

GÊNESE DAS CHUVAS E ALAGAMENTOS EM CURITIBA - PR

Rafael Pietroski Galvão¹; Lindberg Nascimento Júnior²

Resumo: A caracterização da variabilidade pluviométrica nos permite identificar os sistemas atmosféricos atuantes em uma escala regional, correlacionando a ocorrência dos fenômenos de alagamentos e seus impactos notificados pelo Sistema de Defesa Civil de Curitiba. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo evidenciar a dinâmica do clima para contribuir com as mais diferentes formas de planejamento e gestão do território. Com isso, buscamos descrever como a gênese das chuvas e os alagamentos acontecem em Curitiba. Não só isso, buscamos referências bibliográficas que comprovam os episódios de eventos extremos como os alagamentos, relacionados com a expansão urbana da cidade. Neste contexto, foram espacializados as ocorrências de alagamentos registradas em Curitiba entre 2005 e 2010. No tocante às manifestações espaciais do clima, foram utilizadas técnicas de classificação de períodos-padrão, que correspondem às variações mensais das precipitações no município de Curitiba durante um período de 64 anos, equivalente aos anos de 1947 até 2011. Para isso, buscou-se reconhecer os sistemas atmosféricos produtores de tempo e clima no Estado do Paraná no próprio contexto da Região Sul brasileira, considerando sua localização, situação e posição geográfica. Também procurou-se analisar o fenômeno climático El Niño – Oscilação Sul (ENOS) e seus principais impactos no clima do Paraná.

Palavras-Chave: variabilidade pluviométrica; eventos extremos; sistemas atmosféricos.

INTRODUÇÃO

O objetivo desse presente trabalho é identificar os sistemas atmosféricos produtores do tempo e do clima no estado do Paraná na abrangência da Região Sul do Brasil e os impactos notificados pela Defesa Civil Municipal na ocorrência de alagamentos na cidade de Curitiba.

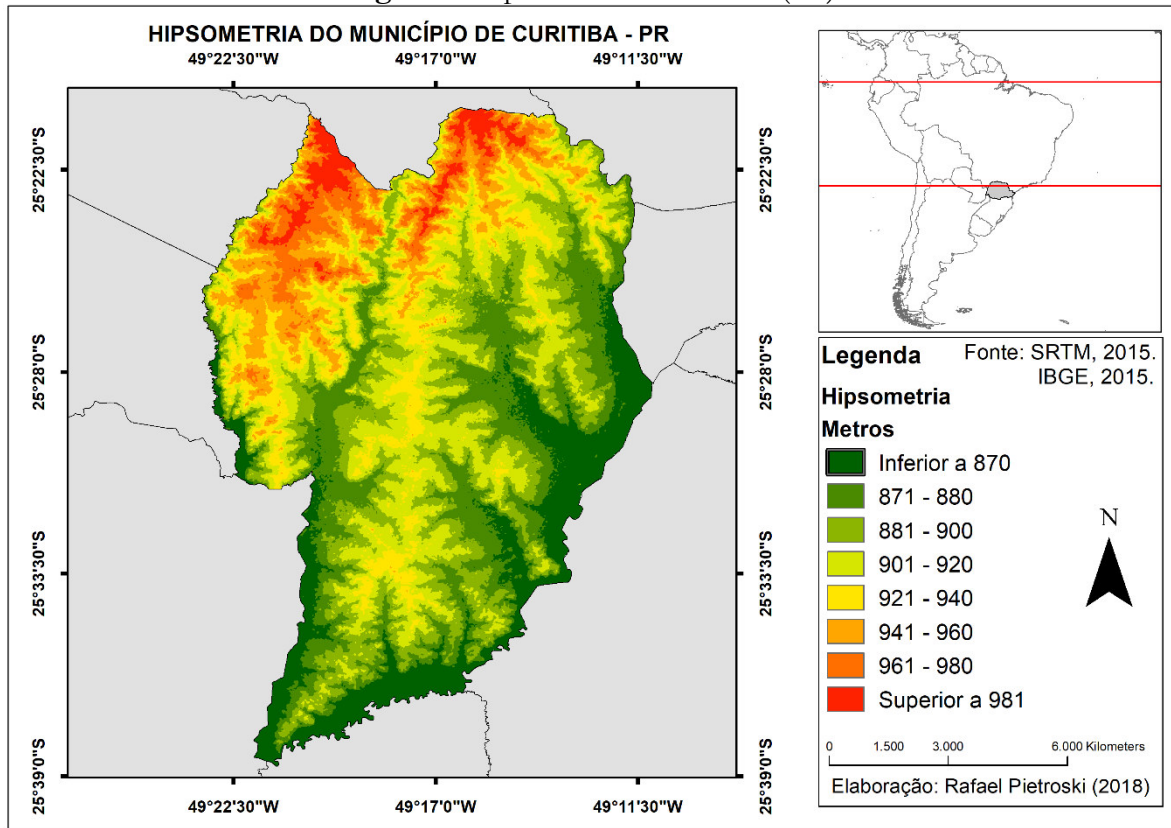
Neste contexto pretende-se, com esse trabalho, contribuir nos estudos relacionados à gestão e planejamento do território tendo em vista a dinâmica do clima, fazendo o uso de técnicas estatísticas “para a compreensão da variabilidade dos elementos do clima e identificação da periodicidade e ciclicidade de episódios normais e extremos” (SANT’ANNA NETO, 2011, p. 9-10).

Nessa direção, propõe-se o estudo da variabilidade mensal das precipitações em Curitiba (PR) desde o ano de 1947 até 2011, ultrapassando então os 30 anos de dados dos elementos do clima para o uso de séries temporais, segundo a determinação da Organização Meteorológica Mundial (OMM).

¹ Discente, Universidade Estadual de Londrina, rafaelpietroskigalvao@hotmail.com

² Docente, Universidade Federal de Santa Catarina, juniohr@gmail.com

Figura 1: Hipsometria de Curitiba (PR)



Fonte: IBGE; SRTM (2015).

