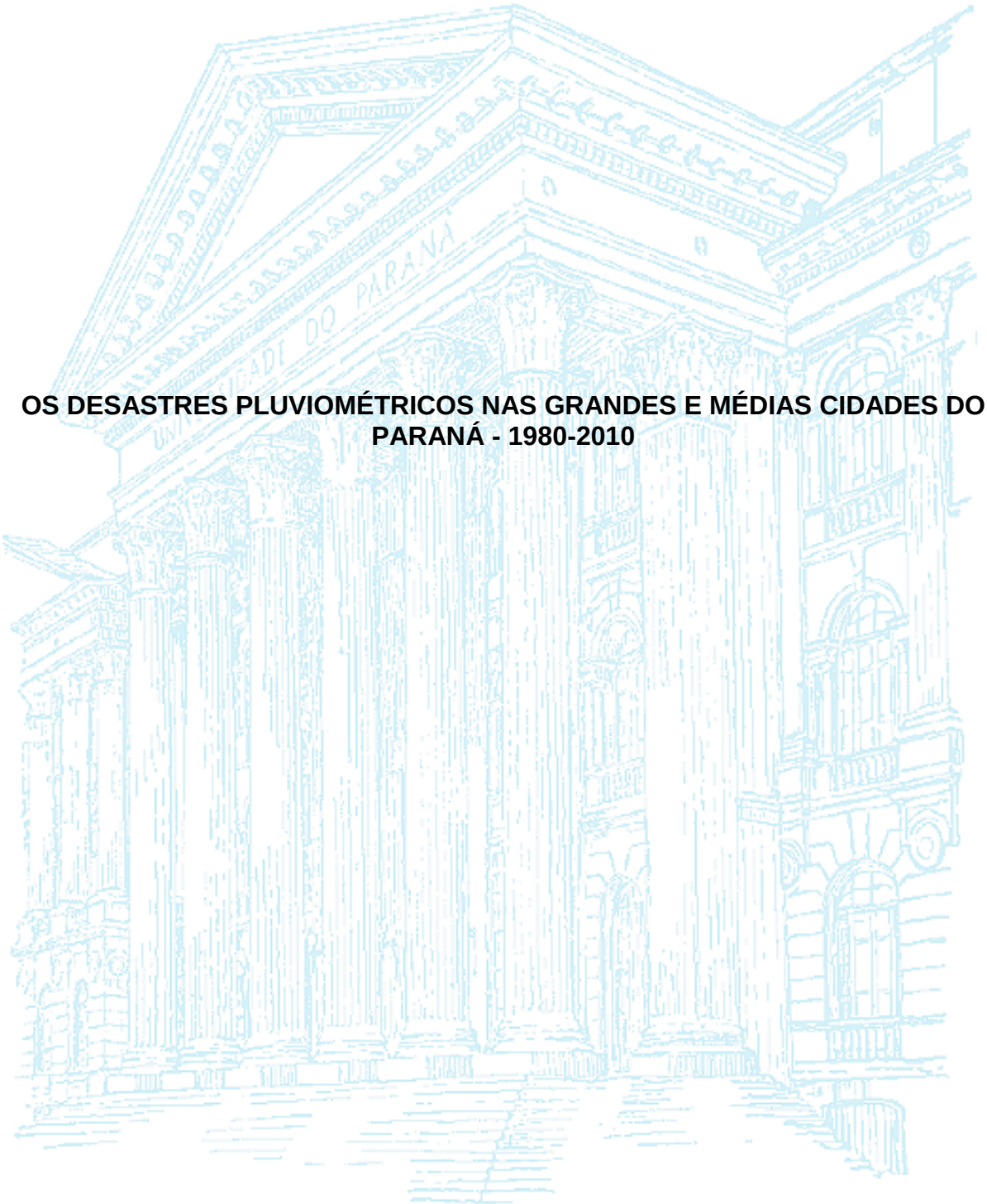
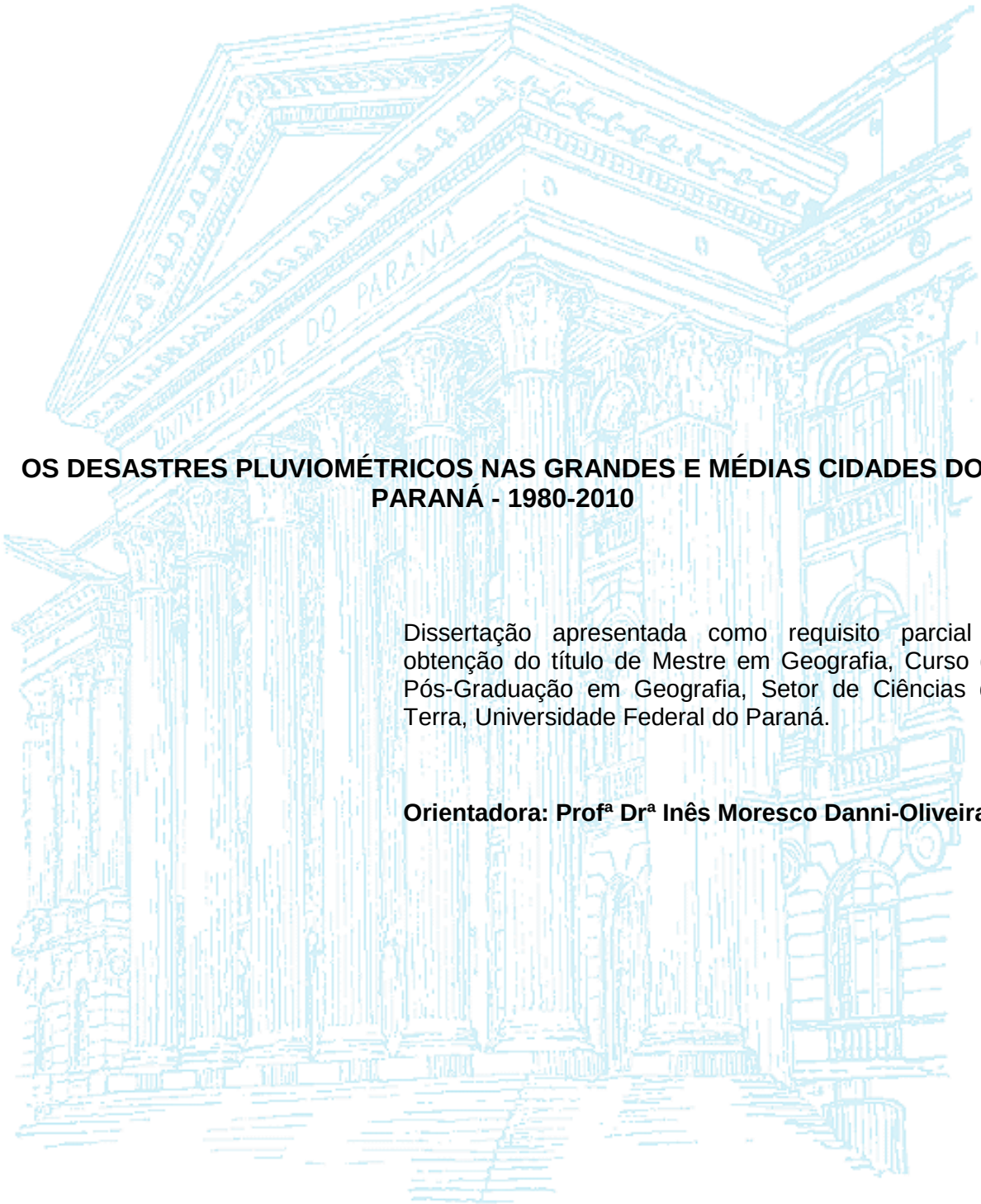
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**
**SETOR CIÊNCIAS DA TERRA**
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**



# OS DESASTRES PLUVIOMÉTRICOS NAS GRANDES E MÉDIAS CIDADES DO PARANÁ - 1980-2010

**CURITIBA-PR**
**2012**

**CRISTIANO ALVES DA SILVA**



# OS DESASTRES PLUVIOMÉTRICOS NAS GRANDES E MÉDIAS CIDADES DO PARANÁ - 1980-2010

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

**Orientadora: Profª Drª Inês Moresco Danni-Oliveira**

**CURITIBA-PR**
**2012**

**MEC-UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**
**SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA**
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÂO EM GEOGRAFIA**
**- MESTRADO E DOUTORADO**

## PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Geografia reuniram-se para a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pelo (a) candidato (a) **CRISTIANO ALVES DA SILVA** intitulada **"OS DESASTRES PLUVIOMÉTRICOS NAS GRANDES E MÉDIAS CIDADES DO PARANÁ - 1980 - 2010"**, para obtenção do grau de Mestre em Geografia, do Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná Área de Concentração **Espaço, Sociedade e Ambiente**, Linha de Pesquisa **Paisagem e Análise Ambiental**.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o (a) candidato (a), são de parecer pela aprovação da Dissertação

Curitiba, 04 de fevereiro de 2013.

Nome e Assinatura da Banca Examinadora:

**Profª. Drª. Inês Moresco Danni-Oliveira - Orientadora**

**Prof. Dr. Irani dos Santos – PPGEO/UFPR**

**Profª. Drª. Maria Elisa Zanella - UFC**

## AGRADECIMENTOS

Registro meus agradecimentos às pessoas e Instituições que auxiliaram e tornaram possível a realização deste trabalho:

A Deus pela força nos momentos difíceis;

À prof.ª Drª Inês Moresco Danni-Oliveira, pela competente orientação, dedicação e incentivo dado, a qual me instigou ainda mais pela busca do conhecimento. Agradeço às horas de diálogo, às novas ideias e aos desafios propostos. Obrigado mestre!

À Professora Drª Maria Elisa Zanella, pelo pronto atendimento à solicitação para fazer parte da banca arguidora e principalmente pelas sábias colocações na correção deste trabalho;

Aos professores Dr. Francisco Mendonça e Dr. Irani dos Santos pelas considerações pontuais realizadas;

Aos amigos Luiz Carlos Zem e Adriana Cristina Oliveira da Secretaria do Programa de Pós-Graduação de Geografia da UFPR pela ajuda, carinho e presteza que sempre demonstram;

Ao amigo Alexandre Gonzatto Pacholski, pelas conversas, desabafos, amizade e auxílio pessoal e profissional;

Aos amigos da caserna Rieffel e Godoy pelas dicas matemáticas e linguísticas;

À minha família, pelo apoio incondicional ao longo deste projeto: à mãe Neide Alves da Silva pela força e incentivo na busca dos meus sonhos e também aos meus irmãos Franciele e Felipe; ao Sr Frederico Lenz, sempre entusiasmado com a cartografia, Dona Tere e Carmem;

Aos amigos geógrafos Fabiano dos Santos, Julia Krupeizaki, Fernando Schmiguel, Letícia, Rodrigo Marcos, Larissa Warnawin, Patrícia Baliski, Rafael e Jorge.

Ao Sr Edmirson Borrozino do IAPAR/Londrina, Sr Leocádio do IAPAR/Curitiba, Sr Edson Nagashima do Instituto Águas do Paraná, aos profissionais do SIMEPAR e Defesa Civil do Estado do Paraná pelos dados fornecidos, os quais foram vitais para a conclusão deste trabalho;

Em especial à Andressa Lenz Pszybilski agradeço sua companhia, compreensão, apoio, dicas, força e ânimo ao longo da jornada que estamos trilhando juntos, sendo você um dos motivos que me inspiram a buscar cada vez mais o conhecimento.

*“O tempo é um drama em eterna representação,*
*do qual somos o auditório fascinado.*
*Com a atmosfera inferior como palco,*
*o ar e a água como personagens principais,*
*e as nuvens como indumentária, os atos do tempo são*
*apresentados continuamente em algum lugar ao redor do globo.*
*O texto é escrito pelo sol; e, como nenhuma cena*
*de teatro é representada duas vezes da mesma maneira,*
*cada episódio do tempo é interpretado como ligeira diferença,*
*cada um assinalado por um traço de personalidade.”*

*Clyde Orr Jr*

## RESUMO

Esta pesquisa propõe-se a analisar os totais de precipitação extrema em 24 horas as quais se apresentam capazes de desencadear desastres pluviométricos nas grandes e médias cidades do Paraná, sua relação com o fenômeno *El Niño* e a relação dos desastres com o crescimento dessas cidades no período de 1980 a 2010. É apresentada uma análise da variabilidade das chuvas, associadas aos eventos extremos e os consequentes desastres pluviométricos ocorridos e também uma análise das influências e efeitos associados ao fenômeno *El Niño* (fase quente) de modo a ratificar se os episódios mais intensos de chuvas estão, ou não, associados ao fenômeno ENOS. A classificação das cidades pautou-se no conjunto de cidades médias cuja população exclusivamente urbana, situava-se entre 100 mil a 500 mil habitantes e aquelas cidades grandes, cuja população urbana superasse os 500 mil habitantes. De modo a quantificar as ocorrências de precipitação como um indicador numérico para cada local de estudo, foi empregada a metodologia do Índice de Anomalia das Chuvas (IAC). Desta forma, estabeleceu-se uma relação entre o IAC e os episódios (acumulado) de chuvas ocorridas ao longo da série estudada, de modo a mensurar e estabelecer uma classificação para cada ano e mês. Os dados dos episódios relacionados à precipitação e que resultaram em ocorrências para a Defesa Civil de cada cidade, foram coletados e gerados relatórios para cada ocorrência, cidade e ano selecionado. Os dados relativos aos eventos de precipitação de grande intensidade, para cada cidade, foram computados baseados em métodos estatísticos, de modo a determinar a intensidade de cada episódio, e avaliar a intensidade do impacto (precipitação x ocorrência), o que resultou no disco de precipitação de eventos extremos, o qual pode ser utilizado para identificar e classificar determinada ocorrência de chuva em cada localidade. Como resultado, constatou-se que os anos sob influência do fenômeno *El Niño* de intensidade forte foram aqueles em que apresentaram o maior acumulado de chuvas para as cidades avaliadas, particularmente os eventos pluviométricos iguais ou superiores a 50mm/24h, ocorridos nos meses da primavera e verão. Ainda, verificou-se a partir de dados de precipitação, que as chuvas com acumulado superior a 50mm/24h cresceu na última década (2000-2010), quando comparada com os anos de 1980, enquanto os acumulados mensais e anuais diminuíram em todas as cidades. Evidenciou-se, portanto que os eventos pluviométricos de grande intensidade aumentaram, em consequência o número de desastres, como inundações, enchentes e alagamentos também aumentou na mesma proporção. Neste sentido, conhecer e compreender a dinâmica dos riscos atuais e projetá-los de forma eficaz é essencial para preparar, responder e se recuperar de eventos extremos e dos consequentes desastres.



**Palavras chaves:** El Niño - Precipitação – Eventos Extremos – Desastres pluviométricos

## ABSTRACT

This research proposes to analyze the total extreme precipitation in 24 hours which present themselves capable of triggering rainfall disasters in large and medium cities of Paraná, the relationship of *El Niño* and the relationship of disasters with the growth of those cities during the period 1980 - 2010. It presents an analysis of rainfall variability, associated with extreme events and consequent disasters that occurred by the precipitation, it also analysis of the influences and effects associated with *El Niño* (warm phase) in order to ratify if the most intense episodes of rainfall are associated with ENSO. The classification of cities was based on the set of medium-sized cities in which the urban population exclusively urban, was between 100 thousand and 500 thousand inhabitants and the larger cities where the population was more than 500 thousand inhabitants. In order to quantify the occurrence of precipitation as a numerical indicator for each place of study site, we used the methodology of Rainfall Anomaly Index (RAI). Therefore, we established itself a relationship between the RAI and the rainfall episodes (accumulated) occurred along the studied series, in order to measure and establish a classification for each year and month. The data of the episodes related to the rainfall and that resulted in occurrences for the Defense Civil of each city, were collected and generated reports for each occurrence, city and selected year. The data relating to rainfall events of great intensity, for each city, have been computed based on statistical methods, so as to determine the strength of each episode, and evaluate the intensity of the impact (precipitation x occurrence), where resulted in the precipitation disc of events extremes, which can be used to identify and classify determined rainfall occurrence in each locality. As a result, it was verified that the years under the influence of El Niño intensely were those that showed the highest accumulated rainfall for the evaluated cities, particularly rainfall events greater than or equal to 50mm/24h occurring during spring and summer. It was from rainfall data, the rainfall with cumulative 50mm/24h grew over the last decade (2000-2010), when compared with 1980, while the accumulate monthly and yearly decreased in all cities. It was evidenced, that the high-intensity rainfall events have increased inconsequence at the number of disasters, such as floods and flooding also increased at the same rate. Understand the dynamics of the current risks is essential to project on effective manner for prepare, respond to and recover from extreme events and resulting disaster.



**Keywords:** *El Niño*- rainfall - extreme events

**LISTA DAS FIGURAS**

FIGURA 1 – Cidades selecionadas para estudo, representadas em amarelo pela mancha urbana. ..... 20
FIGURA 2 - Relação linear entre as precipitações mensais de dois postos pluviométricos de Guarapuava, no ano de 1980, para preenchimento de falhas..... 26
FIGURA 3 - Classificação dos desastres, de origem natural, considerados na pesquisa..... 33
FIGURA 4 - Danos humanos avaliados nesta pesquisa..... 34
FIGURA 5 – Mapas representativos da evolução do número de cidades acima de 100 mil habitantes ao longo da série temporal pesquisada (1980-2010)..... 44
FIGURA 6 – Relação entre população urbana e rural ao longo da série temporal para as cidades analisadas..... 46
FIGURA 7 - Taxa Geométrica de crescimento da população nas cidades selecionadas ao longo da série temporal (1980-2010) ..... 49
FIGURA 8 - Ilustração da ocorrência do *El Niño* em escala global, durante o trimestre – Dezembro, Janeiro e Fevereiro - em que o fenômeno apresenta maior influência, ocasionando chuvas intensas no Sul do Brasil..... 59
FIGURA 9 - Ilustração da ocorrência do *El Niño* em escala global, durante o trimestre – Junho, Julho e Agosto - em que o fenômeno apresenta maior influência, ocasionando chuvas intensas no Sul do Brasil. ..... 59
FIGURA 10 - Exemplo de anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) em dezembro de 1997. Os tons avermelhados indicam regiões com valores acima da média climatológica. Notam-se na região no Pacífico Central e Oriental, fortes tonalidades que indicam a presença do *El Niño* para aquele ano. ..... 60
FIGURA 11 - Tipo de fenômeno ocorrido para cada ano e a intensidade ao longo da série temporal..... 63
FIGURA 12 – Variabilidade pluviométrica anual das cidades estudadas durante a série histórica. ..... 66
FIGURA 13 – Relação entre o Índice ONI e a média dos maiores valores de precipitação em cada ano avaliado. ..... 69
FIGURA 14: Gráficos representando os fenômenos atmosféricos (A) ocorridos ao longo da série temporal e a intensidade do *El Niño* (B). ..... 71
FIGURA 15 – Média decenal do acumulado de precipitação..... 72
FIGURA 16 – Média decenal do número de dias de chuvas (NDC)..... 73
FIGURA 17 - Média do número de dias de chuva (NDC), por décadas, no período (1980-2010)..... 77
FIGURA 18 – Média histórica mensal da precipitação nas cidades pesquisadas..... 79
FIGURA 19 – Variabilidade mensal das chuvas nas cidades estudadas durante a série histórica (1980-2010) ..... 80
FIGURA 20 – Gráficos da classificação quantílica empregada no estudo para cada cidade. ..... 83
FIGURA 21 – Classificação anual das chuvas nas cidades selecionadas..... 93
FIGURA 22 – Notícia vincula em 2006 sobre a estiagem que o Paraná vivenciou..... 92
FIGURA 23 – Gráficos do IAC para as cidades selecionadas. Colunas em azul demonstram o índice positivo, enquanto as barras em vermelho indicam a fase negativa..... 95
FIGURA 24 – Perfil esquemático do processo de enchente, inundação e alagamento. ..... 102
FIGURA 25 - Classificação decenal do número de desastres ocorridos nas cidades selecionadas nesta pesquisa. ..... 107

FIGURA 26 - Percentual da população das cidades estudadas, afetadas de alguma maneira por desastres relacionados com a precipitação. ..... 118
FIGURA 27 – Danos humanos causados por desastres de origem pluviométrica (Inundação, Enchente, Enxurrada, Tempestade) nas cidades selecionadas..... 120
FIGURA 28 – Imagens de alguns desastres ocorridos ao longo da série temporal..... 126

**LISTA DAS TABELAS**

TABELA 1 – POPULAÇÃO URBANA TOTAL E TAXA MÉDIA GEOMÉTRICA DE CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO URBANA NAS CIDADES SELECIONADOS PARA ESTUDO (1980 – 2010)..... 18
TABELA 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DA TSM..... 21
TABELA 3 -ÍNDICE ONI (OCEANIC NIÑO INDEX) ..... 22
TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO ANUAL DE OCORRÊNCIA DOS FENÔMENOS..... 23
TABELA 5 - OCORRÊNCIA DO FENÔMENO *EL NIÑO* – INTENSIDADE FORTE.... 24
TABELA 6 – DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES UTILIZADAS ..... 24
TABELA 7 - DADOS DE CHUVA DE DUAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA, PARA EXEMPLIFICAR O PROCESSO DE PREENCHIMENTO DE FALHAS..... 26
TABELA 8 – CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE ANOMALIA DAS CHUVAS
TABELA 9 - QUANTIFICAÇÃO DOS PERCENTUAIS DOS QUANTIS..... 30
TABELA 10 – CLASSIFICAÇÃO EMPREGADA AOS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA EM 24 HORAS DURANTE O PERÍODO 1980-2010..... 36
TABELA 11 - CLASSIFICAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA BASEADO NA MÉDIA DOS MÁXIMOS VALORES (ACIMA DE 50 mm) E OS LIMITES DA INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO (MM) MÁXIMA ANUAL (1980 – 2010) PARA AS CIDADES SELECIONADAS NA PESQUISA..... 37
TABELA 12 - TAXA GEOMÉTRICA DE CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO URBANA NAS CIDADES SELECIONADAS PARA ESTUDO (1980 – 2010)..... 64
TABELA 13 - PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MÉDIA (mm) OCORRIDA NOS EVENTOS DE *EL NIÑO* (INTENSIDADE FORTE)1982/1983, 1990 A 1993 E 1997/1998, COMPARADOS COM A MÉDIA DO PERÍODO ESTUDADO (1980-2010)..... 76
TABELA 14 – MESES COM MAIORES REGISTROS DE PRECIPITAÇÃO..... 76
TABELA 15 – REGISTROS DAS MÉDIAS MENSAIS DURANTE A SÉRIE HISTÓRICA (1980-2010)..... 82
TABELA 16 – COMPARAÇÃO COM A MÉDIA DA SÉRIE HISTÓRICA, ENTRE OS ANOS DE 1983 E 1985..... 85
TABELA 17 - LIMITES DA INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO (MM) ANUAL (1980 - 2010) PARA AS CIDADES SELECIONADAS NA PESQUISA..... 109
TABELA 18 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS REGISTRADAS PELA DEFESA CIVIL, RELACIONADAS AO ACONTECIMENTO DE ALGUM TIPO DE DESASTRES AO LONGO DA SÉRIE TEMPORAL (1980-2010)..... 112

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANA – Agência Nacional das Águas

CCM - Complexos Convectivos de Mesoescala

ENOS – *El Niño*-Oscilação Sul

EMBRAPA -Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

FPA – Frente Polar Atlântica

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

NDC – Número de Dias de Chuva

*NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration*

ONI - *Oceanic Niño Index*

RMC – Região Metropolitana de Curitiba

SIMEPAR - Tecnologia e Informações Ambientais

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

UFPR – Universidade Federal do Paraná

ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul

**SUMÁRIO**

**INTRODUÇÃO..... 13**
OBJETIVO GERAL..... 16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 16

**CAPÍTULO II - PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA..... 18**
2.1 QUANTO A ESCOLHA DAS CIDADES..... 18
2.1.2 Taxa geométrica de crescimento da população ..... 19
2.2 QUANTO AO *EL NIÑO*-OSCILAÇÃO SUL ..... 24
2.3 DADOS DE PRECIPITAÇÃO..... 24
2.4 CATEGORIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO..... 27
2.4.1 Índice de Anomalia das Chuvas (IAC) ..... 27
2.4.2 Classificação pelos Quantis e Disco de Precipitação..... 30
2.5 OS DESASTRES PLUVIOMÉTRICOS ..... 32
2.6 DISCO DE PRECIPITAÇÃO PARA EVENTOS EXTREMOS..... 35

**CAPÍTULO III - AS CIDADES MÉDIAS E GRANDES DO PARANÁ (1980-2010)..... 38**
3.1 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DAS CIDADES MÉDIAS E GRANDES – TRANSPONDO AS FRONTEIRAS DO RURAL..... 45
3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS CIDADES SELECIONADAS FACE ÀS PECULIARIDADES FÍSICO REGIONAIS..... 50

**CAPÍTULO IV - A VARIABILIDADE DAS CHUVAS E O FENÔMENO *EL NIÑO* OSCILAÇÃO-SUL..... 57**
4.1 ANÁLISE TEMPORAL DA VARIAÇÃO DAS CHUVAS..... 71
4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO HISTÓRICA PELO MÉTODO QUANTÍLICO ..... 81
4.3 O ÍNDICE DE ANOMALIA DAS CHUVAS NAS CIDADES GRANDES E MÉDIAS DO PARANÁ..... 89

**CAPÍTULO V - CHUVAS MÁXIMAS E OS DESASTRES PLUVIOMÉTRICOS..... 95**
5.1 OS RISCOS AMBIENTAIS..... 97
5.2 DESASTRES NATURAIS E OS IMPACTOS NA INFRAESTRUTURA URBANA.... 100
5.3 CASOS DE ALAGAMENTOS, ENCHENTES E INUNDAÇÕES (BRUSCAS E GRADUAIS) NO SÍTIO URBANO..... 114

**CAPÍTULO VI – CONCLUSÕES..... 127**

**CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 133**

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA ..... 135**

**APÊNDICES..... 145**

## INTRODUÇÃO

Nas últimas quatro décadas tem sido observadas chuvas intensas com maior periodicidade nos grandes centros urbanos do Paraná, e relacionadas aos padrões anômalos de grande escala da circulação atmosférica global, como o fenômeno *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS).

As populações residentes nas áreas urbanas são as mais atingidas por este tipo de fenômeno meteorológico e vem instigando pesquisadores a refletir se tais cidades estão mais ou menos suscetíveis às variações da precipitação, quando comparadas com outras décadas.

O aumento desta população urbana vem justificar a necessidade de se conhecer melhor a dinâmica dos tais episódios de chuvas e os possíveis desastres procedentes no ambiente urbano, dado que mais de 84% da população reside atualmente nas cidades (IBGE, 2011).

Durante o desenvolvimento desta pesquisa discutiu-se a afinidade existente entre o crescimento urbano, o aumento dos episódios de eventos extremos e os consequentes desastres ocorridos. Assim, foi questionado se o crescimento das cidades paranaenses (médias e grandes) foram a causa da intensificação dos desastres pluviométricos, por conta do aumento das áreas de risco nestas mesmas cidades ou, se foi o número de episódios de chuvas registradas que aumentaram nestas três últimas décadas, ou ainda se ambos foram os responsáveis.

A partir destes questionamentos, outras questões relacionadas aos fatos acima descritos passaram a ser investigadas. Estas se referem ao limite das chuvas máximas em 24 horas que, em cada cidade, é necessário para desencadear os desastres pluviométricos e ainda se tais desastres estão vinculados exclusivamente ao fenômeno *El Niño*, ou não.

A magnitude destes desastres pluviométricos gera os problemas climáticos urbano como inundações bruscas, alagamentos, enchentes, deslizamentos de massa, vendavais, dentre outros e tem sido amplamente explorados pela mídia e instituições relacionadas com o meio ambiente. Como exemplo, vê-se as excessivas e enfáticas notícias dos “desastres ambientais” e suas consequências relatadas constantemente nas diversas mídias.

Outros exemplos de divulgação são os encontros intergovernamentais (Estocolmo, Kyoto, Rio-92, Rio+20) e também a elaboração de relatórios políticos, como os apresentados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), organismo criado pela Organização das Nações Unidas para o Ambiente (UNEP), sendo

uma das principais organizações internacional para a avaliação das possíveis mudanças do clima e seus potenciais impactos ambientais e sócio-econômicos.

O estudo aprofundado da precipitação, sua dinâmica, e fatores que a influenciam são importantes e essenciais para o planejamento socioeconômico e a gestão de recursos hídricos nas cidades, de modo a propiciar melhor interação entre ela e seu clima.

Hoje, embasado por pesquisas científicas acerca da precipitação e suas implicações (GRIMM e FERAZ, 1997; GRIMM; FERRAZ e GOMES, 1998; GRIMM, 2009; TRENBERTH, 1997, 2001 e CPTEC, 2011) sabe-se que os episódios ENOS promovem alterações na quantidade de chuvas, na insolação diária e nos valores de temperatura e umidade de diversas cidades paranaenses. O Paraná é um dos estados brasileiros inseridos na área de influência do fenômeno *El Niño*, o que acarretou ao longo de anos, na ocorrência de impactos em diversos setores, tais como na agricultura e saúde pública, devido o registro do aumento dos casos de doenças respiratórias, escassez ou excesso de recursos hídricos, impactos diretos na sociedade, incluindo vítimas fatais, entre outros a serem apresentados nesta pesquisa.

Conforme Magaña (2004), grande parte dos trópicos e latitudes médias apresenta condições meteorológicas alteradas pela ocorrência do fenômeno *El Niño*. Os fenômenos naturais classificados como extremos, influenciados pelo ENOS (ou não) apresentam hoje em dia resultados mais impactantes, seja no cenário econômico, seja no social e no ambiental, em certa parte pelo aumento da urbanização, diminuição de áreas verdes e principalmente pelo aumento da vulnerabilidade da sociedade, a qual, na ânsia pelo desenvolvimento capitalista, aloca a população residente em áreas de risco aos desastres ambientais.

Evidencia-se, portanto que a vulnerabilidade da sociedade não está associada simplesmente aos aspectos físico-geográficos, e sim são somadas às circunstâncias econômicas e sociais.

Com uma população estimada em 10.439.601 habitantes (IBGE, 2011), o Estado do Paraná é o sexto estado brasileiro mais populoso e representa 5,47% da população total do Brasil. Além disto, o Estado depara-se com mais de 80% de sua população (IBGE, 2011) vivendo em cidades, onde há preocupações constantes acerca da expansão urbana, sendo esta considerada o fator-chave para a ampliação das ocorrências de eventos extremos urbanos, ocasionando vítimas e perdas materiais.

De tal modo, a urbanização apresenta tendências que contribuem para os crescentes índices de ocorrências de desastres pluviométricos nas cidades médias e

grandes do estado, onde há tempos ultrapassou as capacidades dos governos locais na mitigação dos problemas decorrentes de tais eventos.

A partir das análises dos resultados de estudos acerca da urbanização e crescimento das cidades, constatou-se que a definição e classificação de uma cidade em média ou grande exige determinada atenção do pesquisador.

Primeiramente, refletir acerca do conceito de cidade média implica em se deparar com autores, hipóteses e opiniões diversas. Renomados estudiosos do ambiente urbano (Amorim Filho e Serra, 2001; Corrêa, 1989; IBGE, 2011; Lefebvre, 1999; Maricato, 2001; Moura; Ultramari e Cardoso, 1994; Santos, 1993, 1991, 2005) propõem novos discursos, no qual justificam suas metodologias de classificação, enquanto outros sugerem mais amplitude nesta discussão de categorização das cidades.

A denominação Cidade Média traz à tona, quase que imediatom, a questão da sua definição, muito embora esta tenha implícita uma noção de dimensão física e populacional. Deste modo, a cidade média e grande tem sido classificada de maneira quantitativa, ou seja, pelo seu número total de habitantes, motivando embates teóricos, dado que os termos em disputa alteram-se dependendo do país, estado, instituto, órgãos de pesquisa e autores. Devido a ampla discussão que o assunto sugere, no capítulo 3 desta pesquisa serão apresentados propostas de classificações para cidades médias e grandes de acordo com autores e entidades engajadas no estudo de tal problemática, de modo s subsidiar a seleção das cidades estudadas nesta pesquisa.

Um dos fatores que explica a dificuldade de encontrar um valor quantitativo que identifique uma cidade grande, média, ou pequena, é o fato de a dimensão populacional proposta variar com a escala de análise. Assim, ao delimitar esta pesquisa, procurou-se caracterizar e fundamentar a escolha das cidades, pautado em metodologias consagradas e já aplicadas em outras análises.

A escolha pelo intervalo temporal de 1980 a 2010 atende às orientações da Organização Mundial de Meteorologia (2004), a qual determina que os dados climáticos devem estar instituídos numa série de 30 anos seguidos, a fim de servir como referência para a variabilidade climática, além de serem décadas marcadas pelo evidente e vertiginoso crescimento das cidades, alterando as relações do urbano com o rural e o próprio sítio urbano.

OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa propõe-se a analisar os totais de precipitação extrema em 24 horas as quais se apresentam capazes de desencadear desastres pluviométricos nas grandes e médias cidades do Paraná, sua relação com o fenômeno *El Niño* e a relação dos desastres com o crescimento dessas cidades no período estabelecido (1980-2010).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Apresentar o crescimento urbano dos últimos 31 anos das cidades escolhidas para o estudo;

b) Analisar a atuação do ENOS na variabilidade anual das chuvas das cidades para o período (1980-2010);

c) Verificar quais totais máximos de 24 horas são suficientes para provocar desastres pluviométricos nas cidades escolhidas;

d) Identificar se o ENOS esteve associado aos maiores desastres pluviométrico das cidades, e;

e) Analisar os desastres/impactos produzidos.

Assim sendo, esta pesquisa está dividida em cinco partes, a qual apresentará uma análise da variabilidade das chuvas, associadas aos eventos extremos e os consequentes desastres pluviométricos ocorridos ao longo de 31 anos, e também uma análise das influências e efeitos associados ao fenômeno *El Niño* (fase quente) em cidades médias e grandes no Estado do Paraná de modo a ratificar se os episódios mais intensos de chuvas estão, ou não, associados ao fenômeno ENOS.

Deste modo, serão descritos no Capítulo 2 os procedimentos e metodologias empregadas para a escolha das cidades, qual a classificação utilizada para determinar os anos sob influência do fenômeno *El Niño*, as operações estatísticas usadas para o tratamento dos dados e a categorização dos desastres pluviométricos ocorridos.

No Capítulo 3 a discussão dar-se-á entre a relação rural-urbano e a taxa de crescimento da população urbana ao longo da série temporal, pautado em dados relativos aos Censos de 1980, 1991, 2000 e 2010, de modo a auxiliar na compreensão dos impactos da precipitação em ambiente urbano e porque a população urbana tem vivenciado, aparentemente, um aumento da ocorrência e intensidade de desastres relacionados às chuvas.

O Capítulo 4 apresentará os resultados encontrados acerca da variabilidade da precipitação, do fenômeno *El Niño*, e os totais anuais de chuva associados à ocorrência de eventos acima do limite mínimo estabelecido como extremo.

Com o crescimento da malha urbana, a impermeabilização do solo, os problemas de drenagem e outros fatores, uma parcela maior da população passou a ser atingida pelos desastres, inclusive as regiões centrais das cidades e bairros de padrão social elevado, assim, no Capítulo 5 far-se-á referência acerca das chuvas máximas (eventos extremos), e também a construção do conceito de desastre, riscos e vulnerabilidades aos desastres pluviométricos. Neste capítulo, ainda serão apresentados os casos extremos de precipitação ocorridos em 24 horas e suas repercussões.

# CAPÍTULO II
# PROCEDIMENTOS E METODOLOGIA

## 2.1 QUANTO A ESCOLHA DAS CIDADES

Optou-se por categorizar as cidades médias do Paraná a partir da década de 1980, baseado em dados do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) da época. A classificação pautou-se no conjunto de cidades médias cuja população exclusivamente urbana, situava-se entre 100 mil a 500 mil habitantes e aquelas cidades grandes, cuja população urbana superasse os 500 mil habitantes na área urbana, as quais, após seleção, seguindo metodologia proposta por Santos (2005), foram reunidas nos seguintes grupos: Grupo I: população residente entre 100 mil e 300 mil habitantes, inclusive; Grupo II: população entre 300.001 mil e 500.000 mil habitantes e, Grupo III: população acima de 500.00. Assim, as cidades que possuíam população estimada pelos Grupos I, II e III, na década de 1980, foram selecionadas como objeto deste estudo. Conforme a definição de Ferreira e Oliveira (2002), as cidades com população residente acima de 100.000 habitantes, podem ser consideradas centros regionais no Paraná.

Na obra de Santos (2005), o autor determinou um limite populacional inferior para as cidades médias em 100 mil habitantes e justificou:

> (...) a expansão e a diversificação do consumo, e a elevação dos níveis de renda e a difusão dos transportes modernos, junto a uma divisão do trabalho mais acentuada, fazem com que as funções de um centro regional passem a exigir maiores níveis de concentração demográfica e de atividades.

Por conseguinte, atenderam aos pressupostos apresentados, na década de 1980, as seguintes cidades listadas na tabela 1:

TABELA 1 – POPULAÇÃO URBANA TOTAL E TAXA MÉDIA GEOMÉTRICA DE CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO URBANA NAS CIDADES SELECIONADOS PARA ESTUDO (1980 – 2010).

| Cidades | População urbana | | | | Taxa média geométrica de crescimento | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1980 | 1991 | 2000 | 2010 | 80/91 | 91/00 | 00/10 |
| **Cascavel** | 126.401 | 177.668 | 228.340 | 270.049 | 1,35 | 2,70 | 1,56 |
| **Curitiba** | 1.052.147 | 1.313.094 | 1.586.848 | 1.751.907 | 2,03 | 2,13 | 0,99 |
| **Foz do Iguaçu** | 103.696 | 186.362 | 256.370 | 253.962 | 2,71 | 3,47 | -0,09 |
| **Guarapuava** | 90.590 | 116.150 | 141.587 | 152.993 | 0,03 | 0,33 | 0,77 |
| **Londrina** | 274.600 | 366.542 | 433.243 | 493.520 | 2,13 | 1,52 | 1,27 |
| **Maringá** | 165.042 | 233.937 | 283.792 | 350.653 | 3,04 | 2,06 | 2,16 |
| **Ponta Grossa** | 176.268 | 221.543 | 266.552 | 304.733 | 1,90 | 1,75 | 1,31 |

Fonte: IBGE, Censo demográfico 1980, 1991, 2000 e 2010. Org: Autor

Compõe a referida pesquisa as seguintes cidades: Cascavel, Curitiba, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Londrina, Maringá e Ponta Grossa (Tabela 1), as quais evidenciaram à época (1980) uma população superior a 100 mil habitantes e inferior a 500 mil habitantes, para as cidades médias, e acima de 500 mil habitantes para as cidades grandes, como é o caso da capital Curitiba.

Convém justificar que além das cidades selecionadas, apenas o município de Umuarama apresentou no ano de 1980 uma população total acima de 100 mil habitantes, entretanto não foi escolhida por possuir à época, uma população urbana de 59.922 mil habitantes.

Deste modo, a categorização de uma cidade apresentou-se como uma tarefa complexa ao longo das décadas, sendo apresentada na figura 1 a localização espacial dos municípios e respectivas cidades.

### 2.1.2 Taxa geométrica de crescimento da população

O aumento da população das cidades selecionadas foi analisado pelo método da taxa geométrica de crescimento da população, a qual demonstra o ritmo em que esta população cresceu num determinado período de tempo, compreendido entre dois censos demográficos, realizados pelo IBGE, no caso os anos de 1980, 1991, 2000 e 2010. A metodologia empregada nesta pesquisa está inserida nos procedimentos adotados pelo IBGE, cuja fórmula (1) tem por finalidade estimar a população num tempo (*t)* qualquer e também a taxa média de crescimento (r) da população.

$$r = \left[ \left( \sqrt[n]{\frac{P_t}{P_0}} \right) - 1 \right] x100 \qquad (1)$$

Onde:
n = número de anos no período;
$P_t$ = população inicial
$P_0$ = população final;

Os dados fornecidos por aquele Instituto foram analisados e calculados para toda a série temporal. Ainda, foram estabelecidas classes de intervalo para cada cidade de modo a avaliar o percentual de incremento médio anual da população residente nas cidades elegidas, no período comp reendido entre 1980 a 2010.

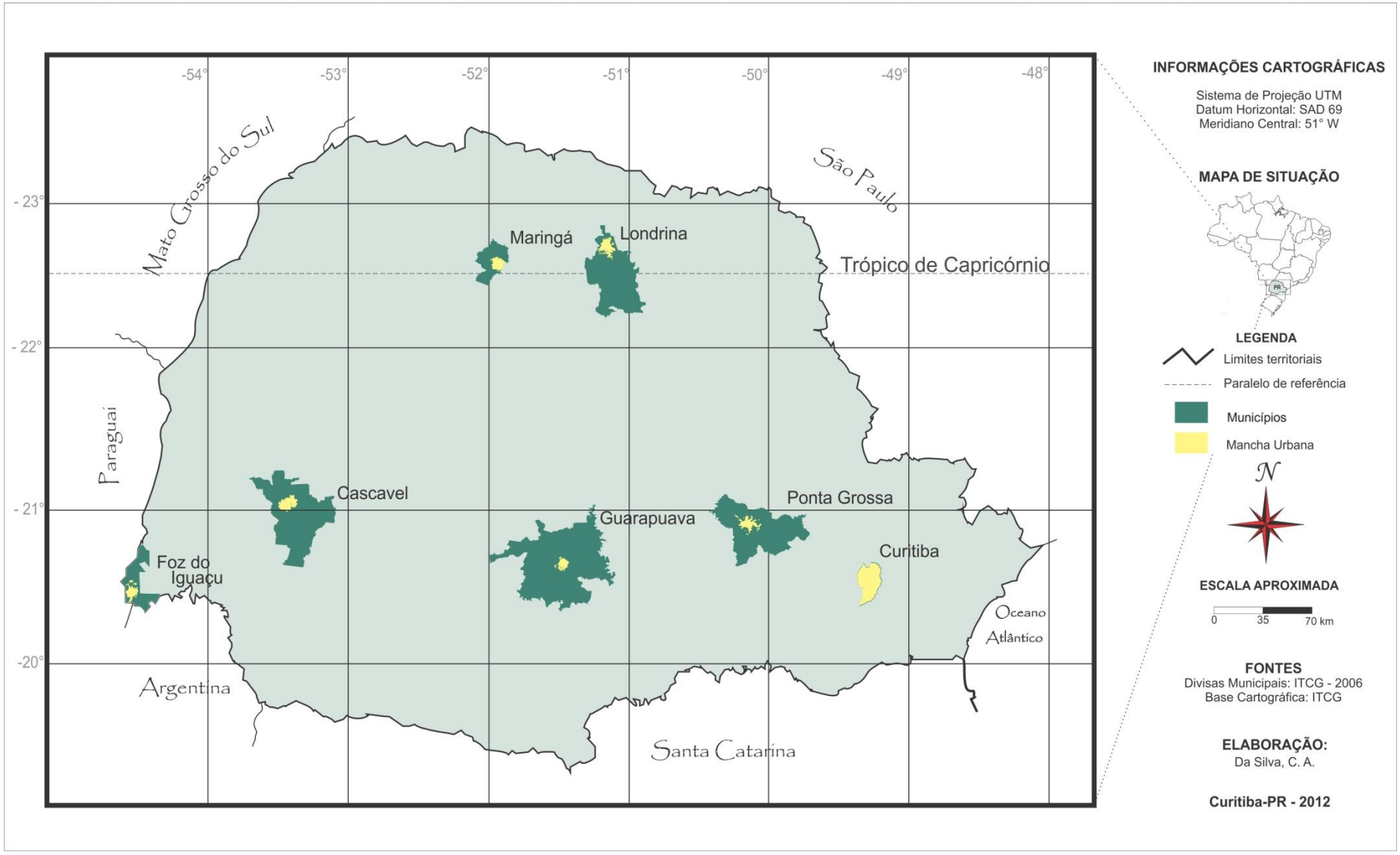



FIGURA 1 – Cidades selecionadas para estudo, representadas em amarelo pela mancha urbana.

## 2.2 QUANTO AO *EL NIÑO*-OSCILAÇÃO SUL

Ao efetuar a análise dos eventos associados ao *El Niño*, o período considerado foi divido em anos sob atuação do referido fenômeno (*El Niño*) além dos anos de *La Niña* ou neutro. Para isto, foram utilizadas duas metodologias similares, a primeira é empregada nos estudos elaborados pela NOAA, órgão este de influência em assuntos sobre meteorologia, oceanos, atmosfera e clima, o qual emprega em suas pesquisas o Índice Oceânico de *El Niño* (*Oceanic Niño Index* - ONI).

O índice ONI está fundamentado na média móvel de três meses da anomalia de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na região Niño 3.4 do Pacífico Equatorial (NOAA, 2012), no centro-leste do Oceano Pacífico, sendo o meio pelo qual cada episódio do fenômeno *El Niño* é previsto, aferido e classificado.

Os eventos de ENOS são reconhecidos por apresentar um aumento de temperatura da superfície do mar que varia entre $\pm$ 0,5° C, durante pelo menos 5 ocorrências consecutivas, a partir da sobreposição dos trimestres. A classificação proposta pela NOAA descreve os limites da TSM para que um evento de ENOS aconteça, conforme o indicado na tabela 2:

TABELA 2: CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DA TSM

| **Índice ENOS (ONI)** | **Classificação** |
|---|---|
| 0,5 – 0,9 | Fraco |
| 1,0 – 1,4 | Moderado |
| $\geq$ 1,5 | Forte |

Fonte: NOAA, 2012.

O Índice ONI foi disponibilizado pela NOAA, e está representado na tabela 3 a seguir, a qual servirá como apoio na análise da relação existente entre a média dos eventos de precipitação ocorridos nas cidades selecionadas e o fenômeno *El Niño*, de modo a ratificar a influência deste fenômeno oceânico/atmosférico na freqüência dos eventos extremos e consequentes desastres.

Para isto, segundo metodologia igualmente aplicada na obra de Grimm (2004), foi calculada a média do número de eventos extremos para cada mês/ano e avaliado a diferença entre o número médio de eventos extremos para anos sob influência do *El Niño*, *La Niña* e Neutros. A significância estatística desta diferença foi avaliada para cada estação meteorológicas através do teste *t* de *Student*, com nível de significância de 90%. Ainda, foi realizada a análise qualitativa da relação entre a TSM, demonstrada pelo Índice ONI, e a média de chuvas extremas em cada cidade, de modo a avaliar se o ENOS influenciou a freqüência de eventos extremos de precipitação e também qual foi a influência da TSM com a média do número de eventos extremos nestas mesmas áreas.

TABELA 3 - ÍNDICE ONI (OCEANIC NIÑO INDEX), BASEADO NA MÉDIA MÓVEL DE TRÊS MESES DA ANOMALIA DE TEMPERATURA NA REGIÃO NIÑO 3.4 DO PACÍFICO EQUATORIAL, BASEADOS NUM LIMITE DE ± 0,5 ° CELSIUS. OS VALORES EM VERMELHO REPRESENTAM AS OCORRÊNCIAS DE *EL NIÑO* (FASE QUENTE) E OS VALORES EM AZUL SUGEREM EPISÓDIO DA *LA NIÑA* (FASE FRIA).

| ANO | TRIMESTRES | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
| **1980** | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0 | -0,1 | 0 | 0 | -0,1 |
| **1981** | -0,4 | -0,6 | -0,5 | -0,4 | -0,3 | -0,3 | -0,4 | -0,4 | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,1 |
| **1982** | -0,1 | 0 | 0,1 | 0,3 | **0,5** | **0,6** | **0,7** | **1** | **1,5** | **1,9** | **2,1** | **2,2** |
| **1983** | **2,2** | **1,9** | **1,5** | **1,2** | **0,9** | **0,6** | 0,2 | -0,2 | **-0,5** | **-0,8** | **-0,9** | **-0,8** |
| **1984** | **-0,5** | -0,3 | -0,2 | -0,4 | -0,5 | -0,5 | -0,3 | -0,2 | -0,3 | **-0,6** | **-0,9** | **-1,1** |
| **1985** | **-1** | **-0,9** | **-0,7** | **-0,7** | **-0,7** | **-0,6** | **-0,5** | **-0,5** | **-0,5** | -0,4 | -0,4 | -0,4 |
| **1986** | -0,5 | -0,4 | -0,2 | -0,2 | -0,1 | 0 | 0,3 | **0,5** | **0,7** | **0,9** | **1,1** | **1,2** |
| **1987** | **1,2** | **1,3** | **1,2** | **1,1** | **1** | **1,2** | **1,4** | **1,6** | **1,6** | **1,5** | **1,3** | **1,1** |
| **1988** | **0,7** | **0,5** | 0,1 | -0,2 | **-0,7** | **-1,2** | **-1,3** | **-1,2** | **-1,3** | **-1,6** | **-1,9** | **-1,9** |
| **1989** | **-1,7** | **-1,5** | **-1,1** | **-0,8** | **-0,6** | -0,4 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,2 | -0,1 |
| **1990** | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| **1991** | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | **0,5** | **0,7** | **0,8** | **0,7** | **0,7** | **0,8** | **1,1** | **1,4** |
| **1992** | **1,6** | **1,5** | **1,4** | **1,2** | **1** | **0,7** | 0,3 | 0 | -0,2 | -0,3 | -0,2 | 0 |
| **1993** | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| **1994** | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | **0,5** | **0,7** | **1** | **1,2** |
| **1995** | **1** | **0,8** | **0,6** | 0,3 | 0,2 | 0 | -0,1 | -0,4 | **-0,7** | **-0,8** | **-0,9** | **-0,9** |
| **1996** | **-0,9** | **-0,8** | **-0,6** | -0,4 | -0,3 | -0,2 | -0,2 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,4 | -0,5 |
| **1997** | -0,5 | -0,4 | -0,1 | 0,2 | **0,7** | **1,2** | **1,5** | **1,8** | **2,1** | **2,3** | **2,4** | **2,3** |
| **1998** | **2,2** | **1,8** | **1,4** | **0,9** | 0,4 | -0,2 | **-0,7** | **-1** | **-1,2** | **-1,2** | **-1,4** | **-1,5** |
| **1999** | **-1,5** | **-1,3** | **-1** | **-0,9** | **-0,9** | **-1** | **-1** | **-1,1** | **-1,1** | **-1,3** | **-1,5** | **-1,7** |
| **2000** | **-1,7** | **-1,5** | **-1,1** | **-0,9** | **-0,8** | **-0,7** | **-0,6** | **-0,5** | **-0,5** | **-0,6** | **-0,8** | **-0,8** |
| **2001** | **-0,7** | **-0,6** | **-0,5** | -0,3 | -0,2 | -0,1 | 0 | 0 | -0,1 | -0,2 | -0,2 | -0,3 |
| **2002** | -0,2 | 0 | 0,1 | 0,3 | **0,5** | **0,7** | **0,8** | **0,8** | **0,9** | **1,2** | **1,3** | **1,3** |
| **2003** | **1,1** | **0,8** | 0,4 | 0 | -0,2 | -0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| **2004** | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | **0,5** | **0,7** | **0,7** | **0,7** | **0,7** | **0,7** |
| **2005** | **0,6** | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0 | -0,2 | **-0,5** | **-0,8** |
| **2006** | **-0,9** | **-0,7** | **-0,5** | -0,3 | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | **0,5** | **0,8** | **1** | **1** |
| **2007** | **0,7** | 0,3 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | **-0,6** | **-0,9** | **-1,1** | **-1,2** | **-1,4** |
| **2008** | **-1,5** | **-1,5** | **-1,2** | **-0,9** | **-0,7** | **-0,5** | -0,3 | -0,2 | -0,1 | -0,2 | -0,4 | -0,7 |
| **2009** | -0,9 | -0,8 | -0,6 | -0,2 | 0,1 | 0,4 | **0,5** | **0,6** | **0,7** | **1** | **1,4** | **1,6** |
| **2010** | **1,6** | **1,4** | **1,1** | **0,7** | 0,2 | -0,3 | **-0,8** | **-1,2** | **-1,4** | **-1,5** | **-1,5** | **-1,5** |

**Legenda**: **DJF**: Dezembro, Janeiro, Fevereiro. **JFM**: Janeiro, Fevereiro, Março. **FMA**: Fevereiro, Março, Abril. **MAM**: Março, Abril, Maio. **AMJ**: Abril, Maio, Junho. **MJJ**: Maio, Junho, Julho. **JJA**: Junho, Julho, Agosto. **JAS**: Julho, Agosto, Setembro. **ASO**: Agosto, Setembro, Outubro. **SON**: Setembro, Outubro, Novembro. **OND**: Outubro, Novembro, Dezembro. **NDJ**: Novembro, Dezembro, Janeiro. **Org**: Autor.
**Fonte**: NOAA, 2012.

Em complemento à metodologia apresentada acerca do Índice ONI, utilizou-se a classificação descrita em Trenberth, (1997). No referido estudo, Quinn; Zopf; Short, *et al.* (1978) apresentaram uma listagem de eventos de *El Niño* e a medida de intensidade variável na escala de 1 a 4 (forte, moderado, fraco e muito fraco), sendo que as medidas utilizadas para definir o fenômeno e sua intensidade foram baseadas, principalmente

naqueles eventos ocorridos ao longo da costa da América do Sul. A vantagem de tais definições é a possibilidade em determinar o início e fim, duração e magnitude de cada evento para ser quantificado, sendo que a maioria dos episódios de *El Niño*, durante a série histórica estudada (1980-2010), iniciaram suas atividades na primavera ou verão daquele ano.

A tabela 4 apresenta a classificação anual das ocorrências dos fenômenos para o Estado do Paraná e a intensidade de cada um, baseado em dados fornecidos pela NOAA (2011) e Quinn; Zopf; Short, *et al.* (1978).

TABELA 4 - CLASSIFICAÇÃO ANUAL DE OCORRÊNCIA DOS FENÔMENOS

| Ano | Ocorrência | Intensidade |
|---|---|---|
| **1980** | *El Niño* | Fraco |
| **1981** | Neutro | |
| **1982** | *El Niño* | Forte |
| **1983** | *El Niño* / *La Niña* | Forte / Fraco |
| **1984** | *La Niña* | Fraco |
| **1985** | *La Niña* | Fraco |
| **1986** | *El Niño* | Moderado |
| **1987** | *El Niño* | Moderado |
| **1988** | *El Niño* / *La Niña* | Moderado / Forte |
| **1989** | *La Niña* | Forte |
| **1990** | *El Niño* | Forte |
| **1991** | *El Niño* | Forte |
| **1992** | *El Niño* | Forte |
| **1993** | *El Niño* | Forte |
| **1994** | *El Niño* | Moderado |
| **1995** | *El Niño* / *La Niña* | Moderado / Fraco |
| **1996** | *La Niña* | Fraco |
| **1997** | *El Niño* | Forte |
| **1998** | *El Niño* / *La Niña* | Forte / Moderado |
| **1999** | *La Niña* | Moderado |
| **2000** | *La Niña* | Moderado |
| **2001** | *La Niña* | Moderado |
| **2002** | *El Niño* | Moderado |
| **2003** | *El Niño* | Moderado |
| **2004** | *El Niño* | Fraco |
| **2005** | *El Niño* | Fraco |
| **2006** | *El Niño* | Fraco |
| **2007** | *El Niño* / *La Niña* | Fraco / Forte |
| **2008** | *La Niña* | Forte |
| **2009** | *El Niño* | Moderado |
| **2010** | *El Niño* | Moderado |

Fonte: CPTEC, 2011, NOAA (2011), Quinn, *et tal* (1978) e Trenberth (1997). Organizado pelo autor.

Foram considerados para esta pesquisa, como objeto de análise, os eventos de *El Niño* de forte intensidade, conforme apresentados na Tabela 5 a seguir, a qual exemplifica a periodicidade e intensidade do fenômeno que atuou no Paraná, de modo a complementar as análises do período considerado.

