



**Escola Nacional
de Saúde Pública**

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Eventos meteorológicos extremos e adversos: avaliação dos
impactes nos indicadores de saúde nos Estados de Santa
Catarina e Pernambuco - Brasil**

Doutoramento em Saúde Pública
Especialidade de Promoção da Saúde

WOLMIR ERCIDES PÉRES

SETEMBRO DE 2020



**Escola Nacional
de Saúde Pública**

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Eventos meteorológicos extremos e adversos: avaliação dos
impactes nos indicadores de saúde nos Estados de Santa
Catarina e Pernambuco – Brasil**

Tese apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Saúde Pública na especialidade Promoção da Saúde, realizada sob orientação científica do Prof. Doutor Baltazar Nunes e Profa. Doutora Ana Cristina Machado Russo

SETEMBRO DE 2020

“Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ontem e o outro se chama amanhã, portanto hoje é o dia certo para amar, acreditar, fazer e principalmente viver.”

Dalai Lama

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar

“Determinação, coragem e autoconfiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação, conseguiremos superá-los. Independentemente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.”

Dalai Lama

AGRADECIMENTOS

A realização desta tese só foi possível através do processo de desconstrução de certezas e a agregação de novos saberes, para possibilitar o meu crescimento individual e profissional, tornando-me este ser remodelado que passou pela abdicação de momentos de convívio e sofrimento, se tornou mais forte em suas convicções de forma humilde e sincera. Posso aqui correr na injustiça de não mencionar a todos, venho agradecer aqueles que deste processo participaram e possibilitaram a chegada a deste momento, não final, mas de início de uma nova fase, pelo qual quero deixar os meus expressos agradecimentos:

Aos Professores Baltazar Nunes e Ana Russo, orientadores científicos desta Tese por todos os ensinamentos, incentivo e disponibilidade ao longo destes anos, e pela compreensão nos momentos de ausência.

À Profa. Dra. Carla Nunes, por compartilhar os momentos de angústia e por ofertar a palavra que muitas vezes serviram de norte na tomada de decisões e de acalento às ansiedades, e por fazer parte de minha comissão de acompanhamento.

À Andreia Ribeiro, no auxílio das dificuldades e pela disponibilidade e paciência disponibilizadas nos momentos de compreensão de minha análise estatística.

À Msc, Mirna Oliveira, pela parceria e cumplicidade e pelo tempo dedicado.

À minha família; Geandry (esposa) e Heitor (filho), com os quais também compartilho esta conquista, pela compreensão de minhas ausências durante esse processo. Aos meus familiares por compreenderem que a distância gera desconforto, mas que para o crescimento profissional e individual muitas vezes temos que transpor oceanos.

Aos amigos, que nunca deixaram de ser amigos, e que mesmo distante cultivaram e regaram com paciência uma das coisas que considero mais preciosas de nossas vidas, a amizade.

À Universidade de Pernambuco, que com a liberação me fez expandir meus horizontes profissionais através da agregação de novas competências e conhecimentos.

A todos o meu sincero obrigado, sem a vossa ajuda, este caminho não teria sido possível.

RESUMO

Nas últimas décadas muito se tem falado sobre as alterações climáticas e a ocorrência de eventos naturais extremos, sendo que seus impactos são analisados de forma preocupante, nomeadamente na saúde das populações.

A presente investigação pretende contribuir para a discussão acerca dos impactos dos Eventos Meteorológicos Extremos na saúde humana. Como tal, o objetivo primordial foi identificar e estimar quais são os impactos da ocorrência de Eventos Meteorológicos Extremos nos indicadores de saúde nos Estados de Santa Catarina e de Pernambuco/Brasil no período de 2005 a 2014. Para tanto, foram realizados dois estudos, um sobre os impactos dos eventos hidrológicos nas internações por leptospirose e o outro sobre a influência dos extremos de temperatura na mortalidade.

O primeiro estudo teve como objetivo identificar a associação entre as taxas de hospitalização por Leptospirose e a ocorrência de eventos hidrológicos extremos no Estado de Santa Catarina (Brasil) entre os anos de 2005 e 2014. A associação entre hospitalizações por Leptospirose e a ocorrência de alagamentos, inundações rápidas e eventos de inundação foram medidos pelo coeficiente de correlação bivariada de Spearman. As inundações repentinas corresponderam a 92,6% do total de eventos hidrológicos. As macrorregiões costeiras apresentaram maiores taxas de admissão hospitalar por Leptospirose do que as do interior. A taxa de internamento por Leptospirose apresentou um padrão sazonal, com picos nos meses de verão. Foram identificadas correlações positivas e significativas ao nível mensal e anual para algumas das macrorregiões analisadas, com maiores valores de correlação na região costeira. Os resultados obtidos sugerem a influência da ocorrência de eventos hidrometeorológicos extremos na variabilidade da taxa de hospitalizações por Leptospirose no Estado de Santa Catarina, com diferenças significativas encontradas para as regiões costeira e interior.

O segundo estudo teve como objetivo identificar se a temperatura do ar, e os extremos de frio e calor, tem impactos sobre a mortalidade e as morbidades, exacerbadas pela incapacidade dos serviços de saúde e das respostas de proteção, particularmente nos países subdesenvolvidos. No âmbito deste estudo foi analisado o efeito da temperatura do ar no risco de morte para todas as causas e causas específicas em duas regiões do Brasil (Florianópolis e Recife), entre 2005 e 2014. A associação entre temperatura e mortalidade foi realizada através da adaptação de um modelo distribuído de atraso não linear *distrubuted-lag non linear model* de quasi-Poisson. A associação entre

temperatura do ar e mortalidade foi identificada em ambas as regiões. Os resultados mostraram que a temperatura exerce influência tanto nos indicadores gerais de mortalidade quanto nas causas específicas, com temperaturas quentes e frias trazendo impactos diferentes para as regiões estudadas. Os óbitos por doenças cerebrovasculares e cardiovasculares apresentam valores mais elevados no caso das temperaturas baixas tanto em Florianópolis como em Recife.

Com base na aplicação de uma metodologia inovadora e muito bem documentada, foi possível concluir no segundo estudo que existem evidências de que a temperatura extrema do ar influencia as mortes gerais e específicas, destacando a importância de consolidar evidências e pesquisas em países tropicais como o Brasil, como uma forma de entender as mudanças climáticas e seus impactos nos indicadores de saúde.

Os eventos meteorológicos extremos começam a ser percebidos como causas de potenciais distúrbios na saúde. A construção de indicadores que mostrem os impactos desses eventos sobre a saúde humana se torna necessários no planejamento em saúde, principalmente em países em desenvolvimento ou tropicais/subtropicais

No campo da promoção da saúde, esta investigação mostra que ações de mitigação destes impactos na saúde são necessárias, pois as mudanças climáticas e o aumento da ocorrência de eventos meteorológicos extremos expõem grupos populacionais vulneráveis. A construção de evidências pode subsidiar a elaboração de políticas públicas e contribuir para formulação de medidas de empoderamento individual e coletivas.

Palavras-chave: Saúde Pública; Extremos Meteorológicos; Leptospirose; Extremos de Temperatura; Indicadores de Saúde; Mortalidade; Promoção da Saúde

ABSTRACT

In the last decades much has been said about climate change and the occurrence of extreme natural events, and its impacts are analyzed in a worrying way, namely in the health of the populations. This research aims to contribute to the discussion about the impacts of Extreme Meteorological Events on human health. As such, the primary objective was to identify and estimate the impacts of extreme weather events on health indicators in the states of Santa Catarina and Pernambuco / Brazil from 2005 to 2014. To achieve this objective, two studies were carried out, one on the impacts of Hydrological events on hospitalizations for leptospirosis, and the other on the influence of temperature extremes on mortality.

The first study aimed to identify and measure the association between hospitalization rates for *Leptospirosis* and the occurrence of extreme hydrological events in the state of Santa Catarina (Brazil) between 2005 and 2014. The association between hospitalizations for *Leptospirosis* and the occurrence floods, flash floods and flooding events were measured by the Spearman bivariate correlation coefficient. Flash floods accounted for 92.6% of total hydrological events. Coastal regions had higher admission rates than inland. *Leptospirosis* showed a seasonal pattern, peaking in the summer months. Positive and significant correlations for monthly and annual analyses were identified for some of the analysed macroregions, with higher correlation values in the coastal region. Current results suggest the influence of extreme hydrometeorological events on the variability of the rate of hospitalization for leptospirosis in the state of Santa Catarina, with significant differences found for coastal and inland regions.

The main purpose of the second study was to identify whether cold or hot air temperatures have an impact on mortality and morbidity, which can be exacerbated by health services' disability and protective responses, particularly in underdeveloped countries. This study proposes to analyse the effects of air temperature on the risk of death for all and specific causes in two regions of Brazil (Florianópolis and Recife), between 2005 and 2014. The association between temperature and mortality was performed by adapting a distributed-lag nonlinear quasi-Poisson delay model, leading to the identification of an association between air temperature and mortality in both regions. The results showed that temperature influences both general and specific causes of mortality indicators, with hot and cold temperatures bringing different impacts to the studied regions. Cerebrovascular and cardiovascular deaths presented higher values when low temperatures were present, both for Florianópolis and Recife.

Based on the application of an innovative and well-documented methodology, it was possible to conclude from the second study that there is evidence that extreme air temperature influences general and specific deaths, highlighting the importance of consolidating evidence and research in tropical countries such as Brazil as a way of understanding climate change and its impacts on indicators of health indicators.

Therefore, extreme weather events are beginning to be perceived as causes of potential health disorders. The construction of indicators that show the impact of these events on human health becomes necessary in health planning, especially in developing or tropical / subtropical countries. In the field of health promotion, this research shows that mitigating actions of these health impacts are necessary, as climate change and increased occurrence of extreme meteorological events expose vulnerable population groups. Evidence building can support the development of public policies and contribute to the formulation of individual and collective empowerment measures.

Keywords: Public Health; Meteorological Extremes; Leptospirosis; Temperature Extremes; Health Indicators; Mortality; Health Promotion

ÍNDICE

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
ÍNDICE DE TABELAS	xix
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	9
2.1 Saúde e clima	9
2.2 Determinantes sociais da saúde e efeitos do clima na saúde.....	11
2.3 Eventos hidrológicos	13
2.4 Leptospirose e eventos hidrológicos extremos	14
2.5 Extremos de temperatura.....	14
2.5.1 Vagas de frio.....	15
2.5.2 Ondas de calor.....	16
2.6 Mortalidade geral e específica associadas à ocorrência de extremos de temperatura.....	17
3. OBJETIVOS.....	19
3.1 Objectivo Geral e Questões de investigação	19
3.2 Objectivos específicos	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Estudo 1 - Impactes dos eventos hidrológicos extremos nas internações hospitalares por Leptospirose no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014.....	21
4.1.1 Desenho do estudo.....	21

4.1.2 Área de estudo	21
4.1.3. Dados de internamentos.....	23
4.1.4 Dados meteorológicos	23
4.1.5 Análise dos dados.....	24
4.1.6 Variáveis do estudo	25
4.2 Estudo 2 - Impactes das temperaturas extremas no risco de morte por todas as causas e causas específicas, nas regiões de saúde de Florianópolis/SC e Recife/PE, Brasil.....	25
4.2.1 Desenho do estudo.....	25
4.2.2 Área de estudo	26
4.2.3. Dados de mortalidade por todas as causas e por causas específicas	26
4.2.4 Dados meteorológicos	27
4.2.5 Análise dos dados.....	27
4.2.6 Variáveis do estudo	29
4.3 Questões éticas dos estudos	29
5. RESULTADOS.....	31
5.1 Resultados Estudo 1: Impactes dos Eventos Hidrológicos Extremos nas Internações Hospitalares por Leptospirose no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014.....	31
5.1.1 Análise Descritiva	31
5.1.1.1 - Internamentos hospitalares por Leptospirose.....	31
5.1.1.2 - Eventos Hidrológicos Extremos.....	37
5.1.1.3 - Precipitação.....	39
5.1.2 Análise de Correlação.....	40
5.2 Resultado Estudo 2: Impactes das temperaturas extremas no risco de morte por todas as causas e causas específicas nas regiões de Saúde de Florianópolis/SC E Recife/PE, Brasil.....	44

5.2.1 Análise Descritiva	44
5.2.1.1 - Perfil dos óbitos na Região de Saúde de Florianópolis	44
5.2.1.2 - Perfil dos óbitos na Região de Saúde do Recife	45
5.2.2.3 - Temperatura nas Regiões de Saúde de Florianópolis e Recife	46
5.2.3 Análise da associação entre temperatura média do ar e mortalidade diária	48
5.2.3.1 - Região de Saúde de Florianópolis	48
5.2.3.2 - Região de Saúde de Recife.....	49
6. <i>DISCUSSÃO</i>	53
6.1 Discussão dos resultados (Estudo 1).....	53
6.2. Discussão dos resultados (Estudo 2).....	55
6.2.1 Mortalidade entre 2005 e 2014	55
6.2.2 Associação entre extremos de temperatura e mortalidade.....	56
7. <i>CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES</i>	61
7.1 Conclusões e considerações	61
7.2 Consequências dos resultados para a prática da promoção da saúde e prevenção da doença.....	64
7.3 Perspectivas futuras de investigação.....	66
<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	67
<i>ANEXOS</i>	89
Anexo 1 – Artigo Publicado - The Association between Hydro-Meteorological Events and Leptospirosis Hospitalizations in Santa Catarina, Brazil	90
Anexo 2 – Artigo Publicado - The association between air temperature and mortality in two Brazilian health regions.....	103
Anexo 3 – Parecer consubstanciado do CEP	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Eventos Meteorológicos associados a mudança de comportamento de determinadas doenças.....	10
Figura 2: Modelo de Dahlgren e Whitehead para os determinantes sociais em saúde	12
Figura 3: Localização do Estado de Santa Catarina [painel superior esquerdo]; Elevação [Painel superior direito]; Mapa das macrorregiões de Saúde de Santa Catarina [Painel inferior].....	22
Figura 4: Séries temporais do número de EHE mensais (azul) e taxas de internação por Leptospirose (preto) por Macrorregião de Saúde entre os anos de 2005 e 2014.....	26
Figura 5: Séries temporais das médias de Precipitação mensais (azul) e taxas de internação por Leptospirose (preto) por Macrorregião de Saúde entre os anos de 2005 e 2014.	43
Figura 6: Temperaturas máxima (Tmax, vermelha), temperaturas mínima (Tmin, azul) e médias (Tméd, preta) para as regiões de saúde de Florianópolis/ SC e Recife / PE para os anos de 2005 a 2014 (Variação diária).....	47
Figura 7: Curvas de exposição-resposta da mortalidade diária por mortes sem causas externas (CID10 A00-R99.9), grupos de doenças dos sistemas circulatório e respiratório (CID10 I00-99 / J00-99), doenças cerebrovasculares (CID10 I60-69), doenças cardiovasculares (CID10 I20-25); com IC95% (cinza) e histogramas com distribuição da temperatura do ar na Região de Saúde de Florianópolis entre os anos de 2005 a 2014. A linha vermelha representa valores de risco relativo por temperaturas altas acima da TMM e a linha azul representa valores de risco relativo por temperaturas baixas abaixo da TMM.	48
Figura 8: Curvas de exposição-resposta da mortalidade diária por mortes sem causas externas (CID10 A00-R99.9), grupos de doenças dos sistemas circulatório e respiratório (CID10 I00-99 / J00-99), doenças cerebrovasculares (CID10 I60-69), doenças cardiovasculares (CID10 I20-25); com IC95% (cinza) e histogramas com distribuição da temperatura do ar na Região de Saúde de Recife entre os anos de 2005 a 2014. A linha vermelha representa valores de risco relativo por temperaturas altas acima da TMM e a linha azul representa valores de risco relativo por temperaturas baixas abaixo da TMM.	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Valores máximos anuais das taxas de Hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, para o Estado de Santa Catarina (2005 a 2014)	31
Gráfico 2 - Valores máximos mensais das taxas de Hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, para o Estado de Santa Catarina (2005 a 2014).	32
Gráfico 3 – Box-plot da taxa média mensal de Hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, por mês para o Estado de Santa Catarina (2005 a 2014)	32
Gráfico 4 – Box-plot da taxa média anual de hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, no Estado de Santa Catarina (2005 a 2014).....	33
Gráfico 5 – Valores máximos anuais das taxas de Hospitalização por Leptospirose/100.000 habitantes para às regiões Costeiras e Interiores de Santa Catarina entre 2005 e 2014.	33
Gráfico 6 – Taxas máximas de Hospitalização por Leptospirose / 100.000 habitantes, para as regiões Costeiras e Interiores de Santa Catarina entre 2005 e 2014.	34
Gráfico 7 - Box-plot das taxas máximas anuais de hospitalização por Leptospirose mensal / 100.000 habitantes, para o período nas regiões Costeiras e Interior de Santa Catarina (2005 a 2014).	34
Gráfico 8 - Box-plot das taxas máximas mensais de hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, no período da região Costeiras de Santa Catarina. (2005 a 2014).	35
Gráfico 9 - Box-plot das taxas máximas mensais de hospitalização por Leptospirose / 100.000 habitantes, da região Interior de Santa Catarina (2005 a 2014).	35
Gráfico 10 - Número mensal de EHE que afetaram o Estado de Santa Catarina entre 2005 e 2014.....	38
Gráfico 11 - Precipitação média mensal no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014.....	39
Gráfico 12 - Box-plot dos índices médios de precipitação mensais, por ano, para o Estado de Santa Catarina para o período de 2005 a 2014.	40
Gráfico 13 - Média mensal dos índices de precipitação para o Estado de Santa Catarina para o período de 2005 a 2014.....	40

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação das variáveis utilizadas no Estudo 1	25
Tabela 2: Classificação das variáveis utilizadas no Estudo 2.....	29
Tabela 3: Valores médios, medianos, mínimos e máximos das taxas de internação por Leptospirose nas regiões Costeira e Interior de Santa Catarina entre os anos de 2005 e 2014.	36
Tabela 4: Médias, medianas, valores mínimos e máximos das taxas de internação por Leptospirose mensal para as macrorregiões de saúde de Santa Catarina entre os anos de 2005 e 2014.....	36
Tabela 5: Número de EHE por macrorregiões de saúde de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014.....	37
Tabela 6: Número de EHE por macrorregiões de saúde de Santa Catarina para os anos de maior ocorrência entre os anos de 2005 a 2014.	38
Tabela 7: Coeficientes de Correlação de Spearman para Leptospirose (M+1) x Eventos Hidrológicos, por Ano e Macrorregião de Saúde, para os anos de 2005 a 2014 (Anos com correlações positivas e significativas [Amarelo]).....	42
Tabela 8: Coeficientes de Correlação de Spearman para Leptospirose (M+1) x Precipitação por Ano e Macrorregião de Saúde, para os anos de 2005 a 2014 (Anos e período com correlações positivas e significativas [Amarelo]).....	44
Tabela 9: Taxas de mortalidade média anual por 100000 habitantes ocorridos na Região de Saúde de Florianópolis entre os anos de 2005 a 2014, distribuição por Gênero, Idade e Escolaridade (Maiores taxas por variável [Amarelo]).	45
Tabela 10: Taxas de mortalidade média anual por 100000 habitantes ocorridos na Região de Saúde de Recife entre os anos de 2005 a 2014, distribuição por Gênero, Idade e Escolaridade (Maiores taxas por variável [Amarelo]).....	46
Tabela 11: Análise estatística (média, mínimo, máximo e desvio padrão (DP)) das temperaturas média (T _{méd}), máxima (T _{max}) e mínima (T _{min}) para as regiões de saúde de Florianópolis / SC e Recife / PE entre os anos de 2005 -2014.....	47
Tabela 12: Mortes atribuíveis a temperatura, Temperatura Mínimas de Mortalidade (TMM) e riscos relativos de morte nos percentis 1% e 99%, para Região de Saúde de Florianópolis.	49

Tabela 13: Mortes atribuíveis a temperatura, Temperatura Mínimas de Mortalidade (TMM) e riscos relativos de morte nos percentis 1% e 99%, para Região de Saúde de Recife. 51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Artigo Publicado - The Association between Hydro-Meteorological Events and Leptospirosis Hospitalizations in Santa Catarina, Brazil	90
Anexo 2 – Artigo Publicado - The association between air temperature and mortality in two Brazilian health regions	103
Anexo 3 – Parecer consubstanciado do CEP	120

ÍNDICE DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

A27 / A27.9	Mortes por Leptospirose / Leptospirose não identificada
BDMET	Banco de Dados Meteorológicos para o Ensino e Pesquisa
CGIAE	Coordenação Geral de Informação e Análise Epidemiológica
CID 10	Código Internacional de Doença, 10ª Versão
CIRAN - SC	Centro de Informação Ambiental e Hidrometeorológicos de Santa Catarina
DALY'S	Disability Adjusted Life Years
DANTPS	Departamento de Vigilância de Doenças e Agravos não-transmissíveis e Promoção da Saúde.
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
ECMWF	Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo
EHE	Eventos Hidrológicos Extremos
EME	Evento Meteorológico Extremo
ENSP	Escola Nacional de Saúde Pública
ERA	Global Atmospheric Reanalysis Program
ET	Extremos de Temperatura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
I00-99.9	Doenças do Sistema Circulatório
I20-25.9	Doenças Cardiovasculares
I60-69.9	Doenças Cerebrovasculares
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
J00-99.9	Doenças do Sistema Respiratório
MS	Ministério da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PE	Pernambuco
PMM	Percentil Mínimo de Mortalidade
SC	Santa Catarina
SDC	Secretaria de Estado de Defesa Civil
SUS	Sistema Único de Saúde
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
TABNET	Programa para realização de tabulações do Sistemas de Informações do Sistema Único de Saúde – SUS/MS/Brasil

TMM	Temperatura Mínima de Mortalidade
UNEP	United Nations Environment Programme
UNL	Universidade NOVA de Lisboa
WHO	World Health Organization
WMO	World Meteorological Organization

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas muito se tem falado sobre as alterações climáticas e a ocorrência de Eventos Meteorológicos Extremos (EME) ^{1,2}. Diversos trabalhos foram desenvolvidos numa tentativa de melhor entender o que está a acontecer no nosso planeta ³⁻⁵. Alguns desses trabalhos apontam para as consequências que essas mudanças climáticas trarão para os ecossistemas ⁵⁻⁷ e os seus impactes são analisados de forma preocupante.

O clima apresenta-se como um fator determinante da distribuição de vetores e agentes patogênicos, possibilitando o aumento da incidência de doenças como malária, dengue, febre amarela, hantavírus, hepatites e Leptospirose entre outras ⁸⁻¹⁰. Estas doenças têm sido associadas às secas severas ou regimes hídricos inconstantes ¹¹.

No que toca à ocorrência de temperaturas extremas, estas contribuem para o aumento da incidência de doenças respiratórias, como asma, alergias e gripes, doenças cardiovasculares e doenças cerebrovasculares ¹². Por seu turno, as alterações climáticas e as mudanças nos ecossistemas provocam desequilíbrios na saúde do indivíduo, que muitas vezes não são compensados por seu sistema fisiológico, levando-o a adoecer ou a desenvolver respostas agudas que podem levá-lo à morte ¹³.

Considerando que as variações climáticas e os eventos meteorológicos extremos são situações que apresentam uma tendência de crescimento à escala mundial ¹⁴, compreender como tais acontecimentos afetam os indicadores de saúde se torna indispensável para o planeamento em saúde. Estes conhecimentos norteiam as medidas de mitigação e mensuração de serviços a serem alocados em situações de risco, como também propiciam mapear grupos e populações mais vulneráveis ^{2,15}.

Estudos mostram que a construção de indicadores e a elaboração de sistemas de alerta são capazes de mitigar os impactes junto das populações e nos ecossistemas ¹⁶⁻¹⁹, sendo importante capacitar os indivíduos e transformá-los em agentes de mudança deste cenário. A busca por respostas rápidas, eficientes e planeadas deixa de ser utopia, para se tornar um instrumento de manutenção da vida e de previsão de possíveis agravos que podem ser preveníveis, como destaca a *Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS* ²⁰.

Esta interação e interdependência entre a saúde e o sistema meteorológicos, abre um leque de oportunidades, conhecimentos e intervenções, que possibilitam a elaboração de estratégias direcionadas à formação e a assistência em saúde; possibilitando a

redução de efeitos oriundos dos impactos do clima e dos extremos meteorológicos na saúde humana.

Quando falamos em EME, os eventos hidrológicos e, particularmente as inundações, têm de ser destacados face aos seus graves impactos ao nível da saúde humana ²¹⁻²³. As inundações contaminam a água assim como os alimentos para consumo humano, por resíduos humanos ou de animais, promovendo as condições ótimas para o surgimento de casos de hepatite viral, assim como a Leptospirose, que devido à falta de saneamento e ao contato direto com as águas contaminadas tem seu risco de contágio aumentado ²⁴.

Quanto às morbidades relacionadas às inundações, observou-se um expressivo aumento no número de episódios de gastroenterites, cólera, hepatites A e E, Leptospirose, entre outras doenças, associadas ao contato direto com águas contaminadas e/ou à ingestão de alimentos contaminados pelas águas provenientes das inundações ^{23,25-27}.

Dentre as comorbidades, a Leptospirose ganha destaque por se apresentar de forma endêmica e sazonal em vários países ^{28,29}, desencadeando surtos aquando da ocorrência de eventos hidrológicos extremos dos quais resulta um aumento do número de hospitalizações, o que provoca impactos diretos nos serviços de saúde locais ³⁰⁻³⁴.

De acordo com os cenários de alterações climáticas (Figura 1), os Eventos Hidrológicos (EH) podem afetar a qualidade da água disponível às populações bem como o regime hídrico que influencia de forma direta as comorbidades relacionadas acima. Dessa forma, torna-se vital perceber em que medida os extremos hidrológicos estão relacionados com certas comorbilidades.

Por outro lado, há evidências de que os extremos de temperatura (ET), tanto as ondas de calor quanto as vagas de frio, produzem impactos nas taxas de mortalidade, bem como nas taxas de morbilidade diárias ³⁵⁻³⁸. Esses impactos são exacerbados quando há uma incapacidade dos serviços de saúde e de proteção em dar respostas ^{35,39}, especialmente quando os serviços de saúde locais não estão conscientes e não estão preparados para apoiar as populações e os grupos mais vulneráveis. Esta deficiência de ação é exacerbada em países subdesenvolvidos ^{3,40}.

Tal como sucede no caso dos extremos hidrológicos, como resultado das mudanças climáticas é esperado um aumento dos eventos ET ^{7,41-45}. Eventos extremos abruptos podem desencadear processos de desequilíbrio no padrão fisiológico humano, levando ao surgimento de situações agudas de saúde ⁴⁶⁻⁴⁸.

Dentre essas situações, destaca-se o infarto agudo do miocárdio, que devido a fatores como o estresse, a vasoconstrição, a elevação da pressão arterial ⁴⁹, é uma das doenças que podem ter as suas taxas de morbidade e mortalidade modificadas pela ocorrência de ET ⁵⁰⁻⁵².

No entanto, deve-se notar que muitas outras doenças (gripes, pneumonias etc.), também são exacerbadas pela ocorrência de ET. Neste contexto, as vagas de frio e as ondas de calor são de extrema importância e relevância para a Saúde Pública, particularmente para certos grupos de risco, como por exemplo as crianças, os idosos, os mais pobres e os que apresentam piores condições cardiovasculares e respiratórias prévias ^{53,54}.

As populações economicamente vulneráveis têm menos infraestrutura doméstica para lidar com ET estando, portanto, mais propensas ao surgimento de doenças e comorbidades relacionadas à ET ⁵⁵. Entretanto, sabe-se que esses efeitos tendem a ser mais prolongados com o frio devido às suas comorbidades do que com o calor, onde os efeitos são perceptíveis quase que ao mesmo tempo ^{51,56}.

Nesse contexto, é emergente entender a magnitude e a sinergia desses eventos para a compreensão do risco e da exposição a que as populações são submetidas. A possibilidade das infraestruturas de saúde existentes no território também poderem entrar em colapso é um fator adicional que pode dificultar ou mesmo restringir a capacidade de resposta dos sistemas de saúde inseridos nesta localidade ^{4,57,58}.

Têm sido realizados estudos em vários países com o objetivo de medir a influência da temperatura na mortalidade geral e específica das populações ^{35,59,60}. No entanto, estudos em países onde os padrões de temperatura são denominados tropicais, são raros. Investigações multicêntricas incluem países onde os padrões térmicos são diferentes ^{56,59,61}. Foram publicados um número reduzido de estudos com foco em países da América Latina, nomeadamente nas cidades de São Paulo (Brasil), Santiago (Chile) e Cidade do México (México), mostrando uma associação entre os extremos de temperatura do ar e mortalidade ^{62,63}.

Particularmente no caso do Brasil, são escassos os estudos que medem a associação entre a mortalidade e a temperatura, existindo no entanto algumas pesquisas que incluem vários países e que contêm cidades Brasileiras ^{49,61,62}. Um desses estudos, onde 18 cidades brasileiras foram incluídas, mostra uma associação positiva entre a temperatura e a mortalidade por causas gerais e específicas ^{49,61-63}. Outro importante estudo demonstrou a associação entre a mortalidade por infarto agudo do miocárdio com a temperatura do ar e a poluição atmosférica ⁵¹. Vários outros estudos apontam

para um aumento na frequência e na intensidade das ondas de calor, que ocasionaram um aumento inesperado no número de mortes nos períodos analisados ^{41,42,64}.

No entanto, mais estudos sobre a associação entre a temperatura e a mortalidade em países tropicais ou subtropicais são necessários para apoiar a Saúde Pública, particularmente tendo em consideração as mudanças climáticas que tem como um dos fatores agravantes à aceleração da urbanização no Brasil ^{56,65}. Nomeadamente, a exacerbação das ilhas de calor, que são um atributo comum em Recife, resultado das taxas de urbanização crescente e da transformação do ambiente natural no construído.

Para além dos factores meteorológicos, vários outros fatores devem ser investigados como possíveis desencadeadores da vulnerabilidade resultante da exposição a eventos meteorológicos extremos. Dentre esses, destacam-se as condições socioeconómicas, a qualidade das redes de serviços de saúde ofertadas, as condições de moradia e de infraestrutura, a pré-existência de morbididades e a susceptibilidade superior de certos grupos populacionais com maior dificuldade fisiológica de adaptação (crianças e idosos).

No âmbito dos factores socioeconómicos, é de referir a existência de condições sociais precárias, como o abastecimento de água potável e o saneamento básico, que podem em situações agudas extremas, exacerbar os efeitos dessas condições meteorológicas extremas ⁶⁶. O conhecimento destas realidades faz parte do planeamento em saúde, que tem como objetivo minimizar os impactes desfavoráveis a toda a população, mas em particular às populações mais vulneráveis e em risco.