Para isso o trabalho foi separado em três partes, respectivamente: quais são os sistemas atmosféricos produtores de tempo e clima no Estado do Paraná no contexto da Região Sul do Brasil, quais são os principais impactos do El Niño – Oscilação Sul (ENOS) no clima do Paraná e por fim a caracterização da variabilidade pluviométrica no município de Curitiba.

MATERIAIS E MÉTODOS

No que tange a análise da variabilidade climática para o estudo geográfico do clima, buscou-se utilizar a estatística descritiva para nossa análise, fazendo assim o uso da base de dados da estação meteorológica do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) em Curitiba que foram convertidas e calculadas em planilha Excel. Diante disso, agrupamos os valores em escalas semestrais seguindo as estações (outono, inverno, primavera, verão), anuais (somando-se os 12 meses) e sazonais (estação menos chuvosa e estação chuvosa).

Feito isso, foi adicionado dados climáticos de Curitiba através da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) pelo seguinte site: <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/timeseries/>. Dentro da plataforma extraímos os dados em escalas trimestrais, sazonais e anuais dentre os anos de 1947 a 2011. Adiante, partimos para a relação dos impactos de teleconexões climáticas associadas com os desvios relativos e os índices climáticos.

Buscou-se então a relação das chuvas com o fenômeno El Niño considerando a similaridade da variabilidade e a associação do fenômeno de alagamentos notificados na cidade de Curitiba pelo Sistema de Defesa Civil (SISDC), explicando assim os resultados pelas lentes da geografia, utilizando-se elementos da análise geográfica do clima, como a localização, posição e situação geográfica.

Como se pode perceber, foram utilizadas técnicas estatísticas descritivas para obter-se a variabilidade climática, conforme expresso pelas seguintes equações:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Equação 01: Média - Onde “X” é a média, “ $\sum X_i$ ” é a soma dos valores, e “n” é frequência.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

Equação 02: Desvio padrão – Onde “ σ ” é o desvio padrão, “ σ^2 ” é a raiz quadrada positiva da variância.

$$CV = \sigma / X$$

Equação 03: Coeficiente de variação - Onde “CV” é o coeficiente de variação “ σ ” é desvio padro e Média Aritmética.

$$D(\%) = [D(\text{mm}) * 100 / M]$$

Equação 04: Onde “D(mm)” é a diferença entre X1, que é o valor do total pluviométrico na escala observada, e “M” é a média observada na série histórica.

$$D(\%) = [D(\text{mm}) * 100 / (M)]$$

Equação 05: Índice resultante da multiplicação do desvio absoluto: “D(mm) por 100”, dividido pela média do período “(M)”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mostrado na Introdução, começaremos esse tópico identificando quais são os sistemas atmosféricos produtores de tempo e clima no Estado do Paraná no contexto da Região Sul do Brasil. Nessa parte, para melhor facilitar o entendimento do leitor, procuramos identificar esses sistemas subdividindo-os em três tópicos, os quais são: a localização geográfica, a situação geográfica e a posição geográfica do Paraná no contexto da Região Sul do Brasil.

Localização geográfica

A localização geográfica de uma região é importante na atuação do condicionamento climático nessa área e Edmon Nimer trás a posição da Região Sul do Brasil situada “[...] nas latitudes médias na borda do Oceano Atlântico” (NIMER, 1971, p. 4). Em dados quantitativos, Nimer (1971) escreve que a região sul compõe apenas “6,79% do território brasileiro” e tem uma extensão de 577,723 quilômetros quadrados.

Caracterizada por ser uma zona temperada em sua maioria, a região é bem definida por se encontrar em uma latitude média, atuando o Sol que segundo Nimer (1971, p. 4) configura-se nos ritmos das estações que “[...] torna-se cada vez menos nítido” quando se aproxima do Equador.

Citando o fenômeno de evaporação, Nimer (1971) comenta que a Região Sul tem o litoral em toda sua extensão oriental, ficando evidente “que ela possui uma superfície oceânica à disposição de um muito ativo processo de evaporação” que contribui para a formação de nuvens e a condensação.

No litoral paranaense, observa-se a influência da corrente marítima quente do Brasil, que é observado por Alice Grimm, estendendo “o clima quente e úmidos dos trópicos para o sul” (GRIMM, 2009, p. 259).

Essa posição marítima da Região Sul é destacada então por Nimer (1971) como uma forte determinante e constante “concentração de núcleos de condensação (partícula de sais) nas camadas inferiores de sua atmosfera” que acabam contribuindo “para o acréscimo de chuvas em seu território, sempre que essa Região é atingida por frentes frias” (NIMER, 1971, p. 6).

Relatando a Depressão do Chaco, como centro de ação de massas de ar quentes e secas, Nimer (1971) aponta a interação dela com a frente polar e que “na Região Sul ela adquire muita importância somente nos anos de verão pouco chuvoso”. Em contrapartida no trabalho de Alice Grimm (2009), ela mostra um sistema de pressão visível no sul do Brasil, que é um “Sistema de baixa pressão intermitente no noroeste da Argentina, Paraguai e sul da Bolívia”, decorrido da interação entre os Andes, intensificando-se no verão pela Baixa do Chaco.

Dessa forma, sendo a localização geográfica da Região Sul do Brasil caracterizada pelas latitudes médias e a composição do relevo acidentado, Grimm (2009) pontua que “o clima do Sul do Brasil apresenta grandes contrastes nos regimes de precipitação e temperatura”.

E tratando do regime de precipitação do sul do Brasil, citamos como exemplo a região norte, que é definida pelo regime de monção, quando sua estação chuvosa inicia-se na primavera e termina no começo do outono, indicando uma grande diferença de precipitação entre verão e inverno. O que nos leva a análise do acontecimento da circulação das correntes perturbadas no estudo de Nimer (1971), onde as características de sua chegada está normalmente atrelada a ocorrência de instabilidade e brusca mudanças de tempo, geralmente acompanhadas de chuvas.