TABELA 5: OCORRÊNCIA DO FENÔMENO *EL NIÑO* – INTENSIDADE FORTE

| **Fenômeno** | *El Niño* Forte |
|---|---|
| **Anos de ocorrência** | 1982/1983, 1990 a1993, 1997/1998 |

Fonte: CPTEC, 2011.

## 2.3 DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Nesta pesquisa utilizaram-se dados diários de precipitação coletados nas estações da Agência Nacional das Águas (ANA), Instituto das Águas do Paraná, atualmente denominado Águas Paraná e vinculado à Secretaria do Meio Ambiente de Recursos Hídricos do Estado do Paraná e Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), registrados em 24 horas, cuja descrição e características de tais estações são apresentadas na Tabela 6.

Assim, procedeu-se uma seleção prévia dos dados a serem investigados no período compreendido entre 1980 a 2010, de acordo com o histórico e a distribuição das estações, onde foi estabelecido, como critério para esta pesquisa, a existência de no máximo 10% de falhas para cada estação. Deste modo, ao longo dos 31 anos analisados, totalizando aproximadamente 11.315 dias de análise para cada estação, permitiu-se um máximo de 1.131 dias com falhas, ou então um pouco mais de 3 anos.

TABELA 6 – DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES UTILIZADAS

| Município | Estação | Bacia | Latitude | Longitude | Altitude | Entidade Responsável |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cascavel** | Nelson Taborda | Iguaçu | -25º 11' 01" | -53º 28' 49" | 611 m | Águas do Paraná |
| **Curitiba** | Curitiba | Iguaçu | -25º26’ 00’’ | -49º 16’ 00’’ | 924 m | Agência Nacional das Águas - ANA |
| **Foz do Iguaçu** | Salto Cataratas | Iguaçu | -25º 40' 59" | -54º 25' 59" | 152 m | Águas do Paraná |
| **Guarapuava** | Colônia Vitória | Iguaçu | -25º 33' 00" | -51º 28' 59" | 1000 m | Águas do Paraná |
| **Londrina** | São Luiz | Tibagi | -23º 31' 00" | -51º 13' 59" | 740 m | Águas do Paraná |
| **Maringá** | Maringá | Pirapó | -23º 25' 00" | -51º 57' 00" | 542 m | Agência Nacional das Águas - ANA |
| **Ponta Grossa** | Santa Cruz | Tibagi | -25º 12' 00" | -50º 09' 00" | 790 m | Agência Nacional das Águas - ANA |

NOTA: O sinal negativo indica latitudes do Hemisfério Sul e longitudes a Oeste do Meridiano de Greenwich (0º).

Pautado neste critério, todas as estações selecionadas atenderam a este pressuposto e aquelas falhas existentes, de modo a não comprometer as análises mensais de cada cidade, foram sanadas através da relação linear. Deste modo,

elegeram-se como estações apropriadas àquelas localizadas em região central ou circunvizinhas a cada cidade, de modo a obter uma distribuição geográfica adequada de uma série de precipitações mais completa possível ao longo dos anos.

Após essa avaliação iniciou-se o tratamento dos dados pluviométricos e a identificação de erros que por ventura estivessem registrados na série, dado que períodos sem informações ou com falhas nas observações foram corrigidos.

De acordo com a metodologia descrita em Collischonn e Tassi (2008) as séries pluviométricas foram submetidas a uma análise apurada, de modo a detectar erros grosseiros de registros, comumente encontrados nas planilhas de observações, como por exemplo, o preenchimento errado do valor na caderneta de campo; valor estimado (esporadicamente) pelo observador, por não ter realizado a anotação no dia em questão; obstrução do posto de observação seja por construções próximas ou crescimento da vegetação; aparelho danificado; entre outros.

Após este diagnóstico inicial, verificou-se a existência de falhas em determinados dias de observação das séries, em todas as estações selecionadas, o que se fez necessário realizar o preenchimento destas falhas utilizando estações ou postos pluviométricos circunvizinhos, com atenção às características de cada posto, como a altitude, latitude, e outros fatores ora apresentados.

De modo a sanar as faltas existentes, empregou-se o método da regressão linear para gerar as informações necessárias e completar os períodos falhados. Ao se utilizar tal método, segundo Collischonn e Tassi *op cit*, as precipitações da estação que apresentaram as falhas (Y) foram relacionadas com os dados de uma estação vizinha (X) e que apresentou os dados numa série completa. Assim, para exemplificar os procedimentos adotados nas estações utilizadas, escolheu-se aleatoriamente a cidade de Guarapuava, a qual apresentou duas falhas no ano de 1980, conforme demonstrado na tabela 7. Neste caso, as estações utilizadas foram Estação 1 - 02551008 (escolhida para ceder os dados desta pesquisa) e Estação 2 – 2551000 (aquela que contém a série completa, sem falhas para o referido ano), ambas situadas na cidade escolhida. Para o preenchimento das falhas dos meses de fevereiro e abril na estação 1 (E1) empregou-se a regressão linear simples, cuja equação obtida está representada no gráfico da figura 2.

A correlação determinou uma equação, estimada graficamente através da representação cartesiana dos pares de valores (X, Y), traçando-se a reta que melhor representa os pares de pontos. Assim, uma vez definida a equação ($y = 0,654x + 62,34$) os valores de chuva dos meses de fevereiro e abril na estação E1 foram assinalados em

116,2 mm e 102,03mm respectivamente. Esse procedimento foi estabelecido para todos os anos e estações envolvidas nesta pesquisa, considerando a importância em trabalhar numa base de dados com resultados confiáveis.

TABELA 7: DADOS DE CHUVA DE DUAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS LOCALIZADAS NO MUNICÍPIO DE GUARAPUAVA, PARA EXEMPLIFICAR O PROCESSO DE PREENCHIMENTO DE FALHAS.

| 1980 | Estação 1: 02551008 | Estação 2: 2551000 |
|---|---|---|
| Jan | 239,1 | 187,4 |
| Fev | Falha | 82,4 |
| Mar | 163,2 | 104,1 |
| Abr | Falha | 60,7 |
| Mai | 174,5 | 197,5 |
| Jun | 78,2 | 101 |
| Jul | 154,5 | 136,4 |
| Ago | 157,4 | 135 |
| Set | 193,1 | 228,1 |
| Out | 126,7 | 210,6 |
| Nov | 72,2 | 84,4 |
| Dez | 201,2 | 274,6 |

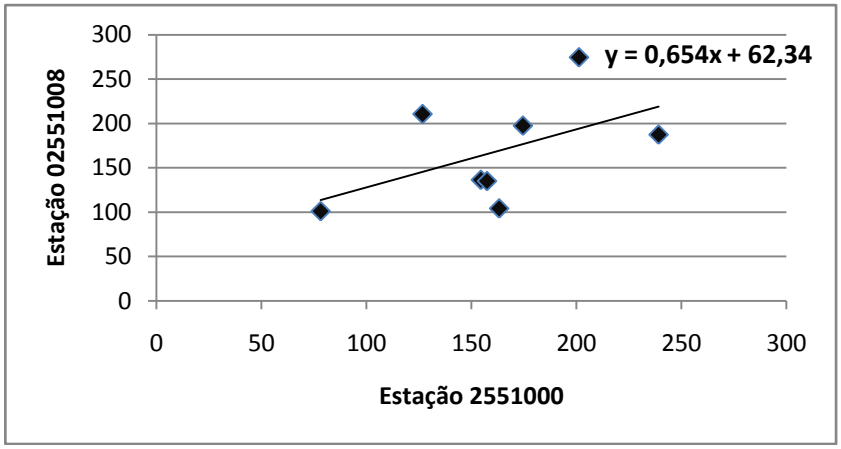



FIGURA 2: Relação linear entre as precipitações mensais de dois postos pluviométricos de Guarapuava, no ano de 1980, para preenchimento de falhas.

Após a conclusão do preenchimento das séries, foram realizados através dos *softwares Statistica* e *Excel*™, os cálculos de média, mediana, desvio padrão, amplitude e anomalia, para cada ano, mês e cidade. A variabilidade dos episódios de chuvas foi analisado em escala anual e mensal, e comparados com a média da série histórica de cada cidade.

O cálculo da variabilidade foi determinado pela fórmula ( $P_{ano/mês}$ - $\overline{P}$ ), onde, $P_{ano/mês}$ representa o valor da precipitação anual/mensal e $\overline{P}$ o valor médio anual/mensal

da série histórica. Tal estudo é justificado pela necessidade em se avaliar o quanto a precipitação variou anual e mensalmente em cada cidade, de modo a ponderar a variabilidade face os fenômenos de grande escala que atuaram sobre as cidades e estabelecer uma relação entre o total precipitado, atuação do *El Niño* e ocorrência de algum tipo de desastre.

De acordo com Mendonça; Barlet e Britto (2008), os episódios de chuvas acima do normal são maiores no Sul do Brasil, quando ocorre o fenômeno ENOS, enquanto que os eventos de fraca intensidade (desvios negativos) acontecem sob atuação da *La Niña*. Ao analisar a sazonalidade destes eventos, Mendonça; Barlet e Britto *op.cit.* constataram que na primavera e início do verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento; e final do outono e começo do inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao começo do evento, são os meses em que a probabilidade de ocorrência de precipitação acima da média histórica é maior sob influência do ENOS, interferindo na variabilidade climática das cidades estudadas.

Ainda, relacionado aos procedimentos adotados com os dados coletados, foi calculado o número de dias de chuva (NDC) para todas as cidades na escala de tempo adotada (1980-2010). Tal informação é relevante para determinar a distribuição da precipitação ao longo da série temporal.

Para o cálculo do NDC mensal, anual e no decêndio, satisfizeram-se duas indicações da OMM, (1989). Primeiramente, consideraram-se os períodos com dados das estações completos (sem falhas) e, segundo, os dados referentes aos dias de chuvas foram separados mensalmente em cada estação meteorológica e determinados, através de análise estatística, o total de dias em que a precipitação registrada foi igual ou superior a 1 mm em 24 horas, dado que a OMM considera este valor como limite mínimo para que ocorra um evento de chuva.

## 2.4 CATEGORIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

### 2.4.1 Índice de Anomalia das Chuvas (IAC)

Nesta pesquisa foi empregada a metodologia desenvolvida por Van Rooy (1965) o qual determinou o *Rainfall Anomaly Index* (RAI) ou Índice de Anomalia das Chuvas (IAC) de modo a quantificar as ocorrências de precipitação como um indicador numérico para cada local de estudo.

O desenvolvimento de ferramentas de modo a monitorar os episódios de precipitação, auxilia no planejamento e mitigação dos impactos destes episódios, além de uma precisa compreensão dos dados coletados.

Assim, foi estabelecida uma relação entre o IAC e os episódios (acumulado) de chuvas ocorridas ao longo da série estudada, de modo a mensurar e estabelecer uma classificação para cada ano e mês, dado que os episódios de precipitação são eventos aleatórios, ou seja, não seguem uma distribuição normal.

A seguir são apresentadas as fórmulas (2) utilizadas tanto para as anomalias consideradas positivas, quanto às negativas.

$$IAC = 3\left[\frac{(N - \overline{N})}{(\overline{M} - \overline{N})}\right] \qquad IAC = -3\left[\frac{(N - \overline{N})}{(\overline{X} - \overline{N})}\right] \qquad (2)$$

Anomalias positivas (valores acima da média) — Anomalias negativas (valores abaixo da média)

Onde:

IAC= Índice de Anomalia das Chuvas;
N = precipitação (anual ou mensal) atual (mm);
$\overline{N}$ = precipitação média (anual ou mensal) da série histórica (mm);
$\overline{M}$ = média das dez maiores precipitações (anuais ou mensais) da série histórica (mm) e,
$\overline{X}$ = média das dez menores precipitações (anuais ou mensais) da série histórica (mm).

Ao se estabelecer um conceito de índice aos eventos de chuvas é esperado que tal classificação apresente resultados confiáveis na avaliação dos episódios de precipitação e detecção de mudança dos mesmos.

De tal modo, baseado na série de precipitação selecionada neste estudo, é possível evidenciar uma classificação para cada ano e mês da série, sendo que os valores baixos do índice calculado, indicam uma situação de estiagem e os valores elevados sugerem uma situação de umidade, ou seja, quando o índice for positivo indicará que aquele determinado ano ou mês apresentou um acumulado de chuva acima da média histórica para aquela cidade, enquanto que nos valores negativos apresentados, ocorreu o contrário.

O Estado do Paraná possui como característica climática um total elevado no acumulado de precipitação nos meses de verão, enquanto que no inverno as chuvas são pouco freqüentes, ocasionando períodos de baixa pluviosidade (NIMER, 1979).

Neste trabalho, ao se tratar de estações secas, muito secas ou extremamente secas, por exemplo, serão discutidos os episódios de estiagem para determinada cidade, avaliada em determinado período de tempo. Característica esta que não pode ser

comparado com o fenômeno peculiar dos estados do Nordeste ou Centro-Oeste do Brasil, dado que para a Região Sul o fenômeno da seca raramente acontece devido a sua distribuição pluviométrica, se comparado a outras regiões do país. Sendo assim, reportou-se ao termo estiagem para classificar períodos em que houve um total de precipitação abaixo da média em determinada localidade, dado que o termo seca, segundo classificação da Defesa Civil (2011) e Leite, J. e Leite, P. (1984), trata-se de um fenômeno climático causado pela insuficiência de precipitação pluviométrica, numa determinada região por um grande período de tempo e possui, como características fundamentais, a insuficiência de chuvas e a calamidade sócio-econômica. Do ponto de vista meteorológico, a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes, ou seja, a estiagem, insuficiência de chuvas, é necessária, mas não é suficiente para caracterizar seca (LEITE, J. e LEITE, P., 1984).

Além do Índice de Anomalia de Chuva (Van Rooy, 1965), foram avaliados durante a fase de pesquisa e análise, os resultados e aplicabilidade de outras metodologias que incluem o Índice Palmer de Severidade de Seca (PDSI; Palmer, 1965) e o Índice Padronizado de Precipitação (SPI; McKee; Doesken e Kleist, 1993), sendo optado pelo IAC, devido a facilidade de sua aplicação, sendo necessário apenas dados de precipitação, e cujos resultados forneceram a freqüência de ocorrência de anos secos (estiagem) e chuvosos, bem como a intensidade do evento para cada cidade selecionada nesta pesquisa.

O Índice de PALMER (PDSI) não foi empregado, pois em seu cálculo é necessário a aplicação de dados baseados nas médias históricas de escoamento superficial (*runoff*), evapotranspiração, infiltração e perda de umidade do solo, não sendo, portanto objeto de análise deste estudo. Além destes fatores, o PDSI é considerado um indicador da seca meteorológica que não especifica qual escala de tempo é considerada em sua análise; utiliza regras arbitrárias para definir o início ou o fim de uma seca e apresenta restrições apenas ao local geográfico para o qual foi originalmente desenvolvido (ALEY, 1984; KARL, 1986; SANTOS, MORAES e PAIÃO, 1987; MCKEE; DOESKEN e KLEIST, 1993; e HAYES, SVOBODA, WILHITE *et al*.1999).

Após o cálculo do IAC para cada localidade, foram elaborados os gráficos da média e também organizado um cartograma, contendo todos os municípios e as referidas cidades, com a classificação anual e decenal do referido índice, e descrito anualmente qual fenômeno de grande escala atuou naquele determinado período de tempo. Neste cartograma, foram consideradas de modo separado as sequências do IAC, referentes a

precipitações, e identificaram-se as ocorrências de anos extremamente úmidos, muito úmidos, úmidos, sem anomalia (normal), seco, muito seco e extremamente seco, os quais foram agrupados e analisados numa escala temporal, seguindo a classificação apresentada na (Tabela 8).

TABELA 8 – CLASSIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE ANOMALIA DAS CHUVAS

| | Classificação | Índice de Anomalia (IAC) |
|---|---|---|
| Estiagem | Extremamente úmido | ≥4,00 |
| | Muito úmido | 2,00 a 3,9 |
| | Úmido | 0,01 a 1,99 |
| | Sem anomalia (normal) | 0 |
| | Seco | -0,01 a -1,99 |
| | Muito seco | -2,00 a -3,99 |
| | Extremamente seco | ≤ -4,00 |

Fonte: Van Rooy, 1965. Adaptação: Freitas, 2004. Org.: Autor.

### 2.4.2 Classificação pelos Quantis e Disco de Precipitação

Por meio da técnica dos quantis, utilizada neste estudo, a precipitação acumulada (mensal e anualmente) para cada uma das cidades selecionadas foi submetida à classificação definida pelos percentuais de 15%, 35%, 50%, 65% e 85%, os quais representam as probabilidades ou freqüências esperadas para os eventos classificados, segundo proposta de Pinkayan (1966), como Muito Seco ($p(x) < Q_{0,15}$), Seco ($Q_{0,15} \leq p(x) < Q_{0,35}$), Normal ($Q_{0,35} \leq P < Q_{0,65}$), Chuvoso ($Q_{0,65} \leq P < Q_{0,85)}$ e Muito Chuvoso ($P \geq Q_{0,85}$) respectivamente, onde Q expressa o limite do quantil adotado para a realização dos cálculos durante uma série de anos, na cidade considerada (CONOVER, 1999). Tal metodologia serviu para classificar os anos de estudo nas categorias descritas na Tabela 9, sendo posteriormente comparada à metodologia do Índice de Anomalia das Chuvas (IAC) de modo a verificar a eficácia dos resultados de ambas as técnicas.

TABELA 9 - QUANTIFICAÇÃO DOS PERCENTUAIS DOS QUANTIS

| Classificação | Percentual |
|---|---|
| Muito Seco | $(p(x) < Q_{0,15})$ |
| Seco | $(Q_{0,15} \leq p(x) < Q_{0,35})$ |
| Normal | $(Q_{0,35} \leq P < Q_{0,65})$, |
| Chuvoso | $(Q_{0,65} \leq P < Q_{0,85)}$ |
| Muito Chuvoso | $(P \geq Q_{0,85})$ |

Fonte: Lima, 2006.

Os resultados encontrados pelo método dos quantis foram obtidos através de cálculos estatísticos elaborados no *software Excel*™, sendo para isto inserido os dados diários de precipitação de cada cidade ao longo da série temporal, e determinada, através das probabilidades consideradas na tabela 9, os limites quantílicos (classes).

Ainda, foram organizadas tabelas com frequências absolutas e relativas anuais e mensais para cada categoria.

De tal modo, os totais de chuva acumulado mensal e anualmente, foram reunidos e inseridos num Disco de Precipitação, o qual objetivou a caracterização de períodos compreendidos na escala apresentada na tabela 9, correspondente à série histórica no período estudado.

A confecção de tal material serviu nesta pesquisa como objeto de comparação entre as cidades estudadas, de modo a constatar a capacidade que cada uma possui em relação ao volume precipitado e também para determinar se tal ano ou mês da série temporal foi chuvoso ou com predominância da estiagem.

O disco inicialmente foi dividido em partes iguais pelo número de cidades pesquisadas, e inserido nele o número de circunferências relativas às categorias propostas pela escala de quantis (muito seco, seco, normal, chuvoso e muito chuvoso).

Para alcançar os resultados esperados foi ponderado a variação da precipitação ocorrida na série temporal proposta e, a partir destas informações, aplicou-se a técnica estatística dos quantis, a qual proporcionou uma melhor observação e classificação de determinada ocorrência de chuva dentro do período analisado.

Assim, ao verificar que em Curitiba, o acumulado do ano de 1988 foi de 1233,2 mm, tal ano pode ser considerado como sendo seco, normal ou chuvoso para os padrões da cidade ao longo da série estudada? Ao constatar-se, através da técnica dos quantis, observou-se que tal ano foi considerado como seco, dado o valor apresentado estar entre os valores limites de 1210,0mm (muito seco) e 1375,0mm (normal). Deste modo, a utilização do Disco tornou prática e eficaz a observação dos dados obtidos, traduzindo de forma rápida a classificação proposta neste estudo.

Alguns resultados desta metodologia apresentaram, ao término dos cálculos, um número fracionário, sendo necessário ser aplicado o processo de arredondamento, seguindo os critérios a seguir, de modo a facilitar a visualização e constatação na escala do disco empregado:

a) O número foi considerado como inteiro quando o primeiro algarismo, após a vírgula, fosse menor que cinco. Ex. 1832,4 mm arredondou-se o índice para 1832,0 mm.

b) Se após a vírgula, o algarismo fosse maior que cinco, o número seria aumentado em uma unidade na sua parte inteira. Ex. 1832,7 mm passou a ser 1833,0 mm.

c) Se após a vírgula fosse constatado o numeral cinco, seria considerado a parte inteira do numeral. Ex. 1832,5 mm foi arredondado para 1832,0 mm.

## 2.5 OS DESASTRES PLUVIOMÉTRICOS

Os dados dos episódios relacionados à precipitação e que resultaram em ocorrências para a Defesa Civil de cada cidade, foram coletados na Coordenadoria de Defesa Civil do Estado do Paraná, através do site da instituição, e gerados relatórios para cada ocorrência, cidade e ano selecionado, a partir do dia 1º de janeiro de 1980 a 31 de dezembro de 2010. Desta maneira, se pode coletar todos os eventos de desastres julgados de caráter oficial, de modo a analisá-los face aos episódios de precipitação ocorridos na mesma data.

Foi necessário, *a priori,* estabelecer uma conceituação para o quesito “desastre” e quais os parâmetros necessários para que um determinado episódio pudesse ser classificado como tal.

Assim, foram aplicadas as conceituações divulgadas pela Defesa Civil Nacional, a qual estabelece que para a existência de um desastre, devem-se sopesar os resultados de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema (vulnerável), que venha a causar danos humanos, materiais e/ou ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Ainda, de acordo com a Defesa Civil, os desastres são quantificados em função dos danos e prejuízos, em termos de intensidade, enquanto que os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude. Além disso, a evolução (súbito, gradual ou somação de efeitos - numerosos acidentes semelhantes) e a origem dos desastres também foram consideradas nesta pesquisa, conforme demonstrado pela figura 3.

Assim, foram considerados como desastre os eventos de origem natural, caracterizados pela intensidade compreendida entre o Nível I ao nível IV, quanto de evolução súbita, gradual ou pela soma de efeitos parciais, associados à ocorrência de precipitação e definidos nas categorias seguintes:

a) Enchentes e Inundações (graduais e bruscas);

b) Alagamentos e,

c) Tempestades.

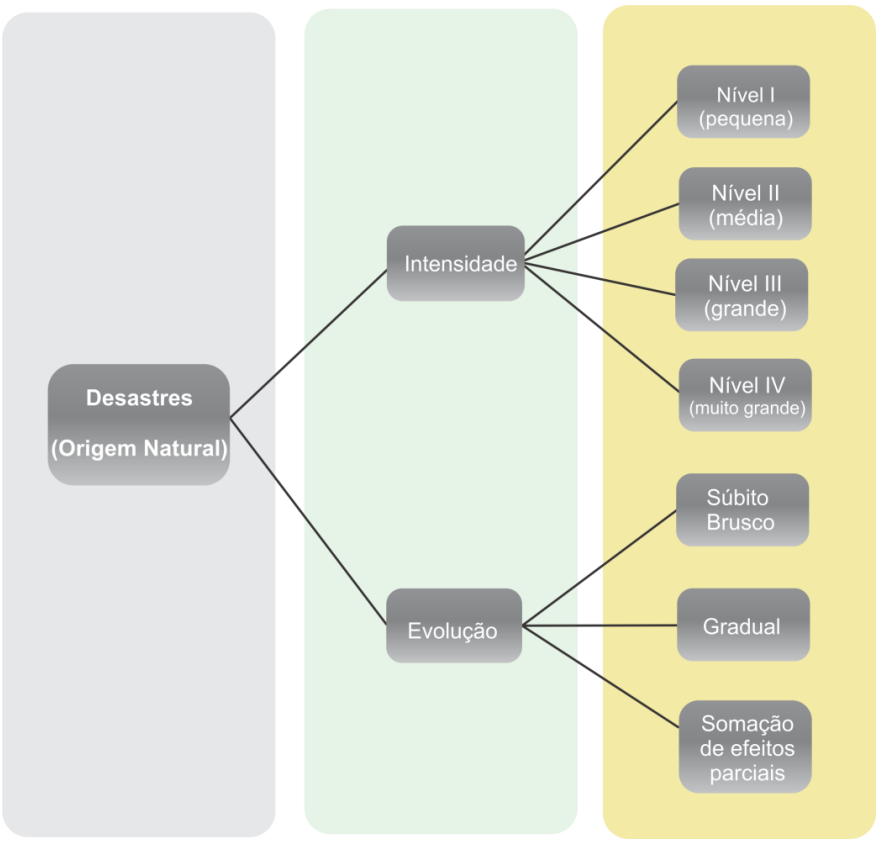



FIGURA 3: Classificação dos desastres, de origem natural, considerados na pesquisa.
Org: Autor.

Considerou-se como evento extremo todos os valores acima de 50 mm em cada cidade, dado que após o cálculo estatístico das precipitações, para classes selecionadas de 10 em 10 mm, constatou-se que mais de 90% dos eventos de precipitação ocorreram entre 1 mm e 50 mm.

Ainda, para caracterizar as chuvas máximas ocorridas em determinada oportunidade, procurou-se estabelecer uma classificação através de critérios que permitissem a catalogação de um determinado evento como desastre natural, sendo, portanto utilizada a metodologia presente no banco de dados EM-DAT (*Emergency Events Database*), desenvolvido e administrado pelo CRED (*Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*) da Universidade de Louvain, Bélgica que considera como desastre, a ocorrência de ao menos uma das situações a seguir:

a) 10 ou mais vítimas fatais;

b) 100 ou mais pessoas afetadas;

c) declaração de estado de emergência; e

d) pedido de assistência internacional.

Ao ser constatado que determinado episódio atendeu aos critérios expostos, analisado e considerado como desastre para determinada cidade, as seguintes

consequências, expostas na figura 4, relacionadas aos danos humanos, foram ponderadas.

A metodologia empregada pela Defesa Civil orienta que além dos danos humanos, ou seja, aqueles avaliados em função do número de pessoas afetadas, os danos materiais e ambientais também devem ser objetos de análise. Segundo a instituição, os danos materiais são dimensionados em decorrência do número de edificações, instalações e outros bens danificados e destruídos e do valor estimado para a reconstrução ou recuperação dos mesmos, enquanto que os danos ambientais são medidos quantitativamente de acordo com o volume de recursos financeiros necessários à reabilitação do meio ambiente afetado.

FIGURA 4: Danos humanos avaliados.
Fonte: Defesa Civil. Org. autor

## 2.6 DISCO DE PRECIPITAÇÃO PARA EVENTOS EXTREMOS

Os dados relativos aos eventos de precipitação de grande intensidade, para cada cidade, foram computados baseados em métodos estatísticos, de modo a determinar a intensidade de cada episódio para o período considerado, e avaliar a intensidade do impacto (precipitação x ocorrência), onde resultou no disco de precipitação de eventos extremos, o qual pode ser utilizado para identificar e classificar determinada ocorrência de chuva em cada localidade, durante a série histórica.

Assim, a utilização de tal procedimento de avaliação foi de significativa importância neste estudo para definir quais os valores mínimos considerados como eventos extremos para cada cidade.

Destarte, o disco de precipitação foi dividido em cinco partes, a primeira faixa corresponde ao período de normalidade, seguido de 4 níveis de intensidade (Nível I ao Nível IV). Para isto, foi empregada a metodologia dos máximos de precipitação, adaptado dos trabalhos apresentados por Gao, Jeremy e Filippo (2006) e Frich; Alexander; Della-Marta, *et tal* (2002).

Os dados de precipitação de cada estação, referente a cada cidade, foram inseridos num banco de dados do *Excel*™ e selecionados todos os eventos maiores ou iguais a 50 mm e, os máximos de chuva em 24 horas ocorridos ao longo da série temporal (1980-2010). Após esta seleção, foi realizado o cálculo do desvio padrão e média anual destes máximos valores, de modo a iniciar a classificação dos diferentes níveis de eventos extremos que cada cidade apresentou.

Para os totais de precipitação enquadrados no Nível I, ou seja, o valor mínimo de precipitação capaz de gerar o acontecimento de um desastre, seja ele ambiental, social ou econômico, decorrente de um acumulado de precipitação, foi considerado como sendo aqueles cuja média dos máximos valores ($\overline{M}_{máx}$) fosse menor ou igual à precipitação avaliada e ao mesmo tempo menor do que a média dos máximos ($\overline{M}_{máx}$) mais uma vez o desvio padrão dos máximos valores, conforme demonstrada na tabela 10 e na notação a seguir, $\overline{M}_{máx} \leq P < \overline{M}_{máx} + 1\sigma$.

O Nível II foi analisado e considerado como sendo o total obtido quando a precipitação avaliada fosse maior ou igual à média dos máximos ($\overline{M}_{máx}$) mais uma vez o desvio padrão dos máximos e, ao mesmo tempo, menor que a média dos

máximos ($\overline{M}_{máx}$) mais duas vezes o desvio padrão dos máximos, conforme o registro $\overline{M}_{máx} + 1\sigma \leq P < \overline{M}_{máx} + 2\sigma$.

Considerou-se como Nível III, os eventos de precipitação ocorridos quando o acumulado avaliado fosse maior ou igual a média dos máximos ($\overline{M}_{máx}$) mais duas vezes o desvio padrão dos máximos e menor que a média dos máximos ($\overline{M}_{máx}$) mais três vezes o desvio padrão dos máximos ($\overline{M}_{máx} + 2\sigma \leq P < \overline{M}_{máx} + 3\sigma$).

O evento extremo de chuva classificado como Nível IV é o valor da precipitação analisada superior ou igual à média dos máximos ($\overline{M}_{máx}$) mais três vezes o desvio padrão dos máximos $\overline{M}_{máx} + 3\sigma \leq P$.

TABELA 10 – CLASSIFICAÇÃO EMPREGADA AOS EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA EM 24 HORAS DURANTE O PERÍODO 1980-2010.

| Nível estabelecido | Parâmetro utilizado |
|---|---|
| **Normal** (Podendo ocorrer algum tipo de desastre) | $P < \overline{M}_{máx}$ |
| **Nível I** (intensidade pequena) | $\overline{M}_{máx} \leq P < \overline{M}_{máx} + 1\sigma$ |
| **Nível II** (intensidade média) | $\overline{M}_{máx} + 1\sigma \leq P < \overline{M}_{máx} + 2\sigma$ |
| **Nível III** (intensidade grande) | $\overline{M}_{máx} + 2\sigma \leq P < \overline{M}_{máx} + 3\sigma$ |
| **Nível IV** (intensidade muito grande) | $\overline{M}_{máx} + 3\sigma \leq P$ |

Onde:

$\overline{M}_{máx}$: Média dos maiores registros de precipitação, acima de 50 mm.
$P$: Precipitação a ser analisada pelo usuário (não incluída no cálculo)
$\sigma$: Desvio Padrão dos máximos
Fonte: Freitas, 2012.

Os dados determinados para cada cidade estão demonstrados na tabela 11 e indicam estatisticamente a capacidade de cada localidade em absorver os volumes de chuva considerados como extremos, e sugere o valor mínimo capaz de desencadear um desastre relacionado à precipitação durante o período estudado. Tais valores são considerados para um evento isolado, sem chuvas antecedentes e com duração de 24 horas.

TABELA 11 - CLASSIFICAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA BASEADO NA MÉDIA DOS MÁXIMOS VALORES (ACIMA DE 50 mm) E OS LIMITES DA INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO (MM) MÁXIMA ANUAL (1980 – 2010) PARA AS CIDADES SELECIONADAS NA PESQUISA.

| Cidades | Normal | Nível I | Nível II | Nível III | Nível IV |
|---|---|---|---|---|---|
| **Cascavel** | P < 71,0 | 71,0 ≤ P < 79,0 | 79,0 ≤ P < 86,0 | 86,0 ≤ P < 93,0 | P ≥ 93,0 |
| **Curitiba** | P < 59,0 | 59,0 ≤ P < 85,0 | 85,0 ≤ P < 112,0 | 112,0 ≤ P < 138,0 | P ≥ 138,0 |
| **Foz do Iguaçu** | P < 67,0 | 67,0 ≤ P < 81,0 | 81,0 ≤ P < 95,0 | 95,0 ≤ P < 109,0 | P ≥ 109,0 |
| **Guarapuava** | P < 69,0 | 69,0 ≤ P < 76,0 | 76,0 ≤ P < 84,0 | 84,0 ≤ P < 92,0 | P ≥ 92,0 |
| **Londrina** | P < 67,0 | 67,0 ≤ P < 76,0 | 76,0 ≤ P < 84,0 | 84,0 ≤ P < 92,0 | P ≥ 92,0 |
| **Maringá** | P < 67,0 | 67,0 ≤ P < 76,0 | 76,0 ≤ P < 85,0 | 85,0 ≤ P < 94,0 | P ≥ 94,0 |
| **Ponta Grossa** | P < 67,0 | 67,0 ≤ P < 76,0 | 76,0 ≤ P < 85,0 | 85,0 ≤ P < 95,0 | P ≥ 95,0 |

Nota: Na tabela, (P) representa o evento de precipitação ocorrido e que está sendo objeto de análise comparativa pelo usuário. Org.: Autor.

# CAPÍTULO III
# AS CIDADES MÉDIAS E GRANDES DO PARANÁ (1980-2010)

A organização urbana ostentou maiores proporções a partir do século XX, sendo a cidade a grande expressão geográfica daquele século. A organização dos espaços em todo o globo manifesta, cada vez mais, o papel hegemônico da cidade na determinação de padrões regionais (CONTI, 1998).

No período compreendido entre as décadas de 1940 e 1980, o Brasil presenciou um grande êxodo rural dos brasileiros que deixaram o campo em busca de novos desafios e melhorias nas cidades. A taxa de urbanização brasileira que em 1940 era de 26,35%, em 1991 atingiu o valor de 77,13% e assim, o campo deu lugar definitivamente à cidade como nova morada da população (SANTOS, 1993). Em virtude disso, os problemas ambientais inerentes a um adensamento imediato, repercutiram negativamente no cotidiano destes novos integrantes da vida urbana, ampliando-se até a presente data.

O crescente processo de urbanização que ocorreu no Brasil, a partir da segunda metade do século XX, incidiu numa ampliação no número de cidades grandes e médias (OLIVEIRA, 2002). Assim, determinadas proposições de planejamento urbano identificaram nas cidades médias uma opção para a descentralização das metrópoles, evento este que continua a acontecer entre as principais cidades do Paraná, como Curitiba e Londrina.

Tal debate reflete a essência deste capítulo, dado a complexidade em se classificar as cidades e perceber o processo de ocupação das mesmas. Ainda, o crescimento populacional e a inversão do meio rural pelo urbano tornam-se significativos, a fim de compreender a crescente relação existente entre desastres naturais, população, meio urbano e precipitação.

Deste modo, deve-se considerar como a sociedade tem reagido a estes impactos de precipitação, e se comprovadamente tem ocorrido um gradual aumento das ocorrências hidrometeóricas no ambiente urbano nas últimas quatro décadas. Baseado nesta afirmação sucedem-se interrogações e hipóteses explicativas das causas que justificam o aumento de vítimas e prejuízos decorrentes de eventos climáticos extremos. Contudo, a aceleração do desenvolvimento populacional e das atividades econômicas tende a conduzir modificações expressivas dos parâmetros urbanos.

Chama-se a atenção para o fato que durante o período da análise histórica proposta nesta pesquisa constatou-se, através dos dados coletados de fontes oficiais

(Defesa Civil, INMET, ANA, SIMEPAR), a ocorrência de enchentes, alagamentos e severas estiagens, que originaram danos socioambientais e, por conseguinte, danos econômicos à população, tanto da zona urbana quanto rural. Entretanto, isso não significa a existência de uma mudança climática austera no Paraná, pois essa variação climática percebida pode ser entendida como um ciclo normal e elemento integrante do clima paranaense, visto que o Estado não possui uma longa série de registros climatológicos de grande parte de seu território.

Assim, compreender como ocorreu a migração populacional do campo para a cidade e o consequente adensamento urbano, contribuirá para a compreensão dos impactos socioambientais gerados por eventos climáticos extremos nestas áreas.

De acordo com Mendonça (2000), as cidades médias dos países não desenvolvidos, começaram a despertar o interesse dos pesquisadores climáticos há pouco tempo, devido em grande parte, pela influência dos estudos de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro.

Milton Santos (1991), destacou em sua obra que a proliferação de cidades grandes deu-se no século XX, tanto em países desenvolvidos quanto em vias de desenvolvimento, sendo primordialmente nos países pobres que tal fato se consolidou.

A qualidade de vida nas cidades e a degradação ambiental agravam-se na medida diretamente proporcional ao da urbanização. Deste modo, conforme assegura Claval *in* Mendonça (2000), tanto as cidades pequenas quanto as médias apresentam problemas ambientais na proporção das grande cidades, dado que a construção de equipamentos urbanos (casas, estradas, parques industriais e outros) modifica densamente o meio, levando o regime do clima, das águas e dos ventos a serem alterados de modo *Strictu sensu*.

Igualmente, o célere desenvolvimento das cidades médias e a representatividade das mesmas, seja qualitativa ou quantitativamente, desencadeou um despertar dos pesquisadores do clima urbano para a investigação de tais ambientes. Contudo, as cidades de porte médio apresentam características geográficas individualizadas das cidades grandes, o que permite uma melhor concepção da interação sociedade-natureza na construção do clima urbano (MENDONÇA, 2000).

A caracterização geográfica do significado de cidade média influenciou organismos internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), a considerar como limite mínimo 100.000 habitantes (UIA, 1998). Mas, ao ponderarmos exclusivamente o quantitativo (população residente total) encontramos opiniões divergentes para cada

esboço. A Comissão Econômica para América Latina e o Caribe (CEPAL) apresentou em seus estudos, uma metodologia na qual considerou de tamanho médio a cidade com uma população entre 50 mil e 1 milhão de habitantes e a cidade grande com população residente acima de 1 milhão.

A cidade como espaço urbano, pode ser analisada como um conjunto de pontos, linhas e áreas. Também, pode ser considerada como uma forma especial em suas conexões com a estrutura social, processos e funções urbanas (CORRÊA, 1989).

De acordo com Santos (1993), aconteceram alterações nas funções típicas das cidades médias, principalmente devido às modificações e às evoluções do sistema urbano vigente. Assim sendo, conforme Amorim Filho e Serra (2001), as cidades médias consistir-se-iam nos centros cuja população residente estivesse enquadrada entre 50 mil e 250 mil habitantes.

Para Soares, *in* Stamm, Wadi e Raimundo (2005), é defendido pelos autores que uma cidade média é aquela que apresenta um tamanho populacional entre 200 mil a 1 milhão de habitantes.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) define a cidade média brasileira como aquela que possui população entre 100.000 e 500.000 habitantes.

França, (2007), enfatiza que o título de cidade média pode durar um determinado período de tempo, como também tal cidade pode ser elevada à categoria de cidade grande, desde que a circunstância socioeconômica, rede de consumo, infraestrutura, número de habitantes, entre outras condições, favoreça esta situação de mudança.

Maricato *op. cit.* analisou em sua obra e considerou como cidade média, aquela cujo quantitativo da população residente apresenta-se entre 100 mil e 500 mil habitantes. A autora ainda realçou que tais cidades desenvolveram-se e apresentaram taxas de crescimento demográfico superiores ao crescimento das metrópoles ao longo das últimas décadas do século XX.

Recentemente, os limites demográficos na maioria dos estudos foram ampliados, pois o que definia cidades médias há décadas não satisfaz à atual configuração socioeconômica. Portanto, cresce a importância em seguir um conceito para se analisar as Cidades que na década de 1980 eram consideradas como médias no Paraná, e mantiveram ou evoluíram ao longo da escala temporal estabelecida nesta investigação.

O Estado do Paraná possui em seu território 399 municípios (IBGE) e, de acordo com o Censo realizado em 2010, 28 destes possuem população residente total entre 30 mil e 50 mil habitantes, totalizando 7% do número total de municípios. Ainda, entre 50 mil

e 100 mil habitantes, 14 municípios apresentam tal característica, ou seja, 3,5%. Entre 100 mil e 200 mil habitantes, 10 municípios são encontrados neste intervalo de classe, perfazendo 2,5%. Compreendido entre 200 mil e 500 mil, existem seis municípios, o que se constitui em 1,5% do total de municípios. E acima de 500 mil, apenas Londrina e a capital Curitiba (com mais de 1 milhão) são destacadas.

Ao ser analisado o dado de população divulgado pelo IBGE ao longo das décadas, constatou-se que a migração é o elemento fundamental para o entendimento desses novos processos de surgimento das cidades médias e grandes e da realocação da população nos espaços não-metropolitanos (BAENINGER, 2008).

Até os anos de 1970, o processo de urbanização esteve baseado na vertente da concentração: concentração da dinâmica econômica, da população nas grandes metrópoles e nas migrações. O ponto de inflexão deste processo histórico é a década de 1980, quando novas formas de reorganização da população e da dinâmica econômica se rebatem na configuração urbana (BAENINGER, 2010).

Entre as décadas de 1980 a 2010 verificou-se, a partir dos resultados dos Censos Demográficos, que as cidades apontadas neste estudo indicaram uma tendência ao decréscimo de suas taxas de crescimento. No entanto, percebeu-se que ocorreu uma expansão e interiorização da urbanização no Estado nas últimas quatro décadas, ocasionando o surgimento de novas cidades médias e grandes (Figura 5). Assim, destacam-se após o censo de 1991, as cidades médias de Colombo, Paranaguá, Piraquara, São José dos Pinhais e Umuarama.

O censo publicado em 2000 revelou além das já citadas localidades, Apucarana e Pinhais como as novas cidades médias do estado do Paraná daquela década. Neste mesmo período (2000), o município de Umuarama não apresentou população urbana superior a 100 mil habitantes, o que o classificou como de pequeno porte.

Em 2010, após os resultados anunciados pelo IBGE, este enfatizou a importância das cidades médias para o desenvolvimento regional de cada estado. Assim, pode-se verificar que o Paraná acompanhou esta tendência e ao longo da década apresentou um salto no número de novas cidades consideradas de médio porte como: Arapongas, Araucária, Almirante Tamandaré, Campo Largo e Toledo.

Nesta mesma década (2010) as cidades de Maringá e Ponta Grossa apresentaram um acréscimo no número de habitantes, totalizando mais de 300 mil, enquanto Londrina deixou de ser uma cidade média para ser consolidada como a primeira cidade grande do Paraná, excetuando-se a capital Curitiba.

A partir do censo de 2000, destaca-se uma diminuição do ritmo de crescimento da população de Curitiba em comparação com o período anterior (entre os anos de 1980 e 1991). Os números divulgados pelo IBGE revelou uma taxa de crescimento populacional entre 2000 e 2010 de 0,99%a.a., contra 2,13%a.a., de 1991 até 2000 e 2,03%%a.a. de 1980 a 1991. Com o crescimento, a população de Curitiba atingiu 1.751.907 habitantes, sendo considerada a oitava maior cidade brasileira (IBGE, 2011).

Londrina , a segunda maior cidade do estado, apresentou um crescimento urbano de 1,27%%a.a. entre 2000 a 2010. A população urbana que era de 433.243 habitantes em 2000, passou para 493.520 habitantes em 2010. Entre 1991 e 2000, a população da cidade cresceu 1,52%a.a., e entre 1980 e 1991 a população registrou um crescimento de 2.13%a.a.

Maringá apontou um maior crescimento relativo entre as cidades pesquisadas. A população urbana, que era de 165.042 habitantes em 1980, passou para 350.653 habitantes em 2010. Entre 2000 e 2010 o crescimento populacional urbano foi de 2,16%ao ano.

Ponta Grossa apresentou um crescimento geográfico de 1,31%a.a. entre 2000 e 2010, enquanto que em 1991 o crescimento foi de 1,90%a.a. quando comparado com 1980 e de 1,75%a.a. se comparado com o ano de 2000. A população urbana passou dos 176.268 habitantes em 1980 para 304.733 habitantes em 2010.

Cascavel teve um aumento populacional urbano de 1,56%a.a. entre 2000 e 2010. O maior registro de crescimento geométrico da população foi registrado entre 1991 e 2000, apontando um acréscimo de 2,70%ao ano. O censo de 1980 revelou uma população urbana de 126.401 habitantes em 1980, enquanto que em 2010 270.049 habitantes viviam na cidade.

Entre os anos de 2000 e 2010, a cidade de Foz do Iguaçu apontou uma diminuição do crescimento populacional de -0,09%a.a. A população urbana de 256.370 habitantes no ano de 2000 foi reduzida para 253.962 habitantes em 2010. Desta maneira, Foz do Iguaçu foi a cidade que registrou ao menos um crescimento médio geométrico negativo ao longo do período pesquisado. Tal fato foi registrado na última década pesquisada, dado que entre os anos de 1980 a 1991 a cidade apontou um crescimento de 2,71%a.a. e de 3,47%a.a. entre 1991 e 2000. A população urbana de 103.696 habitantes, relatadas pelo IBGE em 1980, passou para 253.962 habitantes em 2010.

A cidade que apresentou o menor crescimento da população urbana foi Guarapuava. Entre 1980 e 2010 o valor médio não ultrapassou 1%. A cidade, mesmo

sendo um dos centros regionais do estado do Paraná, com posição geográfica estratégica, registrou um crescimento abaixo da média quando comparado com as outras cidades estudadas. Em 1991, a população urbana era de 116.150 habitantes enquanto que em 2010 o número apontado pelo IBGE foi de 152.993 habitantes. O crescimento médio da população entre 2000 e 2010 foi de 0,77%.

As cidades médias e grandes selecionadas para compor este estudo apresentaram um padrão de urbanização marcado por um crescimento rápido e concentrado da população urbana. Contudo, a dinâmica do crescimento da população contribuiu para a expansão das grandes cidades (Curitiba e Londrina) e a ampliação de uma diversificada rede urbana, com o crescimento acelerado das capitais regionais (Ponta Grossa, Guarapuava, Cascavel, Maringá e Foz do Iguaçu), bem como o aumento da população urbana em outras cidades, atualmente consideradas de médio porte (Almirante Tamandaré, Apucarana, Arapongas, Araucária, Campo Largo, Colombo, Paranaguá, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais, Toledo e Umuarama), mas que em 1980 foram analisadas como sendo de pequeno porte.

Esse processo de concentração urbana em determinadas localidades teve momentos de maior e menor intensidade, acarretando num processo de desaceleração no ritmo de crescimento populacional dos grandes centros urbanos e aumento naquelas cidades de menor porte (BAENINGER, 2010).

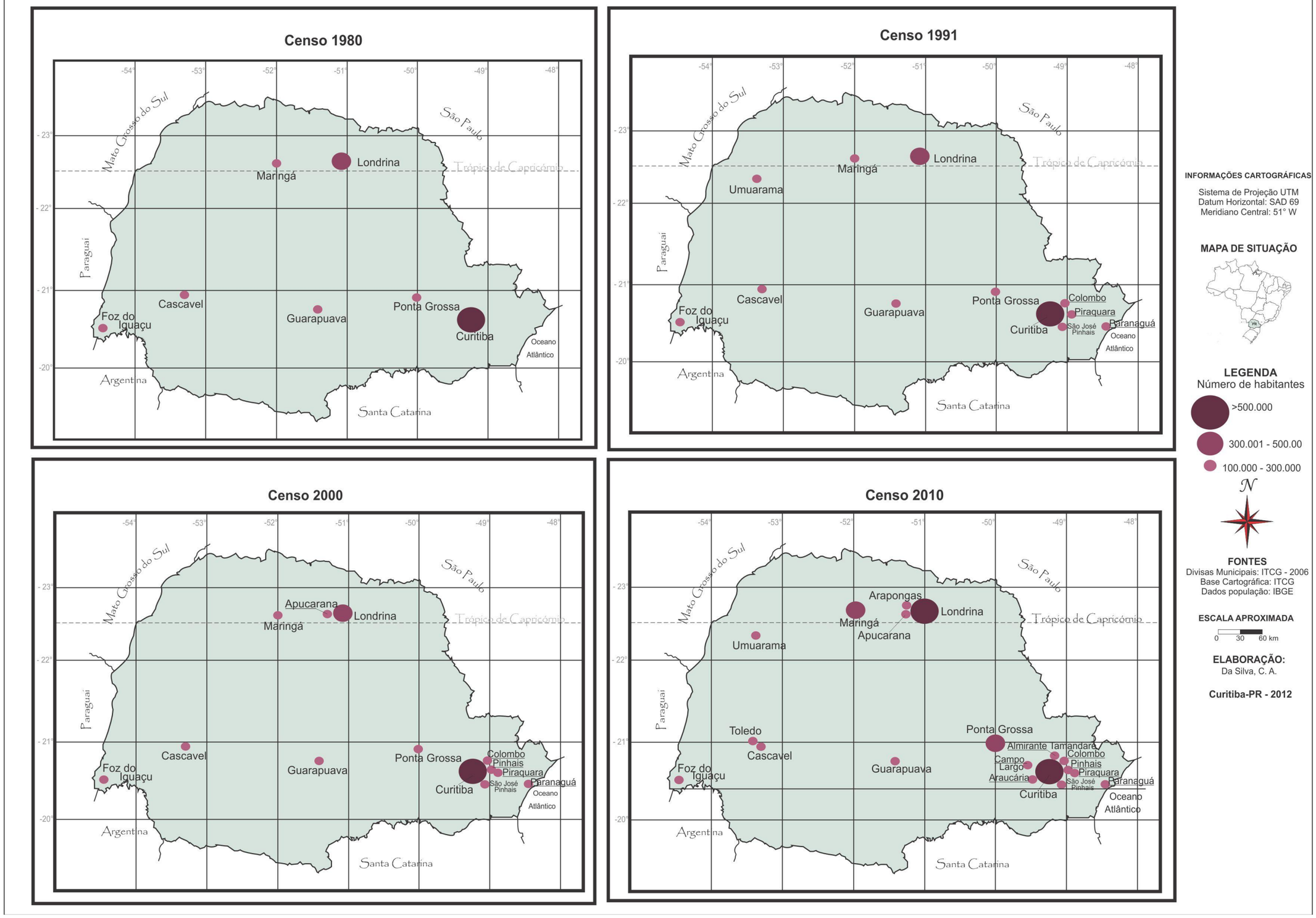



FIGURA 5 – Mapas representativos da evolução do número de cidades acima de 100 mil habitantes ao longo da série temporal pesquisada (1980-2010).
Fonte: IBGE, Censo demográfico (1970, 1980, 1991, 2000 e 2010).Org: Autor.

## 3.1 O PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DAS CIDADES MÉDIAS E GRANDES – TRANSPONDO AS FRONTEIRAS DO RURAL

A urbanização das cidades é tratada na obra de Sandroni (2001), na qual o autor expõe sobre a migração rural-urbana, ocorrida na segunda metade do séc XX no Brasil, como sendo a passagem de um indivíduo do espaço natural ou rural para o espaço urbano.

Do mesmo modo, na obra de Lefèbvre (1999), o autor assegurou que a urbanização é uma implicação do processo de industrialização, o que vem culminar no desenvolvimento das cidades, cuja consequência é vista através dos diferentes tipos de planejamento e especulação do espaço urbano.

Países da América Latina, particularmente o Brasil, apresentaram um intenso processo de urbanização, especialmente na segunda metade do século XX (MARICATO, 2001). Para a autora, tal aumento é devido às migrações internas na década de 1980 enquanto que para Mendonça (2000), o intenso êxodo rural, notado particularmente após os anos de 1950, produziu um rápido e desordenado processo de urbanização.

Os movimentos migratórios intra e interestaduais, e também os intrarregionais, segundo Santos (2005), contribuíram para que ocorresse a consolidação das transformações e tendências populacionais no interior dos estados e da mudança da urbanização nacional como um todo. Ainda, conforme propõem Santos (*op.cit.*), a década de 1960 foi distinguida pelos deslocamentos realizados em direção às metrópoles, ocasionando o início do espraiamento da população das áreas rurais e a consequente inversão do contingente rural pelo urbano.

Os gráficos apresentados na figura 6 corroboram a dualidade entre o urbano e rural no Estado do Paraná ao longo da escala temporal (1980 a 2010) e servem como objeto de análise na observância do crescimento urbano em detrimento da diminuição da população rural. Nestes gráficos, foram inseridos os dados do censo de 1970, de modo a visualizar a dinâmica do desenvolvimento da população a partir da década de 1980. Assim, ajustado com tais análises, podemos compreender as evidências que acarretaram o aumento do número de impactos socioambientais em áreas urbanas, com consequente crescimento de pessoas vitimadas pelos impactos naturais, dado o maior número de pessoas residentes no meio urbano. Ainda, em observação aos gráficos da figura 6, percebemos que os municípios elegidos converteram-se em municípios majoritariamente urbanos em menos de meio século.

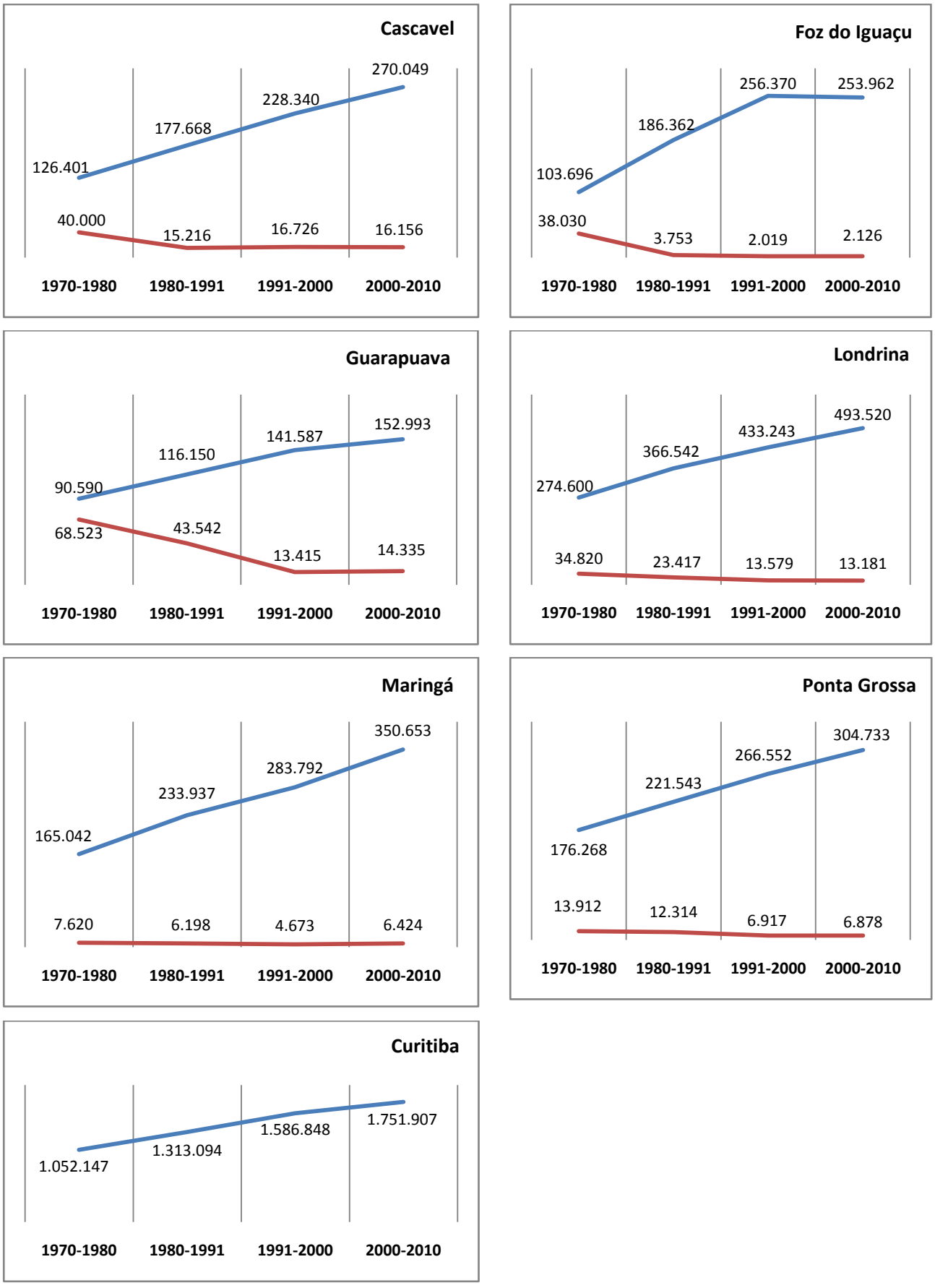



FIGURA 6 – Relação entre população urbana e rural ao longo da série temporal para as cidades analisadas.
LEGENDA: População Urbana População Rural

De acordo com as análises realizadas em dados divulgados pelo IBGE, constatou-se o aumento da população em todas as cidades selecionadas, particularmente na década de 1980. As cidades de Maringá, Foz do Iguaçu, Cascavel e Londrina apresentaram as maiores taxas de crescimento geométrico da população, conforme demonstrado na tabela 1, sendo Maringá a cidade que apresentou a maior taxa de crescimento da sua população na década de 1980, cujo valor atingiu 3,04%, seguido de Foz do Iguaçu (2,71%), Londrina (2,13%), Curitiba (2,03%), Ponta Grossa (1,90%), Cascavel (1,35%) e Guarapuava (0,03%).

