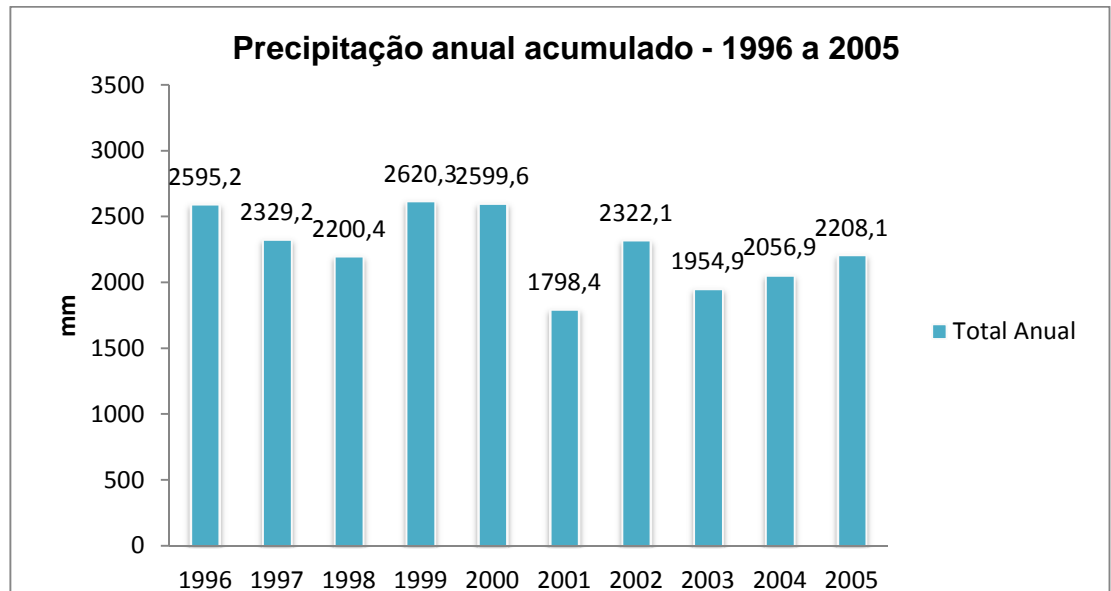


**Gráfico 2: Precipitação média mensal e normal climatológica - 1986 a 1995**  
Organização: Miriliane J.D.S Fernandes, 2016

#### 4.1.3 Variação pluviométrica anual do período de 1996 a 2005

Na segunda década (GRÁFICO 03) a média anual de precipitação foi 2268,5 mm, observa-se que o volume anual acumulado esteve abaixo de 2700 mm, sendo os maiores volumes acumulados para o ano 1999 com total 2620,3mm e o ano de 2000 com total acumulado de 2599,6mm ambos sob efeito do fenômeno La Niña.

Os anos com menores volumes anuais correspondem a 2001 com 1798,4mm e a 2003 com total 1954,9mm.



**Gráfico 03: Precipitação anual acumulada para Manaus – 1996 a 2005**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Na (TABELA 02) é possível observar que Janeiro de 1996 apresentou o maior volume acumulado de precipitação com 517,3mm. Os anos que tiveram sob efeito do fenômeno El Niño correspondem a 1998 e 2003, em relação ao fenômeno La Niña correspondem a 1999, 2000 e 2005.

Em relação à mínima de precipitação Julho de 1997 destaca-se por não ter registro de precipitação pelo INMET. No entanto, o mês de julho de 2002 teve como registro 3,4mm de precipitação, sendo o segundo menor valor acumulado. Ocorrendo a média das máximas mensais 444,25mm e a média das mínimas mensais 23,35mm.



**Tabela 02: Precipitação média anual das máximas e mínimas de 1996 a 2005**

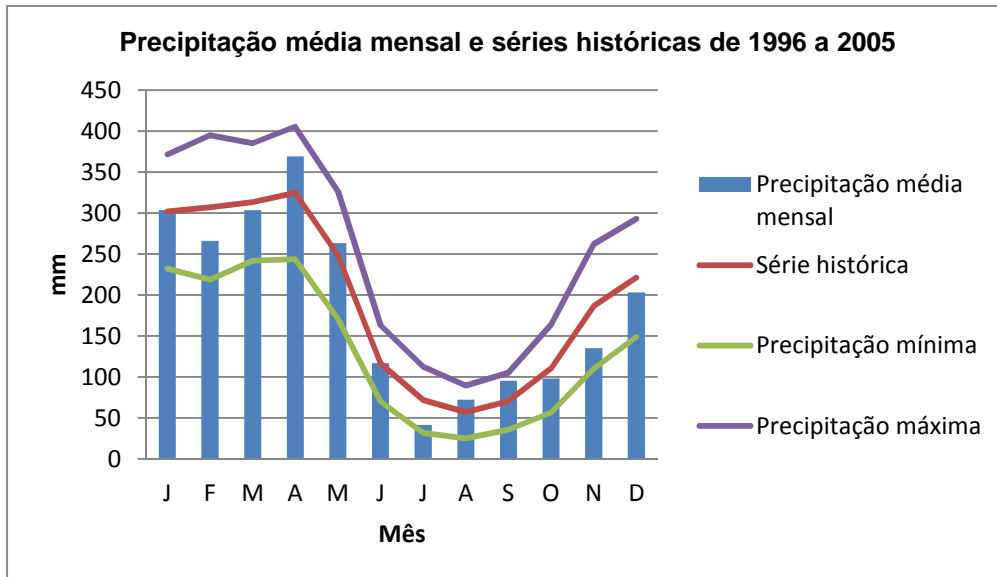
Precipitação máxima e mínima anual				
Ano	Mês	Precipitação máxima mensal (mm)	Mês	Precipitação mínima mensal (mm)
1996	Janeiro	571,3	Julho	16,9
1997	Março	534,9	Julho	0
1998 (El Niño)	Abril	407,2	Agosto	41,8
1999 (La Niña)	Maiο	445,4	Julho	25,3
2000 (La Niña)	Abril	535,4	Julho	40,8
2001	Janeiro	348,4	Agosto	14,9
2002	Janeiro	380,8	Julho	3,4
2003 (El Niño)	Abril	390,1	Setembro	60,9
2004	Março	424,2	Novembro	13,3
2005 (La Niña)	Abril	404,8	Agosto	16,2
Média		444,25		23,35

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016.

#### 4.1.4 Variação pluviométrica média mensal e normal climatológica do período de 1996 a 2005

No (GRÁFICO 04) é possível observar a variação pluviométrica média mensal 1996 a 2005 e seu comportamento em relação a precipitações máxima, mínima e as séries históricas.

Em relação à precipitação média mensal é possível observar no gráfico que os meses de Abril, Maio, Agosto e Setembro estiveram acima das séries históricas propostas para o período. Em relação aos meses que estiveram abaixo das séries históricas é possível destacar Fevereiro, Julho, Outubro e Novembro.



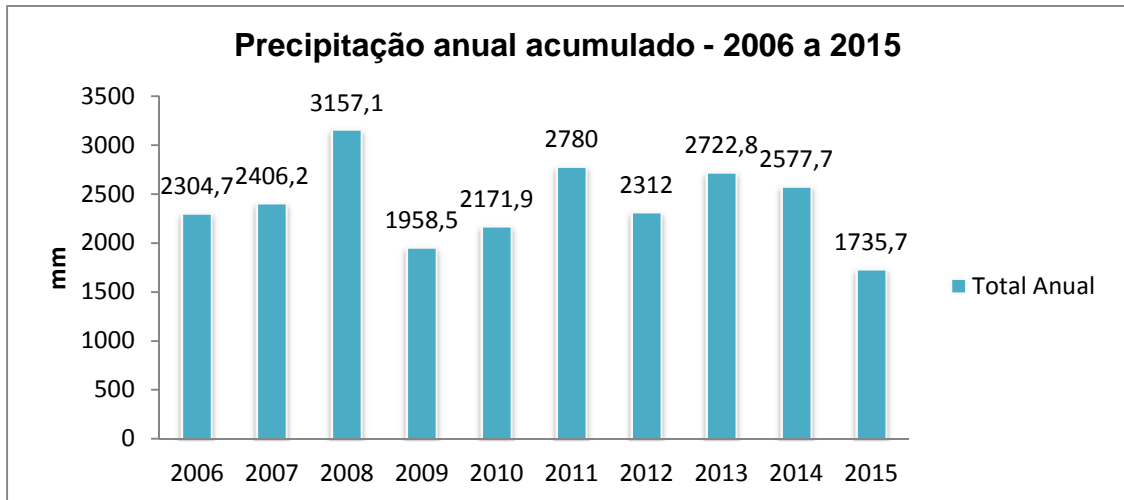
**Gráfico 4: Precipitação média mensal e séries históricas de 1996 a 2005**

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

#### 4.1.5 Variação pluviométrica anual do período de 2006 a 2015

Na última década a média anual de precipitação foi 2412,6mm; é possível observar no (GRÁFICO 05) que o regime pluviométrico anual no geral abaixo de 2780 mm com exceção do ano de 2008 que teve 3157,1 mm acumulado, sob efeito do fenômeno La Niña considerado forte.

Em relação aos anos com menores volumes de precipitação acumulados destacam 2009 com total 1958, 5 mm e 2015 com 1735,7 mm acumulados, vale ressaltar que 2015 esteve sobe efeito do fenômeno El Niño.



**Gráfico 05: Precipitação anual acumulada para Manaus -2006 a 2015**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Na (TABELA 03) é possível observar que o mês de março em 2014 teve precipitação máxima em relação às demais com 527,7 mm no mesmo ano setembro teve o menor registro com 0,6 mm de acordo com registros do INMET. O ano de 2009 registrou 4,2mm de precipitação em setembro o segundo mês dos 10 anos com precipitação mínima.

O ano 2008 que apresentou maior volume de precipitação acumulado anual, esse ano teve suas chuvas distribuídas ao longo dos meses, sendo registrada a precipitação mínima em setembro com 56 mm.

Os anos sob efeito do fenômeno El Niño correspondem a 2009 e 2015, e sob efeito do fenômeno La Niña correspondem a 2007, 2008, 2010, 2011 e 2012. Apresentando a média das máximas mensais 4223,92mm e média das mínimas mensais 27,15mm.

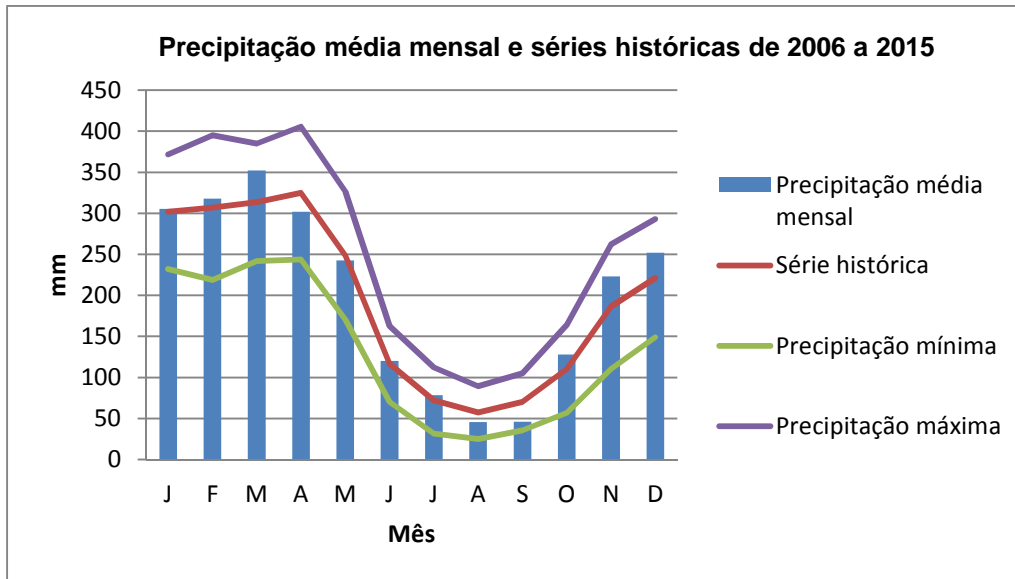
**Tabela 03: Precipitação média anual das máximas e mínimas de 2006 a 2015**

<b>Precipitação máxima e mínima anual</b>				
<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Precipitação máxima mensal (mm)</b>	<b>Mês</b>	<b>Precipitação mínima mensal (mm)</b>
2006	Fevereiro	346,4	Agosto	16,7
2007 (La Niña)	Janeiro	414,4	Outubro	28,5
2008 (La Niña)	Dezembro	458,1	Setembro	56
2009 (El Niño)	Fevereiro	457,9	Setembro	4,2
2010 (La Niña)	Fevereiro	352,5	Setembro	26,6
2011 (La Niña)	Abril	515,9	Julho	20
2012 (La Niña)	Janeiro	365,2	Agosto	26,6
2013	Março	427,4	Junho	32,1
2014	Março	527,7	Setembro	0,6
2015 (El Niño)	Março	373,7	Agosto	10,7
<b>Média</b>		<b>423,92</b>		<b>27,15</b>

Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016.

#### **4.1.6 Variação pluviométrica média mensal e séries históricas do período de 2006 a 2015**

No (GRÁFICO 06) é possível observar que a distribuição mensal esteve dentro das séries históricas, todos os meses estiveram abaixo de 350 mm. Observa-se que dos meses Junho a Outubro foram os meses com menores registros de precipitação aproximadamente de 110 a 50 mm.

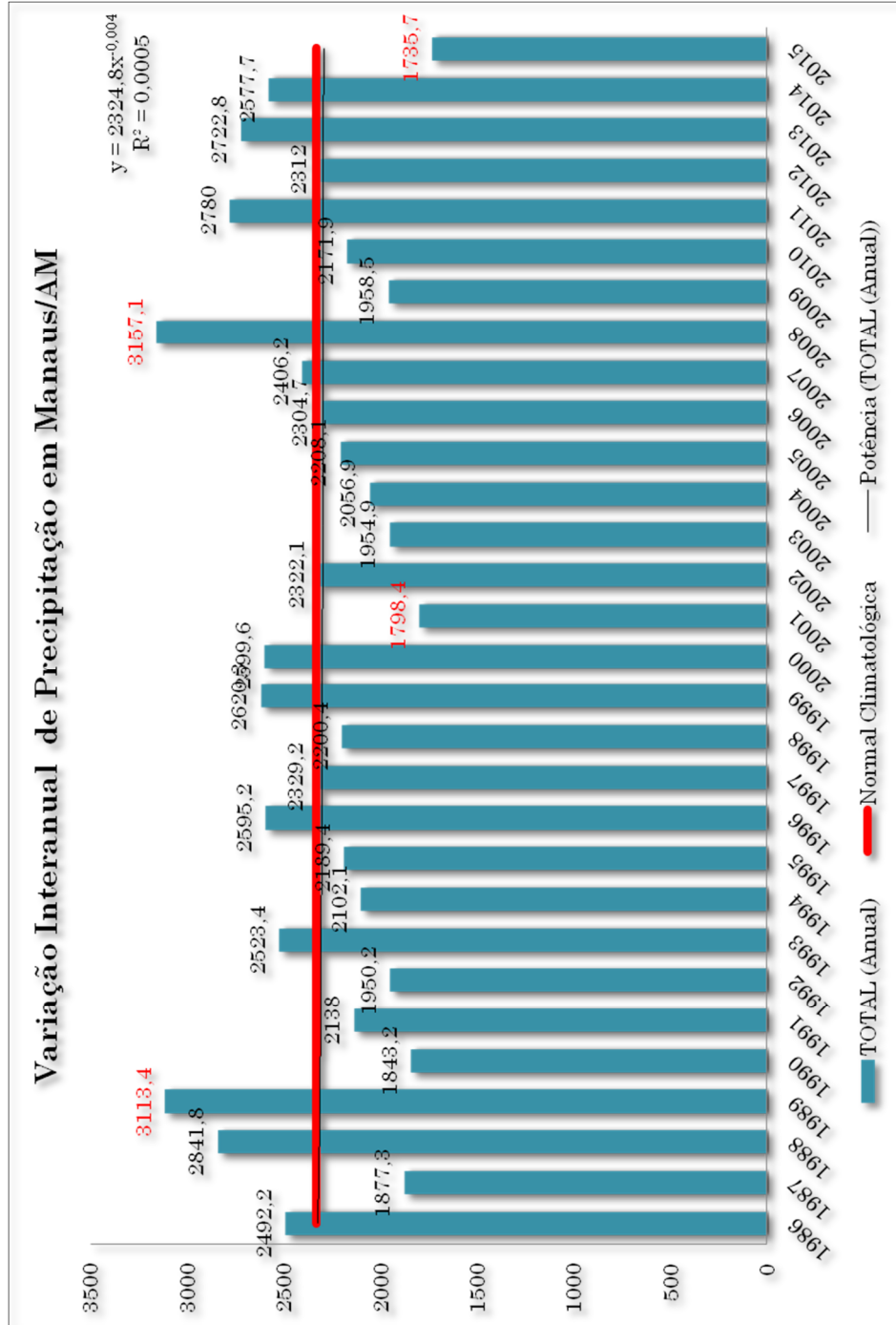


**Gráfico 06: Precipitação média mensal e séries históricas- 2006 a 2015**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016.

#### 4.1.7 Variação pluviométrica anual do período de 1986 a 2015

No (GRÁFICO 07) é possível observar a variação pluviométrica interanual de precipitação dos últimos 30 anos e sua relação com a normal climatológica.

Em relação aos anos que tiveram acima normal climatológica destacam-se 1986, 1988, 1989, 1993, 1996, 1999, 2000, 2007, 2008, 2011, 2013 e 2014. Os demais 18 anos estiveram abaixo da normal climatológica em torno 1500 a 2500 mm anual. A média anual total corresponde a 2329,4mm de precipitação.



**Gráfico 7: Variação interanual de precipitação de 1986 a 2015**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

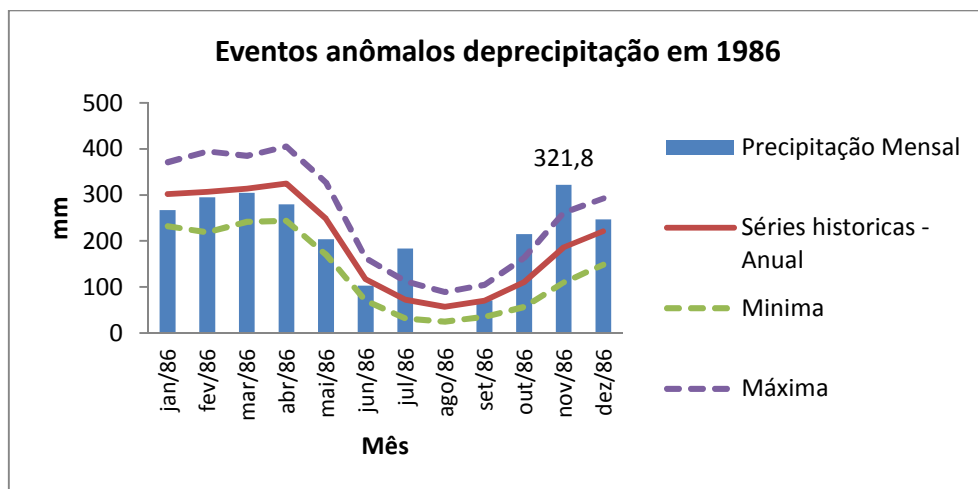
## 4.2 Caracterizações dos padrões anômalos no período de 1986 a 2015

Os eventos anômalos de precipitação foram analisados conforme aquele que passou da máxima de precipitação e normal climatológica estabelecida para pesquisa. Nos gráficos a seguir serão apresentados os anos que tiveram episódios de eventos anômalos nas três décadas.

### 4.2.1 Padrões anômalos no período de 1986 a 1995

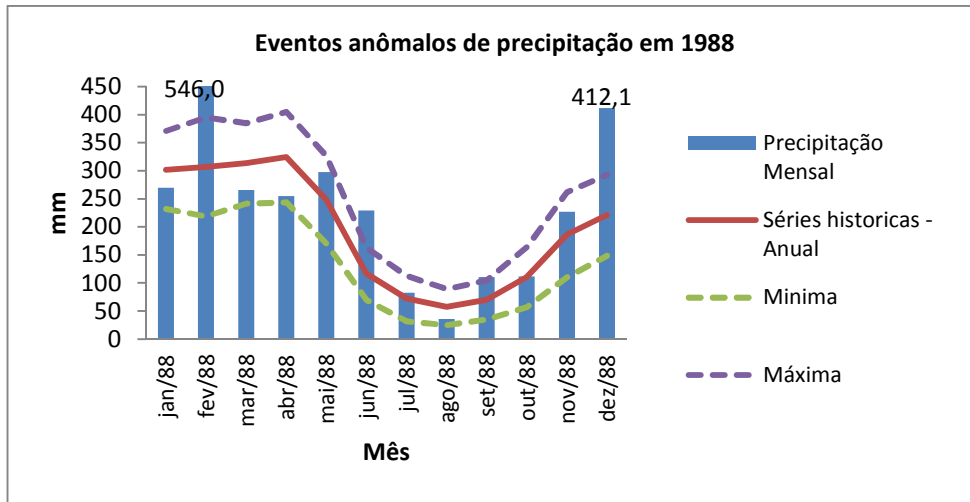
Na primeira década sete anos dessa década apresentaram eventos anômalos de precipitação totalizando 16 eventos, que ultrapassaram as máximas e normais climatológicas.