E dessa maneira, Nimer (1971) relata que “o que caracteriza a Região Sul quanto à circulação atmosférica é que ela é uma região de passagem da frente polar em frontogênese” que é o processo de formação ou intensificação de uma frente, e que “esta circunstância torna a Região Sul sujeita às sucessivas invasões de correntes perturbadas de S que alcançam uma extraordinária regularidade de uma invasão por semana”.

Seguindo essa linha, continuamos a usar o estudo de Nimer (1971) que diz que “enquanto o Estado do Paraná é, durante o verão, frequentemente invadido por tais correntes”, que seria as correntes perturbadas de W, o contrário acontece no Estado do Rio Grande do Sul já que suas invasões são raras, sendo este fato responsável “pela dualidade de regime de chuvas no espaço geográfico da Região Sul do Brasil” (NIMER, 1971, 17).

Para encerrar esse tópico de localização geográfica, vamos dedicar os últimos parágrafos para pontuar a ação da radiação solar na Região Sul do Brasil, que para Nimer (1971), em virtude do deslocamento do sol, “balizados pelos trópicos”, resulta a permanência do Sol durante 6 meses no hemisfério Sul (23 de setembro a 21 de março) e apresenta na Região Sul o verão como uma estação quente e o mês de janeiro sendo o “mais representativo”.

Especificando as estações, Nimer (1971) diz que “na Região Sul do Brasil, o verão, além de possuir dias mais longos do que os verificados no Brasil equatorial e tropical, a inclinação dos raios solares, nesta época, é muito pequena: em dezembro e janeiro o Sol incide sobre o Rio Grande do Sul com inclinação semelhante, ou menos, do que sobre o Equador”.

Decorrente disso, Nimer (1971) discute que “é comum a ocorrência de forte calor no Sul do Brasil durante o verão” que é influenciada pelas “superfícies elevadas do Planalto Meridional” e evidenciando o papel do relevo no “controle da distribuição geográfica da temperatura durante o verão”.

Já no inverno, Nimer (1971) a caracteriza como “uma estação fria e julho é seu mês mais representativo” na Região Sul por causa da incidência dos raios solares a medida que nos afastamos

do equador. Transformando a zona temperada em “uma zona com o inverno acentuado”. Nos meses de junho e julho, o caráter acentuado do inverno deve-se porque “estes meses são os mais representativos do solstício de inverno [...] pelo considerável aumento da duração das noites em detrimento das horas de radiação diurna e pela maior inclinação dos raios solares” e pela “maior precipitação da circulação atmosférica de origem circumpolar” (NIMER, 1971, 39).

Situação geográfica

Nesse segundo tópico, vamos buscar pontuar os fatores que organizam os elementos do clima, como o relevo, proximidade com o ar, massas de ar e a interação com chuvas, por exemplo. Com isso começamos relacionando a pressão atmosférica e a atuação dos ventos, onde Alice Grimm diz que “[...] a principal influência sobre os ventos de superfície na região Sul do Brasil é o sistema de alta pressão do Atlântico Sul” (GRIMM, 2009, p. 263), ocorrendo em todas as estações do ano. Como fator geográfico do clima, a penetração do vento é influenciada pelo formato do continente.

Segundo Reboita et al (2012) “[...] a região sul do Brasil tem precipitação bem distribuída ao longo do ano” e Nimer (1971) explica que isso depende da intensidade da “estrutura da frente polar, do índice de umidade absoluta contida na massa de ar tropical no momento que precede a chegada” do anticiclone que gera uma descontinuidade e também “a velocidade desta frente” polar.

Tratando os principais mecanismos de precipitações, Grimm (2009, p. 270) relata que “o regime de chuvas de verão associados de monção sul-americana é visível no norte da região” do sul do Brasil e que no Paraná, na costa leste da região Sul “há significativa contribuição do efeito orográfico para a precipitação”, onde “os ventos em superfície tendem a divergir da alta subtropical do Atlântico e dirigir-se perpendicularmente à costa” ocasionado uma ascensão íngreme imposta pela Serra do Mar.

No Paraná segundo Nimer (1971, p. 22)

[...] o máximo pluviométrico se dá no verão e o mínimo ocorre em fins de outono ou no inverno e o trimestre mais chuvoso, é na maioria das vezes, representado por novembro-dezembro-janeiro na metade oeste deste Estado e por dezembro-janeiro-fevereiro na metade leste, enquanto os três meses menos chuvosos são em sua maioria, de inverno e secundariamente de outono.

Assim, a máxima do verão “decorre da conjugação de dois fatores dinâmicos” (NIMER, 1971, p. 22): a ocorrência de chuvas de convergência que são carregadas pelas correntes perturbadas de oeste, representadas pelas chuvas de verão que é muito comum nesta época do ano e a frequência da frente polar motivada pela frequência da semi-estacionamento sobre o Paraná nessa época.

Nessa perspectiva entre período chuvoso e seco, Nimer (1971) diz que “a incidência de um período seco durante o ano atinge tão somente uma diminuta área do noroeste paranaense” e a

seca dessa área é verificada com uma certa regularidade no inverno com uma duração média de um a dois meses.

Nimer (1971) define essa incidência decorrente da “vinculação desta área ao clima tropical semiúmido do Brasil central, cujo regime anual de chuvas se caracteriza sobretudo por possuir, no verão, uma acentuada concentração de chuvas de instabilidade tropicais” das correntes perturbadas de oeste vindas do interior do continente, enquanto “o inverno é fortemente marcada pela seca”. Mas mesmo assim, a estação seca no noroeste paranaense é muito curta e de pouca intensidade, porque a “ausência de chuvas de verão no inverno é parcialmente compensada pelas sucessivas invasões de correntes perturbadas” do Sul.

Contextualizando isso no Paraná ainda em Nimer (1971), temos que do nordeste ao oeste do Paraná, encontramos uma zona de transição “entre o regime de chuva de duas estações bem definidas, com máximo no verão e seca no inverno do Brasil tropical e o regime de chuvas bem distribuídas” que é característico do Brasil temperado e nessa área “o decréscimo de precipitação no inverno, embora seja bem marcante, não chega a caracterizar uma estação seca”.