A partir dos dados apresentados, constatou-se a evolução do ritmo de desenvolvimento das cidades médias e grandes, em termos de população urbana, onde se evidenciou o progresso da urbanização nas principais cidades do estado na década de 1980, as quais apresentaram, em décadas posteriores, um contínuo aumento da população nas áreas urbanas, excetuando-se Foz do Iguaçu, distinguindo-se por registrar um crescimento negativo de sua população (- 0,09% entre 2000/2010).

Recentemente, verificou-se também, como uma das principais tendências do processo de urbanização do Paraná, a diminuição paulatina da população urbana das cidades grandes e médias e o procedente aumento populacional de outras, particularmente as circunvizinhas às cidades maiores, consideradas pólos regionais (TUCCI, 2002).

Assim, observou-se que os processos de urbanização registrados nas regiões metropolitanas vêm se reproduzindo nas cidades de médio porte no Paraná nas últimas quatro décadas.

De tal modo, constatou-se nesta pesquisa que entre os períodos de 1980/1991, 1991/2000 e 2000/2010, apesar do crescente número de habitantes das cidades de Foz do Iguaçu, Londrina, Maringá, Ponta Grossa e Curitiba, ao se comparar as três décadas, notou-se uma tendência ao declínio das taxas de crescimento geométrico populacional nas referidas cidades. Guarapuava foi a que apresentou um crescente aumento entre as décadas de 1990 a 2010, após um ligeiro declínio do crescimento da população urbana entre os censos realizados de 1980 e 1991. De igual forma, a cidade de Cascavel apresentou um crescimento expressivo entre 1991 e 2000, porém, na década seguinte houve um decréscimo do crescimento médio da população urbana residente. Tal fato pode ser relacionado com o surgimento de Toledo, outra cidade média que comprova a tendência do espraiamento da população para cidades circunvizinhas aos grandes centros regionais do Estado.

Assim, entre os períodos de 1991/2000 e 2000/2010, houve um declínio expressivo das taxas anuais de crescimento populacional, determinado principalmente pela redução da fecundidade (DATASUS, 2012). Deste modo, na região Sul a taxa de crescimento no período 1991/2000 foi maior que a da década anterior, possivelmente pela diminuição da emigração ou retorno dos migrantes para as áreas de expansão da fronteira agrícola, ocorrida principalmente na década de 1970 e menor que a década posterior, entre 2000 a 2010.

No contexto das transformações urbanas, sejam elas sociais e ambientais, a relação existente entre o esvaziamento populacional das áreas rurais e o consequente aumento da população nas áreas urbanas, traz consigo com certa frequencia resultados de desastres até então pouco registrados no cotidiano das grandes e médias cidades paranaenses, como por exemplo, a significativa quantidade de pessoas vitimadas por ocasião dos eventos de precipitações extremas.

Romero (2001) relatou em sua obra que uma das principais conseqüências do processo de urbanização se reflete nas condições correspondentes ao espaço físico sobre o qual a cidade se desenvolve, devido as características naturais dos lugares, como o relevo e outras características morfológicas do sítio urbano serem deixadas em segundo plano pelos planejadores.

A figura 7 demonstra o crescimento geométrico da população residente nas cidades estudadas nesta pesquisa, as quais, apesar das melhorias advindas como o crescimento econômico, aumento da qualidade de vida, benfeitorias à comunidade em geral, apresentaram outras consequências decorrentes deste progresso. Destacam-se a degradação ambiental, exclusão de pessoas de baixa renda, cujo destino final foi a alocação em áreas de risco e sujeitas ao desastre e outros tipos de problemas, agravados pelo desgaste ambiental, e que resultaram num conjunto de acontecimentos excepcionais, ora explanados neste trabalho.

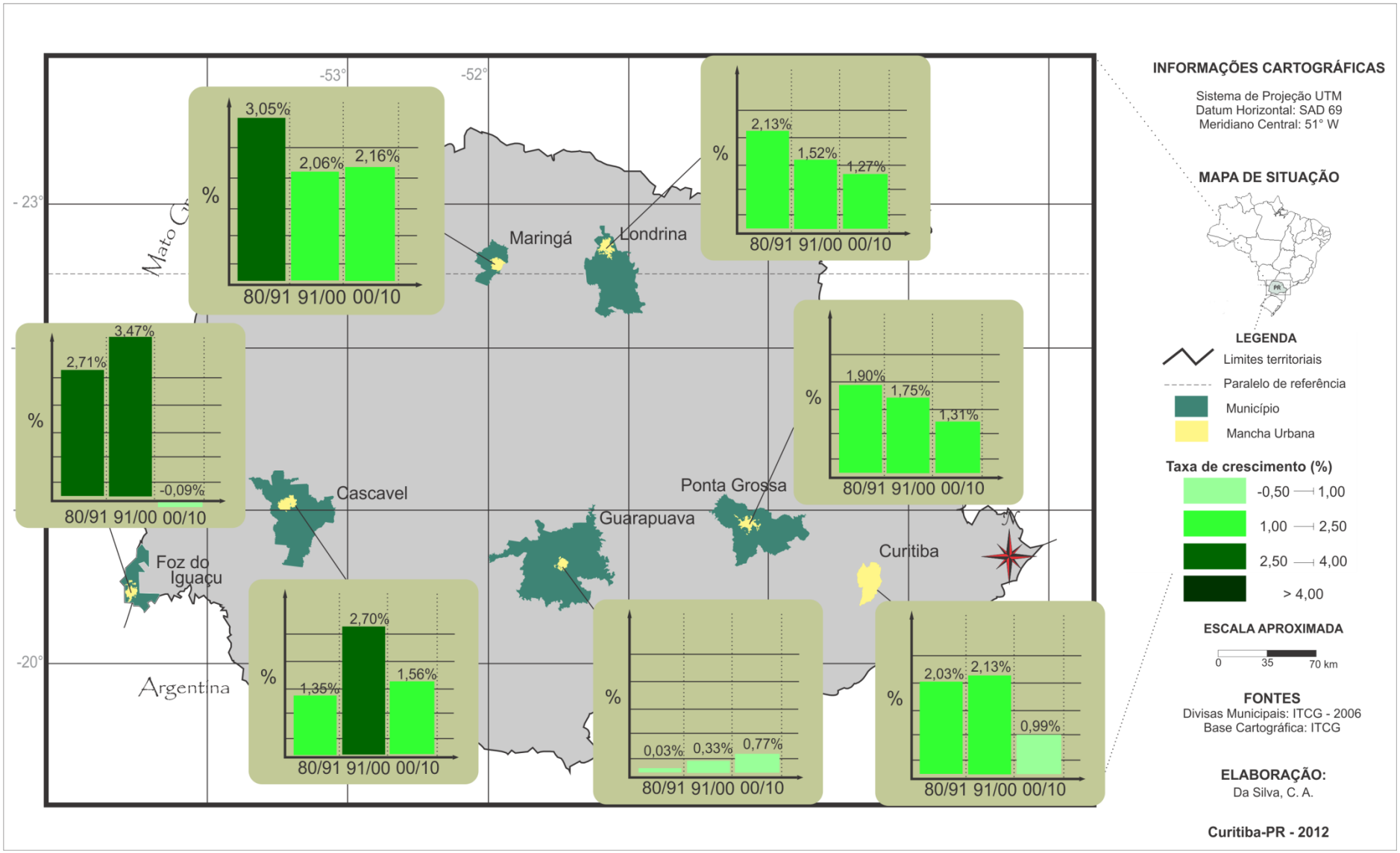



FIGURA 7: Taxa Geométrica de crescimento da população nas cidades selecionadas ao longo da série temporal (1980-2010)
Fonte: IBGE, Censo demográfico 1980-2010. Org: Autor

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS CIDADES SELECIONADAS FACE ÀS PECULIARIDADES FÍSICO REGIONAIS

O Estado do Paraná está situado na região Sul do Brasil e compreendido entre as latitudes -22° 29' 30'' e -26° 42' 59'', sendo caracterizado, de acordo com Monteiro (1968), como uma região de transição entre os climas tropical quente e úmido e o subtropical úmido, clima este que predomina em maior parte do território.

A principal rede hidrográfica do Estado é composta por rios perenes e de planalto, e devido ao relevo paranaense, alguns de seus principais rios seguem o curso no sentido Oeste-Leste, desaguando no Oceano Atlântico, outros na direção Leste-Oeste (Rio Iguaçu, Chopin, Ivaí, Paranapanema) com foz no Rio Paraná e sentido Sul-Norte (Rio Tibagi, Pirapó) cujas águas são tributárias do Rio Ribeira de Iguape. Ainda, os rios paranaenses apresentam importância nacional, dada a capacidade de geração de energia elétrica pelo complexo de usinas hidrelétricas instaladas no Estado.

Segundo Maack (1968) o Paraná recebe a influência das frentes polares e das massas de ar, bem como de ventos predominantes do quadrante sul e sudeste. Para o autor, a serra do Mar constitui uma barreira natural para os alísios de SE, sendo esta a que registra maior porcentagem de precipitações, devido às frequentes chuvas orográficas ou de ascensão.

De acordo com Maack *op.cit.* o Estado do Paraná pode ser distinguido pela existência de cinco grandes regiões de paisagem natural: 1) litoral (Planície Litorânea; 2) Serra do Mar; 3) Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba; 4) Segundo Planalto e, 5) Terceiro Planalto. As cidades selecionadas neste estudo estão situadas, respectivamente nas seguintes regiões: Curitiba (Primeiro Planalto), Ponta Grossa (Segundo Planalto), Londrina, Maringá, Guarapuava, Cascavel e Foz do Iguaçu (Terceiro Planalto).

O Primeiro Planalto possui como limites a Serra do Mar à Leste, sendo que na porção norte, a partir do divisor de águas Iguaçu-Ribeira, está recortado numa paisagem recente de elevações. Curitiba situa-se na parte não entalhada e suavemente ondulada deste planalto, sendo drenada por rios que transpõe a escarpa devoniana e por canais subterrâneos (MAACK, 1968).

O Segundo Planalto, onde está localizada a cidade de Ponta Grossa, possui como limite leste a escarpa devoniana (Serra São Luiz do Purunã) e oeste localiza-se a escarpa Triássico-Jurássica (Serra da Boa Esperança). Tais formações evidenciam a influência climática do Oceano Atlântico e das serras que limitam tais planaltos (MAACK, 1968).

As cidades situadas no Terceiro Planalto possuem como características a presença de grandes e importantes rios que cortam o Estado e percorrem o planalto e que influenciam na expansão das cidades bem como no abastecimento de reservatórios e inundações urbanas.

Ainda, o Paraná apresenta como características as latitudes e altitudes que tendem a influenciar os fenômenos climáticos. Conforme descrito por Maack (1968) se verifica quatro fatores principais que também determinam o clima geral do Paraná,

a) Ação da corrente marítima quente do Brasil que influencia as temperaturas da costa leste, fazendo avançar o caráter climático tropical quente e úmido. O elevado grau de saturação da umidade do ar ocasional, portanto um abaixamento das oscilações anuais da temperatura.

b) o alísio SE determina segundo sua força e desvio, a extensão da região atlântica tropical de baixa pressão, favorecendo o avanço de massas de ar polar (Massa Polar Atlântica - MPA) na direção norte/nordeste. Ainda, tais ventos estabelecem as precipitações orográficas na Serra do Mar.

c) Durante os meses de abril a setembro, as orientações dos anticiclones do Atlântico Sul para o norte provocam a infiltração das massas de ar frio (MPA).

d) A posição do Sol determina a oscilação rítmica das massas de ar da zona Atlântica equatorial e tropical de pressão baixa, no semestre de verão de outubro a março.

Portanto, as cidades analisadas neste estudo têm na dinâmica de seu clima a influência das Serras do Mar, Devoniana e da Boa Esperança, da altitude, latitude e predominância dos climas subtropical e tropical de altitude, o que favorecem a oscilação analisada ao longo dos anos de observação.

Segundo Sorre (1951) as diferenças de altitudes, o posicionamento das vertentes, a proximidade do oceano, as passagens das escarpas aos planaltos, propiciam uma modificação dos atributos climáticos do lugar, entre estes a precipitação. A caracterização de clima local feita por Pedelaborde (1969) *apud* Tavares (1977) concorda com as idéias de Sorre (1951), o que segundo aquele autor, a proximidade de uma cidade com o mar ou floresta, por exemplo, modifica a circulação regional, criando particularidades locais.

- CURITIBA

A capital Curitba, localizada no Primeiro Planalto Paranaense, é a sede da Mesorregião Metropolitana de Curitiba (IBGE, 2008) e ocupa o espaço geográfico de 432,17 km² de área na latitude 25°25’40”S e longitude 49°16’23”W, com 934 m de altitude e não possui área rural (IBGE, 2008). De acordo com a classificação de Köppen, a cidade

está sob influência do clima Tipo Cfb, clima temperado ou subtropical úmido, sem estação seca, verões frescos e invernos com geadas freqüentes (PEEL; FINLAYSON e MC MAHON, 2007).

Ao considerarmos a hidrografia da capital, realçamos as bacias hidrográficas do Rio Atuba, Belém, Passaúna e Ribeirão dos Padilhas, ambas inseridas na Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu, com destaque à bacia hidrográfica do Rio Barigui, que apresenta grande importância para o município por ocupar aproximadamente 35% do total de área das bacias de Curitiba, e cruzar algumas zonas urbanas residenciais, comerciais e industriais. Ao longo desta bacia hidrográfica, vivem cerca de 30% da população curitibana, representando uma intensa densidade demográfica e passível dos impactos ambientais decorrentes da precipitação (BRISKI; GÓES; JÚNIOR, *et tal*, 2009).

Dado as diferenças de altitude, onde a região norte da cidade possui as maiores médias, fazendo com que os rios percorram no sentido Norte-Sul, desembocando no Rio Iguaçu, um dos destaques da cidade, em relação aos rios que a cortam, é o processo contínuo de canalização, principalmente aqueles que passam pela área central da cidade, como o Rio Ivo e parte do Rio Belém. Deste modo, após a ocorrência de chuvas consideradas extremas, nota-se a frequente ocorrência de alagamentos bruscos em vários pontos da malha urbana.

Para Moura; Ultramari e Cardoso (1994), no Planalto de Curitiba, porção de povoamento mais antigo no estado, Curitiba destaca-se com suas funções político-administrativas de capital do estado e ainda, desde os anos de 1970 constata-se um aumento expressivo de centros urbanos ao redor da capital, consolidando-se o processo de metropolização de Curitiba. Na década de 1990, verifica-se que cidades como Colombo, Piraquara e São José dos Pinhais, pertencentes da RMC, ultrapassaram o total de 100.000 habitantes, as quais embora possuam significativa importância para o estado, não foram selecionadas para compor o escopo desta pesquisa, dado que na década de 1980 não atenderam aos requisitos estabelecidos.

Ainda, de acordo com o Censo 2000, somava-se às cidades já citadas Pinhais e na década seguinte (2000/2010), o grande "*boom*" das cidades médias da Região Metropolitana de Curitiba (RMC): Almirante Tamandaré, Araucária e Campo Largo totalizando nesta década sete municípios com mais de 100.000 habitantes como população absoluta total. Este "*boom*" demográfico ocasionou diversos problemas sociais, econômicos e ecológicos de difícil solução (OLIVEIRA, 2002).

- PONTA GROSSA

Na região Centro/Sul, vinculado ao processo de povoamento e desenvolvimento de atividades extensivas de criação de gado e tropeirismo, não se encontra um grande adensamento de cidades, entretanto se destacam Ponta Grossa e Guarapuava, as quais exercem a centralidade para a região em evidência (SAHR, 2001).

Ponta Grossa, localizada no Segundo Planalto Paranaense, numa altitude de 975 m e nas coordenadas -25º 05' 42'' de latitude Sul e 50º 09' 43'' de longitude oeste, Mesorregião Centro Oriental Paranaense (IBGE, 2008), está situada em quase toda sua totalidade, na bacia hidrográfica do Rio Tibagi, o qual tem sua direção orientada sentido Norte, até desaguar no Rio Paranapanema, divisa com o estado de São Paulo. Na malha urbana destacam-se os rios Verde, Botuquara, São Jorge e o Rio Pitangui, este de suma importância por realizar o abastecimento de água da cidade. Na região Nordeste do município, localiza-se a bacia hidrográfica do Rio Ribeira, o qual segue no sentido Leste e deságua no Oceano Atlântico.

- GUARAPUAVA

A cidade de Guarapuava está situada no Terceiro Planalto Paranaense, nas coordenadas -25º 23' 43'' e 51º 27' 29'' Sul, Mesorregião Centro Sul Paranaense, com altitude de 1120 metros acima do nível médio do mar, o que faz com que a cidade apresente invernos rigorosos, dada a altitude como fator ponderante. Ainda, possui a mesma classificação de Köppen (Cfb) para a cidade de Curitiba e Ponta Grossa, entretanto os elementos climáticos apresentam-se em níveis relativamente maiores que as cidades comparadas.

No que tange às bacias hidrográficas, Guarapuava possui 81,8% de sua área inserida na Bacia do Rio Cascavel, o qual corta o perímetro urbano da cidade no sentido Nordeste-Sudoeste, enquanto os afluentes (Arroio Carro Quebrado, Arroio Barro Preto e Arroio do Engenho) drenam no sentido Leste-Oeste, fato que demonstra um modelo de drenagem controlado pelo padrão estrutural do substrato rochoso (MINEROPAR, 1992). Um dos rios mais importantes é o Jordão, o qual cruza a cidade e sua rede de drenagem compreende os rios pertencentes às bacias hidrográficas do Rio Iguaçu, Ivaí e Piquiri.

Segundo Bertotti e Binda (2008), ao realizar o mapeamento de características físicas do relevo da cidade de Guarapuava, constataram que a Bacia do Rio Coutinho representa 7,56% do perímetro urbano do município e se estende na direção Nordeste-Este. Ainda, segundo relatos dos autores, a Bacia do Rio Jordão ocorre em 6,23% da malha urbana, e a orientação se dá na porção sul do bairro Boqueirão na faixa Nordeste-

Sudoeste. A Bacia do Rio das Mortes/Pedras incide em 4,39% do meio urbano e sobrevém margeando a escarpa do Jordão (Serra do Jordão) numa faixa compreendida de leste a sul do perímetro urbano.

- LONDRINA

A região Norte/Noroeste do estado apresenta cidades surgidas devido à colonização ocorrida por meio de projetos de povoamento exercido principalmente pela Companhia de Terras do Norte do Paraná (CTNP), destacam-se as cidades de Londrina e Maringá (LUZ, 1997).

Situada na Mesorregião Norte Central Paranaense, Londrina apresenta-se como a segunda maior malha urbana do Estado e a quarta maior cidade da região Sul do Brasil com 511.278 mil habitantes, de acordo com o Censo 2010 do IBGE. Inserida entre as coordenadas -23º 18’ 37’’ de latitude sul e 51º 09’ 46’’ oeste, numa altitude de 610 m, a cidade está localizada na Bacia do Tibagi (direção Sul-Norte) onde se destacam os rios Taquara, Apucarana e Tibagi.

Localizado ao Leste do município, delimitando as fronteiras, o rio Tibagi é um dos principais afluentes do rio Paranapanema e também um dos formadores da bacia do Tibagi, onde Londrina está situada.

De acordo com Barros, M; Barros, O; Polidoro, *et tal* (2008), na cidade estão localizadas as bacias Cafezal, Cambé, Jacutinga, Lindóia e Três Bocas, deste modo, constata-se que a bacia Jacutinga limita o município ao norte e o rio Três Bocas a parte sul. Ainda, o sentido percorrido pelos rios Jacutinga e Lindóia, ao norte, se faz na direção Oeste-Leste, por conseguinte as outras bacias integrantes do sistema hidrográfico do município (Cambé, Limoeiro, Cafezal e Três Bocas) apresentam orientação noroeste-sudeste, com foz no Tibagi.

Percebeu-se que a formação da rede hidrográfica urbana está constituída primordialmente por canais de 1ª ordem, os quais percorrem a área de Londrina seguindo a direção leste. Ainda, observam-se os lagos artificiais na região central (Igapó 1, 2, 3 e 4), os quais se transformaram em áreas de lazer, embora tenham sido projetados como uma solução para o problema de drenagem do ribeirão Cambé (Barros, M; Barros, O; Polidoro, *et tal* 2008).

- MARINGÁ

Situada entre as coordenadas -23º 25’ 31’’ de latitude sul e 51º 56’ 19’’ oeste, na Mesorregião Norte Central Paranaense, Maringá é a terceira maior cidade do Estado, com população de 362.329 mil habitantes (IBGE, 2010). A malha urbana distribui-se ao longo

da zona interfluvial, disposta na direção noroeste-sudeste, constituída pelo divisor de águas da bacia do Rio Pirapó ao norte, e do Rio Ivaí ao sul (ENDLICH, 1998). As altitudes encontradas variam de 360 m, nos vales mais dissecados, no extremo noroeste e sudeste do município, até 600 m, cota mais elevada, a qual se encontra no interior da área urbana, no topo do principal espigão divisor de águas, este que separa as sub-bacias do ribeirão Maringá, pertencente à bacia do rio Pirapó, e as sub-bacias do córrego Moscado e ribeirão Borba Gato, pertencentes à bacia do rio Ivaí (BORSATO e MARTONI, 2004). Segundo Borsato e Martoni (*op.cit.*), as bacias hidrográficas da área urbana de Maringá, devido ao formato retangular das mesmas, não estão sujeitas a enchentes freqüentes, entretanto devido à alta taxa de impermeabilização dos terrenos a que estão submetidas, apresentam uma taxa de escoamento superficial maior, elevando os picos de enchentes e alagamentos, especialmente nas bacias do Córrego Moscado e do Ribeirão Borba Gato, localizadas totalmente em área urbana.

- CASCAVEL

A região Oeste/Sudeste é uma das regiões que apresentaram uma das mais rápidas estruturações urbanas, conforme tratado na obra de Wachowicz (1987). Assim, as cidades de Cascavel e Foz do Iguaçu destacam-se neste cenário, particularmente devido às ações de planejamento em nível nacional da construção da hidrelétrica de Itaipu, a qual estimulou o desenvolvimento das cidades em tese.

Localizada na Mesorregião Oeste Paranaense, Cascavel está inserida no Terceiro Planalto, entre as coordenadas -24°57’21’’ de latitude Sul e 53º27’19’’ oeste, e caracteriza-se por estar numa altitude elevada em relação às outras cidades desta região. O município registra uma altitude média de 785 metros, enquanto Foz do Iguaçu, cidade vizinha, possui 164 m de altitude, Curitiba, situada no Primeiro Planalto Paranaense, registra 934 m. Esta altitude elevada, similar aos registros do Primeiro e Segundo Planalto Paranaense, faz com que a cidade fique sob influência da topografia, quando relacionado com os elementos climáticos que afetam a cidade. De acordo com a classificação climática de Köppen, o município possui o clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com características proeminentes de verões quentes e geadas pouco freqüentes no inverno. Ainda, apresenta tendência de concentração de precipitações nos meses de verão, sem estação seca definida. (PEEL, 2007)

Cascavel está situada na confluência de três grandes bacias hidrográficas - Bacia do Iguaçu, Paraná e Piquiri – e de acordo com Tosin (2005), o município é banhado por uma extensa rede de drenagem que converge predominantemente para noroeste, onde

se destacam os rios São Francisco Lopeí, das Antas, entre outros córregos e canais. Na direção norte, na bacia do Piquiri, predominam os rios Ano Novo, Boi Piguá, Barreiros, Iguá, Melissa, Piquirizinho, Sapucaia e Tesouro. Na direção sul, na bacia do rio Iguaçu, prevalecem os rios Andrada, Arquimedes, Cascavel, Tormenta, das Flores, do Salto, São José, entre outros de menor ordem.

Segundo Tosin (2005), a principal bacia hidrográfica do município é a Bacia do Rio Cascavel, a qual apresenta suas nascentes no perímetro urbano, nas proximidades do Lago Municipal, cuja fragilidade ambiental tem-se intensificado devido ao tipo de uso e ocupação do solo naquela região.

- FOZ DO IGUAÇU

A cidade de Foz do Iguaçu está localizada no extremo oeste do Estado do Paraná nas coordenadas -25º 32’ 52’’ de latitude sul e 54º 35’17’’ oeste. Assim como Cascavel, também no Terceiro Planalto e na Mesorregião Oeste Paranaense, com altitude aproximada de 164 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima de Foz do Iguaçu é do tipo Cfa, subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e invernos brandos. A precipitação ao longo do ano tende a ser bem distribuída, exceto durante o inverno, cujos totaiss volumétricos diminuem.

Com relação à hidrografia, o município está inserido na Bacia do Paraná 3 sendo limitado pelos dois maiores rios do estado do Paraná (Rio Iguaçu e Paraná) cuja confluência destes, no sudoeste do município, demarca a tríplice fronteira entre Argentina, Paraguai e Brasil.

Destacam-se no município nove microbacias hidrográficas, sendo sete delas circunscritas ao perímetro municipal e divididas entre as bacias do Iguaçu e Paraná 3. Dentre os principais afluentes do rio Iguaçu destacam-se: o rio São João, cuja nascente situa-se fora dos limites do município, e o rio Tamanduá, este com sua microbacia na área urbana do município.

Por apresentar uma geomorfologia característica, decorrente da ação tectônica, o rio Paraná possui afluentes que cortam Foz do Iguaçu (sentido leste-oeste) na parte norte do município. Ainda, em épocas de chuvas, particularmente nos meses de verão ou sob influência do *El Niño*, e também devido a outros fatores, como a impermeabilização do solo e redução da área vegetal, a cidade de Foz do Iguaçu presencia o aumento da vazão dos rios perenes, pertencentes às bacias hidrográficas que o cercam, e o conseqüente avanço das águas sobre as áreas ocupadas pela população da cidade.

# CAPÍTULO IV
# A VARIABILIDADE DAS CHUVAS E O FENÔMENO *EL NIÑO* OSCILAÇÃO-SUL

De acordo com a definição de Ayoade (1991), a precipitação pode variar em sua distribuição anual, sazonal, mensal, diária e quanto à intensidade, sendo esta um dos elementos climáticos de maior influência na qualidade do meio físico-natural, refletindo direta ou indiretamente nas atividades humanas (SARTORI, 1993).

Observa-se, particularmente naquelas cidades cujo crescimento tem-se dado de forma acelerada e desordenada, a ampliação da freqüência e amplitude das inundações e alagamentos urbanos (SAYAGO e GUIDO, 1990).

Nesse sentido, algumas alterações no ciclo hidrológico têm sido percebidas nas últimas décadas, principalmente devido à tendência do intenso processo de urbanização nas cidades médias e grandes no Estado do Paraná, cujas consequências são descritas por Tucci (2000) como sendo a redução da infiltração no solo, o aumento do escoamento superficial com consequente redução do escoamento subterrâneo e a evapotranspiração local.

Segundo o relato de Nery (2005), o Sul do Brasil, devido à sua posição geográfica é influenciado em maior número por sistemas de latitudes médias, representados principalmente pelos sistemas frontais, que são os principais causadores de chuvas.

Barbieri; Marcelino e Sausen (2008) expõem que além dos sistemas frontais, citados por Nery; Baldo e Martins (1998) destaca-se a atuação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), que atuam ao longo de todo o ano, com destaque nos meses da primavera. Os CCM são áreas de instabilidades que se formam no Paraguai e norte da Argentina, deslocando-se para leste e atingindo os estados do sul com elevados totais de precipitação (SILVA DIAS, 1996).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), explicado por Kodama (1992) possui também relevante participação como sistema de influência climática, particularmente no Estado do Paraná, sendo caracterizado por apresentar uma banda de nebulosidade, com forte instabilidade e umidade elevada, que se estende da região amazônica até as Regiões Sul e Sudeste do país (BARBIERI; MARCELINO e SAUSEN, 2008).

Segundo Monteiro, (2001) *apud* Barbieri; Marcelino e Sausen *op. cit*, os sistemas convectivos isolados de igual modo aos sistemas ora explanados, também colaboram para a ocorrência de elevado acumulado de precipitação, sobretudo nos meses de verão nos estados da Região Sul. Conforme os autores, áreas de instabilidades formam-se

devido ao aquecimento diurno, gerando intensas áreas de instabilidades em uma pequena extensão espacial. Tais eventos de precipitações são conhecidos popularmente como Chuvas de Verão, caracterizados pela intensidade das chuvas, ventos e causadores de rápidos alagamentos urbanos.

Além dos sistemas atmosféricos apresentados, destaca-se o fenômeno *El Niño* Oscilação-Sul (ENOS), o qual possui a capacidade de interferência na circulação atmosférica de várias localidades do globo, e particularmente no Sul do Brasil.

A definição do fenômeno *El Niño* é descrita por autores e institutos relacionados ao clima como o aquecimento das águas superficiais (regiões leste e central) do Oceano Pacífico Tropical, evento que se repete num período compreendido entre 3 a 7 anos, e faz com que as intensidades dos acontecimentos variem caso a caso (OLIVEIRA, 2001).

A premissa deste trabalho nos leva a observar os acontecimentos do passado relacionados à precipitação, e desempenhar uma análise das características deste sistema de tempo de grande escala e suas implicações para a sociedade paranaense. Ao mesmo tempo, ao estudar como o fenômeno apresentou-se no passado, será possível compreender a evolução e as consequências de eventos semelhantes que possam se repetir em cenários futuros

Pautado nos objetivos propostos, procurou-se investigar a influência do *El Niño* nos padrões de precipitação, bem como quantificar a extensão das ocorrências no Paraná ao longo da série temporal (1980-2010) de eventos de chuvas relacionados à anomalia climática ENOS.

Para Grimm (2009), os episódios de *El Niño* são a principal fonte de variabilidade interanual do clima, o que faz com que a Região Sul do país registre uma consistente influência deste fenômeno nas ocorrências de precipitação, as quais não acontecem de maneira uniforme ao longo do episódio de atuação. Nos resultados de pesquisa da autora, ficou evidente que o ENOS contribui para que ocorra mudanças na atmosfera próxima à superfície do Oceano Pacífico, associado ao enfraquecimento dos ventos alísios e caracterizado pelo aquecimento da água superficial do Pacífico Tropical (Temperatura da Superfície do Mar – TSM) onde as pressões atmosféricas diminuem em relação à normal (Grimm, 2009; CPTEC, 2011) contribuindo com a ocorrência de chuvas no Paraná.

Devido à ausência de ventos fortes, o Oceano Pacífico Equatorial principia seu aquecimento e, por conseguinte inicia o processo de evaporação das águas superficiais. O desencadeamento da formação de nuvens, com intensas chuvas no Pacífico Equatorial Ocidental, produz alterações climáticas no local da formação destas nuvens e causa

modificações no padrão de transporte de umidade e, portanto variações na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes altas e médias, como no caso do Paraná (CPTEC, 2011).

De acordo com CPTEC (2011), a influência do fenômeno ocorre durante a totalidade do período de atuação do mesmo, sendo que nos meses da primavera e início de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento; e final do outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao início do evento, são estes os meses mais afetados pelas fases do ENOS. Nestas épocas, as chances de chuvas acima da Normal Climatológica são maiores, o que influencia o ritmo climático das cidades sob a influência do fenômeno e demonstrado no esquema das figuras 8 e 9.

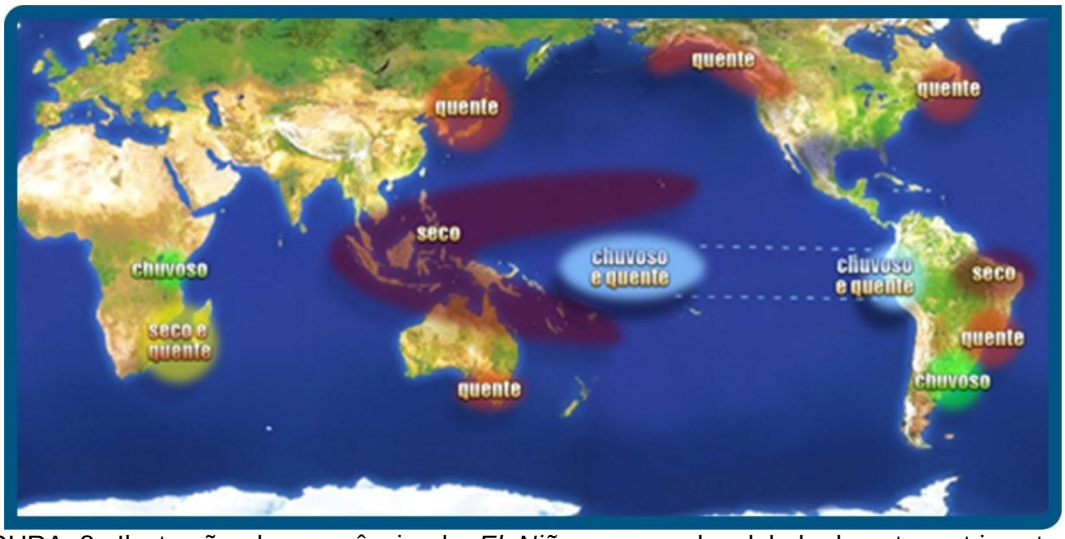



FIGURA 8: Ilustração da ocorrência do *El Niño* em escala global, durante o trimestre – Dezembro, Janeiro e Fevereiro - em que o fenômeno apresenta maior influência, ocasionando chuvas intensas no Sul do Brasil.
Fonte: CPTEC, 2012. Modificado pelo autor.

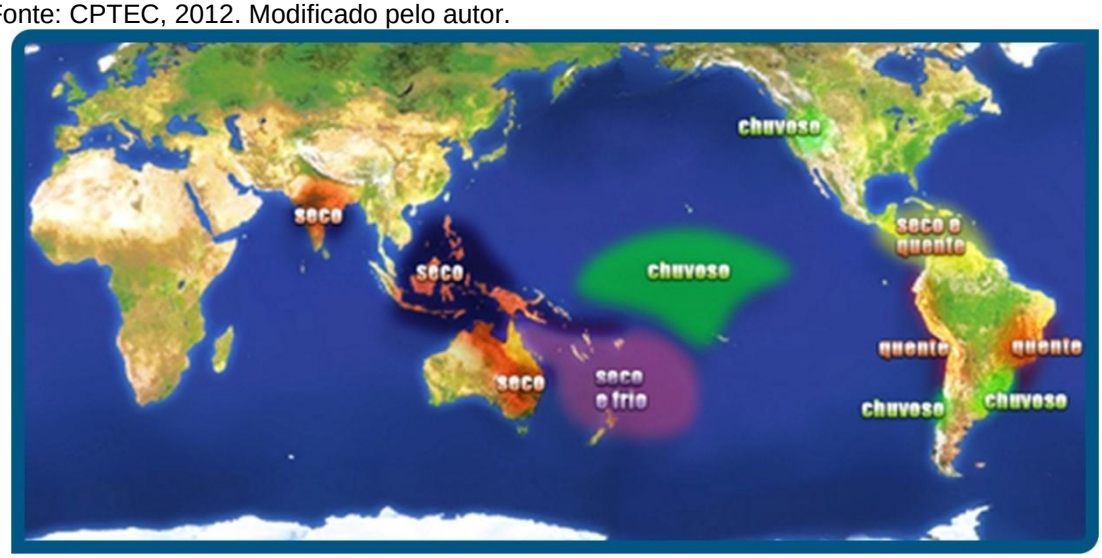



FIGURA 9: Ilustração da ocorrência do *El Niño* em escala global, durante o trimestre – Junho, Julho e Agosto - em que o fenômeno apresenta maior influência, ocasionando chuvas intensas no Sul do Brasil.
Fonte: CPTEC, 2012. Modificado pelo autor.

Além de índices fundamentados nos valores da temperatura da superfície do mar no Oceano Pacifico equatorial, o fenômeno *El Niño* pode ser também quantificado pelo Índice de Oscilação Sul (IOS). Este índice representa a diferença entre a pressão ao nível do mar entre o Pacifico Central (Taiti) e o Pacifico do Oeste (Darwin/Austrália) e está relacionado com as mudanças na circulação atmosférica nos níveis baixos da atmosfera, consequência do aquecimento e resfriamento (figura 10) das águas superficiais na região (CPTEC, 2011).

Segundo Cunha; Dalmago; Estefanel; *et al*. (2001):

> [...]a variação da temperatura das águas, na parte central e junto à costa oeste da América do Sul, em associação com os campos de pressão (representados pelo Índice de Oscilação do Sul), alteram o padrão de circulação geral da atmosfera e, assim, influenciam o clima global.

Constatou-se ainda, nos estudos de Baldo (2000), que os valores positivos do Índice da Oscilação Sul sugerem predomínio de uma pressão atmosférica alta no Taiti e uma baixa em Darwin, e durante essa fase, os alísios de sudeste intensificam-se, causando um proeminente transporte de águas na direção oeste deste oceano, ocasionando a ressurgência[1] de águas mais frias, desde a costa oeste da América do Sul até o Pacífico Central.

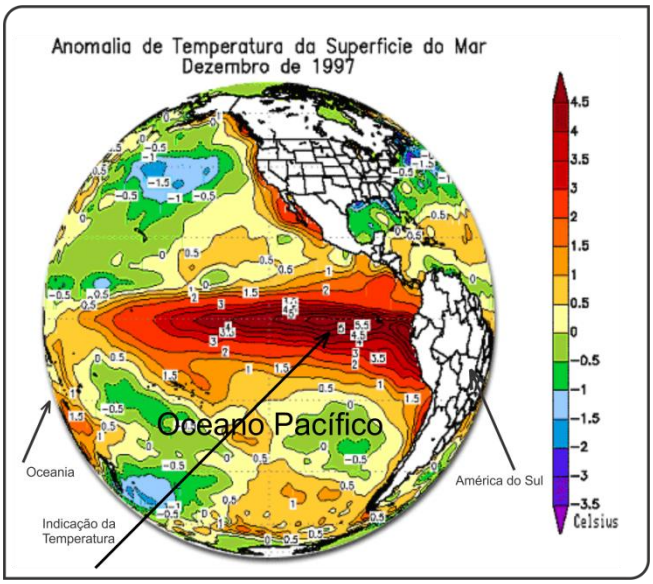



FIGURA 10: Exemplo de anomalia da temperatura da superfície do mar (TSM) em dezembro de 1997. Os tons avermelhados indicam regiões com valores acima da média climatológica. Notam-se na região no Pacífico Central e Oriental, fortes tonalidades que indicam a presença do *El Niño* para aquele ano.
Fonte: CPTEC, 2011. Modificado pelo autor.

[1] Conforme Torres (1995), ressurgência é o processo de afloramento das massas de água profundas e frias do oceano à superfície.

Com relação à região Sul do Brasil, Nery; Baldo e Martins (1998), Grimm e Ferraz (1997), determinaram que as ocorrências dos eventos *El Niño* (anomalias positivas da TSM no Oceano Pacífico) e eventos *La Niña* (anomalias negativas de TSM no Oceano Pacífico) são responsáveis pelos desvios em relação às normais climatológicas.

De acordo com Grimm; Ferraz e Gomes (1998), investigações científicas demonstram que o fenômeno ENOS apresenta-se com grande intensidade no Sul, especialmente em relação à precipitação pluviométrica. De acordo com a autora, em anos de *El Niño*, quando a intensidade for considerada forte, a precipitação pluviométrica tenderá a registrar totais relativamente maiores à normal climatológica da região.

Através de pesquisas realizadas acerca do fenômeno *El Niño*, certificou-se da importância em conhecer suas características e como o fenômeno influencia o clima nas regiões do país, primordialmente o Estado do Paraná. Assim, sabe-se que o impacto da fase quente do ENOS se dá sobre a precipitação pluviométrica das regiões Sul e Nordeste, onde em anos de *El Niño*, a precipitação atinge total acima da normal climatológica no Sul, enquanto que na região Nordeste os volumes ficam aquém desta Normal (DIAZ; STUDZINSKI e MECHOSO, 1998, BERLATO e FONTANA, 2003, GRIMM, 1996; MARENGO e OLIVEIRA, 1998 e OLIVEIRA e SATYAMURTY, 1998).

Segundo Ab'Saber (1983), o autor descreve que as massas de ar possuem roteiro habitual de deslocamento e atuação, entretanto não podem ter limites rígidos em suas expansões e formas de atuação. Para o autor, os avanços e recuos de maior ou menor expansão espacial, combinados com formas de participação mais ou menos ativas, podem provocar, de ano para ano, sensíveis variações e diferentes entre si num mesmo espaço geográfico. Ainda, as influências do *El Niño* nos momentos de sua maior atuação, podem variar desde o nordeste da Argentina até o Estado de São Paulo, incluindo-se, portanto o Paraná, fazendo com que as consequências dos fluxos oceânicos quentes para a formação e a intrusão de massas de ar úmidas por sobre setores continentais, em uma área que já é por si só úmida, atue com maior intensidade.

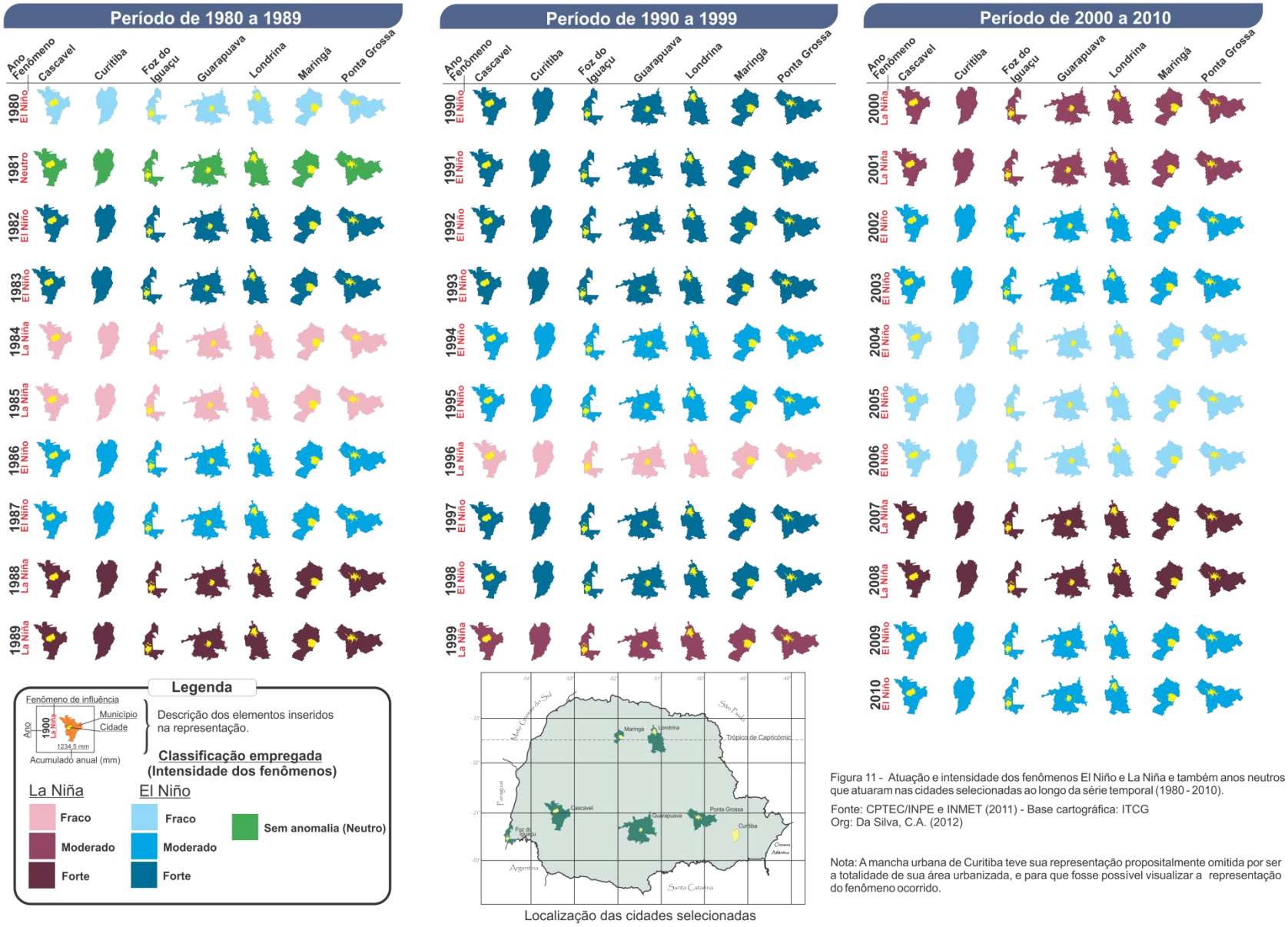
Silveira (2007) destaca em sua pesquisa que a circulação atmosférica no Sul do Brasil é significativamente alterada por ocasião dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, principalmente no que se refere ao regime pluvial. Segundo a autora, tanto o *El Niño* quanto a *La Niña* provocam modificações na circulação atmosférica em termos regional e global. Deste modo, quando o Paraná sofre a influência do *El Niño* apresenta abundantes precipitações, concentradas na primavera do ano de início do fenômeno, particularmente no mês de outubro, e entre o final do outono e início do inverno do ano seguinte. Isso

acontece devido ao bloqueio atmosférico na circulação superior, o que retarda o avanço dos sistemas frontais e resulta no estacionamento das frentes frias no Sul do país (SILVEIRA, 2007).

O fenômeno *La Niña*, por sua vez, contribui para que na Região Sul as passagens frontais sejam rápidas, o que leva a diminuição da precipitação pluvial, especialmente na primavera e início de verão. Foi proposto por Silveira, *op. cit..* que além dos totais pluviométricos, a distribuição das chuvas também é afetada, dado que sob a influência do fenômeno *El Niño* há um aumento no número de dias com precipitação.

Na figura 11 estão representados os episódios e intensidades dos fenômenos de grande escala (*El Niño* e *La Niña*) ocorridos ao longo da série temporal pesquisada. Tal figura é o produto gerado da análise dos dados de *El Niño*, de modo a determinar a seqüência e freqüência das ocorrências de tais anomalias para cada cidade estudada nesta pesquisa. Os resultados apresentados na figura 11 sugerem que os anos de 1982/1983, 1990 a 1993 e 1997/1998 foram aqueles em que o *El Niño* apresentou-se de forma mais intensa, fazendo com que os totais de precipitação atingissem valores acima da média histórica em todas as cidades destacadas. Os anos de 1983 e 1997 apresentaram uma variabilidade interanual marcada por fortes chuvas, ocasionando alagamentos, inundações e enchentes nas cidades de estudo, os quais serão apresentados detalhadamente no capítulo 5. Ao contrário, os anos de 1984/1985, 1988/1989 e 1998/1999, 2000/2001 e 2007/2008 foram distinguidos por registrarem os menores volumes de precipitação, dado que durante os referidos anos atuou sobre o estado do Paraná o fenômeno *La Niña* (fase fria) o que ocasionou severos períodos de estiagem nas cidades estudadas.

A partir deste estudo, questionou-se acerca da classificação de anos ditos “normais” para as cidades paranaenses. Seriam os anos sob a atuação do *El Niño* ou *La Niña* situações normais para o Estado, ao invés daqueles sem a presença de nenhuma das anomalias climáticas? Conforme já visto, durante a série temporal analisada, o ENOS predominou em 61% do total de anos, enquanto que os anos ditos normais, ou sem a atuação dos fenômenos descritos, registraram apenas 3% do total e a La Niña em 36% dos anos. Para os anos de ocorrências do *El Niño*, 36% dos fenômenos foram considerados de forte intensidade, 41% de intensidade moderada e 23% de fraca intensidade.




Localização das cidades selecionadas

Figura 11 - Atuação e intensidade dos fenômenos El Niño e La Niña e também anos neutros que atuaram nas cidades selecionadas ao longo da série temporal (1980 - 2010).

Fonte: CPTEC/INPE e INMET (2011) - Base cartográfica: ITCG
Org: Da Silva, C.A. (2012)

Nota: A mancha urbana de Curitiba teve sua representação propositalmente omitida por ser a totalidade de sua área urbanizada, e para que fosse possível visualizar a representação do fenômeno ocorrido.

O *El Niño* acontecido em 1982/1983 proporcionou uma grande variabilidade pluviométrica em todas as cidades médias e grandes indicadas neste estudo, causando os maiores prejuízos socioambientais e econômicos registrados no Paraná, relacionado às inundações urbanas. Entretanto, os totais do episódio de 1997/1998 foram superiores aos outros anos em que ocorreu o ENOS de intensidade forte, conforme demonstra a tabela 12.

As cidades de Cascavel e Guarapuava apresentaram os maiores totais da série com 2695,8 mm e 2513,6 mm respectivamente, contudo cada cidade reagiu de maneira distinta em resposta à atuação do *El Niño*. A variabilidade da precipitação para cada cidade foi analisada comparando-se a média histórica com o acumulado anual e verificado o quanto este valor distanciou-se da média, demonstrado nos gráficos da figura 13. Os picos dos valores positivos indicam a ocorrência de anos em que houve atuação do *El Niño*, enquanto que os valores negativos mostram a ocorrência da *La Niña*. Os valores elevados de precipitação encontrados nos anos pesquisados coincidem com a atuação do ENOS naquele determinado período, sendo possível estabelecer relação entre o fenômeno de intensidade forte e o aumento do acumulado de chuvas anual, resultando num maior número de dias de chuvas e maior intensidade das precipitações.

TABELA 12 - PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MÉDIA (mm) OCORRIDA NOS EVENTOS DE *EL NIÑO* (INTENSIDADE FORTE)1982/1983, 1990 A 1993 E 1997/1998, COMPARADOS COM A MÉDIA DO PERÍODO ESTUDADO (1980-2010).

| **Estação** | ***El Niño* (intensidade forte)** | | | **Média histórica** |
|---|---|---|---|---|
| | **1982/1983** | **1990 a 1993** | **1997/1998** | **(1980-2010)** |
| **Cascavel** | 2494,8 | 2086,2 | 2695,8 | 2056,2 |
| **Curitiba** | 1801,0 | 1550,9 | 1934,7 | 1489,5 |
| **Foz do Iguaçu** | 2156,8 | 1959,7 | 2171,5 | 1752,4 |
| **Guarapuava** | 2910,2 | 1900,7 | 2513,6 | 1991,4 |
| **Londrina** | 2080,2 | 1687,7 | 2214,8 | 1693,3 |
| **Maringá** | 1994,9 | 1642,3 | 2070,4 | 1650,8 |
| **Ponta Grossa** | 2114,6 | 1668,1 | 1917,5 | 1593,3 |

NOTA: os valores sublinhados destacam os episódios de maior volume pluviométrico anual/período (médio) para a referida cidade.

Os gráficos da figura 12 ilustram a variabilidade pluvial para as cidades pesquisadas e série estabelecida. Nota-se que a linha indicativa do acumulado demonstra, na maioria dos casos, que cada cidade apresenta diferenças na variabilidade anual, admitindo-se uma diminuição da variação máxima de chuvas, a contar de 1997, ano em que se registrou a última ocorrência de um evento ENOS de forte intensidade.

Após o referido ano (1997), sucederam-se períodos sob a influência da *La Niña* e *El Niño* de fraca ou moderada intensidade. Apesar disto, chuvas extremas e consequentes desastres aconteceram e deixaram suas marcas na população destas cidades, como poderá ser analisado no capítulo 5.

As análises dos gráficos indicam certa regularidade entre os desvios padrão (σ), sendo este um parâmetro estatístico do grau de variação do conjunto de elementos pluviométricos registrados ao longo da série, cujos valores acima desta linha anotaram uma variação superior à média e ao desvio padrão daquele ano.

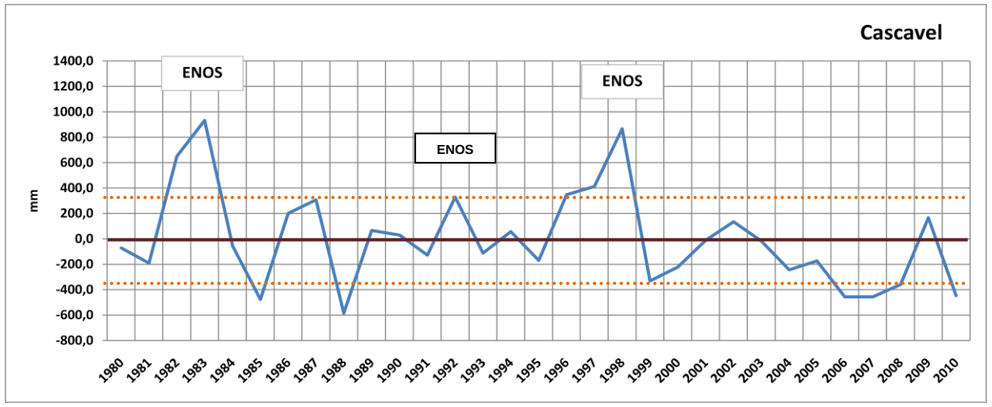
As maiores variações pluviométricas positivas ocorreram durante episódios de *El Niño* de intensidade forte (1982/1983, 1992/1993 e 1997). Observou-se que o montante da variação para cada evento de ENOS foi diferente em cada localidade.

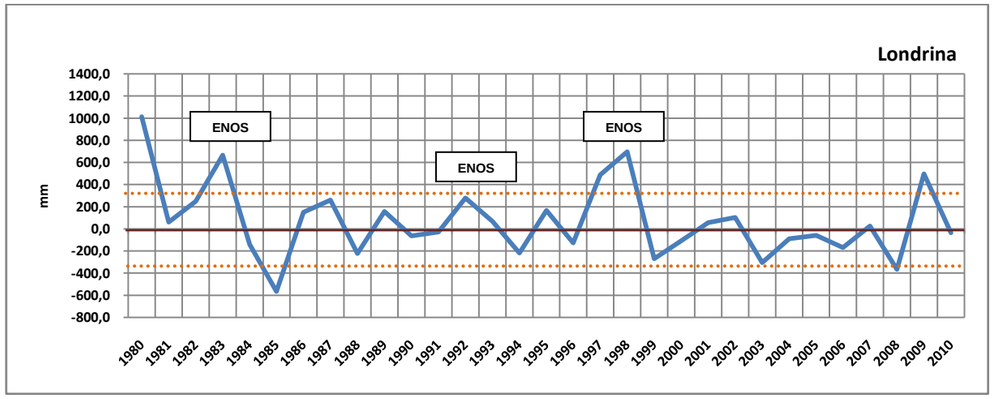
As cidades de Cascavel, Curitiba, Foz do Iguaçu, Guarapuava, Londrina e Ponta Grossa apresentaram um desvio padrão aproximado entre si (entre 300mm e 400mm), e diferentes de Maringá, para a qual foi computado um desvio próximo de 250 mm.