Como tal, e face às vulnerabilidades meteorológicas a que estão expostos, a compreensão dos fenómenos meteorológicos extremos como causadores, e desencadeadores de situações de saúde inesperadas se torna primordial na atuação da promoção da saúde, com o intuito de mitigar os efeitos destes e planear as respostas e ações a serem tomadas ^{2,67-69}.

Assim, este estudo pretende analisar o efeito da temperatura no perfil de mortalidade em diferentes Estados e regiões brasileiras, tendo em consideração as dimensões continentais do Brasil bem como a existência de diferenças regionais climáticas e socioeconómicas. Esta investigação identificou a relação dos ET com o aumento do risco de mortalidade geral e específica, bem como identificou quais são os grupos mais vulneráveis às variações térmicas e confrontou com os achados identificados em outros estudos ^{70,71}. Esta análise tem a particularidade de ser realizada em duas localidades (Recife/PE e Florianópolis/SC), situadas em regiões do Brasil que apresentam características climáticas distintas, que possibilita observar a associação entre a

temperatura e a mortalidade em cenários com características diferentes dentro de um mesmo país.

Esta pesquisa permitirá a agregação de conhecimentos e possibilitará a tomada de decisão com base na evidência ³. Para além disso, servirá para apoiar os gestores na construção de políticas que possam, no futuro, mitigar os efeitos das mudanças climáticas relacionadas às temperaturas, na saúde humana e assim melhorar a resposta dada pelos serviços de apoio às populações mais vulneráveis ^{68,72}.

Com esse intuito, a utilização de dados e indicadores, sejam eles da saúde ou de outras áreas do conhecimento, e sua disponibilização de forma a construir um sistema de alerta de risco meteorológico em saúde, possibilita a todos os intervenientes (gestor, profissional e indivíduo) uma forma mais equânime de resolução e resposta aos problemas.

A agregação de conhecimento vem ao encontro da definição de epidemiologia social ^{73,74} que aborda fatores que possam responder aos fenómenos de saúde através da multicausalidade. Este tipo de abordagem multicausal aglomera, entre outros aspectos, o diagnóstico ambiental através de seus fatores físicos e a ocorrência de eventos meteorológicos extremos. A análise destes fatores é fundamental para a consolidação de conhecimentos e instrumentalização dos gestores públicos para a criação de mecanismos de resposta e identificação precoce das repercussões desses eventos. Atuar nos determinantes de saúde diretamente ligados aos fatores meteorológicos, se torna fundamental na promoção da saúde através da equidade, seja de acesso ou de garantia das condições favoráveis na manutenção da saúde ⁷².

Dados os impactes na Saúde Pública dos fenómenos em causa, o estudo teve como motivação contribuir em termos gerais para uma proposta de planeamento em saúde, baseada em evidências oriundas desta investigação e de outros contributos. Como tal, foi traçado o seguinte objetivo geral:

Identificar quais são os impactes da ocorrência de eventos meteorológicos extremos nos indicadores de saúde nos Estados de Santa Catarina e Pernambuco/Brasil ocorridos no período de 2005 a 2014.

Com o intuito de materializar este procedimento, foram traçados objetivos específicos que são: Medir a associação entre os eventos hidrológicos extremos e os internamentos hospitalares por Leptospirose; Investigar os impactes das temperaturas nos óbitos

gerais; Investigar os impactos das temperaturas no número de óbitos específicos (doenças do sistema circulatório e respiratório, cardiovasculares e cerebrovasculares).

A presente Tese está organizada em sete capítulos, com o intuito de analisar e responder aos objetivos levantados anteriormente, seguindo a estrutura descrita abaixo:

1. Introdução: Aborda aspectos gerais acerca da temática do estudo e justificação da escolha da temática;
2. Enquadramento teórico: Faz um enquadramento teórico sobre os impactos do clima na saúde, destacando-se os eventos hidrometeorológicos e os extremos de temperatura, bem como os indicadores de saúde investigados, nomeadamente internações por Leptospirose, mortalidade geral e específica;
3. Objetivos e hipóteses: São definidos os objetivos e hipóteses de investigação;
4. Materiais e métodos: São definidos os planos de investigações e os aspectos metodológicos dos estudos 1 e 2;
5. Resultados:

Estudo 1: O Impacto dos eventos hidrológicos extremos nas internações hospitalares por Leptospirose no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014: Este capítulo analisa os indicadores e apresenta a compreensão da magnitude do fenómeno investigado associado às internações por Leptospirose.

Estudo 2: Impacto das temperaturas extremas no risco de morte por todas as causas e causas específicas, nas regiões de saúde de Florianópolis/SC e Recife/PE, Brasil. Este estudo remete para a identificação e caracterização do perfil da mortalidade e o risco relativo de morte causado pela ocorrência de temperaturas extremas em duas regiões de saúde no Brasil com características meteorológicas distintas;

6. Discussão: Faz-se a discussão dos resultados obtidos e a ligação com outros estudos;
7. Conclusões e considerações: Aborda-se os aspectos relacionados com as ações no campo da promoção da saúde para a mitigação dos efeitos dos eventos meteorológicos extremos sobre as populações.

Como resultado deste processo de formação e investigação destacam-se aqui os artigos científicos já publicados e que são produtos que respondem aos objetivos propostos:

Artigo 1- Péres WE, Russo A, Nunes B. The Association between Hydro-Meteorological Events and Leptospirosis Hospitalizations in Santa Catarina, Brazil. *Water*. 2019 May 20;11(5):1052.

Artigo 2- Péres WE, Ribeiro AFS, Russo A, Nunes B. The association between air temperature and mortality in two Brazilian health regions. *Climate*. 2020 Jan 19;8(1):16.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 Saúde e clima

Os efeitos do clima e da meteorologia sobre a saúde humana ocorrem quando há uma ação direta ou indireta de elementos meteorológicos, ou uma sequência de ações inter-relacionadas. Por exemplo, a ocorrência de chuvas torrenciais e inundações provocam contaminação das águas, que resultam em surtos de doenças diarreicas ou o aumento de populações de vírus e vetores que, por sua vez, provocam surtos de doenças transmissíveis ^{68,75,76}. Sabe-se também que o clima e os EME são responsáveis pela exacerbação de inúmeras doenças, apontando os possíveis efeitos nefastos de certos fatores meteorológicos nas condições respiratórias, nas doenças reumáticas, câncer de pele e distúrbios cardiovasculares, entre outros ^{27,75}.

A análise combinada de informação meteorológica e de saúde de um determinado grupo social é de fundamental importância para saber como tais eventos se comportaram e a magnitude de suas implicações ^{17,77}. Esta análise combinada permite às entidades responsáveis identificar e compreender o fenómeno, alocar serviços e planejar ações, com o intuito de minimizar as suas consequências.

A monitorização de fenómenos meteorológicos extremos e de indicadores de saúde serve de ferramenta aos promotores de políticas públicas e de serviços de saúde, de forma a possibilitar a disseminação de medidas de alerta às populações aquando se está na iminência de ocorrerem condições meteorológicas extremas. A monitorização permite assim reduzir a ocorrência de impactes negativos para a saúde associados a essas condições ^{2,78}. Com base na análise de padrões meteorológicos estatísticos pré-definidos e que são entendidos como normais, é possível identificar condições padrão e anómalas ^{79,80} de acordo com a sua amplitude e magnitude.

Na construção de espaços de convívio, o ser humano interage com diversos sistemas. Essas interações podem ser cotidianas e passivas, ou temporais e extremamente intervencionistas ⁸⁰. Neste sentido o clima se relaciona de forma direta com a saúde. As ações antrópicas tendem a modificar o meio de modo a possibilitar a existência humana em uma determinada área geográfica. Esta ocupação do território traz mudanças no ecossistema que podem influenciar a disseminação de doenças ^{68,81}. Cabe aqui destacar que outros fatores como os culturais, os históricos e de carácter individual, interferem e podem colaborar para esta interacção entre o meio ambiente e o processo saúde-doença ^{80,82}.

A adaptabilidade do ser humano às novas situações e formas de vida fazem com que este necessite de tempo para se moldar diante de um meio ambiente alterado, sendo que esse tempo de exposição muitas vezes é nocivo à sua saúde ⁸³. As mudanças abruptas, aliadas aos efeitos das alterações climáticas, serão num futuro próximo um desafio para os sistemas e serviços de saúde, desafiando a capacidade humana de monitorizar e sermos resilientes com as nossas infraestruturas gerais, sobretudo na gestão e na prestação de serviços ⁸⁴.

Nos últimos anos houve um aumento da probabilidade de ocorrência de EME, tanto em número como em severidade ^{58,85}. A capacidade de adaptação humana a esses eventos é limitada, por isso é possível que a vulnerabilidade de algumas populações e grupos populacionais possa vir a ser exacerbada por fatores geográficos e socioeconómicos ⁸⁶.

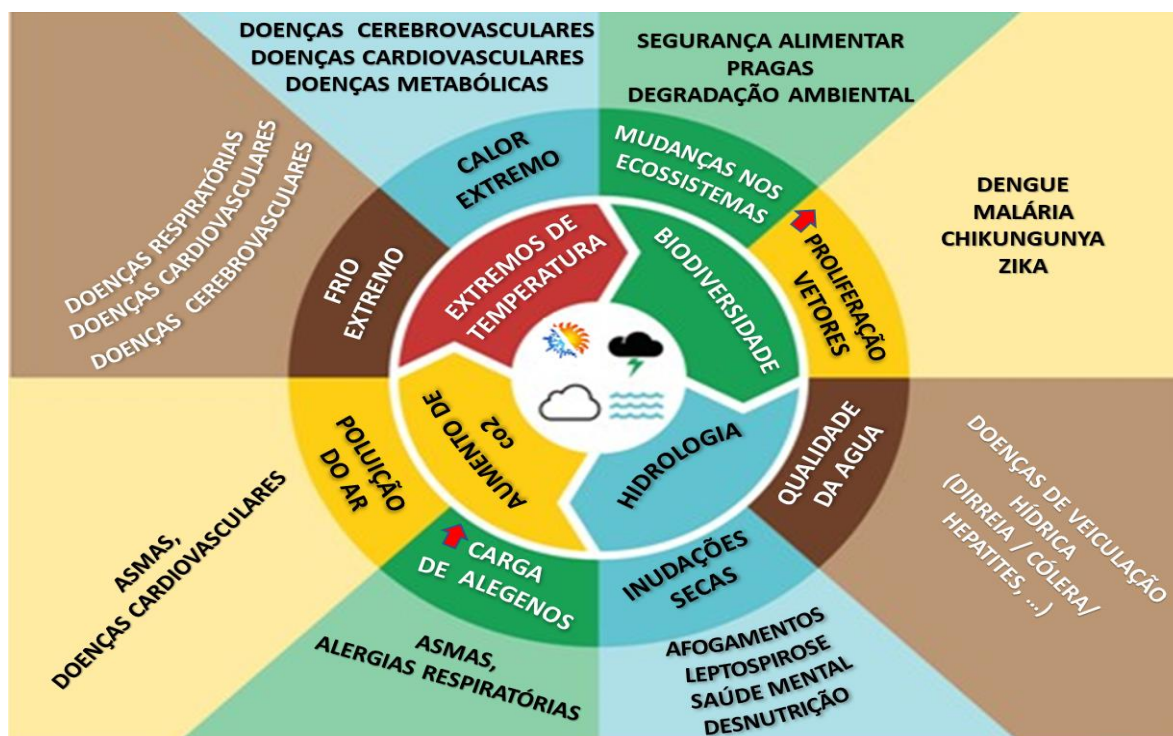


Figura 1: Eventos Meteorológicos associados a mudança de comportamento de determinadas doenças.

Fonte: Adaptado de George Luber, CDC ⁵⁷

O modelo ilustrado acima (Figura 1) mostra que estes EME produzem impactes diretos na saúde humana, seja na mortalidade ou nas morbilidades. A fragilidade das respostas das populações agrava os impactes dos EME ^{14,87}. Consequentemente, quanto mais subdesenvolvidos forem os países, maiores serão as repercussões negativas, principalmente para os grupos e as populações mais vulneráveis ⁴⁰.

No Brasil, o impacto das mudanças climáticas na saúde humana pode ser percebido em várias vertentes. Nomeadamente, com a irregularidade dos regimes hídricos e extremos

de precipitação que causam seca na Amazônia (Norte) e inundações em Santa Catarina (Sul) ^{88,89} ou em Pernambuco e Rio de Janeiro ^{66,90}. Este tipo de fenómeno potencia a ocorrência de desastres naturais e favorece o surgimento de doenças de veiculação hídrica (e.g Leptospirose ⁹¹).

O Brasil, por ser um país com características climáticas tropicais e subtropicais, a associação da morbidade e mortalidade associada a temperatura é pouco investigada. Os estudos existentes mostram que dependendo da região, tanto vagas de frio como ondas de calor influenciam de forma significativa as mortes e as hospitalizações por alguns grupos de doenças ^{41,49,61,92}.

2.2 Determinantes sociais da saúde e efeitos do clima na saúde

Os determinantes sociais da saúde compreendem um conjunto de fatores que definem, de forma individual e coletiva, como o ser humano interage com o meio social em que está inserido. Muitos são os componentes, que de forma direta ou indireta, confluem para uma melhor condição de saúde do indivíduo. Os níveis de interação foram definidos de forma a compreender o grau de comprometimento na saúde na qual cada pessoa está submetida, e a correlação com o meio e as condições de organização social do território, possibilitando o entendimento dos processos sociais envolvidos, que levam a ações de proteção e promoção da saúde (Figura 2) ^{93,94}

Neste contexto, os fatores ambientais aparecem na porção mais distal, pois leva a alterações nos padrões da saúde no âmbito da coletividade. Mesmo que as consequências sejam diretas no indivíduo, este fator apresenta uma amplitude que pode também afetar e modificar outros determinantes, o que exacerba a sua importância e as suas consequências.



Figura 2: Modelo de Dahlgren e Whitehead para os determinantes sociais em saúde
Fonte: Dahlgren e Whitehead ⁹⁵.

Os extremos meteorológicos se tornam um novo componente de influência deste determinante, pois para além das consequências a longo prazo, trazem para a Saúde Pública situações agudas e com necessidade de intervenções imediatas. Nesta perspectiva, compreender os fenómenos naturais extremos é fundamental para que ações de capacitação de mudança das práticas de saúde, tanto dos profissionais quando das populações, sejam enfatizadas com o intuito de mitigar e proteger as populações mais vulneráveis ^{69,96}.

As populações com vulnerabilidade económica e social residentes em áreas urbanas apresentam maior propensão de sofrer com os efeitos dos EME ⁹⁷. No decurso da exposição a fatores como a poluição do ar, ilhas de calor e extremos térmicos, os indivíduos com menores rendimentos vêm aumentada a sua vulnerabilidade por não possuírem meios de contornar estes efeitos ⁹⁸⁻¹⁰⁰. Na outra margem do problema temos os profissionais de saúde que devem saber avaliar, e sobretudo, saber intervir. Para isso deve-se construir evidências dos impactes sobre a saúde do homem e da coletividade. A criação de redes sociais de apoio que possam confluir de forma organizada em conjunto com políticas públicas nos mais diversos setores, permitirá que os impactes diretos na saúde e nos ecossistema possam ser minimizados ^{7,101}.

2.3 Eventos hidrológicos

A nível de Saúde Pública é importante compreender como a dinâmica dos eventos hidrológicos (e.g. alagamentos, inundações, enxurradas) afetam a saúde e quais as áreas e grupos populacionais mais vulneráveis. Com as mudanças climáticas, estamos cada vez mais expostos a situações extremas, como secas prolongadas ou inundações repentinas⁸⁰, circunstâncias estas que requerem a intervenção e a compreensão destes fenômenos, e como afetam os indicadores sociais e de saúde^{102–104}.

A precipitação é um evento meteorológico essencial para a humanidade, mas com o surgimento das mudanças climáticas, os padrões de precipitação têm-se alterado a nível global^{105,106}. A ocorrência de extremos de precipitação vem aumentando nos últimos anos^{105,106}, provocando efeitos danosos nos locais onde ocorre^{87,107}.

Os extremos de precipitação estão associados às inundações repentinas, que causam alagamentos e têm impacto direto tanto nas infraestruturas locais como também nos indicadores de saúde⁵⁸. As inundações são um dos desastres naturais mais comuns no mundo⁴⁴, e prevê-se que aumentem em termos de frequência e gravidade devido às alterações climáticas^{103,108,109}.

As inundações provocam impactes nas populações com menor poder de compra e rendimento⁸⁴, sendo a principal causa de mortes entre os desastres ambientais¹¹⁰. Por outro lado, as inundações são frequentemente precedidas por eventos extremos de precipitação^{31,111}, que têm grandes impactes para as populações e os ecossistemas¹¹².

Por outro lado, a ocorrência de inundações tem vindo a ser identificada como estando associada ao aumento da carga global de doenças²³, à morbilidade^{27,113}, à mortalidade^{22,114} e rupturas sociais e económicas. Como tal, a sua ocorrência irá expor a fragilidade contínua nos serviços de saúde, especialmente em países com poucos recursos³².

As características das inundações e o seu impacto significativo na saúde humana na última década foram verificadas em estudos epidemiológicos conduzidos em países de alta e de baixa renda^{84,115}. Além disso, existem evidências epidemiológicas e outras de impactes na saúde relacionados com as inundações, como o aumento de doenças de veiculação hídrica (eg. cólera), mortes por afogamento, entre outros. É ainda de salientar o facto de a sua ocorrência dificultar o acesso aos serviços de saúde e dos profissionais de saúde aos seus locais de trabalho^{108,113–115}.

O Brasil tem sido severamente afetado por inundações^{19,91} e um dos eventos mais marcantes foi o resultado do intenso evento de precipitação ocorrido no Rio de Janeiro em 2011¹¹⁶. Um conjunto de fatores associados, como a geomorfologia, a ocupação

humana e os altos índices de precipitação levam à morte de aproximadamente 900 pessoas e ao deslocamento de quase 35 mil habitantes de suas moradias por razões de segurança, devido à possibilidade de enchentes e deslizamentos de terras ¹¹⁶. O Estado de Santa Catarina também foi atingido no ano de 2008 com elevados níveis intensidade de precipitação que ocorreram em curto período de tempo, provocando deslizamentos de terra e inundações repentinas, o que evidenciou a vulnerabilidade dessa área territorial ⁹¹. Por outro lado, as variações na precipitação têm impacto na redução ou perda de produtividade agrícola, com consequências diretas na oferta de alimentos, perda de produção e ruptura das cadeias de abastecimento ¹¹⁷.

2.4 Leptospirose e eventos hidrológicos extremos

A Leptospirose é uma doença infecciosa que afecta os animais e o ser humano, sendo a sua transmissão feita através do contato com a urina de roedores e outros animais ²⁹. A transmissão ocorre geralmente de forma direta com a água ou solo contaminados pela bactéria *Leptospira*, principalmente por ocasião das enchentes ou alagamentos ³². Esta doença apresenta alto risco de letalidade que pode chegar a 40% ¹¹⁸. Em sua forma grave, a Leptospirose pode evoluir para o colapso de inúmeros órgãos; além de acarretar aos sistemas de saúde e sociais altos custos relacionados aos internamentos e a perda de dias de trabalho ¹¹⁸. Sua ocorrência também está associada a condições sanitárias e de infraestrutura precárias, como também a alta infestação de roedores infectados ¹¹⁹.

A Leptospirose por sua vez, é também considerada uma doença endêmica, e os seus padrões de contágio são exacerbados com a ocorrência de EME ^{21,30,32,120}. O risco de contaminação aumenta com as inundações ou as chuvas torrenciais, ou ainda quando esses fatores surgem associados às questões relacionadas com a falta de saneamento básico, a alta densidade demográfica, as más condições de moradia e aos fatores relacionados ao enfrentamento de uma situação de emergência, onde não se está devidamente equipado. Os níveis elevados de indivíduos infetados podem acarretar aos serviços públicos um aumento inesperado das internações ^{24,30,32,121}.

2.5 Extremos de temperatura

Os extremos de temperatura (ET) provocam no ser humano respostas patológicas agudas ^{87,122,123}, acarretando por sua vez uma sobrecarga nas urgências, além de modificarem os perfis dos indicadores de saúde ^{35,124}.

No entanto, para compreender qual a temperatura ideal para os processos fisiológicos normais, devem considerar-se as características locais e suas sazonalidades, cujos

padrões específicos de temperatura são altamente dependentes do território em análise^{125,126}.

Ondas de calor e vagas de frio apresentam influências no comportamento de algumas doenças, além de provocarem desequilíbrio nos padrões fisiológicos dos indivíduos^{85,127,128}. A adaptabilidade fisiológica humana depende do tempo de exposição a um determinado fator e grupos de risco como idosos e crianças correm maior risco de morte ou de internamento face à ocorrência de ET¹². Esta fragilidade culmina num aumento do número de hospitalizações e óbitos por essa condição. Aprender a lidar com essa situação em países e em populações vulneráveis torna-se um desafio para os serviços públicos de saúde^{21,35,129}.

2.5.1 Vagas de frio

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia – WMO (2015), para ser considerado como uma vaga de frio, a temperatura deve apresentar-se incomum para o período, com queda acentuada da temperatura do ar a nível de superfície numa área territorial extensa, persistindo abaixo dos limites considerados normais para a estação fria, por um período mínimo de dois dias²⁰. No entanto, esta definição não é única¹³⁰, e as vagas de frio podem ser definidas através de estudos de série histórica onde se observa o número de dias seguidos abaixo do percentil 10, sendo que estes devem perdurar no mínimo três dias consecutivos²⁰.

As vagas de frio são um EME de importância e relevância para a Saúde Pública, pois suas consequências são bastante danosas para uma porção populacional com maior vulnerabilidade, sejam elas econômicas e/ou fisiológicas⁸³. Estudos mostram que a população idosa e as crianças estão mais sensíveis a este EME, devido às suas menores tolerâncias fisiológicas às variações abruptas de temperatura^{126,131}. Também é de salientar que as populações mais vulneráveis economicamente possuem menor infraestrutura doméstica para lidar com o frio⁸⁶. O que também é válido para pessoas com comorbidades preexistentes estando estas mais propensas ao surgimento de doenças relacionadas às temperaturas baixas constantes por um determinado período^{104,132}.

Com o aparecimento das alterações climáticas, episódios de vagas de frio tendem a ser menos frequentes, contudo mais intensos e duradouros^{125,133}. Entender como as alterações climáticas afetarão os padrões de temperatura no futuro é uma tarefa difícil, por isso a importância de estudos locais para a compreensão desses fenômenos extremos. A determinação da magnitude desses fenômenos em uma escala geográfica

menor e com características ambientais e climatológicas mais homogêneas, permitem um melhor entendimento dos impactes desses EME ^{87,134}.

2.5.2 Ondas de calor

Tal como acontece no caso das vagas de frio, há várias definições do que são ondas de calor, sendo que em alguns estudos se sugere a utilização de definições locais que levam em conta fatores ambientais e de ocupação do território ¹³⁵. As ondas de calor podem ainda ser definidas através de estudos de série histórica onde se observa um número de dias quentes acima do percentil 90, sendo que estes devem perdurar por no mínimo três dias consecutivos ²⁰. Em outra definição mais padronizada, as ondas de calor são caracterizadas por períodos de calor excessivo, onde a temperatura máxima diária se mantém 5°C acima da temperatura máxima média para o período, que pode se estender por 5 ou mais dias ¹³⁶, ou seja, o primeiro problema em determinar uma onda de calor prende-se com o facto da não-existência de uma definição global e aceita por todos.

Em termos de impactes, a maior duração de uma onda de calor corresponde normalmente a um maior risco de mortalidade ^{137–139}. Desta forma o tempo de exposição torna-se uma componente crucial para identificar e entender as alterações nos padrões de mortalidade, sejam estes imediatos ou tardios, e que estes podem influenciar e modificar os indicadores de saúde ^{37,53,64}.

Nos últimos anos, os fenómenos extremos de calor têm atingido vários países ⁸⁷. As ondas de calor levam às populações sensações de desconforto térmico que afetam os sistemas fisiológicos humanos ^{37,45,140,141}, de forma que esses eventos aumentam o risco de morte nas populações mais vulneráveis e/ou que apresentam fatores de risco potenciadores de sofrimento por estresse térmico.

Vários estudos têm-se debruçado para entender os efeitos das ondas de calor sobre doenças específicas e sobre a mortalidade geral ^{87,128,134}. A compreensão do fenómeno e da sua magnitude torna-se imprescindível para o campo da Saúde Pública, onde as consequências podem ser identificadas e o planeamento em saúde permita desenvolver ações mitigadoras. Também no campo mais amplo, a consolidação de políticas públicas, tanto no campo de melhoria das condições de habitação, como no combate aos efeitos das mudanças climáticas, deve fazer parte de uma agenda intergovernamental ^{38,61,142,143}.

2.6 Mortalidade geral e específica associadas à ocorrência de extremos de temperatura

Estudos evidenciam que a duração dos fenômenos extremos de temperatura (calor e frio), afetam de forma diferente e significativa os indicadores de mortalidade geral ^{125,144}, sendo que dentre essas mortes, as taxas de mortalidade associada aos sistemas circulatórios e respiratórios são as que apresentam índices mais elevados ^{126,133,143}. As comorbidades dos sistemas circulatório e respiratório são também estudadas em grupos específicos como a população idosa, onde se identifica que as pessoas neste grupo etário apresentam risco acrescido associados às condições fisiológicas de adaptação, ou à preexistência de doenças crônicas que aumentam esta vulnerabilidade ^{80,85,145–148}.

Existem diversos fatores que podem contribuir para a exacerbação da influência de extremos de temperatura sobre a saúde humana, sejam estes socioeconômicos, ou do contexto político e social ^{39,40,149}. Além desses, outros fatores individuais podem ser considerados como propícios ao aumento da susceptibilidade como: idade, sexo, fatores associados a doenças preexistentes (pulmonares e cardiovasculares), obesidade e quadros específicos de doença mental ^{17,150}. Entre os fatores externos ao indivíduo destacam-se: as medidas de conforto térmico, como o uso de roupas adequadas, calefação e resfriamento dos ambientes domésticos, que são dependentes diretos das condições socioeconômicas dos indivíduos e/ou da disponibilização dos serviços sociais de suporte ^{17,80,126,147}.

Estudos multicêntricos realizados mostram que o perfil da mortalidade associada a temperatura é diferente em cada região de estudo em decorrência das características climáticas de cada região ^{56,59,61}. O Brasil, por sua dimensão continental, apresenta características meteorológicas distintas em suas regiões territoriais ¹⁵¹. As regiões de saúde do estudo estão localizadas em diferentes regiões, uma a nordeste e a outra a sul, onde as características de temperatura são distintas e contribuem para a compreensão e magnitude dos EME e como estes afetam os indicadores de mortalidade no território brasileiro ^{56,61}.

3. OBJETIVOS

3.1 Objectivo Geral e Questões de investigação

Esta investigação pretende contribuir em termos gerais para uma proposta de planeamento em saúde baseada em evidências oriundas deste estudo e de outros contributos. Para tal, foram analisadas as possíveis consequências dos eventos meteorológicos nos sistemas de saúde locais, tendo sido traçado o seguinte objetivo geral:

Identificar quais são os impactes da ocorrência de eventos meteorológicos extremos nos indicadores de saúde nos Estados de Santa Catarina e Pernambuco/Brasil ocorridos no período de 2005 a 2014.

Levando em consideração a complexidade da temática abordada, pretende-se responder às seguintes questões:

Q1 – Os eventos hidrometeorológicos aumentam a ocorrência de internações hospitalares por Leptospirose nas macrorregiões de saúde do Estado de Santa Catarina /Brasil?

Q2 – As temperaturas e seus extremos aumentam o risco de morte geral nas regiões de saúde de Florianópolis/SC e Recife/PE/Brasil?

Q3 – As temperaturas extremas quentes e frias alteram o número de óbitos específicos (doenças do sistema circulatório e respiratório, cardiovasculares e cerebrovasculares) nas regiões de saúde de Florianópolis/SC e Recife/PE / Brasil?

3.2 Objectivos específicos

Foram formulados para possibilitar o alcance do objectivo geral três objetivos específicos que são:

Objectivo 1. Medir a associação entre os eventos hidrológicos extremos e os internamentos hospitalares por Leptospirose no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014;

Este objectivo foi abordado e respondido através do estudo 1 - Impacto dos eventos hidrológicos extremos nas internações hospitalares por Leptospirose no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014, (Péres WE, Russo A, Nunes B. The Association between Hydro-Meteorological Events and Leptospirosis Hospitalizations in

Santa Catarina, Brazil. Water. 2019 May 20;11(5):1052) e permitiu responder à questão Q1.

Objectivo 2. Investigar os impactes das temperaturas nos óbitos gerais nas regiões de saúde de Florianópolis/SC e Recife/PE entre os anos de 2005 a 2014;

Objectivo 3. Investigar os impactes das temperaturas no número de óbitos específicos (doenças do sistema circulatório e respiratório, cardiovasculares e cerebrovasculares), nas regiões de saúde de Florianópolis/SC e Recife/PE entre os anos de 2005 a 2014;

Os Objectivos específicos 2 e 3 pretendem responder às questões, Q2 e Q3, tendo sido analisadas no âmbito do estudo 2 - Impacto das temperaturas extremas no risco de morte por todas as causas e causas específicas, nas regiões de saúde de Florianópolis/SC e Recife/PE, Brasil, (Péres WE, Ribeiro AFS, Russo A, Nunes B. The association between air temperature and mortality in two Brazilian health regions. Climate. 2020 Jan 19;8(1):16.).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Estudo 1 - Impactes dos eventos hidrológicos extremos nas internações hospitalares por Leptospirose no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014

4.1.1 Desenho do estudo

Este foi um estudo ecológico de séries temporais. Nos estudos ecológicos compara-se a ocorrência da doença/condição relacionada à saúde e a exposição de interesse entre agregados de indivíduos (populações de países, regiões ou municípios, ou dentro da mesma população entre momentos no tempo, por exemplo) para verificar a possível existência de associação entre os indicadores de exposição e a doença ao nível populacional. Para esta tese analisou-se a correlação temporal entre os Eventos Hidrológicos Extremos (EHE) e o aumento das taxas de internação por a Leptospirose nas macrorregiões de saúde do Estado de Santa Catarina - Brasil. Para tal, optou-se pelo uso do coeficiente correlação de Spearman, por se tratar de uma abordagem estatística que mede a força de associações e que dada a natureza dos dados apresentou melhor adequação para mensuração desta associação. A aplicação da correlação de Spearman justifica-se neste estudo por se tratar de uma análise que faz a inferência de correlações lineares e não lineares, sendo que as correlações são analisadas levando em conta as ordens dos valores obtidos de cada variável, e não seus dados absolutos.