Todo esse estudo de precipitação foi baseado por Nimer (1971, p. 25) no aspecto que

[...] o clima de toda e qualquer região situada nas mais diversas latitudes do globo jamais apresenta as mesmas condições em cada ano. Refletindo a variabilidade que está sujeito o mecanismo atmosférico, seu principal fator genético, os elementos constituintes do clima são também irregulares, estando, por isso, sujeito às mesmas variabilidades ou desvios de um ano para o outro.

Conforme esses aspectos, Nimer (1971) continua a falar que a região Sul do Brasil é “privilegiada no que diz respeito aos totais anuais de chuva e ao regime de distribuição ao longo do ano” e é também “uma das mais favorecidas quanto à variabilidade ou regularidade dos seus totais anuais e estacionais”, mesmo que a Região Sul seja caracterizada por “possuir baixos índices de variabilidade pluviométrica”, isto não significa que essa situação é constante “no clima regional do Sul do Brasil” mas sim “uma situação de maior frequência”.

Assim, Nimer (1971) conta que “os anos de fortes desvios positivos constituem os chamados, pela população regional, anos de muita chuva. Nestes, igualmente, toda ou quase toda Região é submetida a desvios positivos”, tratando-se de anos que caracterizam-se “por um número maior de invasões de frente polar nos três Estados que compõem a Região Sul, em todas ou quase todas estações do ano”, mas Nimer (1971, p. 28) continua a dizer que

[...] mesmo que tais invasões apresentem uma frequência maior que a normal durante o outono, inverno e primavera e uma frequência menor durante o verão, se nesta estação a frente polar se estacionar com muita frequência sobre a Região, esta situação

proporcionará chuvas mais intensas, cujos totais acumulados compensarão o menor número de invasões de frente polar.

Determinando esses acontecimentos, Nimer (1971) explica que essa situação é muito comum, principalmente no Paraná. Dessa forma, o Estado do Paraná possui “outras reservas de tempo instável, uma vez que a situação de menor frequência da frente polar durante o verão está quase sempre relacionada com uma maior frequência de invasão de correntes perturbadas de W, nesses mesmos verões”.

Desta maneira, Nimer (1971) define que os anos com fortes desvios negativos são os anos secos. E nesses anos, grande parte da Região é submetida a desvios negativos. Conseqüentemente, tratando do noroeste do Paraná, onde “normalmente existe um mês seco nestes anos, a estação seca costuma ficar fortemente marcada ano inverno, extravasando para o outono e primavera”. Assim, são definidos como uma “secura pouca intensa” justamente pela “emissão da frente polar (correntes perturbadas de S)” que raramente ficam ausentes “por mais de 15 dias no extremo norte da Região”, e “já os problemas causados pelos fortes desvios negativos”, o período e seca, “embora sem violência aparente, criam conseqüências bem mais graves à economia pelos seus caracteres: lento, contínuo, duradouro e geral numa região cuja economia rural não está preparada” tecnicamente e estruturalmente para tais ocorrências.

Contextualizando o tipo climático do estado do Paraná para encerrar esse tópico, o Paraná é definido segundo Nimer (1971) num clima super úmido, sem a ocorrência de um mês seco, normalmente. A caracterização desse tipo climático é atrelado aos elevados totais pluviométricos em cada mês e a nítida frequência de dias de chuvas em todos os meses, decorrente da “regularidade semanal de invasão de correntes perturbadas” de Sul.

Posição geográfica

Nessa parte, no terceiro tópico, explicaremos alguns sistemas atmosféricos que atuam na Região Sul do Brasil, sendo assim, começamos usando o trabalho de Reboita et al (2012, p. 44) que citam que os sistemas atmosféricos mais influentes na região são “os sistemas frontais, os ciclones, os CCM, as linhas de instabilidade, os sistemas convectivos alongados persistentes, os VCANs e as circulações de brisa”.

Continuamos nos aproveitando dos conhecimentos de Reboita et al (2012) que mostra a atuação dos ciclones na região sul que é “frequentemente afetada por estes sistemas que causam ventos fortes, precipitação e redução de temperatura” e que em um único dia pode causar chuva acima da média esperada durante um mês inteiro.

Não só isso, a Região Sul do Brasil também sofre influencia de maneira indireta da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (KOUSKY, 1988, KODAMA, 1992, QUADROS, 1994,

NOGUÉS-PEAGLE E MO, 1997; FERRAZ, 2004; CARVALHO et al., 2004). Tratado de modo que Reboita et al (2012) fala que “apesar deste sistema atuar climatologicamente sobre o sudeste do Brasil, pode induzir movimentos descendentes intensos no sul do Brasil (CASARIN; KOUSKY, 1986), inibindo a formação de nuvens e precipitação”. Na circulação atmosférica, a ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) pode influenciar a precipitação no norte da região sul do Brasil, variando de acordo com seus deslocamentos latitudinais.

Envolvendo os tipos climáticos e os sistemas atmosféricos apresentados pelos autores nesse trabalho, construímos uma tabela para que possa facilitar a compreensão sobre os fatores e proporcione uma interpretação visual para o leitor. Após isso, passaremos para a segunda parte que é responder quais são os principais impactos do El-Niño-Oscilação Sul (ENOS) no clima do Paraná.

Quais são os principais impactos do El-Niño-Oscilação Sul (ENOS) no clima do Paraná?

Caracterizamos o significado do fenômeno El Niño – Oscilação do Sul (ENOS), na constituição de seus dois componentes “um de natureza oceânica, El Niño, e outro de natureza atmosférica, Oscilação do Sul” (GUERRA, 2006, p. 51). O comportamento desse fenômeno altera a variabilidade da temperatura do ar e da precipitação pluvial já que influencia a circulação atmosférica. (BERLATO; FONTANA, 1997).

O Estado do Paraná tem seu clima definido pelo princípio de Köppen que trabalha com a ação ligada a precipitação e temperatura. Conforme o IAPAR (2000), o clima do estado paranaense é classificado em:

- Cfa: clima subtropical; temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida;

- Cfb: clima temperado propriamente dito; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C (mesotérmico), com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C e sem estação seca definida.