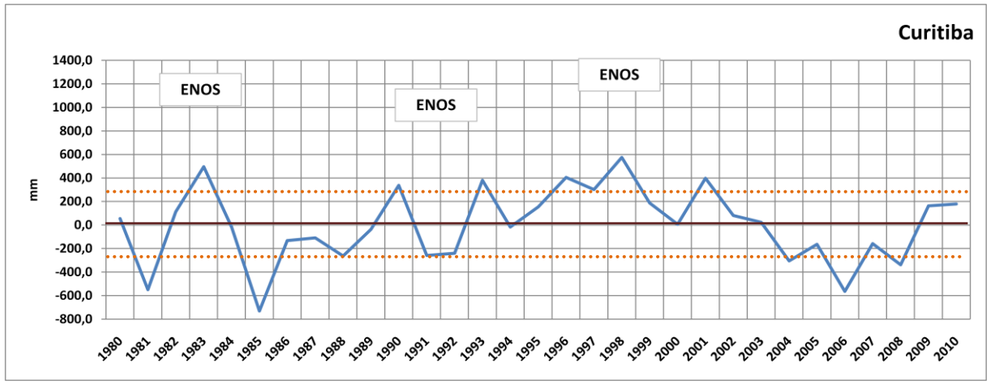
Para os eventos ocorridos no ano de 1983, a variação atingiu as seguintes marcações: Cascavel (932 mm), Curitiba (497 mm), Foz do Iguaçu (779 mm), Guarapuava (1367 mm), Londrina (666 mm), Maringá (616 mm) e Ponta Grossa (663 mm). Ressalta-se o volume registrado em Curitiba se comparado com Guarapuava, a qual apresentou o maior desvio em relação à média anual de toda a série pesquisada. Em Londrina, no ano de 1981 a variação foi de 1013 mm, cuja atuação do ENOS foi de fraca intensidade, sendo a única cidade a registrar elevado total para aquele ano.

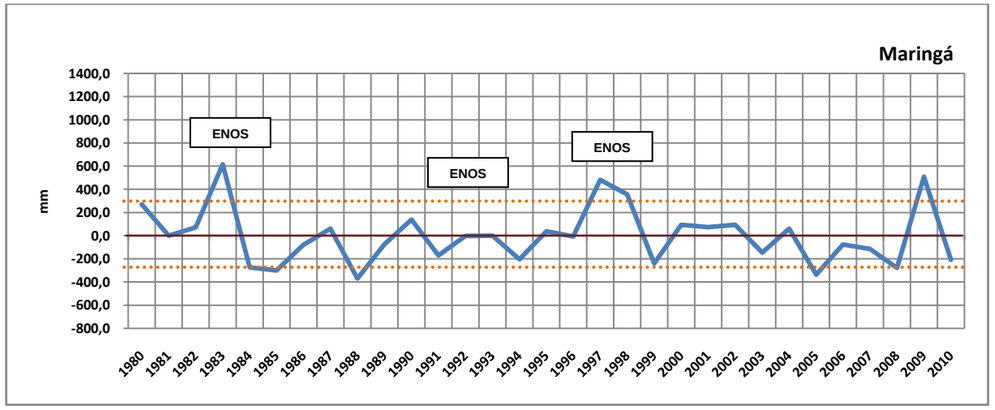
Os anos de 1992/1993 também apresentaram grandes variações pluviométricas, no entanto em 1997/1998 os registros foram superiores aquele período, conforme demonstrado a seguir: Cascavel (866 mm), Curitiba (575 mm), Foz do Iguaçu (557 mm), Guarapuava (819 mm), Londrina (697 mm), Maringá (482 mm) e Ponta Grossa (646 mm).

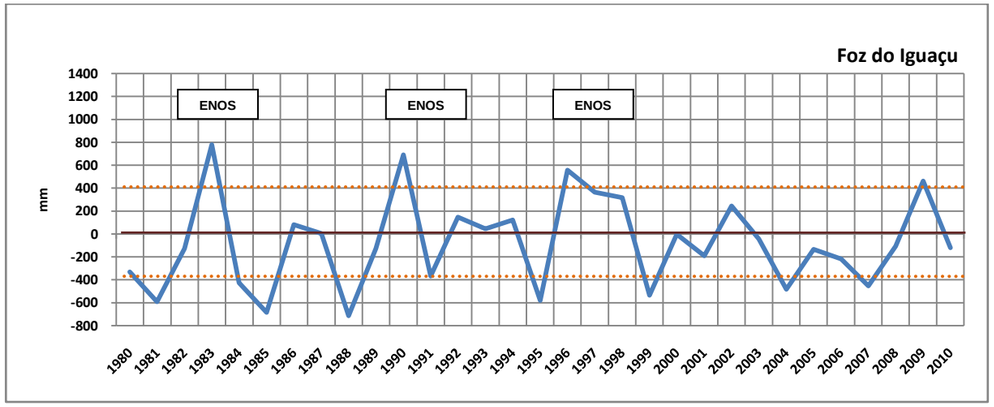
Os maiores registros de variação pluviométrica positiva foram essencialmente aquelas ocorridas no ano de 1983, conforme demonstram os gráficos da figura 12, seguidos pelos totais de 1997/1998. Grandes variações também foram registrados em 2009 nas cidades de Foz do Iguaçu, Londrina, Maringá e Ponta Grossa, cujo El Niño foi de intensidade moderada.

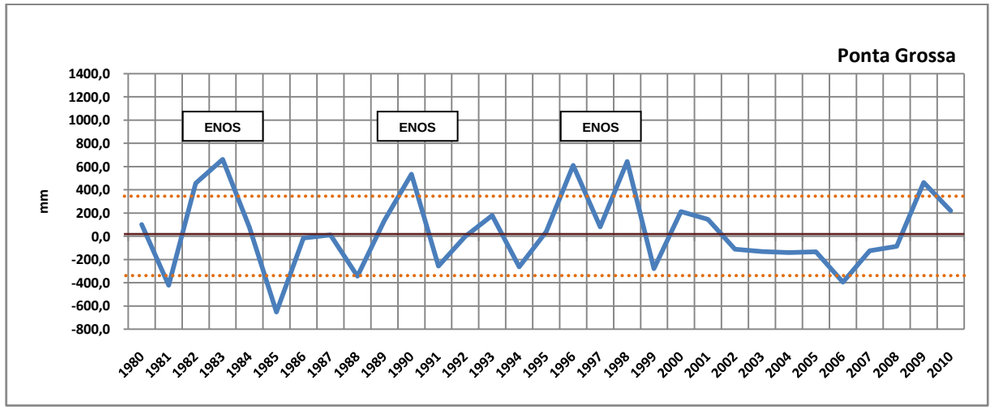


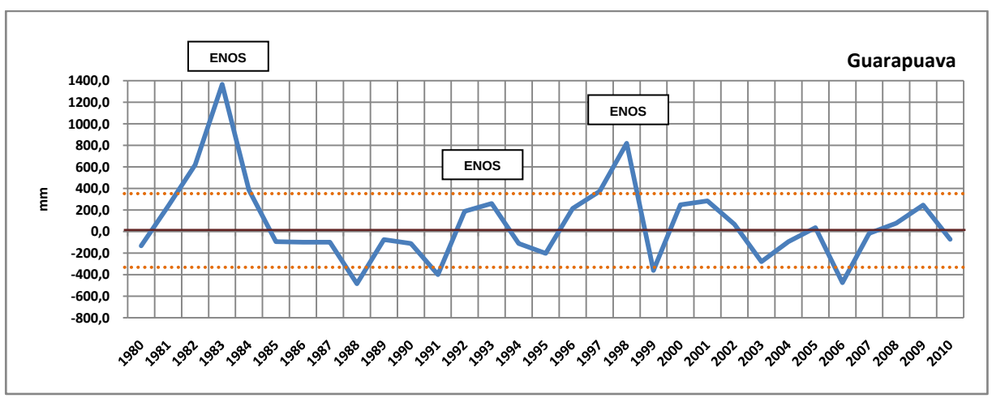




FIGURA 12 – Variabilidade pluviométrica anual das cidades estudadas durante a série histórica.
Legenda: Representação da variabilidade anual comparada com a média histórica.
Linha representativa da média histórica. Desvio Padrão.

Segundo Halpert; Bell; Kousky, *et tal* (1996), os episódios de El Níño, compreendidos entre 1990 a 1993 foram considerados, pelo autor, como os eventos de maior atuação temporal do século XX, repetindo apenas a série registrada entre 1911 a 1915. Ainda, conforme demonstrado anteriormente pela figura 11, o episódio de *El Niño* ocorrido nos anos de 1982/1983 e 1997/1998 foram avaliados como casos de intensidade forte, onde se registraram os maiores valores de temperatura do Oceano Pacífico Oriental das últimas décadas (TERACINES, 2000). Por conseguinte, tal evento de aquecimento das águas do Oceano foi responsável pela maioria das anomalias climáticas que aconteceram em diversas regiões do globo e, particularmente, no caso do Brasil, pelo valor extremo de precipitação registrado no Paraná nos referidos anos.

Segundo Teracines (*op.cit*.) os eventos de precipitação ocorridos, devido a atuação do *El Niño*, em 1997/1998 foram similares à intensidade dos eventos registrados em 1982/1983, onde se ressalta a variação entre 20% a 31% de anomalias positivas de precipitação em relação a média do período (1980-2010) para as cidades avaliadas.

Os resultados encontrados ao longo da série pesquisada, sugerem que em anos de *El Niño*, cuja intensidade foi considerada como forte, registrou-se um aumento no volume de precipitação em relação à série histórica, a partir do mês de outubro do ano de aparecimento do fenômeno, o qual se estendeu até o mês de fevereiro do ano seguinte à origem do mesmo.

Deste modo, ao ser empregado dados pluviométricos, relacionados aos dados de desastre, fornecidos pela Defesa Civil do Estado do Paraná, considerou-se algumas questões que balizaram a presente pesquisa, como por exemplo, se os desastres relacionados ao clima aumentaram, ou não, durante os anos em que o fenômeno *El Niño* atuou com intensidade forte.

Tais eventos de alterações climáticas proporcionaram diferentes impactos sobre o clima do Estado do Paraná e, de acordo com o CPTEC (2011), um número maior de eventos característicos trouxe umidade e favoreceu para que ocorressem condições de chuva para a região Sul. Entretanto, pautado em dados das estações climatológicas pesquisadas, observou-se que nem sempre um maior acontecimento de eventos de chuvas, para determinado período de tempo, significou, necessariamente, ocorrências de enchentes, alagamentos ou inundações, indicando possivelmente uma melhor distribuição das chuvas.

Além disso, outros fatores cooperaram para o aumento ou diminuição dos eventos, como latitude, altitude, proximidade com oceano, orografia e outros.

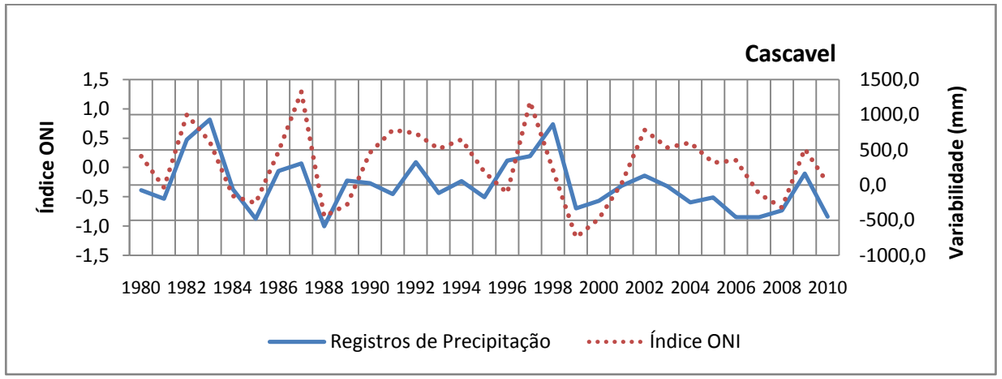
A figura 13 apresenta o resultado da relação estabelecida entre o Índice ONI (*Ocean Niño Index*) comparada com a variabilidade média anual das chuvas, conforme relatado no capítulo alusivo à metodologia, o qual foi empregado neste estudo de modo a ratificar a relação existente entre o fenômeno *El Niño* e o aumento dos valores precipitados ao longo de sua atuação sobre o Paraná.

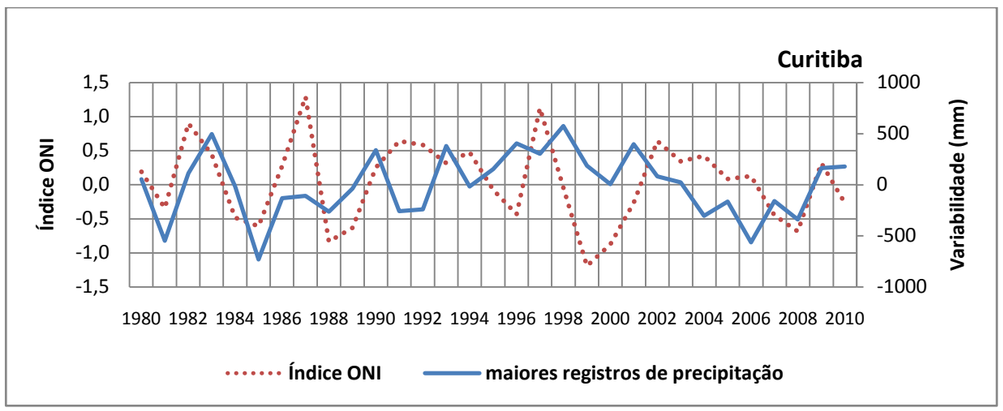
Nos gráficos se observa que a linha azul contínua, a qual representa a variabilidade da chuva em cada ano, tende a acompanhar a linha tracejada em vermelho, a qual designa o Índice ONI, em anos sob a atuação do fenômeno *El Niño*. Evidenciou-se que tal índice, quando está acima de 0 (zero), indica a atuação da anomalia ENOS, e quanto maior o valor deste índice, mais forte é a atuação do fenômeno. Notam-se os picos elevados nos anos de 1982/1983, 1987, 1997/1998 e de 2002 a 2007 quando o fenômeno registrado foi de intensidade moderada a fraca, culminando com a ocorrência de um evento *La Niña* de forte intensidade iniciado no ano de 2007 e alcançado força máxima em 2008. As cidades de Foz do Iguaçu, Ponta Grossa e Cascavel foram aquelas em quem as linhas melhor coincidiram ao longo da série.

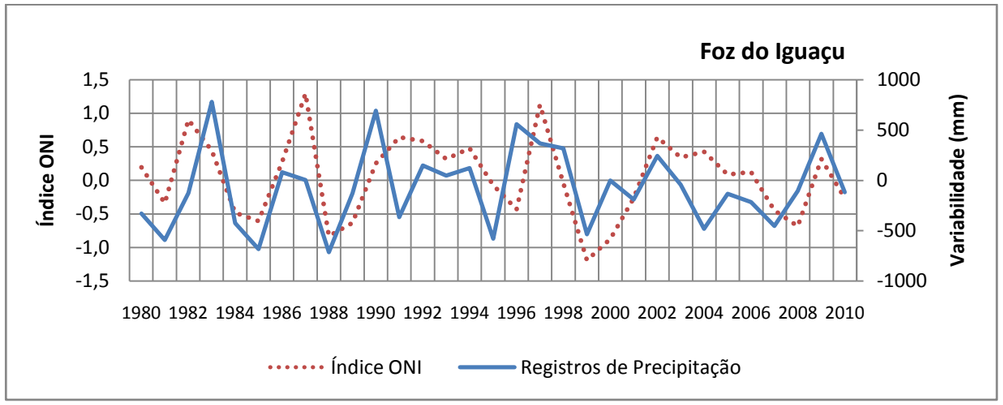
Embora os eventos de *El Niño* apresentem importante influência sobre o clima do Paraná, não é o único responsável pela variação sazonal da chuva e temperatura nos municípios paranaense. Assim, precipitações na costa leste do Estado podem ser comuns durante episódios de *El Niño*, mas também, devido à influência da maritimidade e ventos oriundos de zonas de alta pressão no Oceano Atlântico que podem ocasionar períodos de chuvas nos anos em que não haja domínio do *El Niño*.

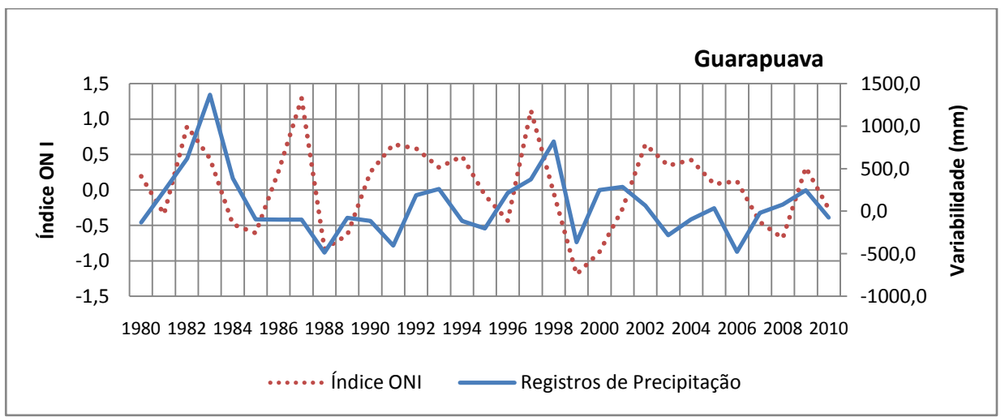
No entanto, as probabilidades das variações climáticas discutidas acima, acontecendo em associação com os eventos *El Niño*, são suficientes para justificar ações de planejamento e gestão a serem tomadas quando tal fenômeno é esperado. Em geral, dado a observação de dados climatológicos, considerou-se que o *El Niño* ocasionou invernos quentes e secos, e acarretou, em anos que sua intensidade foi considerada como forte, prejuízos econômicos e sociais à população dos municípios estudados (Defesa Civil, 2011).

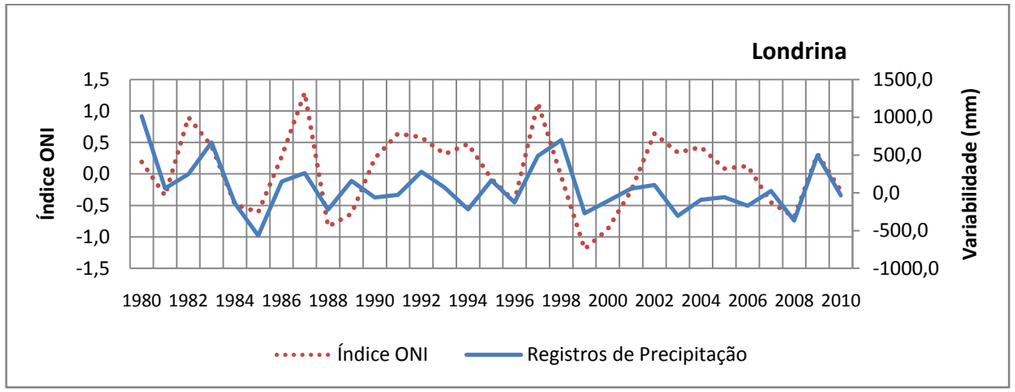
Segundo Grimm e Tedeschi (2004), em anos sob atuação de episódios *El Niño*, notou-se que o número de eventos extremos de precipitação tendeu a aumentar no Sul do Brasil, no final dos meses de inverno e durante a primavera.

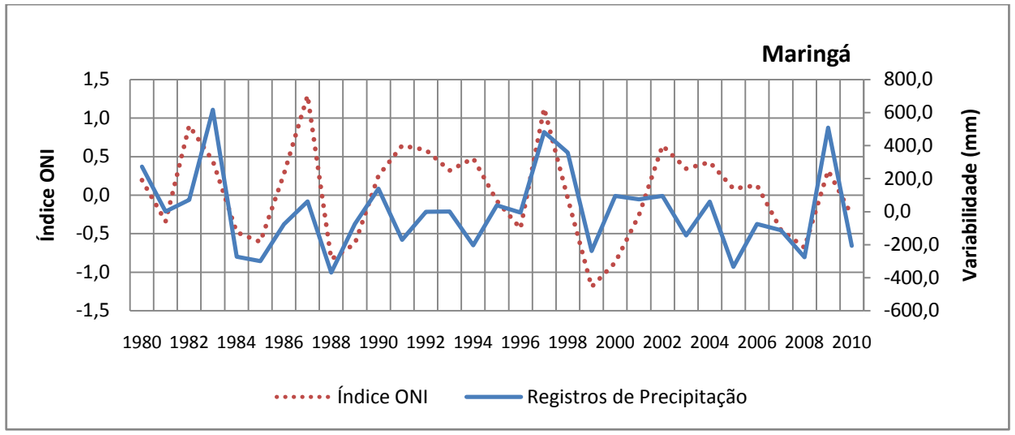


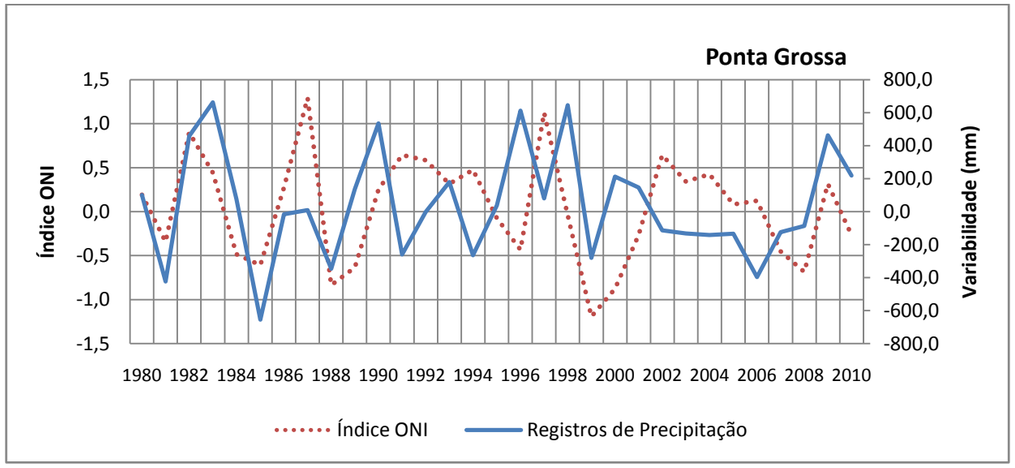




FIGURA 13 – Relação entre o Índice ONI e a média dos maiores valores de precipitação em cada ano avaliado.

Nas estações pesquisadas constataram-se desvios na distribuição das chuvas, em consequência aumentou o número de episódios de alagamentos bruscos, deslizamentos, queda de granizo e outros impactos socioambientais a serem apresentados e discutidos no capítulo seguinte.

Ainda, destaca-se como exemplo a alta variabilidade interanual ocorrida, devido à alternância dos eventos de *El Niño* entre 1982/1983, ano em que ocorreram os maiores volumes de chuvas de todo o período, em contraste com a grande estiagem de 1985, devido à atuação da *La Niña*. De tal modo, observou-se que o total precipitado não foi o único elemento climático alterado pelo fenômeno, também a temperatura do ar na faixa tropical, ao mesmo tempo sofreu variabilidade devido à intensa liberação de calor na atmosfera, quando o vapor de água proveniente do oceano se transformou em chuva (GRIMM, 1997). Este acontecimento elucida as amplas modificações climáticas notadas nos trópicos, consistindo num dos grandes desafios científicos: perceber as variações climáticas que ocorrem a cada ano, de modo que seja possível prevê-las (MAGAÑA, 2004).

A vulnerabilidade das cidades avaliadas, ante os eventos fortes de *El Niño*, como os ocorridos em 1982/1983, 1990/1993 e 1997/1998 no Estado, possui relação direta com a ocorrência dos eventos climáticos extremos e inversa com a capacidade técnica para implementar medidas preventivas (MAGAÑA, 2004). Para o autor, um país ou estado, que apresente condições climáticas adversas, depende de avanços tecnológicos, institucionais, bem como a disponibilidade de recursos de informação e ajuda financeira de modo a amenizar e preparar-se para enfrentar o risco.

Durante os 31 anos estudados observou-se que o El Niño (61%) e a La Niña (36%) influenciaram a dinâmica climática no estado do Paraná e particularmente nas cidades avaliadas. Deste modo, ressalta-se que para estas cidades estar sob influência do ENOS, seja ele na fase quente ou fria, acarretando chuvas ou estiagens é considerado “normal”, dado que anos neutros assinalaram apenas 3% do total de anos deste período histórico.

Na figura 14, são apresentados os gráficos A e B os quais representam a quantidade e proporção de ocorrências dos fenômenos incididos ao longo da série temporal e, também a intensidade em que atuou o *El Niño*.

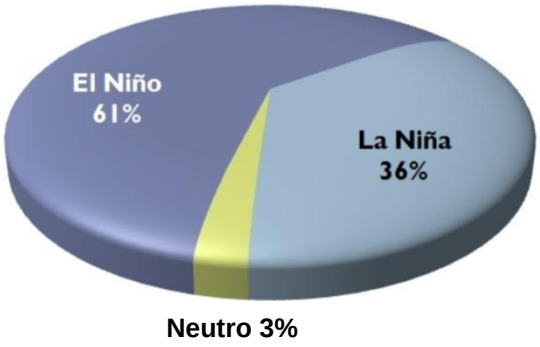



Gráfico A: Fenômenos ocorridos ao longo da série temporal (1980-2010).

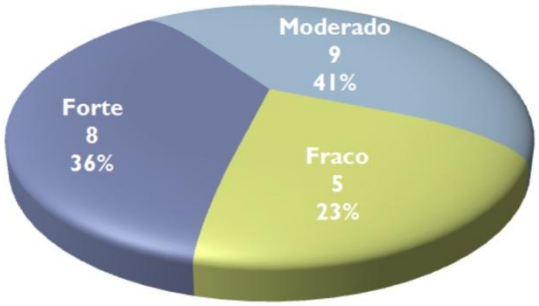



Gráfico B: Intensidade do fenômeno *El Niño* ao longo da série temporal.

FIGURA 14: Gráficos representando os fenômenos atmosféricos (A) ocorridos ao longo da série temporal e a intensidade do *El Niño* (B).

## 4.1 ANÁLISE TEMPORAL DA VARIAÇÃO DAS CHUVAS

Os estudos dos fenômenos climáticos são de fundamental importância para o progresso e desenvolvimento das cidades e da sociedade em geral. Tanto na zona urbana, quanto na rural, o fator climático é vital para a comunidade que ali habita. A série temporal pesquisada apresentou importantes alterações pluviométricas e, numa das análises realizadas, registrou um aumento e posterior diminuição da média precipitada ao longo das décadas.

Sendo os eventos de chuvas considerados estocásticos, não é possível determinar com 100% de certeza a incidência de episódios máximos/mínimos para tal ou qual localidade, porém dado a análise da série histórica pode-se estabelecer a tendência de ocorrência anual e mensal da precipitação com acumulado máximo e mínimo para as cidades estudadas.

De acordo com as análises efetuadas, constatou-se um aumento do total precipitado na década de 1990-1999, quando comparada com a década 1980-1989 para as cidades, excetuando Guarapuava e Londrina. Entretanto, a década de 2000-2010, se comparada com a anterior, registrou um decréscimo nos totais de precipitação, conforme demonstrado na figura 15. O acumulado para a cidade de Maringá não apresentou significativa variação ao longo das três décadas, ao contrário de cidades como Cascavel, Curitiba, Foz do Iguaçu e Ponta Grossa.

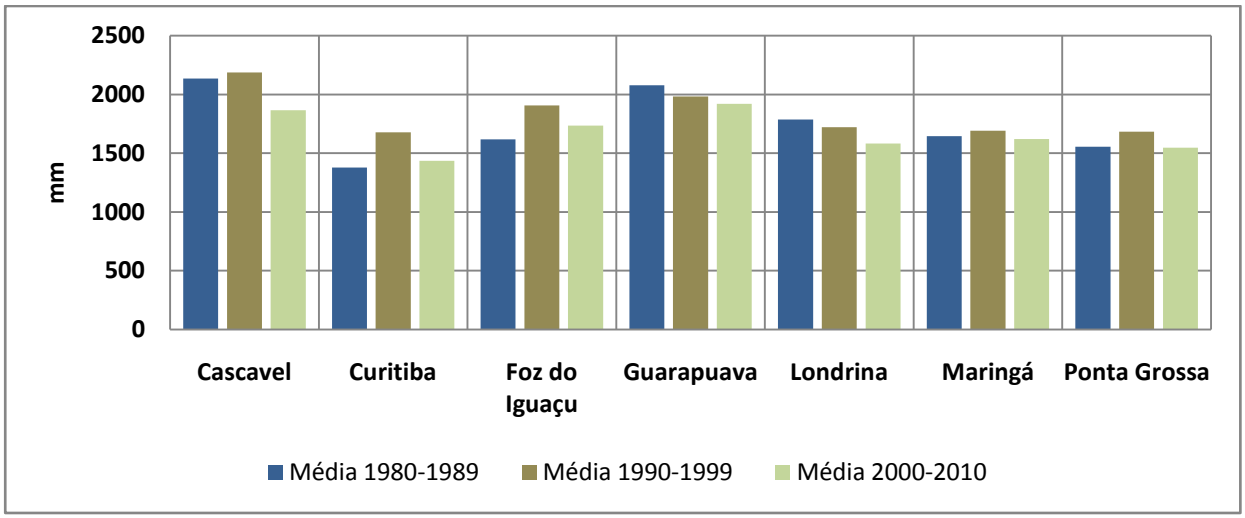



FIGURA 15 – Média decenal do acumulado de precipitação

A precipitação pluvial nem sempre pode ser considerada bom parâmetro para avaliar se os totais de precipitação correspondem a todo o período estudado, pois não é possível estimar se os valores foram bem distribuídos ao longo do período ou se ocorreram em um único dia (FISHER; DINIZ e MARQUES, 2008). Deste modo, a fim de complementar os resultados desta pesquisa, procedeu-se a análise do número de dias de chuva (NDC), conforme demonstrado nas figuras 16 e 17 a seguir, para cada localidade, sendo assim possível avaliar a distribuição da precipitação pluvial, pois quando é constatada uma diminuição no acumulado e também no número de dias de chuva, mas ao mesmo tempo o número de desastres permanece igual ou tende a aumentar, observa-se que a intensidade das chuvas tende a aumentar de forma distinta.

Os resultados desta pesquisa mostraram que o número de dias chuvosos teve um aumento na década de 1990 e um significativo declínio ao longo da década 2000, com exceção de Maringá que manteve determinada regularidade. No entanto, as chuvas diminuíram em frequência, mas tornaram-se significativamente intensas em todas as cidades.

Percebe-se esta relação com os gráficos representados pelas figuras 15 e 16, particularmente nas cidades de Cascavel, Curitiba, Foz do Iguaçu, Londrina e Ponta Grossa, as quais apresentaram seu NDC da década de 2000-2010 diminuído, igualmente ao acumulado médio decenal, se comparado com a década de 1980-1989. O NDC variou juntamente com a quantidade de chuva, contudo a diminuição do NDC no último decênio foi mais acentuado que a diminuição do volume de chuva, indicando possivelmente que a intensidade das chuvas aumentou nesta década, particularmente nas cidades de Cascavel, Curitiba, Foz do Iguaçu, Londrina, Maringá e Ponta Grossa.

Guarapuava, entretanto foi a cidade em que o NDC aumentou na segunda e terceira década avaliada, mas se for averiguado o acumulado da década de 2000-2010 pode-se notar que este diminuiu, em conseqüência acredita-se no aumento significativo da intensidade da precipitação para esta cidade.

Ainda, constatou-se a grande quantidade de dias de chuva ocorridos em Curitiba durante a primeira década analisada, registradas com uma média superior a 180 dias de chuva para o referido período de tempo, a maior média entre as cidades estudadas.

Devido à extensão das cidades estudadas e a localização das estações pluviométricas, a quantidade de dias chuvosos pode ter sido maior ou menor para cada caso. Como apenas uma estação foi escolhida para análise dos dados desta pesquisa, acredita-se que alguns episódios de chuvas localizadas não foram registradas, o que possibilitaria um estudo aprofundado e com mais estações a serem analisadas.

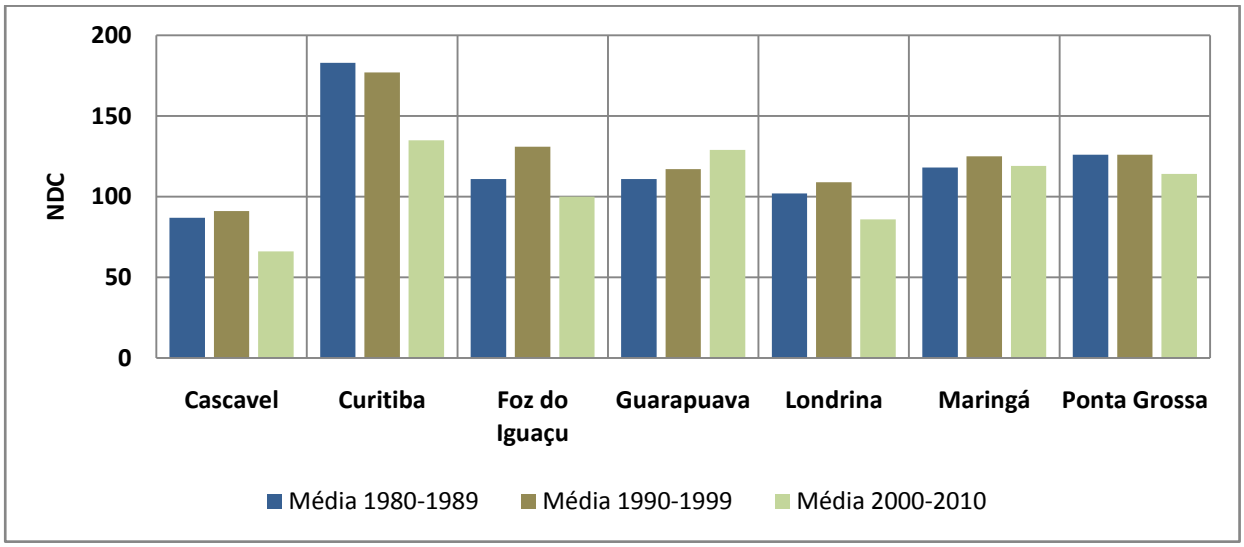



FIGURA 16 – Média decenal do número de dias de chuvas (NDC).

O número de dias de chuvas foi estudado por Sousa; Ichiba e Nery (2003) os quais concluíram ser necessário diferenciar anos sob influência de *El Niño* e *La Niña*, dado as alterações que tais anomalias acometem o ritmo de precipitação. Destacaram que em anos de ocorrência de *El Niño* o número de dias com chuva é maior que em anos de *La Niña*, dado igualmente concluído por esta pesquisa. Os anos sob influência do ENOS registraram um número maior de dias com ocorrência de chuvas em todas as cidades estudadas quando comparados com os anos em que a *La Niña* atuou. Conforme demonstrado no capítulo anterior, foi revelado que nestes 31 anos analisados tanto o *El Niño* quanto a *La Niña* estão mais para a ocorrência habitual do que para a exceção nestas cidades paranaenses.

Ao computar a média do período verificou-se uma diminuição da média decenal das chuvas, à exceção de algumas cidades já citadas (Maringá e Guarapuava), verificou-se redução do NDC mensal, entre as décadas de 1980 e 2000 (Figura 17). Na segunda década considerada (1990 – 1999), o número de dias com registro de precipitação mensal aumentou em relação à década anterior, mas houve uma diminuição na década seguinte na maioria dos meses, tendo maior significância os meses de abril e maio na cidade de Curitiba, onde em 1980-1989, em média aconteceram 17 dias de chuva em abril, enquanto que na década de 2000-2010, o número reduziu para 11 dias no referido mês. Em maio, registraram-se 19 dias do mês que incidiam precipitação, e duas décadas depois, esse número assinalou 13 dias, ou seja, uma redução de 31%.

A distribuição anual da quantidade de precipitação está naturalmente associada à distribuição dos dias com chuva. Em média, há uma distribuição ao longo do ano não considerada uniforme, como por exemplo, o mês de janeiro registrou 19 dias de chuvas, enquanto que o mês de agosto apresentou em média 8 dias de chuvas.

As cidades estudadas foram regidas pelo mesmo padrão em relação ao NDC, onde se constatou um aumento destes nos meses da década de 1990 e uma consequente diminuição durante os meses da década seguinte. Destacou-se fevereiro, março e outubro como sendo os meses que apresentaram maiores diferenças entre as três décadas estudadas. O mês de agosto, por exemplo, na cidade de Cascavel registrou o menor NDC entre as cidades selecionadas, com apenas 3 dias de chuvas em média.

Em Foz do Iguaçu distinguiu-se os meses de verão como sendo a estação de maior ocorrências de chuvas, atingindo uma média que variou entre 8 e 13 dias ao longo da série.

A capital Curitiba foi a cidade grande em que o número de dias com ocorrência de chuvas foi o maior entre as pesquisadas. Outubro e janeiro foram os que registraram os maiores acumulados e número de dias com precipitação. O trimestre menos chuvoso, e em consequência com menor NDC, foi representado pelos meses de junho, julho e agosto. O verão de Curitiba apresentou em média, ao longo da série histórica, mais de 15 dias com ocorrência de chuvas, enquanto que o inverno anotou um baixo número de NDC para o período do ano.

Guarapuava, mesmo sendo uma das cidades que registrou o maior acumulado de precipitação ao longo da série, não teve necessariamente um número elevado de dias chuvosos ao longo dos anos. Exemplo desta afirmação é o mês de agosto, o qual, seguindo o padrão climático para a região Sul do Brasil (Nimer, 1979) anotou apenas 3

dias de chuvas em média. Indicando possivelmente chuvas concentradas em 24 horas, entre os meses de outubro a fevereiro apresentaram-se os maiores acumulados e números de dias de chuvas, também característicos da região.

A análise realizada nos dados pluviométricos de Londrina registrou como meses chuvosos novembro, dezembro e janeiro. Os NDC também apresentaram um decréscimo entre os meses das décadas de 1990 e 2010, exceto o mês de julho que anotou um aumento no NDC, igualmente na cidade de Maringá. Dado a proximidade entre as duas cidades, os valores, tanto de precipitação quanto do NDC assemelharam-se, entretanto Maringá possui uma maior regularidade entre as médias. Nesta cidade, os meses de inverno registraram poucos dias de chuvas, ao contrário do verão, cujos NDC ultrapassaram os 10 dias de precipitação para cada mês.

A cidade de Ponta Grossa apontou, após análise de dados, um padrão entre os meses das décadas selecionadas, excetuando maio, o qual na década de 1980 teve o registro médio de 11 dias de chuvas, e na década de 2000-2010 anotou 7 dias em média, ou seja, uma redução de aproximadamente 63% no número de dias de chuvas.

Os meses de março, abril, outubro e novembro foram os meses em que a cidade de Cascavel apresentou os maiores totais de precipitação entre as cidades avaliadas, atingindo os valores de 164,8 mm, 184,4mm, 189,6mm e 253,1mm de chuvas respectivamente.

O resultado da análise indica que o mês com maior acumulado de chuvas, entre as cidades avaliadas, é o mês de janeiro, enquanto que agosto é o mês com menor volume de chuvas registrado. O final de primavera (outubro e novembro) e os meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) são aqueles que representam os grandes volumes de chuvas ocorridos ao longo da série histórica para todas as localidades. Assim, segundo dados apresentados na tabela 13, baseado na média histórica mensal, foi registrada a seguinte sequência, decrescente, dos acumulados mensais: janeiro, outubro, dezembro, fevereiro, novembro, setembro, maio, março, abril, junho, julho e agosto. Na tabela 13, a seguir, são apresentados os meses mais chuvosos para cada cidade decorrentes da série histórica:

TABELA 13 – MESES COM MAIORES REGISTROS DE PRECIPITAÇÃO (MÉDIA MENSAL)

| Cidade | Mês | Acumulado (mm) |
|---|---|---|
| **Cascavel** | Outubro | 253,1 |
| **Curitiba** | Janeiro | 190,3 |
| **Foz do Iguaçu** | Outubro | 217,0 |
| **Guarapuava** | Outubro | 225,4 |
| **Londrina** | Janeiro | 239,1 |
| **Maringá** | Janeiro | 213,2 |
| **Ponta Grossa** | Janeiro | 174,4 |

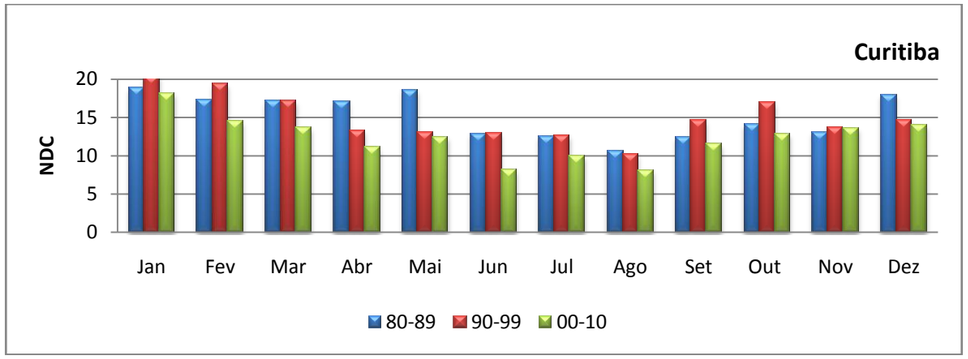
Dentre as localidades analisadas, a cidade de Cascavel foi a que evidenciou a maior média para o período, seguido por Guarapuava, Foz do Iguaçu, Londrina, Maringá, Ponta Grossa e Curitiba. A capital, apesar de apresentar os maiores valores de NDC, a média mensal (Tabela 14) foi a menor entre as pesquisadas, cujos meses de maio, junho, outubro, novembro e dezembro, foram os períodos que registraram os menores valores da média, em relação às outras cidades.

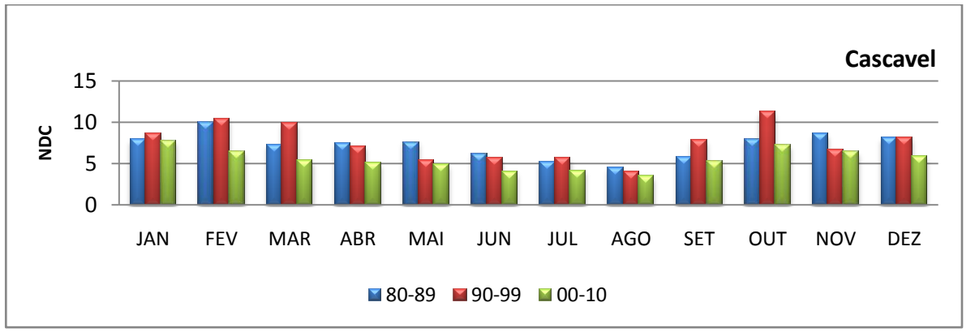
TABELA 14 – REGISTROS DAS MÉDIAS MENSAIS DURANTE A SÉRIE HISTÓRICA (1980-2010)

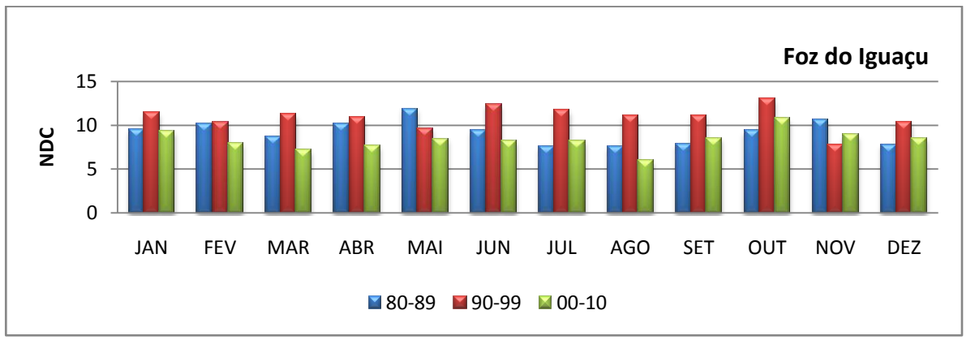
| | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cascavel** | 187,5 | 185,4 | 164,8 | 184,4 | 189,6 | 129,6 | 114,5 | 92,7 | 165,9 | 253,1 | 205 | 183,7 |
| **Curitiba** | 190,3 | 161,2 | 141,4 | 85,9 | 106,2 | 90,6 | 100,9 | 74,6 | 141,0 | 131,8 | 116,1 | 149,6 |
| **Foz do Iguaçu** | 156,4 | 140,4 | 109,3 | 148,3 | 179,2 | 136,4 | 99,9 | 93,6 | 138,6 | 217,0 | 161,3 | 171,9 |
| **Guarapuava** | 197,3 | 165,9 | 146,9 | 154,7 | 169,1 | 151,2 | 155,1 | 97,1 | 175,5 | 225,4 | 168,9 | 184,3 |
| **Londrina** | 239,1 | 195,7 | 154,8 | 119,2 | 124,6 | 108,5 | 65,0 | 56,6 | 127,2 | 157,7 | 151,7 | 193,2 |
| **Maringá** | 213,2 | 186,3 | 141,7 | 122,5 | 126,1 | 97,7 | 61,4 | 56,0 | 135,1 | 159,0 | 150,7 | 201,0 |
| **Ponta Grossa** | 174,4 | 163,6 | 136,2 | 101,4 | 123,0 | 102,4 | 112,9 | 76,0 | 150,7 | 156,8 | 134,3 | 161,5 |

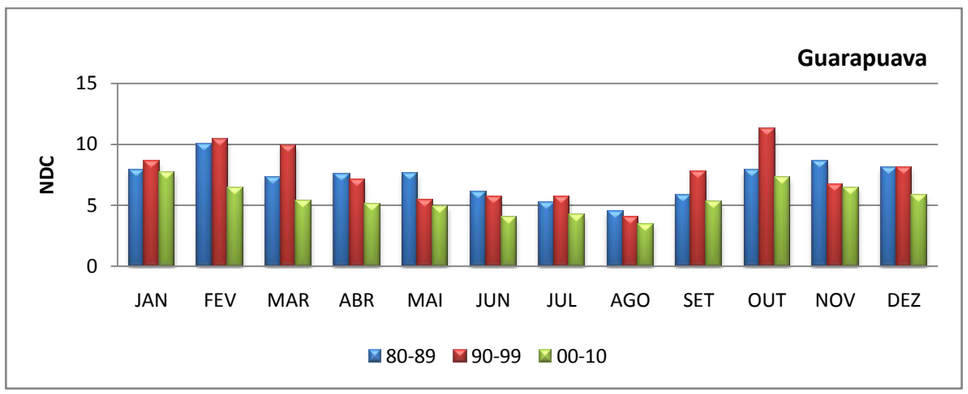
NOTA: valores em mm.

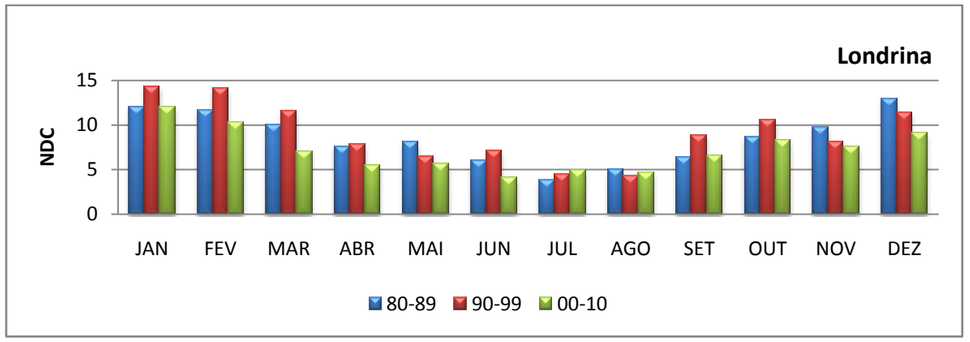
Os gráficos constantes na figura 18 representam o acumulado médio mensal da série histórica para cada cidade, e as análises destes resultados demonstraram que Londrina historiou a maior média de precipitação (acumulado) para os meses de janeiro e fevereiro, com registro de 239,1 mm e 195,7 mm respectivamente. Foz do Iguaçu, ao contrário, registrou o menor valor para os meses de janeiro, fevereiro e março, com valores de 156,4 mm, 140,4 mm e 109,3 mm respectivamente.

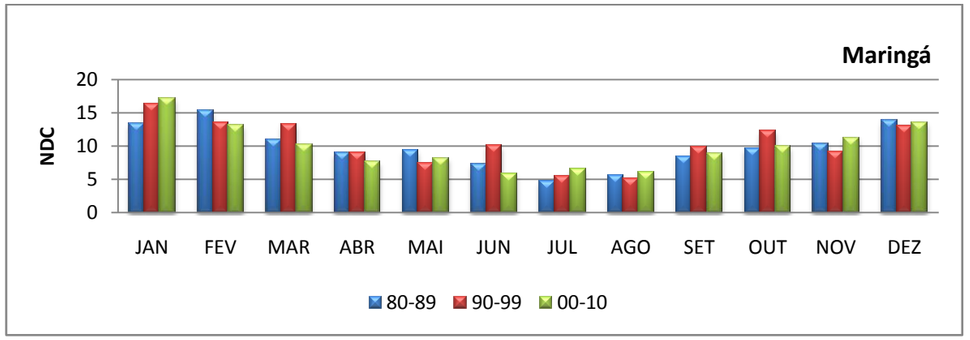


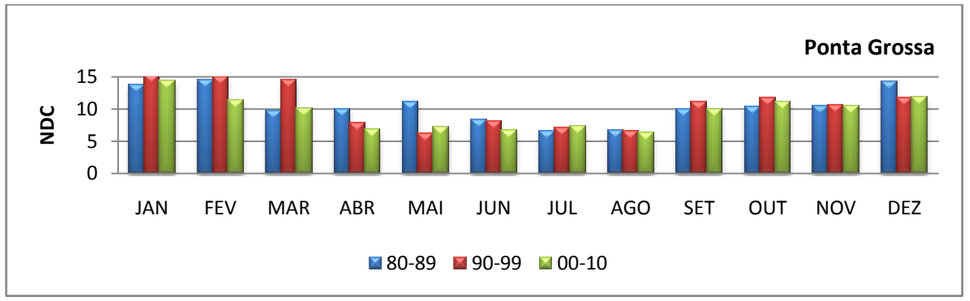
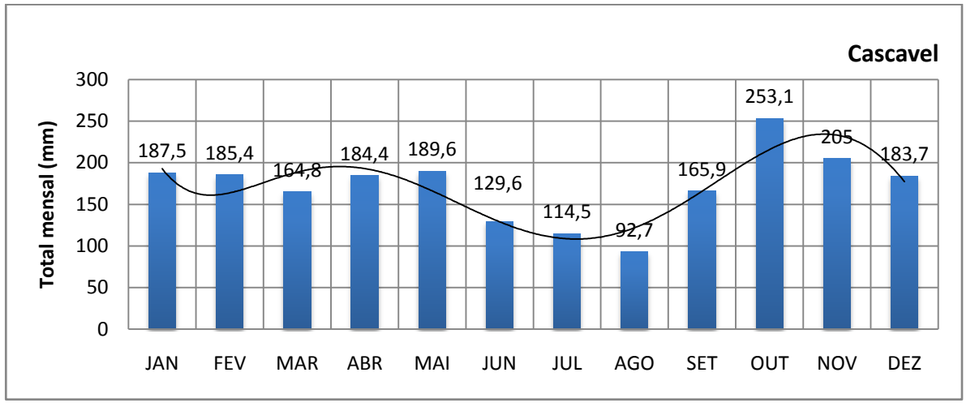



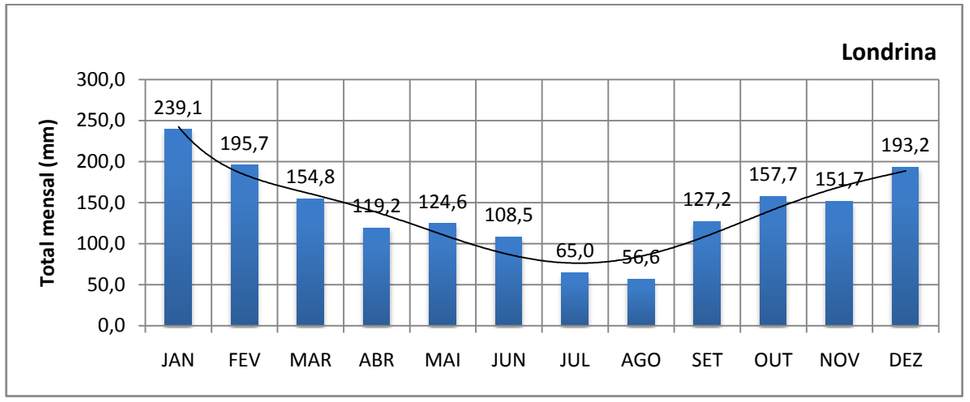

FIGURA 17 - Média do número de dias de chuva (NDC), por décadas, no período (1980-2010).

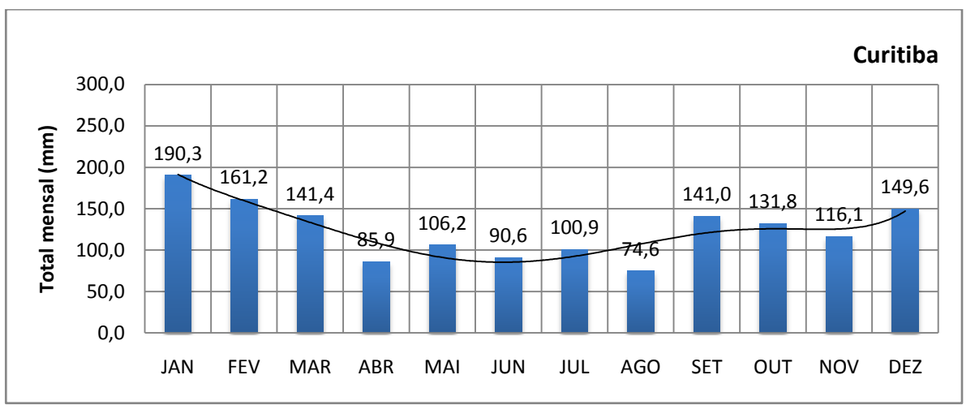
Mendonça e Danni-Oliveira (2007) relataram em sua obra que as características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuição temporal e espacial. Ou seja, o total precipitado proporciona pouco significado caso não esteja vinculado a uma determinada duração. Ao registrar um total de precipitação de 150mm num determinado mês, não se pode avaliar se tal valor é muito ou pouco para aquela localidade, entretanto, 150mm num único dia, ou em uma hora pode ser catastrófico. Portanto, cabe ao pesquisador analisar, além dos valores diários, a duração do evento. Como nesta pesquisa se optou por trabalhar com a intensidade das precipitações durante 24 horas, demonstrou-se a comparação existente entre as cidades médias e grandes ao longo da série histórica em relação ao acumulado diário.

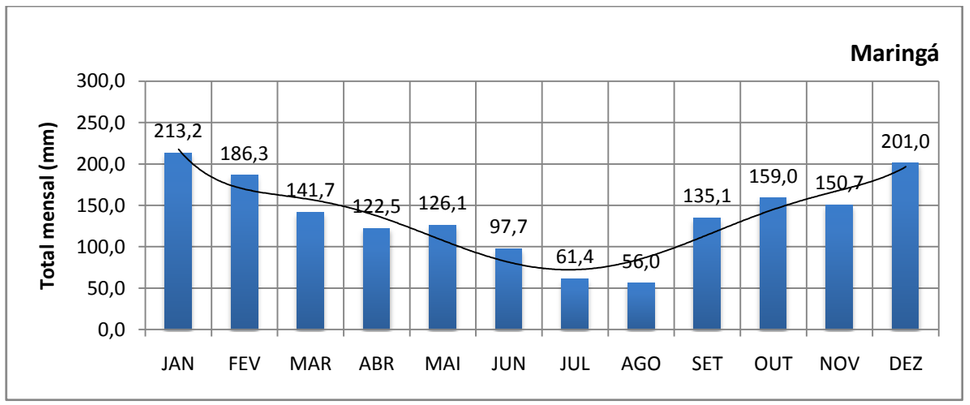
Dos 31 anos analisados, os meses em que se observou a ocorrência de chuvas máximas em 24 horas com maior freqüência, variaram entre outubro e fevereiro nas cidades examinadas. Os gráficos da figura 19 representam a variabilidade mensal e a sazonalidade da série, e foram obtidos através do cálculo entre a média e o valor acumulado mensalmente. Deste modo, a linha azul representa a tendência para os determinados meses, quando comparados com a média histórica, cujos valores (mm) estão representados no eixo y do gráfico.