No (GRÁFICO 08) é possível identificar como evento anômalo o ocorrido no mês de Novembro de 1986 com 321,8mm de precipitação mensal passando das médias estabelecidas de precipitação máxima e normal climatológica.



**Gráfico 8: Eventos anômalos de precipitação em 1986**  
Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

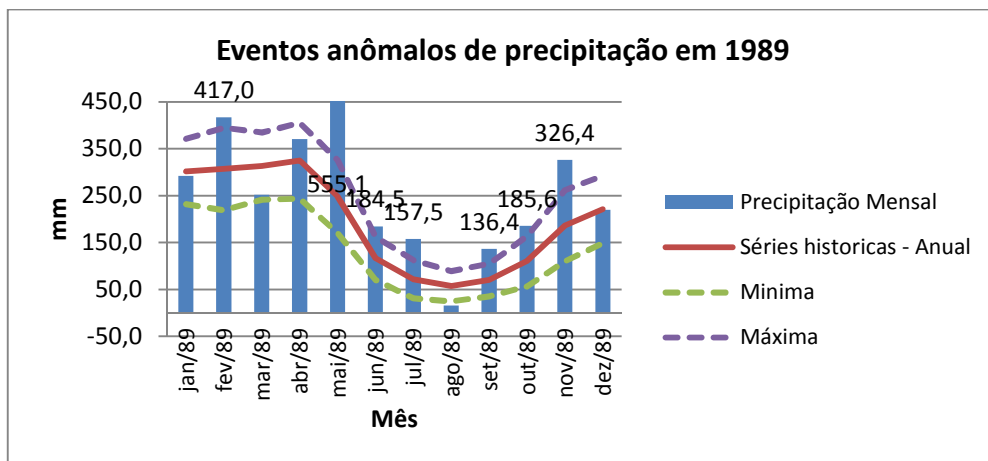
No (GRÁFICO 09) do ano 1988 ocorreram dois eventos anômalos, um no mês de fevereiro com 546,0mm e dezembro com 412,1mm, ambos os meses passaram das médias estabelecidas de precipitação máximas e normal climatológicas.



**Gráfico 9: Eventos anômalo de precipitação em 1988**

Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 10), o ano de 1989 apresentou mais ocorrências de eventos anômalo distribuídos ao longo do ano. O mês de Fevereiro apresentou 417,0mm, em seguida Maio com 555,1mm; Junho com 184,5mm; Julho com 157,5mm; Setembro com 136,4mm; Outubro com 185,6mm e Novembro com 326,4mm. Vale ressaltar que esse ano foi de ocorrência do fenômeno La Niña considerado forte.

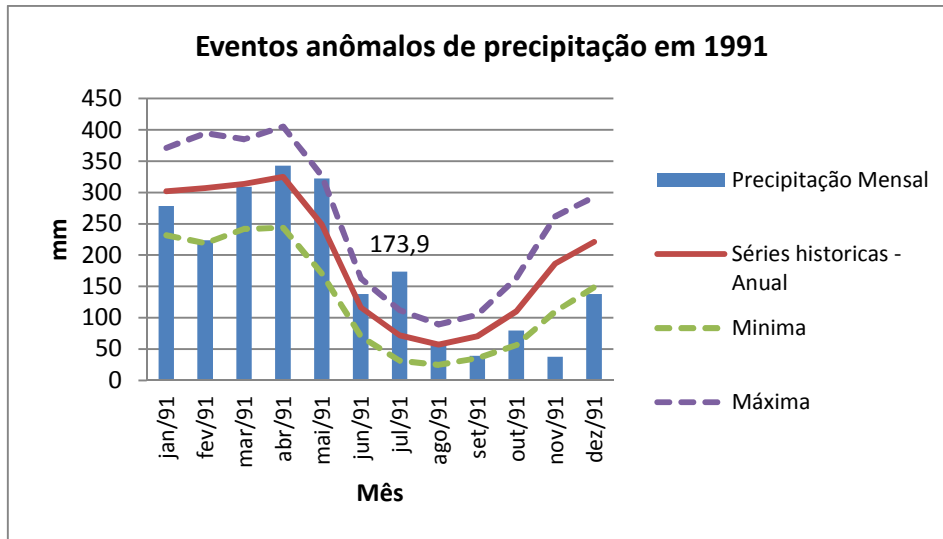


**Gráfico 10: Eventos anômalo de precipitação em 1989**

Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

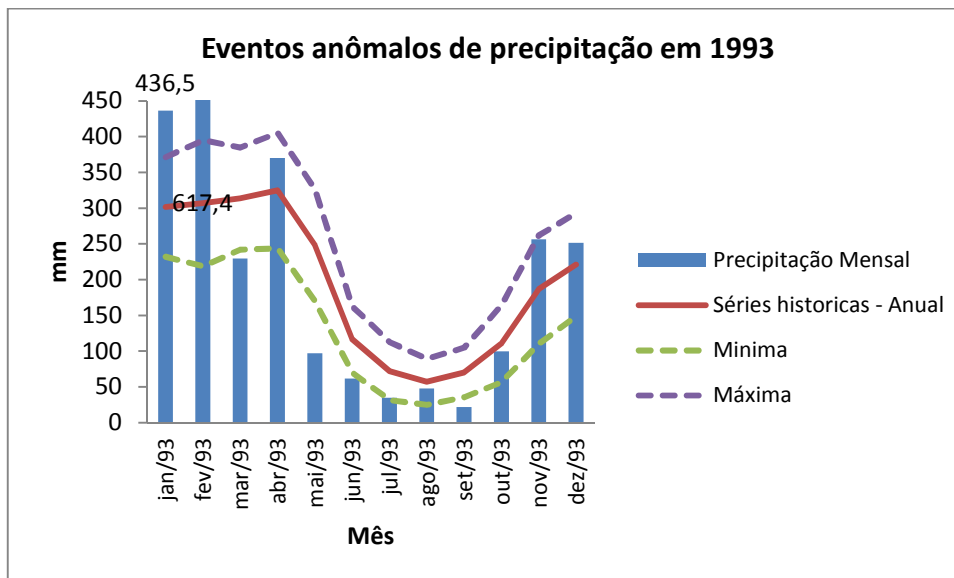
No (GRÁFICO 11), o ano de 1991 apresentou apenas um mês com um evento considerado anômalo ocorreu em Julho com 173,9mm de precipitação que passou da média máxima de precipitação e normal climatológica.





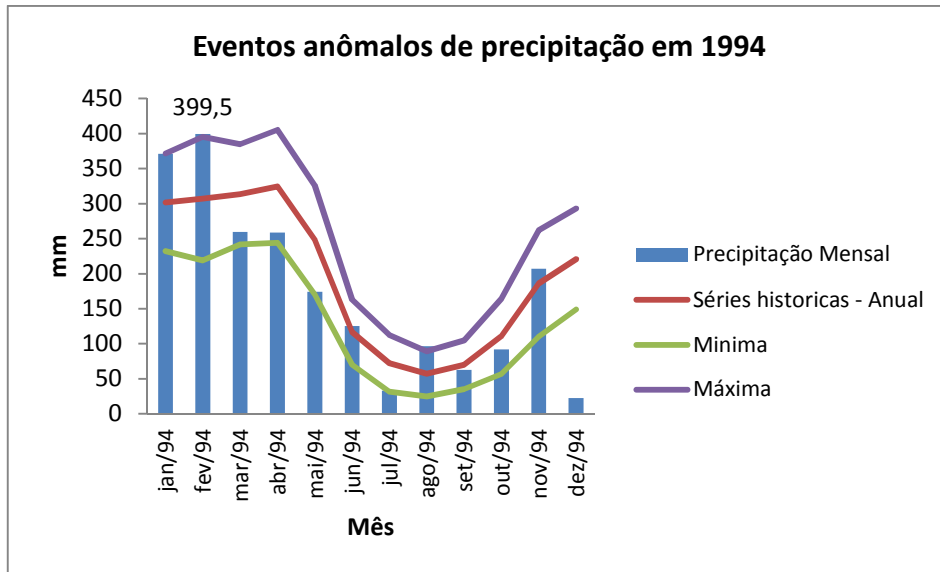
**Gráfico 11: Eventos anômalo de precipitação em 1991**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 12), o ano de 1993 teve o registro de dois eventos considerados anômalo, um ocorreu no mês de Janeiro com 436,5mm e o segundo em Fevereiro com 617,4mm de precipitação acima da média máxima de precipitação e normal climatológica.



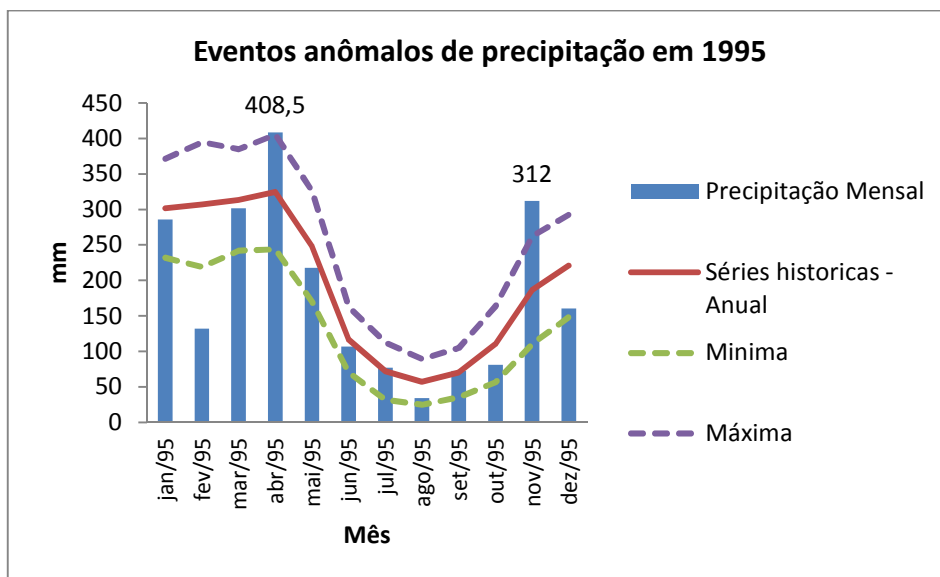
**Gráfico 12: Eventos anômalo de precipitação em 1993**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 13), o ano de 1994 apresentou apenas um registro de evento considerado anômalo ocorrido no mês de Fevereiro com 399,5 mm de precipitação acima da média máxima e normal climatológica.



**Gráfico 13: Eventos anômalo de precipitação em 1994**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

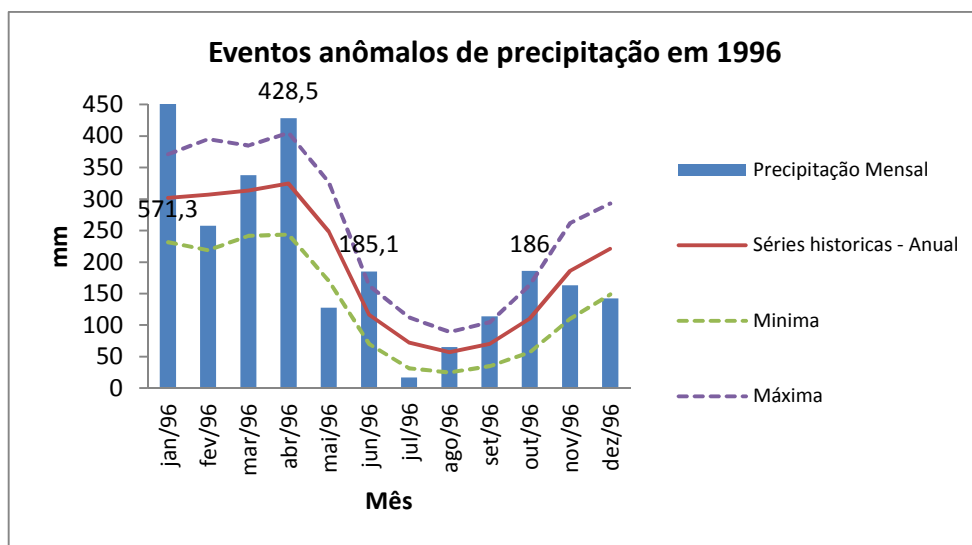
No (GRÁFICO 14), o ano de 1995 teve a ocorrência de dois eventos considerados anômalo ocorridos em Abril com 408,5mm e Novembro com 312,0mm de precipitação passando das médias máximas e normais climatológicas.



**Gráfico 14: Eventos anômalo de precipitação em 1995**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

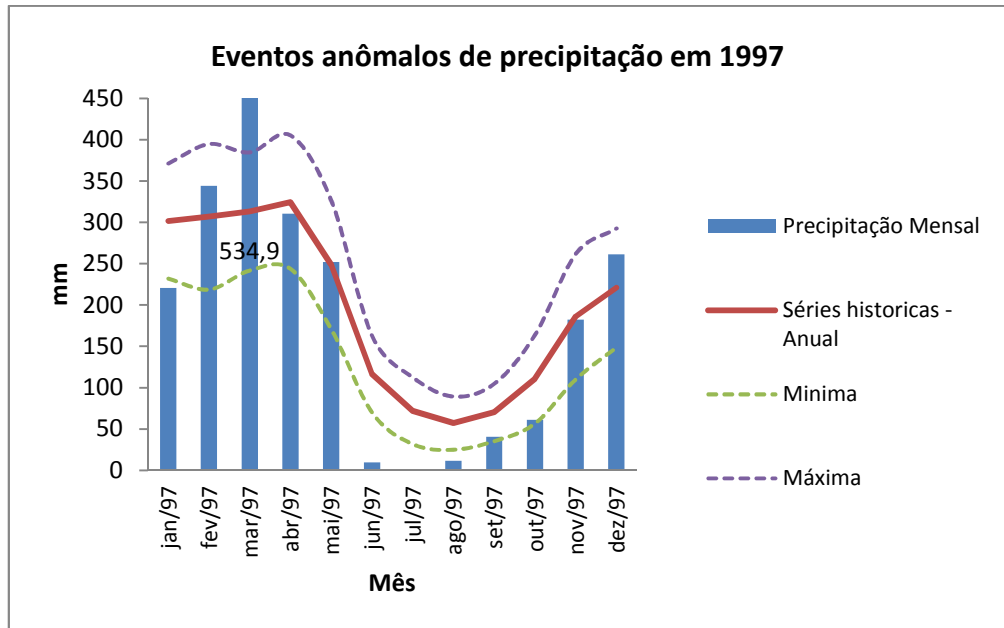
#### 4.2.2 Padrões anômalos no período de 1996 a 2005

Na segunda década sete anos apresentaram eventos anômalos de precipitação totalizando 17 eventos que ultrapassaram as máximas e normais climatológicas. No (GRÁFICO 15) de 1996 é possível observar a ocorrência de quatro episódios anômalos, o primeiro em Janeiro com 571,3mm; segundo em Abril com 428,5mm; terceiro Junho com 185,1 e Outubro com 186 mm de precipitação que ultrapassam a média das máximas e normal climatológica.



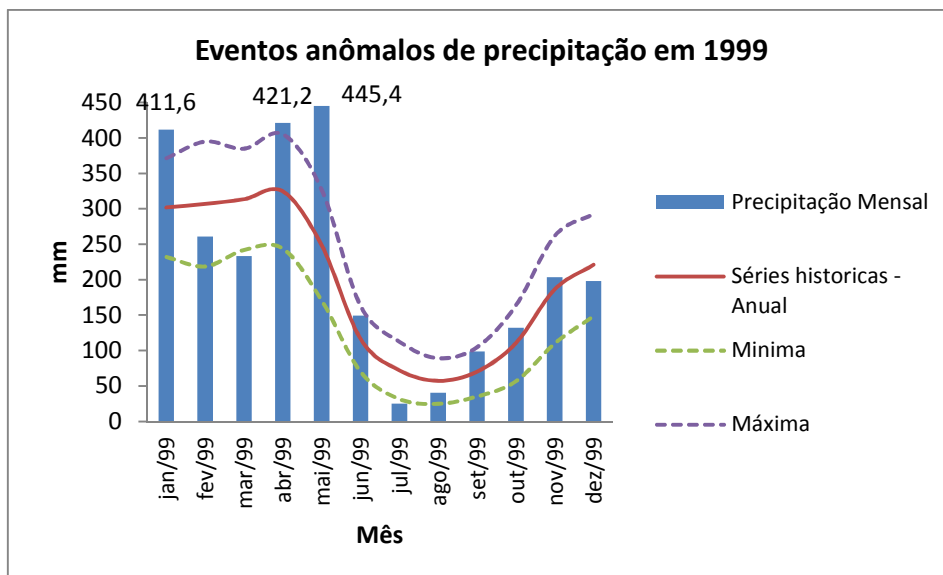
**Gráfico 15: Eventos anômalos de precipitação em 1996**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 16) de 1997 apenas um evento ocorreu em Março com 534,9mm de precipitação que ultrapassou média das máximas e normal climatológica.



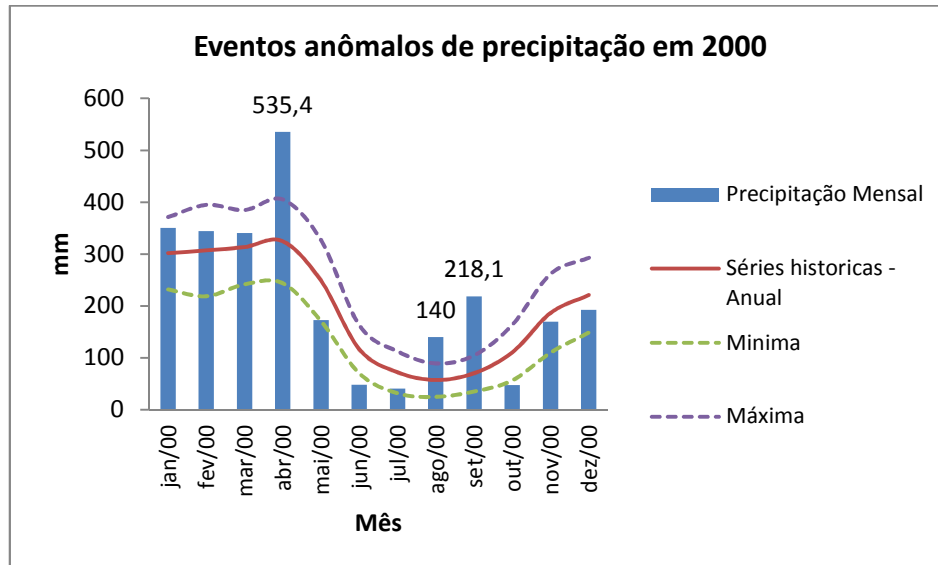
**Gráfico 16: Eventos anômalos de precipitação em 1997**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 17) de 1999 ocorreram três eventos anômalos, o primeiro em Janeiro com 411,6mm; o segundo em Abril com 421,2mm e Maio com 445,4mm.