4.1.2 Área de estudo

Este estudo foi realizado no Estado de Santa Catarina (SC), localizado na região sul do Brasil (Figura 3 - painel superior esquerdo). Santa Catarina possui uma área de 95736 km², com uma população estimada de 6.767.148 habitantes ¹⁵² e com um Índice de Desenvolvimento Humano - IDH de 0,84, sendo considerado o melhor Estado classificado no Brasil, com 27 cidades entre as 100 com maior qualidade de vida no país. A área de estudo está localizada no cruzamento de várias rotas que ligam as diferentes partes do país a América Latina, fortalecendo seu posicionamento como pólo de desenvolvimento socioeconómico, apoiado pelos setores agrícola e industrial.



Figura 3: Localização do Estado de Santa Catarina [painel superior esquerdo]; Elevação [Painel superior direito]; Mapa das macrorregiões de Saúde de Santa Catarina [Painel inferior].

O Estado de Santa Catarina possui o maior contingente populacional localizado na região costeira (54,5%), onde as maiores taxas de urbanização estão presentes e, consequentemente, uma maior cobertura de abastecimento de água. A água potável chega a 85,6% das pessoas no Estado, mas o saneamento básico não ultrapassa 15,5% das águas residuárias e esgoto tratadas no Estado de SANTA CATARINA ¹⁵³, possuindo uma das menores taxas de tratamento de esgoto no Brasil. Em relação ao terreno, a região costeira está localizada numa área de baixa altitude, enquanto o interior é dominado por áreas de planalto com altitudes que atingem 1755 metros (Figura 3, painel superior).

Nos últimos anos, o Estado de Santa Catarina tem vindo a ser atingido por episódios recorrentes de precipitações intensas, que provocam inundações repentinas, enchentes e alagamentos ^{66,91}. Estes eventos aumentam a probabilidade de contágio da Leptospirose que é uma doença que se prolifera através do contato direto com a água contaminada ou com a urina de animais infectados¹⁵⁴. Embora o regime hídrico no Estado de Santa Catarina apresente pouca variação, a ocorrência de eventos extremos

de precipitação nos últimos anos ganharam destaque⁹¹. Para além dos indicadores de saúde, também foram observados danos avultosos nas infraestruturas públicas das cidades afetadas, acometendo de forma direta a prestação de assistência à saúde, bem como a resposta dos serviços públicos a este problema ¹⁵⁵.

4.1.3. Dados de internamentos

Os dados sobre hospitalizações e população residente foram extraídos do banco de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS, do Ministério da Saúde - MS, do Governo do Brasil ¹⁵⁶. Em relação às internações hospitalares, utilizou-se como parâmetros a lista de morbidades segundo o Código Internacional de Doenças (CID10). Foram investigadas as hospitalizações e as mortes por Leptospirose (CID10 A27) e Leptospirose não especificada (CID10 A27.9). A seguir, as taxas mensais de internamento por Leptospirose foram determinadas e utilizadas como indicador de saúde, dividindo-se o número observado de internações pela população residente em cada ano e macrorregião. Assim, para os cálculos de correlação, foi calculada uma taxa acumulada onde a soma das taxas do mês de ocorrência (aqui considerado M) e do mês subsequente (aqui considerado como M + 1) foram considerados.

As taxas de hospitalização específicas para cada doença foram calculadas e as respectivas faixas etárias foram coletadas no campo de identificação do tipo de faixa etária disponível no programa Tabnet no banco de dados do DATASUS, estas foram organizadas por macrorregiões de saúde ¹⁵⁶. As populações residentes nas macrorregiões de saúde correspondem às estimativas populacionais anuais fornecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE ¹⁵², que também foram agrupadas de acordo com os indicadores de saúde para posterior análise.

4.1.4 Dados meteorológicos

Os dados utilizados foram obtidos junto à Secretaria de Estado de Defesa Civil do Estado de Santa Catarina (SDC / SC), que se dedica à detecção de calamidades públicas e à avaliação de eventos meteorológicos extremos e adversos com o objetivo de apoiar as regiões e municípios com alocação de recursos e promulgação de situações de "Estado de Emergência e Calamidade Pública" ¹⁵⁷. Desta forma, o SDC / SC possui um banco de dados de indicadores relacionados a EME, onde estes são classificados de acordo com sua natureza e são registrados com base na data de ocorrência e na localidade afetada. Os dados referentes aos Municípios entre 2005 e 2014 foram utilizados após o pré-processamento.

Dados da Secretaria de Estado da Defesa Civil de Santa Catarina e do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (ECMWF) reanálise interina ERA¹⁵⁸, foram extraídos para determinar a ocorrência mensal de Eventos Hidrológicos Extremos (EHE) e precipitação acumulada, respectivamente.

Os EHE foram divididos em três classes de ocorrência: 1) Inundações Repentinhas, 2) Inundações e 3) Alagamentos, em conformidade com os dados disponibilizados e definidos como:

- As inundações repentinas são o escoamento superficial concentrado e em grande quantidade, resultado de eventos chuvosos intensos ou extremos.
- As Inundações são o transbordamento das águas de um curso de água, provocando a inundação de uma determinada região quando o sistema de drenagem não é capaz de conter a vazão de chuva. Existem três tipos de inundação: 1) fluvial, quando fortes chuvas causam o transbordamento de rios e lagos; 2) marítima, originada por grandes ondas e ressacas; 3) artificial, causada por falhas humanas, como por exemplo o rompimento de barragens.
- Os alagamentos resultam do acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem, cobrindo pequena parte de uma área de planície

Para efeitos do estudo proposto, os dados foram agrupados numa única classe que inclui todos os eventos hidrológicos registrados em cada macrorregião. A precipitação foi também agregada por macrorregião e por mês, e similarmente separada por ano, para a compreensão dos padrões pluviométricos.

4.1.5 Análise dos dados

Uma análise preliminar dos EHE e das taxas de hospitalização por Leptospirose foi realizada, incluindo a análise da ocorrência anual e mensal de eventos hidrológicos para cada macrorregião e também para o interior (Grande Oeste, Centro-Oeste, Vale do Itajaí, Planalto Serrano e Planalto Norte) e regiões costeiras (Nordeste, Rio Itajaí Estuário, Grande Florianópolis e Sul de Santa Catarina) (c.f. Figura 3).

Como forma de identificar os impactos nos indicadores de saúde inerentes aos EME, a proposta metodológica tem como base uma análise de correlação entre as variáveis. Para este estudo foi utilizado o coeficiente de correlação de Spearman, onde será analisado a significância estatística ($H_0: R=0$ vs $H_1: R \neq 0$), onde será considerado um nível de significância de $\alpha=0.05$. As correlações foram classificadas quanto a intensidade, em Fracas quando o valor absoluto de “R” for inferior a 0,25; Moderadas

para $0,25 \leq R \leq 0,5$; Fortes para $0,5 \leq R \leq 0,75$ e Muito Forte para $R \geq 0,75$. As correlações cujo “R” apresentam valor igual a +1,00 são consideradas como sendo uma relação positiva perfeita¹⁵⁹.

4.1.5 Variáveis do estudo

Para este estudo foram definidas variáveis que após a análise estatística proposta pudessem, de forma clara, nos propiciar os resultados para a compreensão do fenômeno a ser investigado, com isso as variáveis definidas foram:

Tabela 1: Classificação das variáveis utilizadas no Estudo 1

Variável		Tipo
Mês		Qualitativa ordinal
Ano		Qualitativa ordinal
Região	Interior	Qualitativa nominal
	Costeira	
Macrorregião de Saúde	G. Florianópolis	Qualitativa nominal
	Nordeste	
	Foz do Rio Itajaí	
	Sul Catarinense	
	Planalto Norte	
	Planalto Serrano	
	Vale do Itajaí	
	Meio Oeste	
Extremo Oeste		
Internação por Leptospirose		Quantitativa discreta
Taxa de internação por Leptospirose (/100000)		Quantitativa discreta
Eventos hidrológicos		Quantitativa discreta
Precipitação (mm³)		Quantitativa discreta

4.2 Estudo 2 - Impactes das temperaturas extremas no risco de morte por todas as causas e causas específicas, nas regiões de saúde de Florianópolis/SC e Recife/PE, Brasil

4.2.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo do tipo ecológico de séries temporais que analisou os impactes da temperatura na mortalidade geral e específica nas regiões de saúde analisadas.

Esta investigação avaliou a associação entre a ocorrência de temperaturas extremas e mortalidade geral e específica para as Regiões de Saúde do Recife/PE e Florianópolis/SC no Brasil. Para medir esta associação, foi ajustado um modelo de regressão Quasi-Poisson à mortalidade diária em ambas as regiões, ajustado para a tendência, sazonalidade (spline cúbica) e para o dia da semana (categórico). Esta abordagem metodológica e estatística foi escolhida por se adequar aos dados de saúde

e meteorológicos disponíveis para esta investigação, e pela sua utilização em estudos multicêntricos que abordam a mesma temática ^{59,142}.

4.2.2 Área de estudo

Esta pesquisa baseia-se em dados de saúde de duas regiões brasileiras de saúde, Recife (Pernambuco, região Nordeste) e Florianópolis (Santa Catarina, Região Sul) (Figura 4). A área de estudo é composta por 42 municípios, sendo 20 municípios de Recife e 22 municípios de Florianópolis, com uma população estimada de 3908757 habitantes e 1027271 habitantes ¹⁵², respectivamente. As regiões de saúde possuem 20 e 22 municípios respectivamente (Figura 4), com características meteorológicas distintas.

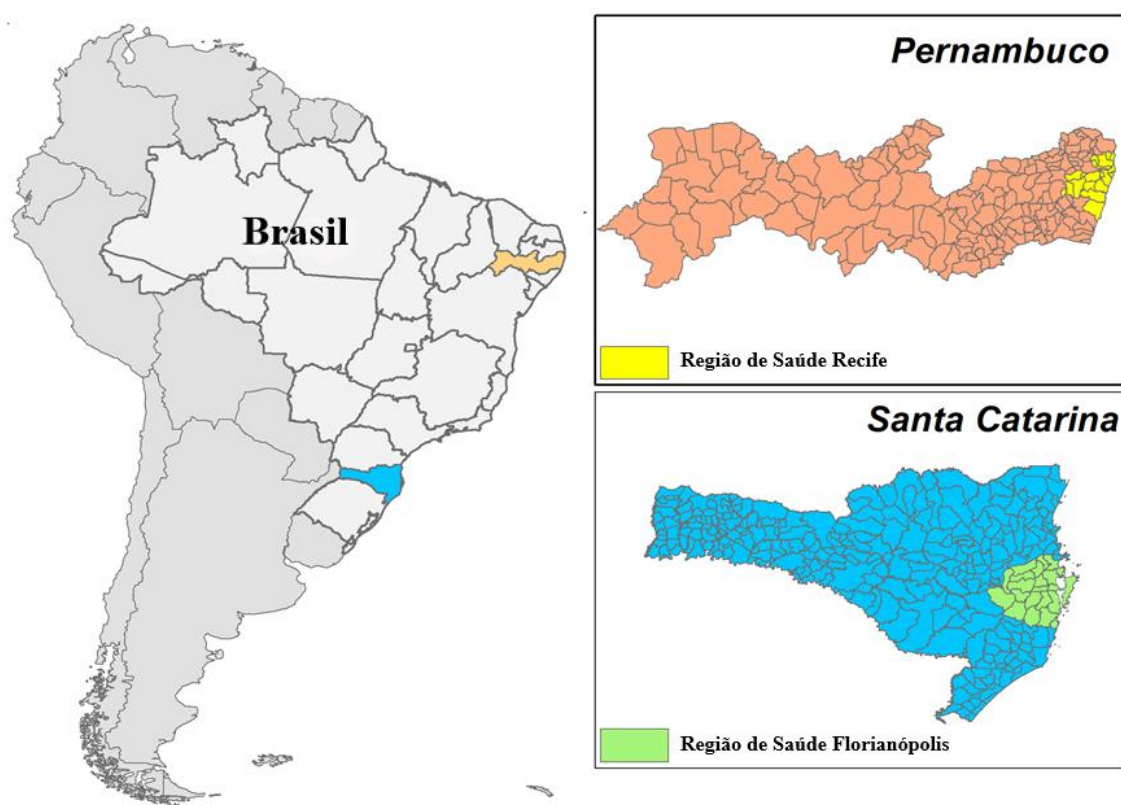


Figura 4: Distribuição geográfica das regiões de saúde do estudo 2.

4.2.3. Dados de mortalidade por todas as causas e por causas específicas

Os dados de mortalidade foram fornecidos pela Coordenação Geral de Informação e Análise Epidemiológica (CGIAE) do Departamento de Vigilância de Doenças Não-Transmissíveis e Promoção da Saúde (DANTPS) da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS / MS) do Brasil. Os dados utilizados incluem o número diário de mortes por todas as causas e óbitos categorizados pelo Código Internacional de Doenças (CID10), são eles: todas as mortes excluídas às causas externas (CID10

A00-R99), mortes por doenças sistema respiratório e circulatório (CID10 I / J), morte por doenças cerebrovascular (CID10 I60-69) e mortes por doenças cardiovascular (CID10 I20-25.9), para o período de pesquisa de 2005 a 2014. As mortes de fetos com menos de 1 ano e de mulheres relacionadas ao parto ou ao puerpério foram excluídas da análise.

No Brasil, a classificação dos óbitos por causas externas (CID10 Grupos S00 a Y98) é considerada para fins estatísticos. Esses dados sobre mortes por todas as causas estavam disponíveis para esta pesquisa. Entretanto, esses grupos de óbitos foram excluídos no tratamento dos dados, pois não estão diretamente relacionados à associação proposta a temperaturas extremas ¹⁶⁰.

Como forma de adaptação ao modelo proposto por Gasparrini et al (2014) ¹⁶¹, elaborou-se uma série histórica de dados, incluindo os dados do período analisado, o ano, o mês, o dia, o dia da semana, o dia em análise, além dos dados diários do número de mortes por dia.

4.2.4 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir do monitoramento das estações meteorológicas localizadas na área de estudo, fornecidas pelo Centro de Informações Ambientais e Hidrometeorológicas de Santa Catarina - CIRAM-SC, e pelo Banco de Dados Meteorológicos para o Ensino e Pesquisa - BDMEP, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, ¹⁶². Os dados referentes às temperaturas médias, máximas e mínimas diárias foram obtidos para os anos de 2005 a 2014. Os dados máximos e mínimos foram então utilizados para calcular as temperaturas médias diárias.

Devido ao fato de que em alguns períodos não foram registradas temperaturas diárias (média, máxima e mínima), não foi possível registrar a temperatura do orvalho e a umidade relativa para fins de aplicação do modelo em alguns períodos de análise. Destaca-se, no entanto, que os valores inexistentes correspondem a menos de 0,5% do total de dias analisados o que não compromete as análises realizadas.

4.2.5 Análise dos dados

A associação entre a temperatura média diária e a mortalidade foi modelada com base num DLNM: distributed lag non-linear model ¹⁶¹, assumindo que o efeito da temperatura do ar pode durar até 20 dias para a região de saúde de Florianópolis, devido a sua maior variabilidade térmica, e 14 dias para a região de saúde do Recife devido à baixa variabilidade térmica. Como análise de sensibilidades, para definir esses valores dos lags, utilizamos o teste QAIC, e os números de dias (20 dias para a região de saúde de

Florianópolis e 14 dias para a região de saúde de Recife), foram os que apresentaram o menor QAIC e a melhor possibilidade de interpretação dos dados.

Para medir a associação entre a temperatura média diária do ar e o risco de morte, foram ajustados modelos Quasi-Poisson, para ter em conta a sobredispersão dos dados, ao número de óbitos diários em ambas as regiões, ajustando para o dia da semana (categórico), a tendência secular e a sazonalidade usando um 'spline' cúbico natural com 8 graus de liberdade por ano em análise.

Para além das variáveis atrás descritas, o modelo incluiu uma base cruzada (cross-basis) para modelar o efeito da temperatura com uma *spline* e outra *spline* para modelar o seu efeito desfasado no tempo (lag). Esta abordagem de modelagem estatística foi previamente utilizada para estudar o efeito da temperatura do ar sobre a mortalidade em várias cidades e países, por meio de uma investigação multicêntrica^{56,59,142,163}. Com base nessa abordagem metodológica, foi possível aumentar a comparabilidade de nossos resultados com outros estudos publicados.

A Temperatura Mínima de Mortalidade - TMM¹⁶⁴, é considerada como o valor de temperatura que menos influencia na mortalidade, sendo que, este resultado serve de referência para quantificar a variação do risco relativo de morte para as temperaturas extremas frias e quentes. Os valores de TMM foram utilizados como referência para estimar, para cada região de saúde e tipo ou grupo de doenças investigadas, o risco relativo de morte para os percentis 1% (frio extremo) e 99% (calor extremo) em comparação com o risco de morte para TMM^{56,59,164,165}. O valor da TMM foi obtido do modelo DLNM ajustado aos dados tendo-se recorrido a um estimador de '*bootstrap*' paramétrico aproximado para calcular os intervalos de confiança para TMM, recorrendo à metodologia descrita por Tobias et al (2017)¹⁶⁴.

Para estimar o número de mortes atribuídas às temperaturas extremas (frio ou calor extremo), utilizou-se a soma dos óbitos previstos pela temperatura acima (calor) e abaixo (frio) da TMM para todos os dias da série histórica utilizada para a investigação, este resultado forneceu o número de mortes totais atribuídas a temperatura⁵⁹. Onde como resultado se obteve as curvas de exposição resposta e a associação cumulativa global dos óbitos pela distribuição da temperatura.

O ajustamento do modelo DLNM descrito assim como a análise do risco relativo, e fração do risco atribuível às temperaturas foi realizada com os pacotes de software "R dlnm" amplamente utilizado e validado, e que estão documentados em detalhes em outros trabalhos de pesquisa com análises semelhantes^{59,161,166}.

4.2.6 Variáveis do estudo

Para este estudo foram utilizadas as seguintes variáveis:

Tabela 2: Classificação das variáveis utilizadas no Estudo 2

Variável		Tipo	
Dia		Qualitativa ordinal	
Mês		Qualitativa ordinal	
Ano		Qualitativa ordinal	
Idade		Quantitativa contínua	
Gênero	Ignorado	Qualitativa nominal	Análise descritiva
	Masculino		
	Feminino		
Faixa etária	00-49 anos	Qualitativa ordinal	
	50-64 anos		
	65-79 anos		
	>80 anos		
Anos de escolaridade	Analfabetos	Qualitativa ordinal	
	1 a 3 anos		
	4 a 7 anos		
	8 a 11 anos		
	>12 anos		
Região de Saúde	Florianópolis Recife	Qualitativa nominal	
Temperatura	T. Máxima	Qualitativa ordinal	
	T. Média		
	T. Mínima		
Humidade relativa do ar		Qualitativa ordinal	
Temperatura de orvalho		Qualitativa ordinal	
Óbitos	Gerais (CID10 A00-R99.9)	Quantitativa discreta	
	Grupo de doenças dos aparelhos circulatório e respiratório (CID10 I/J)		
	Doenças cardiovasculares (CID10 I20-25)		
	Doenças Cerebrovasculares (CID10 I60-69)		

4.3 Questões éticas dos estudos

Esta investigação obedeceu aos preceitos estabelecidos na Resolução Nº. 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (CNS, 2012), e foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade de Pernambuco - Brasil. Considerando o devido respeito à dignidade humana, esta pesquisa observou todos os requisitos necessários ao atendimento, onde foi garantida a manutenção do sigilo e da privacidade dos dados durante todas as fases da pesquisa, esta investigação recebeu parecer favorável para sua realização através do parecer consubstanciado nº 1.951.537 de 07 de Março de 2017.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados Estudo 1: Impactes dos Eventos Hidrológicos Extremos nas Internações Hospitalares por Leptospirose no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014

5.1.1 Análise Descritiva

5.1.1.1 - Internamentos hospitalares por Leptospirose

As hospitalizações por Leptospirose apresentaram uma distribuição irregular quando analisadas anualmente (Gráfico 1), sendo de destacar o elevado número de casos acumulados no Estado de Santa Catarina no período 2007-2008. Ao analisar a distribuição dos casos mês a mês (Gráfico 2), observou-se um padrão sazonal das hospitalizações por Leptospirose, com maior concentração no verão (meses de dezembro, janeiro e fevereiro). As taxas elevadas de hospitalização por Leptospirose no período de verão coincidem com o período esperado de altos níveis de precipitação, no entanto este é também o período com maior variação da precipitação (Gráfico 3). A variação das hospitalizações ocorrida ao longo dos anos (Gráfico 4) não apresentou nenhum padrão ou tendência.

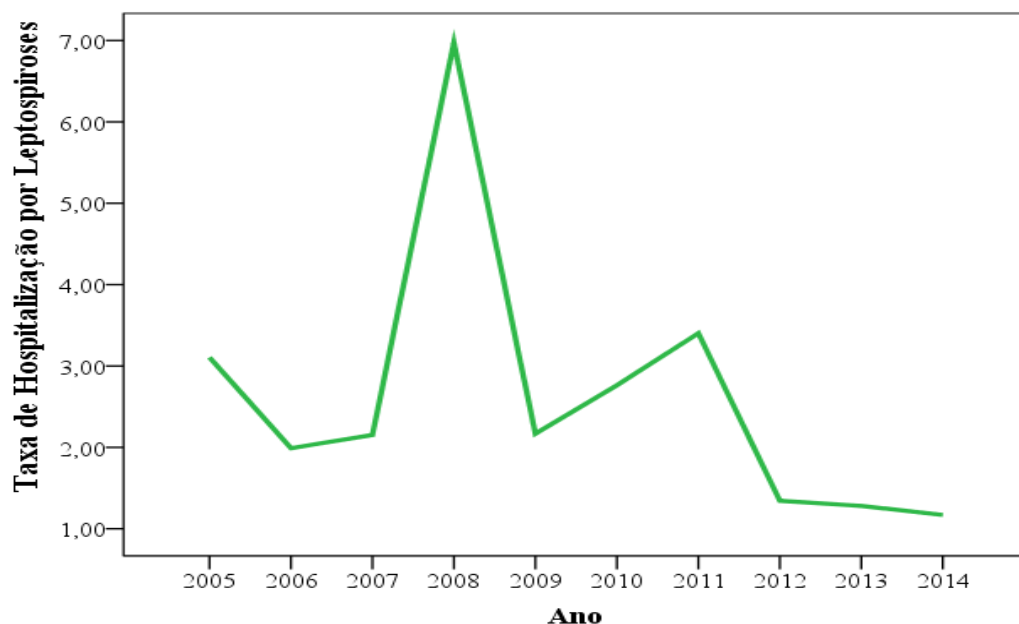


Gráfico 1 – Valores máximos anuais das taxas de Hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, para o Estado de Santa Catarina (2005 a 2014)

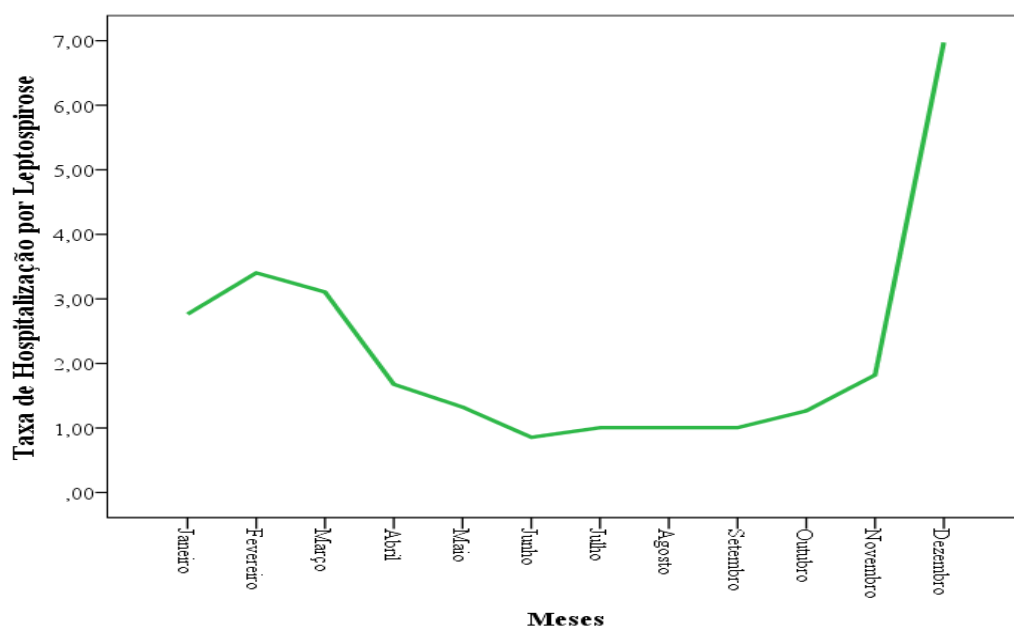


Gráfico 2 - Valores máximos mensais das taxas de Hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, para o Estado de Santa Catarina (2005 a 2014).

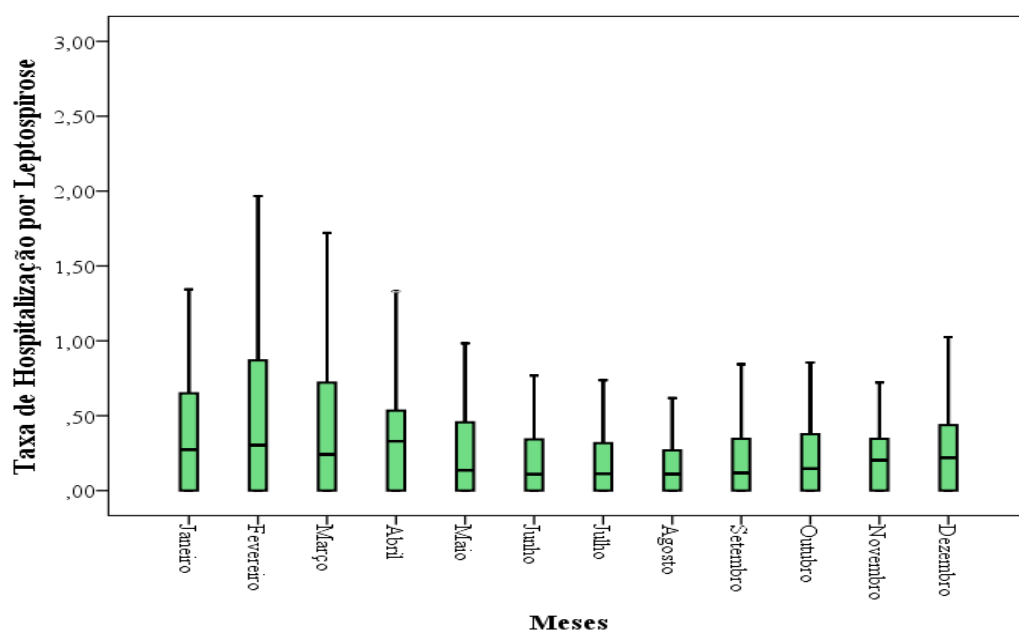


Gráfico 3 – Box-plot da taxa média mensal de Hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, por mês para o Estado de Santa Catarina (2005 a 2014)

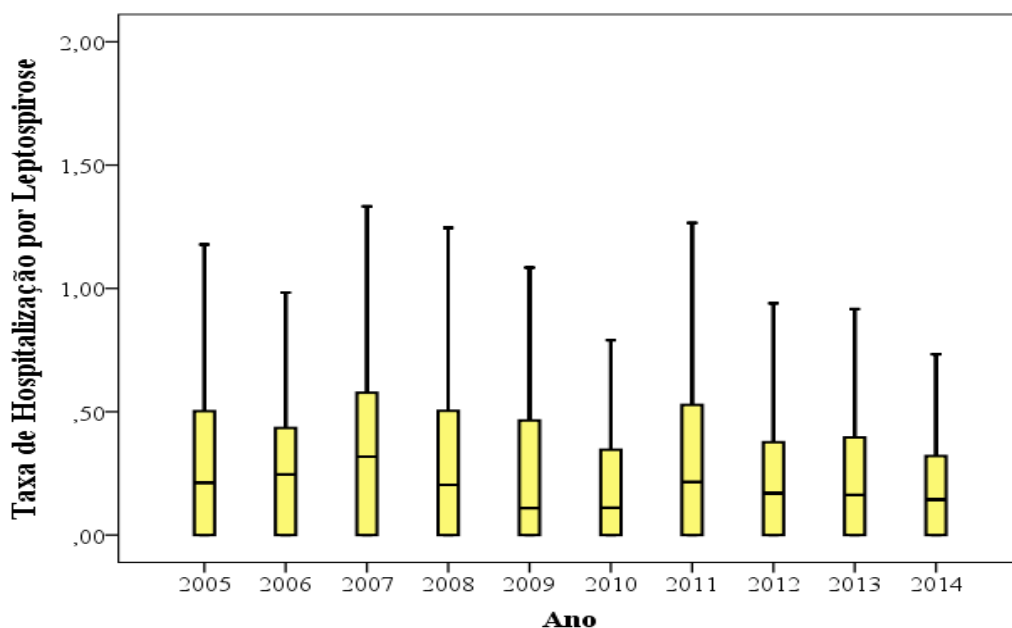


Gráfico 4 – Box-plot da taxa média anual de hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, no Estado de Santa Catarina (2005 a 2014)

Ao analisar os dados agregados para as regiões costeira e interior verificou-se uma diferença no padrão temporal das taxas de hospitalização por Leptospirose, tanto anual (Gráfico 5) quanto mensal (Gráfico 6) e na incidência destas hospitalizações. Em termos de variação anual, a região costeira mostra maior variabilidade das taxas nos anos de 2005, 2006 e 2008, o que difere da região do interior que apresenta uma variação mais acentuada nos anos de 2007 e 2011 (Gráfico 7).