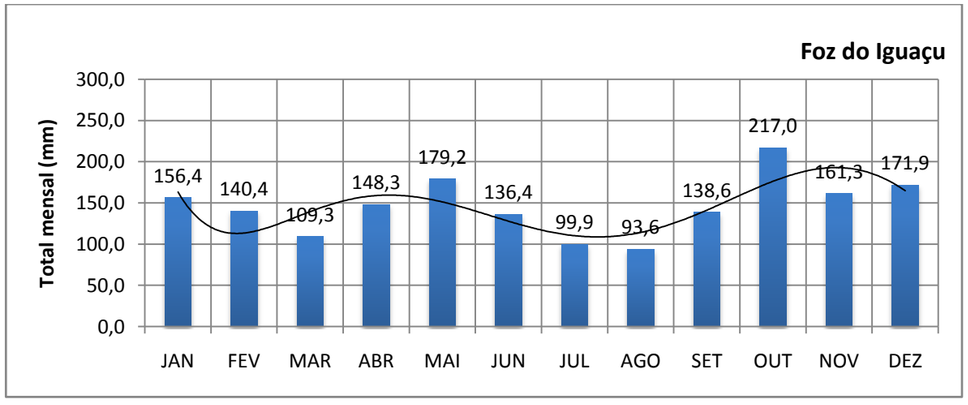
A precipitação em cada mês seguiu a variabilidade intra-sazonal (Nimer (1979), Lima; Brito e Soares (2006) e Mendonça (2000), podendo ser observado nos gráficos a seguir, os quais retratam a atuação da precipitação para cada cidade e a tendência temporal em relação à média, as quais apresentaram períodos distintos de estiagem e chuvoso ao longo dos meses. A partir de junho, e durante todo o inverno, até o mês da primavera, o acumulado de precipitação diminuiu em todas as localidades, sendo que em meados de setembro iniciou um período que as chuvas ocorreram com maior freqüência, ocasionando um número maior de chuvas máximas em 24 horas.

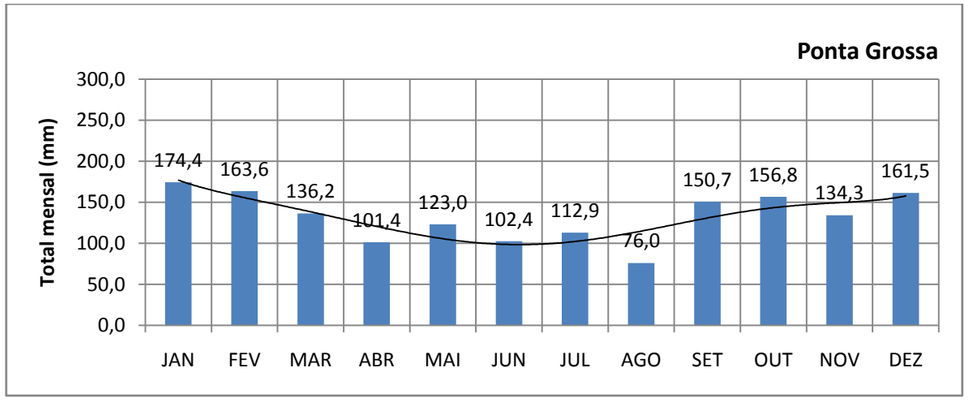


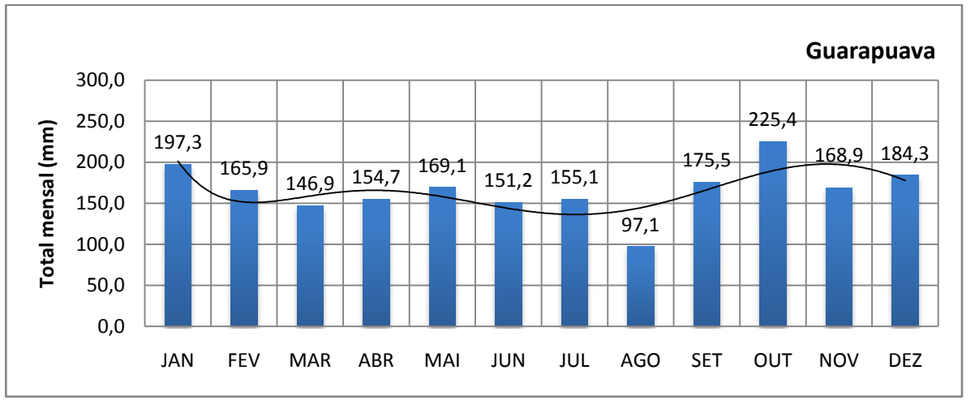
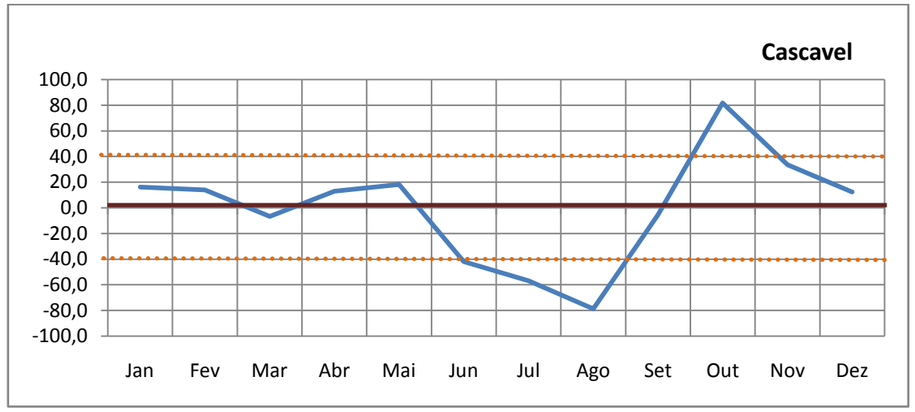
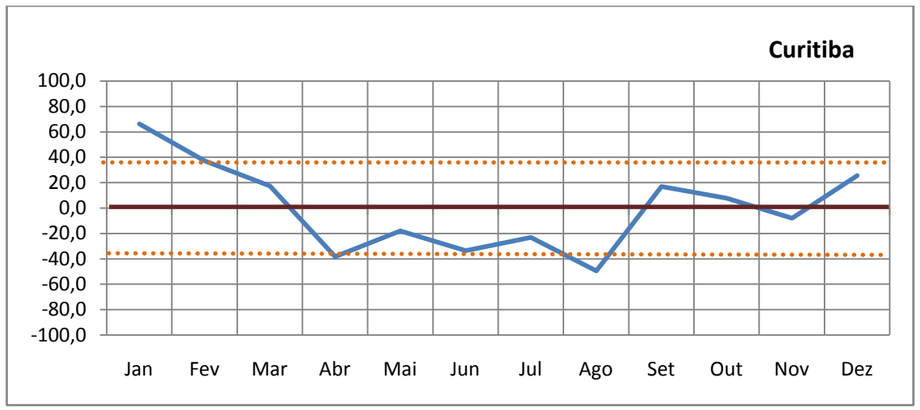
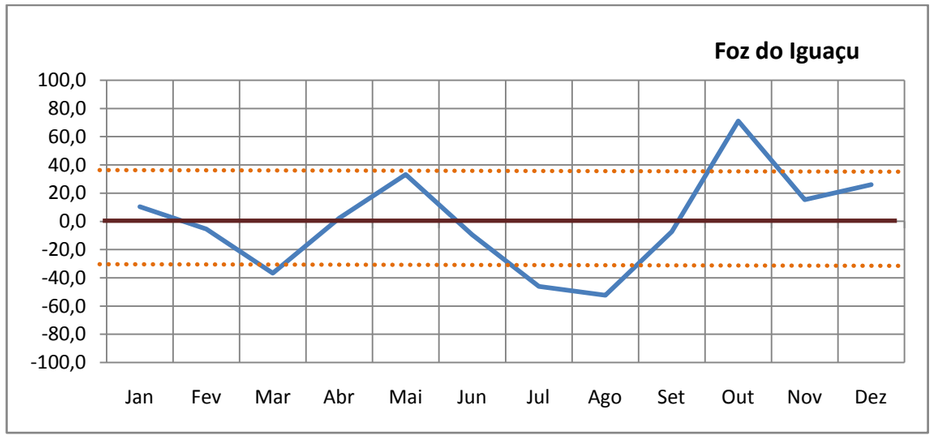
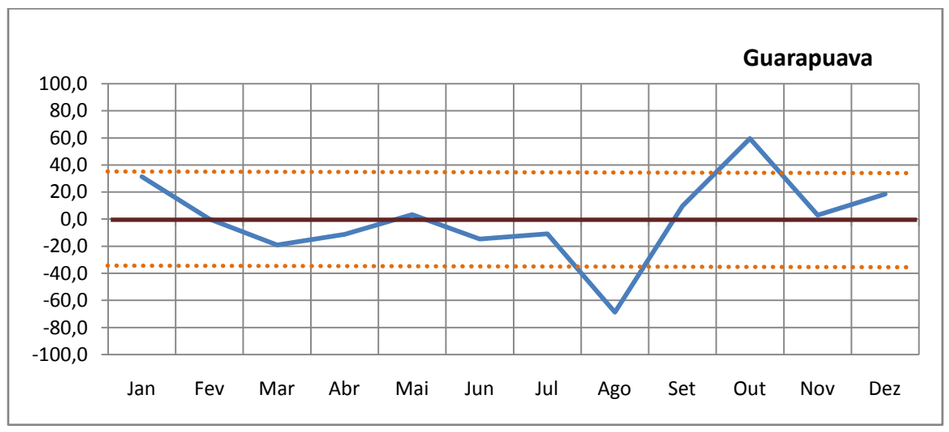



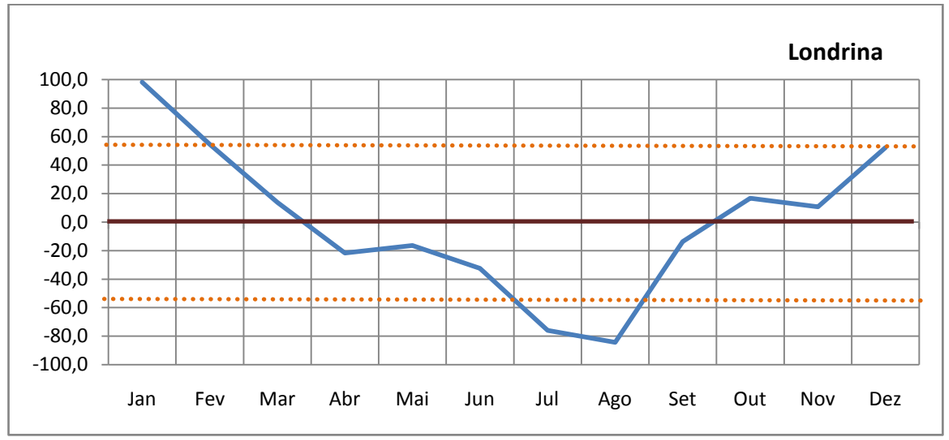

FIGURA 18 – Média histórica mensal da precipitação nas cidades pesquisadas.
Legenda: Média mensal da precipitação. ------- Linha de tendência polinomial.

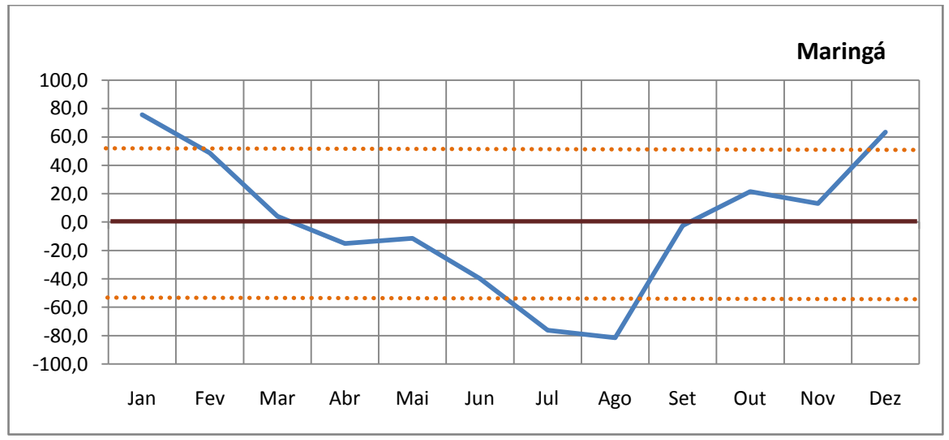


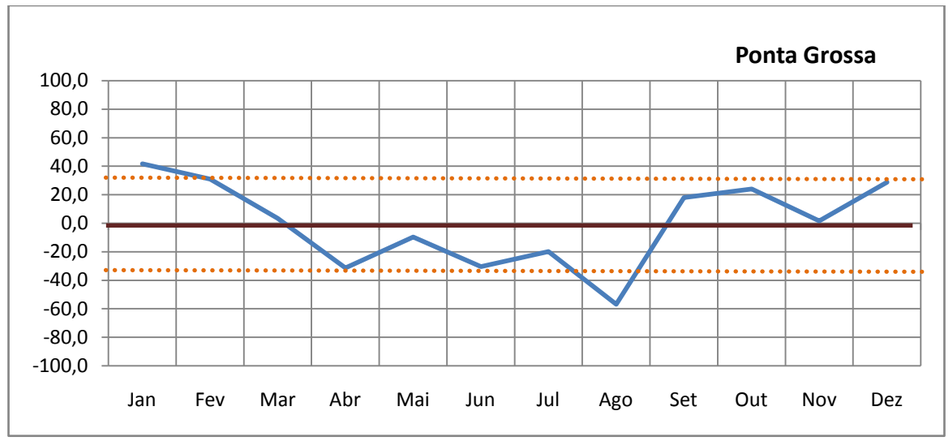




FIGURA 19 – Variabilidade mensal e sazonalidade das chuvas nas cidades estudadas durante a série histórica (1980-2010).

Legenda: Representação da variabilidade mensal comparada com a média histórica. Linha representativa da média histórica. Desvio Padrão.

## 4.2 CLASSIFICAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO HISTÓRICA PELO MÉTODO QUANTÍLICO

A precipitação pluviométrica observada foi também avaliada através da técnica dos quantis, e classificada em cinco intervalos de acumulação anual e mensal os quais foram submetidos a análises durante a série histórica (1980-2010). As classes foram separadas em Muito chuvoso, Chuvoso, Normal, Seco e Muito seco. Conforme já explanado, o termo Seco remete-nos à classificação de estiagem para aquela determinada localidade.

Distintos estudos (Pinkayan, 1966; Xavier, T.; Xavier, A. e Alves, 2007), expandiram a compreensão de eventos de precipitação ao empregar técnicas estatísticas como o método quantílico. Nesta pesquisa, tal metodologia foi utilizada para auxiliar nas análises das séries pluviométricas das cidades selecionadas, mas, de modo que tais resultados pudessem ter validade, foi necessária a utilização de cálculos estatísticos para alcançar uma regularidade entre os dados disponíveis e posterior comparação entre os mesmos.

Para Santos; Aragão; Souza, *et tal* (2011), os intervalos percentuais de cada quantil representam as probabilidades ou frequências esperadas para cada um dos eventos que podem vir a ocorrer na sequência ou série temporal, supondo que são mantidas as características da precipitação.

A figura 20 exibe os gráficos da distribuição anual da precipitação, baseado na série histórica de cada cidade, classificados nas categorias ora distinguidas, com os valores dos quantis Q(0,15), Q(0,35), Q(0,65) e Q(0,85) tanto na classificação anual quanto mensal.

Como resultado desta análise, salienta-se que o ano de 1983 foi classificado como extremamente úmido para todas as cidades, associado a forte intensidade do fenômeno *El Niño* que atuou naquele ano. Ainda, os anos de 1992/1993 e 2009 foram classificados como muito úmido em grande parte das cidades que compõe o escopo deste estudo. Os anos de 1985, 1988, 1999 e 2006 foram classificados como períodos de atuação da *La Niña*, o que gerou meses de forte estiagem no Estado do Paraná, particularmente nas cidades selecionadas.

Ainda, constatou-se que os anos de 1985, 1988, 1999, 2006 e 2007 foram períodos em que houve um volume pluviométrico abaixo da média, sendo considerados anos secos e até mesmo muito secos, ou seja, de forte estiagem, pois o nível das chuvas avaliado em todas as cidades estudadas foi um dos menores registrados em toda a série histórica. Deste modo, ao se comparar os anos de 1985 e1983, anos estes que anotaram

o menor volume pluviométrico e maior acumulado da série, respectivamente, com a média da série histórica, (Tabela 15) constatou-se uma diferença de até 65% do acumulado de chuvas a mais em 1983 na cidade de Guarapuava e 48,6% de chuvas a menos, quando comparada com a média, na cidade de Curitiba, no ano se 1985.

TABELA 15 – COMPARAÇÃO COM A MÉDIA DA SÉRIE HISTÓRICA, ENTRE OS ANOS DE 1983 E 1985, CONSIDERADOS O MAIS ÚMIDO E O MAIS SECO, RESPECTIVAMENTE. OS VALORES REFERENTES AOS ANOS ESTÃO REGISTRADOS EM MM E A VARIAÇÃO INDICA O QUANTO O TOTAL ACUMULADO VARIOU EM RELAÇÃO À MÉDIA. EM AZUL, VARIAÇÃO POSITIVA, EM VERMELHO, VARIAÇÃO NEGATIVA.

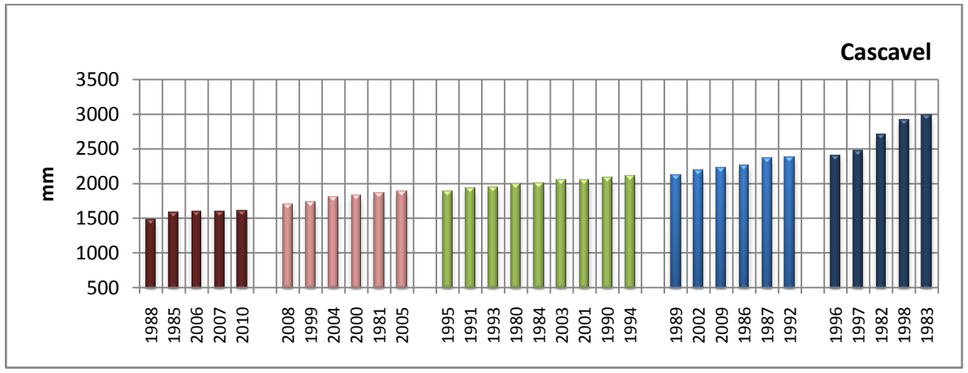
| | **Cascavel** | **Curitiba** | **Foz do Iguaçu** | **Guarapuava** | **Londrina** | **Maringá** | **Ponta Grossa** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1983** | 2988,4 | 1992,7 | 2609,9 | 3284,8 | 2289 | 2267,4 | 2217,2 |
| ***Variação (% +)*** | *45,3* | *33,8* | *48,9* | *65,0* | *35,2* | *37,4* | *39,2* |
| **1985** | 1579,8 | 765,5 | 1146,3 | 1823,2 | 1058 | 1350 | 900,2 |
| ***Variação (% -)*** | *23,2* | *48,6* | *34,6* | *8,4* | *37,5* | *18,2* | *43,5* |
| **Média histórica** | **2056,2** | **1489,5** | **1752,4** | **1991,4** | **1693,3** | **1650,8** | **1593,3** |

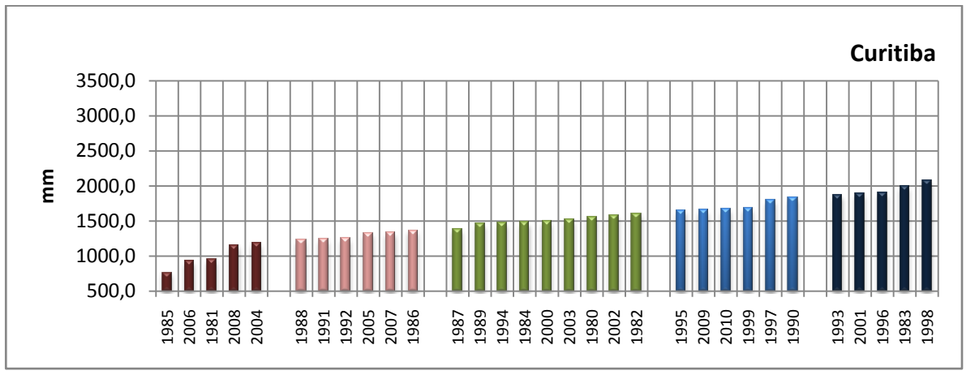
As cidades em estudo apresentaram tal resultado devido a uma possível relação com o *El Niño* de intensidade forte no ano de 1983, e com a *La Niña*, evento climático que provocou redução das chuvas no Sul do Brasil, no ano de 1985.

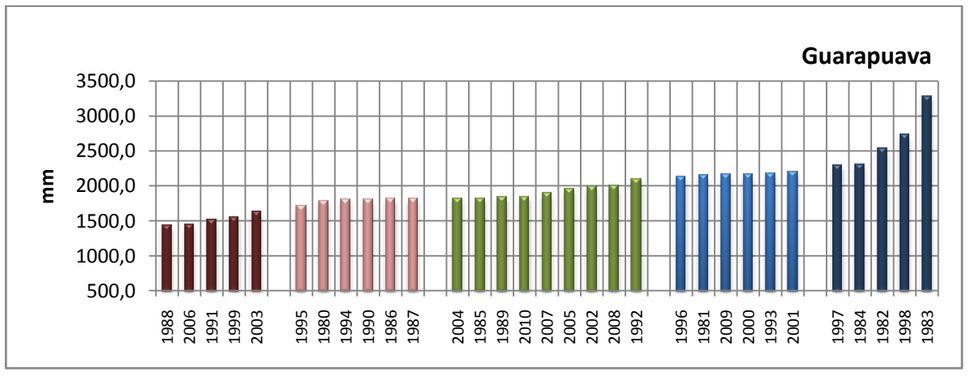
Com o intuito de apresentar a definição da distribuição quantílica (Tabela 16) calculada para cada cidade, foi confeccionado o Disco de Precipitação Anual, ferramenta de apoio para rápida classificação e comparação dos acumulados anual e mensal (ver tabelas de dados nos Anexos 1 ao 7) das cidades estudadas, as quais foram inseridas no disco, e este dividido em cinco classes, de maneira quantitativa que representam o período histórico (1980-2010).

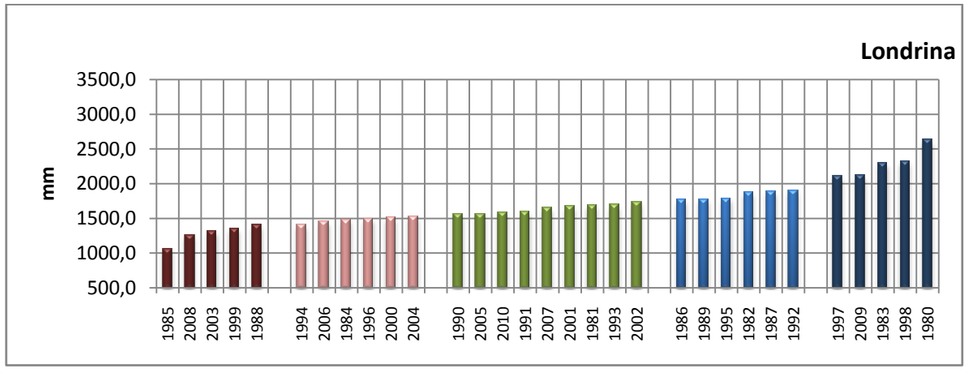
A análise dos resultados encontrados indicou que Londrina e Maringá assemelharam-se nos valores, talvez devido a proximidade das cidades, semelhança de latitude e influência dos mesmos fenômenos pluviométricos, frentes e massas de ar que alteraram o tempo e clima local.

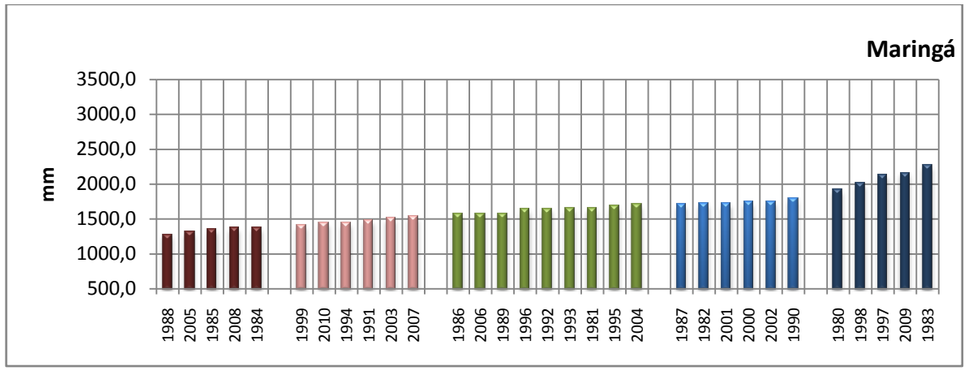
Curitiba, mesmo estando sob influência da latitude, altitude e proximidade do oceano e Serra do Mar, apresentou volume de precipitação anual semelhante a Londrina e Maringá, estas localizadas no 3º Planalto Paranaense, com altitudes inferiores a capital, particularmente nos anos sob influência do ENOS. Entretanto, a faixa da 'normalidade' entre estas cidades não coincidiu, ficando a cidade de Curitiba com os menores valores.





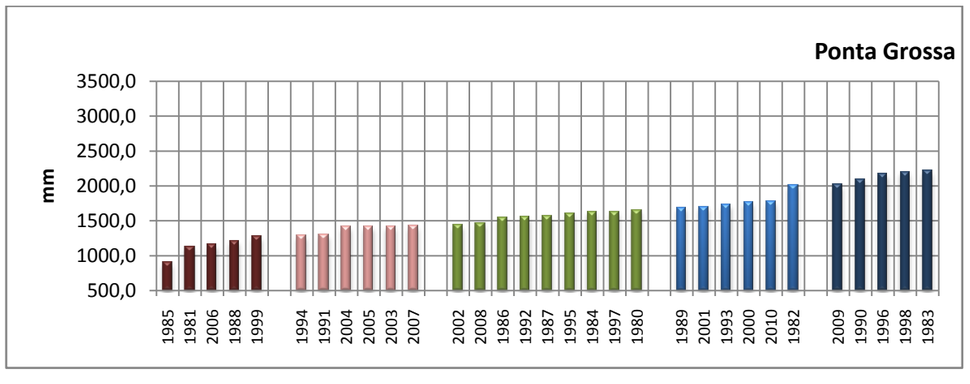




FIGURA 20 – Gráficos da classificação quantílica empregada no estudo para cada cidade.

Legenda: Muito Seco | Seco | Neutro | Úmido | Muito Úmido

NOTA: Utilizou-se o termo “Neutro” por ser o termo empregado na análise dos quantis.

Os totais pluviométricos anuais variaram entre 1210 mm em Curitiba e 2395 mm em Cascavel, ou seja, entre o menor e maior total anual registrado neste estudo há uma diferença de quase 50%.

As faixas de classificação pluviométrica para Curitiba foram as menores entre as cidades, o que significou que a cidade não responde de maneira igual às outras ao total precipitado, ou seja, em Curitiba os mínimos volumes de chuva são suficientes para alterar as condições do sitio urbano em situações de chuvas.

As precipitações abaixo de 1675mm/a.a. classificou todas as cidades estudadas na categoria de Muito Seco. Assim, verificou-se que há uma variabilidade entre 1210 mm e 1675mm, respectivamente em Curitiba e Guarapuava. Ao contrário, para as cidades de Guarapuava e Cascavel para que um ano fosse classificado como Muito Chuvoso, foi necessário um volume superior a 2200 mm/a.a.

A variação entre o menor e maior total na categoria Muito Seco, foi de 465mm entre as cidades. Cascavel e Guarapuava destacaram-se por apresentar os maiores volumes de chuvas para terem os anos inseridos nesta categoria, enquanto que Foz do Iguaçu, Maringá e Londrina, ambas localizadas no 3º Planalto Paranaense, apresentaram pouca variabilidade em seus valores na categoria Muito Seco.

Curitiba e Ponta Grossa, com variação de 70mm entre elas, são as cidades que apresentaram uma condição de estiagem com valores de chuvas entre 1210mm e 1285mm respectivamente. Durante a série histórica, os valores registrados abaixo dos totais encontrados pela técnica dos quantis, apresentaram situações de estiagens, como os anos de 1985, 1988 e 2007.

Aqueles anos considerados como Muito Chuvosos (1983, 1997/1998) para as cidades analisadas, tiveram uma variabilidade de 490mm entre o menor e maior valor encontrado. Nas cidades de Curitiba, Londrina e Maringá, quando os totais ultrapassaram o valor de 1855 mm, tal ano foi considerado como sendo Muito Chuvoso, enquanto as cidades de Guarapuava e Cascavel apresentaram os maiores valores para que os anos fossem classificados como Muito Chuvosos (2245mm e 2395mm) respectivamente.

Na capital do Paraná, os valores compreendidos entre 1375mm e 1629mm, indicaram a normalidade da precipitação, de igual modo a mesma faixa de valores registraram uma situação de estiagem (Muito Seco) nas cidades de Cascavel, Guarapuava, Londrina e Maringá.

Para ser considerado um ano Muito Chuvoso em Ponta Grossa, os valores precipitados foram superiores a 2015mm, entretanto tal valor considerado na cidade de Guarapuava foi considerado com um ano ‘normal’.

Na faixa da normalidade, há uma variabilidade de aproximadamente 745mm entre o menor e maior valor avaliado das cidades. Curitiba apresentou os menores valores, enquanto Cascavel os mais elevados. Londrina e Maringá tiveram um total compreendido ente 1550mm a 1710mm para a faixa da normalidade e Guarapuava registrou um valor de 1820mm a 2120mm. Assim, enquanto Londrina em Maringá anotaram anos classificados como chuvosos, na mesma faixa de valores, Guarapuava apresentou anos classificados como Seco.

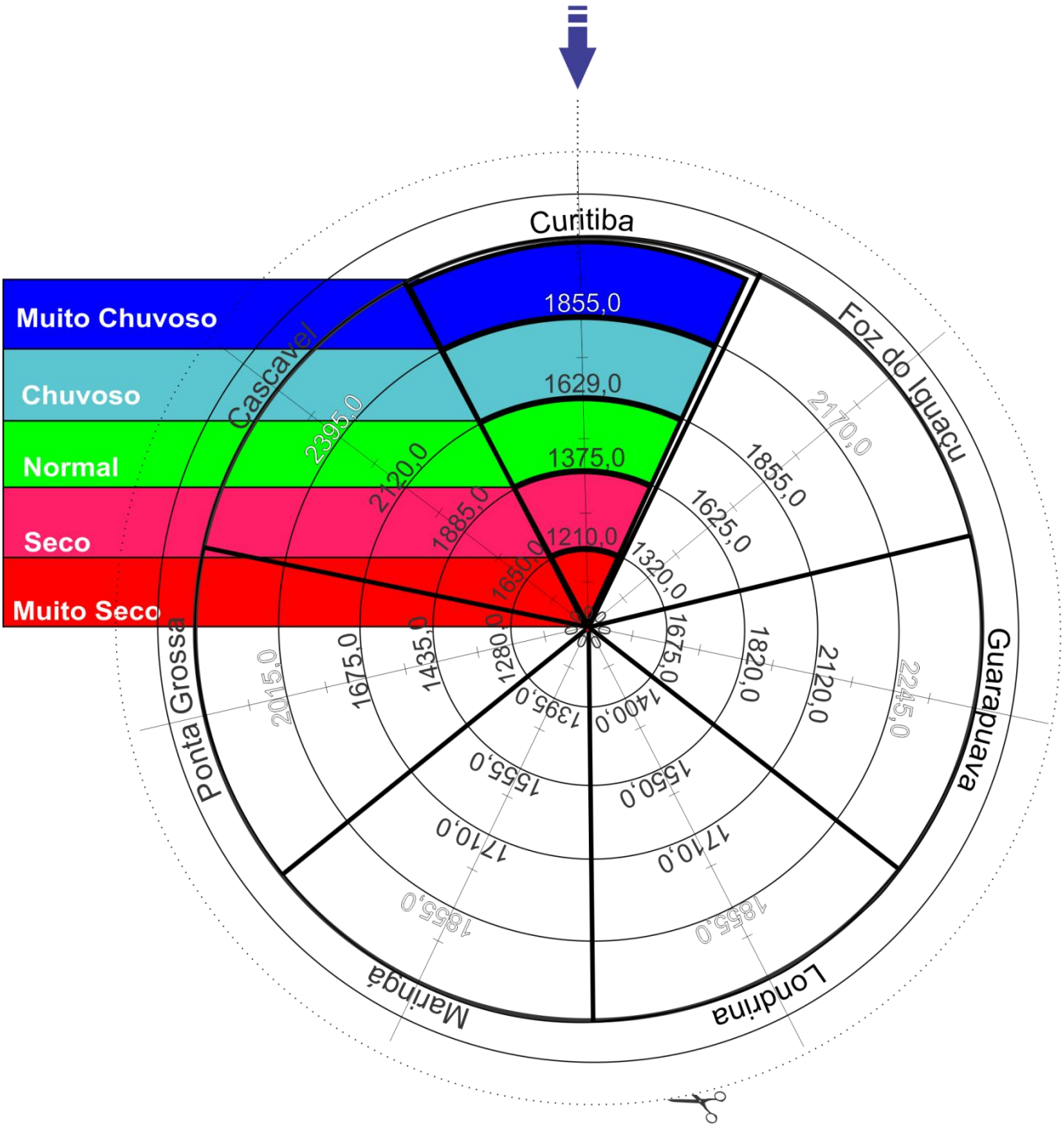
TABELA 16 - LIMITES DA INTENSIDADE DA PRECIPITAÇÃO (MM) ANUAL (1980 - 2010) PARA AS CIDADES SELECIONADAS NA PESQUISA.

| Cidades | Muito seco | Seco | Normal | Chuvoso | Muito chuvoso |
|---|---|---|---|---|---|
| **Cascavel** | P < 1650,0 | 1650,0 ≤ P < 1885,0 | 1885,0 ≤ P < 2120,0 | 2120,0 ≤ P < 2395,0 | P ≥ 2395,0 |
| **Curitiba** | P < 1210,0 | 1210,0 ≤ P < 1375,0 | 1375,0 ≤ P < 1629,0 | 1629,0 ≤ P < 1855,0 | P ≥ 1855,0 |
| **Foz do Iguaçu** | P < 1320,0 | 1320,0 ≤ P < 1625,0 | 1625,0 ≤ P < 1855,0 | 1855,0 ≤ P < 2170,0 | P ≥ 2170,0 |
| **Guarapuava** | P < 1675,0 | 1675,0 ≤ P < 1820,0 | 1820,0 ≤ P < 2120,0 | 2120,0 ≤ P < 2245,0 | P ≥ 2245,0 |
| **Londrina** | P < 1400,0 | 1400,0 ≤ P < 1550,0 | 1550,0 ≤ P < 1710,0 | 1710,0 ≤ P < 1855,0 | P ≥ 1855,0 |
| **Maringá** | P < 1395,0 | 1395,0 ≤ P < 1555,0 | 1555,0 ≤ P < 1710,0 | 1710,0 ≤ P < 1855,0 | P ≥ 1855,0 |
| **Ponta Grossa** | P < 1280,0 | 1280,0 ≤ P < 1435,0 | 1435,0 ≤ P < 1675,0 | 1675,0 ≤ P < 2015,0 | P ≥ 2015,0 |

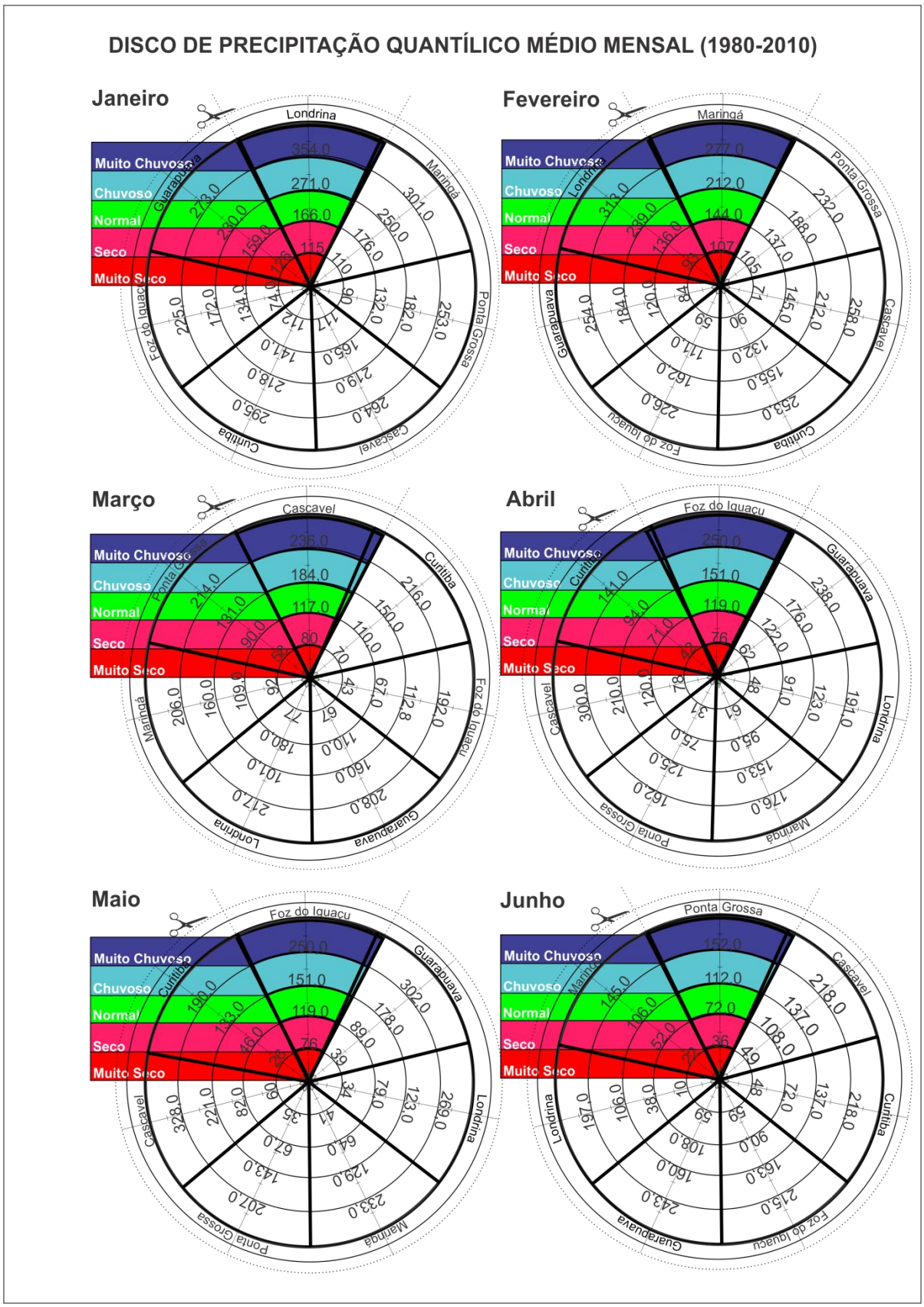
Nota: Na tabela, (P) representa o total precipitado e que está sendo objeto de análise comparativa. Org.: Autor.

Os Discos de Precipitação das Chuvas (anual e mensal) são apresentados a seguir, frutos dos cálculos estatísticos elaborados a partir dos dados de precipitação reunidos para cada cidade, e retratam a dinâmica pluviométrica, seja ela anual ou mensal, nas cidades médias e grande do Estado do Paraná.

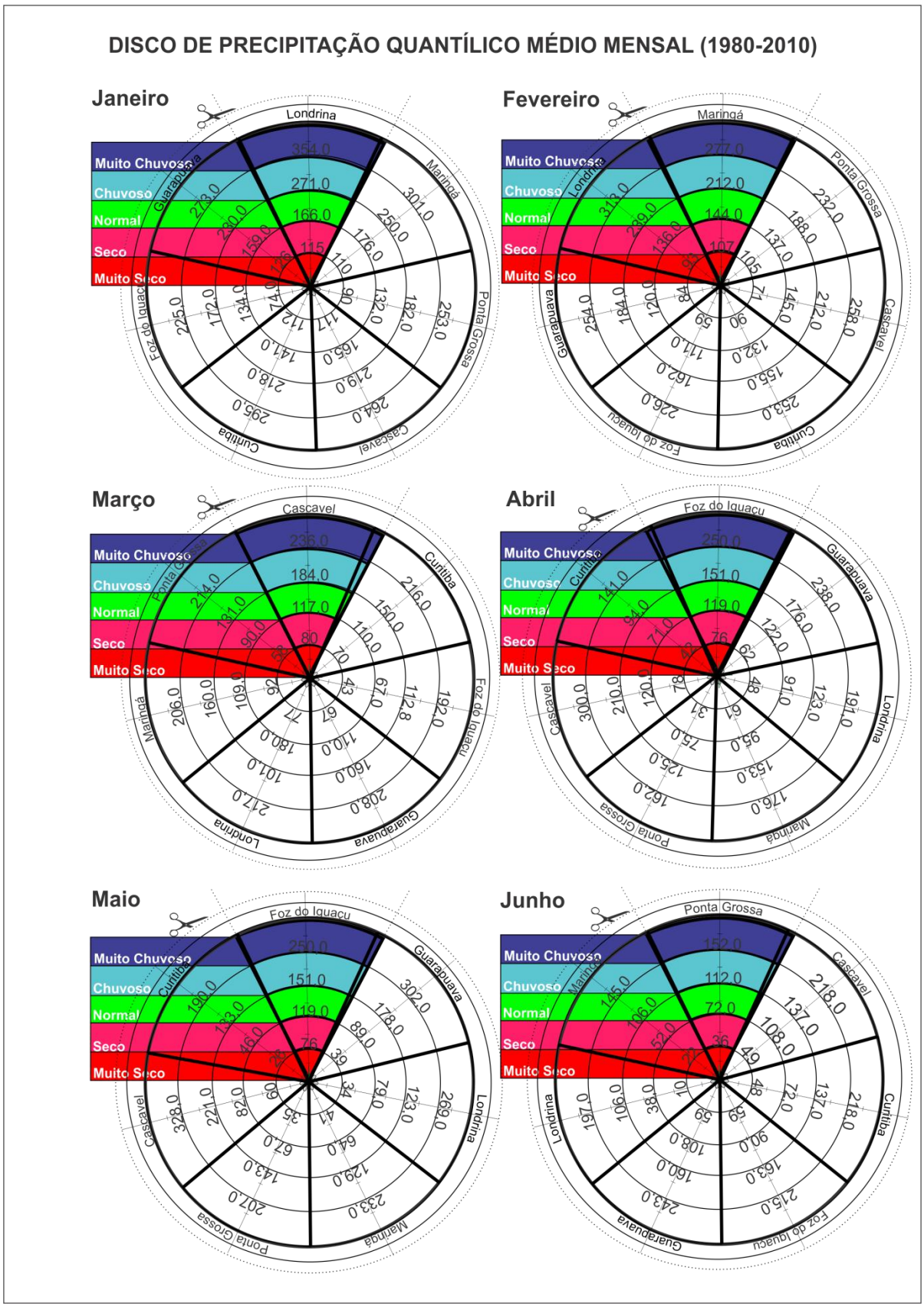
**DISCO DE PRECIPITAÇÃO**
**(Série histórica 1980 a 2010)**




* Nesta versão digital, o modelo para impressão e montagem do Disco de Precipitação encontra-se no Apêndice A.




* Nesta versão digital, o modelo para impressão e montagem dos Discos de Precipitação encontram-se no Apêndice A.




* Nesta versão digital, o modelo para impressão e montagem dos Discos de Precipitação encontram-se no Apêndice A.

## 4.3 O ÍNDICE DE ANOMALIA DAS CHUVAS NAS CIDADES GRANDES E MÉDIAS DO PARANÁ.

Analisado sob diferentes enfoques e nas mais variadas escalas, o clima do Paraná vem sendo objeto de estudo de diversos autores (FARIA e WAGNER, 1990; GRIMM; GUETTER e CARAMORI, 1997; NERY; BALDO e MARTINS,1998; NERY, 2005, e GRIMM, 2009,).

A região Sul do Brasil, segundo Monteiro (1968), é o campo de ação das três principais massas de ar (Massa Tropical Atlântica, Massa Equatorial Continental e Massa Polar Atlântica), da vertente atlântica da América do Sul, guiado pelos sistemas de circulação do Hemisfério Sul e orientadas pelo relevo, produzindo três grandes correntes de perturbação ou de grandes descontinuidades que atravessam a região. Assim sendo, a precipitação pluviométrica no Paraná é resultante do acoplamento dos sistemas atmosféricos de várias escalas, além dos já citados, e também dos sistemas Frontais, Massas de Ar, Zona de Convergência do Atlântico Sul, entre outros que tendem a ser modificados pelas características fisiográficas de cada região ou por anomalias atmosféricas de escala global, onde se destaca o ENOS, um dos objetos de pesquisa deste trabalho, o qual altera a frequência, distribuição espacial e intensidade desses sistemas e em consequência o ritmo das precipitações das cidades escolhidas (GRIMM e TEDESCHI, 2004 e ARAÚJO, 2006).

Com base nesta irregularidade da precipitação, faz-se necessário um eficaz monitoramento, seja através do emprego dos totais climáticos ou outros métodos adequados para tal. Deste modo, empregou-se neste trabalho o Índice de Anomalia das Chuvas (IAC) para avaliação e acompanhamento das características climáticas para cada cidade, de modo a reconhecer os períodos úmidos, relacionados à precipitação ou então os períodos de estiagem ocorridos ao longo da série temporal. Tal técnica do IAC é um complemento à dos quantis, podendo alguns resultados apresentarem significativa alteração devido a diferente metodologia empregada em cada uma delas.

Freitas (2004 e 2005) dispõe sobre a previsão de secas e a gestão hidroenergética para o Nordeste do Brasil, de igual modo no trabalho sobre o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semi-áridas, o referido autor empregou o IAC e constatou ser plausível a comparação das condições de precipitação daquele momento, com os valores históricos, servindo ainda para avaliar a distribuição espacial do evento bem como a intensidade do mesmo.

Nos estudos relativos à vulnerabilidade climática, Gonçalves; Correia; Da Silva, *et al*. (2006) impetraram o IAC para 15 estações, situadas no rio São Francisco, e conseguiram demonstrar que a incidência de anos secos é maior que os anos úmidos naquela região.

Segundo Araújo; Neto e Sousa (2009) os autores demonstraram através de uma análise climática da bacia do rio Paraíba, que o IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para o acompanhamento climático de uma determinada localidade, além de ser utilizado na regionalização da precipitação, podendo também gerar prognósticos e diagnósticos da precipitação local.

Assim sendo, tal índice forneceu baseado nos dados de precipitação e média do período, informações anuais de como a variabilidade das chuvas influenciaram cada cidade na distribuição pluviométrica local, ou seja, na análise das mudanças regionais da variabilidade da precipitação e duração dos períodos úmidos e de estiagem.

Nesta investigação, a utilização de tal índice demonstrou que durante a ocorrência do *El Niño* nem sempre o regime pluviométrico de determinada cidade correspondeu a um ano de chuvas intensas e com número elevado de desastres relacionados à precipitação.

A figura 21 demonstra as cidades do Paraná pesquisadas ao longo da série histórica proposta e a relação entre a influência do fenômeno ENOS com o total anual precipitado, de modo a ser analisado sob o enfoque do IAC, este diferenciado da Técnica dos Quantis. Na figura, observa-se a divisão do período histórico em três momentos (1980-1989, 1990-1999 e 2000-2010) onde cada ano possui o indicativo de atuação de determinado fenômeno climático (*El Niño, La Niña*) ou se foi um ano neutro.

Conforme o exposto na figura 21, onde consta a classificação anual das chuvas (Extremamente Seco, Muito Seco, Seco, Normal, Úmido/Chuvoso, Muito Úmido/Chuvoso e Extremamente Chuvoso), baseado na classificação de Rooy (1965), quando comparado com a figura 11, a qual demonstrou a atuação e intensidade dos fenômenos *El Niño* e *La Niña*, percebeu-se que os anos de 2003 a 2006, mesmo sob a atuação do ENOS de intensidade fraca a moderada, as cidades selecionadas apresentaram índices com tendência a anos secos e até mesmo extremamente secos.

Na primeira década avaliada (1980-1989) houve a atuação de 5 episódios de *El Niño,* 3 episódios da *La Niña* e um ano considerado como neutro ou sem a presença de anomalia climática. Um dos episódios de maior relevância ocorreu em 1983 e afetou grande parcela da população das cidades estudadas. Segundo o demonstrado na figura 21, observa-se que todas as cidades pesquisadas foram classificadas em 1983 como um

ano Extremamente Úmido/Chuvoso, fato este não observado em nenhum outro momento da série histórica.

Os anos de 1985 e 1988, ambos sob influência da *La Niña,* registraram totais pluviométricos baixos em todas as cidades, fato que voltou a se repetir na década de 2000.

Em 1981 as cidades pesquisadas apresentaram uma classificação diferenciada entre si: Cascavel e Londrina (Seco), Curitiba (Extremamente Seco), Foz do Iguaçu e Ponta Grossa (Muito Seco), Guarapuava (Úmido) e Maringá (Normal/Sem anomalia).

Na década de 1990-1999, foram registrados 8 episódios de *El Niño* e 2 de *La Niña* (1996 e 1999), os únicos da referida década. Durante o ano de 1999 todas as cidades apresentaram indícios de estiagem devido a baixa pluviosidade ocorrida. Em 1996, das sete cidades pesquisadas, apenas Londrina apresentou totais que a classificaram como Seco para o referido ano. As outras localidades variaram a classificação entre normal a extremamente úmido/chuvoso. Os anos restantes desta década tiveram significativa influência do *El Niño* e foi observado que em 1997/1998 foram os anos que registraram os maiores volumes pluviométricos do período (1990-1999) culminando com as inundações e enchentes em todas as cidades analisadas.

Os anos de 2000 a 2010 apresentaram 7 ocorrências do *El Niño* e 4 de *La Niña*. Nesta década, segundo a classificação proposta pelo IAC, foram registrados os menores totais pluviométricos de toda a série histórica. Entre os anos de 2004 a 2008 a classificação anual das chuvas nas cidades selecionadas variaram entre Seco a Extremamente Seco, excetuando-se Maringá em 2004 e Guarapuava em 2008, as quais tiveram os anos classificados como Úmido/Chuvoso.

Nesta década (2000-2010), mesmo sob influência do fenômeno *El Niño*, 65% do total das ocorrências foram classificadas como sendo Seco, Muito Seco e Extremamente Seco conforme visto na figura 21. Esta tendência evidenciou que o total de chuvas diminuiu em quantidade para a década em questão se comparada com as outras duas décadas anteriores (1980 a 1999).

Ainda, observou-se nos gráficos de freqüência da classificação, inserido na figura 21, que os episódios considerados como Seco foram superiores às demais classificações propostas pelo IAC.

As cidades sob análise do IAC apresentaram poucas ocorrências inseridas na faixa da normalidade, ao contrário  dos apresentados pela técnica dos quantis.

Os resultados da investigação mostraram a vantagem da utilização do IAC para o estudo da variabilidade da precipitação, onde foi constatado em alguns casos que a porcentagem ficou acima da média da precipitação histórica, ocasionando diferentes impactos nas cidades estudadas.

Quatro períodos úmidos (1982/1983, 1992/1993, 1997/1998 e 2009) foram identificados, anos estes em que o *El Niño* foi de intensidade forte e moderada, confirmado pelo cálculo do IAC e demonstrado nos gráficos da figura 23.

A tendência geral, apontada nesta pesquisa, indica a ocorrência de períodos de estiagem superiores aos períodos úmidos para as cidades pesquisadas, particularmente na década de 2000-2010, mesmo com a atuação de mais de 63% do *El Niño* nos anos da referida década.

A anomalia de precipitação identificada em 1983 ocasionou grandes impactos nas cidades do Paraná, principalmente nos desastres relacionados às inundações e enchentes graduais. Os segundo (1992/1993), terceiro (1997/1998) e quarto período (2009) cuja intensidade do evento ENOS foram forte e moderada, também acarretou grandes perdas econômicas e principalmente humana, com um aumento no número de pessoas feridas, desabrigadas e desalojadas, conforme dados da Defesa Civil do Paraná.

A figura 22, é um recorte de notícia de 2006, divulgada pelo site da empresa MetSul Meteorologia, que destacou à época a estiagem que o Paraná vivenciava naquele momento, mesmo estando sob atuação do fenômeno *El Niño*.

FIGURA 22 – Notícia vincula em 2006 sobre a estiagem que o Paraná vivenciou. Fonte: www.metsul.com. Acesso em 20/10/2012.

## Período de 1980 a 1989

| Ano | Fenômeno | Cascavel | Curitiba | Foz do Iguaçu | Guarapuava | Londrina | Maringá | Ponta Grossa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1980 | El Niño | 1984,7 mm | 1551,6 mm | 1499,6 mm | 1783,9 mm | 2636,3 mm | 1923,3 mm | 1655,7 mm |
| 1981 | Normal | 1865,0 mm | 947,4 mm | 1237,9 mm | 2153,9 mm | 1684,0 mm | 1651,8 mm | 1130,8 mm |
| 1982 | El Niño | 2706,1 mm | 1609,3 mm | 1703,8 mm | 2535,6 mm | 1871,4 mm | 1722,4 mm | 2012,0 mm |
| 1983 | El Niño | 2988,4 mm | 1992,7 mm | 2609,9 mm | 3284,8 mm | 2289,0 mm | 2267,4 mm | 2217,2 mm |
| 1984 | La Niña | 2001,2 mm | 1479,9 mm | 1404,8 mm | 2302,1 mm | 1483,2 mm | 1377,5mm | 1630,1 mm |
| 1985 | La Niña | 1579,8 mm | 765,5 mm | 1146,3 mm | 1823,2 mm | 1058,0 mm | 1350,0 mm | 900,2 mm |
| 1986 | El Niño | 2257,4 mm | 1364,2 mm | 1911,7 mm | 1817,9 mm | 1772,4 mm | 1573,5 mm | 1539,4 mm |
| 1987 | El Niño | 2364,2 mm | 1388,0 mm | 1834,6 mm | 1818,0 mm | 1884,6 mm | 1712,0 mm | 1564,3 mm |
| 1988 | La Niña | 1472,2 mm | 1233,2 mm | 1116,3 mm | 1431,7 mm | 1400,6 mm | 1281,5 mm | 1208,6 mm |
| 1989 | La Niña | 2123,2 mm | 1459,8 mm | 1702,7 mm | 1841,1 mm | 1780,5 mm | 1576,2 mm | 1691,6 mm |

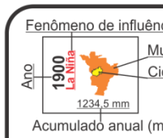
## Período de 1990 a 1999

| Ano | Fenômeno | Cascavel | Curitiba | Foz do Iguaçu | Guarapuava | Londrina | Maringá | Ponta Grossa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1990 | El Niño | 2085,8 mm | 1833,8 mm | 2521,6 mm | 1805,0 mm | 1561,0 mm | 1789,1 mm | 2089,7 mm |
| 1991 | El Niño | 1929,3 mm | 1238,1 mm | 1463,3 mm | 1515,5 mm | 1595,0 mm | 1480,2 mm | 1295,6 mm |
| 1992 | El Niño | 2384,8 mm | 1255,7 mm | 1977,5 mm | 2104,3 mm | 1902,9 mm | 1648,8 mm | 1553,1 mm |
| 1993 | El Niño | 1944,8 mm | 1876,2 mm | 1876,6 mm | 2178,2 mm | 1692,1 mm | 1651,2 mm | 1734,3 mm |
| 1994 | El Niño | 2113,4 mm | 1479,1 mm | 1951,8 mm | 1804,6 mm | 1405,0 mm | 1446,2 mm | 1289,7 mm |
| 1995 | El Niño | 1886,4 mm | 1650,5 mm | 1249,7 mm | 1713,7 mm | 1788,9 mm | 1689,2 mm | 1593,2 mm |
| 1996 | La Niña | 2404,2 mm | 1901,8 mm | 2388,7 mm | 2131,3 mm | 1495,9 mm | 1644,8 mm | 2166,6 mm |
| 1997 | El Niño | 2468,9 mm | 1798,2 mm | 2195,9 mm | 2291,0 mm | 2110,2 mm | 2132,9 mm | 1635,0 mm |
| 1998 | El Niño | 2922,7 mm | 2071,2 mm | 2147,1 mm | 2736,3 mm | 2319,5 mm | 2008,0 mm | 2200,1 mm |
| 1999 | La Niña | 1725,6 mm | 1683,4 mm | 1294,3 mm | 1554,2 mm | 1353,1 mm | 1411,6 mm | 1274,1 mm |

## Período de 2000 a 2010

| Ano | Fenômeno | Cascavel | Curitiba | Foz do Iguaçu | Guarapuava | Londrina | Maringá | Ponta Grossa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2000 | La Niña | 1834,6 mm | 1502,0 mm | 1827,2 mm | 2165,8 mm | 1515,2 mm | 1744,7 mm | 1767,5 mm |
| 2001 | La Niña | 2046,3 mm | 1894,1 mm | 1638,8 mm | 2201,3 mm | 1679,7 mm | 1725,7 mm | 1700,7 mm |
| 2002 | El Niño | 2191,5 mm | 1577,6 mm | 2073,9 mm | 1893,8 mm | 1726,9 mm | 1745,3 mm | 1441,5 mm |
| 2003 | El Niño | 2039,5 mm | 1520,3 mm | 1787,5 mm | 1636,9 mm | 1318,1 mm | 1506,6 mm | 1422,6 mm |
| 2004 | El Niño | 1812,3 mm | 1191,2 mm | 1348,3 mm | 1822,7 mm | 1533,2 mm | 1710,6 mm | 1412,7 mm |
| 2005 | El Niño | 1883,0 mm | 1333,2 mm | 1697,4 mm | 1952,9 mm | 1564,8 mm | 1315,8 mm | 1420,4 mm |
| 2006 | El Niño | 1599,5 mm | 932,4 mm | 1613,7 mm | 1442,1 mm | 1454,2 mm | 1551,6 mm | 1158,1 mm |
| 2007 | La Niña | 1600,0 mm | 1337,8 mm | 1376,0 mm | 1899,4 mm | 1648,7 mm | 1537,5 mm | 1429,9 mm |
| 2008 | La Niña | 1696,5 mm | 1157,8 mm | 1724,0 mm | 1551,6 mm | 1258,5 mm | 1373,5 mm | 1467,6 mm |
| 2009 | El Niño | 2221,6 mm | 1659,4 mm | 2292,0 mm | 2163,6 mm | 2119,4 mm | 2159,0 mm | 2018,0 mm |
| 2010 | El Niño | 1609,3 mm | 1675,6 mm | 1711,0 mm | 1843,3 mm | 1588,7 mm | 1443,6 mm | 1773,4 mm |

### Legenda




Descrição dos elementos inseridos na representação.