Assim, visualizando o Paraná no contexto da Região Sul do Brasil no que refere-se a precipitação, temos que, “a fase fria (La Niña) determina a ocorrência de precipitação abaixo do normal e a fase quente (El Niño) precipitações acima do normal” (GUERRA, 2006, p. 52).

Tabela 1: Tipos climáticos e os sistemas atmosféricos e seus respectivos autores.

	Tipos climáticos	Sistemas atmosféricos
Alice Grimm		Advecção do ar quente do norte Alta subtropical do Atlântico Sul Circulação anticiclônica Confluência da Corrente das Malvinas (CBM) Corrente marítima quente do Brasil El Niño e La Niña Sistema de alta pressão do Atlântico Sul Sistema de baixa pressão intervalado no noroeste da Argentina, Paraguai e sul da Bolívia ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul)
Edmon Nimer	Brasil equatorial e tropical Mesotérmico temperado Tropical e semiúmido do Brasil central	Anticiclone do Atlântico Sul Baixa do Mar de Weddel Circulação das correntes perturbadas de Sul e Oeste Frente polar Semi estacionamento
Reboita et al		Barlavento e Sotavento Brisa marítima e brisa terrestre CCM (Complexo Conectivo de Mesoescala) Célula de Hadley Ciclones Circulações de brisa Força de Coriolis Frente polar Linhas de instabilidade Sistemas convectivos alongados persistentes Sistemas frontais VCANs (Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis) Ventos alíseos ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) ZCIT (Zona de Convergência Intertropical)

Fonte: Rafael Pietroski Galvão, 2018.

Contextualizando o Estado do Paraná, percebe-se que “na região sul do Estado, o fenômeno ENOS tem uma interferência um pouco mais acentuada que na região norte” (GUERRA, 2006, p. 72). Por isso relacionamos os maiores valores de precipitação a fatores orográficos e também da influência da maritimidade, que no caso da região Sul deve-se a Serra do Mar e a leste é consequente da maritimidade que influencia na precipitação pluviométrica no leste paranaense.

Feito isso, reforçamos que não devemos analisar o evento ENOS isoladamente, já que os diversos fatores climáticos, como o próprio aquecimento das águas do Atlântico interferem no clima do Estado do Paraná, evidenciando que esses fatores não atuam separadamente, mas sim em conjunto e seguindo a dinâmica da atmosfera.

Caracterização da variabilidade pluviométrica no município de Curitiba

A variação das precipitações em Curitiba juntamente como é que acontece o regime pluviométrico, é apresentado pela Figura 1. Para isso, recorremos à técnica de classificação dos períodos-padrão segundo Sant’Anna Netto (1990) pela variação em torno da média do período entre 1947 a 2011 e também a medida do valor dos totais pluviométricos conforme as 7 classes de legenda que são identificadas como: extremamente seco, seco, tendente a seco, habitual, tendente a chuvoso, chuvoso e extremamente chuvoso.

E é de acordo com Danni-Oliveira (1999) e Mendonça (2001) que

[...] com relação à precipitação, Curitiba caracterizasse por apresentar chuvas bem distribuídas durante todos os meses do ano, embora o verão apresente maior concentração, principalmente nos meses de janeiro e fevereiro. A instabilidade adquirida na massa de ar TA (Tropical Atlântica) e seus confrontos com a PA (Polar Atlântica), bem como a atuação da Ec (Equatorial Continental), respondem pelos valores mais elevados de precipitação durante esse período do ano. Já o inverno, um pouco menos chuvoso, apresenta maior estabilidade do ar, dada principalmente pela participação da Massa Polar Atlântica, tendo-se o mês de agosto como o mais seco.

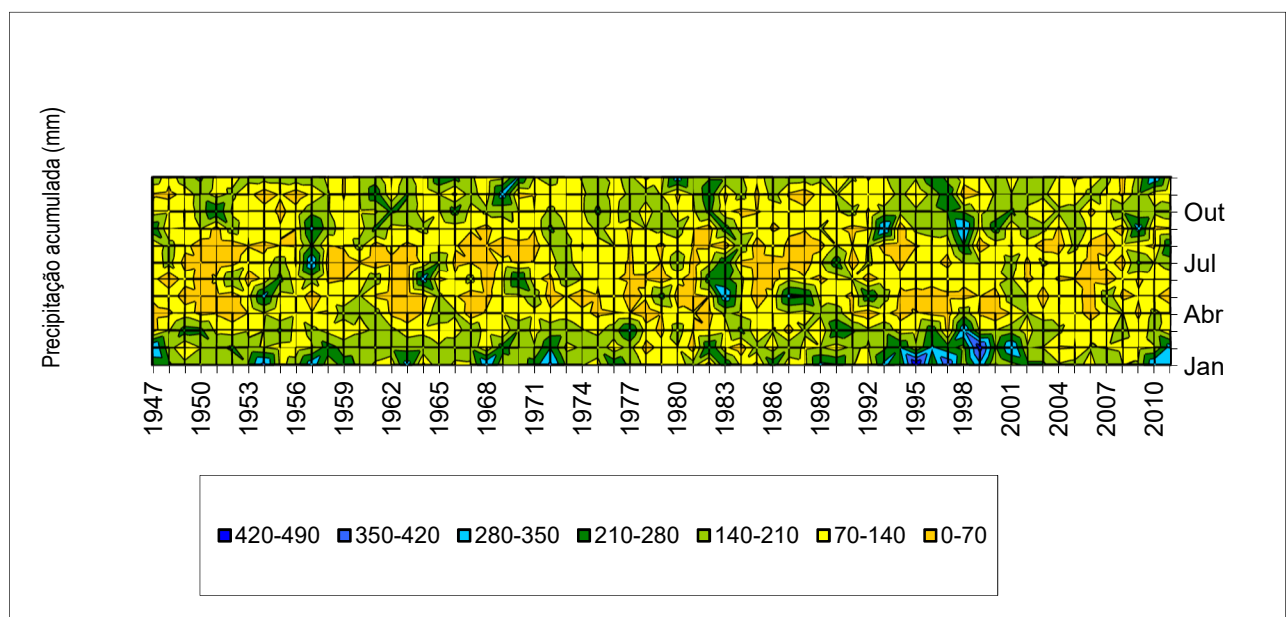
Pelo exposto na Figura 1 pode-se constatar que os primeiros trimestre dos anos, durante os 64 anos analisados, ocorreu uma variação entre os anos chuvosos até os anos secos, raros foram os anos classificados como extremos. Apesar disso, no período de 1973 até 1993 durante os três primeiros meses do ano, Curitiba teve uma classificação que não passou dos 280 milímetros acumulados.