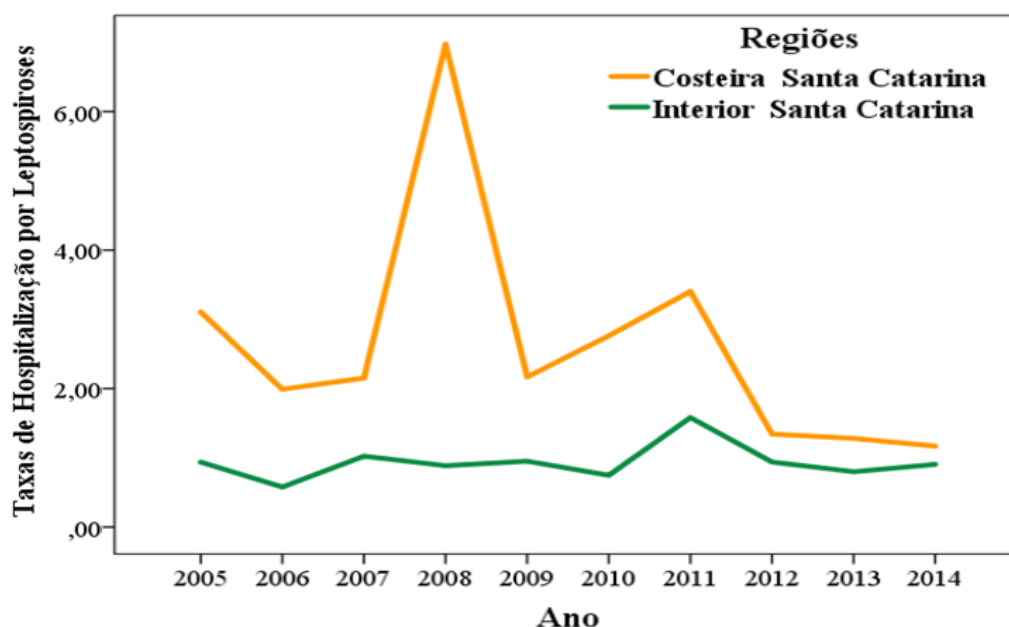


Gráfico 5 – Valores máximos anuais das taxas de Hospitalização por Leptospirose/100.000 habitantes para às regiões Costeiras e Interiores de Santa Catarina entre 2005 e 2014.

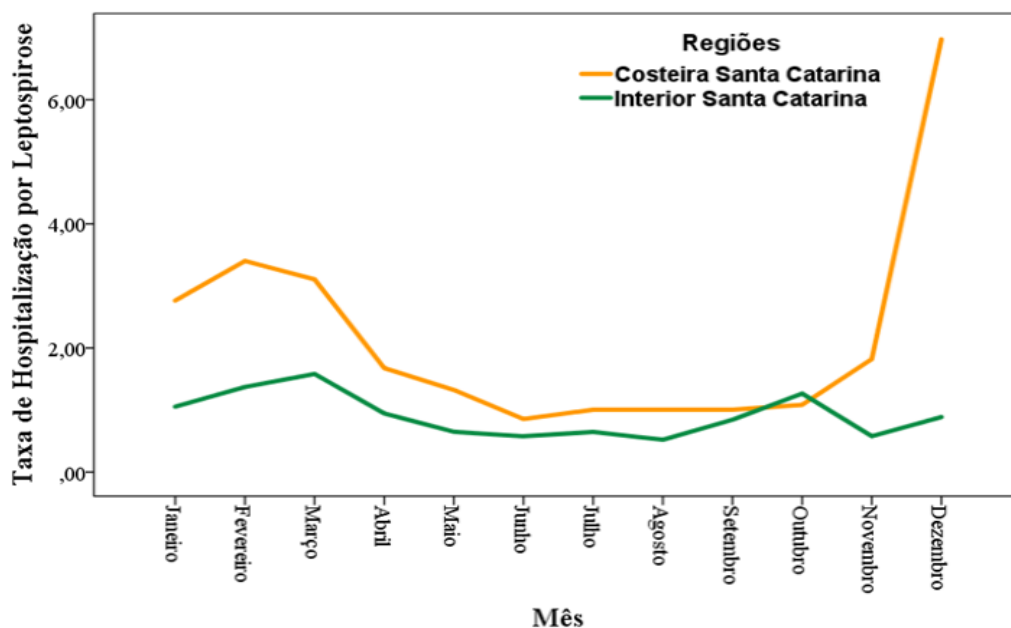


Gráfico 6 – Taxas máximas de Hospitalização por Leptospirose / 100.000 habitantes, para as regiões Costeiras e Interiores de Santa Catarina entre 2005 e 2014.

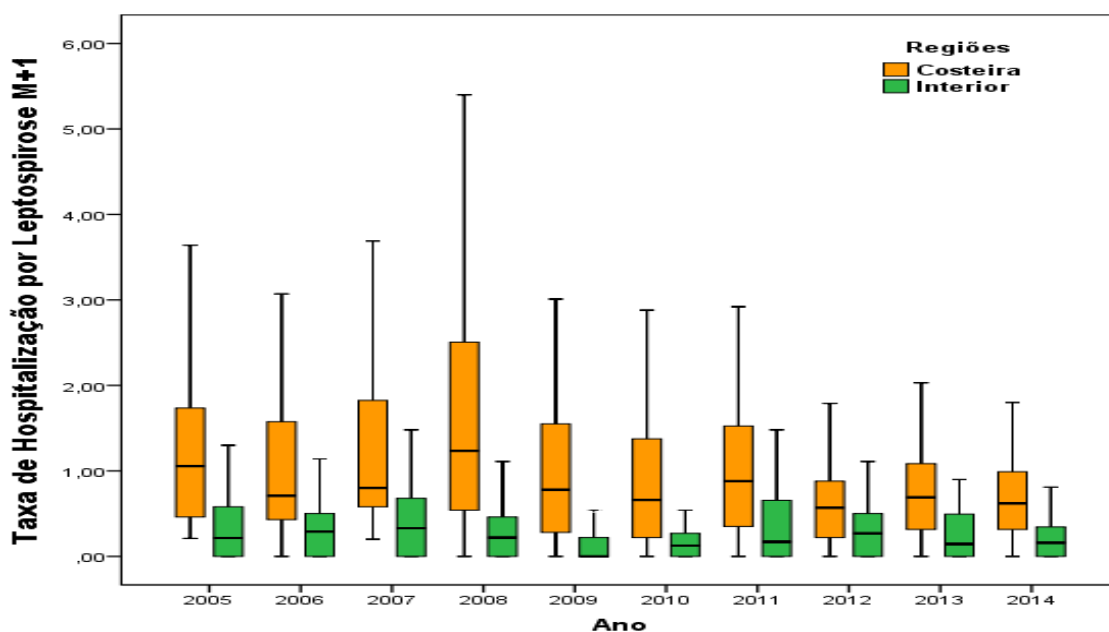


Gráfico 7 - Box-plot das taxas máximas anuais de hospitalização por Leptospirose mensal / 100.000 habitantes, para o período nas regiões Costeiras e Interior de Santa Catarina (2005 a 2014).

Durante a investigação identificou-se que a região costeira apresentou maior variabilidade nas taxas de hospitalização mensais do que as regiões do interior, principalmente em meses de janeiro a março (Gráfico 8). Ao analisarmos os dados mensais da região do interior, identificou-se as maiores das taxas de hospitalização por Leptospirose entre os meses de dezembro a abril (Gráfico 9).

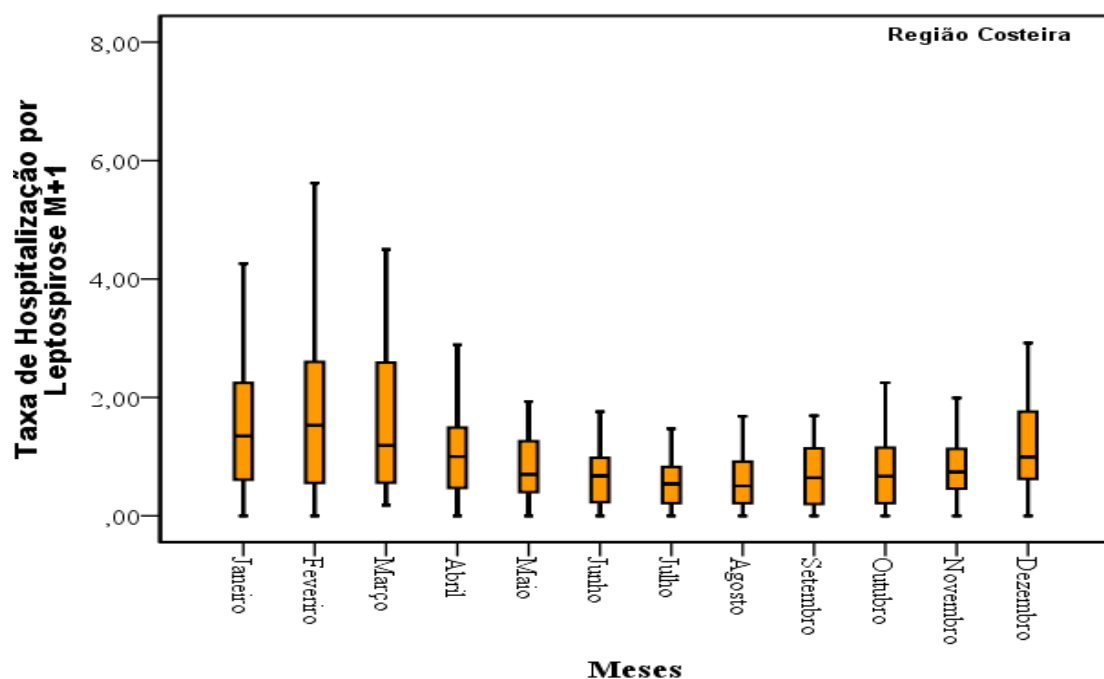


Gráfico 8 - Box-plot das taxas máximas mensais de hospitalização por Leptospirose /100.000 habitantes, no período da região Costeiras de Santa Catarina. (2005 a 2014).

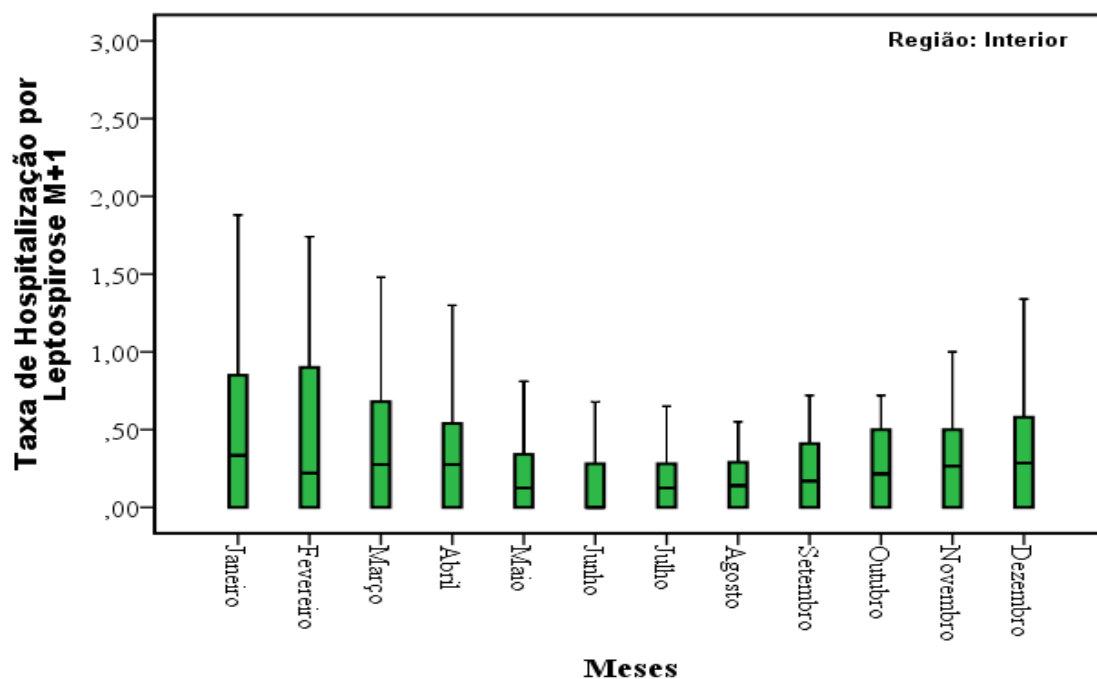


Gráfico 9 - Box-plot das taxas máximas mensais de hospitalização por Leptospirose / 100.000 habitantes, da região Interior de Santa Catarina (2005 a 2014).

As regiões costeiras e do interior apresentaram taxas de internação para a Leptospirose muito distintas no período, respectivamente, com médias de 0,55 e 0,15 por 100.000 habitantes, e para as taxas máximas essa disparidade acentua-se, atingindo valores de 6,97 / 100.000 habitantes para o litoral e de 1,58/100.000 habitantes para o interior (Tabela 3).

Quando a análise das taxas de hospitalização por Leptospirose é refinada por macrorregiões (Tabela 4), a região Nordeste destaca-se por apresentar a maior taxa média de internação entre todas as macrorregiões no período estudado (0,90 / 100.000 habitantes) com um valor máximo por mês no período analisado (3,40 / 100.000 hab.), o que corresponde a uma variação de 277% em relação à média. Esta macrorregião está localizada na região classificada como costeira (Tabela 3), que apresenta as maiores médias, mediana e onde os valores máximos de internação atingiram 6,97 / 100.000 hab. (Tabela 4).

Por outro lado, a Foz do Rio Itajaí é a macrorregião localizada na região costeira que apresenta a menor média mensal 0,23 / 100.000 hab. Embora na região do interior três das cinco macrorregiões apresentaram também taxas médias baixas. A principal diferença entre as macrorregiões foi encontrada na Foz do Rio Itajaí, com valor máximo mensal de taxa de internação de 6,97 / 100.000 habitantes (Tabela 4), sendo a maior taxa registrada para o período.

Tabela 3: Valores médios, medianos, mínimos e máximos das taxas de internação por Leptospirose nas regiões Costeira e Interior de Santa Catarina entre os anos de 2005 e 2014.

Taxa de Hospitalização da Leptospirose			
		Regiões	
		Costeira	Interior
N	Validos	480	600
	Omissos	0	0
Media		0,55	0,15
Mediana		0,37	0,00
Mínimo		0,00	0,00
Máximo		6,97	1,58

Tabela 4: Médias, medianas, valores mínimos e máximos das taxas de internação por Leptospirose mensal para as macrorregiões de saúde de Santa Catarina entre os anos de 2005 e 2014.

Taxa de Hospitalização por Leptospirose									
Macrorregiões de Saúde									
	Costeira				Interior				
	Grande Florianópolis	Nordeste	Foz do Rio Itajaí	Sul Catarinense	Vale do Itajaí	Meio Oeste	Planalto Norte	Planalto Serrano	Extremo Oeste
Media	0,80	0,90	0,23	0,28	0,27	0,11	0,06	0,04	0,27
Mediana	0,63	0,72	0,16	0,23	0,21	0,00	0,00	0,00	0,26
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	4,05	3,40	6,97	1,42	1,58	0,66	0,56	0,70	0,95
N	Válido	120	120	120	120	120	120	120	120
	Omis.	0	0	0	0	0	0	0	0

5.1.1.2 - Eventos Hidrológicos Extremos

A maioria dos EHE concentra-se em um período de 5 anos que perfaz um total de ocorrências por macrorregião que varia de 88,4% a 96,7%, do total de EHE ocorridos no intervalo do estudo (Tabela 6). Ao analisar o número de EHE que afetaram o Estado de Santa Catarina entre 2005 e 2014, o ano de 2011 foi o que apresentou o maior número de ocorrências em todas as macrorregiões exceto na Foz do Rio Itajaí e no Meio Oeste (Gráfico 10, Tabela 6). No entanto, os anos de 2008, 2009, 2010 e 2014 também apresentaram um elevado número de EHE (Tabela 6).

Entre os anos de 2005 e 2014, houve uma maior concentração de EHE nas macrorregiões do Vale do Itajaí, Sul de Santa Catarina, Extremo Oeste, Meio Oeste e Grande Florianópolis (Tabela 5). Essas regiões estão quase todas localizadas na região Interior do território de Santa Catarina. As macrorregiões Planalto Serrano e Planalto Norte foram as que registraram menor frequência de EHE, essas se localizam na região conhecida como Planalto Catarinense, que possui um relevo com altas altitudes (Figura 3 – Painel superior direito).

Tabela 5: Número de EHE por macrorregiões de saúde de **Santa Catarina** entre os anos de 2005 a 2014.

Macrorregiões		Número de Inundações Repentinas	Número de Inundações	Número de Alagamentos	Eventos Hidrológicos
COSTEIRA	Grande Florianópolis	175	03	01	179
	Nordeste	113	01	01	115
	Foz do Rio Itajaí	103	05	02	110
	Sul	318	06	07	331
	Catarinense				
INTERIOR	Planalto Norte	62	22	07	91
	Planalto Serrano	63	06	01	70
	Vale do Itajaí	349	20	03	372
	Meio Oeste	163	07	10	180
	Extremo Oeste	195	19	02	216

Tabela 6: Número de EHE por macrorregiões de saúde de Santa Catarina para os anos de maior ocorrência entre os anos de 2005 a 2014.

Macrorregiões		ANO 1		ANO 2		ANO 3		ANO 4		ANO 5		% Acum.
		Ano	Nº	Ano	Nº	Ano	Nº	Ano	Nº	Ano	Nº	
COSTEIRA	Grande Florianópolis	2011	66	2008	57	2010	38	2009	05	2013	04	94,9%
	Nordeste	2011	38	2008	33	2009	21	2010	07	2014	07	92,2%
	Foz do Rio Itajaí	2008	32	2011	31	2010	17	2009	14	2007	08	92,7%
	Sul Catarinense	2011	107	2010	82	2009	52	2007	21	2008	17	84,3%
INTERIOR	Planalto Norte	2011	25	2010	22	2014	16	2005	10	2013	08	89,0%
	Planalto Serrano	2011	32	2005	09	2009	09	2010	09	2007	06	92,9%
	Vale do Itajaí	2011	148	2010	69	2008	58	2009	44	2014	30	93,8%
	Meio Oeste	2010	65	2011	39	2014	30	2009	27	2014	13	96,7%
	Extremo Oeste	2011	58	2010	46	2014	39	2013	28	2008	20	88,4%

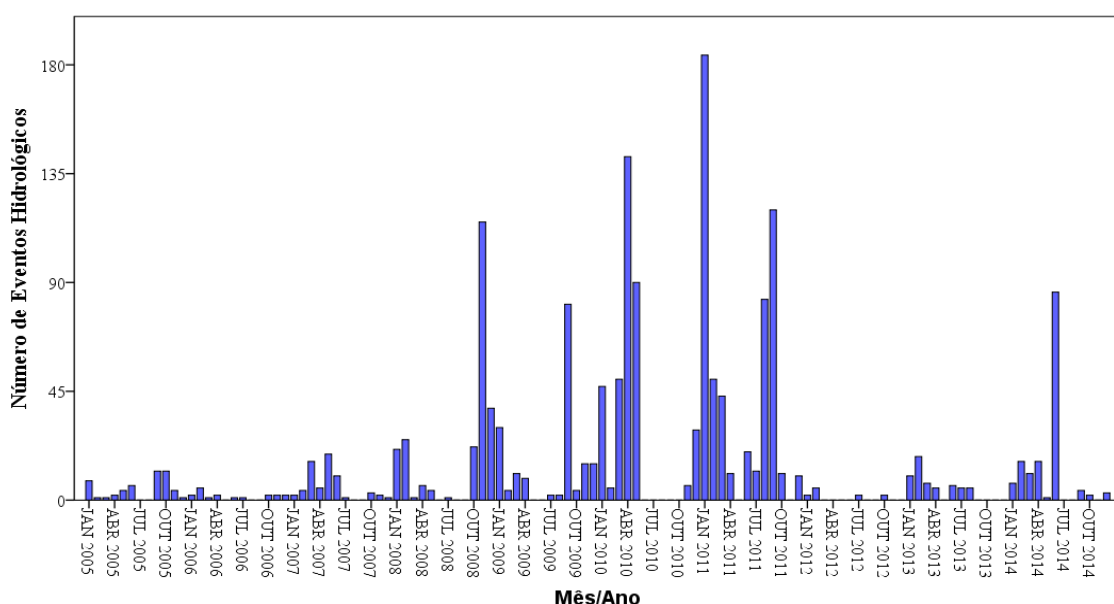


Gráfico 10 - Número mensal de EHE que afetaram o Estado de Santa Catarina entre 2005 e 2014.

A ocorrência de EHE afetou as diversas macrorregiões de saúde de Santa Catarina, principalmente as localizadas na região Interior, com um total de 929 (55,8%) EHE, sendo a macrorregião Vale Itajaí a que apresentou o maior número (372 EHE). A região Costeira de Santa Catarina, totalizou 735 (44,2%) EHE, sendo a macrorregião do Sul Catarinense a que obteve o valor mais expressivo (331 EHE).

Entre os EHE observados estão as inundações repentinas com 832 ocorrências, que corresponde a 89,6% do EHE registrados no período para o Interior de Santa Catarina. Para a região Costeira, que registou 709 casos de inundações repentinas no período, esse valor corresponde a 96,5% do total de EHE.

Em relação aos anos com maior ocorrência de EHE, observou-se predomínio para os anos de 2011 com 534 EHE (32,0%), seguido de 2010 com 369 EHE (22,2%) e 2008

com 233 EHE (14,0%). Os três anos acima referidos totalizam 1136 eventos que corresponde a 68% do total de EHE ocorrido no período 2005/2014.

O número de EHE na região Costeira apresentou maior predominância no mês de janeiro com um total de 202 EHE, seguido por maio com 102 EHE, e com menor prevalência nos meses de junho com 05 EHE e outubro com 07 EHE. A região Interior do Estado de Santa Catarina, registou os maiores valores de EHE nos meses de abril com 159 EHE e setembro com 152 EHE, e os valores mais baixos foram registrados nos meses de maio com 16 e junho com 19.

5.1.1.3 - Precipitação

Ao analisar os dados médios de precipitação por mês/ano no Estado de Santa Catarina, observou-se que em 37,2% dos meses registaram-se valores de precipitação acima de 150 mm, e em 35,1% os valores de precipitação foram abaixo de 100 mm (Gráfico 11). Ainda neste gráfico, é possível identificar os períodos com maior precipitação média, que são os meses de outubro de 2008 (344,8 mm), seguidos de junho de 2014 (305,7 mm), janeiro de 2011 (298,1 mm), janeiro de 2010 (277,8 mm) e janeiro de 2007 (269,2 mm) (Gráfico 11).

Em uma análise mais ampla, o ano de 2008 foi o que apresentou maior índice de precipitação seguido dos anos de 2013, 2009 e 2011 (Gráfico 12). Quanto aos meses, os valores médios mensais mais elevados foram encontrados nos meses de janeiro, outubro e dezembro, respectivamente (Gráfico 13).

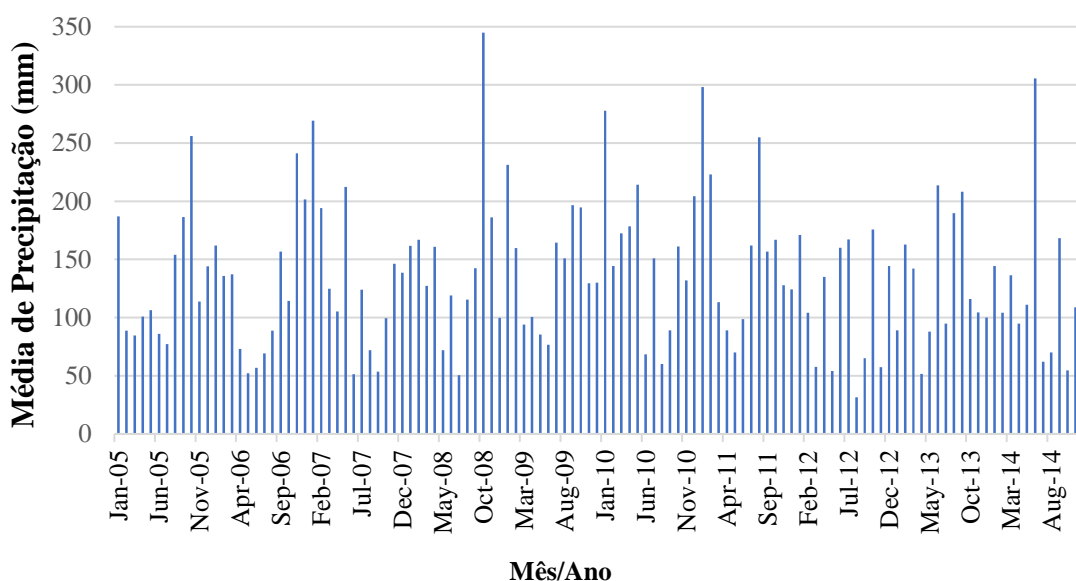


Gráfico 11 - Precipitação média mensal no Estado de Santa Catarina entre os anos de 2005 a 2014

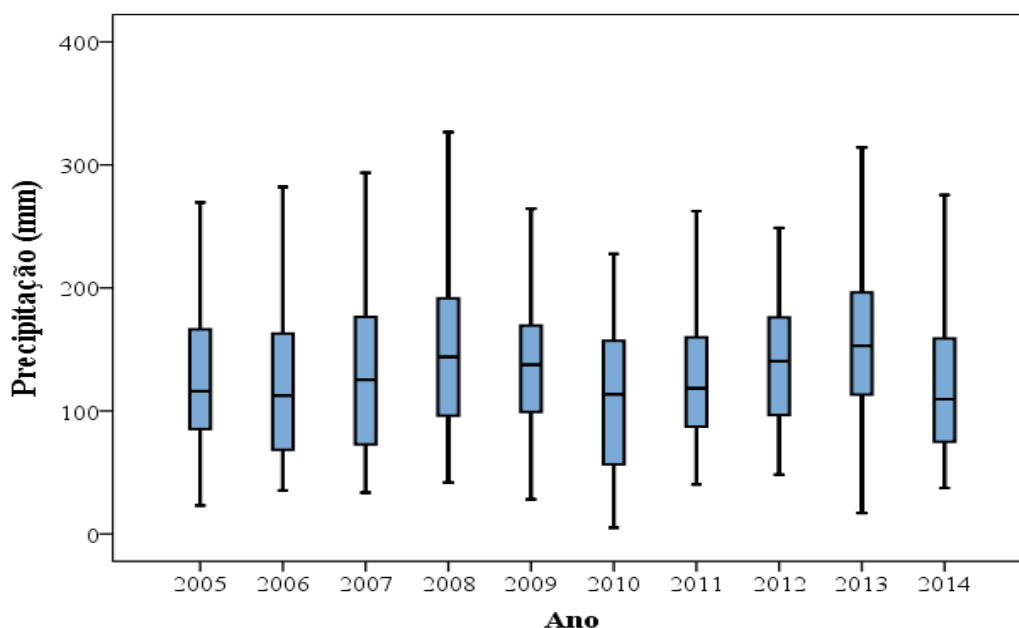


Gráfico 12 - Box-plot dos índices médios de precipitação mensais, por ano, para o Estado de Santa Catarina para o período de 2005 a 2014.

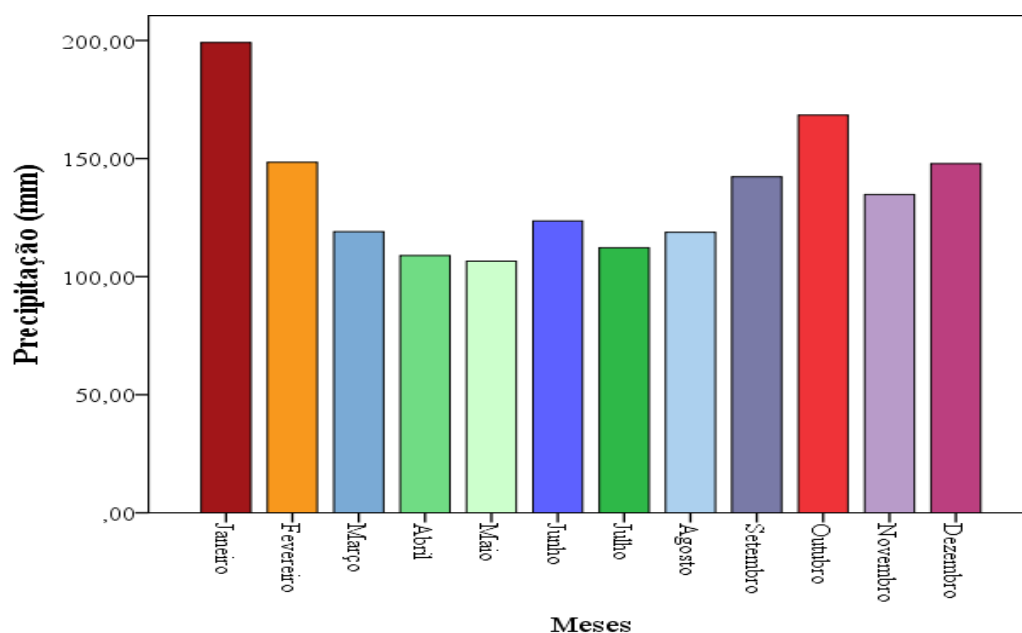


Gráfico 13 - Média mensal dos índices de precipitação para o Estado de Santa Catarina para o período de 2005 a 2014.

5.1.2 Análise de Correlação

A análise estatística que relaciona o número EHE com as taxas de hospitalização por Leptospirose durante o período selecionado (2005 a 2014) revelou que o número de EHE está associada a um aumento das taxas de hospitalização por Leptospirose. No entanto, o aumento das taxas de hospitalização nem sempre são verificadas quando da ocorrência imediata dos eventos, sendo que esses podem influenciar as taxas de hospitalização nos meses subsequentes aos EHE (Figura 4).