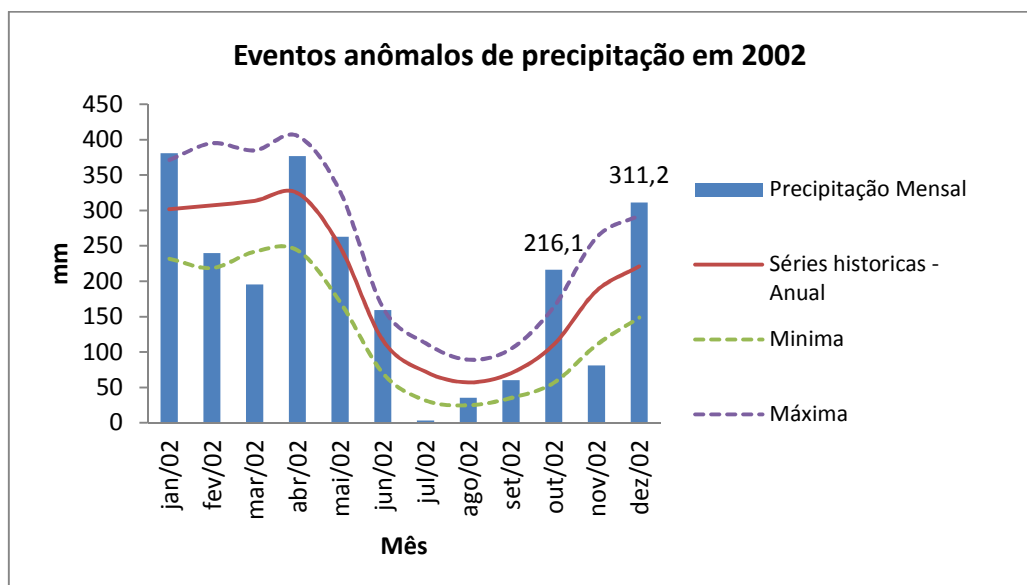
**Gráfico 17: Eventos anômalos de precipitação em 1999**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 18) de 2000 os meses que tiveram o registro de eventos anômalos ocorreram em Abril com 535,4mm; Agosto com 140,0 mm e Setembro com 218,1mm de precipitação.



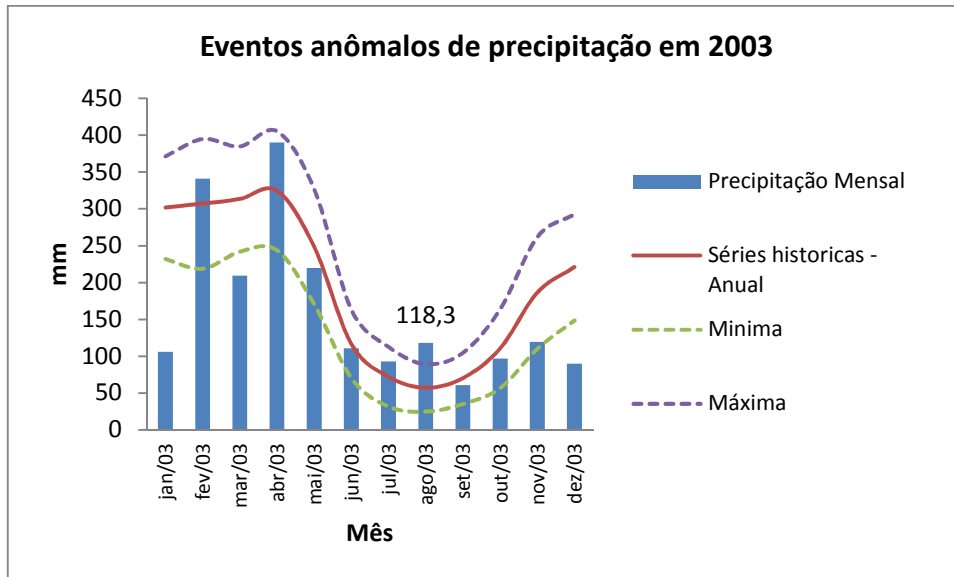
**Gráfico 18: Eventos anômalos de precipitação em 2000**  
Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 19) é possível identificar como evento anômalo o ocorrido no mês de Outubro com 216,1 mm e Dezembro com 311,2 mm de precipitação mensal no ano de 2002 passando das médias estabelecidas de precipitação máxima e normal climatológica.



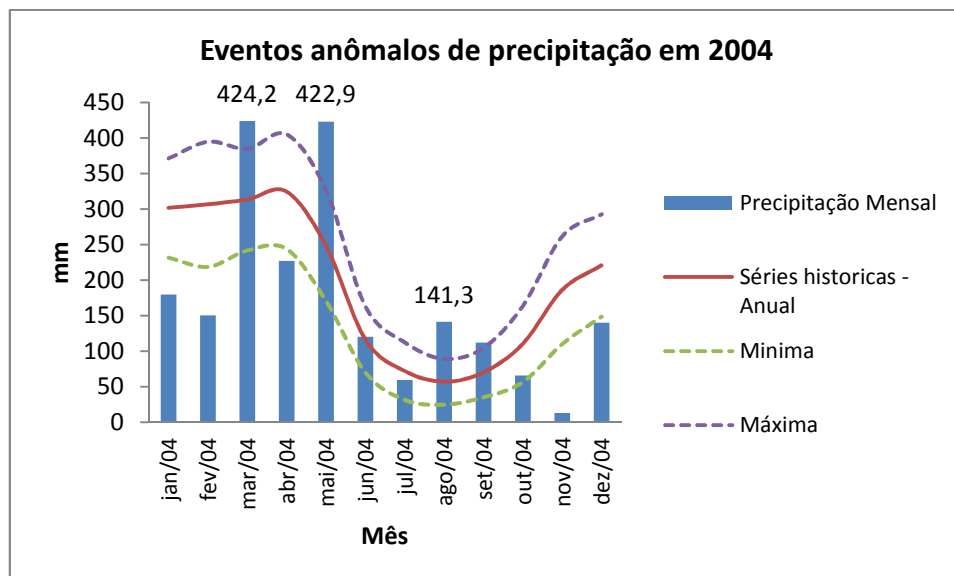
**Gráfico 19: Eventos anômalos de precipitação em 2002**  
Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 20) é possível identificar como evento anômalo o ocorrido no mês de Agosto de 2003 com 118,3mm de precipitação mensal passando das médias estabelecidas de precipitação máxima e normal climatológica



**Gráfico 20: Eventos anômalos de precipitação em 2003**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 21) em 2004 foram registrados três eventos anômalos ocorrido no mês de Março com 424,2mm; Maio com 422,9mm e Agosto com 141,3mm de precipitação acima da média máxima e normal climatológica.

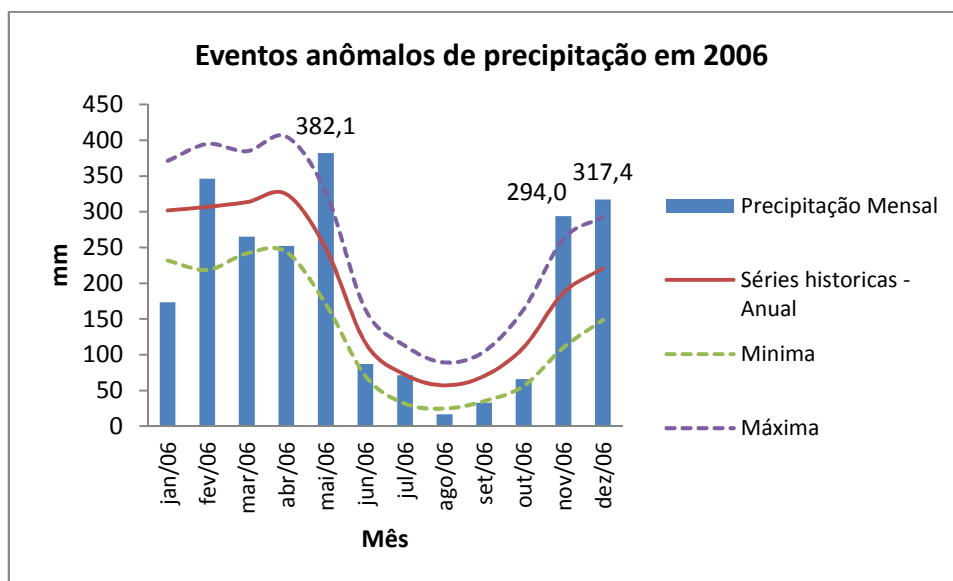


**Gráfico 21: Eventos anômalos de precipitação em 2004**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

#### 4.2.3 Padrões anômalos no período de 2006 a 2015

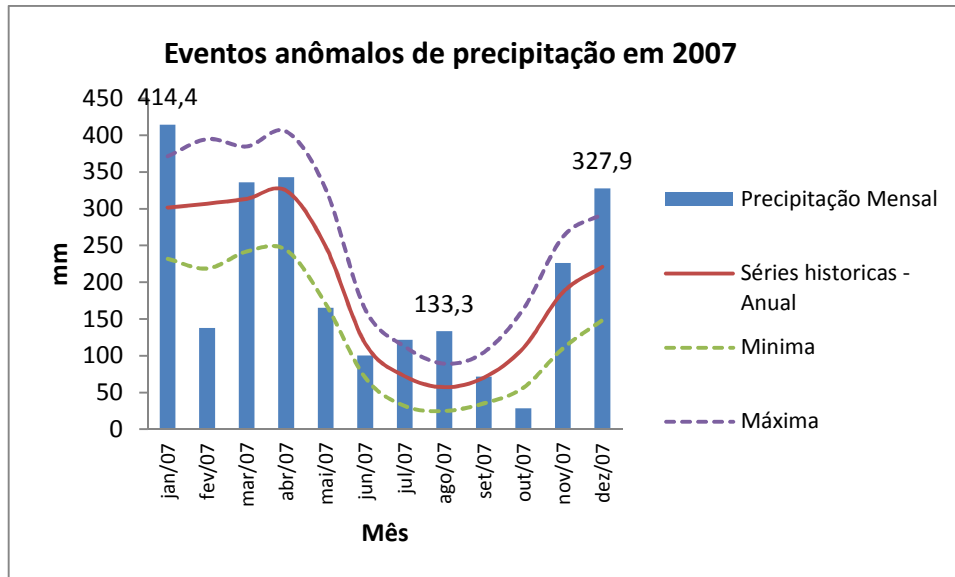
Na terceira década oitos anos apresentaram eventos anômalos de precipitação totalizando 26 eventos que ultrapassaram as máximas e normais climatológicas.

No (GRÁFICO 22) de 2006 é possível observar quatro eventos anômalos o primeiro ocorreu no mês de Abril com 382,1mm; Novembro com 294,0mm e Dezembro com 317,4mm de precipitação acima da máxima e normal climatológica.



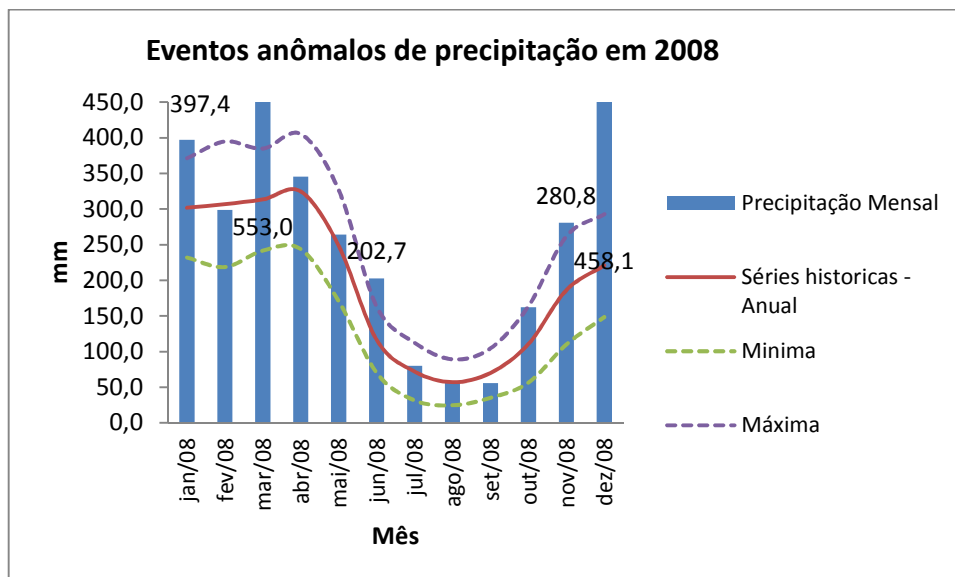
**Gráfico 22: Eventos anômalos de precipitação em 2006**  
Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 23) de 2007 é possível observar três eventos anômalos, o primeiro em Janeiro com 414,4mm; o segundo em Agosto com 133,3mm e Dezembro com 327,9mm de precipitação acima das máximas e normais climatológicas.



**Gráfico 23: Eventos anômalos de precipitação em 2007**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

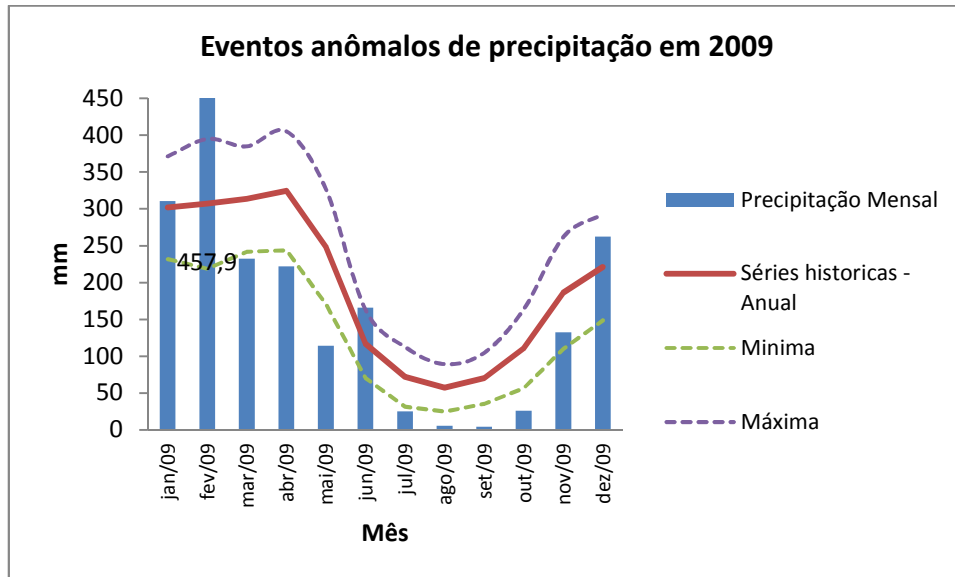
No (GRÁFICO 24) 2008 apresentou eventos anômalos ocorridos em Janeiro com 397,4mm, março com 553,0 mm; Junho com 202,7mm; Novembro 280,8 e Dezembro com 458,1mm de precipitação acima da máxima e normal climatológica. Lembrando que 2008 foi um ano com atuação do fenômeno La Niña considerado moderado.



**Gráfico 24: Eventos anômalos de precipitação em 2008**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

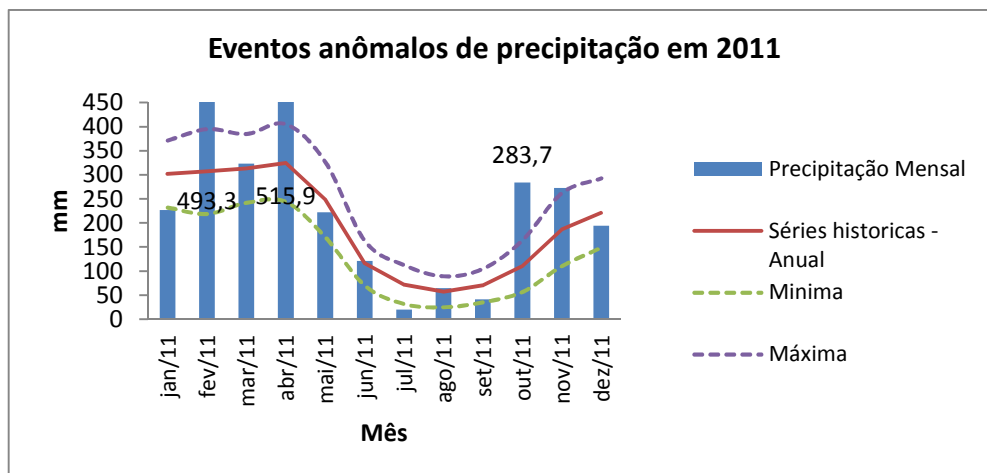


No (GRÁFICO 25) 2009 teve apenas um registro de evento anômalo ocorrido em Fevereiro com 457,9 mm passando da máxima e normal climatológica.



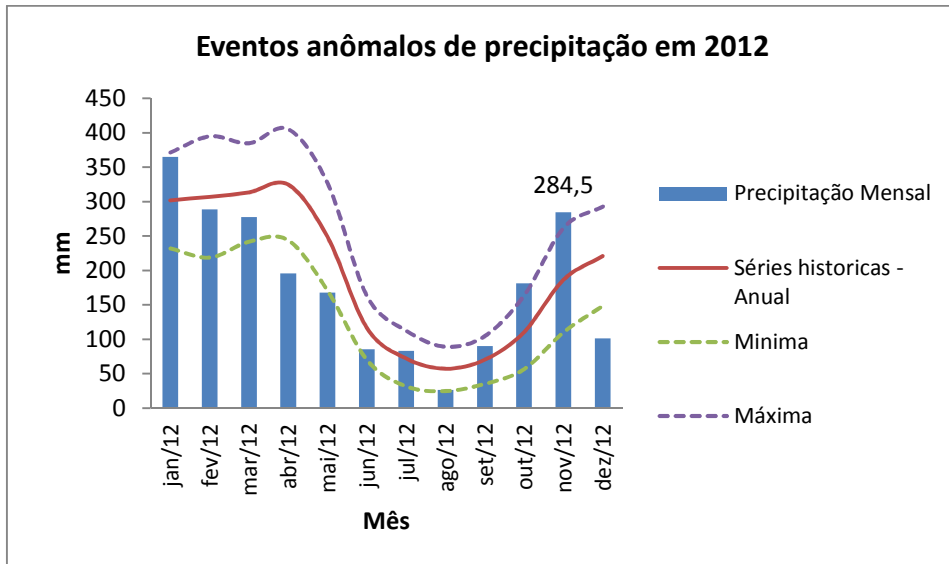
**Gráfico 25: Eventos anômalos de precipitação em 2009**  
Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 26) 2011 registrou três eventos anômalos ocorridos em Fevereiro com 493,3mm; Abril com 515,9mm e Outubro com 283,7mm de precipitação acima da máxima e normal climatológica.



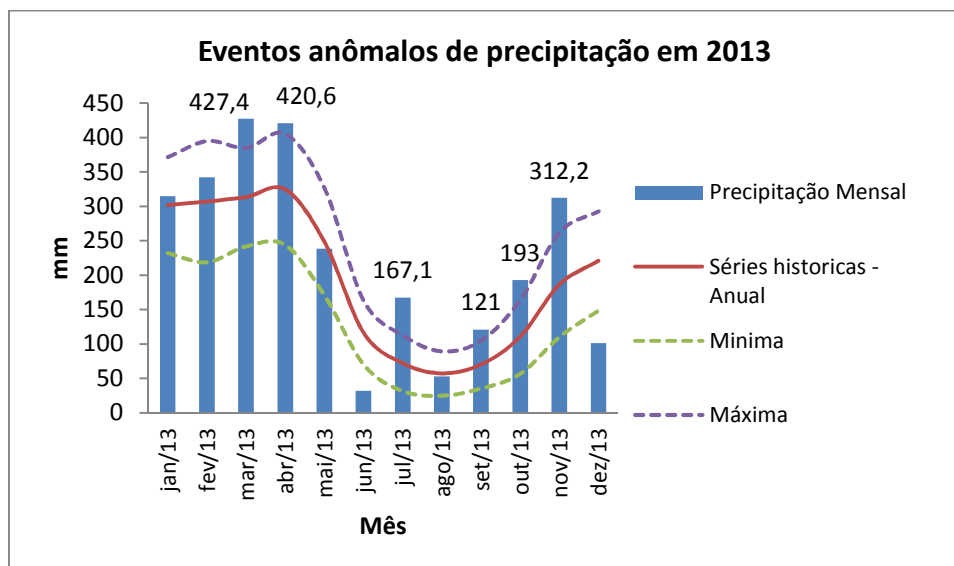
**Gráfico 26: Eventos anômalos de precipitação em 2011**  
Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 27) 2012 registrou apenas um evento anômalo ocorrido no mês de Novembro com 284,5mm de precipitação acima da máxima e normal climatológica.



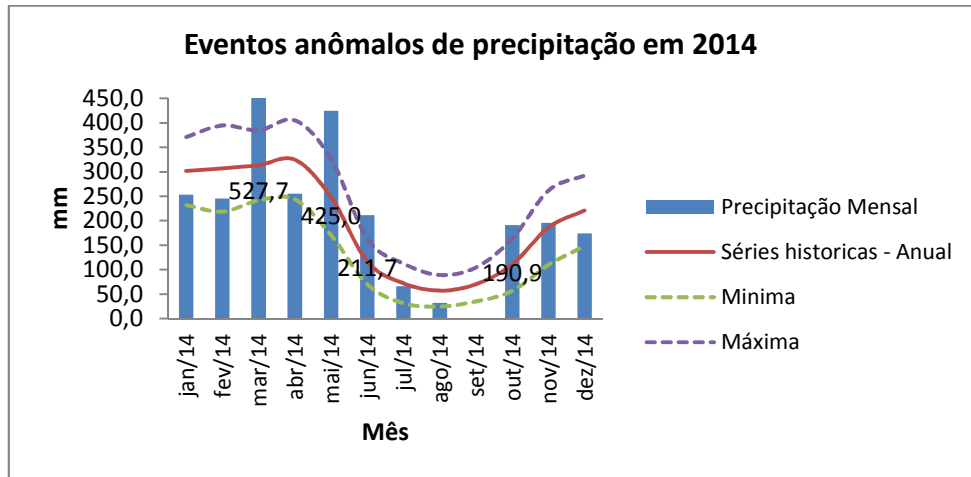
**Gráfico 27: Eventos anômalos de precipitação em 2012**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 28) 2013 registrou cinco eventos anômalos ocorrido no mês de Março com 427,4mm; Abril com 420,6; Julho com 167,1mm; Setembro com 121,0mm; Outubro 193,0mm e Novembro 312,2mm de precipitação acima da máxima e normal climatológica.