Verificando agora os segundos trimestres do período analisado, a predominância se deu pelas classificações secas e extremamente secas. Apenas nos anos de 1953, 1964, 1982, 1983 que foram considerados como chuvosos ou extremamente chuvosos.

No terceiro trimestre dos anos, de julho a setembro, a classificação fica muito semelhante aos segundo trimestres, sendo eles com precipitações que não passaram de 350 milímetros, com exceção do ano de 2008 e 2009 que teve o mês setembro classificado como chuvoso.

Partindo para o quarto semestre, de outubro a dezembro, é de se verificar que há uma grande variação quanto às classificações, não persistindo a mesma nem sequer durante cinco anos seguidos. É dessa maneira que ocorreram as precipitações, contando com uma menor expressão dos meses chuvosos. Vale ressaltar que nesse período nenhum ano foi considerado extremamente chuvoso, com precipitações de 420 a 490 milímetros.

Figura 2 - Variação mensal das precipitações em Curitiba/PR - 1947 a 2011



Fonte: os Autores, 2018.

Para a Figura 3, nos desvios relativos, temos as mesmas classificações de classes apresentadas nas legendas só que com limites diferentes. Nessa direção, as séries equivalentes de 1 a 12 são os respectivos meses, sendo a série 1 o primeiro trimestre, a série 4 o segundo trimestre, a série 7 o terceiro semestre e a série 10 o quarto trimestre.

Verificando os cinco primeiros anos, 1947 a 1952, vê-se que ocorreu uma maior concentração de valores negativos entre o segundo e o terceiro trimestre dos anos. Em sequência, nos anos de 1953 até 1958, encontramos uma mudança no segundo e terceiro trimestre, que apresenta valores altos de precipitação, em sua maioria como anos extremamente chuvosos, entre a casa dos 220 e 275 milímetros acumulados.

Parando para analisar o primeiro trimestre, a maioria dos anos contabilizaram valores negativos, sendo extremamente secos ou secos, com uma única exceção do ano de 1995 e 1999

que foram somaram valores positivos de 110 a 165 milímetros. O mesmo se repete para o último trimestre, apresentando-se como um padrão para esses anos, dessa vez com exceção do ano de 1968.

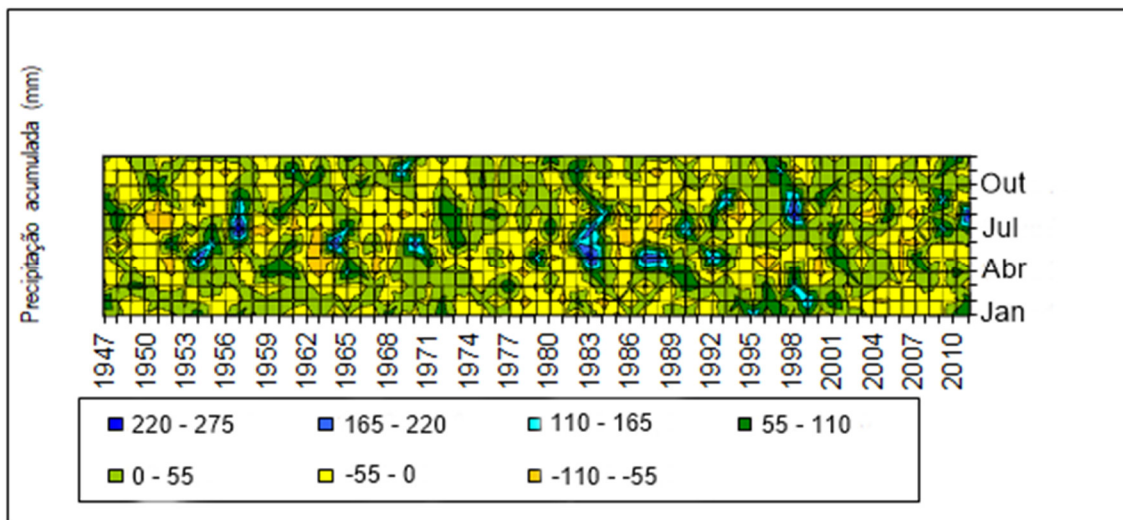
Com enfoque no ano de 2011, no último semestre e especificamente no mês de Outubro, a Defesa Civil do Paraná registrou alagamentos na cidade de Curitiba, afetando mais de 46 pessoas. Tal desastre é relacionado com a classificação do ano e mês como extremamente chuvoso, chegando a alcançar os 275 milímetros de precipitação acumulada.

Os alagamentos, como nos afirma Brasil (2003)

[...] são águas acumuladas no leito das ruas e nos perímetros urbanos por fortes precipitações pluviométricas, em cidades com sistemas de drenagem deficientes. Nos alagamentos o extravasamento das águas depende muito mais de uma drenagem deficiente, que dificulta a vazão das águas acumuladas, do que das precipitações locais.