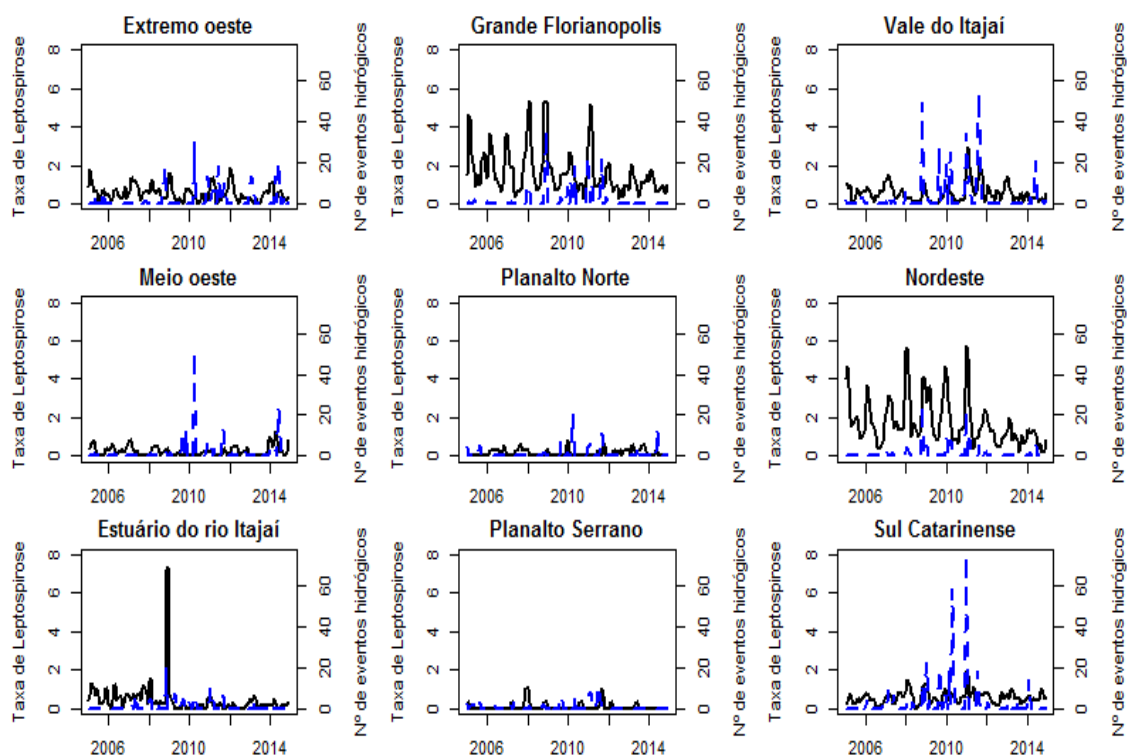


Figura 4: Séries temporais do número de EHE mensais (azul) e taxas de internação por Leptospirose (preto) por Macrorregião de Saúde entre os anos de 2005 e 2014.

O coeficiente de correlação de Spearman entre as taxas de hospitalização por Leptospirose nos meses “M” e “M+1” e o número de EHE para cada Macrorregião de Saúde é apresentada na Tabela 7. As macrorregiões do Vale do Itajaí e da Grande Florianópolis são as que apresentaram maior número de correlações positivas anuais para o período em análise. Nomeadamente, o Vale do Itajaí apresentou correlação positiva e estatisticamente significativa para os anos de 2008; 2009; 2010; 2011 e 2014; e a Grande Florianópolis também apresentou correlações significativas para os anos de 2008; 2011 e o ano de 2013. A macrorregião Nordeste foi a que apresentou a maior correlação positiva entre todas as macrorregiões para o ano de 2008. A análise também revelou correlações negativas, porém sem significado estatístico (Tabela 7).

Tabela 7: Coeficientes de Correlação de Spearman para Leptospirose (M+1) x Eventos Hidrológicos, por Ano e Macrorregião de Saúde, para os anos de 2005 a 2014 (Anos com correlações positivas e significativas [Amarelo]).

Macrorregiões de Saúde			Correlações Spearman									
			Hospitalização por Leptospirose (M+1)									
			Ano									
			2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Eventos Hidrológicos	Extremo Oeste	Coef	0,111	----	0,191	-0,496	0,044	-0,256	0,070	---	-0,395	0,077
		Valor-P	0,730	----	0,551	0,101	0,892	0,421	0,829	---	0,203	0,812
	Grande Florianópolis	Coef.	0,032	-0,044	0,028	0,612*	0,352	0,441	0,635*	---	0,656*	0,088
		Valor-p	0,921	0,893	0,931	0,035	0,262	0,151	0,026	---	0,020	0,785
	Vale do Itajaí	Coef.	0,221	0,459	0,330	0,722**	0,658*	0,701*	0,613*	0,397	---	0,655*
		Valor-p	0,491	0,133	0,295	0,008	0,020	0,011	0,034	0,201	---	0,021
	Meio Oeste	Coef.	0,139	-0,143	-0,139	-0,144	-0,255	0,000	0,432	-0,046	-0,134	0,388
		Valor-p	0,667	0,657	0,667	0,656	0,424	1,000	0,161	0,886	0,677	0,213
	Planalto Norte	Coef.	----	0,105	---	-0,134	-0,134	0,393	-0,326	---	-0,069	0,448
		Valor-p	----	0,745	---	0,677	0,677	0,207	0,300	---	0,832	0,144
	Nordeste	Coef.	-0,220	-0,227	0,196	0,740**	-0,221	0,416	0,608*	0,485	---	0,155
		Valor-p	0,492	0,478	0,542	0,006	0,490	0,178	0,036	0,110	---	0,631
	Foz do Rio Itajaí	Coef.	---	---	-0,312	0,405	-0,007	-0,524	0,276	-0,285	0,390	-0,049
		Valor-p	---	---	0,323	0,192	0,983	0,080	0,384	0,368	0,210	0,880
	Planalto Serrano	Coef.	0,109	---	-0,094	0,335	---	-0,255	-0,260	---	---	---
		Valor-p	0,736	---	0,772	0,287	---	0,424	0,415	---	---	---
	Sul Catarinense	Coef.	-0,083	0,496	-0,277	0,372	0,000	0,713**	0,261	0,353	0,047	0,182
		Valor-p	0,798	0,101	0,383	0,234	1,000	0,009	0,412	0,260	0,886	0,572
*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).												
**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).												

Ao comparar os índices de precipitação e as taxas de hospitalização por Leptospirose durante o período selecionado (2005 a 2014), observou-se que nos períodos de precipitação elevada, seguiu-se um aumento nas taxas de hospitalização por Leptospirose. No entanto, houve registro de aumento das taxas no mês seguinte ao episódio. Verificou-se que em alguns meses as internações apresentaram um comportamento sazonal e que, mesmo com taxas de precipitação consideradas normais para a estação climática e para a região, o comportamento da taxa de internamento sofreu ligeiro aumento (Figura 5).

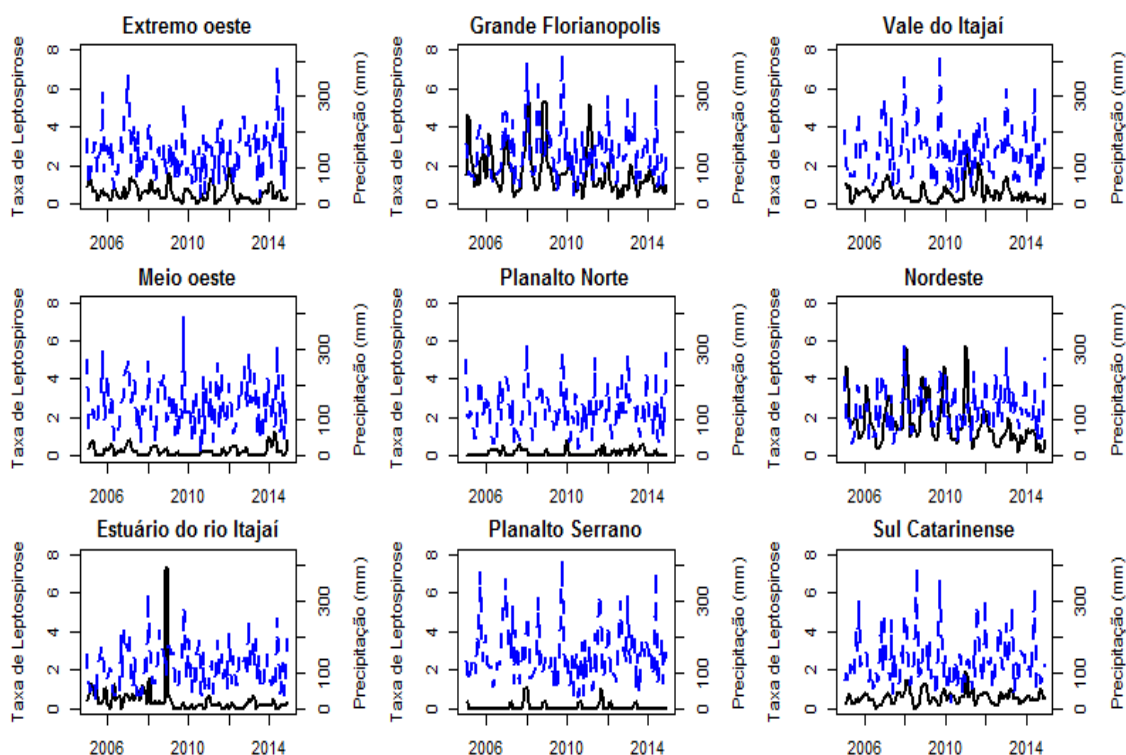


Figura 5: Séries temporais das médias de Precipitação mensais (azul) e taxas de internação por Leptospirose (preto) por Macrorregião de Saúde entre os anos de 2005 e 2014.

De igual forma, realizou-se a análise estatística de correlação de Spearman com o nível de significância de 0,05 para as variáveis Taxa de Hospitalização por Leptospirose M+1 e Precipitação (tabela 8). Verificou-se a existência de correlações ($p < 0,05$) para as macrorregiões de saúde da Grande Florianópolis e do Vale do Itajaí para o período analisado. Em relação a Macrorregião da Grande Florianópolis, encontrou-se correlação positiva para os anos de 2007 e 2009, e para a macrorregião do Vale do Itajaí, a correlação foi positiva para os anos de 2006, 2007 e 2009.

Entre as macrorregiões que apresentaram correlação negativa, destacam-se as macrorregiões do Planalto Norte em 2007 e do Sul Catarinense em 2011. Dentre as macrorregiões analisada duas diferenciaram-se das demais por apresentar variações da correlação (negativa e positiva). A macrorregião da Foz do Rio Itajaí apresentou correlação negativa nos anos de 2005 e 2007, e positiva em 2009. Enquanto a macrorregião do Meio Oeste apresentou correlação positiva em 2007 e negativa para 2008.

Tabela 8: Coeficientes de Correlação de Spearman para Leptospirose (M+1) x Precipitação por Ano e Macrorregião de Saúde, para os anos de 2005 a 2014 (Anos e período com correlações positivas e significativas [Amarelo]).

Correlações de Spearman													
Macrorregiões de Saúde			Precipitação										
			Ano										
			2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005/2014
Hospitalização por Leptospirose (M + 1)	Extremo Oeste	Coef.	-0,021	-0,341	0,262	0,106	0,095	-0,431	-0,060	0,071	0,186	0,237	0,011
		Valor-p	0,948	0,278	0,411	0,743	0,768	0,162	0,854	0,826	0,563	0,459	0,901
	Grande Florianópolis	Coef.	0,011	0,350	0,589*	0,211	0,760**	-0,014	0,049	0,035	0,388	0,229	0,225*
		Valor-p	0,974	0,264	0,044	0,511	0,004	0,966	0,879	0,913	0,213	0,473	0,014
	Vale do Itajaí	Coef.	0,370	0,747**	0,576*	0,008	0,657*	0,086	0,270	0,155	0,413	0,489	0,251**
		Valor-p	0,237	0,005	0,050	0,981	0,020	0,791	0,397	0,629	0,182	0,107	0,006
	Meio Oeste	Coef.	-0,271	0,565	0,716**	-0,917**	-0,194	-0,122	0,359	-0,304	0,097	0,169	0,066
		Valor-p	0,393	0,056	0,009	0,000	0,545	0,705	0,252	0,337	0,765	0,600	0,474
	Planalto Norte	Coef.		-0,214	-0,646*	0,296	0,022	0,414	0,092	-0,191	-0,257	0,324	-0,088
		Valor-p		0,504	0,023	0,351	0,947	0,181	0,776	0,553	0,420	0,304	0,341
	Nordeste	Coef.	-0,366	-0,133	0,430	0,431	0,448	0,130	0,148	-0,148	0,511	0,375	0,160
		Valor-p	0,242	0,680	0,163	0,162	0,144	0,687	0,646	0,646	0,089	0,230	0,081
	Foz do Rio Itajaí	Coef.	-0,812**	-0,443	-0,668*	0,105	0,599*	-0,292	-0,247	-0,160	0,293	0,117	-0,098
		Valor-p	0,001	0,149	0,018	0,746	0,040	0,357	0,440	0,619	0,355	0,716	0,287
	Planalto Serrano	Coef.	-0,389		0,067	0,336		-0,389	0,569	-0,065	-0,130		0,038
		Valor-p	0,212		0,836	0,285		0,212	0,053	0,841	0,688		0,682
	Sul Catarinense	Coef.	-0,025	0,474	-0,258	0,112	-0,183	0,011	-0,639*	0,424	0,467	0,033	0,035
		Valor-p	0,938	0,119	0,419	0,728	0,568	0,973	0,025	0,169	0,126	0,920	0,703
		N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
* . A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).													
** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).													

5.2 Resultado Estudo 2: Impactes das temperaturas extremas no risco de morte por todas as causas e causas específicas nas regiões de Saúde de Florianópolis/SC E Recife/PE, Brasil

5.2.1 Análise Descritiva

5.2.1.1 - Perfil dos óbitos na Região de Saúde de Florianópolis

Quando analisamos as taxas de mortalidade no período do estudo, observamos que o gênero masculino é o grupo predominante, tanto para as mortes gerais quanto para as específicas, esse perfil é visto em ambas as regiões de saúde investigadas (Tabela 9 e 10); com exceção das mortes por causa específica do grupo das doenças cerebrovasculares (CID10 I 60-69) na região de saúde de Florianópolis, onde predomina o gênero feminino.

Ao analisar as taxas de mortalidade em relação à idade, observa-se que para Florianópolis as taxas de óbitos para todas as causas e para o grupo das doenças cardiovasculares (CID10 I20-25), são mais elevadas na faixa etária dos 65 aos 79 anos, o que muda quando se observa as mortes não acidentais (CID10 A00-R99), nos grupos de doenças dos aparelho circulatório e respiratório (CID10 I e J) e das doenças

cerebrovasculares (CID10 I60-69), onde as taxas mais elevadas são encontradas na faixa etária dos acima de 80 anos (Tabela 9).

Quanto à escolaridade em Florianópolis a população com de 4 a 7 anos de estudos, apresentou taxas de mortalidade mais elevadas para as mortes gerais, óbitos não acidentais e doenças cardiovasculares. Enquanto que, a população com 1 a 3 anos de escolaridade, as taxas mais elevadas foram encontradas no grupo das mortes por doenças do aparelho circulatório e do aparelho respiratório (CID10 I / J) e as mortes por doenças cerebrovasculares (Tabela 9).

Tabela 9: Taxas de mortalidade média anual por 100000 habitantes ocorridos na Região de Saúde de Florianópolis entre os anos de 2005 a 2014, distribuição por Gênero, Idade e Escolaridade (Maiores taxas por variável [Amarelo]).

	Região de Saúde De Florianópolis									
	Todas as causas		Morte sem causa externa		Sistema circulatório e respiratório		Cardiov. CID10 I20-25.9		Cerebrov. CID10 I60-69	
Gênero*	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa.	Freq.	Taxa	Freq.
Ignorado	0,2	25	0,2	21	0,0	5	0,0	3	0,0	1
Masculino	564,0	28431	461,2	23268	216,9	10933	79,6	4013	33,1	1667
Feminino	398,6	20912	374,9	19671	180,0	9446	53,4	2803	34,4	1805
Total	489,9	49368	417,6	42960	198,1	20384	66,3	6819	33,8	3473
Faixa Etária	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa.	Freq.	Taxa	Freq.
0 - 49 anos	118,8	12218	73,1	7518	19,6	2014	5,6	575	2,7	276
50 -64 anos	102,0	10490	86,6	8908	39,7	4087	17,4	1786	5,5	570
65 - 79 anos	131,2	13493	93,8	9651	67,9	6990	24,7	2542	11,7	1208
> 80 anos	123,0	12650	119,5	12291	70,9	7293	18,6	1916	13,8	1419
Total	474,9	48851	373,0	38368	198,1	20384	66,3	6816	33,8	3473
Escolaridade	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa.	Freq.	Taxa	Freq.
Analfabetos	39,1	4024	37,7	3883	20,3	2087	38,0	391	4,9	504
1 a 3 anos	94,1	9678	87,0	8955	43,1	4436	117,9	1213	87,2	897
4 a 7 anos	107,0	11010	91,3	9391	40,8	4200	131,5	1353	76,5	787
8 a 11 anos	79,0	8126	65,5	6734	27,0	2776	98,3	1011	44,1	454
>12 anos	36,0	3699	31,0	3188	11,2	1150	40,3	415	18,7	192
Total	355,2	36537	312,5	32151	142,4	14649	426,0	4383	275,5	2834

*Taxa média anual de mortalidade /100000 habitantes para o período de 2005 a 2014, usando como base população segundo IBGE para 2010 para a região de saúde de Florianópolis.

5.2.1.2 - Perfil dos óbitos na Região de Saúde do Recife

A abordagem mencionada na secção 5.2.2.1 foi repetida para a região de saúde do Recife (Tabela 10).

Em relação a idade, observou-se que em Recife a população dos 0 aos 49 anos apresentou taxas de mortalidade elevadas para o grupo de todas as causas de morte. Para os outros grupos de doenças investigados, a faixa etária que apresentou as maiores taxas foi a entre os 65 aos 79 anos (Tabela 10).

Em relação à variação das taxas de mortalidade de acordo com a escolaridade, na região de saúde do Recife, a população com 1 a 3 anos de estudo, apresentou taxas elevadas de morte para todos os grupos analisados (Tabela 10).

Tabela 10: Taxas de mortalidade média anual por 100000 habitantes ocorridos na Região de Saúde de Recife entre os anos de 2005 a 2014, distribuição por Gênero, Idade e Escolaridade (Maiores taxas por variável [Amarelo]).

	Região de Saúde De Recife									
	Todas as causas		Morte sem causa externa		Sistema circulatório e respiratório		Cardiov. CID10 I20-25.9		Cerebrov. CID10 I60-69	
Gênero*	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa.	Freq.	Taxa	Freq.
Ignorado	-----	157	-----	138	----	23	----	8	----	8
Masculino	762,1	137635	590,4	106521	208,9	37694	86,5	15603	60,0	10831
Feminino	522,4	109935	494,4	103977	177,3	37302	62,2	13084	58,3	12278
Total	633,8	247727	538,9	210636	191,9	75019	73,4	28695	59,1	23117
Faixa Etária	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa.	Freq.	Taxa	Freq.
0 - 49 Anos	178,3	69675	103,9	40601	21,5	8390	7,8	3033	5,4	2098
50 -64 Anos	129,0	50408	119,8	46837	45,6	17814	20,5	8001	11,9	4640
65 – 79 Anos	177,5	69369	171,6	67067	70,0	27351	27,8	10866	22,2	8665
> 80 Anos	148,5	58052	143,3	55993	54,8	21421	17,3	6781	19,7	7697
Total	633,2	247504	538,5	210498	191,8	74976	73,4	28681	59,1	23100
Escolaridade	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa	Freq.	Taxa.	Freq.	Taxa	Freq.
Analfabeto	83,4	32611	78,4	30638	28,3	11051	9,6	3742	9,2	3582
1 a 3 Anos	108,2	42290	93,0	36334	34,4	13450	13,6	5298	10,0	3925
4 a 7 Anos	98,2	38398	70,4	27531	25,0	9773	10,6	4139	6,7	2607
8 a 11 Anos	60,9	23788	47,7	18640	15,5	6068	6,7	2604	4,2	1651
>12 Anos	31,9	12468	27,7	10821	8,2	3215	3,8	1489	2,2	846
Total	251,2	98172	221,7	86672	80,5	31462	29,2	11423	26,9	10506

*Taxa média anual de mortalidade /100000 habitantes para o período de 2005 a 2014, usando como base população segundo IBGE para 2010 para a região de saúde de Recife.

5.2.2.3 - Temperatura nas Regiões de Saúde de Florianópolis e Recife

As duas regiões analisadas apresentam padrões de temperatura distintos, sendo que a região de Florianópolis apresenta maior variação térmica. A região de saúde do Recife, por sua vez, apresentou uma baixa variação térmica, o que também pode ser observado quando avaliamos o desvio padrão das temperaturas diárias para cada região e tipo de temperatura analisada (Figura 8 / Tabela 11).

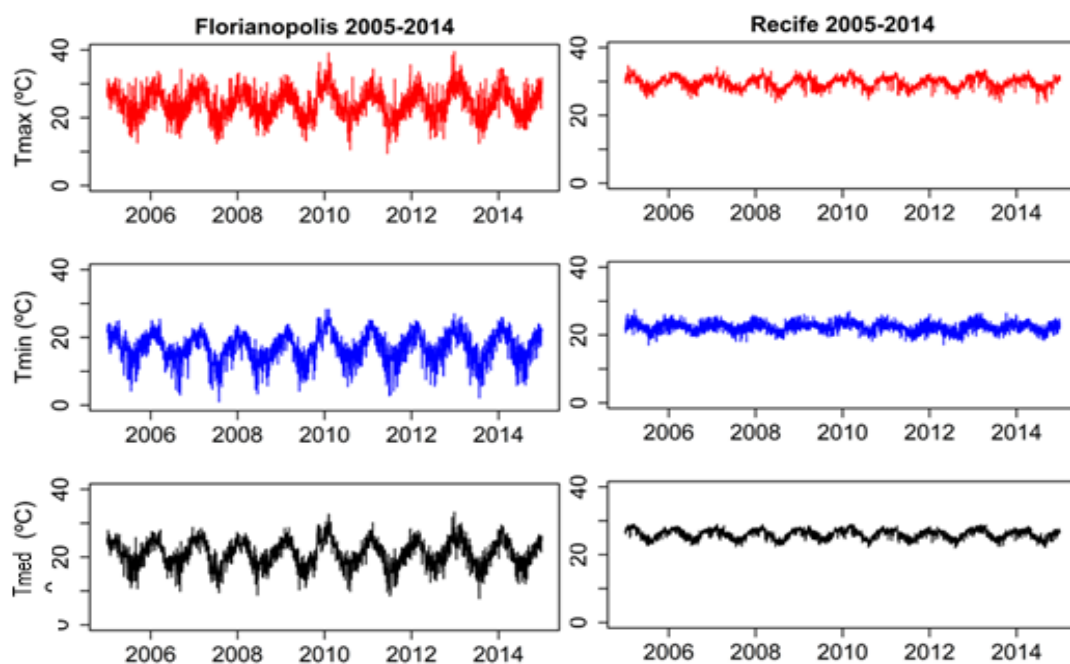


Figura 6: Temperaturas máxima (Tmax, vermelha), temperaturas mínima (Tmin, azul) e médias (Tmed, preta) para as regiões de saúde de Florianópolis/ SC e Recife / PE para os anos de 2005 a 2014 (Variação diária)

Tabela 11: Análise estatística (média, mínimo, máximo e desvio padrão (DP)) das temperaturas média (Tmed), máxima (Tmax) e mínima (Tmin) para as regiões de saúde de Florianópolis / SC e Recife / PE entre os anos de 2005 -2014

Regiões de Saúde	Temp. (°C)	Estatística			
		Média	Min.	Max	Desvio Padrão
Florianópolis	TMax.	24,28	9,49	39,5	4,23
	TMin.	17,06	1,05	28,28	4,30
	TMean.	21,01	7,74	33,25	3,87
Recife	TMax.	29,76	23,5	34,7	1,56
	TMin.	22,35	17	27,5	1,45
	TMean.	26,00	21,98	29,06	1,36

5.2.3 Análise da associação entre temperatura média do ar e mortalidade diária

5.2.3.1 - Região de Saúde de Florianópolis

As curvas de risco da associação entre a temperatura do ar média e a mortalidade para a região de saúde de Florianópolis apresentam um padrão em 'U', com um risco mais elevado nos extremos de temperatura (Figura 9). De destacar o grupo das doenças cerebrovasculares (CID10 I60-69), que apresenta maior sensibilidade à variação da temperatura; e o grupo das doenças cardiovasculares (CID10 I20-25) onde a influência das temperaturas elevadas sugerem um aumento do risco de morte.

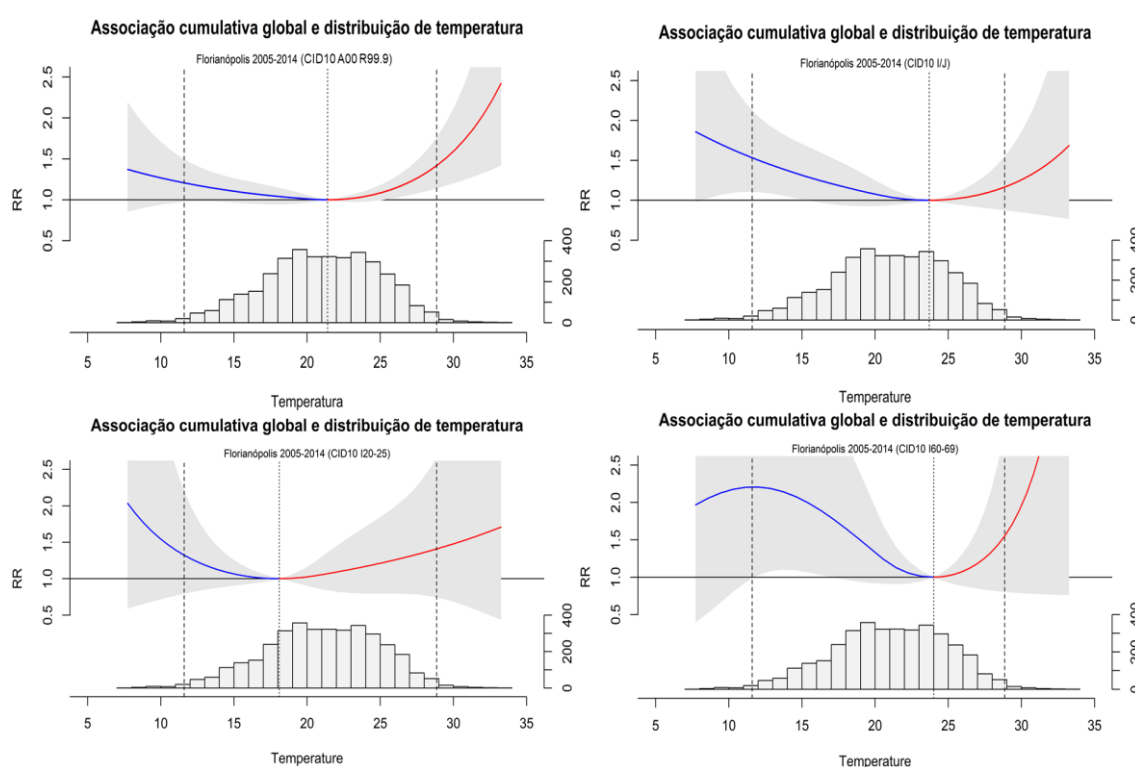


Figura 7: Curvas de exposição-resposta da mortalidade diária por mortes sem causas externas (CID10 A00-R99.9), grupos de doenças dos sistemas circulatório e respiratório (CID10 I00-99 / J00-99), doenças cerebrovasculares (CID10 I60-69), doenças cardiovasculares (CID10 I20-25); com IC95% (cinza) e histogramas com distribuição da temperatura do ar na Região de Saúde de Florianópolis entre os anos de 2005 a 2014. A linha vermelha representa valores de risco relativo por temperaturas altas acima da TMM e a linha azul representa valores de risco relativo por temperaturas baixas abaixo da TMM.

Em relação à Temperatura Mínima de Mortalidade (TMM), observamos diferenças significativas para a região de saúde de Florianópolis, onde a TMM foi de 18,1°C para as doenças cardiovasculares, chegando a 24°C para as doenças cerebrovasculares.

A região de saúde de Florianópolis apresenta risco de morrer aumentado para todas as causas de morte, com maior risco relativo de morte no percentil 1% (frio) da temperatura

do ar em comparação com a TMM, para o grupo de doenças cerebrovasculares de 2,20 (IC95% 0,98-4,95), seguido das doenças circulatórias e respiratórias de 1,53 (IC95% 1,11-2,20) e por fim o grupo de doenças cardiovasculares de 1,32 (IC95% 0,79-2,20). Para o percentil 99% (calor) da temperatura média diária do ar vs TMM, o risco relativo de morte foi mais elevado para o grupo doenças cerebrovasculares [1,55 (0,80-2,99)] e o grupo de doenças cardiovasculares [1,41 (0,74 - 2,68)], é o de maior risco (Tabela 12).

Ao compararmos a significância estatística para esta análise do risco relativo, vemos que o risco relativo foi significativo para o percentil 99% para todas as causas de mortes excluindo causas externas e no percentil 1% para as doenças associadas dos grupos circulatórias e respiratória (Tabela 12).

Tabela 12: Mortes atribuíveis a temperatura, Temperatura Mínimas de Mortalidade (TMM) e riscos relativos de morte nos percentis 1% e 99%, para Região de Saúde de Florianópolis.

Tipo/ Grupos/Causas		Mortes ^a			Mortes ^b		Risco Relativo (95% IC)	
		Total	%	TMM ^c (°C)	% (Frio)	% (Calor)	1%Perc. (°C) vs TMM	99% Perc. (°C) vs TMM
FLORIANÓPOLIS	Todas as causas (CID10 A00-R99)	2490	5,80	21,4	2,40	3,40	1.20 (0.97 – 1.49)	1.41 (1.14 – 1.76)
	Circulatório e Respiratório	1853	8,95	23,7	8,03	0,92	1.53 (1.11 – 2.12)	1.16 (0.88 – 1.55)
	Cerebrovascular	780	23,30	24	20,94	2,37	2.20 (0.98– 4.95)	1.55 (0.80 – 2.99)
	Cardiovascular	602	8,70	18,1	1,20	7,50	1.32 (0.79 – 2.20)	1.41 (0.74 – 2.66)

^A Mortes atribuídas à temperatura ^B % de Mortes atribuídas à temperatura ^C Temperatura Mínima de Mortalidade

A mortalidade atribuível à temperatura apresentou na região de saúde de Florianópolis valores mais expressivos do que a região do Recife (Tabela 12). As mortes gerais (CID10 A00-R99), correspondeu a 5,80% (2490) dos óbitos, e para o grupo das doenças Cerebrovasculares (CID10 I60-69), foi observado uma percentagem 23,30% (780 óbitos). Destaca-se também, que as temperaturas frias foi onde se observou uma maior carga atribuível. Para os extremos de temperatura quente se observou um maior número de mortes atribuíveis para os grupos das mortes não acidentais (CID10 A00-R99) e cardiovascular (CID10 I20-25).

5.2.3.2 - Região de Saúde de Recife

As curvas de risco da associação entre a temperatura do ar média e a mortalidade para a região de saúde de Recife apresenta um padrão de curvas linear que se acentua com os extremos de temperatura para as mortes gerais e o grupo de doenças do aparelho circulatório e respiratório. As mortes no grupo cardiovascular a conformação da curva de risco apresentou-se em forma ondulada, se atenuando nas temperaturas frias e

acentuando nas temperaturas quentes. Já para as mortes por doenças cerebrovasculares observa-se um padrão de curva em ‘U’ mais acentuado e com maior tendência de ampliação do risco com os extremos de temperatura (Figure 8). Vale ressaltar que, o grupo da mortalidade por doenças cerebrovasculares é o que apresenta uma associação mais acentuada com os extremos de temperatura; e o grupo da mortalidade por doenças cardiovasculares tem o risco aumentado para as temperaturas mais elevadas (Figura 8).