**Gráfico 28: Eventos anômalos de precipitação em 2013**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

No (GRÁFICO 29) 2014 registrou quatro eventos anômalos ocorrido no mês de Março com 527,7mm; Maio com 425,0mm; Junho com 211,7mm e Outubro com 190,9mm de precipitação acima da máxima e normal climatológica.



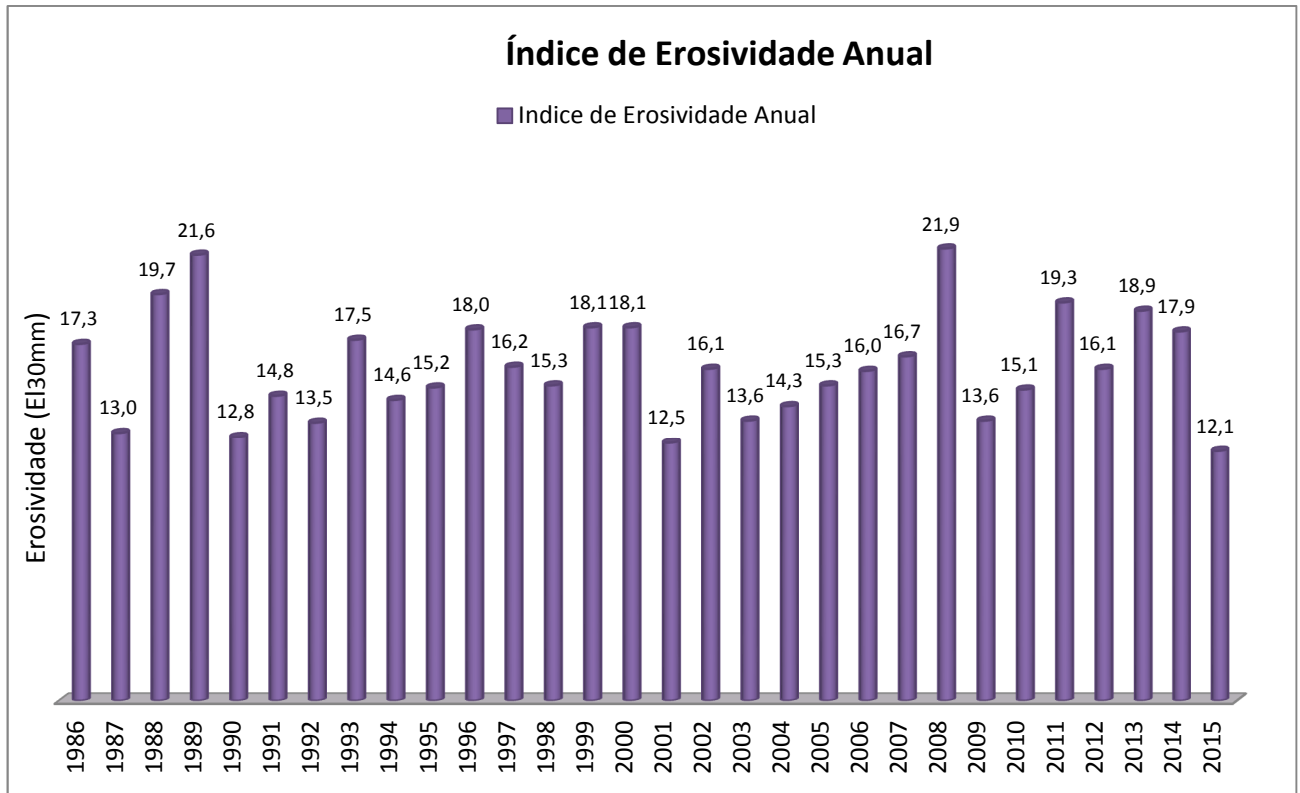
**Gráfico 29: Eventos anômalos de precipitação em 2014**  
Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

### 4.3 Caracterizações dos índices de erosividade da chuva no período de 1986 a 2015

Nos gráficos a seguir serão apresentados os índices de erosividade da chuva média mensal e anual do período estudado. Em gráficos com índices de erosividade da chuva com as médias anuais de precipitação dos últimos 30 anos para uma melhor compreensão.

#### 4.3.1 Índices de erosividade da chuva média anual e mensal de 1986 a 2015

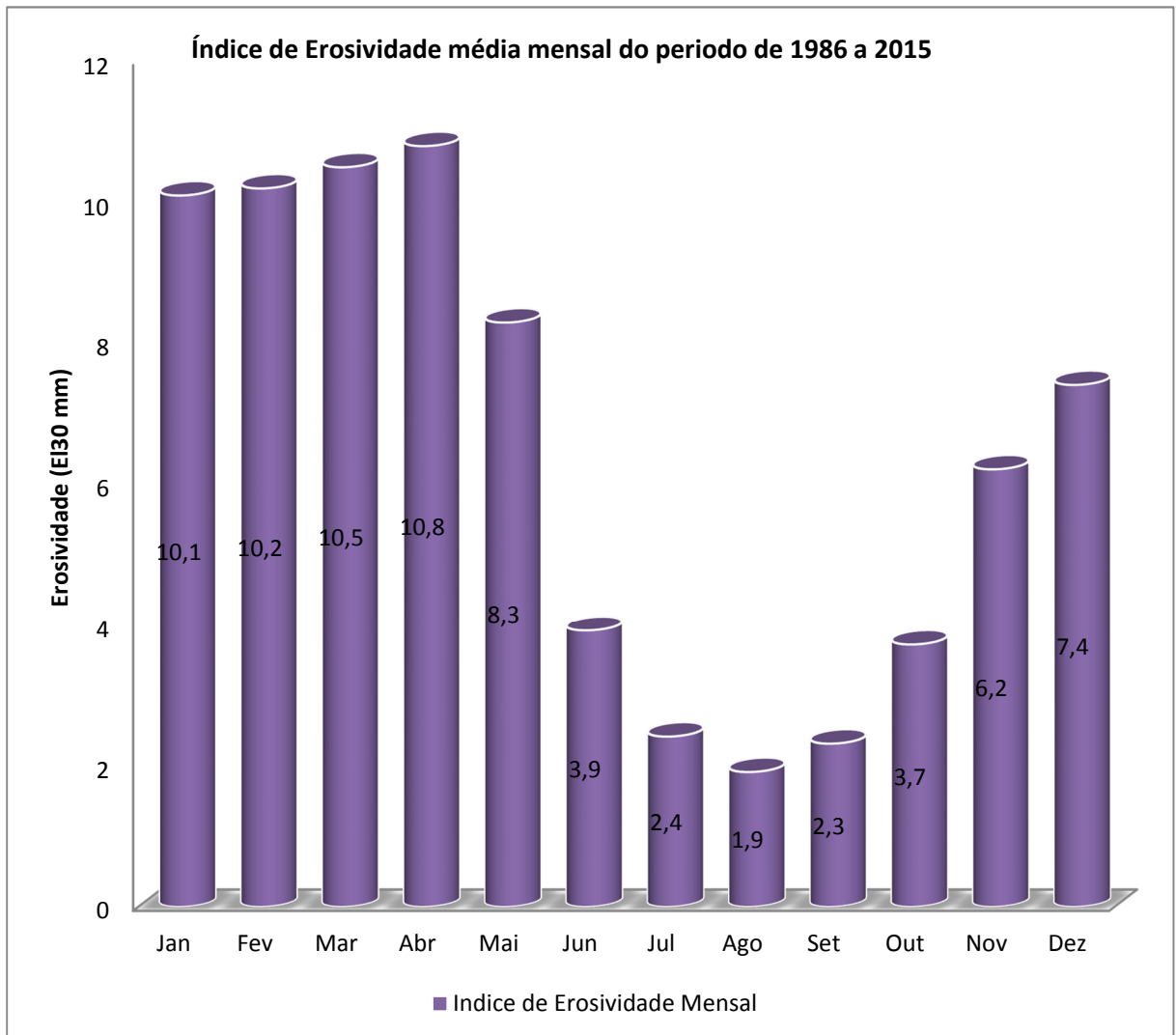
Em relação aos índices de erosividade da chuva é possível observar no (GRÁFICO 30) as médias anuais de erosividade dos últimos 30 anos. As estimativas para identificar a capacidade da chuva em provocar erosão são baixas, conforme se observa no gráfico. Considerando os anos que apresentaram maiores suscetibilidades a erosão causada pela chuva destaca 1989 com 21,6 (EI30mm) e 2008 com 21,8 (EI30mm) ambos dois anos com presença forte do fenômeno La Niña.



**Gráfico 30: Índice de erosividade anual de 1986 a 2015**

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

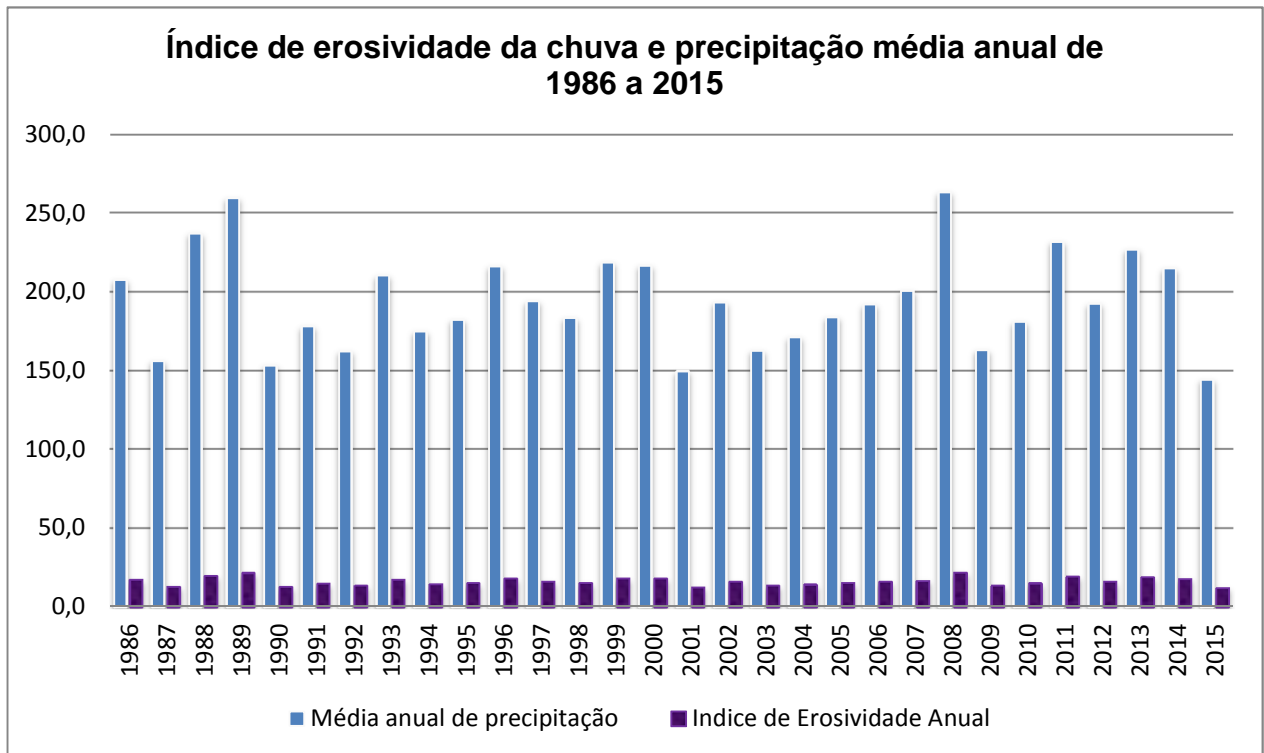
No (GRÁFICO 31) é possível observar o comportamento do índice de erosividade mensal de 1986 a 2015; os índices mensais foram baixos de 11 (EI<sub>30mm</sub>), observa-se que os meses de Janeiro a Maio foram os meses mais suscetíveis a erosividade. Os meses que estão menos sujeitos a erosividade nos últimos 30 anos foram Junho a Outubro.



**Gráfico 31: Índice de erosividade mensal de 1986 a 2015**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

#### 4.3.2 Índices de erosividade da chuva média anual e precipitação média anual de 1986 a 2015

No (GRÁFICO 32) é possível observar o comportamento da média anual de precipitação e as estimativas de erosividade da chuva do período de 1986 a 2015. É possível destacar que as estimativas de erosividade estão abaixo de 50 mm comparando com as médias anuais.

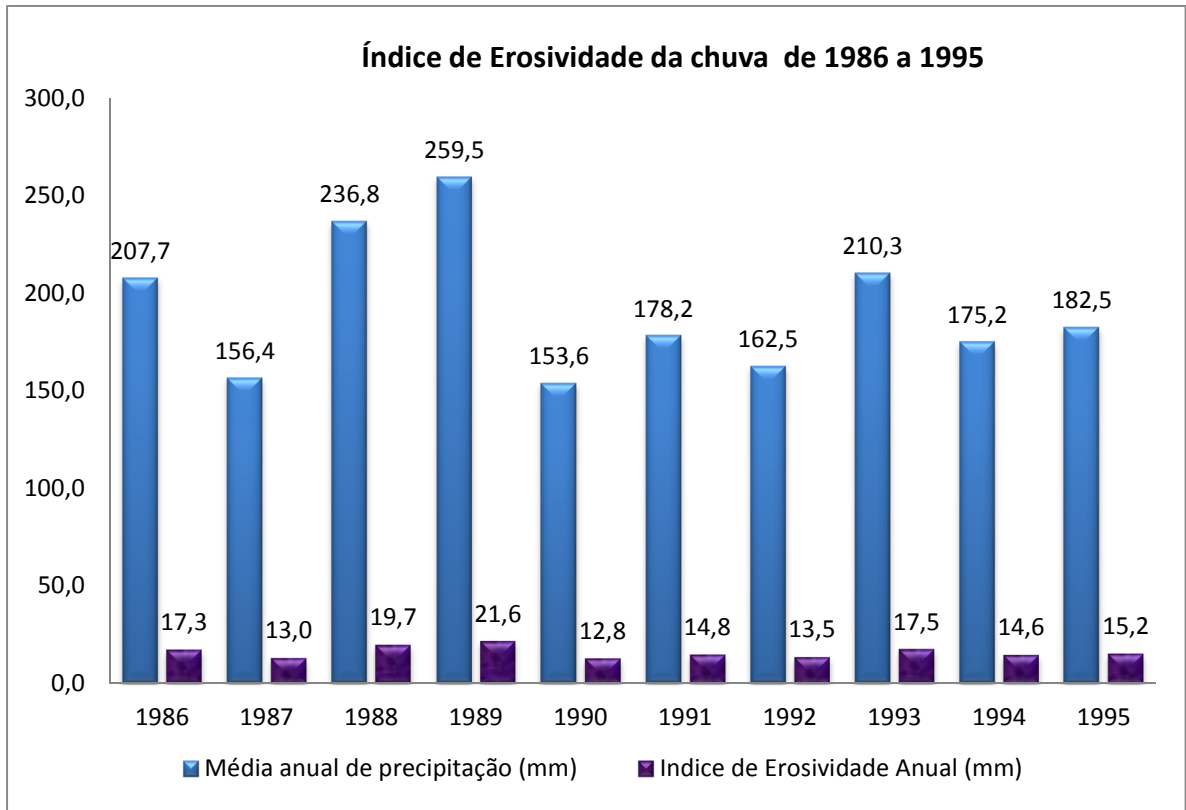


**Gráfico 32: Índice de erosividade anual e media anual de precipitação de 1986 a 2015**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Outra observação importante é possível observar que as estimativas de erosividade variam de acordo com as médias anuais de precipitação como é possível observar nos gráficos separados em uma análise de 10 em 10 anos.

#### **4.3.3 Índices de erosividade da chuva média anual e precipitação média anual de 1986 a 1995**

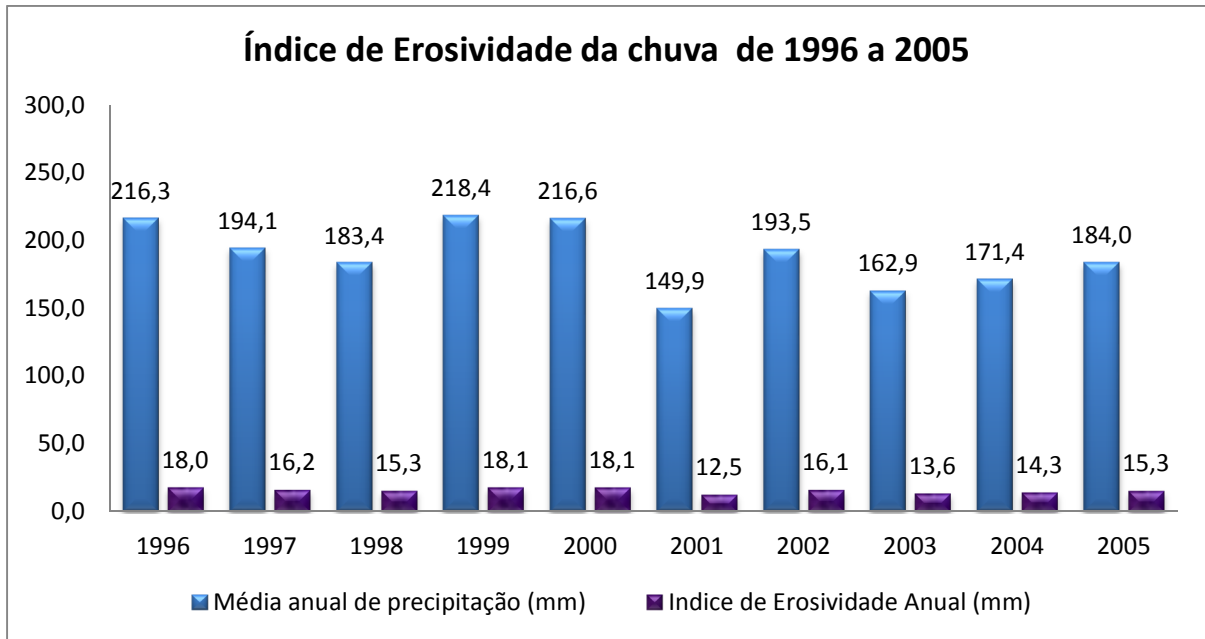
As estimativas de erosividade anual na primeira década estiveram abaixo de 22 EI30mm; (GRÁFICO 33) é possível observar que os anos que estiveram mais propícios a erosividade foram 1986 com 207,7 mm de precipitação anual e estimativa de erosividade a 17,3 EI30mm; 1988 com 236,8mm de precipitação anual e estimativa de erosividade a 19,7 EI30mm; 1989 com 259,5mm de precipitação anual e estimativa de erosividade 21,6 EI30mm e 1993 com 210,3mm de precipitação e estimativa de erosividade 17,5 EI30mm.



**Gráfico 33: Índice de erosividade da chuva - 1986 a 1995**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

#### 4.3.4 Índices de erosividade da chuva média anual e precipitação média anual de 1986 a 1995

Na segunda década as estimativas de erosividade estiveram abaixo de 19 EI30mm. No (GRÁFICO 34) observa-se que as medias anuais estiveram abaixo 220,0 mm com isso os índices de erosividade mais altos dessa década ocorreram em 1996 com 216,3mm de precipitação anual e estimativa de erosividade 18,0 EI30mm; 1999 com 218,4mm de precipitação anual e estimativa de erosividade 18,1EI30mm e o ano de 2000 com 216,6mm de precipitação anual e estimativa de erosividade 18,1 EI30mm.