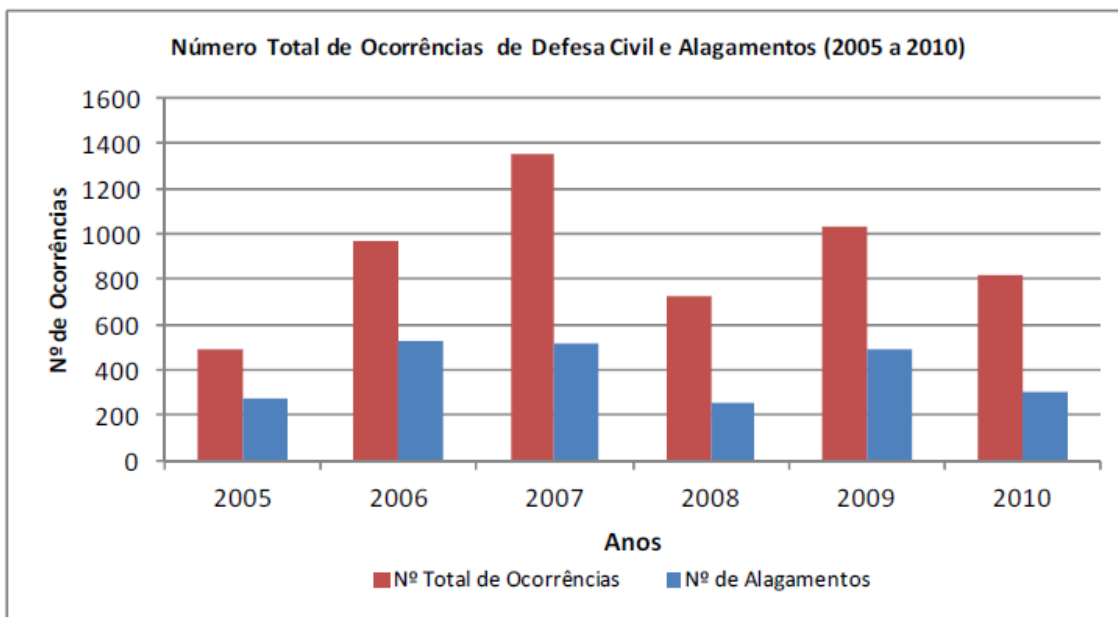
Conforme Lohmann (2011, p. 137) os “alagamentos de certa forma acompanham o processo de expansão urbana de Curitiba, ou seja, têm aumentado concomitantemente com a incorporação de novos espaços ocupados, sobretudo em áreas consideradas de risco”.

Figura 3 – Variabilidade pluviométrica em Curitiba/PR - 1947 a 2011 (desvios relativos)



Fonte: os Autores, 2018.

Lohmann (2011) ressalta ainda os números totais de ocorrências de alagamentos registrados pela Defesa Civil num período de cinco anos, de 2005 a 2010, conforme a figura e tabela abaixo.

Figura 4 - Número total de ocorrências de Defesa Civil e número de alagamentos registrados em Curitiba entre 2005 e 2010

Fonte: LOHMANN, 2011.

Tabela 2 - Número total de ocorrências de Defesa Civil e alagamentos registrados em Curitiba entre 2005 e 2010

Ano	Nº de ocorrências	Nº de alagamentos	Porcentagem de Alagamentos em Relação ao Total de Ocorrências
2005	493	277	56,19%
2006	964	522	54,15%
2007	1347	514	38,16%
2008	719	251	34,91%
2009	1033	492	47,63%
2010	821	297	36,18%
Média	896	392	44,53%

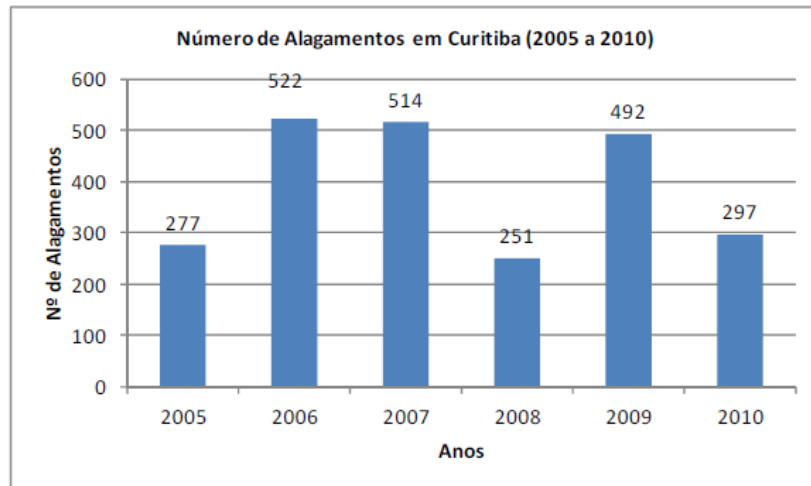
Fonte: LOHMANN, 2011.

Tanto a figura quanto a tabela segundo Lohmann (2011) mostram o número total de ocorrências registradas pela Defesa Civil, seja “queda de árvores, incêndios, deslizamentos, erosão entre outras” e contabilizam “para o período analisado, em média, 44,5%” de alagamentos.

A próxima figura mostra o número total de alagamentos no período entre 2005 e 2010 na cidade de Curitiba, com o ano de 2006 registrando o maior número de ocorrências com 522. Apesar

disso, como é possível verificar pelo exemplo da tabela 2, a média do número de ocorrências de alagamentos é de 44,53%.

Figura 5 - Número total de alagamentos registrados em Curitiba entre os anos de 2005 e 2010



Fonte: LOHMANN, 2011.

Indo além disso, Lohmann (2011, p. 139) buscou “especializar a ocorrência de alagamentos” registrados pela Defesa Civil na cidade Curitiba durante os anos de 2005 a 2010, mostrando a nos a importância de expô-los visualmente, como é mostrado na figura 6. De maneira geral, este trabalho sobre a gênese das chuvas e alagamentos em Curitiba reconhece as contribuições de Lohmann (2011), Goudard e Mendonça (2017) e os demais autores sobre o tema.