**Classificação empregada**

- Extremamente Úmido/Chuvoso
- Muito Úmido/Chuvoso
- Úmido/Chuvoso
- Sem anomalia (Normal)
- Seco
- Muito Seco
- Extremamente Seco

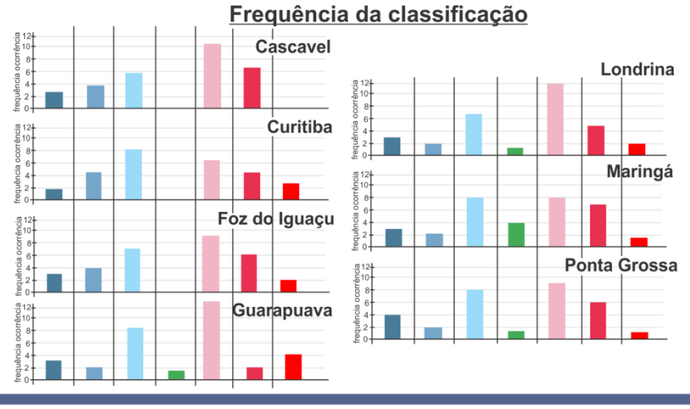



Figura 21 - Classificação anual das chuvas nas cidades selecionadas.
Fonte: CPTEC/INPE e INMET (2011) - Base cartográfica: ITCG
Org: Da Silva, C.A. (2012)

* A mancha urbana de Curitiba teve sua representação propositalmente omitida por ser a totalidade de sua área urbanizada, e para que fosse possível visualizar a representação do fenômeno ocorrido.

Nos gráficos expostos na figura 23, observou-se que o ano de 2006, por exemplo, foi significativamente marcante para as cidades destacadas, dado o IAC de todas elas registrarem um ano com características que variaram entre a classificação Seco a Extremamente Seco. Na maior parte dos casos, durante os anos úmidos ou extremamente úmidos a precipitação variou entre 150 até 300% acima da média histórica para as ocorrências de precipitação.

Os gráficos constantes na figura 23 representam a variação temporal do Índice de Anomalia de Chuva para as cidades pesquisadas no Paraná, onde percebeu-se a variação assimétrica dos valores estabelecidos, representando picos positivos e negativos, o que indicou para aquela localidade um período úmido/chuvoso ou de estiagem, respectivamente.

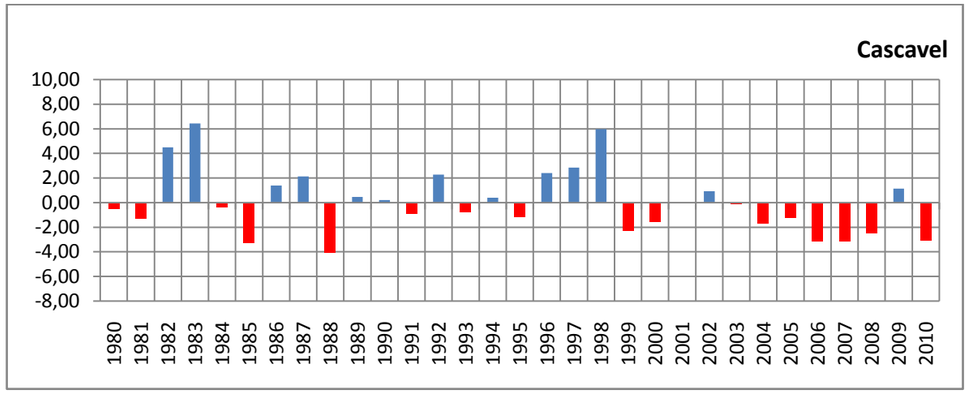
Os períodos de 1982/1983, 1992/1993, 1997/1998 e 2009, destacam-se como anos severamente úmidos, podendo ser observado nos gráficos os picos positivos para tais anos nas cidades selecionadas devido a presença e atuação do *El Niño* de intensidade forte e moderada.

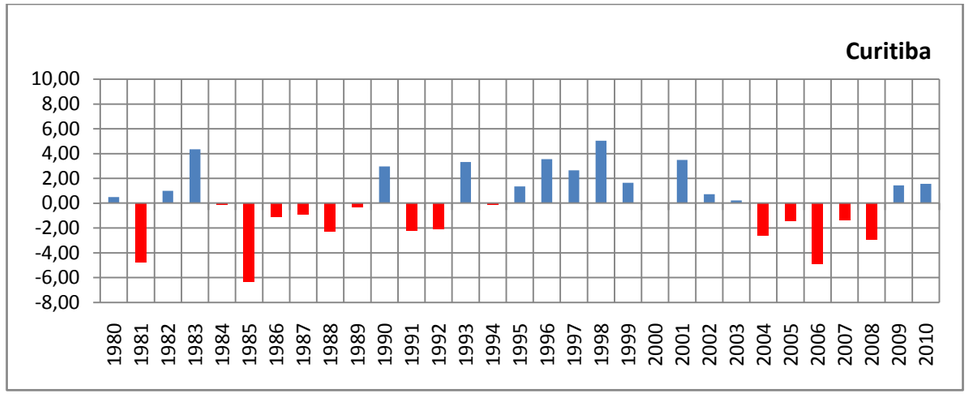
Ao contrário, destacaram-se os anos de 1985, 1988, 2005 e 2006 como de estiagem para as cidades, as quais sofreram a influência tanto da *La Niña*, quanto do *El Niño*, o que confirma a tendência de que em anos de *El Niño* também pode ocorrer períodos com totais pluviométricos abaixo da média, e não apenas de chuvas intensas.

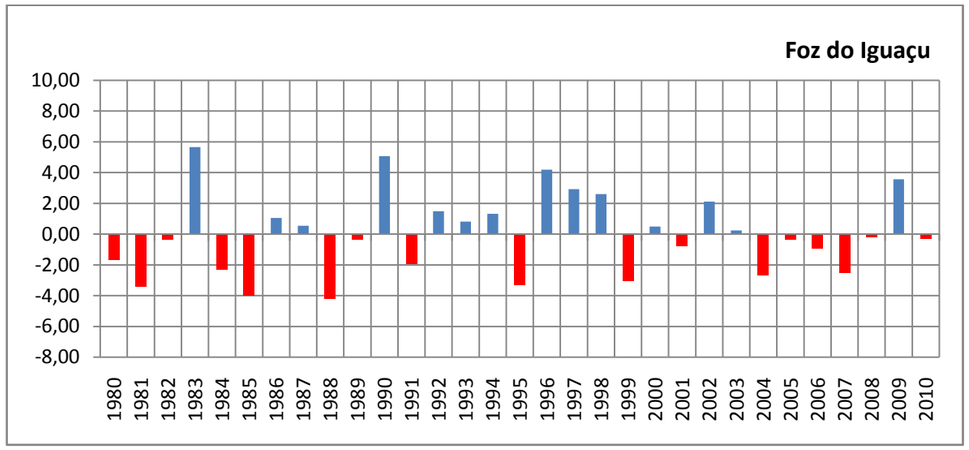
A cidade de Guarapuava, por exemplo, apresentou uma sequência de 7 anos seguidos com indicativos de estiagem, de 1985 a 1991, assim como a cidade de Ponta Grossa, cujos anos de 2002 a 2008 também apresentaram seus totais de precipitação abaixo da média histórica. Com exceção de Guarapuava, a década de 2000-2010 foi o período que apresentou maior número de anos com baixos valores de precipitação, ocasionando freqüentes períodos de estiagem, mesmo sob atuação do *El Niño*.

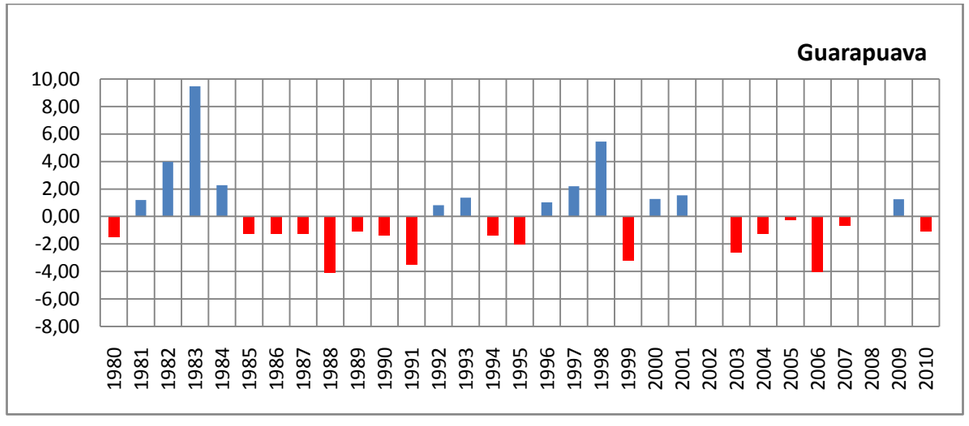
Da totalidade da série histórica analisada, constatou-se que mais da metade dos anos tenderam à estiagem. Ainda, foi observada a alternância entre anos úmidos e secos ao longo da série, sendo que durante a década de 2000-2010 evidenciou-se a presença de anos de estiagem na maioria daqueles avaliados.

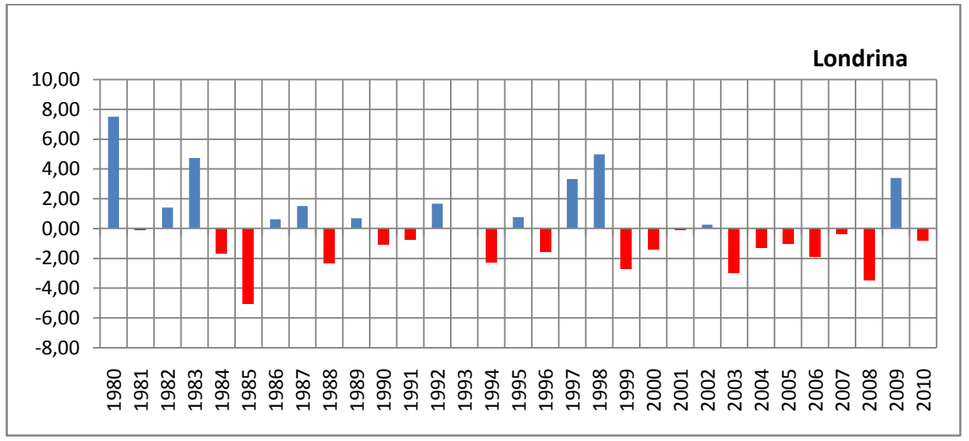
Assim sendo, os resultados alcançados pelo uso do IAC mostraram-se bons indicadores da variabilidade interanual para os períodos úmidos e secos, sendo facilmente calculados para as localidades em questão, e indicado como ferramenta para o acompanhamento dos valores de precipitação local.

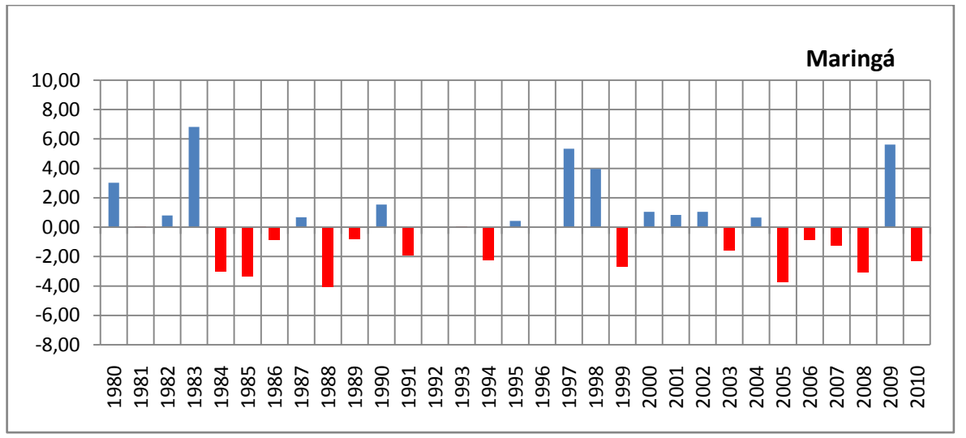


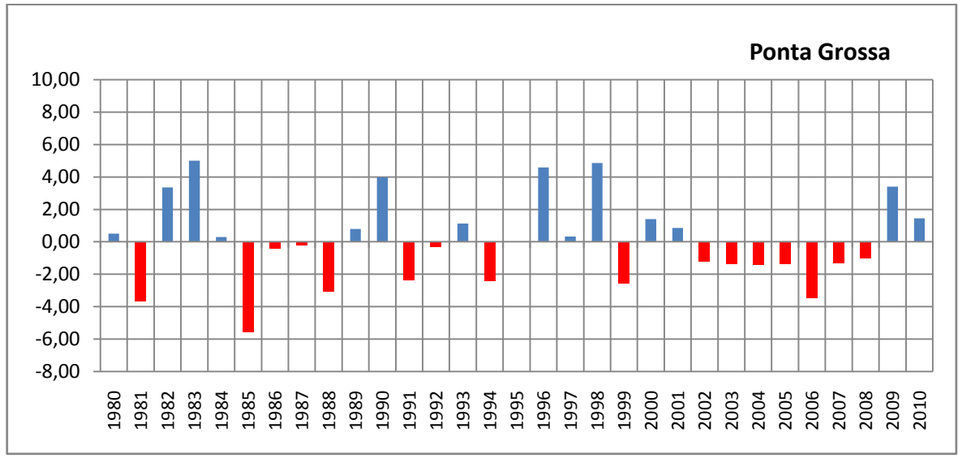




FIGURA 22 – Gráficos do IAC para as cidades selecionadas. Colunas em azul demonstram o índice positivo, enquanto as barras em vermelho indicam a fase negativa.

.

# CAPÍTULO V
# CHUVAS MÁXIMAS E OS DESASTRES PLUVIOMÉTRICOS

Ao se pensar em desastre e risco, tais conceitos sócio-ambientais constituem-se em antigas preocupações políticas e sociais que afligem a sociedade em geral, mas ainda não estão completamente resolvidas.

Deste modo, pode-se afirmar que uma comunidade tem sua vulnerabilidade determinada por uma combinação de condições existentes e fatores sociais como a pobreza ou meios de subsistência (OMM, 2006).

Pode ser considerado que tais perturbações ambientais estão vinculadas a uma problemática que acomete a sociedade como um todo, ficando tais dispostas sob dois enfoques, e estes associados ao uso e ocupação do espaço. O primeiro foco remete à crescente concentração da população em cidades, independentes do tamanho, num processo de adensamento urbano o que resulta em danos ambientais de diversas naturezas, seja pela localização das moradias, desmatamento de áreas verdes, impermeabilização do solo, entre outros fatores que podem assolar o meio urbano das cidades estudadas.

O segundo reflete acerca da disparidade espacial com que tal população urbana está disposta nas cidades, seja em áreas de risco ambiental eminente ou não. Sendo assim, ao se estudar estes dois aspectos, verificaram-se as diversas implicações causadas, em diferentes graus de intensidade, dos problemas ambientais em suas especificidades regionais relacionados com a precipitação.

Neste capítulo far-se-á a discussão dos conceitos de riscos, desastres, enchentes, inundações e alagamentos, sendo também estudados os dados coletados pela Defesa Civil do Estado do Paraná, acerca das ocorrências relacionadas à precipitação nos centros urbanos. De igual modo, destacar-se-á os eventos extremos de precipitação ocorridos em 24 horas e suas repercussões nas cidades, dado a importância e influências das mesmas no contexto regional, pois as cidades investigadas, por ocasião do período chuvoso (outubro a março), foram freqüentemente submetidas a impactos decorrentes de eventos concentrados, sendo as áreas de risco localizadas nas proximidades de corpos d’água (rios, ribeirões, lagos e outros) as mais atingidas.

Mas nem sempre o excesso de precipitação traz malefícios à sociedade, ao contrário, outros setores podem ser beneficiados com a abundância de chuvas. Isso depende, portanto da percepção de quem realiza tais estudos, pois quando se aborda o

tema das precipitações e seus efeitos, apesar dos dados de caráter negativo possuírem maior enfoque, dado as calamitosas consequências, também podem ser vistos efeitos positivos durante a ocorrência de eventos de grande intensidade. Nesta perspectiva, é importante avaliar ambos os efeitos (positivos e negativos) e aceitar que as enchentes e inundações fazem parte do processo natural das diversas bacias hidrográficas em que as cidades estão inseridas, não devendo ser, portanto um obstáculo ao desenvolvimento econômico e social.

Assim sendo, destacam-se os benefícios das intensas precipitações na agricultura, pesca, na recarga de mananciais, no rejuvenescimento do ecossistema fluvial e outros. Entretanto, nesta pesquisa abordaremos somente os aspectos negativos desta perspectiva ambiental.

## 5.1 OS RISCOS AMBIENTAIS

A questão da percepção do risco está atrelada a cada indivíduo, face às diversas situações vivenciadas pelo mesmo, o qual é capaz de atribuir valores a cada tipo. Deste modo, o observador tende a determinar e classificar os ricos conforme sua percepção, o que muitas vezes pode ser sub ou super estimado.

Ao explanar em sua obra sobre os conceitos de riscos, Giddens (1991), destacou que, num contexto em que as práticas sociais são revistas cotidianamente mediante uma profusão de informações, gerando incertezas futuras, o risco atual é fabricado e depende cada vez menos das contingências naturais e cada vez mais de intervenções sociais e culturais, que em alguns casos desencadeiam desastres naturais, sendo a expressão mais radical do "risco fabricado" a institucionalização da mudança vertiginosa no modo de produção e de vida dos indivíduos, famílias, organizações e comunidades (DESCHAMPS, 2004).

Definido como objeto social, o conceito de risco foi amplamente discutido na obra de Veyret, a qual relata que o mesmo pode ser:

> ...a percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas. Não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos. Correm-se riscos, que são assumidos, recusados, estimados, avaliados, calculados. O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal (VEYRET, 2007, p.11).

Ao tratar dos aspectos conceituais do risco, Esteves (2011) relatou que dependendo da origem, estes poderão ser classificados em três categorias, que podem ou não estar inter-relacionadas: o risco tecnológico: o qual se arrola aos processos

produtivos e da atividade agrícola, científica e industrial; o risco natural: ligado aos processos e eventos de origem natural ou induzido por atividades humanas (conotação ambiental ou socioambiental) e o risco social: fruto das atividades humanas, incluídos aí os econômicos, militares e os relacionados à saúde.

De acordo com Kässmayer (2009) os ambientes urbanos revelaram-se em sua tese, como lugares nocivos, geradores de riscos a seus habitantes e frequentemente associados à injustiça social e ambiental. Segundo a autora, as demandas sociais, políticas e econômicas pressionaram constantemente as condições de vida nestes aglomerados, fazendo com que as atividades antrópicas transformassem as cidades em lugares onde as relações interpessoais e com a natureza se tornassem complexas.

Para Veyret (2007), o risco encontra-se presente na totalidade do espaço urbano, sendo de interesse para a ciência geográfica a percepção do risco acompanhado de uma dimensão espacial. Deste modo, as migrações e o crescimento urbano estimulam o surgimento de diferentes tipos de riscos (ambiental, social, industrial, econômico, geopolítico e tecnológico). Nesta pesquisa discutir-se-á somente acerca do risco ambiental, resultado da associação entre os riscos naturais (pressentidos, percebidos e suportados por um grupo social, ou indivíduo sujeito à ação possível de um processo físico) e daqueles decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e ocupação do território (VEYRET, 2007).

Segundo Esteves (*op. cit.*), pode ser considerado como risco ambiental a contingência de acontecimentos como enchentes, inundações, alagamentos, deslizamentos, entre outras, de forma que a possibilidade de perdas, a qual é inerente ao risco, incluído aí o ambiental, possui uma dimensão espacial.

Quanto à localização, ou mesmo à distribuição espacial dos riscos, não descartando a sua manifestação nas áreas rurais, tende a existir uma concentração espacial nas áreas urbanas, principalmente em função da inadequação ou de características conflitantes das formas de ocupação e uso do solo e os processos produtivos e tecnológicos, sociais e naturais, que determinam situações de perdas potenciais ou efetivas (ESTEVES, 2011).

Ao tratar da percepção do risco, Veyret (*op. cit.*) descreve que a população da área rural apresenta uma abordagem diferente dos riscos quando comparados com os da área urbana, pois a percepção dos riscos destes é menor devido o relativo conhecimento estar fundado em comunicações orais e televisivas e não vivenciadas no seu cotidiano. Ainda, a consciência do risco pelos pobres, é ainda mais insignificante, dado a

substituição desta percepção por preocupações oriundas de outros riscos específicos, como os conflitos sociais e urbanos a que estão expostos diariamente.

Ao refletir sobre os dilemas socioambientais na gestão metropolitana, Jacobi (2006) propôs que a denominação “riscos ambientais urbanos” poderia englobar uma grande variedade de acidentes, em diversificada dimensão e socialmente produzidos.

Coadunando-se com a questão do risco, Mendonça (2009) propôs que a noção de risco está interligada tanto com as ciências da natureza quanto às ciências da sociedade. Ainda, para o autor, os riscos urbanos remetem a uma abordagem dual e de interface sobre a cidade, aspecto que evidenciou em sua obra como um exercício do diálogo e troca de saberes que explicitam, portanto, a construção de um conhecimento mais complexo que aquele gestado pela modernidade, ou seja, indispensável para o conhecimento e tratamento da problemática urbana.

Deste modo, o conceito de risco pode ser definido para os fins deste estudo, como a probabilidade de ocorrer, ao longo da série histórica proposta, graves alterações, particularmente as ambientais, no cotidiano de uma sociedade, levando à adversidade humana, material, econômica ou ambiental, cujos efeitos exigirão uma pronta resposta governamental, de modo a satisfazer as necessidades humanas daquela localidade.

O risco, segundo o IPCC (2012), deriva de uma combinação dos riscos físicos e as vulnerabilidades dos elementos expostos, o que significa que há potencial para grave interrupção do funcionamento normal da sociedade afetada, uma vez que se materializará como um desastre, particularmente em localidades pobres.

Sob este ponto de vista, ao tratar da sociedade do risco, Beck (1998) expõe que existe uma íntima ligação entre a formação dos riscos ambientais e as condições de pobreza social. Segundo o autor, há uma maior vulnerabilidade de certas comunidades frente aos riscos, por mais genéricos e absolutos que eles possam ser; esta concepção revela o fato de que tanto o risco, como a vulnerabilidade e a catástrofe, se materializam em territórios específicos determinados e que têm, portanto, um componente espacial que se baseia na coincidência de uma ameaça para a população e suas atividades (MENDONÇA, 2009).

Em sua reflexão a partir da problemática socioambiental urbana, Mendonça (*op. cit.*) destaca que sob o enfoque da abordagem geográfica, os riscos e as vulnerabilidades socioambientais, permitem uma perfeita articulação entre os conhecimentos do sítio urbano - e da qualidade de vida a ele associada, e aqueles da dimensão social da cidade – as atividades humanas e a concretude do espaço construído.

Assim, esta nova perspectiva de enfoque da cidade constitui para Mendonça (2009) a possibilidade do rompimento da clássica dualidade e dicotomia do conhecimento geográfico, dado que a problemática socioambiental urbana explicita a dupla dimensão da cidade, qual seja a natureza (alterada) e a sociedade que a formam.

## 5.2 IMPACTOS NA INFRAESTRUTURA URBANA DECORRENTES DOS TOTAIS PLUVIOMÉTRICOS ELEVADOS

A precipitação ocorrida em excesso pode ser considerada como o elemento climático que possui maior influência na contribuição de ocorrência de desastres na região Sul do Brasil, segundo Barbieri; Ferreira; Saito; *et tal* (2009). Ainda, uma das principais consequências das chuvas intensas sobre uma determinada área são as inundações, as quais segundo Teixeira e Satyamurty (2004), podem ser agravadas por outros fenômenos, como ventos, tempestades, deslizamentos e alagamentos.

Ao contrário, a ausência de chuvas, ou seu total abaixo da média, também favorecem ao surgimento de desastres associado à estiagem como, por exemplo, o racionamento de energia elétrica, comprometimento de safras, diminuição da quantidade de água tratada ofertada à comunidade entre outros. Por não ser objeto de análise desta pesquisa, causas e consequências de fenômenos relacionados à estiagem, não serão abordados, assim como seus impactos nas cidades paranaenses.

Ao realizar uma comparação entre as regiões geográficas da superfície terrestre acerca das precipitações, Nimer (1979) considerou que o Sul do Brasil é uma das regiões cuja distribuição espacial pluviométrica se faz de forma uniforme. Ao longo dos 31 anos de observação a que se propôs esta pesquisa, a altura média da precipitação anual variou entre 1150 a 2500 mm. Entretanto, um acumulado anual não pode ser utilizado de maneira única para a avaliação de determinada região acerca de suas características pluviométricas, mas sim na forma pela qual ela se distribuiu ao longo do ano, de forma mensal e diária, de modo a ser detectado possíveis anomalias e eventos extremos, responsáveis muitas vezes pela ocorrência das inundações, enchentes, alagamentos e outros tipos de desastres.

O termo inundação pode ser definido como um transbordamento de água proveniente de rios, lagos e açudes, de acordo com Castro (2003). Contudo, as inundações podem ser classificadas em função da magnitude (excepcionais; grande magnitude; normais ou regulares e de pequena magnitude) e da evolução (enchentes ou inundações graduais; enxurradas ou inundações bruscas e alagamentos).

Segundo Castro (*op.cit*.) durante a ocorrência das enchentes, as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente e podem ser relacionadas primordialmente com períodos demorados de chuvas contínuas ao invés de chuvas intensas e concentradas.

Ao tratar sobre os riscos naturais, Veyret (2007) diferenciou o termo cheias, de inundações. A autora definiu cheias como sendo o aumento das águas, as quais podem permanecer no leito menor do curso d'água. A partir no momento que este não é mais capaz de conter o escoamento, a água transbordará, espalhando-se pelo leito maior, vindo a causar uma inundação. Segunda Veyret, pode haver, numa determinada localidade, uma cheia sem inundação.

De acordo com a Defesa Civil (2007), inundação é o transbordamento de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea, enquanto que as enchentes ou cheias são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem transbordar. Alagamento, segundo classificação da Defesa Civil (*op. cit.*.) é o acúmulo de água nas ruas e nos perímetros urbanos, devido problemas na drenagem das áreas urbanas da cidade. Na figura 24 estão representados esquematicamente os conceitos de inundação, enchente e alagamento no sítio urbano e que foram adotados nesta pesquisa.

Segundo Valente (2009), enchentes e inundações podem ser definidos como sendo aqueles eventos resultantes dos comportamentos de cursos d'água (córregos, ribeirões e rios). O termo alagamento, entretanto, está associado ao acúmulo de água formado pelos escoamentos superficiais provocados por chuvas intensas e em áreas total ou parcialmente impermeabilizadas. Ainda, pode ser tratado como o acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem, ocorrendo principalmente em ambiente urbano.

Para a Defesa Civil (2007) o termo enxurrada, utilizado nesta análise, é classificado como sendo o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

De acordo com o estudo de Tucci (1993), a inundação é o resultado de uma intensa precipitação, fazendo com que a quantidade de água que chega simultaneamente no rio seja superior à capacidade de drenagem do mesmo. Deste modo, segundo o autor, os problemas ocasionados por este fenômeno dependerão do grau de ocupação da várzea pela população de cada cidade, bem como da freqüência com que ocorrem essas inundações.

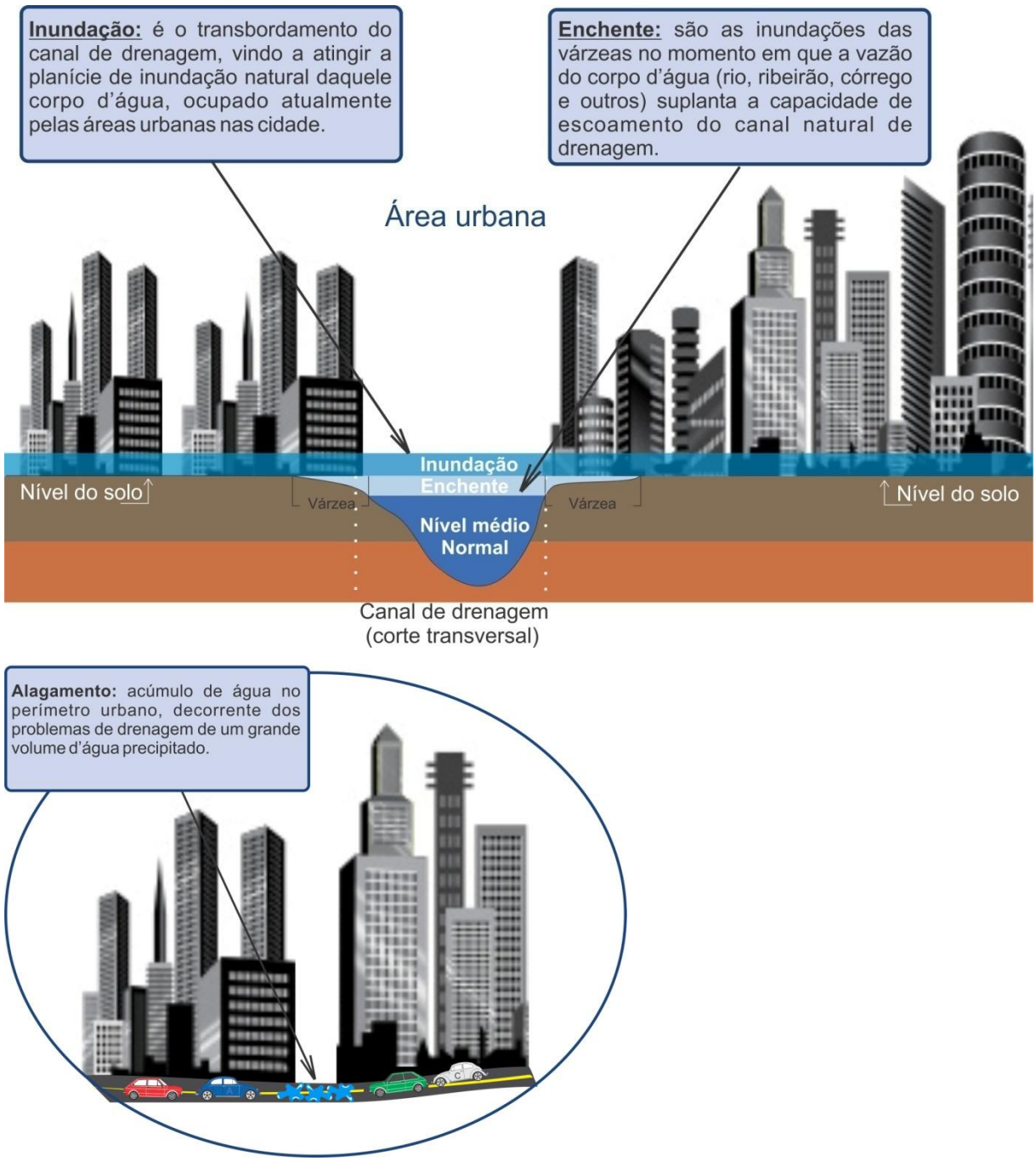



FIGURA 23 – Perfil esquemático do processo de enchente, inundação e alagamento.
Fonte: Tucci (1993); Castro (2003); Defesa Civil (2007)e Veyret (2007). Elaboração: Autor.

Neste sentido, o termo inundação está inserido na categoria de desastre natural, definido como manifestações da natureza, gerando danos econômicos ou sociais à determinada população.

Para que aconteça um evento de inundação, é necessário que as chuvas intensas e contínuas numa determinada localidade, ultrapassem a capacidade de absorção do solo, causando o transbordamento e consequente inundação dos terrenos circundantes ao leito

do canal hidrográfico, gerando danos para a vida da sociedade, seus bens e infraestrutura, além dos estragos causados ao meio ambiente.

Os processos de enchentes e inundações são também intensificados com o aumento da população urbana, associado com a incapacidade do Estado em atender a demanda de moradias e o interesse imobiliário que determina a ocupação do solo urbano. Essa situação também gera a ocupação por populações nas áreas sujeitas a processos de dinâmica superficial desencadeadores de risco (RECKZIEGEL, 2007).

O processo pelo qual as águas das chuvas passam naturalmente, é composto pela infiltração da água sobre o solo exposto, acumulação subterrânea, drenagem, retenção, evaporação e consumo. Nas cidades, este ciclo não acontece de maneira completa, dado que o solo se encontra em grande parte impermeabilizado, impedindo a infiltração, que também proporciona um aumento da velocidade desta água precipitada pelas galerias e canais artificiais, vindo a colaborar para o transporte de resíduos sólidos, os quais corroboram para o entupimento de galerias e vertedouros, aumentando ainda mais os desastres ocasionados.

Deste modo, a repercussão dos fenômenos caracterizados como acidentes naturais depende da capacidade de cada sociedade absorver, amortizar ou evitar os efeitos negativos, ou seja, do seu grau de vulnerabilidade (GONÇALVES, 2003).

As enchentes, de acordo com Grimm; Guetter e Caramori (1997), apresentam-se com características comuns nos eventos avaliados, sendo, portanto o extravasamento do sistema de drenagem local. No entanto, os processos que causam enchentes estão sujeitos às dimensões e características de cada local. Para a autora, até o início dos anos de 1980, a literatura científica sobre as enchentes se baseava no aspecto meteorológico do fenômeno, ignorando a importância dos processos superficiais e subterrâneos.

No presente, conforme afirmação de Grimm; Guetter e Caramori (*op. cit.*.) tem-se considerado outros fatores para avaliar a ocorrência de episódios de desastre associado a este fator. Então, para que aconteça uma enchente em determinada cidade, é necessário a combinação de determinado fatores, como por exemplo, a precipitação de chuvas intensas, a variação do grau de saturação do solo, determinada declividade do terreno, grau de impermeabilidade da superfície, abrupto vertimento da água acumulada em reservatórios naturais ou artificiais. Portanto, as enchentes não dependem exclusivamente do volume de chuva, mas também da distribuição da chuva no tempo e das dimensões e características da área.

Segundo a *United Nations Department of Humanitarian Affairs* (UNDHA, 2001) o conceito de desastre está associado a uma grave interrupção do funcionamento de uma sociedade, causando perdas humanas, materiais ou ambientais que excedem a capacidade da sociedade afetada de lidar com tais conseqüências com seus próprios recursos.

A conceituação de desastre para o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007) é dado como alterações graves no funcionamento normal de uma comunidade ou de uma sociedade devido a perigosos eventos físicos, interagindo com condições de vulnerabilidade social, levando a generalizada adversidade humana, materiais, econômicas, ou efeitos ambientais que necessitam de resposta de emergência imediata e que satisfaçam as necessidades humanas.

O desastre, segundo a Defesa Civil do Brasil (2007), é tido como o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais, ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais.

Para Steinke; Rezende e Cavalcanti (2006) um desastre climático pode ser considerado como conseqüência da combinação entre riscos naturais e atividades humanas. Em seu estudo, concluiu que os desastres ocorrem quando riscos encontram vulnerabilidade em determinada área.

De tal modo, os desastres e consequentes vulnerabilidades urbanas avaliadas neste estudo, podem ser caracterizadas pela ocorrência de inundações, enchentes, alagamentos, número de pessoas afetadas (enfermas, feridas, mortas, desabrigadas ou desalojadas) e casas destruídas.

As preocupações e os estudos sobre alterações pluviométricas, riscos e desastres no ambiente urbano, passaram a ser mais significativos nas últimas quatro décadas, devido ao enfoque das mudanças climáticas constantemente noticiadas pelos diversos meios de comunicação, muitas vezes de maneira alarmista.

A identificação e avaliação dessas alterações pluviométricas, nas cidades propostas neste estudo, contribuiriam para a avaliação das tendências de mudanças da variável pluviosidade no contexto local. Deste modo, a precipitação no Paraná pode ser relacionada com o ENOS, fenômeno este que tende a influenciar a variabilidade das chuvas no estado (Grimm (1996); Berlato e Fontana (2003); Kousky e Cavalcanti (1994)) o que de fato pode repercutir na relação sociedade-natureza, podendo também gerar

desastres com significativas consequências às cidades quando o volume precipitado ultrapassa os valores mínimos necessários para desencadear tais ocorrências.

Ao realizar pesquisas sobre eventos pluviométricos intensos, no bairro Cajuru, em Curitiba, Zanella (2006) trabalhou com aqueles episódios que apresentaram valores iguais e superiores a 60mm em 24 horas, destacando na análise os superiores a 100mm diários. Os resultados apontaram que, concomitantemente ao crescimento da cidade, aumentou o número de eventos pluviométricos intensos, bem como de inundações e seus impactos, e que com a ampliação da ocupação das áreas de risco junto aos rios, um número cada vez maior de pessoas foram sendo atingidas naquela localidade.

Segundo Deschamps (2004), em seus estudos sobre a vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba, a autora constatou que existe uma tendência de determinados grupos residirem, com mais freqüência, em áreas sujeitas a risco ambiental. Deste modo, Deschamps (*op. cit.*) afirmou que existe um consenso entre os especialistas que a rápida urbanização aumenta o risco dos desastres naturais. A demanda por solo para a expansão da cidade provoca o aproveitamento de terras impróprias e expostas a riscos naturais; o rápido crescimento implica um aumento das edificações (muitas vezes mal construídas ou com manutenção precária), assim como o aterro dos canais de drenagem natural; a localização de indústrias e de materiais perigosos nas zonas urbanas são algumas características que se constituem como ameaças adicionais no caso dos desastres (DESCHAMPS, 2004).

De acordo Tucci (2007), as dificuldades encontradas pelos países em desenvolvimento da América Latina, entre estes o Brasil, relacionados com a infraestrutura e urbanização de suas cidades, estão vinculados às populações demasiadamente concentradas em pequenas áreas urbanas. Tal agrupamento aumenta o risco de desastres vindo a afetar um número cada vez mais elevado de pessoas.

Tais populações, segundo Tucci (*op. cit.*), são de baixa renda e não têm capacidade de investimento, as quais tendem a invadir áreas ou comprar precários lotes sem urbanização e infraestrutura. Entre estas áreas estão localizadas aquelas cujos risco de inundação, enchentes e deslizamentos são freqüentes.

Ao analisar os eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas (RMC), Vicente (2005) concluiu, a partir da análise dos dados de precipitação da série temporal de 1959/60 a 1998/99, para 11 postos distribuídos heterogeneamente na RMC, que a década de 1980 configurou-se como a mais chuvosa no período analisado, destacando-se os anos de 1982/83 como sendo aqueles que registraram os

maiores acumulados, fato relacionado à possível atuação do *El Niño*. Também nas décadas recentes, 1980 e 1990, houve elevação no volume de chuvas intensas (a partir de 50mm/24h) em relação às décadas anteriores. A autora ainda constatou que os impactos deflagrados pelos eventos extremos de precipitação na RMC foram causados, principalmente, pelo uso e ocupação inadequados da terra oriundos do rápido crescimento verificado na região, associado à falta de planejamento urbano.

Ao expor os resultados obtidos de seu estudo sobre riscos ambientais Park (1991) avaliou que houve um aumento da vulnerabilidade humana aos acidentes naturais durante o século XX, e sugeriu que a expansão da população e o desenvolvimento econômico são estudos essenciais para se compreender esta nova dinâmica entre a população e sua relação com o meio natural em que vive.

O crescimento populacional e a elevação de mobilidade encorajam o assentamento em áreas de risco, um problema particularmente flagrante em países subdesenvolvidos, enquanto que nos desenvolvidos, esse fator vem associado a mudanças no estilo de vida e níveis de renda, vindo a expor as pessoas a situações de risco. As mudanças mais freqüentes decorrentes da alta mobilidade induzem a população a conviverem em ambientes novos, desconhecendo os potenciais riscos ambientais do lugar e de como se prevenir a eles (VICENTE, 2005).

De forma a delinear quantitativamente o número total de desastres ocorridos nas cidades selecionadas neste estudo, demonstra-se no gráfico da figura 25 a evolução dos registros destes desastres ao longo da série temporal proposta, baseado em dados da Defesa Civil/PR. A análise do gráfico sugere um aumento expressivo do número de registros oficiais entre as décadas avaliadas para o sítio urbano, sendo o período de 2000-2010 aquele que apresentou os maiores valores, devido possivelmente a uma melhor organização dos registros e dados coletados pela Defesa Civil.

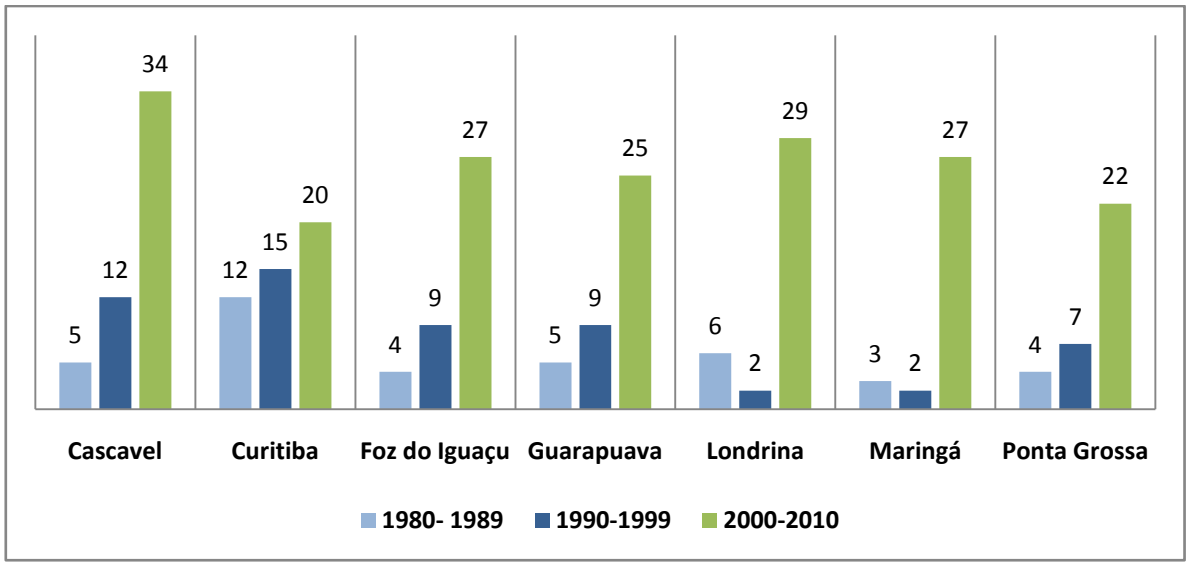



FIGURA 24 - Classificação decenal do número de desastres ocorridos nas cidades selecionadas.
Fonte: Defesa Civil do Paraná.

Pode-se dizer, com a obtenção desses resultados na série decenal, que as cidades passaram a registrar um aumento no número de eventos considerados como desastres, o que há 30 anos atrás não era apontado. Assim, procedeu-se a investigação das ocorrências, conforme metodologia já descrita no capítulo II, considerando o tipo de desastre e o ano em que ocorreu, conforme demonstrado na tabela 17.

Os dados relativos aos eventos extremos de precipitação para cada cidade foram computados, baseados em métodos estatísticos, de modo a determinar a intensidade de cada episódio para o período considerado e avaliar a magnitude do impacto, o que resultou no disco de precipitação de eventos extremos, o qual pode ser utilizado para detectar e mensurar determinada intensidade de chuva em cada localidade, durante a série histórica.

No estudo das precipitações extremas, a investigação dos acontecimentos numa escala diária é de essencial relevância, tanto para a compreensão do comportamento da chuva, quanto para a avaliação dos impactos decorrentes. Assim, os limiares estão diretamente relacionados à interação da dinâmica climática com os demais aspectos físicos e sociais da área, e uma das questões colocadas neste nível de análise refere-se aos acumulados que determinam quando uma chuva pode ser considerada como intensa.

Tais valores de chuvas foram calculados e inseridos num disco de precipitação de eventos extremos, vindo a auxiliar no diagnóstico de cada episódio analisado e sugerir o valor mínimo capaz de desencadear um desastre relacionado à precipitação durante o período estudado. Os valores foram considerados para um evento em 24 horas, sem chuvas antecedentes.

Cada cidade selecionada para estudo está inserida no disco, o qual está dividido em quatro diferentes tipos de Níveis, os quais representam a intensidade dos eventos extremos ocorridos, além do período considerado normal para os anos estudados (1980 a 2010).

O material serviu como ferramenta de análise a fim de definir se determinado episódio de chuva foi considerado como um evento extremo para certa cidade, ou não. Ainda, conseguiu propor ao usuário qual o valor mínimo capaz de desencadear um determinado tipo de desastre, pois as diferentes condições do sítio urbano e também os fatores climáticos, determinam as conseqüências, tipos e intensidades dos desastres decorrentes do volume de chuva ocorrido. Deste modo, para o período estudado, os eventos extremos foram divididos em 5 categorias: Normal (podendo ocorrer algum tipo de desastre); Nível I (intensidade pequena); Nível II (intensidade média); Nível III (intensidade grande) e Nível IV (intensidade muito grande).

Após estabelecer os valores mínimos capazes de iniciar um desastre pluviométrico, durante o período de 1980 a 2010, observou-se que as cidades pesquisadas, exceto Curitiba e Foz do Iguaçu, apresentaram cerca de 50% das ocorrências de desastres dentro da normalidade dos padrões de chuvas, porém com conseqüências menores se comparados com os eventos inseridos a partir do Nível I. O número de vitimados também aumentou de acordo com a evolução da intensidade para cada cidade (Nível I ao Nível IV).

TABELA 17 - NÚMERO DE OCORRÊNCIAS REGISTRADAS PELA DEFESA CIVIL, RELACIONADAS AO ACONTECIMENTO DE ALGUM TIPO DE DESASTRES AO LONGO DA SÉRIE TEMPORAL (1980-2010).

| | Cidade | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alagamentos | Cascavel | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | | 3 |
| | Curitiba | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | 8 |
| | Foz do Iguaçu | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 8 |
| | Guarapuava | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | 1 | | | 3 |
| | Londrina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 2 |
| | Maringá | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | 2 |
| | Ponta Grossa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| Inundações bruscas/enxurrada | Cascavel | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | | 4 |
| | Curitiba | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | 2 | 1 | | 1 | 2 | | | 1 | | | | | | 10 |
| | Foz do Iguaçu | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | 1 | 2 | 2 | 1 | | 7 |
| | Guarapuava | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 |
| | Londrina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| | Maringá | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Ponta Grossa | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 3 |
| Inundações graduais / Enchente | Cascavel | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 2 |
| | Curitiba | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 7 |
| | Foz do Iguaçu | | | | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | Guarapuava | 1 | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| | Londrina | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | Maringá | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | Ponta Grossa | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| Granizos | Cascavel | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | 1 | 1 | 11 |
| | Curitiba | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | Foz do Iguaçu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | Guarapuava | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | 1 | | | | | 1 | 9 |
| | Londrina | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| | Maringá | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 1 |
| | Ponta Grossa | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 3 |
| Tempestades | Cascavel | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | 2 | 1 | | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 30 |
| | Curitiba | | | 1 | | 2 | 1 | 1 | 2 | | 1 | | 1 | | | | | 1 | 1 | 1 | | | 2 | 1 | 1 | 1 | | | | | 1 | 1 | 21 |
| | Foz do Iguaçu | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | | 22 |
| | Guarapuava | | | | | 2 | | | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | 1 | | | | | 2 | 3 | 1 | | 1 | 1 | 2 | | 23 |
| | Londrina | | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 32 |
| | Maringá | | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | | | 1 | 4 | 1 | | | 1 | 2 | 5 | 28 |
| | Ponta Grossa | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | | 1 | 2 | 2 | 1 | | 1 | 2 | | 3 | 26 |

**LEGENDA:** 1 ocorrência / 2 ocorrências / 3 ocorrências / 4 ocorrências / 5-6 ocorrências / 7-8 ocorrências

**NOTA**: Ocorrências registradas em ambiente urbano, desconsiderado as áreas rurais dos municípios selecionados.

**Fonte**: Tabela compilada a partir de dados fornecidos pela Defesa Civil do Estado do Paraná. **ORG**: DA SILVA, C.A.

Os volumes de chuvas de até 70mm/24h puderam ser registradas em todos os meses dos anos, exceto agosto, nas cidades pesquisadas. As chuvas cuja intensidade foi superior a 100mm/24h foram registradas com maior freqüência entre os meses de outubro a março, e os episódios superiores a 130mm/24h ocorreram particularmente nos meses de maio, junho e julho e também nos meses de verão, entretanto a freqüência foi baixa para estes episódios em todas as cidades.

Ainda, para uma análise completa da série histórica, relacionou-se o número de desastres para cada classe de precipitação encontrada, a partir da média dos máximos valores de precipitação em cada cidade (Tabela 18).

Deste modo, constatou-se que os episódios de desastres aconteceram em sua maioria a partir do Nível I para as cidades de Curitiba, Foz do Iguaçu, Maringá e Ponta Grossa, enquanto que em Cascavel, Guarapuava e Londrina os desastres ocorreram na faixa considerada como normal nesta pesquisa.

Em Cascavel, o maior número de desastres (59%) ocorreram com chuvas que variaram entre 0,1 a 71mm/24h. Ainda, a precipitação acima de 93mm/24h foi responsável por 14% do total de desastres registrados.

A capital Curitiba apresentou melhor distribuição entre a ocorrência de desastres nas faixas estabelecidas neste estudo. Um total de 36% dos eventos estiveram contidos na faixa de precipitação de 0,1 a 59mm/24h. Outros acontecimentos foram registrados no Nível I (58 a 85mm/24h). Curitiba foi a cidade em que o Nível IV foi o maior valor registrado (138mm/24h), e foi registrado neste nível 4% dos totais de desastres.

Em Foz do Iguaçu, 57,5% dos eventos aconteceram quando a precipitação ultrapassou o valor de 67mm/24h. O Nível I (67 a 81mm/24h) registrou 25% das ocorrências, enquanto que 42,5% do total de eventos foram registrados na faixa considerada normal (0,1 a 67mm/24h) para a referida cidade. Grandes volumes pluviométricos (acima de 109mm/24h) acometeram-na e foram responsáveis por 10% dos desastres que afligiram a população.

A cidade de Guarapuava registrou volumes grandes de chuvas durante o período analisado, sendo que a maioria dos eventos que resultaram em desastres aconteceu entre os valores 0,1 a 69mm/24h, considerado como normal para a cidade. Entre os totais de 69 a 76mm/24h (Nível I) foram registrados 18% dos totais de desastres. No Nível III (84 a 92mm/24h) incidiu sobre a cidade o total de 12% de desastres relacionados às chuvas.

Londrina apresentou 54% das ocorrências na banda da normalidade (0,1 a 67mm/24h). Ainda, observou-se que 46% dos eventos aconteceram entre os Níveis I ao

IV. Destes, 16% do total foram registrados no Nível I (67 a 76mm/24h) enquanto que 8%, ou seja, três episódios, foram assinalados no Nível IV cujos valores da precipitação ultrapassaram os 92mm/24h.

Aconteceu na cidade de Maringá 50% dos totais de desastres para a série histórica na faixa considerada normal e outros 50% distribuídos entre os Níveis I ao IV. A faixa de precipitação do Nível I (67 a 76mm/24h) registrou 28% (9 desastres) enquanto que no Nível IV (valores acima de 94mm/24h) aconteceram 2 episódios.

Os maiores registros de desastres para a cidade de Ponta Grossa aconteceram entre os Níveis I ao IV, totalizando 67% do total de desastres, enquanto que 33% dos mesmos foram registrados na faixa considerado como normal (0,1 a 67mm/24h). A maior incidência aconteceu no Nível I (67 a 76mm/24h) quando 27% dos eventos foram anotados. Observa-se na tabela que os desastres pluviométricos na cidade de Cascavel ocorrem em sua maioria (59%) na faixa da normalidade, entre 0,1 a 71mm em 24h.

Após as análises destas relações, observa-se que a maioria dos eventos classificados como desastre, aconteceu na classe considerada como Normal. Entretanto, as maiores conseqüências e danos sociais, ambientais e econômicos foram registrados nas séries de Nível I ao IV.

Cada cidade reagiu de forma diferente aos valores de precipitação extrema registrada, o que evidenciou que para cada episódio de chuva, obter-se-á uma resposta diferente nas cidades pesquisadas.

Verifica-se também, um padrão de ocorrências (inundações e enchentes) a partir de um acumulado médio de 60 mm, em 3 dias seguidos, valor este que representou grande potencial para ocorrência dos desastres citados, particularmente em áreas ribeirinhas urbanas. Deste modo, analisar os padrões dos valores de precipitação nos dias anteriores à ocorrência, também favoreceu a análise do ritmo de chuvas necessário para o acontecimento de determinado tipo de desastre, sendo, portanto evidenciado que o acumulado em dias anteriores à enchente ou inundação é significativa.