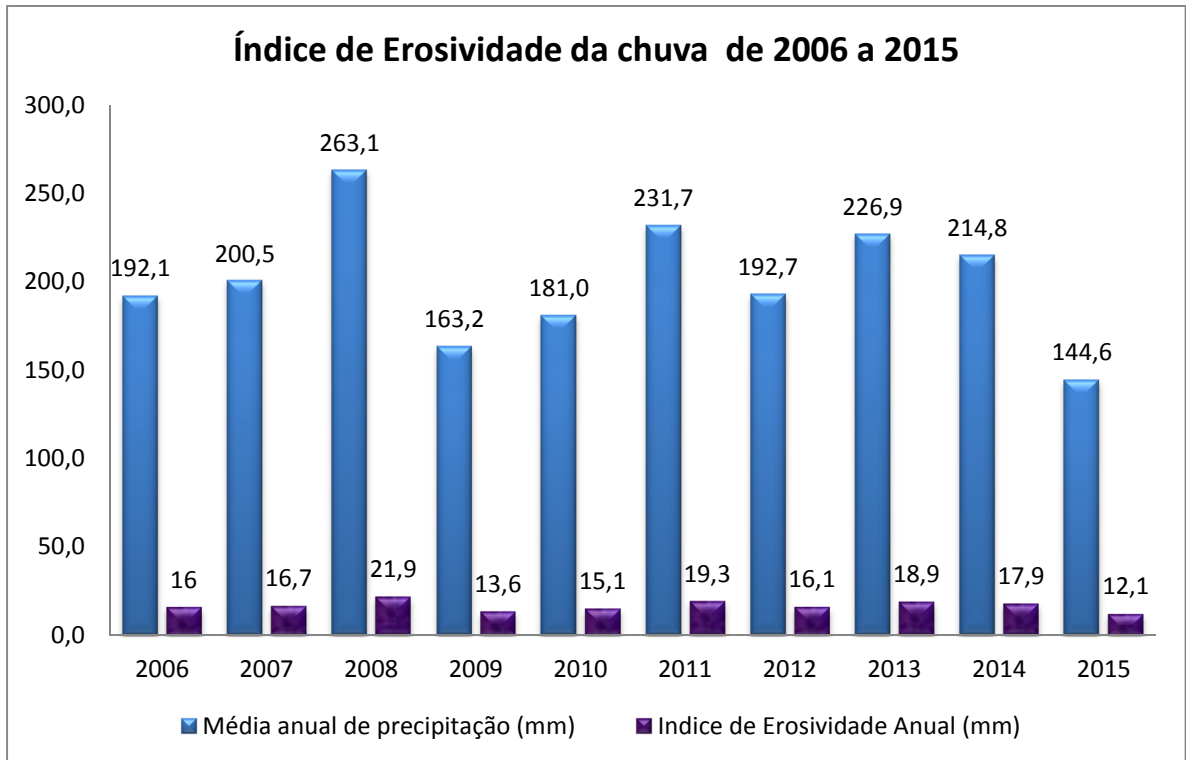
**Gráfico 34: Índice de erosividade da chuva- 1996 a 2005**

Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

#### 4.3.5 Índices de erosividade da chuva média anual e precipitação média anual de 1986 a 1995

Na terceira década a estimativa de erosividade anual esteve abaixo de 22,0 EI30mm. No (GRÁFICO 35) que os anos que tiveram estimativas mais elevadas de erosividade foram 2008 com 263,1mm de precipitação anual e estimativa a erosividade de 21,9 EI30mm; 2011 com 231,7mm de precipitação média anual e estimativa de erosividade 19,3 EI30mm; 2013 com 226,9mm de precipitação média anual e estimativa de erosividade de 18,9 EI30mm e 2014 com 214,8mm de precipitação média anual e estimativa de erosividade 17,9EI30mm.





**Gráfico 35: Índice de erosividade da chuva de 2006 a 2015**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

#### 4.4 Caracterizações dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva

Os impactos socioambientais serão apresentados numa escala temporal de 10 em 10 totalizando os 30 anos destacando as manchetes de jornais que tiveram evento significativo  $\geq 50$  mm diários, destacando o número de ocorrências por ano, número de bairros afetados e porcentagem de eventos extremos por mês nas três décadas. Em seguida, será apresentada uma análise geral dos trinta anos destacando o total de ocorrências de eventos extremos e número de bairros afetados.

##### 4.4.1 Impactos socioambientais do período de 1986 a 1995

Os eventos extremos  $\geq 50$  mm da primeira década totalizaram 30 ocorrências (INMET, 2016) com total de 58 bairros afetados (segundo registrado em matérias do jornal “A Crítica” desse período).

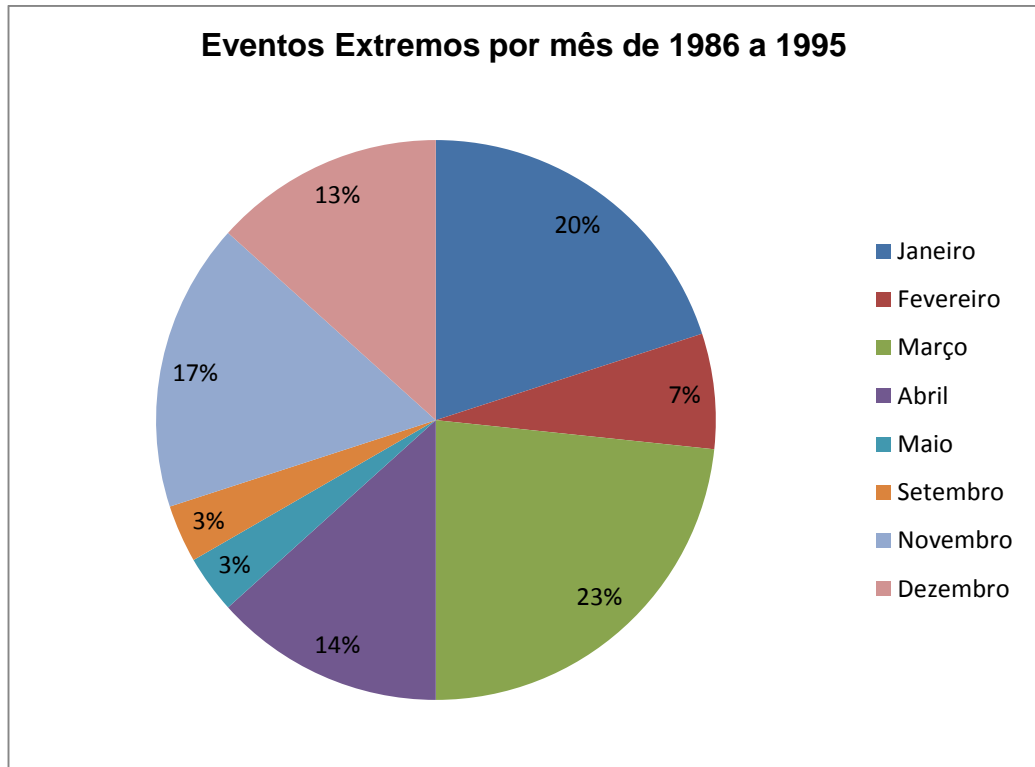
No (QUADRO 06) é possível observar o número de eventos extremos por ano e o número de bairros afetados, no geral houve poucos eventos extremos  $\geq 50$  mm

por ano, como em 1990 que não teve registro de chuvas diárias acima de 50 mm. É importante lembrar que os anos de 1987, 1992 e 1995 estiveram sob o efeito do evento El Niño e os anos 1988 e 1989 sob o efeito do fenômeno La Niña.

<b>Eventos Extremos <math>\geq 50</math> mm de 1986 a 1995</b>		
<b>Ano</b>	<b>Evento Extremo</b>	<b>Ocorrências para bairro</b>
1986	4	7
1987	2	6
1988	5	6
1989	4	9
1990	0	0
1991	2	2
1992	4	6
1993	3	4
1994	3	11
1995	3	7
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>58</b>

**Quadro 07: Eventos Extremos  $\geq 50$  mm de 1986 a 1995**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Em média a estatística para essa década é 1,9% de ocorrências para cada evento extremo. No (GRÁFICO 34) é possível observar os meses que mais ocorreram eventos extremos, destacando Janeiro com 20%, em seguida Março com 23%, Novembro com 17%, Abril com 14% e Dezembro com 13%, Fevereiro com 7% e Maio e Setembro com 3%.



**Gráfico 36: Eventos Extremos por mês de 1986 a 1995**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Em relação aos eventos extremos na primeira década o maior evento de precipitação de 1986 ocorreu no dia 02 de Novembro com registro de 131.8 mm de precipitação diário, causando inundações e desabamentos no bairro Centro. No ano de 1987 o maior evento registrado ocorreu no dia 2 de janeiro com 74.8mm de precipitação atingindo o bairro da Betânia com desobstrução de bueiros na Avenida Adalberto Vale.

O Em 1988 (FIGURA 03) o maior registro ocorreu no dia 28 de Fevereiro com 145.6mm de precipitação diária atingindo os bairros do Crespo, Morro da Liberdade, Raiz e Compensa com alagações e desabamento de casas.



**Figura 3: "Aguaceiro inundou Manaus"**  
 Fonte: Jornal "A Crítica", Ed. 28/02/1988

No ano de 1989 o maior registro ocorreu no dia 07 de novembro (FIGURA 04) com 107,2mm de precipitação diária atingindo os bairros do Centro, Compensa e Chapada com Inundações, desabamento de barranco soterrando duas casas, bueiros entupidos.



**Figura 4: "Chuva inferniza vida no igarapé do Messias"**  
 Fonte: Jornal "A crítica" Ed. 07/11/1989

Em relação ao ano de 1990 vale ressaltar que não houve registros de eventos de extremos  $\geq 50$  mm. No entanto, houve ocorrências de impactos causados pelas chuvas como ocorreu no dia 05 de março com 42.8mm de precipitação diária afetando os bairros de São Raimundo, Compensa e Educandos com inundações e deslizamento de 4 casas no igarapé do Educandos deixando aproximadamente 23 pessoas feridas.

No ano de 1991 o maior evento extremo ocorreu do dia 8 de Janeiro atingindo o bairro da Compensa com alagações e deslizamento com danos materiais. Em 1992 o maior evento extremo de precipitação diária ocorreu no dia 17 de Março com 106. Mm (FIGURA 05) atingindo os bairros do Centro, Cachoeirinha, Raiz e Betânia causando inundações e desabamento de casas com danos materiais e uma vítima fatal.



Figura 5: "Um mortos e vários dramas sob a chuva"  
Fonte: Jornal "A Crítica", 08/01/1991

No ano de 1993 o maior registro ocorreu no dia 21 de janeiro com 62.8mm causando alagações e prejuízos materiais na área comercial no bairro do Centro. No ano de 1994 o maior registro ocorreu no dia 30 de abril com 106.6mm (FIGURA 06) atingindo os bairros da Raiz, Petrópolis e Nossa Senhora das Graças, causando inundações, prejuízos materiais em uma escola, desabamento de casas e muro do cemitério São João Batista.



**Figura 6: “Chuva causa alagações e desabamento”**  
**Fonte: Jornal “A crítica” Ed. 21/01/1993**

No ano de 1995 o maior registro de evento extremo ocorreu no dia 28 de Janeiro com 60 mm (FIGURA 07) de precipitação diária atingindo os bairros do Centro, Praça 14 de Janeiro, Santo Antonio e Gilberto Mestrinho. Entre as ocorrências alagações e desabamento de muro com vítima fatal.



**Figura 7: "Chuva provoca alagações e desabamento"**  
**Fonte: Jornal "A crítica" Ed.28/01/1995**

#### 4.4.2 Impactos socioambientais do período de 1996 a 2005

Os eventos extremos  $\geq 50$  mm nessa segunda década totalizaram 34 ocorrências, com total de 83 bairros afetados conforme pode ser observado no (QUADRO 07).

Observa-se que os anos de 1996, 1997, 1999 e 2000 tiveram mais registros eventos  $\geq 50$  mm. Lembrando que os anos de 1997, 1998, 2002 e 2003 estiveram sobe o efeito do fenômeno El Niño e os anos de 1996, 1999,2000 e 2001 sobe o efeito do fenômeno La Niña.

**Quadro 08: Eventos Extremos  $\geq 50$  mm de 1996 a 2005**

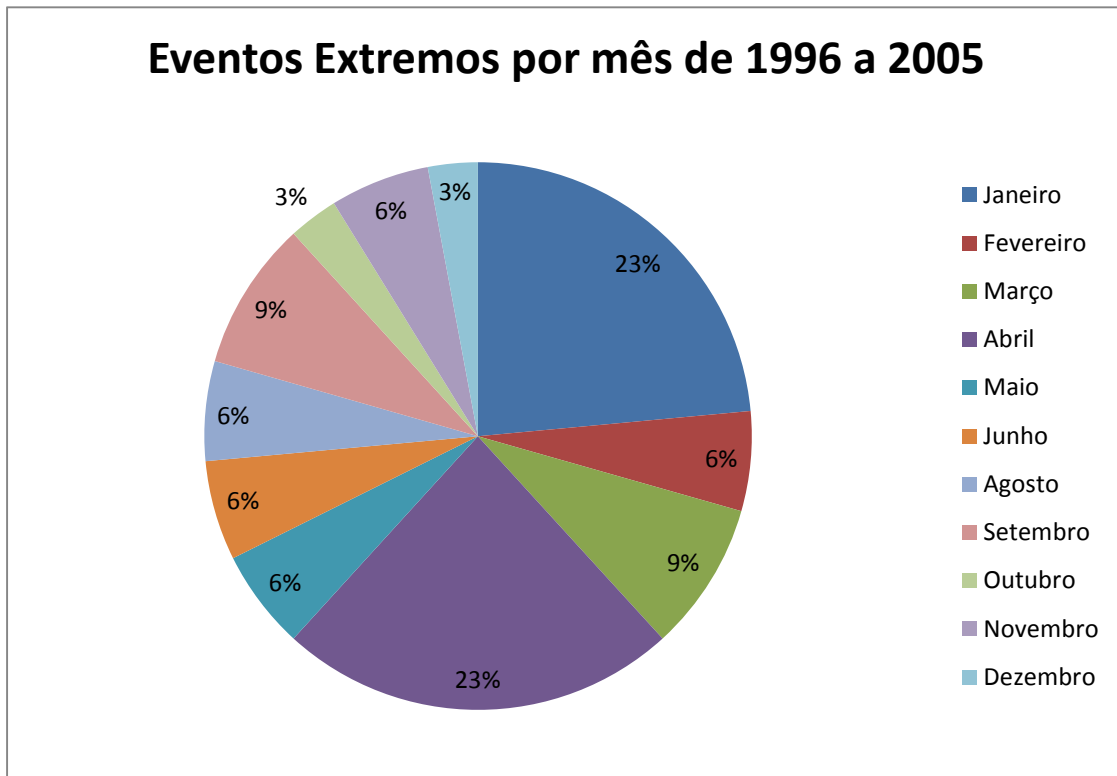
Eventos Extremos $\geq 50$ mm de 1996 a 2005		
Ano	Evento Extremo	Ocorrências para bairro
1996	5	12
1997	4	11
1998	3	4
1999	6	9
2000	5	14
2001	1	8
2002	2	3
2003	3	5
2004	2	7
2005	3	10
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>83</b>

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

A média estatística para essa década é 2,4% de ocorrências para cada evento extremo. No gráfico (37) é possível observar os meses dessa década que tiveram mais ocorrências de eventos extremos.

Janeiro e abril foram os meses com mais ocorrências totalizando 23%, em seguida março e setembro com 9% e fevereiro, maio, junho, agosto e novembro com 6%, por fim outubro e dezembro com menores registros totalizando 3%. Os meses de junho e julho não tiveram registros de eventos  $\geq 50$  mm nessa década.





**Gráfico 37: Eventos extremos por mês de 1996 a 2005**

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Em relação aos eventos extremos de precipitação diárias  $\geq 50$  mm nessa segunda década o maior evento de 1996 ocorreu no dia 15 de Janeiro com registro de 155 mm de precipitação. Entre os bairros mais afetados destaca Raiz, São Francisco, Petrópolis e Aleixo com registros de alagações e deslizamento de terra.

Em 1997, o maior evento ocorreu no dia 06 de Maio com registro de 107 mm (FIGURA 08) de precipitação afetando os bairros Centro, Raiz, Petrópolis, Japiim e Educandos com alagações, rompimento de pista e desabamento de casas e muro.





**Figura 8: "Temporal causa alagação e desabamento"**  
**Fonte: Jornal "A crítica" Ed. 06/05/1997**

Em 1998, o maior evento extremo ocorreu no dia 22 de Setembro com registro de 67.2mm de precipitação diária atingindo os bairros do Centro, Parque 10 de Novembro e Armando Mendes com alagações, falta de energia elétrica e destelhamento de casas. No ano 1999, o maior registro foi do dia 27 de abril com 133.2mm de precipitação diária afetando principalmente o bairro do Crespo com alagações com prejuízos materiais.

Em 2000, o maior registro ocorreu no dia 21 de abril com 154.4mm de precipitação afetando principalmente o bairro São Jorge com desabamento de 2 casas. No ano de 2001 o maior evento ocorreu no dia 01 de novembro com 120 mm (FIGURA 09) de precipitação diária afetando os bairros do Centro, Crespo, Cachoeirinha, Compensa Educandos, Flores, Armando Mendes, São José dos Operários. Os principais impactos estavam relacionados a desabamento de muro e casas, destruição de pontes de madeiras, deslizamento de terra e alagações.



Figura 9: “Temporal castiga Manaus”  
 Fonte: Jornal “A crítica” Ed. 21/04/2000

Em 2003, o maior evento extremo ocorreu no dia 22 de fevereiro com 138.8mm de precipitação diária atingindo os bairros do Centro, Praça 14 de Janeiro e Nossa Senhora das Graças com registro de falta de energia elétrica e alagações. No ano de 2004, o maior registro ocorreu no dia 18 de Março com 116.5mm de precipitação atingindo os bairros do Centro, Cachoeirinha, Alvorada, São Francisco e Dom Pedro com áreas alagadas e risco de deslizamento de casas próximo aos igarapés.

No ano de 2005, o primeiro maior registro ocorreu no dia 09 de Maio com 69 mm de precipitação atingindo os bairros da Compensa e Crespo com alagações e casas com risco de desabamentos. O segundo maior registro ocorreu no dia 29 de Abril com 64.8mm (figura 10) afetando os bairros de Santo Agostinho e Parque 10 de Novembro com deslizamento de terra causando vítimas fatais e acidente de trânsito.



**Figura 10: “Temporal causa duas mortes e destruição”**  
**Fonte: Jornal “A crítica”Ed. 09/05/2005**

#### **4.4.3 Impactos socioambientais do período de 2006 a 2015**

Os eventos extremos  $\geq 50$  mm nessa terceira década totalizaram 18 ocorrências, com total de 49 bairros afetados conforme pode ser observado no (QUADRO 08).

Durante a terceira década observa-se que o número de ocorrências de eventos extremos foi menor, destacando o ano de 2015 que teve registro de eventos  $\geq 50$ . Os demais anos como 2008 tiveram ocorrências abaixo de 4 eventos extremos de chuva. É importante destacar que nessa década os anos de 2006, 2007, 2009, 2010 e 2015 estiveram sob o efeito do fenômeno El Niño e os anos 2007, 2008, 2011 e 2012 sob o efeito do fenômeno La Niña.