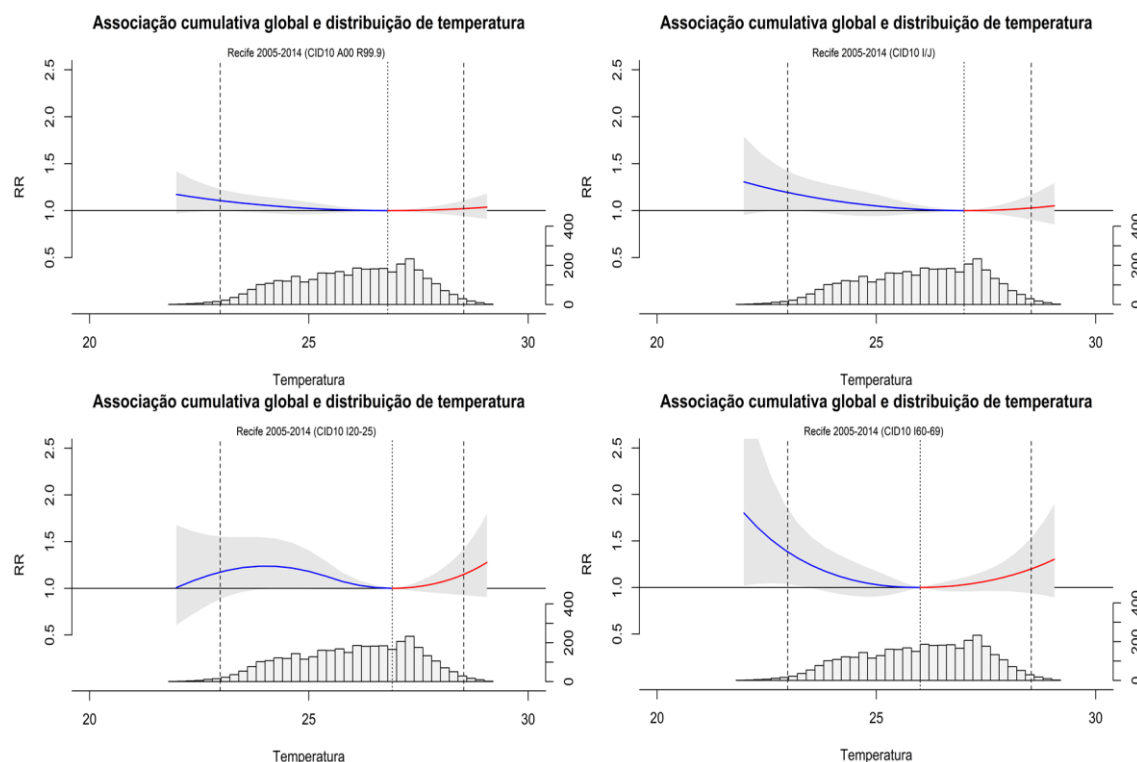


Figura 8: Curvas de exposição-resposta da mortalidade diária por mortes sem causas externas (CID10 A00-R99.9), grupos de doenças dos sistemas circulatório e respiratório (CID10 I00-99 / J00-99), doenças cerebrovasculares (CID10 I60-69), doenças cardiovasculares (CID10 I20-25); com IC95% (cinza) e histogramas com distribuição da temperatura do ar na Região de Saúde de Recife entre os anos de 2005 a 2014. A linha vermelha representa valores de risco relativo por temperaturas altas acima da TMM e a linha azul representa valores de risco relativo por temperaturas baixas abaixo da TMM.

A TMM para a região de saúde de Recife apresentou uma baixa variação onde os valores encontrados foram de 26°C para as doenças cerebrovasculares e de 27°C para as cardiovasculares, resultando numa pequena variabilidade térmica. O risco relativo de mortalidade no percentil 99% em comparação com a TMM varia de intensidade, sendo o risco relativo menor [RR=1,02 (0,94-1,10) RR=1,02 (0,91-1,17) IC95%] para todas as causas excluindo causas externas e para o grupos associados de doenças circulatórias e respiratórias respectivamente, e mais elevado [RR=1,38 (1,03-1,84) IC95%] para o

grupo das doenças cerebrovasculares no percentil 1%. Referente à significância estatística verifica-se que, para a região de saúde do Recife, as doenças cerebrovasculares são as que apresentam significância para o percentil 1% [1,38 (1.03-1.84)] da temperatura, como também para os grupos das doenças cardiovasculares e respiratórias associadas para o percentil 1% [1.19 (1.01-1.41)] (Tabela 13). As temperaturas frias apresentam-se como um componente desencadeador desses achados.

Tabela 13: Mortes atribuíveis a temperatura, Temperatura Mínimas de Mortalidade (TMM) e riscos relativos de morte nos percentis 1% e 99%, para Região de Saúde de Recife.

Tipo/ Grupos/Causas		Mortes ^a			Mortes ^b		Risco Relativo (95% IC)	
		Total	%	TMM ^c (°C)	% (Frio)	% (Calor)	1%Perc. (°C) vs TMM	99% Perc. (°C) vs TMM
RECIFE	Todas as causas (CID10 A00-R99)	3773	1,8	26,8	1,53	0,16	1.10 (1.00 – 1.22)	1.02 (0.94 - 1.10)
	Circulatório e Respiratório	2470	3,30	27	2,95	0,18	1.19 (1.01 – 1.41)	1.02 (0.91 – 1.17)
	Cerebrovascular	1289	5,57	26	2,96	2,42	1.38 (1.03 -1.84)	1.20 (0.93 -1.54)
	Cardiovascular	2319	8,08	26,9	7,15	0,97	1.17 (0.89 – 1.55)	1.14 (0.92 - 1.42)

^A Mortes atribuídas à temperatura ^B % de Mortes atribuídas à temperatura ^C Temperatura Mínima de Mortalidade

A mortalidade atribuível à temperatura apresentou valores significativos no grupo das doenças dos aparelhos circulatório e respiratório (2470 óbitos, 3,30%), para o grupo das doenças Cardiovasculares (2319 óbitos, 8,08%) e cerebrovasculares (1289 óbitos, 5,57%). Para esta região as temperaturas frias são as que apresentaram maior carga de mortes atribuíveis a temperatura para todos os grupos de mortes analisados.

6. DISCUSSÃO

6.1 Discussão dos resultados (Estudo 1)

Neste estudo analisou-se a existência de correlações entre hospitalizações por Leptospirose e eventos hidrometeorológicos no período de 2005 a 2014 no Estado de Santa Catarina.

O comportamento das taxas de hospitalizações por Leptospirose apresentou uma distribuição sazonal em todos os meses analisados, com picos de ocorrência nos períodos com maior probabilidade de chuva. Na região costeira foram identificadas as maiores taxas de internamento. Cabe aqui ressaltar que a Leptospirose pode ser contraída através do contato direto com a urina de animais domésticos, silvestres e domesticados, que são considerados reservatórios naturais desta doença, e não exclusivamente da ocorrência de EHE ^{26,153,167}. Existe ainda a possibilidade de, em períodos de baixa pluviosidade, a ocorrência de Leptospirose poder estar relacionada à atividade laboral, uma vez que os trabalhadores agrícolas estão mais expostos ao contato com potenciais hospedeiros ^{26,168,169}.

O Estado de Santa Catarina apresentou nos últimos anos um aumento no número de eventos hidrológicos, o que leva o Estado ao topo dos afetados no cenário nacional ¹⁷⁰. Ao analisar as diferentes macrorregiões da saúde, verificou-se que dentre elas existem algumas com maior suscetibilidade para estas ocorrências, embora se deva observar que a Leptospirose em Santa Catarina possui características sazonais e endêmicas também observadas em estudos que relacionam a Leptospirose à precipitação ¹⁷¹. O alto número de inundações repentinas pode ser um fator responsável pelo aumento dos casos de Leptospirose ³⁴, quando associado a fatores como baixa cobertura sanitária.

Para analisar os resultados, os eventos de EHE foram separados em inundações, inundações repentinas e alagamentos, sendo que as inundações repentinas representaram 92,6% das ocorrências registradas de EHE em Santa Catarina no período de 2005 a 2014 ¹⁵⁵. Esses resultados estão de acordo com os encontrados em outros estudos ¹⁷⁰, destacando a importância das inundações repentinas como o tipo mais frequentes de EHE no Estado de Santa Catarina, o que pode contribuir muito para o aumento do fluxo dos rios, causando rápidas inundações ¹⁷⁰ e, assim, permitindo a rápida propagação do agente causador da doença, a Leptospirose.

Isso nos leva a concluir que os tipos mais prevalentes de EHE no Estado de Santa Catarina são as inundações repentinas, que se caracterizam por um grande volume de

água em curto espaço de tempo, o que pode aumentar o fluxo dos rios causando rápidas inundações e alagamentos ¹⁷².

Sabe-se também que as inundações causam impactes na Saúde Pública e nos serviços de saúde devido às suas características e a falta de previsibilidade, pode afetar a oferta de serviços, bem como o deslocamento das equipes de apoio e assistência ¹⁷³. Além disso, as pessoas que estão menos preparadas para esse EHE são as que têm maior possibilidade de contato com água contaminada, aumentando assim o risco de Leptospirose ¹⁷⁴.

Por outro lado, e a montante dos eventos hidrológicos, estão os eventos de precipitação. Os maiores índices médios de precipitação para Santa Catarina foram observados em janeiro predominantemente, o que favoreceu a ocorrência de eventos extremos relacionados a um grande volume de precipitação em pouco tempo, semelhante ao que ocorreu em outros estados brasileiros ¹⁷³. Sabe-se que existe uma tendência de alta pluviosidade no Estado de Santa Catarina no verão, mas as mudanças climáticas estão influenciando esses valores. O surgimento de eventos extremos em pouco tempo começa a ser mais frequente, o que exige um melhor monitoramento e preparação das populações para lidar com esses fenômenos ¹⁷⁵.

As taxas máximas de hospitalização por Leptospirose foram identificadas nos meses e/ou meses subsequentes em que houve o maior número de eventos de EHE, o que está de fato relacionado ao período de incubação da Leptospirose, que varia de 2 a 30 dias, com média de 7 a 10 dias ¹⁷⁶. Além disso, as macrorregiões de saúde costeiras apresentam as maiores taxas de hospitalização por esta doença. A evidência sugere que regiões costeiras, como as localizadas no Estado de Santa Catarina, têm maior probabilidade de ter um número maior de EHE, o que influencia o número total de eventos para suas macrorregiões. A extensão territorial da região costeira catarinense, apresenta características meteorológicas e de relevo propícias a ocorrência de EHE, uma vez que essas regiões são mais propensas ao surgimento de tempestades momentâneas e com volumes elevados de precipitação em um curto espaço de tempo

84,175

Os resultados mostraram que quatro macrorregiões (Grande Florianópolis, Nordeste, Sul Catarinense e Vale do Itajaí) apresentaram correlações positivas variando de 0,608 a 0,740, para os anos de 2008, 2009, 2010, 2011, 2013 e 2014. Essas quatro macrorregiões também tiveram correlações significativas e positivas em todo o período analisado (2005 a 2014).

As regiões que apresentaram correlações positivas e significativas estão localizadas principalmente na zona costeira do Estado de Santa Catarina, que nos últimos anos apresentou um número significativo de eventos hidrológicos. Vários fatores podem ter contribuído para estes resultados, um deles pode estar relacionado com a densidade demográfica desta área. Outra explicação é que as áreas costeiras de Santa Catarina concentram os estuários dos principais rios do Estado e estão localizados em uma área de baixa altitude, enquanto o interior é dominado por áreas de planalto.

Em reação ao comportamento dos EHE, observou-se que o número de eventos influencia as taxas de internamento por Leptospirose. Quando a ocorrência é superior 15 EHE, maiores são as taxas de hospitalização nas regiões costeiras e no interior. Vale ainda enfatizar a importância de monitorar a doença e os eventos hidrológicos, uma vez que as mudanças climáticas são um fator desencadeante, e existe a tendência de mudança do comportamento e o surgimento de surtos, que afetam mais frequentemente os mais vulneráveis. Dessa forma, o controle se torna essencial para a mitigação dos impactos ^{84,177,178}.

Embora haja vantagens em se utilizar dados com menor resolução temporal (por exemplo, diária ou semanal, como relatado em outros estudos ^{179,180}), o uso de dados mensais é frequente e recorrente na literatura ^{26,177,181}. Os surtos após eventos meteorológicos extremos podem transcender a questão temporal e afetar os indicadores de saúde de forma perene ¹⁸². No entanto, alguns outros fatores que não foram abordados no estudo, também relevantes e podem influenciar a incidência da Leptospirose, como é o caso da densidade demográfica, das condições de saneamento, dos aspectos socioeconômicos e culturais, entre outros. Estes últimos podem ser incluídos de alguma forma numa investigação mais abrangente, a fim de melhor elucidar as causas e as consequências dos internamentos por Leptospirose. Estudos assim indicam que deve-se continuar a buscar uma melhor compreensão e monitoramento desses eventos, a fim de antecipar e mitigar seus impactos nas populações vulneráveis (idosos, crianças, pessoas com comorbidades etc.) ¹⁸³.

6.2. Discussão dos resultados (Estudo 2)

6.2.1 Mortalidade entre 2005 e 2014

As características do comportamento de mortalidade nas regiões de saúde estudadas (Florianópolis/SC e Recife/PE) apresentam semelhanças ao nível das taxas de mortes por todas as causas, mortes não acidentais, para as doenças circulatórias e respiratórias (CID10 I e J), e as doenças cardiovasculares (CID10 I20-25), com predominância no gênero masculino para ambas as regiões. No entanto, a mortalidade por doenças

cerebrovasculares (CID I60-69) difere, apresentando maior taxa no gênero feminino para a região de saúde de Florianópolis, o que está de acordo com outros estudos analisados ^{56,132,163}

Com relação à idade, na região de Florianópolis a faixa etária (65 a 79 anos) foi a que apresentou as maiores taxas de mortalidade por todas as causas e o grupo cardiovascular (CID10 I20-25). Para os outros grupos estudados a faixa etária (80+), foi onde se observou as taxas mais elevadas, o que condiz com as características da população e com outros estudos do perfil de mortalidade noutras regiões do mundo ^{184,185}. Na região de saúde de Recife as taxas de morte por todas as causas apresentaram valores mais expressivos na faixa etária dos 0 aos 49 anos, o que indica uma mortalidade precoce elevada ^{186–188}. Para as outras causas, a faixa etária com maior predominância foi dos 65 a 79 anos.

Em relação à escolaridade, vale ressaltar que o registro desta informação está omissa em um grande número de óbitos, o que pode mascarar a realidade da situação encontrada. Na região de saúde de Florianópolis, as maiores taxas de mortalidade ocorrem em indivíduos com 4 a 7 anos de escolaridade para as mortes gerais, mortes não acidentais e o grupo das cardiovasculares (CID10 I20-25). Para o grupo de doenças cerebrovasculares (CID10 I60-69) e o grupo óbitos por doenças circulatórias e respiratórias (CID10 I e J), foram registradas taxas elevadas em indivíduos com 1 a 3 anos de escolaridade. Para a região do Recife a escolaridade de 1 a 3 anos é onde se encontram as maiores taxas de mortes, incluindo as causas específicas investigadas ^{92,189,190}. Apesar de existirem reservas devido ao número de casos sem classificação de escolaridade, este indicador expõe as deficiências no registro das informações de saúde.

6.2.2 Associação entre extremos de temperatura e mortalidade

Este estudo mostrou que, em ambas as regiões, a temperatura do ar desempenha um papel significativo no excesso de mortes por todas as causas (CID10 A00-R99), mas com magnitudes diferentes, que podem estar relacionadas às características meteorológicas ^{35,59,60} ou ao perfil de mortalidade de cada região ^{60,143}. Esses resultados revelam que, mesmo em países considerados tropicais com pequenas amplitudes térmicas, estima-se que uma fração das mortes seja atribuída a temperaturas extremas do ar ^{56,59,61}. O Brasil, em sua dimensão territorial, apresenta entre as suas regiões diferenças climatológicas importantes, que conduzem a respostas diferentes aos extremos de temperatura ^{191,192}.

Quando se analisou o risco relativo de mortalidade relacionado à temperatura por causas específicas, verifica-se que na Região de Saúde de Florianópolis, cujo o clima é subtropical, as temperaturas têm um impacto diferente nas causas de mortalidade. As temperaturas frias aumentam o risco de morte por doenças circulatórias e respiratórias (CID10 I e J) e pelo grupo cerebrovascular (CID10 I 60-69). As temperaturas quentes, por sua vez, aumentaram o risco de morte por doenças cardiovasculares (CID10 I 20-25).

Na análise da região de saúde de Recife, que apresenta um clima tropical com baixa variabilidade climática, as temperaturas frias tiveram um impacto na mortalidade atribuível em todas as causas de morte investigadas; no entanto, para o grupo cerebrovascular (CID10 I 60-69), há apenas uma pequena diferença entre os riscos atribuíveis à temperatura fria e quente. Os extremos de temperatura fria têm um impacto maior nessa causa de morte ^{61,138,193,194}, o que também foi encontrado em outros estudos que mostraram uma associação entre frio e o risco de morte por doenças cerebrovasculares ^{194–197}.

É de destacar que as duas regiões analisadas (Florianópolis e Recife) apresentaram resultados diferentes em relação à mortalidade relacionada à temperatura do ar para doenças cardiovasculares. Enquanto em Florianópolis as temperaturas quentes apresentaram maior impacto para essa causa de morte, Recife apresenta maiores riscos associados às baixas temperaturas.

Além disso, os óbitos associados a baixas temperaturas são mais elevados para as doenças do grupo cerebrovascular na região de saúde de Florianópolis, que apresenta características climáticas temperadas, atingindo um percentual alto do número de óbitos atribuíveis (20,94%) por esse grupo. O envelhecimento da população, as comorbidades associadas as infecções respiratórias e a falta de medidas e ações no âmbito da Saúde Pública, que demonstraram ser tão úteis no caso do calor, podem explicar esse aumento da mortalidade associado a baixas temperaturas ^{198,199}.

As curvas de exposição-resposta (ER) analisadas, indicam que o comportamento das mortes é diferente em cada região para o grupo das mortes não acidentais (CID10 A00-R99). Vários fatores podem contribuir para essa discrepância, como condições fisiológicas de adaptação, condições socioeconômicas entre outros fatores ²⁰⁰. Também vale destacar as diferentes condições climáticas que geralmente ocorrem em cada região. Um importante fator condicionante no caso de Florianópolis reside no fato de que as temperaturas apresentaram uma grande amplitude térmica, onde os efeitos de temperaturas extremas são mais bem suportados pelas pessoas. Por outro lado, para

Recife, onde apenas pequenas variações térmicas estão presentes, extremos frios tendem a desenvolver respostas agudas de maior intensidade ^{144,201}.

Os achados desta pesquisa são comparáveis aos resultados de outros estudos que mostram um aumento dos efeitos das temperaturas nas mortes por causas gerais e específicas ^{59,202}. Com base nos cenários de aumento de temperatura esperados pelas alterações climáticas este problema pode ter novas dimensões. Em alguns países, devido as condições socioeconômicas e de organização dos serviços de saúde, as temperaturas extremas e as comorbidades, quando associadas, apresentam-se como fatores de risco em dias extremamente quentes ou frios, contribuindo para aumento do risco de mortalidade em certos grupos de doenças ^{15,56,59,103}.

Os resultados aqui apresentados estão de consonância com estudos anteriores ^{50,60,61,133,197}, alguns deles realizados no município de Recife ^{59,202}. Além disso, é importante ressaltar que estudos realizados em outras cidades igualmente localizadas na região nordeste do Brasil mostraram que, em quase todas as cidades investigadas, o componente frio se destaca como o principal influenciador de mortes sem causas externas (CID10 A00-R99.9) associadas à temperatura, o que corrobora com as descobertas desta pesquisa. É também de salientar que a pesquisa teve abrangência em todos os municípios da região de saúde de Recife.

Um estudo realizado em 18 cidades do Brasil, sendo 8 localizadas na região nordeste, mostrou uma variação na carga atribuível de mortalidade por temperatura na cidade de Recife de 2,1%. Cabe ressaltar que, para todas as cidades da região nordeste investigada, incluindo Recife, as temperaturas baixas apresentaram-se como o fator com maior risco relativo, o que corrobora com os nossos achados para os óbitos por causas gerais (CID10 A00-R99), e também por causas específicas. Resultados semelhantes da carga de mortalidade atribuível por baixas temperaturas foram encontrados em países tropicais como a Tailândia ^{56,59,202,203}.

A associação da temperatura com outros aspectos, como o perfil epidemiológico da população estudada, bem como os fatores fisiológicos de adaptação a extremos de temperatura, pode exacerbar uma resposta negativa ao estresse meteorológico. Os impactos da temperatura na mortalidade também são influenciados pelas condições socioeconômicas da população afetada ^{61,149,204}, nomeadamente pelo acesso aos sistemas de ar condicionado ^{205,206}. Além disso, outros fatores também podem contribuir para diminuir a influência dos eventos extremos de temperatura na mortalidade, como a existência de programas de intervenção em Saúde Pública ^{207,208} e, acima de tudo,

melhorias nos serviços de saúde que avançaram sensivelmente mais no tratamento de problemas cardiovasculares do que respiratórios ²⁰⁹⁻²¹¹.

Portanto, entender os fatores que contribuem para o aumento dessa vulnerabilidade e como agir para mitigá-los é uma maneira de combater os efeitos nocivos dos ET nos grupos populacionais expostos. Nessa perspectiva, a busca de informações e dados sobre esses efeitos e a magnitude do problema é um aspecto importante para a promoção e proteção da saúde, pois possibilita mapear territórios e faixas etárias mais propensas a uma resposta desfavorável em situações extremas ^{87,178,212}.

Em outra perspectiva, os serviços de saúde devem poder responder a essas situações através do mapeamento de situações de vulnerabilidade (idosos, crianças condições socioeconômicas etc.), no monitoramento e controle de situações extremas e no desenvolvimento de ações que possam reduzir esses efeitos em pessoas com comorbidades pré-existent. É importante destacar que no Brasil existe um serviço de monitoramento de desastres ambientais e eventos meteorológicos extremos (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais – CEMADEN). Porém, com relação a eventos extremos de temperatura, não há uma política pública para minimizar esses efeitos na população mais vulnerável ^{92,148,213,214}.

Diante do exposto, reforça-se aqui a relevância desta pesquisa para a Saúde Pública, pois esse tipo de abordagem fornece aos serviços de saúde a evidências que servirá de suporte para a consolidação de políticas públicas, apoiando ações dirigidas à compreensão do impacto das temperaturas extremas em causas gerais e específicas de morte da população e seus grupos vulneráveis. Ainda ao analisar outros estudos, vê-se que os grupos populacionais mais suscetíveis a essas doenças, como idosos, pessoas com comorbidades associadas (hipertensão, cardiopatias etc.), podem ter agravados os efeitos das temperaturas extremas quando associadas a condições desfavoráveis de conforto térmico ^{46,148,213,215,216}.

Esta pesquisa apresenta algumas limitações, nomeadamente por se tratar de um estudo ecológico cujo o enfoque está na compreensão dos grupos populacionais e territórios, e não do indivíduo.

Os dados meteorológicos podem ser vistos como uma limitação, uma vez que as temperaturas foram recolhidas da estação meteorológica da sede da região de saúde, neste caso Florianópolis e Recife, e não reflete o conjunto de temperaturas reais de cada município.

No entanto, este estudo fornece uma base para análise e comparação, que permite aos formuladores de políticas estabelecer diretrizes de promoção da saúde para populações

vulneráveis nesses contextos. Trata-se de um estudo precursor de análise comparativa entre regiões singulares da saúde, realizadas em território brasileiro, evidenciando o impacto das temperaturas e seus extremos na mortalidade.

7. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES

7.1 Conclusões e considerações

Durante a investigação sobre os eventos hidrológicos, os estudos indicaram a tendência de aumento dos EHE. Entender a magnitude e as consequências que os EHE trazem para a saúde das populações é imprescindível para mensurar os seus impactes. No entanto, o objectivo final não se limita apenas à mensuração desses impactes, sendo necessário que se desenvolvam medidas de proteção e controle com o intuito de mitigar os possíveis efeitos nocivos nas pessoas mais vulneráveis.

Como resultado das análises realizadas neste estudo sobre a associação entre os EME e as taxas de hospitalização para Leptospirose, os achados confirmam a existência de associação em algumas das macrorregiões de saúde investigadas. Contudo, por ser um estudo preliminar com base em dados secundários mensais, esta associação carece de maior profundidade de acareação. Entretanto, mesmo tendo em conta esta limitação, os resultados foram relevantes e possibilitaram compreender que, no Estado de Santa Catarina, que possui um regime hídrico destoante dos demais estados brasileiros, os EHE estão associados a indicadores de saúde relacionados às doenças de veiculação hídrica, sendo a Leptospirose um dos agravos mais sensíveis.

A Leptospirose, por ser uma doença endêmica, apresenta um comportamento sazonal em muitos países. Seus surtos estão intimamente ligados aos EME extremos, contudo esta zoonose pode também ser considerada uma doença relacionada com as características sanitárias e laborais de alguns territórios. Nesta ótica, o controle dos animais transmissores e as medidas de melhoria das condições de saneamento básico tornam-se eficazes na redução do número de casos

Portanto, ações específicas no setor de Saúde Pública e uma melhoria nas medidas para identificar e prever eventos meteorológicos extremos devem ser pensadas para mitigar esses impactes. O campo de ação deve ser ampliado, desde a melhoria dos indicadores de saneamento até o monitoramento de eventos e doenças, incluindo o desenvolvimento de planos de emergência para desastres, capazes de reduzir os impactes nas populações mais vulneráveis. Por esse motivo, as evidências resultantes deste estudo podem, juntamente com outros achados, permear o planejamento local na busca da especificidade no campo de atuação, que permite maior efetividade nas ações propostas.

Conclui-se à luz dos resultados que medidas de prevenção e promoção da saúde devem ser implementadas, para que em períodos onde haja maior probabilidade da ocorrência dos EHE e em regiões, nomeadamente as costeiras, onde foram encontrados a associação entre os eventos e o aumento das taxas de hospitalização a população mais vulnerável possa ser resguardada. As medidas podem ir desde a ampliação e implementação da rede de saneamento básico e oferta de água potável, até disseminação de informações sobre quais as medidas e cuidados a serem tomados pelas pessoas com maior vulnerabilidade.

Para além do referido, será necessário melhorar a eficácia dos sistemas de informação e alerta, para que de forma atempada possam suprir a necessidade de informações sobre os eventos extremos e sobre como proceder quando acometidos, de modo a possibilitar a adoção de medidas protetoras.

Quando falamos nos impactes do EHE especificamente, vemos que a urbanização descontrolada e a falta de saneamento contribuem sensivelmente para o surgimento de doenças. Nesta perspectiva, o Brasil, por suas dimensões, precisa desenvolver ações e políticas locais abrangentes, que passa por dar maior cobertura às populações tanto a nível de saneamento quanto à oferta de água potável ^{69,217}.

A identificação de pontos críticos e pontos de intervenção rápida principalmente dentro das cidades é uma ferramenta para melhoria de alguns indicadores de saúde que necessitam de ações de curto prazo. A melhoria nos indicadores de saneamento básico e oferta de água potável servem de medidas de controle e mitigação dos impactes sobre a saúde em situações de inundações e ou secas, pois diminuem as iniquidades através do fortalecimento das infraestruturas sociais básicas de uma população ^{69,217}.

No Brasil existe um caminho longo a percorrer quando se fala em medidas para confrontar os efeitos dos EME. No que tange à diminuição do estresse meteorológico provocado pelos extremos de temperatura, as ações voltadas inicialmente a informações durante os períodos de calor ou frio extremos devem ter maior eficácia e alcance social, enquanto que a busca de uma comunicação ativa aliada as novas tecnologias, devem ser pensadas tendo como impulsionadores os profissionais que estão na rede proximal de atenção à saúde ^{67,69,218}

A relevância deste investigação constitui-se na construção de evidências dos impactes da temperatura nas causas gerais e específicas dos óbitos, com a mudança do perfil epidemiológico e da idade da população brasileira ^{61,92}. Esses achados contribuem para a compreensão desse fenômeno e seu impacto nos indicadores de saúde de uma

população que passa pela transição de suas causas de morte, de causas infecciosas para doenças crônico-degenerativas ^{15,61,126,133}.

Concluiu-se a partir dos achados deste estudo que 1) a temperatura exerce influência tanto nos indicadores de mortalidade por causas gerais e causas específicas; 2) que extremos quentes e frios trazem diferentes impactos para as regiões estudadas; 3) os óbitos cerebrovasculares apresentam maior sensibilidade aos extremos frios na região de Florianópolis, porém esta associação deve ser investigada com maior profundidade.

A escassez de estudos sobre a associação de temperatura e mortalidade em países com clima tropical e subtropical, especialmente para aqueles do hemisfério sul, dificulta a comparação dos resultados encontrados. A falta de evidências nesta área, resulta na existência de poucas políticas públicas direcionadas para as ações de conforto térmico ao nível doméstico (residência), bem como ao nível social, não contemplam ações que reduzam o impacto dos extremos meteorológicos e desta forma, os grupos populacionais mais vulneráveis são os que ficam mais expostos a este problema.

Na perspectiva da Saúde Pública esta pesquisa visou reduzir, por meio de evidências, uma lacuna de conhecimento que é essencial para desenhar estratégias de prevenção de doenças e promoção da saúde no contexto dos eventos meteorológicos extremos. Fornece assim uma base para análise e comparação, que permite aos decisores de políticas estabelecer diretrizes de promoção da saúde para populações vulneráveis.

Para a Saúde Pública, esta pesquisa possibilita ainda a instrumentalização dos serviços de saúde com evidências que podem auxiliar na consolidação de políticas públicas, e o apoio às ações que visam compreender o impacto das temperaturas extremas na morte por causas gerais e específicas da população e de seus grupos vulneráveis.

Como forma de enfrentamento da problemática das mudanças climáticas e seus impactos para a saúde, muitas ações devem ser realizadas no Brasil e sobretudo para as regiões investigadas. Neste contexto surge o papel da Saúde Pública como Ciência que, através da investigação, propicia que o conhecimento seja difundido, e desta forma possibilita o direcionamento de ações com o intuito da mudança de comportamento do indivíduo e de sua coletividade.