TABELA 18 – FREQUÊNCIA DE EVENTOS (QUANTITATIVO E PERCENTUAL), EM CADA CLASSE, QUE OCASIONARAM OU ESTÃO ASSOCIADAS A ALGUM TIPO DE DESASTRE NAS CIDADES ESTUDADAS AO LONGO DA SÉRIE HISTÓRICA.

| Cascavel | |
|---|---|
| **Classe (mm)** | **Total eventos** |
| **0,1-71 (Normal)** | 30 (59%) |
| **71-79 (Nível I)** | 5 (10%) |
| **79-86 (Nível II)** | 4 (7%) |
| **86-93 (Nível III)** | 5 (10%) |
| **>93 (Nível IV)** | 7 (14%) |
| **Total** | 51 |

| Curitiba | |
|---|---|
| **Classe (mm)** | **Total eventos** |
| **0,1-59 (Normal)** | 17 (36%) |
| **59-85 (Nível I)** | 15 (32%) |
| **85-112 (Nível II)** | 10 (22%) |
| **112-138 (Nível III)** | 3 (6%) |
| **> 138 (Nível IV)** | 2 (4%) |
| **Total** | 47 |

| Foz do Iguaçu | |
|---|---|
| **Classe (mm)** | **Total eventos** |
| **0,1-67 (Normal)** | 17 (42,5%) |
| **67-81 (Nível I)** | 10 (25%) |
| **81-95 (Nível II)** | 4 (10%) |
| **95-109 (Nível III)** | 5 (12,5%) |
| **> 109 (Nível IV)** | 4 (10%) |
| **Total** | 40 |

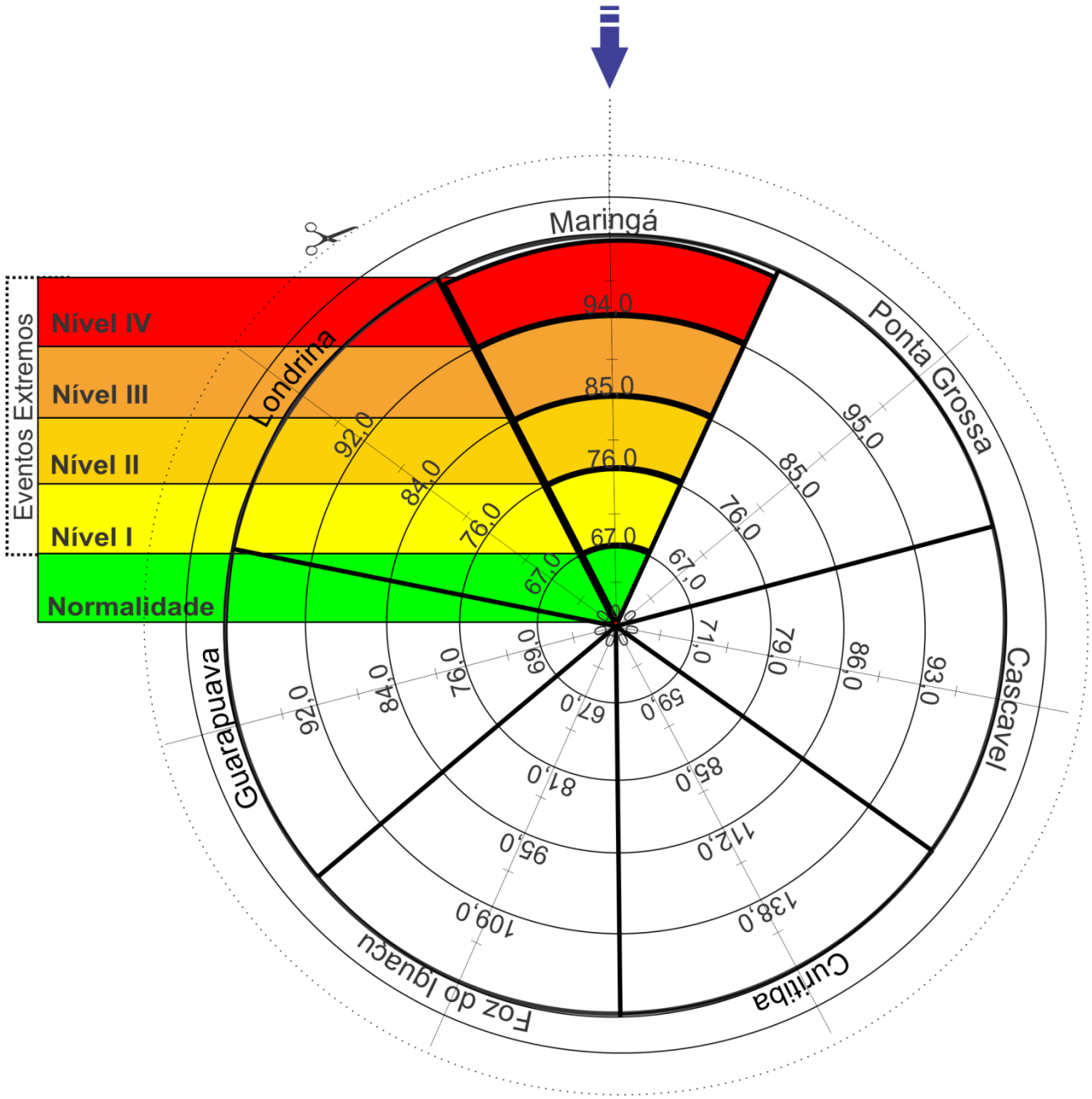
| Guarapuava | |
|---|---|
| **Classe (mm)** | **Total eventos** |
| **0,1-69 (Normal)** | 21 (54%) |
| **69-76 (Nível I)** | 7 (18%) |
| **76-84 (Nível II)** | 3 (8%) |
| **84-92 (Nível III)** | 5 (12%) |
| **> 92 (Nível IV)** | 3 (8%) |
| **Total** | 39 |

| Londrina | |
|---|---|
| **Classe (mm)** | **Total eventos** |
| **0,1-67 (Normal)** | 20 (54%) |
| **67-76 (Nível I)** | 6 (16%) |
| **76-84 (Nível II)** | 4 (11%) |
| **84-92 (Nível III)** | 4 (11%) |
| **> 92 (Nível IV)** | 3 (8%) |
| **Total** | 37 |

| Maringá | |
|---|---|
| **Classe (mm)** | **Total eventos** |
| **0,1-67 (Normal)** | 16 (50%) |
| **67-76 (Nível I)** | 9 (28%) |
| **76-85 (Nível II)** | 3 (8%) |
| **85-94 (Nível III)** | 2 (7%) |
| **> 94 (Nível IV)** | 2 (7%) |
| **Total** | 32 |

| Ponta Grossa | |
|---|---|
| **Classe (mm)** | **Total eventos** |
| **0,1-67 (Normal)** | 11 (33%) |
| **67-76 (Nível I)** | 9 (27%) |
| **76-85 (Nível II)** | 6 (19%) |
| **85-95 (Nível III)** | 5 (15%) |
| **> 95 (Nível IV)** | 2 (6%) |
| **Total** | 33 |

**DISCO DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA**
**(Série histórica 1980 a 2010)**




* Nesta versão digital, o modelo para impressão e montagem do Disco de Precipitação encontra-se no Apêndice A.

## 5.3 CASOS DE ALAGAMENTOS, ENCHENTES E INUNDAÇÕES (BRUSCAS E GRADUAIS) NO SÍTIO URBANO

Neste tópico serão apresentados os dados de desastres (alagamentos, enchentes e inundações) coletados nas cidades pesquisadas, relacionados com a precipitação, de forma a permitir uma avaliação daqueles eventos que tiveram maior repercussão na sociedade das cidades pesquisadas. Em tais cidades esta tipologia de desastre natural foi responsável por 67 registros oficiais (Tabela 19) ao longo de 31 anos de análise.

TABELA 19 – QUANTIDADE DE EVENTOS OCORRIDOS AO LONGO DA SÉRIE HISTÓRICA NAS CIDADES SELECIONADAS.

| Cidade | Inundações bruscas/enxurradas | Inundações graduais/enchentes | Alagamentos |
|---|---|---|---|
| Cascavel | 3 | 2 | 3 |
| Curitiba | 10 | 7 | 8 |
| Foz do Iguaçu | 4 | 3 | 8 |
| Guarapuava | 1 | 3 | 3 |
| Londrina | 1 | 1 | 2 |
| Maringá | 0 | 1 | 2 |
| Ponta Grossa | 3 | 1 | 1 |
| **Total** | **22** | **18** | **27** |

Fonte: Defesa Civil/PR, 2011.

Os maiores acumulados de precipitação foram registrados nos meses de outubro a março, sendo estes os meses mais suscetíveis às inundações e enchentes.

De acordo com o explanado nos capítulos anteriores, as cidades selecionadas para este estudo apresentaram uma grande diversidade de fatores que tendem a influenciar no ritmo das precipitações, particularmente no escoamento superficial, o que muitas vezes ocasionam as chamadas inundações bruscas.

O ano de 1983 foi um dos mais expressivos com relação às inundações. Todas as cidades investigadas sofreram naquele ano inundações com significativo impacto econômico, social e ambiental, os quais resultaram em perdas de vidas, prejuízos econômicos e alterações no ambiente natural.

As inundações de 1983, de acordo com Tucci (2007), foram consideradas as maiores cheias em 107 anos, com prejuízos que alcançaram a cifra de milhares de dólares. Porém, apesar de um evento desta magnitude apresentar estatisticamente um tempo de retorno de aproximadamente 170 anos (Tucci, *op cit.*), em 1992 outro episódio de inundação acometeu as cidades estudadas. Uma possível falsa segurança entre a população, ocorrida durante os anos seguintes a 1983, aliado ao grande fluxo migratório em direção às cidades citadas, ocasionaram a ocupação de áreas ribeirinhas por estes migrantes do campo ou de outras cidades menores.

Deste modo, apesar da inundação de 1983 ter fornecido atributos aos governos e população em geral acerca dos riscos de novas cheias, foi desconsiderado com relação ao planejamento de ocupação de tais áreas de várzea, podendo hoje ser constatado também, que tais locais encontram-se ainda mais povoados.

Na década de 1980-1989, os desastres naturais mais importantes foram a inundação de 1983, que atingiu milhões de pessoas nas cidades investigadas, as estiagens de 1985 e 1988. Na década de 1990-1999, ocorreram as inundações de 1992 e 1997 e a estiagem de 1999. Na última década analisada, 2000-2010, os episódios de estiagem se intensificaram (2005, 2006 e 2008) e as inundações e cheias diminuíram (2009) em relação às décadas anteriores, entretanto os alagamentos urbanos foram em número superior à soma das outras duas décadas avaliadas, seja pelo crescimento das cidades, impermeabilização dos solos, canalização dos corpos d'água entre outros.

Com o objetivo de analisar os maiores episódios de chuvas em cada cidade, decorrentes de diferentes eventos extremos pluviais, foram selecionados, mediante a análise dos dados pluviométricos e dos dados coletados na Defesa Civil/PR, episódios significativos para cada cidade, referente aos alagamentos, inundações e enchentes (bruscas e graduais).

- CASOS DE INUNDAÇÕES/ENCHENTES BRUSCAS:

**- Cascavel: episódio do dia 26/04/2007:**

O ano de 2007, sob atuação do fenômeno *La Niña*, proporcionou episódios extremos para Cascavel, o que culminou com a precipitação de 149,3mm/24h, e um evento de inundação, cujo acumulado em dois dias consecutivos, anterior a esta dada, registrou 85,0 mm. O total de pessoas desabrigadas (Pessoa cuja habitação foi afetada por dano e que necessitou de abrigo provido pelo Sistema) registrou 58 vítimas, 6 desalojadas (Pessoa que foi obrigada a abandonar temporária ou definitivamente sua habitação, em função de evacuações preventivas, destruição ou avaria grave, decorrentes do desastre, e que, não necessariamente, careceu de abrigo provido pelo Sistema) e 2 casas danificadas.

Na análise das cartas sinóticas daquela ocasião, mostrou a passagem de uma Frente Polar Atlântica (FPA) sobre a cidade de Cascavel, dias antes do evento, o que ocasionou fortes chuvas.

**- Curitiba: episódio do dia 21/02/1999:**

Na cidade de Curitiba, o dia 21/2/1999, ano este sob influência da *La Niña*, registrou uma das maiores precipitações do período analisado, o que atingiu 146,2mm/24h. Como resultado deste evento de Nível IV, mais de 15.000 pessoas foram afetadas, sendo que 775 ficaram desabrigadas, 333 desalojadas e mais de 3000 casas danificadas pela inundação que ocorreu na área urbana. Ao analisar a sequência de dias anteriores ao evento, percebeu-se que foram 8 dias de chuvas, cujo acumulado atingiu 91,9 mm. O mês de fevereiro de 1999 foi o mês mais chuvoso daquele ano e também o da série histórica, quando comparado com o mês de fevereiro de outros anos. O acumulado mensal daquele mês foi de 445,2mm, cuja média histórica é de 161,0 mm, portanto no referido mês de fevereiro choveu mais de 270% acima da média histórica.

**- Curitiba: episódio do dia 11/02/1997:**

A inundação ocorrida nesta data foi decorrente da chuva de 102,5mm/24h, afetando mais de 1.000 pessoas na cidade de Curitiba. O acumulado anterior registrou 34,2 mm em dois dias de chuvas seguidos. O ano de 1997 foi um ano considerado Muito Úmido para a capital, a qual, sob atuação do *El Niño* de forte intensidade registrou um acumulado anual de 1798,2mm.

**- Curitiba: episódio do dia 18/09/1993:**

Segundo a Defesa Civil/PR, a inundação do dia 18/09/1993 afetou mais de 3000 pessoas na cidade de Curitiba, a qual registrou um acumulado de chuvas de 26,0mm/24h. Entretanto, podemos relacionar este pequeno acumulado diário com o somatório de chuvas que ocorreram nos 4 dias que antecederam o evento, onde foi anotado 235,4mm, fazendo com que o solo ficasse saturado e os níveis dos corpos d'água em situação de enchente, assim, qualquer outro volume de chuva seria o necessário para desencadear um desastre com grandes proporções de vitimados.

**- Foz do Iguaçu: episódio do dia 23/03/2006:**

Apesar do ano de 2006 estar sob influência do *El Niño* de fraca intensidade, o período foi considerado Seco para a cidade de Foz do Iguaçu, a qual registrou um acumulado anual de 1613,7mm. O evento de inundação do dia 23 de março foi desencadeado por um episódio de 60,6mm/24h, classificado como normal, entretanto está no limite entre o Normal e Nível I. O acumulado de dois dias anteriores a este evento registrou 20,0mm. Como conseqüências desta inundação foram contabilizadas 500 pessoas afetadas, 380 desabrigadas, 96 desalojadas, 37 casas danificadas e 1 casa destruída pela força das águas.

**- Londrina: episódio do dia 21/01/2005:**

Percebeu-se que a intensidade deste evento na cidade de Londrina foi um dos maiores episódios de inundação brusca registrada ao longo da série histórica das cidade. O acumulado de 93,6mm/24h desencadeou uma série de danos para a população urbana, e atingiu diretamente 36 pessoas, sendo 20 desalojadas e 5 casas danificadas. Tal evento de Nível IV ocorreu após um acumulado de 451,4mm em 10 dias consecutivos de chuvas na cidade, fazendo com que os rios e lagos urbano atingissem seu limite de escoamento e viessem a transbordar.

**- Ponta Grossa: episódio do dia 29/03/2010:**

A cidade apresentou nesta data um evento de 33,0mm/24h, entretanto nos 8 dias anteriores ao fato, registrou-se um acumulado de 170,7mm. O saldo negativo desta inundação brusca no ambiente urbano foram: 7.150 pessoas afetadas diretamente, 23 casas danificadas e 6 casas destruídas, entretanto não foi encontrado no dados da Defesa Civil a quantidade de pessoas desabrigadas ou desalojadas.

- CASOS DE INUNDAÇÕES/ENCHENTES GRADUAIS

**- Curitiba: episódio do dia 30/11/1981:**

A inundação gradual ocorrida na cidade de Curitiba, no dia 30 de novembro de 1981, foi resultado de um evento de precipitação de 52,4mm/24h, o que resultou em mais de 600 pessoas afetadas e 9430 pessoas desabrigadas. Este episódio foi o maior registrado em todo o ano de 1981, o qual foi um ano sem atuação do ENOS. A cidade apresentou um período de estiagem ao longo dos meses de inverno do mesmo ano e um acumulado anual de apenas 947,4 mm.

**- Foz do Iguaçu: episódio do dia 30/05/1992:**

O ano de 1992 foi influenciado pelo *El Niño* de forte intensidade, sendo que a cidade de Foz do Iguaçu teve seu período classificado como Chuvoso, com acumulado anual de 1977,5 mm. A inundação gradual registrada pela Defesa Civil desabrigou 960 pessoas e deixou 189 casas danificadas, após uma precipitação de 69,0mm/24h. Entretanto, o acumulado de 7 dias anterior ao registro, anotou 257,0 mm, sendo o mês de maio do referido ano, o mais chuvoso daquele ano.

**- Guarapuava: episódio do dia 28/05/1992:**

Assim como Foz do Iguaçu, a cidade de Guarapuava também registrou inundações graduais na mesma semana do mês de maio de 1992, devido a passagem de uma Frente Polar Atlântica (FPA) de forte intensidade. O acumulado deste dia foi de

232,4mm/24h, o maior evento entre todas as cidades estudadas. Anterior a este dia, registrou-se um acumulado de 43,7 mm em 3 dias. Tal evento incluído no Nível IV, deixou 584 pessoas desabrigadas e 272 casas danificadas por toda a cidade.

O maior número de eventos de grande intensidade observados durante as três décadas pode estar relacionado em alguns episódios com a atuação do *El Niño*. Os acontecimentos extremos registrados nas cidades grandes e médias do Paraná ocorreram principalmente nos meses mais úmidos e quentes do ano, entre outubro e março.

Com relação aos danos humanos causados durante a série histórica desta pesquisa, foi registrado um total de 537.822 pessoas afetadas de alguma maneira pelos desastres relacionados à precipitação (inundação, alagamento e enchente) e indicados de forma percentual no gráfico da figura 26. Este percentual demonstrado é o número de pessoas afetadas ao longo dos 31 anos e comparadas com a população urbana do ano de 2010, em cada cidade.

A cidade que apresentou o maior número de afetados foi Curitiba (403.750), seguida por Foz do Iguaçu (62.213), Cascavel (30.919), Maringá (24.061), Londrina (11.352), Ponta Grossa (3.986) e Guarapuava (1.541).

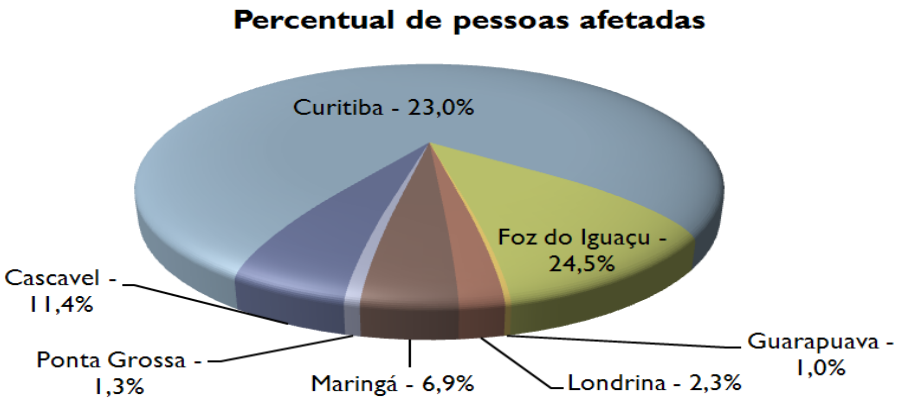



FIGURA 256 - Percentual da população das cidades estudadas, afetadas de alguma maneira por desastres relacionados com a precipitação.

O desastre, associado à inundação causou não apenas alterações e prejuízos ao ecossistema local, mas em toda população que foi afetada de forma direta ou indiretamente, proporcionando danos e perda irreparáveis (ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2011). Os gráficos da figura 27 representam os danos humanos causados por desastres de origem pluviométrica (Inundação, Enchente, Enxurrada, Tempestade) nas cidades selecionadas ao longo da série histórica (1980 a 2010). No total, os desastres como tempestades e eventos de inundação e enxurradas

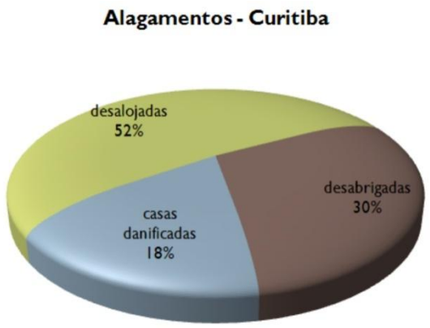
(bruscas e graduais) apresentaram-se como a principal ocorrência de grande vulto e com prejuízos à população urbana. Em alguns casos estiveram associados à outros eventos como vendavais, granizos e deslizamentos de massas, que potencializaram os efeitos destruidores nas diversas localidades afetadas.

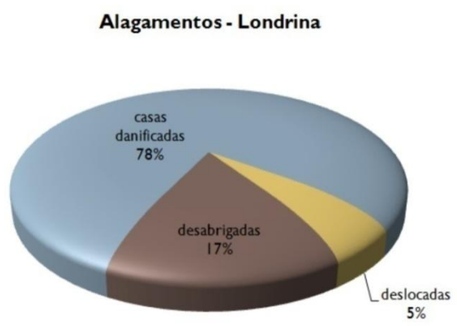
Os alagamentos ocorridos nas décadas de 1980 e 1990, foram significativamente inferiores às ocorrências registradas na década 2000. Em Curitiba, por exemplo, foram mais de seis episódios de alagamentos em que foi necessário o acionamento da Defesa Civil do Estado para auxiliar as vítimas, enquanto que nas duas décadas anteriores registrou-se apenas duas ocorrências.

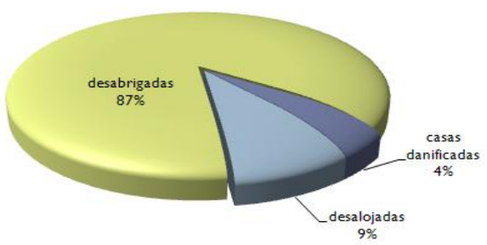
Os meses que apresentaram maior número de ocorrência de desastres foram outubro e janeiro, sendo que a maior freqüência de eventos extremos está associada às tempestades e também às enxurradas e inundações bruscas.

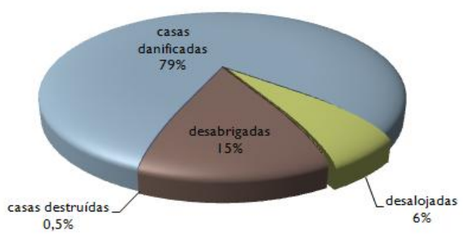
No Paraná, os desastres naturais mais comuns são as enchentes, inundações e as tempestades, devido a ocorrência da ZCAS, entrada das frentes de ar, aliado a orografia do Estado e a atuação do fenômeno *El Niño* (NIMER, 1979). Além disso, as tempestades e inundações foram as que mais afetaram as populações das cidades do estado, assegurando grandes perdas econômicas e vidas humanas.

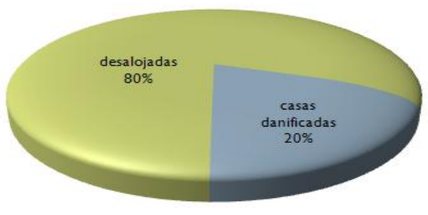
Os episódios associados às tempestades ao longo da série histórica apresentaram forte tendência ao aumento da freqüência e intensidade ao longo das décadas. Em 2000-2010, foram registrados números expressivos de vítimas e ocorrências geradas por eventos de precipitação resultantes das tempestades.

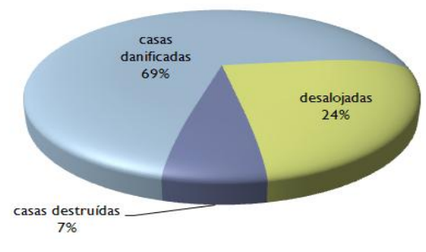


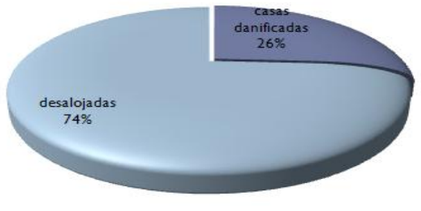


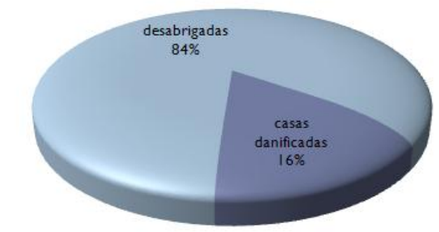



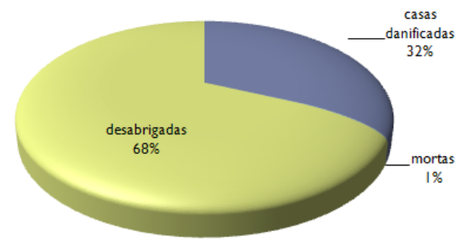



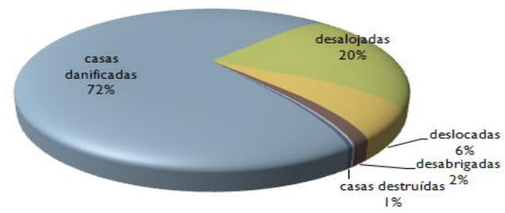


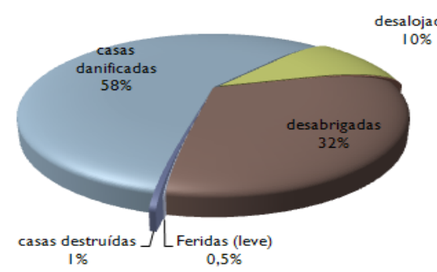



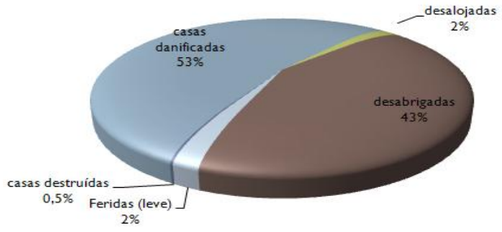



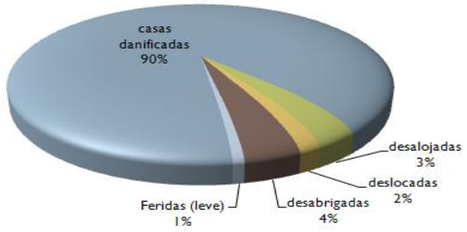





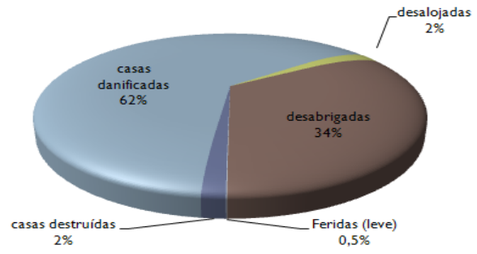




FIGURA 26 – Danos humanos causados por desastres de origem pluviométrica (Inundação, Enchente, Enxurrada, Tempestade) nas cidades selecionadas.

A seguir, serão apresentados alguns episódios de tempestades, conforme análise nos relatórios emitidos pela Defesa Civil/PR, para cada cidade estudada e as conseqüências destes eventos.

- CASOS DE TEMPESTADES

**- Cascavel: episódio do dia 23/04/2010:**

A cidade de Cascavel foi atingida por um forte sistema frontal nesta data, o que ocasionou a precipitação de um acumulado de 101,3mm/24h. Tal volume de chuva afetou 570 pessoas, totalizando 160 casas danificadas.

**- Cascavel: episódio do dia 14/10/2009:**

Neste dia, a população urbana de Cascavel foi seriamente atingida por uma forte tempestade com volume de 95,3mm/24h de chuva. Este evento atingiu fortes proporções e afetou 25.031 pessoas, o maior número de vítimas para a cidade nesta análise, além de contabilizar 2.200 casas danificadas, 2.322 pessoas desalojadas, 45 desabrigadas e 103 pessoas feridas e atendidas pela Defesa Civil. Tal episódio, quando analisado pelo disco de precipitação extrema, está inserido no Nível IV de intensidade.

**- Cascavel: episódio do dia 23/07/2008:**

Outro evento de tempestade que afetou a área urbana de Cascavel foi no dia 23/07/2008. Este evento de forte intensidade (Nível IV) apresentou um acumulado de 114,8mm/24h e resultou em 1.101 pessoas afetadas, 466 casas danificadas e 3 casas destruídas pela força da água.

**- Cascavel: episódio do dia 1º/09/2006:**

Grandes volumes de chuva, muitas vezes não são necessários para acometer determinada localidade a situações de desastres. O dia 1º de setembro de 2006 foi atípico para Cascavel, pois um acumulado de 39,2mm/24h deixou um saldo de 1.190 pessoas afetadas e 178 casas danificadas. Este total está na faixa da normalidade para a cidade, quando analisado pelo disco de eventos extremos. A este desastre somou-se a atuação de ventos fortes em poucos minutos, fazendo com que a magnitude fosse elevada.

**- Cascavel: episódio do dia 22/05/1997:**

Após o acumulado de 60,1mm/24h ocorrido no dia anterior a este evento, deixando o solo encharcado e os corpos d'água cheios, no dia 22/05/1997 foi registrado um episódio de Nível IV com acumulado de 128,7mm/24h. Como conseqüência deste evento, 51 pessoas foram afetadas e 14 casas danificadas.

**- Curitiba: episódio do dia 22/04/2010:**

Os 74,4mm/24h de chuva que caíram no dia 22 de abril de 2010, na cidade de Curitiba, provocou o transbordamentos de vários corpos d'água e resultou num impacto a 3.750 pessoas e 792 casas danificadas.

**- Curitiba: episódio do dia 6/07/2003:**

O temporal do dia 6 de julho de 2003 foi noticiado nos jornais da capital como um dos maiores dos últimos anos. Apesar de ter sido registrado um acumulado de 44,5mm/24h, no dia anterior também precipitou 49,1mm/24h, cuja soma resultou em 93,6 mm/48h. A chuva deste dia afetou 400.000 pessoas na capital, segundo informações da Defesa Civil, mais de 3.000 casas foram danificadas, 5 casas destruídas, 3.606 pessoas desalojadas e 1.898 pessoas desabrigadas. Infelizmente, devido ao grande impacto na área urbana decorrente desta tempestade, 37 pessoas ficaram feridas e 11 mortes foram registradas. O grande número de vitimados se deu não apenas pelo volume de chuva, mas sim pela velocidade dos ventos ocorridos.

**- Foz do Iguaçu: episódio do dia 24/10/2009:**

O ano de 2009 foi crítico para a cidade de Foz do Iguaçu, a qual registrou a influência do *El Niño* de intensidade moderada, e apresentou uma classificação considerada como muito úmido/chuvoso pela técnica do IAC e dos quantis. No dia 24 de outubro, após um acumulado de chuvas intensas em 3 dias anteriores a este evento, foi registrado 64mm/24h. Tal acumulado de chuvas, agravado pelos fortes ventos, afetou 20.630 pessoas na área urbana, dentre as quais 170 tiveram suas casas danificadas pela força das águas de inundação.

**- Foz do Iguaçu: episódio do dia 25/05/2009:**

O dia 25 de maio, também do ano de 2009, foi registrado um acumulado de 38mm/24h, e 156,0mm em 4 dias consecutivos anterior ao evento. A defesa Civil daquela cidade registrou que 25.000 pessoas foram afetadas, destas, 50 tiveram suas casas danificadas, 269 pessoas desalojadas, 78 deslocadas, 19 pessoas desabrigadas e 3 pessoas ficaram feridas levemente.

**- Foz do Iguaçu: episódio do dia 10/01/2003:**

No dia 10 de janeiro de 2003, uma precipitação de 111,7mm/24h foi suficiente para provocar inundações na cidade de Foz do Iguaçu. Neste dia, mais de 1.320 pessoas foram afetadas na área urbana e 503 casas foram danificas. Tal precipitação extrema foi considerada de forte intensidade (Nível IV) pelo Disco de Precipitação Extrema.

**- Guarapuava: episódio do dia 12/12/2009:**

Assim como as outras cidades, Guarapuava também teve sérias implicações com tempestades, e seus efeitos, no sítio urbano no ano de 2009, considerado como chuvoso segundo o IAC e técnica dos quantis. Neste dia, uma chuva de 64,0 mm acometeu os moradores, sendo que 165 pessoas foram afetadas e 5 tiveram suas casas danificadas.

**- Guarapuava: episódio do dia 12/08/2008:**

No temporal do dia 12 de agosto de 2008, choveu 47,9mm/24h e afetou mais de 140 pessoas e danificou 35 casas. O ano de 2008 esteve sob influência da *La Niña*, e foi considerado um ano seco (de estiagem) na cidade em questão.

**- Londrina: episódio do dia 18/10/2009:**

A tempestade do dia 18 de outubro de 2009, castigou a cidade de Londrina, a qual declarou Situação de Emergência, dado a extensão do evento. Aproximadamente 5.000 pessoas foram afetadas em decorrência das chuvas, sendo que 628 delas tiveram suas casas danificadas, 78 pessoas foram desalojadas e 2.027 ficaram desabrigadas. No dia 14 deste mesmo mês, outro temporal atingiu a cidade e também afetou mais de 5.000 habitantes, com 4 casas destruídas e 425 danificadas.

**- Maringá: episódios do dia 22/11/2009 e 15/10/2009:**

O temporal do dia 22 de novembro de 2009 e também do dia 15 de outubro do mesmo ano, fizeram com que os corpos d'água localizados na área urbana transbordassem e atingissem um grande número de moradores de Maringá. No primeiro episódio, mais de 3.850 pessoas foram afetadas e 46 tiveram suas casas danificadas. O segundo evento foi mais severo. Um acumulado de 115,9mm/24h afetou mais de 20.000 habitantes, 34 pessoas tiveram as casas danificadas pela inundação, 8 pessoas foram desalojadas, 4 deslocadas e 10 pessoas ficaram desabrigadas.

O episódio de tempestade do dia 15 de outubro foi um dos mais fortes registrados na cidade de Maringá em toda a série histórica. É preciso ressaltar que na década de 1980 a população de Maringá era de 165.042 habitantes na área urbana. Em pouco mais de 30 anos, o crescimento foi superior a 50% do total registrado, sendo que em 2010, de acordo com o IBGE (2011), a população de Maringá contabilizava 350.653 pessoas. Ao longo da série histórica, a cidade foi sendo ocupada e se estendeu sobre as áreas de risco, muitas vezes.

**- Ponta Grossa: episódio do dia 08/09/2010:**

No dia 8 de setembro de 2010 um grande temporal atingiu a cidade de Ponta Grossa e afetou mais de 1.025 pessoas e 250 casas foram danificadas. Devido a uma

falha neste dado de precipitação, o total acumulado em 24h não pode ser mensurado, portanto não se pode ter uma noção do valor registrado para este evento.

**- Ponta Grossa: episódio do dia 20/03/2003:**

O temporal que atingiu a cidade de Ponta Grossa no dia 20 de março de 2003 influenciou para que ocorressem casos de inundações em diferentes pontos da área urbana. O acumulado de 56,5mm/24h fez com que 170 pessoas fossem afetadas, 34 casas danificadas e 1 casa destruída pela intensidade da chuva.

**- Ponta Grossa: episódio do dia 06/12/2002:**

No dia 6 de dezembro de 2002, os moradores da cidade de Ponta Grossa presenciaram um temporal de 30,7mm, dentro dos limites da normalidade segundo o IAC e Quantis, entretanto mais de 300 pessoas foram afetadas e 70 casas danificadas.

**- Ponta Grossa: episódio do dia 29/03/1998:**

O ano de 1998 esteve sob a influência do *El Niño* e a cidade de Ponta Grossa apresentou valores de precipitação que classificaram este ano como sendo extremamente úmido/chuvoso, bem com as demais cidades estudadas no mesmo período. Neste dia 29 de março de 1998, a população urbana historiou a precipitação máxima de 204,2mm/24h. Tal acumulado ocasionou o transbordamento dos rios, ribeirões e córregos que cortam a cidade e afetou mais de 1.833 pessoas, 3 casas ficaram destruídas e 121 danificadas, 28 pessoas foram desalojadas de suas casas e mais de 500 pessoas desabrigadas. Este foi um dos piores e mais violentos acontecimentos, relacionados com tempestades, que assolou a cidade e proporcionou vários pontos de alagamentos, enchentes e principalmente inundações em diversos pontos do sítio urbano, com significativa repercussão em muitos bairros. O volume da chuva (204,2mm/24h), apresentado neste dia, foi um dos maiores entre as sete cidades médias e grandes pesquisadas.

Os episódios pluviométricos intensos e os impactos socioambientais causados pelas chuvas deixaram milhares de pessoas desabrigadas, desalojadas, além de mortes e feridos, o que evidenciou que muitas cidades apresentam ainda uma situação de vulnerabilidade e, em grande parte, não estão preparadas para enfrentar situações de risco relacionadas com a precipitação, dado o grande número de vitimados.

Ainda, é conveniente ressaltar a opção pela pouca inserção de notícias vinculadas em jornais e outras mídias de informação nesta pesquisa. Apesar de ter sido realizado uma intensa investigação junto aos órgãos de imprensa de cada cidade, observou-se a generalidade das informações em cada um dos órgãos investigados. As

reportagens para cada episódio de chuva intensa ou de desastres oscilaram e foram relativizadas pelo filtro da mídia, segundo a perspectiva política, social e econômica de um quadro regional particular e conjuntural. Assim sendo, tais informações se mostraram conflitantes em relação aos objetivos desse trabalho, apesar da rigidez dos critérios estabelecidos inicialmente no que se refere à evolução temporal da vulnerabilidade da população frente aos episódios extremos ocorridos nas cidades médias e grandes do Paraná. Porém, ressalta-se a importância de tais notícias vinculadas, pois complementam a análise dos dados estatísticos e proporcionam uma análise mais humana dos números expostos. Deste modo, a figura 28 ilustra algumas situações enfrentadas pela população das cidades avaliadas no que tange aos desastres relacionados com a precipitação (inundações, enchentes e alagamentos) e divulgadas em alguns meios de informação das referidas cidades.

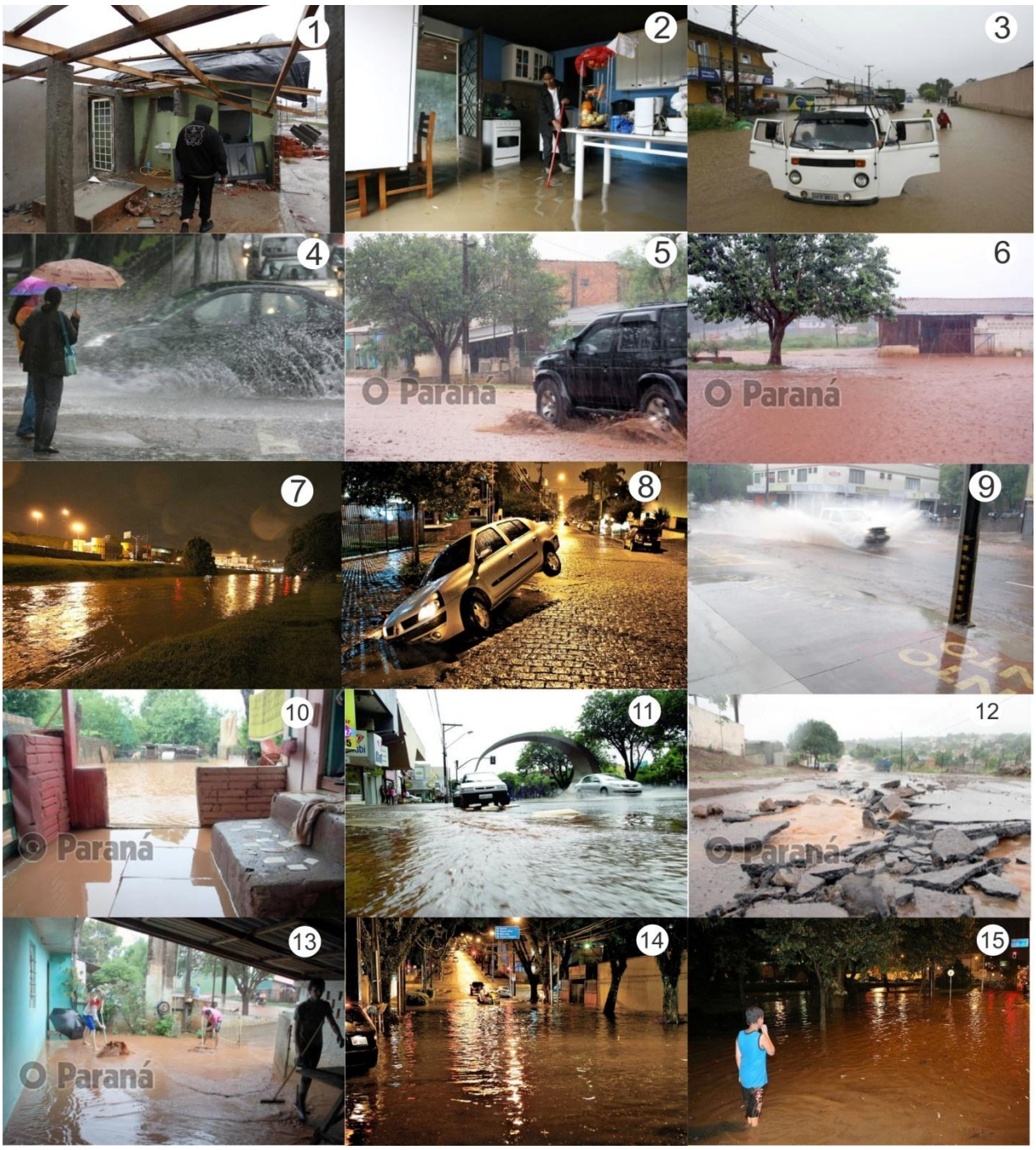



Figura 27 – Imagens de alguns desastres ocorridos ao longo da série temporal. 1) Casa destruída pela tempestade em Ponta Grossa (Jardim Boreal) Fonte: Diário dos Campos. 2) Residência afetada pelo alagamento do dia 13 Dez 2010 em Curitiba. Fonte: Gazeta do Povo. 3) Ruas afetadas pelo alagamento dia 13 Dez 2010 em Curitiba (Rio Atuba). Fonte: Gazeta do Povo. 4) Alagamento dia 13 Dez 2010 em Curitiba. (rua Carlos Cavalcanti com Presidente Faria) Fonte: Gazeta do Povo. 5) Alagamento em Cascavel. Fonte: O Paraná. 6) Alagamento em Cascavel. Fonte: O Paraná. . 7) Tempestade do dia 19 Nov 2009 em Curitiba que ocasionou o transbordamento de rio. (Rio Belém). Fonte: Gazeta do Povo. 8) Carro afetado por tempestade do dia 19 Nov 2009 em Curitiba (rua Saldanha Marinho perto rua Francisco Rocha). Fonte: Gazeta do Povo.9) Alagamento em Cascavel. Fonte: O Paraná.10) Casas atingidas pelo alagamento em Cascavel. Fonte: O Paraná. 11) Alagamento em Cascavel. (Av Brasil). Fonte: O Paraná. 12) Ruas destruídas pelo alagamento em Cascavel. Fonte: O Paraná. 13) População atingida pelo alagamento em Cascavel. Fonte: O Paraná. 14) Ruas alagadas pela tempestade do dia 19 Nov 2009 em Curitiba (rua Cel Dulcídio). Fonte: Gazeta do Povo. 15) Tempestade do dia 19 Nov 2009 em Curitiba (Vila Capanema no Jardim Botânico). Fonte: Gazeta do Povo.

# CAPÍTULO VI
# CONCLUSÕES

As análises realizadas, a partir dos dados de precipitação das cidades médias e grandes do Estado do Paraná, durante a série histórica (1980-2010), permitiu reconhecer aspectos da variabilidade desse elemento climático nas diferentes cidades, bem como os impactos e desastres causados no ambiente urbano.

Nesta análise, constatou-se que os anos sob influência do fenômeno *El Niño* de intensidade forte (1983, 1992 e 1997) foram aqueles em que apresentaram o maior acumulado de chuvas para as cidades avaliadas, particularmente os eventos pluviométricos iguais ou superiores a 50mm/24h, ocorridos nos meses da primavera e verão.

Quanto aos menores valores de precipitação, as cidades revelaram que sob atuação da *La Niña* os totais de precipitação sofreram significativa alteração, e apresentaram valores abaixo da média histórica. Entretanto, tal fato também foi observado durante a atuação do *El Niño* e episódios de fortes chuvas durante a atuação da *La Niña*.

Ao ser avaliado a média do período, constatou-se certa distinção entre as duas primeiras décadas em relação à década de 2000. Esta, apesar de estar sob a influência do *El Niño* em 63% dos anos, as cidades apresentaram valores de precipitação abaixo da média. Em relação à análise mensal, as cidades apresentaram maior concentração de precipitação entre os meses de outubro a março, enquanto que os meses do inverno foram aqueles que se destacaram pelo baixo total de chuvas, sendo que o mês de agosto, em alguns anos do período, registrou 0 mm (zero) em 30 dias de análise, nas cidades de Cascavel, Londrina e Maringá. Espacialmente, as cidades de Cascavel e Guarapuava destacaram-se ao registrar os maiores acumulados nas três décadas pesquisadas.

Com isso, salienta-se que a variabilidade mensal das cidades apresentaram verões chuvosos, episódios de precipitação potencialmente impactantes, com valores acima de 50 mm, o que ocasionou danos humanos e materiais numa parcela significativa da população. Como tais fatos são conhecidos, podem ser utilizados na aplicação de medidas preventivas que absorvam e minimizem seus efeitos frente à sociedade, particularmente aquelas situadas em áreas de risco eminente.

Ponderou-se nesta pesquisa a evolução das cidades médias e grandes no Estado do Paraná ao longo da série histórica proposta, e constatou-se um crescimento exponencial na primeira década e posterior redução deste crescimento.

Entre os anos de 1980 a 2010, a população das cidades avaliadas nesta pesquisa cresceu mais de 65%. A população urbana de Cascavel aumentou 113%, Curitiba 66,5%, Foz do Iguaçu 145%, Guarapuava 69%, Londrina 80%, Maringá 112,5% e Ponta Grossa 73%. Nestas condições, o modo de expansão da população favoreceu ao aumento dos desastres ocasionados pela precipitação, devido principalmente a duas situações levantadas. A primeira corresponde ao risco natural e a segunda ao risco provocado pelo incremento das ações antrópicas. A ameaça natural se fez presente ao longo dos anos estudados vindo a afetar uma grande parcela da população. Associado a estes episódios naturais, a tendência ao aumento de desastres aumentou devido o modo de expansão urbana que ocorreu nas cidades pesquisadas e a ineficiência do controle desta urbanização. Tais problemas foram observados em todas as cidades desta pesquisa, devido principalmente a forte concentração da população urbana em áreas de risco.

No caso dos eventos extremos de precipitação e seus efeitos (inundações, enchentes e alagamentos) tornou-se imprescindível relacionar a expansão urbana e o crescimento demográfico com a amplitude dos desastres ocorridos, o que resultou num diagnóstico significante.

Efetivamente, a precipitação continuou a apresentar seu ritmo ao longo da série temporal, com um grande número de acumulados acima e também abaixo da média, entretanto o número de pessoas e bens materiais expostos nas áreas, até então inabitadas, aumentou exponencialmente. Podemos traduzir esta dinâmica como um aumento da exposição ao risco, por parte da população urbana, e da amplitude às conseqüências do desastre.

As cidades médias e grandes continuaram a crescer, com um aglomerado urbano cada vez maior, o que representou um importante fator de ampliação dos riscos. Assim sendo, a urbanização é um fator inconteste do crescimento da vulnerabilidade.

A expansão urbana das cidades médias e grandes pode ser associada ao marcante processo de urbanização que elas registraram ao longo dos anos pesquisados e confirmados pelos dados do IBGE. Em conseqüência, o espaço intra-urbano de tais cidades foi modificado à medida que sua produção e estrutura produtiva se transformaram, fazendo com que as áreas, até então consideradas como de risco, fossem ocupadas por uma nova população. Assim, com o aumento exponencial da população nas cidades

selecionadas nesta pesquisa, concluiu-se que o número de desastres ambientais teve um aumento diretamente proporcional ao crescimento urbano.

Com relação às análises das chuvas e o ENOS, ao longo da série histórica de 31 anos, constatou-se que a quantidade de chuva anual registrada nas cidades avaliadas apresentou uma grande variabilidade. As cidades de Curitiba, Foz do Iguaçu e Ponta Grossa foram as que apresentaram as maiores diferenças entre a década de 1990, comparando-a com a de 1980. Na década de 2000, observou-se um declínio em mais de 100 mm de precipitação para cada cidade, quando comparado com a década de 1990. Portanto, conclui-se *a priori* que a pluviosidade não apenas diminuiu, como alterou seu padrão de ocorrência. Constatou-se também, baseado em dados de precipitação, que a quantidade de dias com chuva diminuiu, indicando o aumento da intensidade da precipitação registrada.

Verificou-se uma alteração no regime das chuvas, entretanto, a existência de períodos de estiagem foi cada vez maior em todas as cidades pesquisadas, alternando os períodos intensos de excesso e de falta de chuva ao longo dos anos.

Constatou-se também, que os eventos pluviométricos de grande intensidade, ocorridos em todas as cidades estudadas ao longo da série histórica, apresentaram um aumento na incidência, principalmente na década de 2000. Esta ampliação no número de episódios extremos, cujos impactos na população das áreas urbanas tem sido cada vez maiores, tem sido cada vez mais freqüente, o que indica um acelerado crescimento urbano sobre áreas de risco.

Ainda, verificou-se a partir de dados de precipitação, que as chuvas com acumulado superior a 50mm/24h cresceu na última década (2000-2010), quando comparada com os anos de 1980, enquanto os acumulados mensais e anuais diminuíram em todas as cidades. Evidenciou-se, portanto que os eventos pluviométricos de grande intensidade aumentaram em conseqüência o número de desastres, como inundações, enchentes e alagamentos também aumentou na mesma proporção.

Baseado nos resultados alcançados neste estudo, a partir dos dados climáticos das últimas três décadas, tais saldos sinalizam de forma acentuada uma diminuição do total acumulado de chuvas nas cidades médias e grandes do Estado do Paraná, sendo esta tendência apresentada de modo a registrar que tais precipitações se tornaram mal distribuídas ao longo do ano e se concentraram fortemente em alguns dias.

A atuação do *El Niño*, nos anos de 1982/1983, 1992, 1997 e 2009 refletiu-se na elevação da precipitação nos meses mais secos (inverno) o que ocasionou desastres

socioambientais em todas as cidades estudadas. A aplicação do IAC e da técnica dos quantis foram ferramentas de fundamental importância para esta pesquisa, podendo diferenciar e classificar os anos de análise, utilizando um único critério metodológico estabelecido.

Das cidades observadas, Curitiba, Ponta Grossa, Cascavel e Guarapuava foram aquelas mais afetadas em decorrência da concentração das chuvas sobre as mesmas.

Entretanto, a relação de causa e efeito entre o fenômeno *El Niño*, com os casos de desastres relacionados à precipitação não pôde ser confirmado na totalidade dos episódios avaliados nesta pesquisa, pois das 16 ocorrências do fenômeno ENOS de intensidade forte e moderada, ocorridos no período de 1980 a 2010, apenas 7 eventos (43%) estiveram associados a acontecimentos de precipitação acima da média histórica. Apesar disso, casos de desastres conexos à procedência hidrometeorológica aumentaram significativamente, resultando em graves prejuízos à sociedade paranaense.

Ainda, houve casos de anos da série histórica em que se confirmou a atuação do ENOS, entretanto o acumulado anual e mensal da precipitação ficou abaixo da média histórica, particularmente nos anos da década 2000-2010. Assim, observou-se nestes anos em particular, que apesar da atuação do fenômeno *El Niño*, o mesmo não influenciou a ocorrência do aumento das chuvas sobre as cidades estudadas.

Somado a esse aspecto, constatou-se uma tendência nos padrões da chuva na década de 2000, cujo aumento nos totais precipitados de forma intensa foi em maior número que nas décadas anteriores, o que agravou ainda mais o quadro de vulnerabilidade já apresentado pelas mesmas no sítio urbano.

Ao longo da série pesquisada, observou-se a ocorrência de eventos extremos como inundações, enchentes e outros impactos relacionados diretamente com a precipitação, cuja tendência do aumento de tais ocorrências não esteve completamente relacionada com a atuação do *El Niño*, o qual em regra proporciona períodos de chuvas intensas durante os meses de verão, outono e parte do inverno.

No estudo das precipitações extremas, a investigação dos acontecimentos numa escala diária é de essencial relevância, tanto para a compreensão do comportamento da chuva, quanto para a avaliação dos impactos decorrentes. Assim, os limiares estão diretamente relacionados à interação da dinâmica climática com os demais aspectos físicos e sociais da área, e uma das questões colocadas neste nível de análise refere-se aos acumulados que determinam quando uma chuva pode ser considerada como intensa.

Na análise diária das precipitações intensas, observaram-se diferenças importantes entre os totais excepcionais de cada cidade, cujos episódios positivos mais expressivos concentraram-se nas décadas de 1980, e, principalmente na década 2000. Em tal período (2000-2010) os valores acumulados diminuíram, entretanto a intensidade das chuvas diárias aumentou e trouxe consigo impactos desastrosos à população das cidades estudadas.

Verificou-se também a variação que cada cidade apresentou com relação aos mínimos desencadeantes de desastres pluviométricos (Cascavel 71mm/24h; Curitiba 59 mm/24h; Foz do Iguaçu 67mm/24h; Guarapuava 69mm/24h;Londrina 67mm/24h; Maringá 67mm/24h e Ponta Grossa 67mm/24h).

Os eventos de chuvas extremas, acima de 50 mm, se acentuaram à medida que a população das cidades avaliadas cresceram. A partir da década de 1990, e, sobretudo na década de 2000, observaram-se nos dados coletados, um aumento no número de episódios de pluviosidade acima de 50 mm, considerados como eventos extremos, o que resultou em elevados episódios de desastres naturais em meio urbano. Para que isto ocorresse foi necessária a atuação de dois fatores principais, os quais podem estar relacionados com a alteração na variabilidade das chuvas: o primeiro pode ser associado ao alto grau de urbanização das cidades, que aumentaram ao longo das décadas analisadas, e o segundo coligado à atuação do fenômeno de grande escala (*El Niño*). Estes dois fatores possivelmente atuaram em conjunto, ocasionando uma potencialização dos efeitos um do outro sobre as cidades, sendo difícil traçar uma linha divisória entre ambos. Além das décadas de 1980 e 1990 terem sido as mais chuvosas, a década de 2000 concentrou a maior quantidade de eventos extremos e em consequência o maior número de desastres.

Assim, os resultados apresentados neste estudo mostraram uma tendência de aumento exponencial de eventos extremos, relacionados com a precipitação, ao longo da série histórica. Entretanto, faz-se necessário elucidar que os eventos classificados como inundações graduais diminuíram e os alagamentos em áreas urbanas aumentaram.

Os produtos gerados (disco de precipitação anual/mensal e disco de eventos extremos) foram importantes ferramentas de apoio para análise dos diferentes anos e meses para as diversas cidades avaliadas, de modo a viabilizar a análise da variabilidade climática em relação à frequência, sazonalidade, impactos da precipitação e valores mínimos capazes de desencadear um determinado tipo de desastre.

O número de desastres ocasionados por tempestades acometeu com maior intensidade as cidades do Terceiro Planalto Paranaense, entre elas Foz do Iguaçu e Cascavel, as quais apresentaram os maiores danos humanos entre as cidades pesquisadas.

Segundo Brandão (1997), o papel da ação humana na edificação do ambiente urbano é decisivo. Deste modo, a existência de catástrofe sempre envolve iniciativa e decisão humanas. Inundações e enchentes não seriam calamitosas nas cidades estudadas, se parte da população não ocupasse as planícies inundáveis e os sítios perigosos.