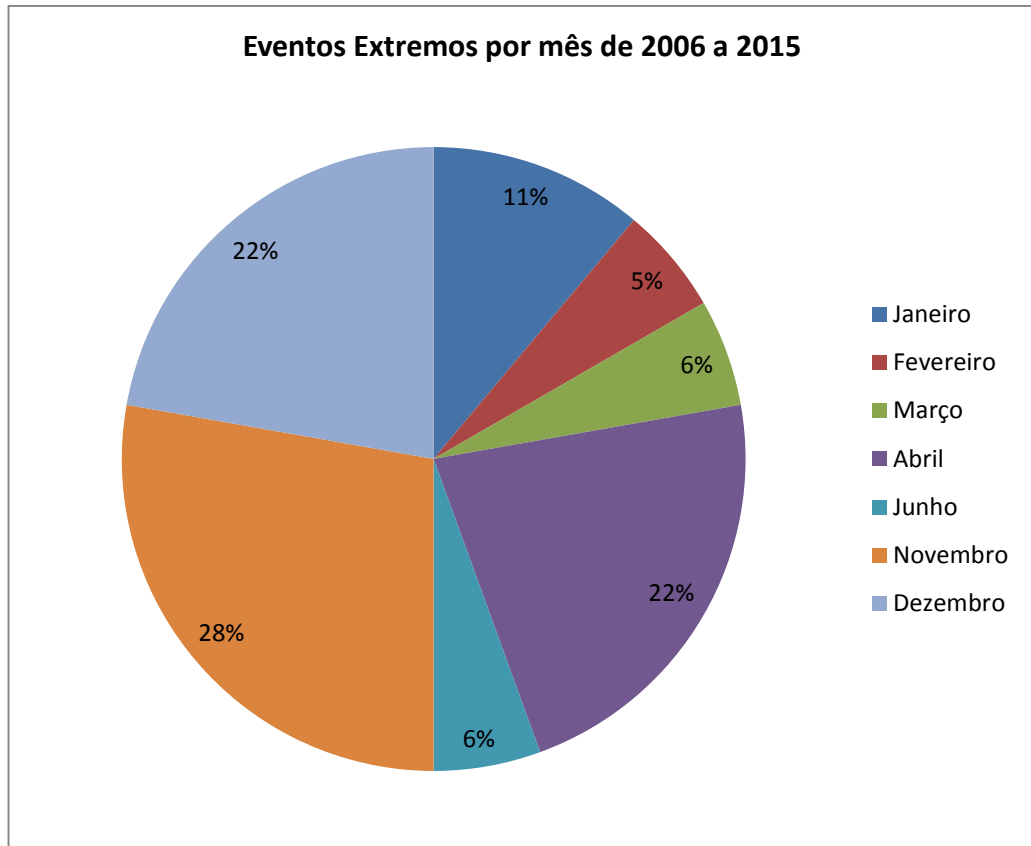
**Quadro 08: Eventos Extremos  $\geq 50$  mm de 2006 a 2015**

Eventos Extremos $\geq 50$ mm de 2006 a 2015		
Ano	Evento Extremo	Ocorrências para bairro
2006	2	7
2007	3	4
2008	4	8
2009	1	1
2010	1	3
2011	2	7
2012	1	3
2013	2	13
2014	2	3
2015	0	0
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>49</b>

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

A média estatística para a ocorrência de eventos extremos é 2,7% para essa década. No gráfico (38) é possível observar os meses que apresentam mais registros de eventos extremos.

Nessa década o número de meses sem ocorrências de eventos extremos é maior como maio, julho, Agosto, Setembro e Outubro. Já o mês de Novembro teve a ocorrência de 28%, Abril e Dezembro 22%, Janeiro com 11%, Fevereiro com 5% e Março e Junho com 6% de eventos extremos.



**Gráfico 38: Eventos extremos por mês de 2006 a 2015**  
**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Em relação aos eventos extremos o maior evento de 2006 ocorreu no dia 15 Dezembro com registro de 97,4mm de precipitação diária afetando os bairros Cidade Nova, Zumbi dos Palmares, Tancredo Neves, Lagoa Azul e Monte Sinai com registro de alagações.

Em 2007, o primeiro evento extremo ocorreu no dia 29 de Janeiro com 76,1mm (FIGURA 11) de precipitação afetando o bairro Gilberto Mestrinho com alagação e o registro de uma vítima fatal.



**Figura 11: "Chuva e tragédia"**  
**Fonte: Jornal "A crítica" Ed. 29/01/2007**

O segundo evento extremo de 2007 ocorreu no dia 13 de Abril com 58,2mm (FIGURA 12) afetando os bairros Alvorada e Nossa Senhora das Graças causando alagações e desabamento de 3 casas.



**Figura 12: "Novo dia de estragos"**  
**Fonte: Jornal "A crítica" Ed. 13/04/2007**



Em 2008, o primeiro maior registro ocorreu no dia 28 de Junho com 64,8mm de precipitação diária causando alagações nos bairros do Jorge Teixeira e Japiim. O segundo registro ocorreu no dia 05 de Janeiro com 63,3mm (FIGURA 13) de precipitação afetando os bairros Centro, Praça 14 de Janeiro e Armando Mendes, com registro desabamento de prédio e queda de árvores.



Figura 13: “Prédio cai em dia de temporal”  
Fonte: Jornal “A Crítica” Ed. 05/01/2008

O terceiro maior registro de 2008 ocorreu no dia 22 de março com 50,8mm de precipitação (FIGURA 14) afetando os bairros Distrito Industrial e Jorge Teixeira com registro de casas alagadas e deslizamento de terra atingindo casas.



Figura 14: "Chuva causa alagações em vários bairros"  
 Fonte: Jornal "A Crítica" ed. 22/03/2008

Em 2009, o maior registro ocorreu no dia 16 de Novembro com 72,0 mm de precipitação causando alagações no bairro do Japiim. No ano de 2010 ocorreu no dia 11 de Fevereiro com 124,8 mm atingindo os bairros Japiim, Mauzinho e Gilberto Mestrinho com alagações e deslizamento de terra.

No ano de 2011, o maior evento ocorreu no dia 30 de Abril com 116,2mm causando alagações nos bairros da Cachoeirinha, São Jorge, Santo Agostinho, Planalto, Redenção e Coroadó. Em 2012 o maior evento ocorreu no dia 03 de Janeiro com 64,4mm com áreas alagadas nos bairros de Flores, Planalto e Chapada.

No ano de 2013, o maior evento extremo ocorreu no dia 20 de Novembro com registro de 93,1mm (FIGURA 15) de precipitação atingindo os bairros do Centro, Coroadó, São Lázaro, Mauzinho, Cidade Nova, Santa Etelvina, Novo Israel, Colônia Antonio Aleixo, Armando Mendes, Tancredo Neves, Jorge Teixeira e Gilberto Mestrinho. Entre os principais impactos teve alagações, deslizamento de terra, desabamento de casas, muro e queda de árvores.





**Figura 15: “Chuva deixa 70 famílias sem casa”**  
**Fonte: Jornal “A Crítica” Ed. 20/11/2013**

Em 2014 o maior registro de evento extremo ocorreu no dia 11 de Novembro com registro de 89,6mm de precipitação atingindo os bairros de Petrópolis e Cidade Nova com registro de alagações e desabamento com danos materiais. O segundo maior registro ocorreu no dia 14 de Novembro com 50,5mm afetando o bairro de Adrianópolis com deslizamento de terra e desabamento de muro.

#### **4.5 Impactos socioambientais do período de 1986 a 2015**

Em geral os últimos 30 anos ocorreram poucos eventos ventos extremos por ano como pode ser observado no gráfico (39). No total teve 84 eventos extremos e 190 bairros afetados com impactos causados pela ação da chuva.

Como pode ser observada a concentração os picos mais elevados de ocorrências de eventos extremos e bairros afetados concentram se entre 1996 a 2005. Outra observação importante é o número de bairros afetados por eventos; em

2000 o registro de 5 eventos extremos causaram impactos em 14 bairros; em 2013 apenas dois eventos extremos causaram danos a 13 bairros.

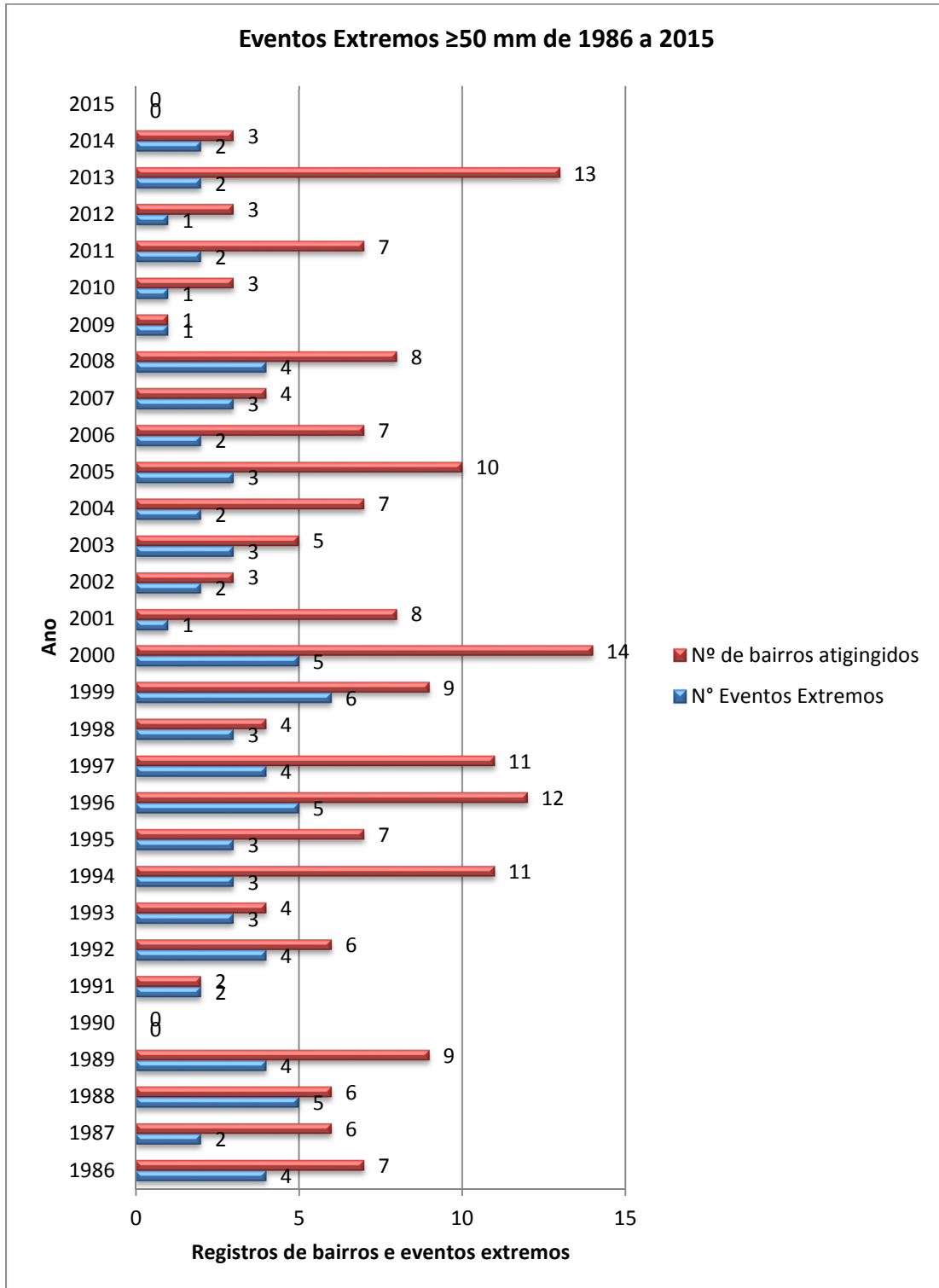


Gráfico 39: Eventos Extremos  $\geq 50$  mm de 1986 a 2015

Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Conforme apresentado, analisado separadamente por década, é possível observar que o número de eventos teve um aumento passando de 1,9%, 2,4% a 2,7% nas últimas décadas.

Os anos de 1990 e 2015 não tiveram eventos extremos  $\geq 50$  mm de precipitação. No entanto, teve registros eventos abaixo de 50 mm (FIGURA 16) que causaram impactos na cidade, conforme o evento ocorrido no dia 05 de Março de 1990 com maior registro 42,8mm de precipitação atingindo os bairros São Raimundo, Compensa e Educandos com inundações e desabamento de 4 casas próximo ao Igarapé.



**Figura 16: “Chuva provoca desabamentos e deixa 23 feridos”**  
Fonte: Jornal “A Crítica”. Ed. 05/03/1990

Em 2015, o maior registro de precipitação ocorreu no dia 22 de Dezembro com 43,3mm (FIGURA 17) atingindo os bairros Centro, Parque 10 de Novembro, Cidade Nova Jorge Teixeira com áreas alagadas, deslizamento de terra e queda de árvores.



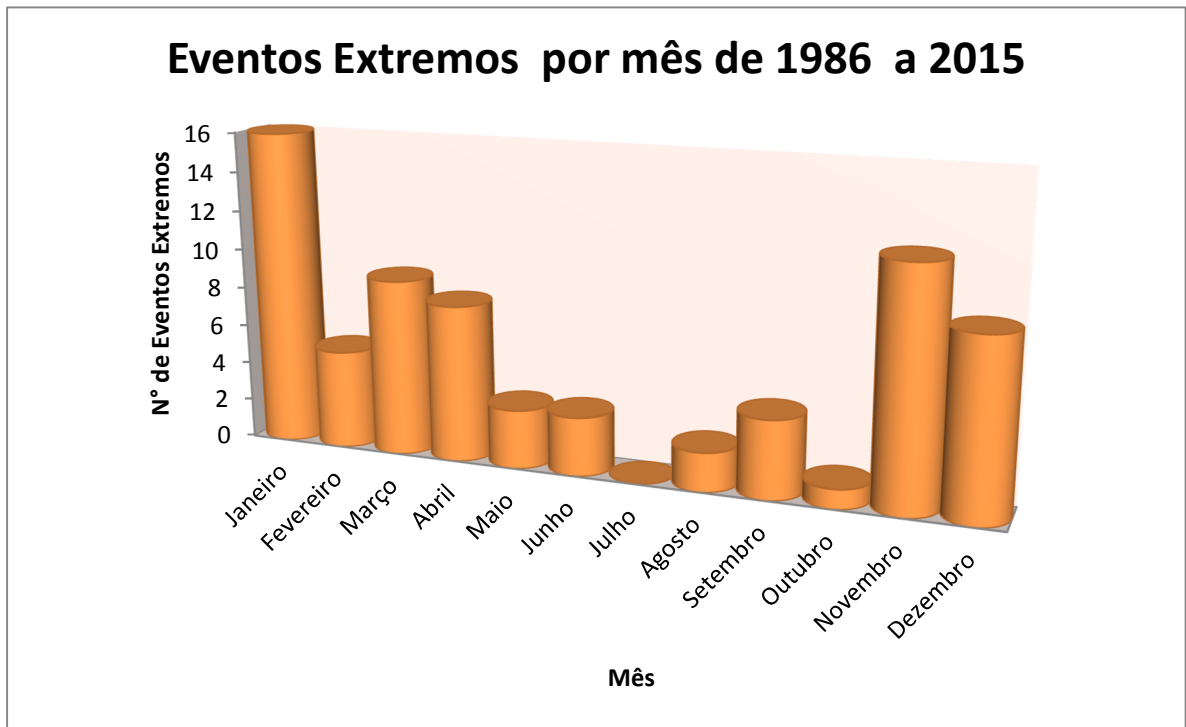
**Figura 17: "Feriadão com chuvas"**  
**Fonte: Jornal "A crítica" Ed. 22/12/2015**

Dia 20 de Maio de 2015 também registrou 31,7 mm de precipitação (FIGURA 18) causando transtornos nos bairros Nossa Senhora Aparecida, Cidade de Deus, Tarumã e Jorge Teixeira com áreas alagadas e desabamento de casas.



**Figura 18: "Alagações e sofrimentos"**  
**Fonte: Jornal "A Crítica" Ed. 20/05/2015**

Em relação aos eventos extremos por mês é possível observar no (GRÁFICO 40) que os meses de Janeiro, Março, Abril, Novembro e Dezembro obtiveram mais registros de eventos extremos. Observa-se uma concentração baixa de eventos extremos Maio a Outubro com exceção de Julho que durante os 30 anos tiveram registros e eventos  $\geq 50$  mm de precipitações diárias.

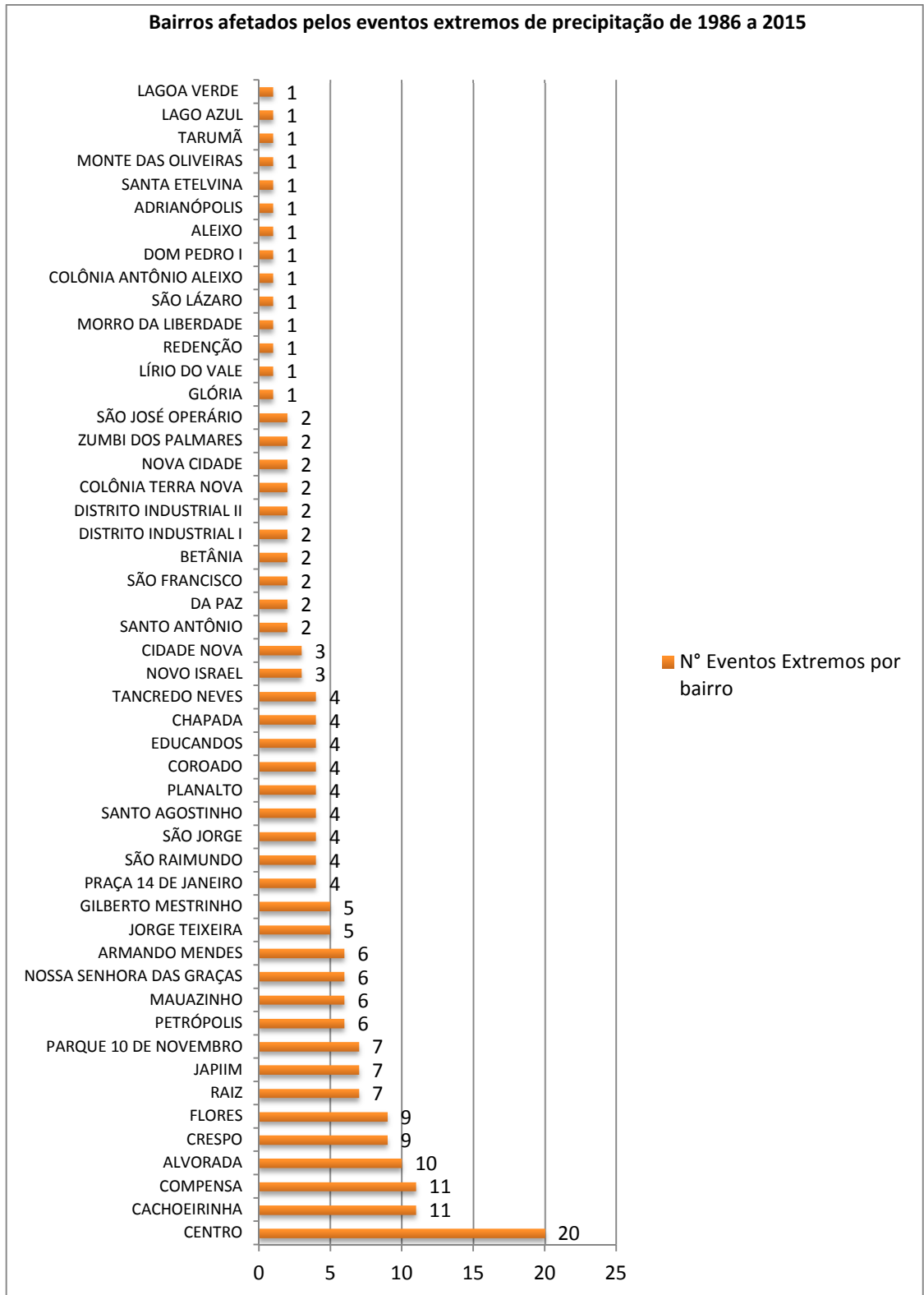


**Gráfico 40: Eventos extremos por mês de 1986 a 2015**

**Organização:** Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

Em relação aos 63 bairros de Manaus 50 tiveram registros de impactos socioambientais causados pelos eventos extremos como pode ser observado no (GRÁFICO 41). O bairro do Centro durante esses trinta anos foi o mais citado nos jornais com ocorrências de algum impacto socioambiental causado pelos eventos extremos.

Em seguida, Cachoeirinha e Compensa citados 11 vezes; bairro de Flores e Crespo 9 vezes; os bairros da Raiz, Japiim e Parque 10 de Novembro 7 vezes. Os demais bairros foram citados entre 6 a 1 vez por bairro como é o caso do bairro de Gloria e Aleixo que teve um registro em todos os impactos causados por eventos extremos.



**Gráfico 41: Bairros afetados pelos eventos extremos de precipitação de 1986 a 2015**  
 Organização: Miriliane J.D.S. Fernandes, 2016

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos estudos realizados sobre os impactos ambientais associados a eventos extremos de precipitação na cidade de Manaus, foi possível entender através dos objetivos estabelecidos pela pesquisa como o sistema de precipitação interferiu na área urbana causando impactos socioambientais em especial nos últimos 30 anos.

Através da caracterização das variações pluviométricas e normal climatológica da cidade de Manaus foi possível compreender como as variações pluviométricas anuais e mensais se comportaram em relação a normal climatológicas estabelecidas para os 30 anos.

Assim, foi possível observar que a variação pluviométrica anual de 1986 a 1995 de precipitação média acumulada foi de 2307,1mm; já a segunda década de 1996 a 2005 foi de 2268,5mm e na terceira década foi de 2412,6mm. A média dos 30 anos foi de 2329,4mm, com destaque para o ano mais chuvoso em 2008 com total de 3157,1 e o ano de 2015 considerado menos chuvoso desse período com total 1735,7.

Em relação à variação pluviométrica mensal foi possível observar que nos últimos anos a distribuição entre os meses com mais precipitação começa em Novembro e vai até o mês de maio, já os meses com menor precipitação começa em Junho e vai até Outubro.