Na ótica da promoção da saúde, este conhecimento também deve ser absorvido pelos profissionais de saúde, e incorporar na sua prática diária conceitos que permeiam este novo cenário, de forma a compreender a magnitude deste problema, e também elaborar uma nova perspectiva de atuação frente a esta nova realidade ^{67,69,218,219}

Este estudo produziu evidências que relacionam os extremos de temperatura e as taxas de mortalidades. Identificou-se ainda a existência de um número considerado de

estudos em países desenvolvidos com climas temperados. No entanto, estudos em países em desenvolvimento com clima tropical ou subtropical, como o que se apresentou aqui são escassos, o que dificulta a comparação dos resultados.

Ressalta-se, portanto, a importância deste estudo como potencial construtor de evidências, sobre o risco relativo de morte, em países diferentes e em localidades distintas dentro do mesmo país, para futuras comparações ou contraposições. Contudo, se evidenciou que nas regiões investigadas, os resultados mostraram que a componente temperatura é um causador de mortes e seus efeitos extremos exacerbam a mortalidade em algumas causas específicas.

Encontrou-se neste estudo evidências da influência das temperaturas extremas no risco de morte sem causas externas, em ambas as regiões de saúde, porém manifestaram-se com intensidades diferentes. A análise das mortes específicas, mostrou um comportamento divergente quanto ao tipo de extremos de temperatura por causas de mortes, com destaque para as mortes por doenças cerebrovasculares que apresentaram maior sensibilidade aos extremos de frio, em ambas as regiões.

Desta forma, medidas de controle térmico devem ser efetivadas com o intuito de reduzir estes fatores desencadeadores, como foi evidenciado que as populações com mais idade são mais vulneráveis. Sugere-se a elaboração de políticas públicas com a finalidade primordial de oferecer a este grupo etário medidas de conforto térmico, quando identificados ou previstos a possibilidade de extremos meteorológicos. Além disso, com o advento das mudanças climáticas, as políticas públicas que envolvam a ótica de uma cidade saudável devem ser implementadas, tendo em consideração que se deve proceder ao aumento de áreas verdes em regiões urbanas. O aumento das áreas verdes possibilita a melhor dissipação do calor e um melhor equilíbrio térmico, o que contribui para a diminuição da possibilidade de aparecimento de ilhas de calor^{53,220}.

7.2 Consequências dos resultados para a prática da promoção da saúde e prevenção da doença

Neste trabalho fica evidente que as questões ambientais podem afetar os indicadores de saúde, além de que os impactos decorrentes do processo de urbanização aumentam este potencial. Contudo, para a mudança deste panorama são necessárias ações a curto, médio e longo prazo. De forma imediata, necessita-se melhorar os indicadores de saneamento básico e a oferta de água potável, que por si só servem de medidas de controle e mitigação dos impactos sobre a saúde em situações de inundações e/ou de secas. Por isso, torna-se imprescindível o desenvolvimento de ações e de políticas

locais que possam dar maior abrangência e cobertura às populações sem acesso a estes insumos essenciais que contribuem sensivelmente para o surgimento de doenças.

Em relação ao estresse térmico provocado pela ocorrência de extremos de temperatura, medidas podem ser implementadas envolvendo diversos setores e intervenientes. Estas passam pela elaboração de políticas com o intuito de diminuir as iniquidades sociais de forma a possibilitar que grupos populacionais mais vulneráveis usufruam em seus domicílios ou em locais específicos de medidas de conforto térmico.

No campo da promoção da saúde, os intervenientes devem revestir-se de informações fidedignas e robustas que possibilitem a alocação de recursos e a capacitação dos atores no teatro de ação. Desta forma, propicia a construção de competências específicas para a reorientação das práticas diárias que conduzem à melhor adaptação em situações agudas. De modo a melhorar o enfrentamento desta problemática, medidas e ações individuais e coletivas devem ser difundidas, a fim de possibilitar a propagação de informações de proteção, prevenção e manutenção da saúde. Por outro lado, os agentes públicos deverão também investir na consolidação de uma rede integrada de apoio que possa, em situações de extremos de frio ou calor, servir de referência para abrigar e ofertar um ambiente propício a diminuição do risco do impacto destes extremos na saúde ^{219,221}.

Outras medidas como a diminuição da exposição de trabalhadores a situações de calor extremo ou do trabalho em jornadas que excluam os períodos diários em que as temperaturas extremas podem exercer desconforto fisiológico, além do uso de vestimentas adequadas, o fornecimento de Equipamento de Proteção Individual mais leve e apropriado a exposição térmica, devem envolver diversos setores e intervenientes ^{218,221,222}.

O engajamento conjunto entre os agentes públicos e a população é um ponto fundamental que minimiza os impactos e propicia um ambiente resiliente e de recuperação dos padrões de saúde. Sendo que, esta ação perpassa o momento, deve portanto ser contínua, uma vez que as mudanças climáticas estão mais presentes no nosso cotidiano e exigem mudanças comportamentais, quer a nível social, individual e político, na nossa capacidade de promover a saúde frente a este novo desafio ^{126,223,224}.

Para compreender os novos desafios futuros, no setor saúde, é importante a agregação de conhecimentos e novos saberes. Medidas devem ser consolidadas no intuito de levar empoderamento às pessoas e aos agentes públicos para através de ações de prevenção e promoção da saúde possibilitem mudanças no comportamento e nas formas de enfrentamento desta nova realidade. No âmbito da prevenção deve-se

otimizar os serviços para gerar ganhos em saúde à população através de respostas eficientes e adequadas.

A promoção da saúde deve transmitir informações à população capazes de propiciar a mudança dos comportamentos dos indivíduos e da sua coletividade. A percepção ampliada desta nova realidade na saúde é, portanto, composta por indicadores de saúde, ambientais, meteorológicos e sociais. Para lidar com este novo momento todos são agentes de transformação, e os saberes dos mais diversos campos de conhecimento devem ser comutados em busca da compreensão e da mudança dos cenários que se desenham.

7.3 Perspectivas futuras de investigação

Na caminhada do doutoramento, a proposta inicial pautava-se na construção de bases para elaboração de um sistema de alerta em saúde. Após um processo de amadurecimento intelectual e científico, remodelou-se o pensamento, e dirigiu o foco da investigação para a busca do entendimento das ocorrências meteorológicas extremas a que temos vindo a assistir nas últimas décadas e os seus impactes sobre os indicadores de saúde.

Considero que as evidências que foram criadas e os resultados obtidos são robustos e extremamente úteis para a Saúde Pública. Contudo, mais evidências devem ser obtidas, e com isso possibilitar a consolidação destes resultados como transformadores da realidade através da construção de políticas públicas e/ou mudanças comportamentais. O resultado desta investigação abre uma série de questionamentos que podem no futuro desencadear outros trabalhos de pesquisa, com a possibilidade de melhor explicar quais os impactes dos eventos meteorológicos extremos no Brasil.

Este estudo reflete a utilização de alguns indicadores de mortalidade e morbilidade, podendo outros serem investigados de forma a compreendermos o quão são sensíveis aos EME, quais grupos etários são mais vulneráveis, e devido a dimensão territorial do Brasil mensurar se há existência de regiões ou localidades mais susceptíveis e vulneráveis. Para além disso, outro caminho a seguir pode ser a identificação de fatores que exacerbam a resposta aguda aos EME, como os fatores socioeconômicos, geográficos entre outros, além das questões relacionadas as comorbidades preexistentes, que podem influenciar na resposta fisiológica do indivíduo quando exposto a situações meteorológicas extremas ou adversas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lavell A, Oppenheimer M, Diop C, Hess J, Lempert R, Li J, et al. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: Field CB, Barros V, Stocker TF, Qin D, Dokken DJ, Ebi KL, et al., editors. Risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2012. p. 25–64.
2. Hess JJ, Eidson M, Tlumak JE, Raab KK, Luber G. An evidence-based public health approach to climate change adaptation. *Environ Health Perspect*. 2014 Nov 1;122(11):1177–86.
3. Van Der Linden SL, Leiserowitz AA, Feinberg GD, Maibach EW. The scientific consensus on climate change as a gateway belief: experimental evidence. *PLoS One*. 2015;10(2):e0118489.
4. Curtis S, Fair A, Wistow J, Val D V, Oven K. Impact of extreme weather events and climate change for health and social care systems. *Environ Heal*. 2017 Dec 5;16(Suppl 1):128.
5. Henson SA, Beaulieu C, Ilyina T, John JG, Long M, Séférian R, et al. Rapid emergence of climate change in environmental drivers of marine ecosystems. *Nat Commun*. 2017 Apr 7;8(1):14682.
6. Woodward G, Perkins DM, Brown LE. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2010 Jul 12;365(1549):2093–106.
7. Bellard C, Bertelsmeier C, Leadley P, Thuiller W, Courchamp F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecol Lett*. 2012 Apr;15(4):365–77.
8. Campbell-Lendrum D, Manga L, Bagayoko M, Sommerfeld J. Climate change and vector-borne diseases: what are the implications for public health research and policy? *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2015 Apr 5;370(1665):e20130552.
9. Klohe K, Amuasi J, Kaducu JM, Haavardsson I, Bogatyreva E, Onarheim KH, et al. The 2017 Oslo Conference report on neglected tropical diseases and emerging/re-emerging infectious diseases: focus on populations underserved. *Infect Dis Poverty*. 2019 May 28;8(1):40.

10. Mackey TK, Liang BA, Cuomo R, Hafen R, Brouwer KC, Lee DE. Emerging and reemerging neglected tropical diseases: a review of key characteristics, risk factors, and the policy and innovation environment. *Clin Microbiol Rev*. 2014 Oct;27(4):949–79.
11. Rodríguez-Morales A. Ecoepidemiología y epidemiología satelital: nuevas herramientas en el manejo de problemas en salud pública. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2005 Sep 24;22(1):54–63.
12. WHO. Climate change and human health-risks and responses: summary. Geneva: World Health Organization; 2003.
13. Nichols G, Andersson Y, Lindgren E, Devaux I, Semenza J, Nichols GL, et al. European monitoring systems and data for assessing environmental and climate impacts on human infectious diseases. *Int J Environ Res Public Health*. 2014 Apr 9;11(4):3894–936.
14. Ummenhofer CC, Meehl GA. Extreme weather and climate events with ecological relevance: a review. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*. 2017;372(1723):20160135.
15. Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, Foley JA. Impact of regional climate change on human health. *Nature*. 2005 Nov;438(7066):310–7.
16. Dummer TJB. Health geography: supporting public health policy and planning. *CMAJ*. 2008 Apr 22;178(9):1177–80.
17. Hoy D, Roth A, Lepers C, Durham J, Bell J, Durand A, et al. Adapting to the health impacts of climate change in a sustainable manner. 2014.
18. Dobbins M, DeCorby K, Robeson P, Husson H, Tirilis D, Greco L. A knowledge management tool for public health: health-evidence.ca. *BMC Public Health*. 2010 Aug 18;10:496.
19. Londe L de R, Coutinho MP, Di Gregório LT, Santos LBL, Soriano É. Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. *Ambient Soc*. 2014;17(4):133–52.
20. WMO. Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events. Washington, DC: World Meteorological Organization; 2016.
21. Gopalakrishnan C, Doocy S, Daniels A, Murray S, Kirsch TD, Suwanpakdee S, et

- al. Climate change: the public health response. *Int J Environ Res Public Health*. 2013;17(4):3705–15.
22. Freitas CM de, Ximenes EF. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. *Cien Saude Colet*. 2012 Jun;17(6):1601–16.
 23. Davies GI, McIver L, Kim Y, Hashizume M, Iddings S, Chan V. Water-borne diseases and extreme weather events in Cambodia: review of impacts and implications of climate change. *Int J Environ Res Public Health*. 2014 Dec 23;12(1):191–213.
 24. Baqir M, Sobani ZA, Bhamani A, Bham NS, Abid S, Farook J, et al. Infectious diseases in the aftermath of monsoon flooding in Pakistan. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2012 Jan 1;2(1):76–9.
 25. Abrantes P, Silveira H. Alterações climáticas na Europa: efeito nas doenças parasitárias humanas. *Rev Port Saúde Pública*. 2009;27:71–86.
 26. Suwanpakdee S, Kaewkungwal J, White LJ, Asensio N, Ratanakorn P, Singhasivanon P, et al. Spatio-temporal patterns of leptospirosis in Thailand: Is flooding a risk factor? *Epidemiol Infect*. 2015;143(10):2106–15.
 27. Watson JT, Gayer M, Connolly MA. Epidemics after natural disasters. *Emerg Infect Dis*. 2007 Jan;13(1):1–5.
 28. Holla R, Darshan B, Pandey L, Unnikrishnan B, Kumar N, Thapar R, et al. Leptospirosis in coastal south India: a facility based study. *Biomed Res Int*. 2018;2018:1–5.
 29. Haake DA, Levett PN. Leptospirosis in humans. *Curr Top Microbiol Immunol*. 2015;387:65–97.
 30. Lin CY, Chen TC, Dai CY, Yu ML, Lu PL, Yen JH, et al. Serological investigation to identify risk factors for post-flood infectious diseases: a longitudinal survey among people displaced by Typhoon Morakot in Taiwan. *BMJ Open*. 2015;5(5):1–9.
 31. Cann KF, Thomas DR, Salmon RL, Wyn-Jones AP, Kay D. Extreme water-related weather events and waterborne disease. *Epidemiol Infect*. 2013;141(4):671–86.

32. Alderman K, Turner LR, Tong S. Floods and human health: a systematic review. *Environ Int.* 2012;47:37–47.
33. Doocy S, Daniels A, Murray S, Kirsch TD, Gopalakrishnan C, Report S, et al. Loss and damage affecting the public health sector and society resulting from flooding and flash floods in Brazil between 2010 and 2014: based on data from national and global information systems. *Int J Environ Res Public Health.* 2013 Jun;17(4):25–64.
34. Londe L de R, da Conceição RS, Bernardes T, Dias MC de A. Flood-related leptospirosis outbreaks in Brazil: perspectives for a joint monitoring by health services and disaster monitoring centers. *Nat Hazards.* 2016;84(2):1419–35.
35. Guo Y, Gasparrini A, Armstrong B, Li S, Tawatsupa B, Tobias A, et al. Global variation in the effects of ambient temperature on mortality: a systematic evaluation. *Epidemiology.* 2014 Nov;25(6):781–9.
36. Green D, Bambrick H, Tait P, Goldie J, Schultz R, Webb L, et al. Differential effects of temperature extremes on hospital admission rates for respiratory disease between indigenous and non-indigenous Australians in the Northern territory. *Int J Environ Res Public Health.* 2015 Dec 3;12(12):15352–65.
37. Lowe R, García-Díez M, Ballester J, Creswick J, Robine J-M, Herrmann F, et al. Evaluation of an early-warning system for heat wave-related mortality in Europe: implications for sub-seasonal to seasonal forecasting and climate services. *Int J Environ Res Public Health.* 2016 Feb 6;13(2):206–19.
38. Hales S, Kovats S, Lloyd S, Campbell-Lendrum D. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2014.
39. Basu R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environ Heal.* 2009 Dec 16;8(1):40.
40. Ebi KL. Resilience to the health risks of extreme weather events in a changing climate in the United States. *Int J Environ Res Public Health.* 2011;8(12):4582–95.
41. Bitencourt DP, Fuentes MV, Maia PA, Amorim FT. Frequência, duração, abrangência espacial e intensidade das ondas de calor no Brasil. *Rev Bras*

Meteorol. 2016 Dec;31(4):506–17.

42. Ceccherini G, Russo S, Amezttoy I, Romero CP, Carmona-Moreno C. Magnitude and frequency of heat and cold waves in recent decades: the case of South America. *Nat Hazards Earth Syst Sci*. 2016 Mar 21;16(3):821–31.
43. Coumou D, Rahmstorf S. A decade of weather extremes. *Nat Clim Chang*. 2012 Jul 25;2(7):491–6.
44. IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Field C, Barros V, Stocker T, Qin D, Dokken D, Ebi K, et al., editors. Cambridge, UK: Intergovernmental Panel on Climate Change; 2012.
45. Klein RJ, Huq S, Denton F, Downing TE, Richels RG, Robinson JB, et al. Inter-relationships between adaptation and mitigation. In: Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, Linden PJ van der, Hanson CE, editors. *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK: IPCC. Cambridge University Press; 2007. p. 745–77.
46. Conlon KC, Rajkovich NB, White-Newsome JL, Larsen L, O'Neill MS. Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate. *Maturitas*. 2011 Jul;69(3):197–202.
47. Schwartz J, Samet JM, Patz JA. Hospital admissions for heart disease. *Epidemiology*. 2004 Nov;15(6):755–61.
48. Rivero EU, Bolufé A, Ortiz J, Rodríguez PL, Reyes Y, Cristina M, et al. Medical education cooperation with Cuba influence of climate variability on acute myocardial infarction mortality in Havana. *MEDICC Rev*. 2015;17(2):14–9.
49. Sharovsky R, César LAM. Increase in mortality due to myocardial infarction in the Brazilian city of São Paulo during winter. *Arq Bras Cardiol*. 2002 Jan;78(1):106–9.
50. Vasconcelos J, Freire E, Almendra R, Silva GL, Santana P. The impact of winter cold weather on acute myocardial infarctions in Portugal. *Environ Pollut*. 2013 Dec 1;183:14–8.

51. Madrigano J, Mittleman MA, Baccarelli A, Goldberg R, Melly S, von Klot S, et al. Temperature, myocardial infarction, and mortality: effect modification by individual- and area-level characteristics. *Epidemiology*. 2013 May;24(3):439–46.
52. Kwon B, Lee E, Lee S, Heo S, Jo K, Kim J, et al. Vulnerabilities to temperature effects on acute myocardial infarction hospital admissions in South Korea. *Int J Environ Res Public Health*. 2015 Nov 13;12(11):14571–88.
53. Hajat S, Kovats RS, Lachowycz K. Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk? *Occup Environ Med*. 2007 Feb;64(2):93–100.
54. Mazdiyasni O, AghaKouchak A, Davis SJ, Madadgar S, Mehran A, Ragno E, et al. Increasing probability of mortality during Indian heat waves. *Sci Adv*. 2017 Jun;3(6):e1700066.
55. Friel S, Hancock T, Kjellstrom T, McGranahan G, Monge P, Roy J. Urban health inequities and the added pressure of climate change: an action-oriented research agenda. *J Urban Heal*. 2011 Oct 23;88(5):886–95.
56. Scovronick N, Sera F, Acquaotta F, Garzena D, Fratianni S, Wright CY, et al. The association between ambient temperature and mortality in South Africa: a time-series analysis. *Environ Res*. 2018 Feb 1;161:229–35.
57. Ebi KL, Hess JJ, Watkiss P. Health risks and costs of climate variability and change. In: Mock C, Nugent R, Kobusingye O, Smith K, editors. *Injury prevention and environmental health*. 3rd ed. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank; 2017. p. 153–70.
58. Luber G, Prudent N. Climate change and human health. *Trans Am Clin Climatol Assoc*. 2009;120:113–7.
59. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *Lancet*. 2015 Jul 25;386(9991):369–75.
60. Cox B, Gasparrini A, Catry B, Delcloo A, Bijmens E, Vangronsveld J, et al. Mortality related to cold and heat. What do we learn from dairy cattle? *Environ Res*. 2016 Aug;149:231–8.
61. Son J-Y, Gouveia N, Bravo MA, de Freitas CU, Bell ML. The impact of temperature

- on mortality in a subtropical city: effects of cold, heat, and heat waves in São Paulo, Brazil. *Int J Biometeorol*. 2016 Jan;60(1):113–21.
62. Bell ML, O'Neill MS, Ranjit N, Borja-Aburto VH, Cifuentes LA, Gouveia NC. Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *Int J Epidemiol*. 2008 Aug;37(4):796–804.
 63. Sharovsky R, César LAM, Ramires JAF. Temperature, air pollution, and mortality from myocardial infarction in São Paulo, Brazil. *Brazilian J Med Biol Res*. 2004 Nov;37(11):1651–7.
 64. Geirinhas JL, Trigo RM, Libonati R, Castro LCO, Sousa PM, Coelho CAS, et al. Characterizing the atmospheric conditions during the 2010 heatwave in Rio de Janeiro marked by excessive mortality rates. *Sci Total Environ*. 2019 Feb 10;650:796–808.
 65. Wang XY, Barnett AG, Yu W, FitzGerald G, Tippet V, Aitken P, et al. The impact of heatwaves on mortality and emergency hospital admissions from non-external causes in Brisbane, Australia. *Occup Environ Med*. 2012 Mar 1;69(3):163–9.
 66. Freitas CM de, Silva DRX, Sena ARM de, Silva EL, Sales LBF, Carvalho ML de, et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. *Cien Saude Colet*. 2014 Sep;19(9):3645–56.
 67. Patrick R, Capetola T, Townsend M, Nuttman S. Health promotion and climate change: exploring the core competencies required for action. *Health Promot Int*. 2012 Dec 1;27(4):475–85.
 68. McMichael AJ, Friel S, Nyong A, Corvalan C. Global environmental change and health: impacts, inequalities, and the health sector. *BMJ*. 2008 Jan 26;336(7637):191–4.
 69. Fagliano JA, Diez Roux A V. Climate change, urban health, and the promotion of health equity. *PLoS Med*. 2018;15(7):e1002621.
 70. Lee W, Bell ML, Gasparrini A, Armstrong BG, Sera F, Hwang S, et al. Mortality burden of diurnal temperature range and its temporal changes: a multi-country study. *Environ Int*. 2018 Jan;110:123–30.

71. Bunker A, Wildenhain J, Vandenberg A, Henschke N, Rocklöv J, Hajat S, et al. Effects of air temperature on climate-sensitive mortality and morbidity outcomes in the elderly: a systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. *EBioMedicine*. 2016 Apr 1;6:258–68.
72. Betts K, Sawyer K. Modeling health risks of climate change: status, hurdles, and opportunities. In: Betts K, Sawyer K, editors. *Modeling the health risks of climate change*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences; 2015. p. 11–20.
73. von dem Knesebeck O. Concepts of social epidemiology in health services research. *BMC Health Serv Res*. 2015 Dec 2;15(1):357.
74. Kaplan GA. What's wrong with social epidemiology, and how can we make it better? *Epidemiol Rev*. 2004 Jul 1;26(1):124–35.
75. Jafari N, Shahsanai A, Memarzadeh M, Loghmani A. Prevention of communicable diseases after disaster: a review. *J Res Med Sci*. 2011 Jul;16(7):956–62.
76. Brown L, Murray V. Examining the relationship between infectious diseases and flooding in Europe: a systematic literature review and summary of possible public health interventions. *Disaster Heal*. 2013;1(2):117–27.
77. Paterson J, Berry P, Ebi K, Varangu L. Health care facilities resilient to climate change impacts. *Int J Environ Res Public Health*. 2014 Dec 16;11(12):13097–116.
78. Schulte PA, Bhattacharya A, Butler CR, Chun HK, Jacklitsch B, Jacobs T, et al. Advancing the framework for considering the effects of climate change on worker safety and health. *J Occup Environ Hyg*. 2016 Nov 9;13(11):847–65.
79. Faghmous JH, Kumar V. A big data guide to understanding climate change: the case for theory-guided data science. *Big Data*. 2014 Sep 1;2(3):155–63.
80. Webster PJ, Jian J. Environmental prediction, risk assessment and extreme events: adaptation strategies for the developing world. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci*. 2011 Dec 13;369(1956):4768–97.
81. Bezirtzoglou C, Dekas K, Charvalos E. Climate changes, environment and infection: facts, scenarios and growing awareness from the public health community within Europe. *Anaerobe*. 2011 Dec;17(6):337–40.
82. Hanna K, Coussens C. Rebuilding the unity of health and the environment: a new

vision of environmental health for the 21st century. Washington, D.C.: National Academy Press; 2001.

83. Remoundou K, Koundouri P. Environmental effects on public health: an economic perspective. *Int J Environ Res Public Health*. 2009;6(8):2160–78.
84. Doocy S, Daniels A, Murray S, Kirsch TD. The human impact of floods: a historical review of events 1980-2009 and systematic literature review. *PLOS Curr Disasters*. 2013;2013:e8171a.
85. Bell JE, Brown CL, Conlon K, Herring S, Kunkel KE, Lawrimore J, et al. Changes in extreme events and the potential impacts on human health. *J Air Waste Manage Assoc*. 2018 Apr 3;68(4):265–87.
86. Thornton PK, Ericksen PJ, Herrero M, Challinor AJ. Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Glob Chang Biol*. 2014;20(11):3313–28.
87. Patz JA, Frumkin H, Holloway T, Vimont DJ, Haines A. Climate change: challenges and opportunities for global health. *JAMA*. 2014 Oct 15;312(15):1565–80.
88. Barcellos C, Monteiro AMV, Corvalán C, Gurgel HC, Carvalho MS, Artaxo P, et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiol e Serviços Saúde*. 2009 Sep;18(3):285–304.
89. Alves Filho AP, Ribeiro H. A Percepção do caos urbano, as enchentes e as suas repercussões nas políticas públicas da Região Metropolitana de São Paulo. *Saúde e Soc*. 2006;15:145–61.
90. Obermaier M, Rosa LP. Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. *Estud Avançados*. 2013;27(78):155–76.
91. Xavier DR, Barcellos C, Freitas CM. Extreme weather events and their consequences on health: the 2008 disaster in Santa Catarina taking into account different information sources. *Ambient e Soc*. 2014;17(4):273–94.
92. Gouveia N, Hajat S, Armstrong B. Socioeconomic differentials in the temperature–mortality relationship in São Paulo, Brazil. *Int J Epidemiol*. 2003 Jun 1;32(3):390–7.
93. Marmot M, Allen JJ. Social determinants of health equity. *Am J Public Health*.

2014 Sep;104 Suppl(Suppl 4):S517-9.

94. Braveman P, Gottlieb L. The social determinants of health: it's time to consider the causes of the causes. *Public Health Rep.* 2014;129 Suppl(Suppl 2):19–31.
95. Dahlgren G, Whitehead M. European strategies for tackling social inequities in health: levelling up part 2. Copenhagen, Denmark: World Health Organization; 2007.
96. Springer AE, Evans AE, Ortuño J, Salvo D, Varela Arévalo MT. Health by design: interweaving health promotion into environments and settings. *Front Public Heal.* 2017 Sep 29;5:1–10.
97. Patz JA, Kovats RS. Hotspots in climate change and human health. *BMJ Br Med J.* 2002;325(7372):1094.
98. Pinheiro S de LL de A, Saldiva PHN, Schwartz J, Zanobetti A, Pinheiro S de LL de A, Saldiva PHN, et al. Isolated and synergistic effects of PM10 and average temperature on cardiovascular and respiratory mortality. *Rev Saude Publica.* 2014 Dec;48(6):881–8.
99. Kuras ER, Richardson MB, Calkins MM, Ebi KL, Hess JJ, Kintziger KW, et al. Opportunities and challenges for personal heat exposure research. *Environ Health Perspect.* 2017 Aug 16;125(8):e085001.
100. Voelkel J, Hellman D, Sakuma R, Shandas V. Assessing vulnerability to urban heat: a study of disproportionate heat exposure and access to refuge by socio-demographic status in Portland, Oregon. *Int J Environ Res Public Health.* 2018 Mar 30;15(4):1–14.
101. Bowen KJ, Friel S, Ebi K, Butler CD, Miller F, McMichael AJ. Governing for a healthy population: towards an understanding of how decision-making will determine our global health in a changing climate. *Int J Environ Res Public Health.* 2012;9(1):55–72.
102. Vega-Corredor M, Opadeyi J. Hydrology and public health: linking human leptospirosis and local hydrological dynamics in Trinidad, West Indies. *Earth Perspect.* 2014;1(1):3.
103. Hashim JH, Hashim Z. Climate change, extreme weather events, and human

- health implications in the Asia Pacific Region. *Asia Pacific J Public Heal*. 2016 Mar 16;28(Suppl 2):8S-14S.
104. Barrett B, Charles JW, Temte JL. Climate change, human health, and epidemiological transition. *Prev Med (Baltim)*. 2015 Jan;70:69–75.
 105. Pendergrass AG, Knutti R, Lehner F, Deser C, Sanderson BM. Precipitation variability increases in a warmer climate. *Sci Rep*. 2017;7(1):17966.
 106. Neelin JD, Sahany S, Stechmann SN, Bernstein DN. Global warming precipitation accumulation increases above the current-climate cutoff scale. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2017;114(6):1258–63.
 107. Stott PA, Christidis N, Otto FEL, Sun Y, Vanderlinden J-P, van Oldenborgh GJ, et al. Attribution of extreme weather and climate-related events. *WIREs Clim Chang*. 2016 Jan;7(1):23–41.
 108. Lau CL, Smythe LD, Craig SB, Weinstein P. Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: fuelling the fire? *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2010 Oct 1;104(10):631–8.
 109. IPCC. Climate change 2013: the physical science basis: summary for policymakers [Internet]. Intergovernmental Panel on Climate Change, editor. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 2014. Available from: <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9781107415324>
 110. WMO. Manual on flood forecasting and warning. Geneva: World Meteorological Organization; 2011. 457 p.
 111. Curriero FC, Patz JA, Rose JB, Lele S. The Association Between Extreme Precipitation and Waterborne Disease Outbreaks in the United States, 1948–1994. *Am J Public Health*. 2001 Aug;91(8):1194–9.
 112. Nel JL, Le Maitre DC, Nel DC, et al. Natural hazards in a changing world: a case for ecosystem-based management. *PLoS One*. 2014;9(5):e95942.
 113. Ahern M, Kovats RS, Wilkinson P, Few R, Matthies F. Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev*. 2005 Jul 1;27(1):36–46.
 114. Frumkin H, Hess J, Lubet G, Malilay J, McGeehin M. American Journal of Public Health Frumkin et al. | Peer Reviewed | Framing Health Matters | 435. 2008 [cited

2018 Oct 11];98(3). Available from:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2253589/pdf/0980435.pdf>

115. Bich TH, Quang LN, Ha TT, Hanh TT, Guha-Sapir D. Impacts of flood on health: epidemiologic evidence from Hanoi, Vietnam. *Glob Health Action*. 2011;4:6356.
116. Pereira C, Barata M, Trigo A. Social cost of leptospirosis cases attributed to the 2011 disaster striking Nova Friburgo, Brazil. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(4):4140–57.
117. Lake IR, Hooper L, Abdelhamid A, Bentham G, Boxall ABA, Draper A, et al. Climate change and food security: health impacts in developed countries. *Environ Health Perspect*. 2012 Nov;120(11):1520–6.
118. Levett PN. Leptospirosis. *Clin Microbiol Rev*. 2001 Apr 1;14(2):296–326.
119. Wang S, Stobart Gallagher MA, Dunn N. Leptospirosis (weil disease). StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing; 2019.
120. Roach JM, van Vuuren M, Picard JA. A serological survey of antibodies to *Leptospira* species in dogs in South Africa. *J S Afr Vet Assoc*. 2010 Sep;81(3):156–9.
121. Schneider MC, Leonel DG, Hamrick PN, Pacheco De Caldas E, Velásquez RT, Mendigaña Paez FA, et al. Leptospirosis in Latin America: exploring the first set of regional data. *Rev Panam Salud Publica*. 2017;41:1–9.
122. Hanna E, Tait P. Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. *Int J Environ Res Public Health*. 2015 Jul 15;12(7):8034–74.
123. de Freitas CR, Grigorieva EA. Role of acclimatization in weather-related human mortality during the transition seasons of autumn and spring in a thermally extreme mid-latitude continental climate. *Int J Environ Res Public Health*. 2015 Nov 26;12(12):14974–87.
124. Guo Y, Gasparrini A, Armstrong BG, Tawatsupa B, Tobias A, Lavigne E, et al. Temperature variability and mortality: a multi-country study. *Environ Health Perspect*. 2016 Oct;124(10):1554–9.
125. Seltenrich N. Between extremes: health effects of heat and cold. *Environ Health*

Perspect. 2015 Nov;123(11):A275-80.