Os eventos naturais focalizam um aspecto do complexo processo pela qual o homem interage com os sistemas físicos e biológicos. Cada parâmetro da biosfera, sujeito a flutuação sazonal, anual ou secular, consiste num impacto para o homem, na medida em que seu ajustamento à freqüência, magnitude ou desenvolvimento temporal dos eventos extremos é baseado em conhecimento imperfeito. Onde existir previsão acurada e perfeita do que poderá ocorrer e quando ocorrerá na intricada malha dos sistemas atmosféricos, hidrológicos e biológicos, não ocorrerá desastres. De modo geral, os eventos extremos apenas podem ser antevistos com probabilidades cujo tempo de recorrência é desconhecido (WHITE, 1974).

Os alagamentos, seguidos das enxurradas/inundações bruscas foram os impactos mais freqüentes constatados por este estudo na totalidade das cidades. De acordo com os resultados apresentados, cada uma das cidades possui certa capacidade em absorver determinado valor de chuvas, o que as diferencia com relação ao volume mínimo necessário para que ocorra um desastre pluviométrico.

As inundações do espaço urbano tiveram como repercussão o registro de danos humanos e materiais. Os episódios de precipitação, ocorridos ao longo da série histórica, permitem afirmar que as anomalias positivas ocorreram de maneira eventual e estocástica, entretanto pode ser constatado um aumento no número de ocorrências e das pessoas vitimadas, mesmo com menores volumes de chuvas a partir do ano de 2000, quando comparados com a década de 1980.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A totalidade das questões abordadas neste estudo insere-se diretamente no bojo da questão sobre qualidade de vida das pessoas residentes nas cidades médias e grandes do Estado do Paraná, associada a um dos elementos climáticos causador dos maiores desastres registrados.

De acordo com esta perspectiva, o entendimento da dinâmica das chuvas e seus efeitos nestas cidades, conexo aos resultados encontrados, apontam que, ao mesmo tempo em que a cidade tem crescido, o número de eventos pluviométricos intensos, de inundações, enchentes e alagamentos, tem aumentado de forma considerável.

De tal modo, a vulnerabilidade socioambiental das cidades é vital para que tais eventos assumam ou não, características de desastres ambientais. Frente a isso, segundo Zanela (2006) o que pensar para as populações que vivem nestas áreas se essa tendência permanecer? Removê-las ou dotá-las de infra-estrutura?

Os desastres citados nesta pesquisa não são fatos novos para as cidades estudadas e tão pouco desconhecidos. As histórias de todas elas relatam episódios que remontam as origens de cada uma, e ao longo da urbanização a problemática foi apenas se intensificando.

Os problemas oriundos da precipitação não causaram apenas perdas humanas e econômicas para a população diretamente afetada pelas águas. O rompimento da produção e fluxo de bens e serviços na economia das cidades avaliadas também ficou prejudicado. Deste modo, a partir deste questionamento, outras pesquisas podem ser associadas e relacionadas com os resultados aqui apresentados.

A longo prazo, tais impactos causados pelos desastres hidrometeóricos podem ter tido influência no desenvolvimento das cidades médias e grandes, afetado o PIB, comércio local, aumentado o nível de pobreza daquela comunidade, entre outras tendências que podem ser avaliadas noutros estudos vindouros.

Hoje, as cidades analisadas enfrentam, entre outros, desafios físicos, econômicos e ambientais, o que amplia a vulnerabilidade da população aos riscos. Assim sendo, uma gama de ações locais tem sido desenvolvidas de modo a aumentar a resiliência da comunidade local para os efeitos das chuvas extremas e suas conseqüências. Destaca-se a canalização de canais, limpeza e desassoreamento das margens de córregos e rios, entre outras obras de engenharia de modo a proporcionar a redução de riscos e aumentar

os esforços para adaptação às alterações pluviométicas que tem sido constatadas. Mas, ainda há muito a se fazer.

Evidencia-se que a exposição à vulnerabilidade não poderá ser reduzida a risco zero, mas pode ser diminuído através de sistemas eficazes de alerta de eventos extremos naquelas comunidades urbanas que enfrentam, constantemente, os efeitos dos desastres pluviométricos. Os sistemas de alerta podem contribuir ainda, para a redução do número de feridos, mortos e também de perdas de bens materiais, podendo fornecer informações importantes para a tomada de decisões e evitar grandes tragédias anunciadas.

Neste sentido, conhecer e compreender a dinâmica dos riscos atuais e projetá-los de forma eficaz é essencial para preparar, responder e se recuperar de eventos extremos e dos consequentes desastres.

**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

ALLEY, W.M. ***The Palmer drought severity index:*** *limitations and assumptions.* Journal of Climate and Applied Meteorology*,* Boston, v.23, 1984, p. 1100-1366.

AMORIM FILHO e SERRA. Evolução e perspectivas do papel das cidades médias no planejamento urbano e regional. *In*: ANDRADE, T.A e SERRA, R.V**. Cidades Médias brasileiras**. Rio de Janeiro, RJ: IPEA, 2001.

ARAÚJO, L. E. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Campo Grande. 2006.

ARAÚJO, L.E. de; NETO, J.M.M.; SOUSA, F.A.Z. **Analise climática da bacia do rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC).** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p.508-523, set. /dez. 2009.

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS. Volume Paraná. Secretaria Nacional de Defesa Civil/Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis-SC, 2011.

AYOADE, J.O. **Introdução a Climatologia para os trópicos**. 3ª ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 1991.

BAENINGER, R. **Rotatividade migratória: um novo olhar para as migrações no século 21.** *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 16., 2008, Caxambu. **Anais...** Belo Horizonte: ABEP, 2008.

BAENINGER, R. **População e Cidades: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais.** - Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp; Brasília:UNFPA, 2010. 304p.

BALDO, M. C. *et al*. **Análise da precipitação do Estado de Santa Catarina associada com a anomalia da temperatura da superfície do oceano Pacífico.** Revista Brasileira de Agrometeorologia da UFSM-RS. Departamento de Fitotecnia. Santa Maria-RS, 2000.

BARBIERI, D.W; MARCELINO, I.P.V.O; SAUSEN, T.M. Anomalias de precipitação para à Região Sul do Brasil: Análise de Consistencia. *In*: V Seminário Latino-Americano e I Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. **Anais...** Santa Maria, RS 2008.

BARBIERI, Daniela Wancura; FERREIRA, Camila Cossetin; SAITO, Silvia Midori; SAUSEN, Tania Maria; HANSEN, Marco Antonio Fontoura. Relação entre os desastres naturais e as anomalias de precipitação para a região Sul do Brasil. **Anais...** XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal-RN 2009.

BARROS, M.V.B.; BARROS, O.N.; POLIDORO, M.; PEREIRA,A.C.F. **Atlas Digital da Região Metropolitana de Londrina.** Publicação On Line. Grupo IMAP&P – Imagens, Paisagens e Personagens. Universidade Estadual de Londrina, UEL, 2011.Disponível em < http://www.uel.br/projetos/atlasrml/index.html> Acesso em: 14 Ago 2012.

BECK, Ulrich. ***La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad.*** Madrid: Paidos, 1998.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña:** impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: UFRGS, 2003.

BERTOTTI, L.G e BINDA, A. L. **Mapeamento de características físicas do relevo da cidade de Guarapuava-PR utilizando técnicas de geoprocessamento.** Revista RA´E GA, Editora UFPR. Curitiba, n. 16, p. 167-182, 2008.

BORSATO, F.H. e MARTONI, A.M. **Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná.** *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences* Maringá, PR, v. 26, n. 2, 2004, p. 273-285

BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência. *In*: ROSA, L. P. & LACERDA, W. A. **Tormentas Cariocas.** Seminário prevenção e controle dos efeitos dos Temporais no Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1997.

BRISKI, S.J., GÓES, C.T.; JÚNIOR, F.S.J.; KURTA, J. **Análise qualiquantitativa da Bacia do Rio Barigui para verificação de seu estado hidrológico e ambiental.** XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Universidade Federal de Viçosa, MG. 2009.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de desastres: Desastres Naturais.** Ministério da Integração Nacional, Brasília-DF, 2003.

COLLISCHONN, Wilson; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. IPGH. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2008.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. Third edition. John Wiley & Sons. New York. 1999, 493p.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente.** 4. ed. São Paulo: Atual, 1998.

CORRÊA, Roberto Lobato. **A rede urbana***.* São Paulo, SP: Ática, 1989.

CPTEC, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em : <www.cptec.inpe.br> . Acesso em: 2 de março de 2011.

CUNHA, G. R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL; V. *et al*. ***El Niño*** **– Oscilação e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil.** Revista Brasileira de Agrometeorologia da UFSM -RS. Departamento de Fitotecnia, p.137-145. Santa Maria RS, 2001.

DATASUS. **Banco de dados do Sistema Único de Saúde**. Disponível em http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/LivroIDB/2edrev/a03.pdf. Acesso em 25 de maio de 2012.

DESCHAMPS, Marley Vanice. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR. 2004.

DEFESA CIVIL. **Manual para a decretação de situação de emergência ou de estado de calamidade pública.** Glossário de termos. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília – DF, 2007.

DEFESA CIVIL. **Banco de dados.** Disponível em <www.defesacivil.pr.gov.br> Acesso durante os meses de 2011 e 2012.

DIAZ, A. F.; STUDZINSKI, C. D.; MECHOSO, R. C. ***Relationship between precipitation anomalies in Uruguay and shouthern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans***. *Journal of Climate*, Boston, v.11, p.251-271.1998.

ENDLICH, A.M. **Maringá e o tecer da rede urbana regional.** Dissertação de Mestrado – UNESP – Presidente Prudente – SP, 1998.

ESTEVES, Cláudio Jesus de Oliveira. **Risco e vulnerabilidade socioambiental:** aspectos conceituais. Caderno IPARDES, v.1, n.2, p. 62-79, jul./dez. Curitiba, PR 2011.

FARIA, R.T.; WAGNER, C.S. **Precipitações pluviais extremas no Paraná.** Boletim Técnico nº 31. IAPAR, Londrina-PR. 1990.

FISCHER, G.R.; DINIZ, G.B.; MARQUES, J.R.Q. **Previsão do número de dias de chuva para a metade Sul do Rio Grande do Sul utilizando a Temperatura da Superfície do Mar (TSM).** Revista Brasileira de Meteorologia, v.23, n.2, 143 - 151, 2008.

FRANÇA, I.S. **A Cidade Média e suas centralidades:** o exemplo de Montes Claros no norte de Minas Gerais. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia/UFU. Uberlândia, MG, 2007.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. *In*: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, Puerto Iguazú. **Anais...** Puerto Iguazú, Argentina, 2004.

FREITAS, M. A. S. **Um Sistema de Suporte à Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas.** Revista Tecnologia, Fortaleza-CE, p. 84-95, 2005.

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

GAO, X.; JEREMY S. P.; FILIPPO G. ***Projected changes in mean and extreme precipitation over the Mediterranean region from a high resolution double nested RCM simulation.*** Geophysical Research letters, 33. 2006.

GIDDENS, Anthony. **As conseqüências da modernidade**. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Tradução de Raul Fiker. 5ª Reimpressão. *EDITORA UNESP* São Paulo-SP. 1991.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço em Salvador. *In*: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (org). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

GONÇALVES, W.A.; CORREIA, M.F.; ARAÚJO, L.E.; DA SILVA, D.F.; ARAÚJO, H.A. Vulnerabilidade Climática do Nordeste Brasileiro: Uma análise de eventos extremos na Zona Semi-árida da bacia hidrográfica do São Francisco. XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, **Anais...** Florianopólis, SC, 2006.

GRIMM, A. M. **Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos El Niño.** *In*: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 9., 1996. Campos do Jordão, SP. Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 2, p.1098-1102.1996.

GRIMM, A.M.; TEDESCHI, R.G. Influência de eventos *El Niño* e *La Niña* sobre a freqüência de eventos extremos de precipitação no Brasil. *In*: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 13, 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBMET, 2004. CD-ROM

GRIMM, A. M.; FERAZ, S. E. T. **Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no Estado do Paraná:** Efeitos de El Niño e La Niña. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vitória-ES, 1997

GRIMM, A. M., GUETTER, A. K., CARAMORI, P.H. **El Niño no Paraná:** O que pode esperar em cada região. Uma análise científica." *Informativo Simepar* , 1997.

GRIMM, A.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. ***Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events***. Journal of Climate, Boston, v.11, p.2863-2880, Nov., 1998.

GRIMM, A. Variabilidade Interanual do Clima do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A. *et tal* Organizadores*.* **Tempo e Clima no Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 353-374.

HALPERT, M. S.; BELL, G. D.; KOUSKY, V. E.; ROPELEWSKI, C. **Climate assessment for 1995**. *Bulletin of the American Meteorological Society,* v. 77, nº 5, 1996.

HAYES, M. J., SVOBODA, M.D., WILHITE, D.A. e VANYARKHO, O.V. ***Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index.*** Bull.Am.Meteorol.So.80(3): p.429-438, 1999.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísitca, IBGE. Disponível em : <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 6 de julho de 2011.

_____.**Regiões de influência das cidades 2007***.* Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2008.

_____.**Divisão Territorial do Brasil.** Divisão Territorial do Brasil e Limites Territoriais. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2008. Disponível em <www.ibge.gov.br> .Acesso em: 11 de agosto de 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, IPCC. ***Glossary.*** *In*: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, pp. 869-883. 2007.

_____. ***Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.*** A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Anomalias de Precipitação. Disponível em: http://www.inmet.gov.br. Acesso em julho de 2011.

JACOBI, Pedro. **Dilemas socioambientais na gestão metropolitana:** do risco à busca da sustentabilidade urbana. Política & Trabalho Revista de Ciências Sociais n. 25 - p. 115-134. João Pessoa-PB, 2006.

KARL, T. ***The sensitivity of the Palmer drought severity index and Palmer's Z-index to their calibration coefficients including potencial evapotranspiration.*** Journal of Climate and Applied Meteorology, Boston, v.25, 1986, p. 77-86.

KÄSSMAYER, Karin. **Cidade, riscos e conflitos socioambientais urbanos:** desafios à regulamentação jurídica na perspectiva da justiça socioambiental. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2009.

KODAMA, Y. ***Large-scale common features of subtropical precipitation zones*** (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. Journal of the American Meteorological Society of Japan, 70, p.813-836.1992.

KOUSKY, V. E; CAVALCANTI, I. F. A. **Eventos Oscilação Sul / El Nino.** Características, evolução e anomalias de precipitação. Ciência e Cultura, Vol.36. 1984. p1888-1899.

LEFEBVRE, Henri. **A revolução urbana***.* Belo Horizonte, MG: UFMG, 1999.

LEITE, J. A. A.; LEITE, P. S. Uma investigação do problema do semi-árido nordestino com destaque para a Paraíba. *In*: I Encontro sobre alternativas econômico-sociais para o desenvolvimento do Nordeste. **Anais...** Ministério da Educação e Cultura UFPB. João Pessoa-PB. 1984.

LIMA, R.A.F.A; BRITO, J.I.B; SOARES, J.F.P. Desempenho dos métodos dos quantis e SPI para o monitoramento da precipitação no Alto Sertão da Paraíba. *In*: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia. **Anais...**Florianópolis, SC. 2006

LUZ, F. **A Companhia de Terras Norte do Paraná**. *In*: O fenômeno urbano numa zona pioneira: Maringá, por F. Luz, 27-59. Maringá: Prefeitura do Município de Maringá, 1997.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná.** Papelaria Max Roesner. 1ªEd. Curitiba-PR. 1968.

MAGAÑA, Rueda Víctor. ***El clima y la sociedad:*** *Los impactos El Niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera.* México: Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación, 2004.

MARENGO, J. A; OLIVEIRA, G. S. Impactos do fenômeno La Niña no tempo e clima do Brasil: desenvolvimento e intensificação do La Niña 1998/1999. *In*: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 10, 1998. Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. 1 CDROM.

MARICATO, Ermínia. **Brasil, cidades**: alternativas para a crise urbana. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MCKEE,T.B.; DOESKEN, N.J. e KLEIST,J. **The relationship of drought frequency and duration to times scale.** In: *Conference On Appied Climatology*, 8.,1993, Boston. Anais American Meteorological Society , Boston: PREPRINTS, 1993. p.179 – 184.

MENDONÇA, Francisco de Assis. O clima urbano de cidades de porte médio e pequeno: Aspectos teórico-metodológicos e estudo de caso. *In*: ZAVATINI, João A. (Orgs). **Variabilidade e Mudanças Climáticas**. Maringá, PR: Eduem, 2000. 259p

_____. **Geografia, Geografia Física e Meio Ambiente:** uma reflexão à partir da problemática socioambiental urbana. Revista da ANPEGE, volume 5, p. 174-189. 2009.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MENDONÇA, Magaly; BARLETA, Rodrigo; BRITTO, Fabiane Pereira. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul:** influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 4. Vol 3/4 p 37-49. 2008.

METSUL METEOROLOGIA. Disponível em <www.metsul.com>. Acesso em 20/10/2012.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Clima**.** *In* **Geografia do Brasil:** grande Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1963.

_____.**Clima. Grande Região Sul.** Rio de Janeiro: IBGE. Vol. 4, p.114 166. - 1968.

MONTEIRO, M. A. **Caracterização climática do Estado de Santa Catarina:** uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. Geosul, v. 16, n. 31, p. 69-78, 2001.

MINERAIS DO PARANÁ, MINEROPAR. **Geologia de planejamento**: Caracterização do Meio Físico da Área Urbana de Guarapuava. Curitiba: MINEROPAR, 1992.

MOURA; ULTRAMARI e CARDOSO. RMC: O censo confirma metropolização. *In*: MOURA, Rosa; ULTRAMARI, C. (Org). **Metrópole - Grande Curitiba:** Teoria e prática.Curitiba: IPARDES, 1994.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Disponível em http://www.noaa.gov. Acesso em fevereiro de 2011.

NERY, J. T.; BALDO, M. C.; MARTINS, M. L. O., 1998. **Variabilidade interanual: Oscilação Sul - *El Niño*.** Apontamentos, n. 75, 2º Quinzena de Abril/, 1998.

NERY, J. T. **Dinâmica climática da Região Sul do Brasil**. Revista Brasileira de Climatologia, v.1, n.1, p.61-75, 2005.

NIMER, Edmon**. Climatologia do Brasil.** IBGE, Rio de Janeiro-RJ. 1979. 422p.

OLIVEIRA, G.V. **Cidades Médias: conceitos e exemplos paranaenses***.* Maringá, PR: Universidade Estaduak de Maringá/Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, 2002.

OLIVEIRA, Gilvan S. **O El Niño e você** - o fenômeno climático *.* São José dos Campos , SP: Editora Transtec , 2001.

OLIVEIRA, G. S.; SATYAMURTY, P. O El Nino de 1997/98: Evolução e impactos no Brasil. *In*: X CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, 1998, Brasília, DF. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1998. 1 CDROM.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA (OMM). ***Calculation of monthly and annual 30-year standard normals.*** Technical document, n. 341; WCDP, n.10. Geneva, 1989.

_____. ***Aspectos sociales y participación de los interesados en la gestión integrada de crecidas***. Documento técnico APFM Nº 4, Serie "Políticas de gestión de crecidas"- Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 2006.

PALMER, W.C. **Meteorological drought.** *US Weather Bureau Res. Nº 45* . Washington, 58p. 1965.

PARK, C.C. ***Environmental hazards***. London: Macmillan Education Ltda, 1991.

PEDELABORDE, P. *Introduction a l'ètude scientifique Du climat – notions élementaires de climatologie dynamique.* Paris. 1969 *apud* TAVARES, A.C. **Abordagem climática local:** o exemplo de Campinas-SP. Boletim Geografia Teorética, 7 (14): 61:86. Rio Claro, SP, 1977.

PINKAYAN, S. ***Conditional probabilities of ocurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area.*** Hidrology papers, n. 12.Colorado State University, Fort Collins, 1966.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MC MAHON, T. A. ***Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.*** Hydrol. Earth Syst. Sci. 11: 1633–1644. The University of Melbourne, Victoria, Australia. 2007.

QUINN, W. H.; ZOPF, D.O.; SHORT, K. S.; YANG KUO, R. T. W***. Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts.*** *Fish. Bull* - 663–678, 1978.

RECKZIEGEL, B. W. **Levantamento dos desastres desencadeados por eventos naturais adversos no Estado do Rio Grande do Sul no período e 1980 a 2005.** Dissertação de mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ROMERO, M.A.B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Universidade de Brasília. Brasília-DF.2001.

SAHR, Cicilian Luiza Löwen. **O papel das cidades médias nas estratégias de desenvolvimento espacial do Paraná.** Boletim de Geografia n19 p 21-31. 2001

SANDRONI, Paulo. **Novíssimo dicionário de economia***.* 11ª Ed. São Paulo, SP: Best Seller, 2001.

SANTOS, Ana Paula Paes dos; ARAGÃO, Maria Regina da Silva; SOUZA, José Ricardo; SANTOS, Sérgio e LINDEMANN, Douglas. **Aplicação da Técnica dos Quantis à Precipitação no Leste da Amazônia e suas Relações com o Fenômeno ENOS no Período 1998 – 2008.** IV Simpósio Internacional de Climatologia. João Pessoa-PB, 2011.

SANTOS, J. M., MORAES, J.C. e PAIÃO, L.B.F. O índice de aridez de Palmer: uma análise crítica. *In:* V congresso brasileiro de agrometeorologia. **Anais**... Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, Belém, p. 296-301,1987.

SANTOS, Milton. **A nova urbanização:** diversificação e complexidade*.* HUCITEC, 2005.

_____. **A urbanização Brasileira***.* São Paulo-SP. HUCITEC, 1993.

_____. **Metamorfoses do espaço habitado***.* São Paulo-SP. HUCITEC, 1991.

SARTORI, M.G.B. **As variações pluviométricas e o regime das chuvas na Região Central do Rio Grande do Sul.** Boletim de Geografia Teorética. Rio Claro, nº 23, volume. 45-46, 1993 p.70-84.

SAYAGO, J.M; GUIDO, E.Y. *Caracterización de los riesgos geologicos y geomorfológicos en la ciudad de Chilecito (La Rioja), Argentina. In*: 1º Simpósio Latino-Americano sobre risco geológico urbano. **Anais...**São Paulo-SP. 1990.

SILVA DIAS, M. A. F. **Complexos convectivos de mesoescala.** *In:* Climanálise Especial: edição comemorativa de 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p.173-182.

SILVEIRA, Renata Dias. **Relação entre tipos de tempo, eventos de precipitação extrema e inundações no espaço urbano de São Sepé –RS**. Dissertação de mestrado, UFSM. Santa Maria, RS. 2007

SORRE, M. *Les fondements biologiques.* Tomo I: *Les fondements de la Géographie humáine*. 3ª Ed. Paris. 1951. *apud* TAVARES, A.C. **Abordagem climática local:** o exemplo de Campinas-SP. Boletim Geografia Teorética, 7 (14): 61:86. Rio Claro, SP, 1977.

SOUSA, P.; ICHIBA, S. H. K.; NERY, J. T. **Número de dias de chuva em Santa Catarina.** *In*: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XIII, Fortaleza, CE. 2003.

STAMM, C., Y.M. WADI, e J.A.S. RAIMUNDO. **São as cidades médias responsáveis pelo espraiamento espacial da riqueza nacional?** ECOPAR, Toledo, PR. 2005.

STEINKE, Ercília Torres; REZENDE, Mariana de Souza; CAVALCANTI, Luiz. **Sistemas atmosféricos geradores de eventos extremos de precipitação em outubro de 2006 no Distrito Federal:** uma análise geográfica dos desastres. Revista Brasileira de Climatologia, Vol. 2, p. 23-34, 2006.

STUDZINSKI, C.D.S. **Um estudo da precipitação na Região Sul do Brasil e sua relação com os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e Sul**. Dissertação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos-SP. 1995.

TAVARES, Antonio Carlos. **Abordagem climática local:** o exemplo de Campinas-SP. Boletim Geografia Teorética, 7 (14): 61:86. Rio Claro, SP, 1977.

TEIXEIRA, M. S.; SATYAMURTY, P**. Episódios de chuvas intensas na região sul do Brasil.** Parte I: configuração sinópticas associadas. **Anais...** Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza-CE. 2004.

TERACINES, E. B. **Impactos econômicos do El Niño 97/98 na produção agrícola brasileira.** *In:* Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. Clima e Ambiente (Sustentabilidade, Riscos, Impactos), Rio de Janeiro-RJ, 2000.

TOSIN, G.A.S. **Caracterização física do uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Cascavel.** Dissertação de Mestrado 60p. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel-PR. 2005.

TRENBERTH, K.E. **The definition of El Niño.** Bulletin of the American Meteorologocal Society, v. 78, n. 12, p. 2771-2777, 1997.

TRENBERTH, K. E., e D. P. STEPANIAK. ***Indices of El Niño Evolution***. *Journal of Climate vol, 14* (American Meteorological Society), 2001.

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da drenagem urbana.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, v.7, n.1. 2002.

_____.***Gestión de Inundaciones Urbanas***. 1ª Edição. Editora Evangraf. p.288. Porto Alegre-RS. 2007.

_____.**Modelos hidrológicos**: Ed. UFRGS, Porto Alegre-RS, 2000.

_____.**Hidrologia**: ciência e aplicação. Editora da UFRGS. Porto Alegre-RS, 1993.

UIA. ***Ciudades intermedis y urbanizacion mundial.*** Programa de Trabajo do XX Congresso de la Unior Internaionales dês Architectes. 1998.

*United Nations Department of Humanitarian Affairs,* UNDHA. ***Internationally agreed glossary of basic terms related to Disaster Management. United Nations International Strategy for Disaster Reduction***. Disponível em <http://www.unisdr.org/unisdr/glossaire.htm.>. 2001. Acesso em Maio de 2012.

VALENTE, Osvaldo Ferreira. **Reflexões hidrológicas sobre inundações e alagamentos urbanos.** Cidades do Brasil. Ano X. Publicado em 2009. Disponível em http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/minhacidade/10.109/1839. Acesso em 20 de junho de 2012.

VAN ROOY, M. P**.** ***A rainfall anomaly index independent of time and space*****.** NOTOS. Weather Bureau of South Africa, 14: 43–48. 1965.

VEYRET, Yvette. **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo-SP. Ed. Contexto, 2007.

VICENTE, Andréa Koga. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas-SP. 2005

WACHOWICZ, Ruy Christovam. **Norte Velho, norte pioneiro.** Curitiba, PR: Gráfica Vicentina, 1987.

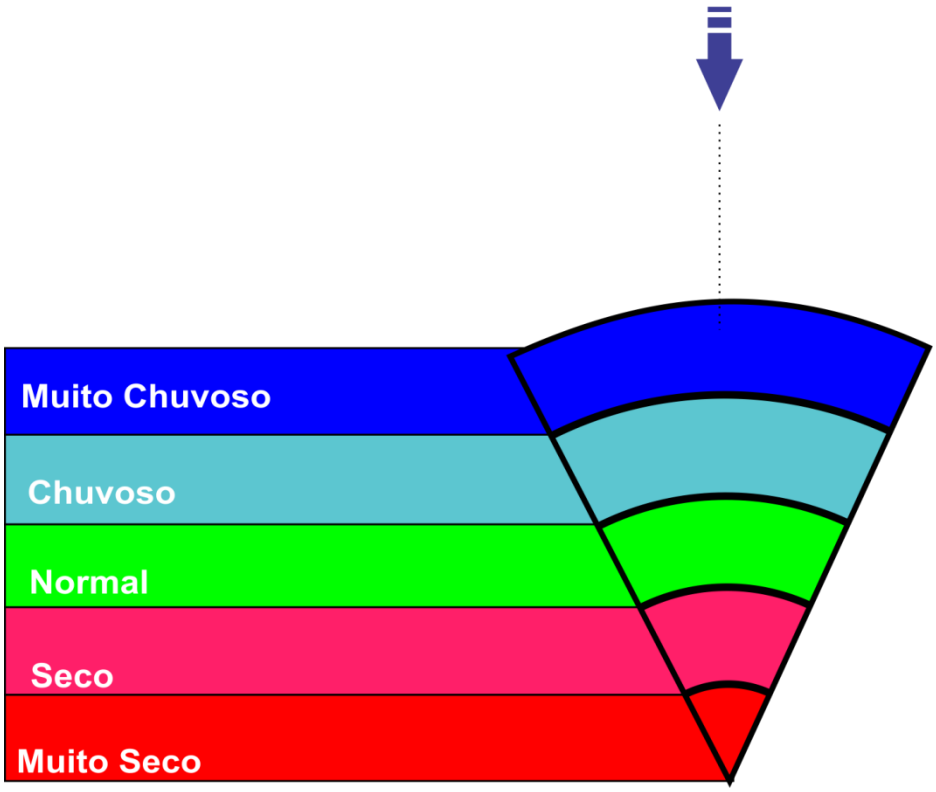
WHITE, Gilbert F. ***Natural Hazard:*** *Local, National, Global.* Oxford University Press. New York-NY, 1974.

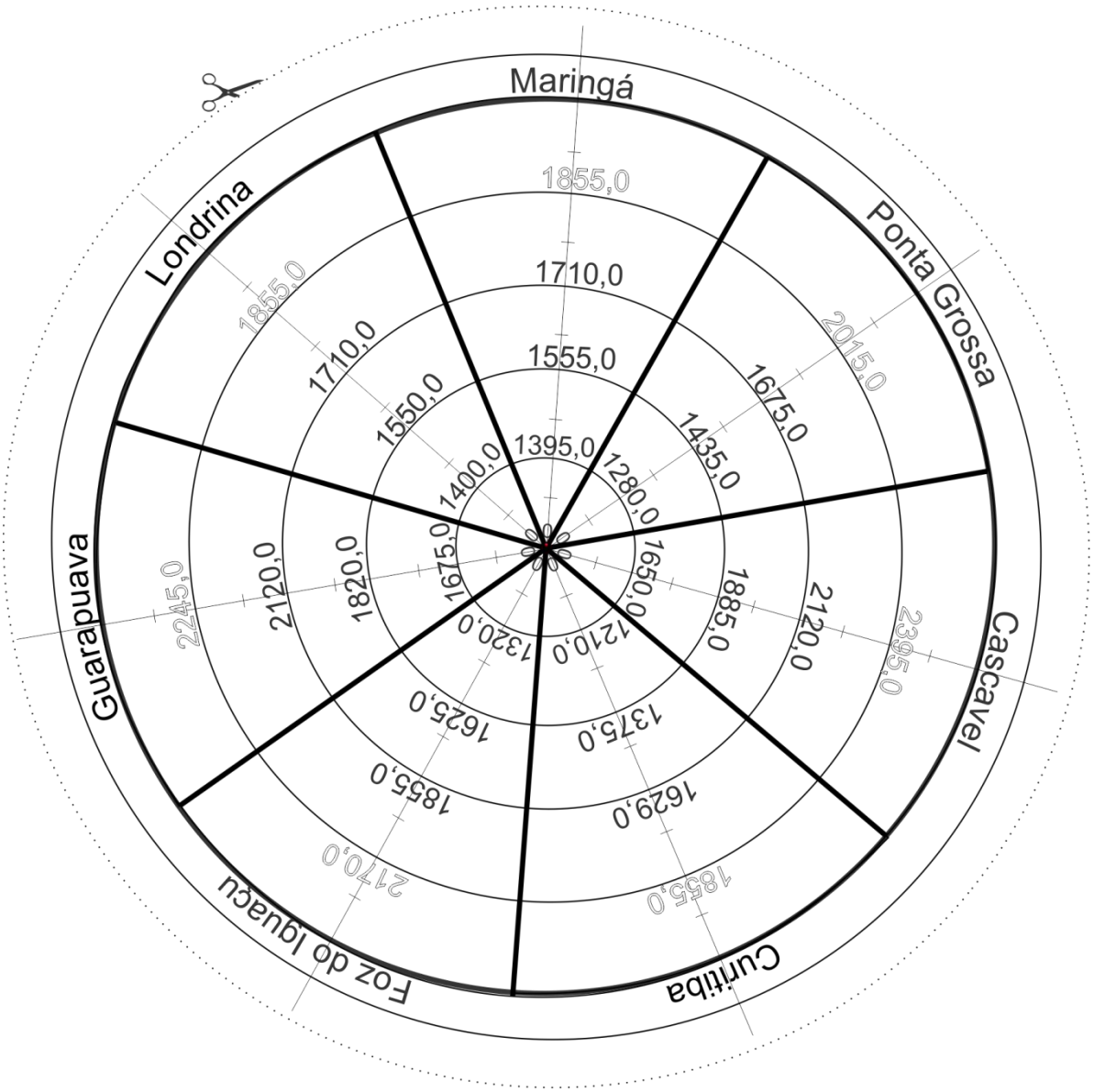
XAVIER, T. de M. B. S; XAVIER, A. F. S; ALVES, J. M. B. **Quantis e eventos extremos:** aplicações em ciências da terra e ambientais. p.278. Fortaleza-CE, 2007.

ZANELLA, Maria Elisa. **Inundações Urbanas em Curitiba-PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru.** Tese de Doutorado. Meio Ambiente e Desenvolvimento - UFPR, Curitiba-PR. 2006.

# APÊNDICE A

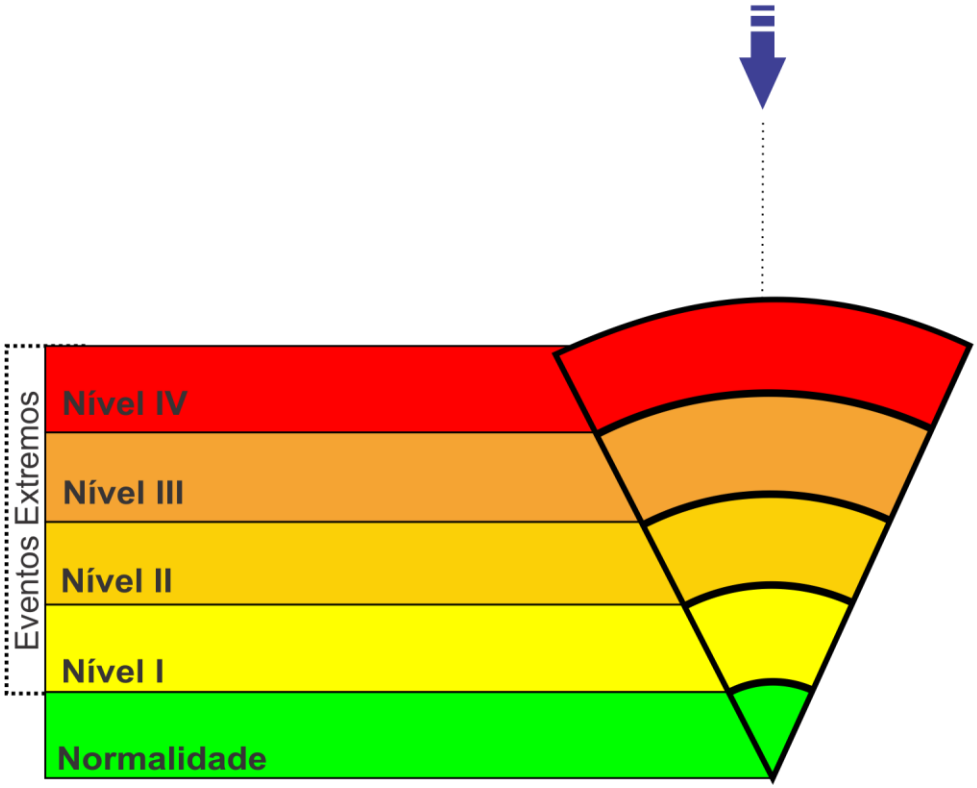
## DISCO DE PRECIPITAÇÃO
## (Série histórica 1980 a 2010)

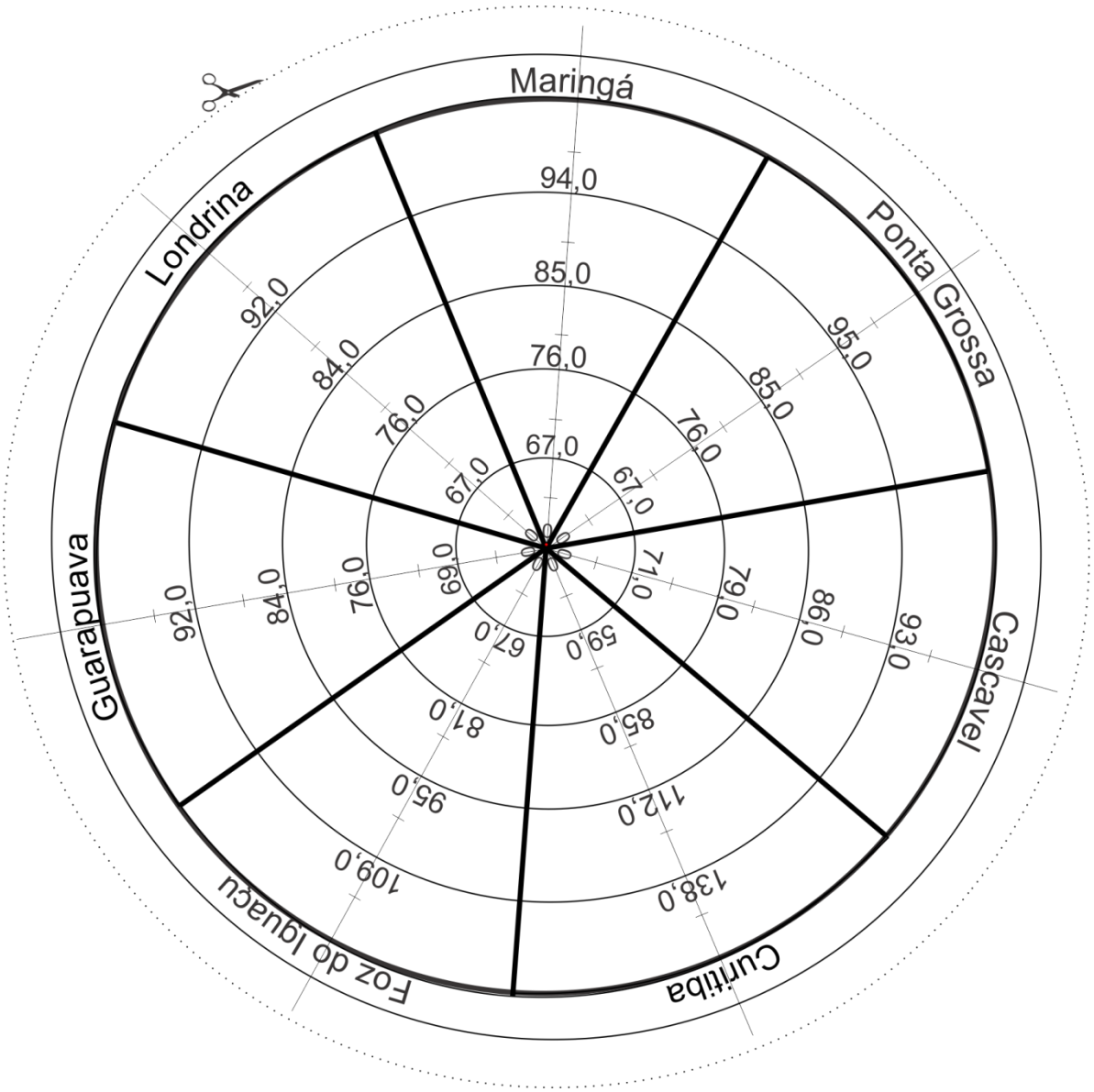





**DISCO DE PRECIPITAÇÃO (SÉRIE HISTÓRICA 1980 A 2010)**
**IMPRIMIR EM FOLHA TRANSPARENTE, RECORTAR NO LOCAL INDICADO E ANEXAR COM UM ALFINETE NA BASE DA ESCALA EM QUE CONTÉM OS ÍNDICES.**

## DISCO DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA
## (Série histórica 1980 a 2010)

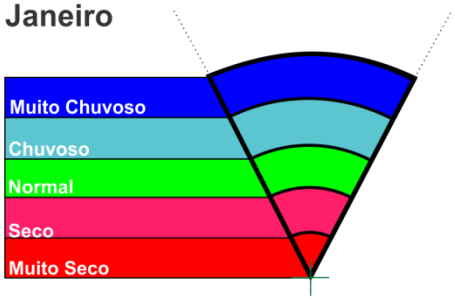




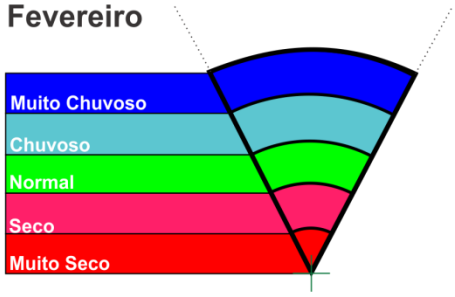

**DISCO DE PRECIPITAÇÃO EXTREMA (SÉRIE HISTÓRICA 1980 A 2010)**
**IMPRIMIR EM FOLHA TRANSPARENTE, RECORTAR NO LOCAL INDICADO E ANEXAR COM UM ALFINETE NA BASE DA ESCALA EM QUE CONTÉM OS ÍNDICES.**

## DISCO DE PRECIPITAÇÃO (MÉDIA MENSAL - 1980 - 2010)

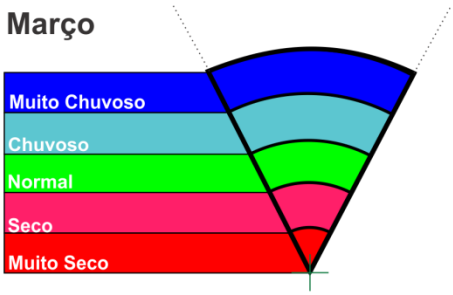
### Janeiro



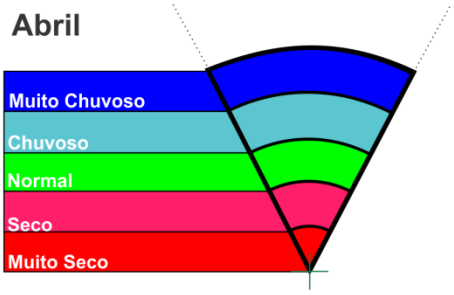

### Fevereiro



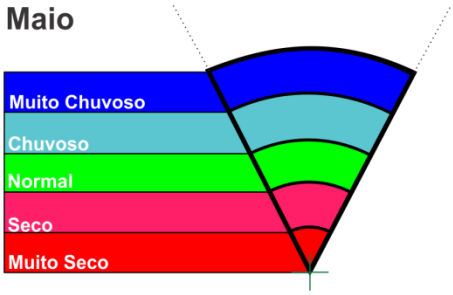

### Março



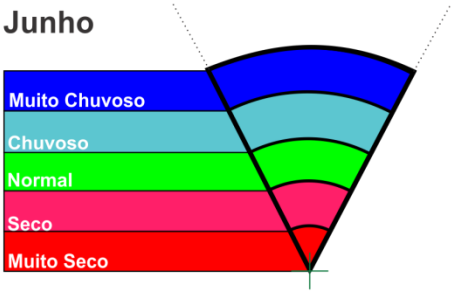

### Abril

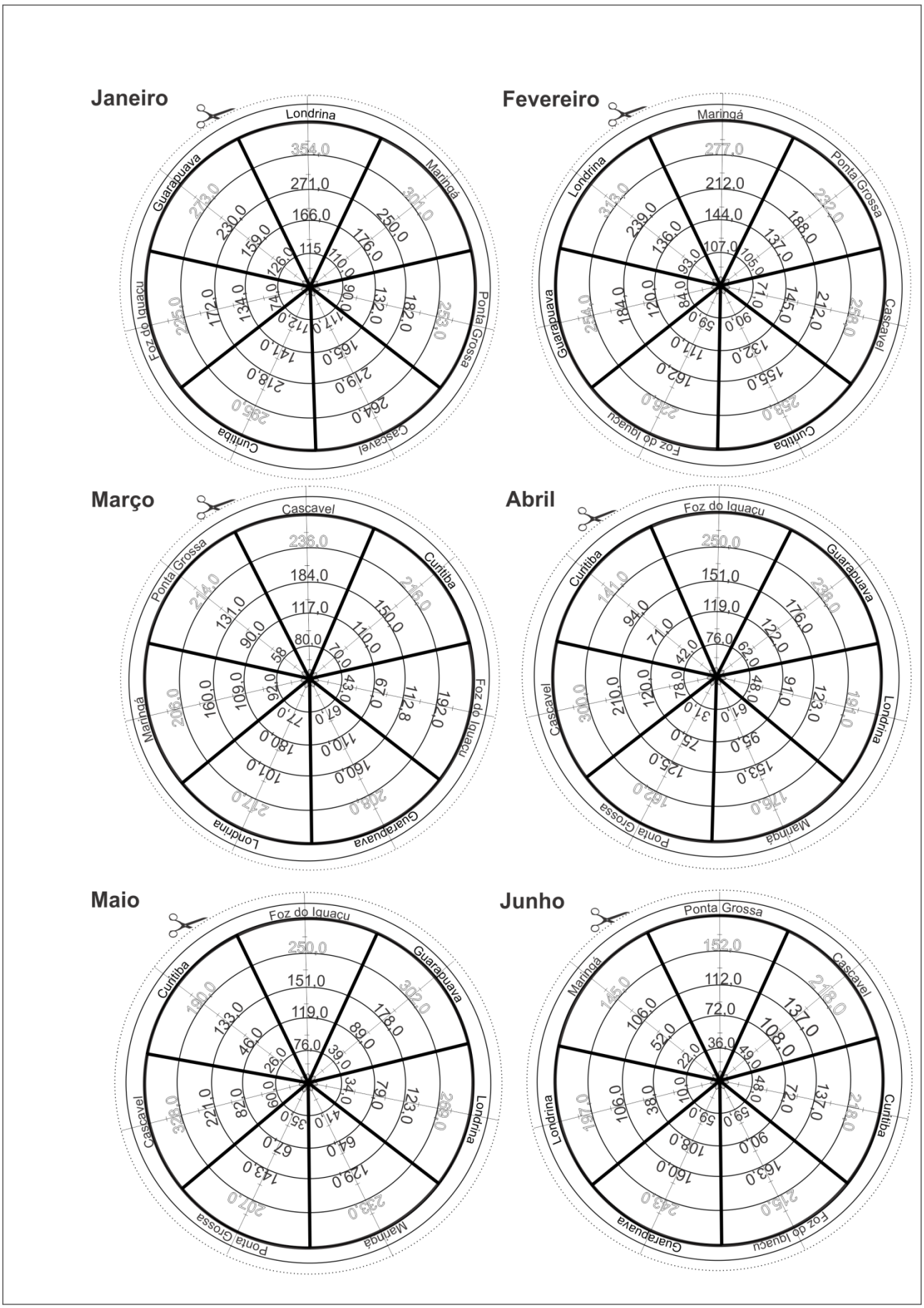



### Maio



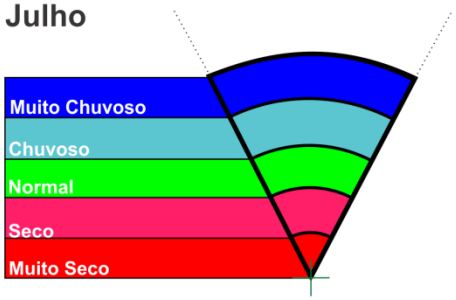

### Junho



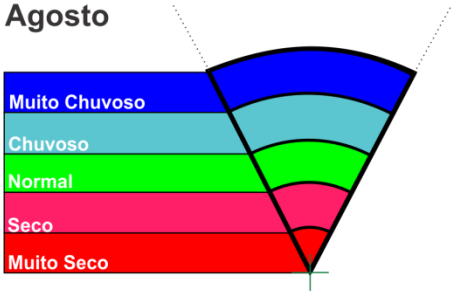

Janeiro
Londrina
Maringá
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
Foz do Iguacu
Guarapuava
354,0
271,0
166,0
115
110,0
176,0
250,0
301,0
90
132,0
182,0
253,0
117,0
165,0
219,0
264,0
Fevereiro
Maringá
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
277,0
212,0
144,0
107,0
105,0
137,0
188,0
232,0
71,0
90,0
145,0
212,0
258,0
132,0
155,0
226,0
258,0
Março
Cascavel
Curitiba
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
Maringa
Ponta Grossa
236,0
184,0
117,0
80,0
70,0
110,0
150,0
246,0
58
67,0
112,8
192,0
208,0
Abril
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
Maringa
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
250,0
151,0
119,0
76,0
62,0
122,0
176,0
238,0
48,0
91,0
123,0
191,0
176,0
Maio
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
Maringa
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
250,0
151,0
119,0
76,0
89,0
178,0
302,0
39,0
79,0
123,0
298,0
64,0
129,0
233,0
207,0
Junho
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
Maringa
152,0
112,0
72,0
36,0
49,0
108,0
137,0
218,0
48,0
72,0
137,0
218,0
90,0
163,0
243,0
215,0

## DISCO DE PRECIPITAÇÃO (MÉDIA MENSAL - 1980-2010)

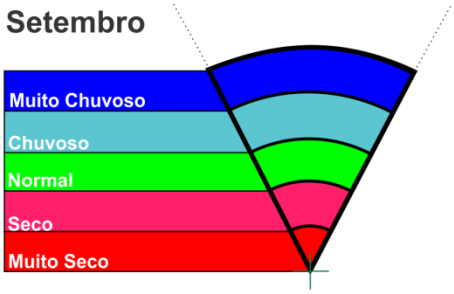
### Julho



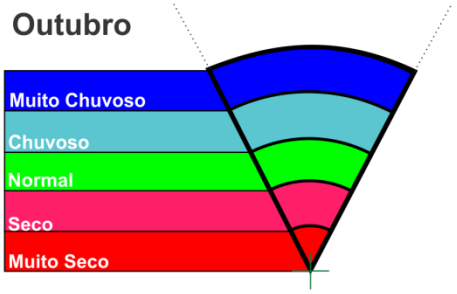

### Agosto



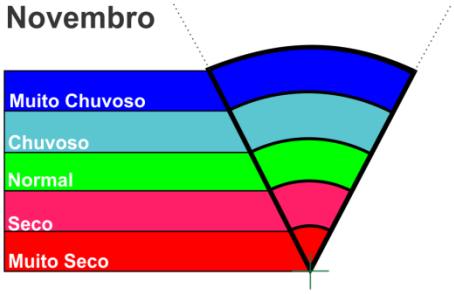

### Setembro



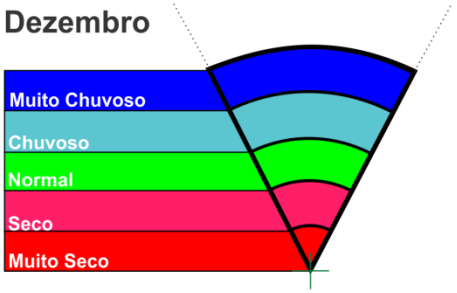

### Outubro

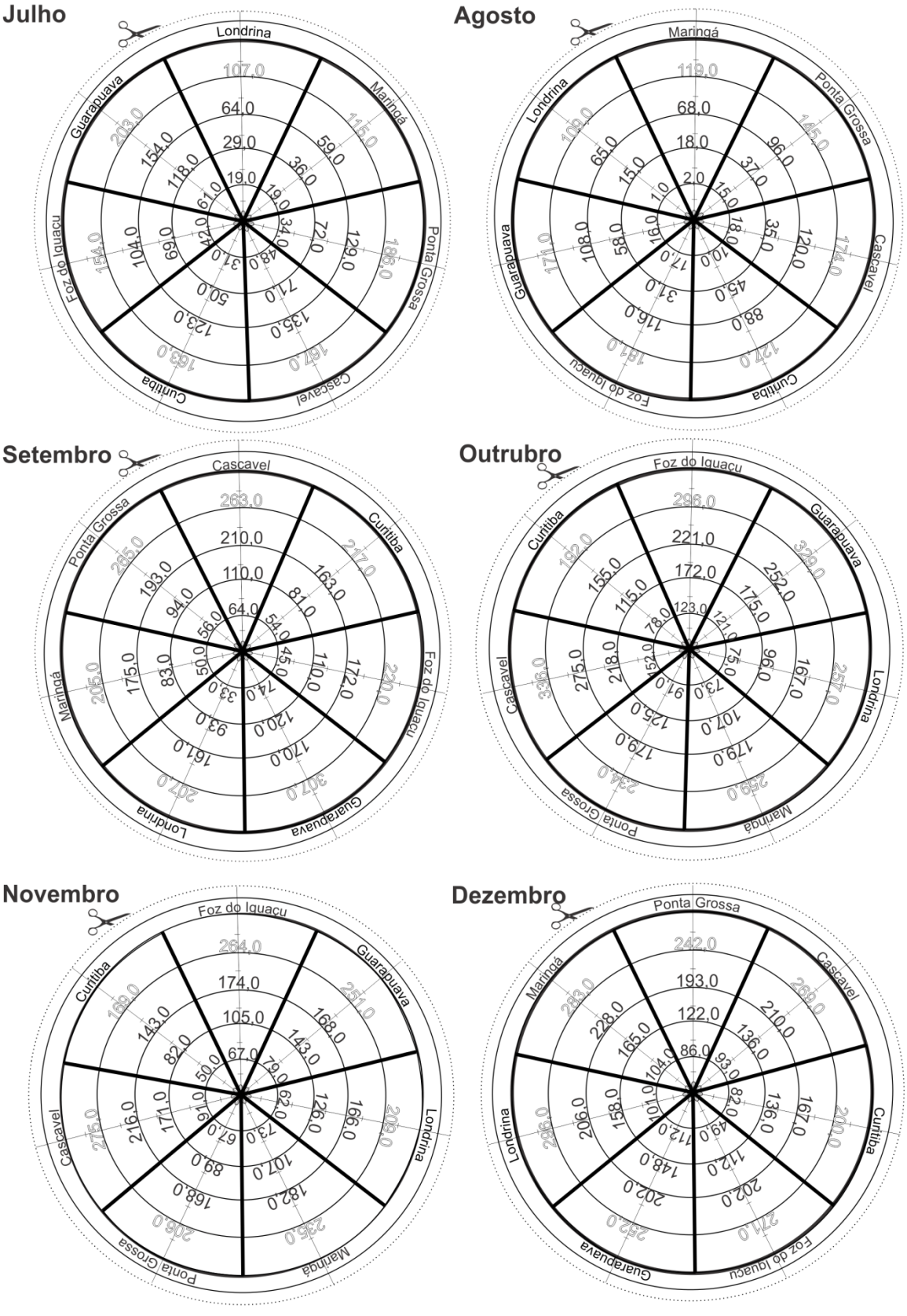



### Novembro




### Dezembro




Julho
Londrina
Maringá
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
Foz do Iguacu
Guarapuava
107,0
64,0
29,0
19,0
59,0
36,0
19,0
72,0
34,0
129,0
48,0
186,0
71,0
135,0
50,0
167,0
123,0
163,0
104,0
69,0
154,0
42,0
31,0
118,0
61,0
154,0
203,0
Agosto
Maringá
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
119,0
68,0
18,0
2,0
96,0
37,0
15,0
120,0
35,0
174,0
18,0
10,0
88,0
45,0
17,0
127,0
31,0
116,0
58,0
108,0
16,0
171,0
65,0
15,0
1,0
Setembro
Cascavel
Curitiba
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
Maringá
Ponta Grossa
263,0
210,0
110,0
64,0
163,0
81,0
54,0
172,0
110,0
45,0
220,0
74,0
33,0
161,0
93,0
120,0
207,0
170,0
83,0
50,0
175,0
94,0
56,0
193,0
265,0
Outrubro
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
Maringá
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
296,0
221,0
172,0
123,0
252,0
175,0
78,0
121,0
96,0
75,0
167,0
73,0
107,0
179,0
125,0
179,0
91,0
152,0
218,0
155,0
115,0
192,0
Novembro
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
Maringá
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
264,0
174,0
105,0
67,0
168,0
143,0
79,0
62,0
166,0
126,0
73,0
107,0
182,0
168,0
89,0
67,0
216,0
171,0
82,0
50,0
143,0
Dezembro
Ponta Grossa
Cascavel
Curitiba
Foz do Iguacu
Guarapuava
Londrina
Maringá
242,0
193,0
122,0
86,0
210,0
136,0
93,0
167,0
82,0
136,0
49,0
112,0
202,0
148,0
112,0
228,0
165,0
104,0
158,0
206,0
101,0