Essa variação mensal permanece nas três décadas, com apenas alguns episódios anômalos que fogem da normal climatológica e das médias das máximas estabelecidas, como foi possível observar no segundo objetivo dessa pesquisa, que teve o intuito de caracterizar os padrões anômalos no período de 1986 a 2015.

Na primeira década foram registrados 7 anos com alguns eventos anômalos com precipitação mensal acima das médias das máximas e normal climatológica totalizando 16 eventos. Em geral, os anos destacados apresentaram um ou dois episódios anômalos com exceção de 1989 que registrou nos meses de Janeiro, Maio, Junho, Julho, Setembro, Outubro e Novembro eventos anômalos.

Na segunda década, também foram registrados 7 anos com eventos anômalos de precipitação mensal acima das médias das máximas e normal climatológica totalizando 17 eventos mensais. O ano de 1996 apresentou 4 registros de eventos anômalos nos ocorridos nos meses de Janeiro, Abril, Junho e Outubro.

Na terceira década foram registrados 8 anos com total de 23 eventos anômalos mensais, com destaque para os anos de 2008, com eventos anômalos nos meses de Janeiro, Março, Junho, Novembro e Dezembro. O ano de 2013, com destaque para os meses Fevereiro, Abril, Julho, Setembro, Outubro e Novembro. Através dessas observações é possível identificar que nas últimas décadas vem aumentando os eventos anômalos.

Em relação às estimativas dos índices de erosividade da chuva proposto pelo terceiro objetivo foi possível identificar que os índices de erosividade mensais e anuais são altos e significantes para provocar erosão.

Na primeira década, os anos que apresentaram valores mais elevados de índices de erosividade ocorreram 1989 com 259,5mm de precipitação e 21,6mm de índices de erosividade. Na segunda década, os anos de 1999 com 218,4mm e 2000 com 216,6mm e os índices de erosividade 18,1 mm. Em relação aos meses com maior capacidade da chuva em provocar erosão são os meses de Novembro a Maio com valores em média de 10,8 a 6,2mm. Assim, foi possível concluir que para área urbana a capacidade da chuva em provocar erosão não é um fator principal para causar impactos.

De acordo com a caracterização dos impactos socioambientais associados aos eventos extremos de chuva proposto pela pesquisa foi possível constatar que basta apenas um evento extremo por ano para afetar vários bairros da cidade. Dos 63 bairros existentes em Manaus, 50 tiveram registros de ocorrências de impactos socioambientais nesse período de 30 anos. Assim, notou-se o quanto a cidade é vulnerável a eventos de chuvas extremas, não necessariamente, apresentando precipitação superior a 50 mm, sobretudo, da combinação de variável como intensidade da chuva e condições urbano-ambientais no local da precipitação.

Através dessa pesquisa foi possível responder, também, as perguntas propostas no início desse trabalho como:

Os eventos extremos dos últimos 30 anos estavam relacionados aos fenômenos El Niño e La Niña?

No decorrer da análise da primeira década de 1986 a 1995 observou-se que 5 anos não estiveram sob influência dos fenômenos El Niño e La Niña, mas, registrou 12 eventos extremos superiores a 50 mm de precipitação. Em relação ao fenômeno El Niño, 3 anos estiveram sob o efeito com registro de 9 eventos extremos e em relação a La Niña 2 anos com registro de 9 eventos extremos.



Na segunda década de 1996 a 2005 observou-se que 6 anos não tiveram sob influência dos fenômenos El Niño e La Niña e teve 17 registros de eventos extremos superiores a 50mm de precipitação. Na mesma década 2 anos estiveram sob influência do fenômeno El Niño, com a ocorrência de 6 eventos extremos superiores a 50 mm. Em relação ao fenômeno La Niña 2 anos tiveram 11 eventos superiores a 50 mm de precipitação.

Na terceira década de 2006 a 2015 apenas 3 anos não estiveram sob o efeito dos fenômenos El Niño e La Niña com apenas 6 eventos extremos. Em relação aos fenômenos El Niño apenas 2 anos estiveram sob o efeito com apenas um registro de evento extremo ocorrido em 2009. E 5 anos estiveram sob efeito do La Niña com registro de 7 eventos extremos.

No geral foi possível identificar nesses 30 anos, 82 eventos extremos estiveram distribuídos em 14 anos que não estiveram sob efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña, com 35 ocorrências de eventos extremos  $\geq 50$  mm de precipitação. Em relação ao fenômeno El Niño 7 anos estiveram sob efeito com registro de 16 eventos extremos e sob efeito do fenômeno La Niña 9 anos com 31 ocorrências de eventos extremos.

Desses 82 eventos extremos  $\geq 50$  mm de precipitação, 47 estiveram sob efeito dos fenômenos El Niño e La Niña, sendo que a maioria ocorreu em períodos de La Niña causando impactos socioambientais verificados em 50 bairros da cidade de Manaus.

A segunda pergunta levantada era identificar se existe algum padrão de chuvas extremas para causar impacto socioambiental na cidade de Manaus?

Conseqüentemente, observando os dados de todo o período, verificou-se que os anos de 1990 e 2015 não tiveram registros de eventos extremos  $\geq 50$  mm de precipitação, todavia, apresentaram registros de impactos socioambientais causados pela chuva. Esses dois anos servem de exemplos para responder a essa pergunta, pois, necessariamente, não foi possível definir um padrão de chuvas extremas para causar impacto na área urbana. Talvez o fator predominante para a ocorrência dos impactos socioambientais não seja apenas o volume precipitado e, sim, a intensidade relacionada, principalmente, à deficiência na drenagem urbana do local da ocorrência, somados a outras variáveis como forma de ocupação, características do ambiente, etc.

A terceira questão levantada foi identificar se nos últimos 30 anos ocorreu o aumento ou diminuição dos índices de chuvas extremas na cidade de Manaus.

Foi possível observar que o total de ocorrências de eventos extremos do período que vai de 1986 a 1995 foram registradas 30 ocorrências de eventos extremos de chuvas  $\geq 50$  mm. No período de 1996 a 2005 foram registradas 34 ocorrências e no período de 2006 a 2015 apenas 18 ocorrências de eventos extremos uma diminuição de 40% de ocorrência.

Assim, para responder à pergunta levantada, foi possível observar que da década de (1986 a 1995) para última década (2006 a 2015) houve uma diminuição do número de chuvas extremas, assim como os respectivos números de impactos causados na área urbana por essas chuvas.

A quarta questão levantada era saber quais os principais impactos socioambientais eram causados pelas chuvas extremas na cidade de Manaus.

Nas matérias de jornais foi possível destacar as principais ocorrências de impactos socioambientais associados às chuvas extremas  $\geq 50$  mm como: alagações, transbordamento de igarapés, deslizamento de terra, desabamento de casas, falta de energia elétrica, queda de árvores e em alguns casos vítimas afogamento.

## 6 REFERENCIAL TEÓRICO

ALMEIDA, C. O. S. **Erosividade das chuvas no estado de Mato Grosso. Brasília.** Dissertação de (Mestrado). Brasília: UnB/FAV, 2009.

AGUIAR, F. E. O. **As alterações climáticas em Manaus no século XX.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ: Instituto de Geociências: Departamento de Geografia. Rio de Janeiro. 182 p. 1995.

BENEDETTO, H.M.M. **Eventos Extremos de chuva e vento em Manaus (AM), de 2002 a 2012.** Relatório de Iniciação Científica. Universidade Federal do Amazonas, 2014.

BIGARRELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** 2-edição – Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2007.

BRANDÃO, A.M. de P.M. Clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In. In. GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil.** Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2001.

CASTRO, A. L. C. **Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres.** Brasília: MPO/ Departamento de Defesa Civil, 1998.

CASTRO, A. L. C. **Manual de planejamento em defesa civil.** Brasília: Ministério da Integração Nacional/ departamento de Defesa Civil- v.1.1, 1999.

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em

<<http://www.cptec.inpe.br>> Acesso em 10 de junho de 2017.

**Cidade de Manaus, história.** Disponível em

<<http://www.manaus.am.gov.br/manaus/historia>> Acesso em 20 de junho de 2016.

COELHO, M.C.N. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In. GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. (Orgs.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2001.

COHEN, J.C.P. **Um estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos - SP. 154p. 1989.

CUNHA, A.C.D. VILHENA, J.E.D.S. SANTOS, E.S.D.S. SARAIVA, J.M.B. KUHN, P.A.F. BRITO, D.C. SOUZA, E. B.D. ROCHA, E.P.D. CUNHA, H. F.A.C. BRITO, A.U. JUNIOR, A.C.P.B. PACA, V.H.D.M. SANTOS, P.V.C.J. **Eventos extremos de chuva- vazão na bacia hidrográfica do rio Araguari, Amapá, Brasil**. Revista brasileira de Meteorologia, v29,nº95,2014.

CPRM. **Recursos Minerais**. Programa de Interação Mineral em Municípios da Amazônia Primaz de Presidente Figueiredo. CPRM/ Serviço Geológico do Brasil, 1998.

**Estações Convencionais**, Disponível em <<http://www.inmet.gov.br>> Acesso em 19 de janeiro de 2016.

FROTA, F. A. B. D. **Análise da vulnerabilidade erosiva da Bacia Hidrográfica Colônia Antônio Aleixo, Manaus- Am**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFAM, Manaus-AM, 2016.

GERRA, A. J.T.; CUNHA, S.B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 10ª edição- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, 474p.

GONÇALVES, N.M.S. **Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In. MENDONÇA, F.; FIGUEIREDO, C.A. de. (Orgs.). **Clima urbano**. Ed. Contexto. São Paulo, 2015.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Rede de estações meteorológicas Automáticas-** Nota Técnica/ nº 001-2011.

IBGE. **Manual Técnico da vegetação brasileira.** IBGE/ Instituto brasileiro de geografia e estatística, 2012.

LOUREIRO, R. S. D. SARAIVA, J. M. SARAIVA, I. SENNA, R. C. FREDÓ. A. S. **Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, n. esp., 83-94, 2014.

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO, I.P.V. de O.; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF, F. de M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos.** Ed. Organic Trading 1ª ed., 2006.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M.; VALVERDE, M.C.; ROCHA, R.P. da.; LABORBE, R. **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<sup>o</sup> 5 - Ministério do Meio Ambiente - MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas-SBF/Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio, 2007.

MARENGO, J. A. **Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima- Impactos sociais e econômicos.** Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudança Climático- GPMC/ INPE. Ed.08. Maio, 2009.

MACHADO, C. B. BRAND, V. S. CAPUCIM, M. N. MARTINS, L. D. MARTINS, J. A. **Eventos extremos de precipitação no estado do Paraná.** Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM/ ISSN: 2179-460X. Ed. Esp. Dezembro, 2013.

MASCARENHAS, J. T. A. **Fenômenos meteorológicos extremos em Manaus – AM: sazonalidade e impactos no ambiente urbano.** Dissertação. Programa de Pós- Graduação em Geografia, UFAM, Manaus-AM, 2009.

MASCARENHAS JUNIOR, T. A.; SARAIVA, J. M. B.; AGUIAR, F. E. O.. **Comparação entre a Normal Climatológica 1961-1990 e o período 1991-2007**

**para a Precipitação na Cidade de Manaus - AM.** Revista brasileira de climatologia, v. 5, p. 165-176, 2009.

MENDONÇA, M. M.; AMORIM, M. C. D.C. T. **Estudos dos impactos da precipitação no ambiente urbano de Presidente Prudente. Anais XVI Encontro Nacional dos Geógrafos.** ISBN:978-85-99907-02-3- Porto Alegre- RS, 2010.

MONTEIRO, C. A. D. F. MENDONÇA, F. **Clima Urbano.** 2ª Edição, São Paulo, ISBN 978-85-7244-239-8, 2015.

MOLION, L. C. B. **Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação.** Revista Brasileira de Meteorologia, 2(1): 107 - 117, 1987.

NASCIMENTO, T.S. do. **Caracterização das condições atmosféricas no Período 1991-2007 em cidades que compõem a Calha do Rio Solimões-Amazonas.** Dissertação em Geografia – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Manaus-AM, 2009.

OMM. **Normas climatológicas do Brasil, período 1961-1990.** OMM/Organização Meteorológica Mundial, 2012.

PINHEIRO, G.M. **As chuvas extremas e suas repercussões no espaço urbano de Bauru/SP: 1978 a 2008.** Programa de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, 2012.

PINHEIRO, E. da S.; MARQUES, J. P. C. e KUX, H. J. H. **Modelo linear de mistura espectral e métricas da paisagem aplicado ao estudo do desflorestamento em Manaus, Amazonas.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

QUEIROS, D. A. SILVA, N. J.C. **A Erosividade das chuvas no município de Tefé-AM.** XI Simpósio nacional de geomorfologia, Maringá- PR, 2016.

RADAMBRASIL. **Projeto RADAMBRASIL- Folha SA 20- Manaus.** Rio de Janeiro: DNPM/MME, 1978.

**Riscos de Desastres Naturais em Manaus.** CODECIAM- Coordenaria de Defesa Civil do Amazonas, 2013.

ROSENDO, E. E. Q.; SOUZA, B. I. D.; PIRES, A. L.; PEDROSA; L. P.D; FILGUEIRA, H. J. A. **Chuvas extremas e desordenamento do território na construção do risco: um estudo de caso na construção no município de Cabaceiras – Paraíba (Brasil)**. Revista Colombiana de Geografia/ Vol.24, nº 2, julho, ISSN 0121-215, - Bogotá, Colômbia, 2015.

SANTOS, C. A. C. D. SATYAMURTY, P. SANTOS, E. M. **Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM**. Revista Acta Amazonica/ v. 42(3), 2012.

SILVA, A. M. D. **Rainfall erosivity map for Brazil**. Laboratório de Ecologia Isotópica- Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo (USP), 2003.

SILVA, C.L. **Análise da neotectônica cenozoica da região de Manaus e adjacências**. Tese de Doutorado em Geociências – Programa de Pós-Graduação em Geociências – Área de Concentração em Geologia Regional. Rio Claro - SP, 2005.

SOUZA, W. M. **Impactos socioeconômicos e ambientais dos desastres associados às chuvas na Cidade do Recife-PE**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande – PB, 2011.

VIEIRA, A. F. S. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. Tese de Doutorado. Florianópolis: DPGG, UFSC, 2008.

VIEIRA, A. F. S. G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM)**. Dissertação (Mestrado). Florianópolis: DPGG/UFSC, 1998.

VITTE, A.C; MELLO, J. P. D. **Considerações sobre a erodibilidade dos solos e a erosividade das chuvas e suas consequências na morfogênese das vertentes:**

**Um balanço bibliográfico.** Climatologia e Estudo da Paisagem Rio Claro- vol.2 – Julho, 2007.

## **7 ANEXOS**

Seguem, em anexos, as planilhas com dados de precipitação mensal disponibilizadas pelo INMET do período de 1986 a 2015, com médias máximas e mínimas, totais mensais e anuais de precipitação e séries históricas utilizadas para o desenvolvimento dessa pesquisa.



ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL (Anual)	Séries históricas - Anuais	Média	Índice de Erosividade Anuais
1986	267,1	294,9	304,4	279,5	203,6	102,8	183,9	1,6	71,1	214,6	321,8	246,9	2492,2	2329,4	207,7	17,3
1987	291,5	289,1	277,6	291,2	167,8	28,2	20,7	76,8	64,6	46,3	128,3	195,2	1877,3	2329,4	156,4	13,0
1988	269,7	546	265,6	254,7	297,7	229,1	82,3	35,6	110,6	111,5	226,9	412,1	2841,8	2329,4	236,8	19,7
1989	292	417	252,2	370,8	555,1	184,5	157,5	15,8	136,4	185,6	326,4	220,1	3113,4	2329,4	259,5	21,6
1990	234,3	190	299,2	236,4	244,6	89,3	114,1	72,3	22,8	56	116,9	167,3	1843,2	2329,4	153,6	12,8
1991	278,5	223,8	309,2	342,9	322,2	137,9	173,9	55,4	39	79,4	37,9	137,9	2138	2329,4	178,2	14,8
1992	236,5	262,7	347,8	218,6	118,8	61	90,3	100,3	90	87,4	71,2	265,6	1950,2	2329,4	162,5	13,5
1993	436,5	617,4	229,3	370,3	96,8	61,5	34,6	47,7	21,9	99,8	256,3	251,3	2523,4	2329,4	210,3	17,5
1994	371,1	399,5	259,5	258,7	174,2	125,2	33	96,7	62,6	91,8	207,3	22,5	2102,1	2329,4	175,2	14,6
1995	286	132	301,4	408,5	217,5	107	76,9	34,2	72,4	81	312	160,5	2189,4	2329,4	182,5	15,2
1996	571,3	257,6	338,1	428,5	127,5	185,1	16,9	65	114	186	163	142,2	2595,2	2329,4	216,3	18,0
1997	220,6	344,5	534,9	310,8	252,2	9,5	0	111,5	40,5	60,9	182,3	261,5	2329,2	2329,4	194,1	16,2
1998	302,6	171,7	210,8	407,2	273,4	167,2	92	41,8	115,6	73,5	153,6	191	2200,4	2329,4	183,4	15,3
1999	411,6	260,8	233,2	421,2	445,4	149,3	25,3	40,6	98,8	132,3	203,5	198,3	2620,3	2329,4	218,4	18,2
2000	350,2	344,4	340,7	535,4	172,6	48,2	40,8	140	218,1	47,2	169,7	192,3	2599,6	2329,4	216,6	18,1
2001	348,4	219,5	216,8	188,2	231,6	164,1	30,6	14,9	88,2	28,1	55	213	1798,4	2329,4	149,9	12,5
2002	380,8	239,9	195,3	376,7	262,9	159,1	3,4	35,4	60,1	216,1	81,2	311,2	2322,1	2329,4	193,5	16,1
2003	105,8	340,9	209,2	390,1	219,6	110,7	93	118,3	60,9	96,9	119,6	89,9	1954,9	2329,4	162,9	13,6
2004	179,6	150,6	424,2	227,2	422,9	120,2	59,6	141,3	112	66	13,3	140	2056,9	2329,4	171,4	14,3
2005	165,7	331,5	334	404,8	225,5	53,5	52,4	16,2	45,9	75,2	211,6	291,8	2208,1	2329,4	184,0	15,3
2006	173,3	346,4	265,3	252,1	382,1	87	71,6	16,7	32,8	66	294	317,4	2304,7	2329,4	192,1	16,0
2007	414,4	137,7	336	343,1	165,3	100,2	121,9	133,3	71,7	28,5	226,2	327,9	2406,2	2329,4	200,5	16,7
2008	397,4	298,8	553	345,4	264,1	202,7	80,2	58,4	56	162,2	280,8	458,1	3157,1	2329,4	263,1	21,9
2009	310,8	457,9	232,5	222,1	114	165,8	25,1	5,4	4,2	26	132,3	262,4	1958,5	2329,4	163,2	13,6
2010	295,8	352,5	206,4	303,4	165,1	119,1	100,6	54,8	26,6	116,9	140,6	290,1	2171,9	2329,4	181,0	15,1
2011	226,8	493,3	323,3	515,9	222,4	121,3	20,2	64,3	41,5	283,7	272,8	194,5	2780	2329,4	231,7	19,3
2012	365,2	288,7	277,4	195,6	167,8	85,4	83	26,6	90,3	181,3	284,5	266,2	2312	2329,4	192,7	16,1
2013	314,6	342,1	427,4	420,6	238,4	32,1	167,1	53	121	193	312,2	101,3	2722,8	2329,4	226,9	18,9
2014	253,3	245,4	527,7	255	425	211,7	66,1	32,2	0,6	190,9	196	173,8	2577,7	2329,4	214,8	17,9
2015	303,7	214	373,7	165,5	280,8	75,8	47,3	10,7	15,8	31,3	90,7	126,4	1735,7	2329,4	144,6	12,1