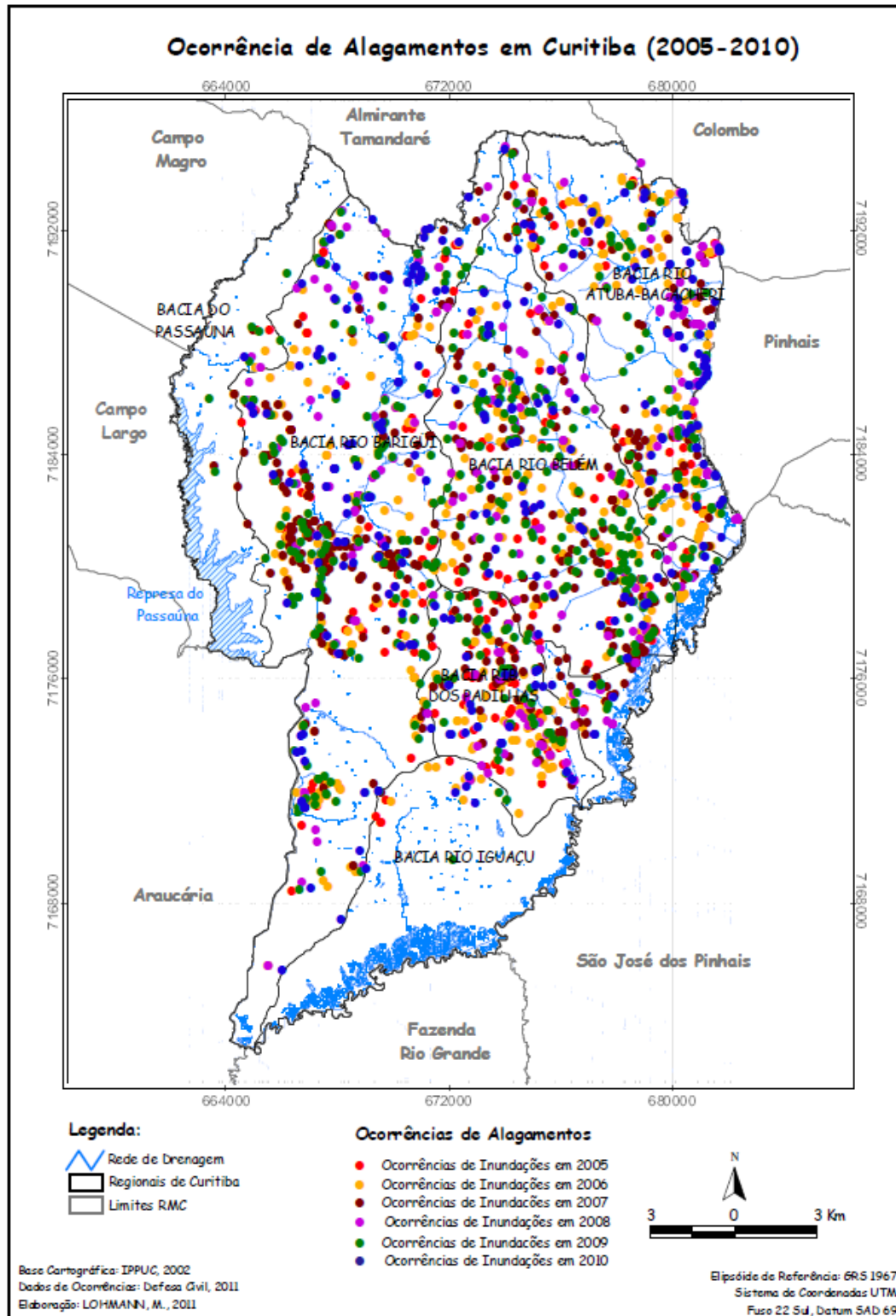
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, o estudo da origem das chuvas nos permitiu enxergar os fenômenos climáticos na escala regional com a atuação do El Niño e dos Sistemas Frontais e a ocorrência de alagamentos no município de Curitiba. Até este ponto, o regime pluviométrico do município está fortemente ligado a sua orografia, levando em conta que a cidade encontra-se entre a Serra do Mar e a Escarpa Devoniana, transformando o relevo em uma barreira natural que barra a umidade causadora de chuvas, advinda da Massa Tropical Atlântica (MTA).

É, pois, aí que se encontra a forma marcante dos episódios de eventos extremos como apresentados nos fenômenos de alagamentos e sua relação com a expansão urbana do Município. Cabe então a nós analisarmos esse fato com o objetivo de propor medidas de planejamento para

amenizarmos os impactos causados, como os quais foram registrados pelo Sistema de Defesa Civil de Curitiba.

Figura 6 - Espacialização de todas as ocorrências de alagamentos registradas em Curitiba entre os anos de 2005 e 2010



Fonte: LOHMANN, 2011.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Manual de Desastres – Volume I – Desastres Naturais**. Ministério da Integração Nacional. 2003.

DANNI-OLIVEIRA, I.M. **A cidade de Curitiba/PR e a poluição do ar. Implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno**. São Paulo, 330p. Tese (Doutorado) USP, 1999.

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

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F. A. **Eventos pluviais extremos em Curitiba (Paraná): entre antigos problemas e novos desafios**. I Congresso Nacional de Geografia Física. Campinas, 2017, p. 1919-1930.

GOUDARD, G.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. A. Variabilidade Pluvial e Eventos Extremos em Curitiba (PR). **Revista Equador**, v. 04, p. 1096-1104, 2015.

GRIMM, A. M. Clima da região do Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009, p. 260 -275.

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

MENDONÇA, F.A. **Clima e criminalidade – ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana**. Curitiba: Ed. UFPR, 2001.

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

MOLION, L C. B. **Aquecimento global: uma visão crítica**. In: Revista brasileira de climatologia, v.3/4, ago/2008a, p. 7-24.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. In: MONTEIRO, C. A. F. MENDONÇA, F (Orgs). **Clima Urbano**. São Paulo. Contexto. 2003, p. 9 – 68.

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

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1989.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Clima e Organização do Espaço**. Boletim de Geografia, Maringá, v. 16, p. 119-131, 1998.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Escalas geográficas do clima**. Texto fornecido nas discussões em sala de aula. 2011, p 1-16

SISDC - Sistema de Defesa Civil. Disponível em: <http://www4.pr.gov.br/sdc/publico/relatorios/ocorrencias_geral.jsp>. Acesso em: 31 jan. 2018.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista.** Dissertação de mestrado. USP. São Paulo, 1990.