ANO	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1986	267,1	294,9	304,4	279,5	203,6	102,8	183,9	1,6	71,1	214,6	321,8	246,9
1987	291,5	289,1	277,6	291,2	167,8	28,2	20,7	76,8	64,6	46,3	128,3	195,2
1988	269,7	546	265,6	254,7	297,7	229,1	82,3	35,6	110,6	111,5	226,9	412,1
1989	292	417	252,2	370,8	555,1	184,5	157,5	15,8	136,4	185,6	326,4	220,1
1990	234,3	190	299,2	236,4	244,6	89,3	114,1	72,3	22,8	56	116,9	167,3
1991	278,5	223,8	309,2	342,9	322,2	137,9	173,9	55,4	39	79,4	37,9	137,9
1992	236,5	262,7	347,8	218,6	118,8	61	90,3	100,3	90	87,4	71,2	265,6
1993	436,5	617,4	229,3	370,3	96,8	61,5	34,6	47,7	21,9	99,8	256,3	251,3
1994	371,1	399,5	259,5	258,7	174,2	125,2	33	96,7	62,6	91,8	207,3	22,5
1995	286	132	301,4	408,5	217,5	107	76,9	34,2	72,4	81	312	160,5
1996	571,3	257,6	338,1	428,5	127,5	185,1	16,9	65	114	186	163	142,2
1997	220,6	344,5	534,9	310,8	252,2	9,5	0	111,5	40,5	60,9	182,3	261,5
1998	302,6	171,7	210,8	407,2	273,4	167,2	92	41,8	115,6	73,5	153,6	191
1999	411,6	260,8	233,2	421,2	445,4	149,3	25,3	40,6	98,8	132,3	203,5	198,3
2000	350,2	344,4	340,7	535,4	172,6	48,2	40,8	140	218,1	47,2	169,7	192,3
2001	348,4	219,5	216,8	188,2	231,6	164,1	30,6	14,9	88,2	28,1	55	213
2002	380,8	239,9	195,3	376,7	262,9	159,1	3,4	35,4	60,1	216,1	81,2	311,2
2003	105,8	340,9	209,2	390,1	219,6	110,7	93	118,3	60,9	96,9	119,6	89,9
2004	179,6	150,6	424,2	227,2	422,9	120,2	59,6	141,3	112	66	13,3	140
2005	165,7	331,5	334	404,8	225,5	53,5	52,4	16,2	45,9	75,2	211,6	291,8
2006	173,3	346,4	265,3	252,1	382,1	87	71,6	16,7	32,8	66	294	317,4
2007	414,4	137,7	336	343,1	165,3	100,2	121,9	133,3	71,7	28,5	226,2	327,9
2008	397,4	298,8	553	345,4	264,1	202,7	80,2	58,4	56	162,2	280,8	458,1
2009	310,8	457,9	232,5	222,1	114	165,8	25,1	5,4	4,2	26	132,3	262,4
2010	295,8	352,5	206,4	303,4	165,1	119,1	100,6	54,8	26,6	116,9	140,6	290,1
2011	226,8	493,3	323,3	515,9	222,4	121,3	20,2	64,3	41,5	283,7	272,8	194,5
2012	365,2	288,7	277,4	195,6	167,8	85,4	83	26,6	90,3	181,3	284,5	266,2
2013	314,6	342,1	427,4	420,6	238,4	32,1	167,1	53	121	193	312,2	101,3
2014	253,3	245,4	527,7	255	425	211,7	66,1	32,2	0,6	190,9	196	173,8
2015	303,7	214	373,7	165,5	280,8	75,8	47,3	10,7	15,8	31,3	90,7	126,4
<b>TOTAL (Mensal)</b>	9055,1	9210,6	9406,1	9740,4	7456,9	3494,5	2164,3	1716,8	2106,0	3315,4	5587,9	6628,7
<b>Séries históricas mensais</b>												
<b>Média</b>	301,8	307,0	313,5	324,7	248,6	116,5	72,1	57,2	70,2	110,5	186,3	221,0
<b>Índice de Erosividade Anual</b>	10,1	10,2	10,5	10,8	8,3	3,9	2,4	1,9	2,3	3,7	6,2	7,4

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/86	267,1	301,8	232,04	371,62
fev/86	294,9	307,0	218,9	395,14
mar/86	304,4	313,5	242,02	385,05
abr/86	279,5	324,7	243,93	405,42
mai/86	203,6	248,6	170,56	326,56
jun/86	102,8	116,6	70,14	162,82
jul/86	183,9	72,1	31,73	112,55
ago/86	1,6	57,2	25,02	89,42
set/86	71,1	70,2	35,41	104,98
out/86	214,6	110,5	56,85	164,17
nov/86	321,8	186,3	110,37	262,15
dez/86	246,9	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/87	291,5	301,8	232,04	371,62
fev/87	289,1	307,0	218,9	395,14
mar/87	277,6	313,5	242,02	385,05
abr/87	291,2	324,7	243,93	405,42
mai/87	167,8	248,6	170,56	326,56
jun/87	28,2	116,6	70,14	162,82
jul/87	20,7	72,1	31,73	112,55
ago/87	76,8	57,2	25,02	89,42
set/87	64,6	70,2	35,41	104,98
out/87	46,3	110,5	56,85	164,17
nov/87	128,3	186,3	110,37	262,15
dez/87	195,2	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/88	269,7	301,8	232,04	371,62
fev/88	546	307,0	218,9	395,14
mar/88	265,6	313,5	242,02	385,05
abr/88	254,7	324,7	243,93	405,42
mai/88	297,7	248,6	170,56	326,56
jun/88	229,1	116,6	70,14	162,82
jul/88	82,3	72,1	31,73	112,55
ago/88	35,6	57,2	25,02	89,42
set/88	110,6	70,2	35,41	104,98
out/88	111,5	110,5	56,85	164,17
nov/88	226,9	186,3	110,37	262,15
dez/88	412,1	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/89	292,0	301,8	232,04	371,62
fev/89	417,0	307,0	218,9	395,14
mar/89	252,2	313,5	242,02	385,05
abr/89	370,8	324,7	243,93	405,42
mai/89	555,1	248,6	170,56	326,56
jun/89	184,5	116,6	70,14	162,82
jul/89	157,5	72,1	31,73	112,55
ago/89	15,8	57,2	25,02	89,42
set/89	136,4	70,2	35,41	104,98
out/89	185,6	110,5	56,85	164,17
nov/89	326,4	186,3	110,37	262,15
dez/89	220,1	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/90	234,3	301,8	232,04	371,62
fev/90	190	307,0	218,9	395,14
mar/90	299,2	313,5	242,02	385,05
abr/90	236,4	324,7	243,93	405,42
mai/90	244,6	248,6	170,56	326,56
jun/90	89,3	116,6	70,14	162,82
jul/90	114,1	72,1	31,73	112,55
ago/90	72,3	57,2	25,02	89,42
set/90	22,8	70,2	35,41	104,98
out/90	56	110,5	56,85	164,17
nov/90	116,9	186,3	110,37	262,15
dez/90	167,3	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/91	278,5	301,8	232,04	371,62
fev/91	223,8	307,0	218,9	395,14
mar/91	309,2	313,5	242,02	385,05
abr/91	342,9	324,7	243,93	405,42
mai/91	322,2	248,6	170,56	326,56
jun/91	137,9	116,6	70,14	162,82
jul/91	173,9	72,1	31,73	112,55
ago/91	55,4	57,2	25,02	89,42
set/91	39	70,2	35,41	104,98
out/91	79,4	110,5	56,85	164,17
nov/91	37,9	186,3	110,37	262,15
dez/91	137,9	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/92	236,5	301,8	232,04	371,62
fev/92	262,7	307,0	218,9	395,14
mar/92	347,8	313,5	242,02	385,05
abr/92	218,6	324,7	243,93	405,42
mai/92	118,8	248,6	170,56	326,56
jun/92	61	116,6	70,14	162,82
jul/92	90,3	72,1	31,73	112,55
ago/92	100,3	57,2	25,02	89,42
set/92	90	70,2	35,41	104,98
out/92	87,4	110,5	56,85	164,17
nov/92	71,2	186,3	110,37	262,15
dez/92	265,6	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/93	436,5	301,8	232,04	371,62
fev/93	617,4	307,0	218,9	395,14
mar/93	229,3	313,5	242,02	385,05
abr/93	370,3	324,7	243,93	405,42
mai/93	96,8	248,6	170,56	326,56
jun/93	61,5	116,6	70,14	162,82
jul/93	34,6	72,1	31,73	112,55
ago/93	47,7	57,2	25,02	89,42
set/93	21,9	70,2	35,41	104,98
out/93	99,8	110,5	56,85	164,17
nov/93	256,3	186,3	110,37	262,15
dez/93	251,3	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/94	371,1	301,8	232,04	371,62
fev/94	399,5	307,0	218,9	395,14
mar/94	259,5	313,5	242,02	385,05
abr/94	258,7	324,7	243,93	405,42
mai/94	174,2	248,6	170,56	326,56
jun/94	125,2	116,6	70,14	162,82
jul/94	33	72,1	31,73	112,55
ago/94	96,7	57,2	25,02	89,42
set/94	62,6	70,2	35,41	104,98
out/94	91,8	110,5	56,85	164,17
nov/94	207,3	186,3	110,37	262,15
dez/94	22,5	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/95	286	301,8	232,04	371,62
fev/95	132	307,0	218,9	395,14
mar/95	301,4	313,5	242,02	385,05
abr/95	408,5	324,7	243,93	405,42
mai/95	217,5	248,6	170,56	326,56
jun/95	107	116,6	70,14	162,82
jul/95	76,9	72,1	31,73	112,55
ago/95	34,2	57,2	25,02	89,42
set/95	72,4	70,2	35,41	104,98
out/95	81	110,5	56,85	164,17
nov/95	312	186,3	110,37	262,15
dez/95	160,5	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/96	571,3	301,8	232,04	371,62
fev/96	257,6	307,0	218,9	395,14
mar/96	338,1	313,5	242,02	385,05
abr/96	428,5	324,7	243,93	405,42
mai/96	127,5	248,6	170,56	326,56
jun/96	185,1	116,6	70,14	162,82
jul/96	16,9	72,1	31,73	112,55
ago/96	65	57,2	25,02	89,42
set/96	114	70,2	35,41	104,98
out/96	186	110,5	56,85	164,17
nov/96	163	186,3	110,37	262,15
dez/96	142,2	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/97	220,6	301,8	232,04	371,62
fev/97	344,5	307,0	218,9	395,14
mar/97	534,9	313,5	242,02	385,05
abr/97	310,8	324,7	243,93	405,42
mai/97	252,2	248,6	170,56	326,56
jun/97	9,5	116,6	70,14	162,82
jul/97	0	72,1	31,73	112,55
ago/97	11,5	57,2	25,02	89,42
set/97	40,5	70,2	35,41	104,98
out/97	60,9	110,5	56,85	164,17
nov/97	182,3	186,3	110,37	262,15
dez/97	261,5	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/98	302,6	301,8	232,04	371,62
fev/98	171,7	307,0	218,9	395,14
mar/98	210,8	313,5	242,02	385,05
abr/98	407,2	324,7	243,93	405,42
mai/98	273,4	248,6	170,56	326,56
jun/98	167,2	116,6	70,14	162,82
jul/98	92	72,1	31,73	112,55
ago/98	41,8	57,2	25,02	89,42
set/98	115,6	70,2	35,41	104,98
out/98	73,5	110,5	56,85	164,17
nov/98	153,6	186,3	110,37	262,15
dez/98	191	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/99	411,6	301,8	232,04	371,62
fev/99	260,8	307,0	218,9	395,14
mar/99	233,2	313,5	242,02	385,05
abr/99	421,2	324,7	243,93	405,42
mai/99	445,4	248,6	170,56	326,56
jun/99	149,3	116,6	70,14	162,82
jul/99	25,3	72,1	31,73	112,55
ago/99	40,6	57,2	25,02	89,42
set/99	98,8	70,2	35,41	104,98
out/99	132,3	110,5	56,85	164,17
nov/99	203,5	186,3	110,37	262,15
dez/99	198,3	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/00	350,2	301,8	232,04	371,62
fev/00	344,4	307,0	218,9	395,14
mar/00	340,7	313,5	242,02	385,05
abr/00	535,4	324,7	243,93	405,42
mai/00	172,6	248,6	170,56	326,56
jun/00	48,2	116,6	70,14	162,82
jul/00	40,8	72,1	31,73	112,55
ago/00	140	57,2	25,02	89,42
set/00	218,1	70,2	35,41	104,98
out/00	47,2	110,5	56,85	164,17
nov/00	169,7	186,3	110,37	262,15
dez/00	192,3	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/01	348,4	301,8	232,04	371,62
fev/01	219,5	307,0	218,9	395,14
mar/01	216,8	313,5	242,02	385,05
abr/01	188,2	324,7	243,93	405,42
mai/01	231,6	248,6	170,56	326,56
jun/01	164,1	116,6	70,14	162,82
jul/01	30,6	72,1	31,73	112,55
ago/01	14,9	57,2	25,02	89,42
set/01	88,2	70,2	35,41	104,98
out/01	28,1	110,5	56,85	164,17
nov/01	55	186,3	110,37	262,15
dez/01	213	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/02	380,8	301,8	232,04	371,62
fev/02	239,9	307,0	218,9	395,14
mar/02	195,3	313,5	242,02	385,05
abr/02	376,7	324,7	243,93	405,42
mai/02	262,9	248,6	170,56	326,56
jun/02	159,1	116,6	70,14	162,82
jul/02	3,4	72,1	31,73	112,55
ago/02	35,4	57,2	25,02	89,42
set/02	60,1	70,2	35,41	104,98
out/02	216,1	110,5	56,85	164,17
nov/02	81,2	186,3	110,37	262,15
dez/02	311,2	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/03	105,8	301,8	232,04	371,62
fev/03	340,9	307,0	218,9	395,14
mar/03	209,2	313,5	242,02	385,05
abr/03	390,1	324,7	243,93	405,42
mai/03	219,6	248,6	170,56	326,56
jun/03	110,7	116,6	70,14	162,82
jul/03	93	72,1	31,73	112,55
ago/03	118,3	57,2	25,02	89,42
set/03	60,9	70,2	35,41	104,98
out/03	96,9	110,5	56,85	164,17
nov/03	119,6	186,3	110,37	262,15
dez/03	89,9	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/04	179,6	301,8	232,04	371,62
fev/04	150,6	307,0	218,9	395,14
mar/04	424,2	313,5	242,02	385,05
abr/04	227,2	324,7	243,93	405,42
mai/04	422,9	248,6	170,56	326,56
jun/04	120,2	116,6	70,14	162,82
jul/04	59,6	72,1	31,73	112,55
ago/04	141,3	57,2	25,02	89,42
set/04	112	70,2	35,41	104,98
out/04	66	110,5	56,85	164,17
nov/04	13,3	186,3	110,37	262,15
dez/04	140	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/05	165,7	301,8	232,04	371,62
fev/05	331,5	307,0	218,9	395,14
mar/05	334	313,5	242,02	385,05
abr/05	404,8	324,7	243,93	405,42
mai/05	225,5	248,6	170,56	326,56
jun/05	53,5	116,6	70,14	162,82
jul/05	52,4	72,1	31,73	112,55
ago/05	16,2	57,2	25,02	89,42
set/05	45,9	70,2	35,41	104,98
out/05	75,2	110,5	56,85	164,17
nov/05	211,6	186,3	110,37	262,15
dez/05	291,8	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/06	173,3	301,8	232,04	371,62
fev/06	346,4	307,0	218,9	395,14
mar/06	265,3	313,5	242,02	385,05
abr/06	252,1	324,7	243,93	405,42
mai/06	382,1	248,6	170,56	326,56
jun/06	87,0	116,6	70,14	162,82
jul/06	71,6	72,1	31,73	112,55
ago/06	16,7	57,2	25,02	89,42
set/06	32,8	70,2	35,41	104,98
out/06	66	110,5	56,85	164,17
nov/06	294,0	186,3	110,37	262,15
dez/06	317,4	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/07	414,4	301,8	232,04	371,62
fev/07	137,7	307,0	218,9	395,14
mar/07	336	313,5	242,02	385,05
abr/07	343,1	324,7	243,93	405,42
mai/07	165,3	248,6	170,56	326,56
jun/07	100,2	116,6	70,14	162,82
jul/07	121,9	72,1	31,73	112,55
ago/07	133,3	57,2	25,02	89,42
set/07	71,7	70,2	35,41	104,98
out/07	28,5	110,5	56,85	164,17
nov/07	226,2	186,3	110,37	262,15
dez/07	327,9	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/08	397,4	301,8	232,04	371,62
fev/08	298,8	307,0	218,9	395,14
mar/08	553,0	313,5	242,02	385,05
abr/08	345,4	324,7	243,93	405,42
mai/08	264,1	248,6	170,56	326,56
jun/08	202,7	116,6	70,14	162,82
jul/08	80,2	72,1	31,73	112,55
ago/08	58,4	57,2	25,02	89,42
set/08	56,0	70,2	35,41	104,98
out/08	162,2	110,5	56,85	164,17
nov/08	280,8	186,3	110,37	262,15
dez/08	458,1	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/09	310,8	301,8	232,04	371,62
fev/09	457,9	307,0	218,9	395,14
mar/09	232,5	313,5	242,02	385,05
abr/09	222,1	324,7	243,93	405,42
mai/09	114	248,6	170,56	326,56
jun/09	165,8	116,6	70,14	162,82
jul/09	25,1	72,1	31,73	112,55
ago/09	5,4	57,2	25,02	89,42
set/09	4,2	70,2	35,41	104,98
out/09	26	110,5	56,85	164,17
nov/09	132,3	186,3	110,37	262,15
dez/09	262,4	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima	Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/10	295,8	301,8	232,04	371,62	jan/11	226,8	301,8	232,04	371,62
fev/10	352,5	307,0	218,9	395,14	fev/11	493,3	307,0	218,9	395,14
mar/10	206,4	313,5	242,02	385,05	mar/11	323,3	313,5	242,02	385,05
abr/10	303,4	324,7	243,93	405,42	abr/11	515,9	324,7	243,93	405,42
mai/10	165,1	248,6	170,56	326,56	mai/11	222,4	248,6	170,56	326,56
jun/10	119,1	116,6	70,14	162,82	jun/11	121,3	116,6	70,14	162,82
jul/10	100,6	72,1	31,73	112,55	jul/11	20,2	72,1	31,73	112,55
ago/10	54,8	57,2	25,02	89,42	ago/11	64,3	57,2	25,02	89,42
set/10	26,6	70,2	35,41	104,98	set/11	41,5	70,2	35,41	104,98
out/10	116,9	110,5	56,85	164,17	out/11	283,7	110,5	56,85	164,17
nov/10	140,6	186,3	110,37	262,15	nov/11	272,8	186,3	110,37	262,15
dez/10	290,1	221,0	148,87	293,04	dez/11	194,5	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima	Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/12	365,2	301,8	232,04	371,62	jan/13	314,6	301,8	232,04	371,62
fev/12	288,7	307,0	218,9	395,14	fev/13	342,1	307,0	218,9	395,14
mar/12	277,4	313,5	242,02	385,05	mar/13	427,4	313,5	242,02	385,05
abr/12	195,6	324,7	243,93	405,42	abr/13	420,6	324,7	243,93	405,42
mai/12	167,8	248,6	170,56	326,56	mai/13	238,4	248,6	170,56	326,56
jun/12	85,4	116,6	70,14	162,82	jun/13	32,1	116,6	70,14	162,82
jul/12	83	72,1	31,73	112,55	jul/13	167,1	72,1	31,73	112,55
ago/12	26,6	57,2	25,02	89,42	ago/13	53	57,2	25,02	89,42
set/12	90,3	70,2	35,41	104,98	set/13	121	70,2	35,41	104,98
out/12	181,3	110,5	56,85	164,17	out/13	193	110,5	56,85	164,17
nov/12	284,5	186,3	110,37	262,15	nov/13	312,2	186,3	110,37	262,15
dez/12	101,3	221,0	148,87	293,04	dez/13	101,3	221,0	148,87	293,04

Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima	Mês/Ano	Precipitação Mensal	Séries históricas - Anuais	Mínima	Máxima
jan/14	253,3	301,8	232,04	371,62	jan/15	303,7	301,8	232,04	371,62
fev/14	245,4	307,0	218,9	395,14	fev/15	214,0	307,0	218,9	395,14
mar/14	527,7	313,5	242,02	385,05	mar/15	373,7	313,5	242,02	385,05
abr/14	255,0	324,7	243,93	405,42	abr/15	165,5	324,7	243,93	405,42
mai/14	425,0	248,6	170,56	326,56	mai/15	280,8	248,6	170,56	326,56
jun/14	211,7	116,6	70,14	162,82	jun/15	75,8	116,6	70,14	162,82
jul/14	66,1	72,1	31,73	112,55	jul/15	47,3	72,1	31,73	112,55
ago/14	32,2	57,2	25,02	89,42	ago/15	10,7	57,2	25,02	89,42
set/14	0,6	70,2	35,41	104,98	set/15	15,8	70,2	35,41	104,98
out/14	190,9	110,5	56,85	164,17	out/15	31,3	110,5	56,85	164,17
nov/14	196,0	186,3	110,37	262,15	nov/15	90,7	186,3	110,37	262,15
dez/14	173,8	221,0	148,87	293,04	dez/15	126,4	221,0	148,87	293,04