126. Arbuthnott K, Hajat S, Heaviside C, Vardoulakis S. Changes in population susceptibility to heat and cold over time: assessing adaptation to climate change. *Environ Heal.* 2016 Dec 8;15(S1):S33.
127. Zeng W, Lao X, Rutherford S, Xu Y, Xu X, Lin H, et al. The effect of heat waves on mortality and effect modifiers in four communities of Guangdong Province, China. *Sci Total Environ.* 2014 Jun 1;482–483:214–21.
128. Schneider A, Breitner S. Temperature effects on health - current findings and future implications. *EBioMedicine.* 2016;6:29–30.
129. Ma W, Xu X, Peng L, Kan H. Impact of extreme temperature on hospital admission in Shanghai, China. *Sci Total Environ.* 2011 Sep 1;409(19):3634–7.
130. Piticar A, Croitoru A-E, Ciupertea F-A, Harpa G-V. Recent changes in heat waves and cold waves detected based on excess heat factor and excess cold factor in Romania. *Int J Climatol.* 2018 Mar 1;38(4):1777–93.
131. Bennett CM, Friel S. Impacts of climate change on inequities in child health. *Child (Basel, Switzerland).* 2014 Dec 3;1(3):461–73.
132. Halonen JI, Zanobetti A, Sparrow D, Vokonas PS, Schwartz J. Relationship between outdoor temperature and blood pressure. *Occup Environ Med.* 2011 Apr;68(4):296–301.
133. Wang Y, Shi L, Zanobetti A, Schwartz JD. Estimating and projecting the effect of cold waves on mortality in 209 US cities. *Environ Int.* 2016 Sep;94:141–9.
134. Huynen M, Martens P. Climate change effects on heat- and cold-related mortality in the Netherlands: a scenario-based integrated environmental health impact assessment. *Int J Environ Res Public Health.* 2015 Oct 23;12(10):13295–320.
135. Rohini P, Rajeevan M, Srivastava AK. On the variability and increasing trends of heat waves over India. *Sci Rep.* 2016 Sep 19;6(1):26153.
136. Arbuthnott KG, Hajat S. The health effects of hotter summers and heat waves in the population of the United Kingdom: a review of the evidence. *Environ Heal.* 2017 Nov 5;16(S1):119.

137. Robinson PJ. On the definition of a heat wave. *J Appl Meteorol.* 2001 Apr 1;40(4):762–75.
138. McGregor G, Bessemoulin P, Ebi K, Menne B. Heatwaves and health: guidance on warning-system development. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization. World Health Organization; 2013.
139. Meehl GA, Tebaldi C. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science.* 2004 Aug 13;305(5686):994–7.
140. Huynen MM, Martens P, Schram D, Weijenberg MP, Kunst AE. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environ Health Perspect.* 2001 May;109(5):463–70.
141. Xu Z, Etzel RA, Su H, Huang C, Guo Y, Tong S. Impact of ambient temperature on children's health: a systematic review. *Environ Res.* 2012 Aug;117:120–31.
142. Tobias A, Armstrong B, Zuza I, Gasparrini A, Linares C, Diaz J. Mortality on extreme heat days using official thresholds in Spain: a multi-city time series analysis. *BMC Public Health.* 2012 Feb 17;12:133.
143. Gasparrini A, Armstrong B. The impact of heat waves on mortality. *Epidemiology.* 2011 Jan;22(1):68–73.
144. Liu C, Yavar Z, Sun Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *Am J Physiol Circ Physiol.* 2015 Dec 1;309(11):H1793–812.
145. Medina-Ramón M, Schwartz J. Temperature, temperature extremes, and mortality: a study of acclimatisation and effect modification in 50 US cities. *Occup Environ Med.* 2007 Dec;64(12):827–33.
146. Rocklöv J, Forsberg B, Ebi K, Bellander T. Susceptibility to mortality related to temperature and heat and cold wave duration in the population of Stockholm County, Sweden. *Glob Health Action.* 2014;7:22737.
147. Ban J, Xu D, He MZ, Sun Q, Chen C, Wang W, et al. The effect of high temperature on cause-specific mortality: a multi-county analysis in China. *Environ Int.* 2017;106:19–26.
148. Wang X, Li G, Liu L, Westerdahl D, Jin X, Pan X. Effects of extreme temperatures on cause-specific cardiovascular mortality in China. *Int J Environ Res Public*

Health. 2015 Dec 21;12(12):16136–56.

149. Chan EYY, Goggins WB, Kim JJ, Griffiths SM. A study of intracity variation of temperature-related mortality and socioeconomic status among the Chinese population in Hong Kong. *J Epidemiol Community Health*. 2012 Apr 1;66(4):322–7.
150. Carmona R, Díaz J, Mirón IJ, Ortiz C, Luna MY, Linares C. Mortality attributable to extreme temperatures in Spain: a comparative analysis by city. *Environ Int*. 2016 May 1;91:22–8.
151. Salviano MF, Groppo JD, Pellegrino GQ. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. *Rev Bras Meteorol*. 2016 Mar;31(1):64–73.
152. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil em síntese: Santa Catarina: Panorama: População [Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2010 [cited 2018 Jun 12]. Available from: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/panorama>
153. Paludo JR, Borba J. Abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo comparado de modelos de gestão em Santa Catarina. *Ambient Soc*. 2013 Mar;16(1):59–78.
154. Schneider MC, Leonel DG, Hamrick PN, Pacheco De Caldas E, Velásquez RT, Mendigaña Paez FA, et al. Leptospirosis in Latin America: exploring the first set of regional data. *Pan Am J Public Heal*. 2017;41:1–9.
155. Minervino AC, Duarte EC. Danos materiais causados à Saúde Pública e à sociedade decorrentes de inundações e enxurradas no Brasil, 2010-2014: dados originados dos sistemas de informação global e nacional. *Cien Saude Colet*. 2016 Mar;21(3):685–94.
156. Brasil. Ministerio da Saúde. Departamento de Informática do SUS. DATASUS: epidemiológicas e morbidade [Internet]. Brasília, DF: Departamento de Informática do SUS; [cited 2019 Jul 1]. Available from: <http://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude/tabnet/epidemiologicas-e-morbidade>
157. Brasil. Governo de Santa Catarina. Secretaria de Defesa Civil. Decretação de SE e ECP [Internet]. Florianópolis, SC: Secretaria de Defesa Civil; [cited 2019 Jul 3].

Available from:
<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/municipios/decretacoes.html>

158. Dee DP, Uppala SM, Simmons AJ, Berrisford P, Poli P, Kobayashi S, et al. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q J R Meteorol Soc.* 2011;137(656):553–97.
159. Marôco J. *Analises estatísticas com o SPSS Statistics*. 6ª edição. Lisboa: Pêro Pinheiro : ReportNumber; 2014. 990 p.
160. Andrade-Barbosa TL de, Xavier-Gomes LM, Barbosa V de A, Caldeira AP. Mortalidade masculina por causas externas em Minas Gerais, Brasil. *Cien Saude Colet.* 2013 Mar;18(3):711–9.
161. Gasparrini A, Leone M. Attributable risk from distributed lag models. *BMC Med Res Methodol.* 2014 Dec 23;14(1):55.
162. Brasil. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP [Internet]. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); 2007 [cited 2018 Oct 1]. Available from: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
163. Lavigne E, Gasparrini A, Wang X, Chen H, Yagouti A, Fleury MD, et al. Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. *Environ Heal.* 2014 Dec 3;13(1):5.
164. Tobías A, Armstrong B, Gasparrini A. Investigating uncertainty in the minimum mortality temperature: methods and application to 52 Spanish cities. *Epidemiology.* 2017;28(1):72–6.
165. Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. Multivariate meta-analysis for non-linear and other multi-parameter associations. *Stat Med.* 2012 Dec 20;31(29):3821–39.
166. Gasparrini A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package DLNM. *J Stat Softw.* 2011 Jul;43(8):1–20.
167. Felzemburgh RDM, Ribeiro GS, Costa F, Reis RB, Hagan JE, Melendez AXTO, et al. Prospective study of Leptospirosis transmission in an urban slum

- community: role of poor environment in repeated exposures to the *Leptospira* agent. *PLoS Negl Trop Dis*. 2014 May 29;8(5):e2927.
168. Monahan AM, Miller IS, Nally JE. Leptospirosis: risks during recreational activities. *J Appl Microbiol*. 2009;107(3):707–16.
 169. Wasiński B, Dutkiewicz J. Leptospirosis: current risk factors connected with human activity and the environment. *Ann Agric Environ Med AAEM*. 2013;20(2):239–44.
 170. Minervino AC, Duarte EC. Loss and damage affecting the public health sector and society resulting from flooding and flash floods in Brazil between 2010 and 2014: based on data from national and global information systems. *Cien Saude Colet*. 2016;21(3):685–94.
 171. Ghizzo Filho J, Nazário NO, Freitas PF, Pinto G de A, Schlindwein AD. Temporal analysis of the relationship between leptospirosis, rainfall levels and seasonality, Santa Catarina, Brazil, 2005-2015. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 2018 Jul 30;60(0):e39.
 172. Kim ES, Choi H II. Assessment of vulnerability to extreme flash floods in design storms. *Int J Environ Res Public Health*. 2011 Jul 14;8(7):2907–22.
 173. Guimarães RM, Cruz OG, Parreira VG, Mazoto ML, Vieira JD, Asmus CF. Análise temporal da relação entre leptospirose e ocorrência de inundações por chuvas no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2007-2012. *Cien Saude Colet*. 2014 Sep;19(9):3683–92.
 174. Xiao C, Wu P, Zhang L, Song L. Robust increase in extreme summer rainfall intensity during the past four decades observed in China. *Sci Rep*. 2016 Dec 5;6(1):38506.
 175. Kabir R, Khan HTA, Ball E, Caldwell K. Climate change impact: the experience of the coastal areas of Bangladesh affected by cyclones Sidr and Aila. *J Environ Public Health*. 2016 Oct 27;2016:1–9.
 176. Waggoner JJ, Pinsky BA. Molecular diagnostics for human Leptospirosis. *Curr Opin Infect Dis*. 2016 Oct;29(5):440–5.
 177. Wu X, Lu Y, Zhou S, Chen L, Xu B. Impact of climate change on human infectious

- diseases: empirical evidence and human adaptation. *Environ Int.* 2016 Jan;86:14–23.
178. Frumkin H, Hess J, Lubet G, Malilay J, McGeehin M. Climate change: the public health response. *Am J Public Health.* 2008;98(3):435–45.
 179. Sharp TM, Rivera García B, Pérez-Padilla J, Galloway RL, Guerra M, Ryff KR, et al. Early indicators of fatal Leptospirosis during the 2010 epidemic in Puerto Rico. *PLoS Negl Trop Dis.* 2016;10(2):1–15.
 180. Brinker AJ, Blazes DL. An outbreak of Leptospirosis among United States military personnel in Guam. *Trop Dis Travel Med Vaccines.* 2017 Dec 30;3(1):16.
 181. Carlton EJ, Eisenberg JNS, Goldstick J, Cevallos W, Trostle J, Levy K. Heavy rainfall events and diarrhea incidence: the role of social and environmental factors. *Am J Epidemiol.* 2014 Feb 1;179(3):344–52.
 182. Cheng JJ, Berry P. Development of key indicators to quantify the health impacts of climate change on Canadians. *Int J Public Health.* 2013;58(5):765–75.
 183. O’Sullivan JJ, Bradford RA, Bonaiuto M, De Dominicis S, Rotko P, Aaltonen J, et al. Enhancing flood resilience through improved risk communications. *Nat Hazards Earth Syst Sci.* 2012 Jul 20;12(7):2271–82.
 184. Ordunez P, Prieto-Lara E, Gawryszewski VP, Hennis AJM, Cooper RS. Premature mortality from cardiovascular disease in the Americas: will the goal of a decline of “25% by 2025” be met? Zhang W, editor. *PLoS One.* 2015 Oct 29;10(10):e0141685.
 185. Roth GA, Johnson C, Abajobir A, Abd-Allah F, Abera SF, Abyu G, et al. Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases for 10 causes, 1990 to 2015. *J Am Coll Cardiol.* 2017 Jul 4;70(1):1–25.
 186. Melo GB, Alves SV, Lima ML. Mortalidade por causas externas em Pernambuco, 2001-2003 e 2011-2013. *Rev Bras Enferm.* 2015 Oct;68(5):855–61.
 187. Barbosa AM, Ferreira LO, Barros MD. Homicídios e condição de vida: a situação na cidade do Recife, Pernambuco. *Epidemiol e Serviços Saúde.* 2011 Jun;20(2):141–50.
 188. Paim JS, Costa M da CN, Mascarenhas JCS, Silva LMV da. Distribuição espacial

da violência: mortalidade por causas externas em Salvador (Bahia), Brasil. *Rev Panam Salud Pública*. 1999 Nov;6(5):321–32.

189. Almendra R, Santana P, Vasconcelos J. Evidence of social deprivation on the spatial patterns of excess winter mortality. *Int J Public Health*. 2017 Nov 30;62(8):849–56.
190. Anderson BG, Bell ML. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*. 2009 Mar;20(2):205–13.
191. World Bank. World development indicators 2017. Washington, D.C.: World Bank; 2017.
192. Silva IC, Restarepo-Mendez MC, Costa JC, Ewerling F, Hellwig F, Ferreira LZ, et al. Mensuração de desigualdades sociais em saúde: conceitos e abordagens metodológicas no contexto brasileiro. *Epidemiol e Serviços Saúde*. 2018 Mar 5;27(1):e000100017.
193. Lane K, Ito K, Johnson S, Gibson E, Tang A, Matte T. Burden and risk factors for cold-related illness and death in New York city. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Mar 30;15(4):632.
194. Lim J-S, Kwon H-M, Kim S-E, Lee J, Lee Y-S, Yoon B-W. Effects of temperature and pressure on acute stroke incidence assessed using a Korean nationwide insurance database. *J Stroke*. 2017 Sep 30;19(3):295–303.
195. Zhang Y, Li S, Pan X, Tong S, Jaakkola JJ, Gasparrini A, et al. The effects of ambient temperature on cerebrovascular mortality: an epidemiologic study in four climatic zones in China. *Environ Heal*. 2014 Dec 1;13(1):24.
196. Kim S-H, Jo S-N, Myung H-N, Jang J-Y. The effect of pre-existing medical conditions on heat stroke during hot weather in South Korea. *Environ Res*. 2014 Aug 1;133:246–52.
197. Yang J, Yin P, Zhou M, Ou C-Q, Li M, Li J, et al. The burden of stroke mortality attributable to cold and hot ambient temperatures: epidemiological evidence from China. *Environ Int*. 2016 Jul 1;92–93:232–8.
198. Díaz J, Carmona R, Mirón IJ, Ortiz C, Linares C. Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: the need

- for a cold wave prevention plan. *Environ Res.* 2015 Nov 1;143:186–91.
199. Green H, Bailey J, Schwarz L, Vanos J, Ebi K, Benmarhnia T. Impact of heat on mortality and morbidity in low and middle income countries: a review of the epidemiological evidence and considerations for future research. *Environ Res.* 2019 Apr 1;171:80–91.
 200. Esperón-Rodríguez M, Bonifacio-Bautista M, Barradas VL. Socio-economic vulnerability to climate change in the central mountainous region of eastern Mexico. *Ambio.* 2016 Mar 30;45(2):146–60.
 201. Huang C, Barnett AG, Xu Z, Chu C, Wang X, Turner LR, et al. Managing the health effects of temperature in response to climate change: challenges ahead. *Environ Health Perspect.* 2013 Apr;121(4):415–9.
 202. Gasparrini A, Guo Y, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Huber V, Tong S, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Heal.* 2017 Dec 1;1(9):e360–7.
 203. Egondi T, Kyobutungi C, Rocklöv J. Temperature variation and heat wave and cold spell impacts on years of life lost among the urban poor population of Nairobi, Kenya. *Int J Environ Res Public Health.* 2015 Mar 2;12(3):2735–48.
 204. Zhang Y, Yu C, Bao J, Li X. Impact of temperature on mortality in Hubei, China: a multi-county time series analysis. *Sci Rep.* 2017 Apr 22;7(1):45093.
 205. Ostro B, Lipsett M, Reynolds P, Goldberg D, Hertz A, Garcia C, et al. Long-term exposure to constituents of fine particulate air pollution and mortality: results from the California Teachers Study. *Environ Health Perspect.* 2010 Mar;118(3):363–9.
 206. Bobb JF, Peng RD, Bell ML, Dominici F. Heat-related mortality and adaptation to heat in the United States. *Environ Health Perspect.* 2014 Aug;122(8):811–6.
 207. Michelozzi P. Temperature and summer mortality: geographical and temporal variations in four Italian cities. *J Epidemiol Community Heal.* 2006 May 1;60(5):417–23.
 208. Morabito M, Crisci A, Moriondo M, Profili F, Francesconi P, Trombi G, et al. Air temperature-related human health outcomes: current impact and estimations of future risks in Central Italy. *Sci Total Environ.* 2012 Dec 15;441:28–40.

209. Jiménez-Candil J, Díaz-Castro Ó, Barrabés JA, García de la Villa B, Bodí Peris V, López Palop R, et al. Actualización en cardiopatía isquémica y cuidados críticos cardiológicos. *Rev Española Cardiol*. 2013 Mar 1;66(3):198–204.
210. Arós F, Heras M, Vila J, Sanz H, Ferreira-González I, Permanyer-Miralda G, et al. Reducción de la mortalidad precoz y a 6 meses en pacientes con IAM en el periodo 1995-2005. Datos de los registros PRIAMHO I, II y MASCARA. *Rev Española Cardiol*. 2011 Nov 1;64(11):972–80.
211. Puymirat E. Association of changes in clinical characteristics and management with improvement in survival among patients with ST-elevation myocardial infarction. *JAMA*. 2012 Sep 12;308(10):998.
212. Li M, Gu S, Bi P, Yang J, Liu Q. Heat waves and morbidity: current knowledge and further direction: a comprehensive literature review. *Int J Environ Res Public Health*. 2015 May 18;12(5):5256–83.
213. Ebi KL, Bowen K. Extreme events as sources of health vulnerability: drought as an example. *Weather Clim Extrem*. 2016 Mar 1;11:95–102.
214. Medina-Ramón M, Zanobetti A, Cavanagh DP, Schwartz J. Extreme temperatures and mortality: assessing effect modification by personal characteristics and specific cause of death in a multi-city case-only analysis. *Environ Health Perspect*. 2006 Sep;114(9):1331–6.
215. Xiao J, Spicer T, Jian L, Yun GY, Shao C, Nairn J, et al. Variation in population vulnerability to heat wave in Western Australia. *Front Public Heal*. 2017 Apr 3;5:64.
216. Peng Bi, Williams S, Loughnan M, Lloyd G, Hansen A, Kjellstrom T, et al. The effects of extreme heat on human mortality and morbidity in Australia: implications for public health. *Asia Pacific J Public Heal*. 2011 Mar 19;23(2_suppl):27S-36S.
217. World Health Organization. Improving public health responses to extreme weather/ heat-waves: EuroHEAT meeting report. Bonn, Germany: WHO Regional Office for Europe; 2007.
218. Ebi KL, Schmier JK. A stitch in time: improving public health early warning systems for extreme weather events. *Epidemiol Rev*. 2005 Jul 1;27(1):115–21.

219. Chastonay P, Zybach U, Simos J, Mattig T. Climate change: an opportunity for health promotion practitioners? *Int J Public Health*. 2015 Nov 2;60(7):763–4.
220. Moriarty P, Honnery D. Future cities in a warming world. *Futures* [Internet]. 2015 Feb 1 [cited 2018 Jun 20];66:45–53. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016328714002031>
221. World Health Organization. Promoting health while mitigating climate change: technical briefing for the World Health Organization Conference on Health and Climate, 27-29 August, Geneva: discussion draft. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2015.
222. Singh S, Hanna EG, Kjellstrom T. Working in Australia's heat: health promotion concerns for health and productivity. *Health Promot Int*. 2015 Jun 1;30(2):239–50.
223. Ebi KL, Semenza JC. Community-based adaptation to the health impacts of climate change. *Am J Prev Med*. 2008 Nov 1;35(5):501–7.
224. Toloo GS, FitzGerald G, Tong S. Managing health risks of extreme weather events: need for a systematic approach. *Aust N Z J Public Health*. 2014 Feb 1;38(1):90–1.

ANEXOS



Article

The Association between Hydro-Meteorological Events and Leptospirosis Hospitalizations in Santa Catarina, Brazil

Wolmir Ercedes Péres ^{1,2,*} , Ana Russo ^{3,*} and Baltazar Nunes ^{1,4,*}

¹ Centro de Investigação em Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade NOVA de Lisboa, 1600-560 Lisboa, Portugal

² Universidade de Pernambuco, Campus Petrolina, Petrolina CEP 56328-900, Pernambuco, Brazil

³ Instituto Dom Luiz (IDL), Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal

⁴ Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Av Padre Cruz, Lumiar, 1649-016 Lisboa, Portugal

* Correspondence: wolmir.peres@upe.br (W.E.P.); acrusso@fc.ul.pt (A.R.); bnunes@ensp.unl.pt (B.N.)



Received: 15 April 2019; Accepted: 13 May 2019; Published: 20 May 2019

Abstract: Extreme climatic events (ECE) are beginning to be perceived as potential causes of health disturbances. The assessment of the impacts of certain ECE to human health has become essential to health managers and caregivers. The objective of this study was to identify the association between rates of hospitalization for Leptospirosis and the occurrence of extreme hydrological events in the state Santa Catarina (Brazil) between the years 2005 and 2014. The association between Leptospirosis hospitalizations and the occurrence of floods, flash floods, and flooding events was measured through Spearman's bivariate correlation coefficient. Flash floods corresponded to 92.6% of the total hydrological events. Coastal regions presented higher admission rates than inland. The Leptospirosis presented a seasonal pattern, with a peak in the summer months. Positive and significant correlations for monthly and annual analyzes were identified for some of the analyzed macro-regions, with higher values of correlation in the coastal region. The current results suggest the influence of the occurrence of extreme hydro-meteorological events on the variability of the hospitalization rate by Leptospirosis in the state of Santa Catarina, with significant differences found for the coastal and inland regions.

Keywords: health impacts; floods; health indicators; Leptospirosis

1. Introduction

In a climate change context, one of the key aims of the health sector for the next few decades will be the identification of the most vulnerable systems and the mitigation of the risk associated with the occurrence of extreme meteorological events [1].

Thus, several studies have been conducted in order to better understand extreme weather events

(e.g., floods, droughts, heat waves) and their adverse effects to vulnerable populations [2]. Floods are one of the most common natural disaster globally [3], and are expected to increase in terms of frequency and severity due to climate change [3,4]. Moreover, floods hit most often populations with lower purchasing income [5], being one of the main causes of death among the environmental disasters [6]. On the other hand, floods are often preceded by extreme precipitation events [7] which have large impacts per se to populations and ecosystems [8].

Brazil has been severely affected by floods [9,10], and one of the most striking events resulted from the intense precipitation event that occurred in Rio de Janeiro in 2011 [11]. A set of associated factors such as geomorphology, human occupation and high precipitation rates led to the death of approximately 900 people and the displacement of almost 35,000 from their homes for safety reasons, namely because of the possibility of floods and landslides [11]. The state of Santa Catarina was also hit in the year 2008 with high levels of precipitation which occurred in a very short period of time, causing landslides and sudden floods, which demonstrated the vulnerability of that territorial area [10].

On the other hand, floods have been reported to be associated with the increase of the global burden of disease [12], morbidity [13], mortality [14,15], social and economic disruptions. Regarding flood-related morbidities, an expressive number of articles has been published on the analysis of episodes of waterborne diseases related to the contamination of foods ingested, leading to the emergence of cases of *Leptospirosis* [13,14,16]. When flood events occur, the patterns of contact are altered, and diseases transmitted by rodents like *Leptospirosis* can spread out through the contamination of the waters used for human consumption, as well as the contamination of food by human or animal waste [14]. Although *Leptospirosis* was previously regarded as an occupational illness, its epidemiological pattern is changing and now there are increasing reports of *Leptospirosis* contracted during accidental events in waters polluted with *Leptospirosis* and during recreational activities [17,18]. In terms of flood-associated outbreaks of *Leptospirosis*, several papers have been published focusing on a wide range of countries throughout the world, ranging from countries of temperate zones to tropical areas [10,17–25]. *Leptospirosis* affects indiscriminately different world countries; nevertheless, some areas have higher transmission risk, being confirmed as a steadily increasing public health problem in some of them [25]. Several studies focusing on Brazil reinforce the association between high precipitation and flood events to the increasing occurrence of urban cases of *Leptospirosis* [19–21,23,24,26]. Most authors highlight several factors which may trigger *Leptospirosis* cases: poor sanitation and housing characteristics, mud and garbage accumulation, large populations of rodents, low socioeconomic levels and work activities [10,19,24,27]. These factors point to the fact that poverty and poor sanitation have high impact on the occurrence of *Leptospirosis*, thus affecting more low-income populations.

These severe population health impacts will place a continuing stress on health services, especially in low-resource countries [15].

The interaction and interdependence between health and environment highlights the need for the development of strategies to measure and understand their association, enabling the design of strategies to reduce the environmental impacts on human health [28]. The search for quick, efficient and planned responses is vital to lifetime maintenance and possible forecast aggravations that can be predictable [29]. Thus, climatological analysis together with epidemiological data of a particular social group is of fundamental importance to know how such events behaved and the magnitude of its implications. The possibility to associate weather events that compromise the health of a given population it is of the utmost importance, so that responsible entities can identify the phenomenon, allocate services and plan actions to minimize their consequences [30,31].

This study was conducted for the State of Santa Catarina (SC) which is located in the southern region of Brazil (Figure 1, top left panel). Santa Catarina has an area of 95,736.165 km², with an estimated population of 6,767,148 inhabitants [32] and with a Human Development Index-HDI of 0.84, being considered as the best ranked State in Brazil, with 27 cities among the 100 with higher quality of life in the country.



Figure 1. Location of the State of Santa Catarina (top left panel); elevation (top right panel); map of Santa Catarina's Health macro-regions (lower panel).

The study area is located at an intersection of many routes, which connects the different parts of the country and Latin America, strengthening its positioning as a socioeconomic development pole, supported by the agriculture and industry sectors. SC state has its largest population contingent located in the coastal region (54.5%) where the higher urbanization rates are present and, consequently, a greater coverage of water supply. Potable water reaches 85.6% in the state, but basic sanitation does not exceed 15.5% of wastewater and sewage treated in the state [33], which has one of the lowest rates of sewage treatment in Brazil. Santa Catarina's coastal region is located in an area of low elevation, while the inland is dominated by plateau areas with altitudes reaching 1755 m. Moreover, the coastal area is dominated by the estuaries of SC's main rivers (Figure 1, low panel).

The main objective of this study was to measure the association between the occurrence of hydro-meteorological events and hospitalization for leptospirosis in the state of SC, between the years 2005 to 2014. This work constitutes a first step towards the development of a project that can support public managers in the elaboration of policies aiming at the mitigation and the monitoring of the extreme climatic events and their impacts on the indicators of population's health.

2. Materials and Methods

To achieve the pursued objective, a time-series ecological study is proposed, where the association of the hydro-meteorological events with the monthly hospitalization rates by *Leptospirosis* in the Santa Catarina State between the years 2005 to 2014 will be attempted.

2.1. Case Study: Santa Catarina (Brazil)

SC's (Figure 1, low panel) population residing in the 9 macro-regions (Extreme west, Midwest, Southern St. Catarina, Northern Plateau, Serrano Plateau, Itajaí Valley, River Itajaí Estuary, Northeast, Greater Florianópolis) during the period between 2005 and 2014 was collected from an historical dataset of the SC's population demographic database [32].

The eastern part of SC state has three large topographic units: the Coastal Plains, the Coastal Sierras and the Western Plateau, with very different altitudes and topographic characteristics, namely (1) 77% of its territory is above 300 m of altitude; (2) 56.22% of the area is covered by plateaus between 300 m and 900 m; and (3) 20.45% are mountains higher than 900 m. To the west, we have the region known as Plateau Catarinense, where altitudes vary between 700 and 1800 m. The Coastal Plains are in direct contact with the Atlantic Ocean, the Sierras are arranged obliquely to the shoreline and the Plateau constitutes the most continental and extensive unit of the territory of Santa Catarina [34].

2.2. Hydrological Events

Data was obtained from the Secretariat of State for Civil Defense of the State of Santa Catarina (SDC/SC), which is responsible by the identification of public calamities and the assessment of extreme and adverse climatic events aiming to support the regions and municipalities with resource allocation and the promulgation of situations of "State of Emergency and Public Calamity". In this way, the SDC/SC organized a database of indicators related to extreme climatic events, where these are classified according to their nature and are recorded based on the date of occurrence and the affected locality. The data for the Municipalities between 2005 and 2014 was used after being aggregated by health macro-regions.

Additionally, data from the SDC/SC were extracted to determine the monthly occurrence of extreme Hydrologic Events—HE. The HEs were divided into four classes of occurrence: (1) flash floods, (2) floods, (3) flooding and (4) cumulative HE (summed occurrence of any type of flash floods, floods and flooding), which were attributed to each different macro-region. The SDC/SC identifies as floods the overflow of the waters of a watercourse (e.g., river flood; maritime flood; dam breakage's flood). Flash floods are floods which are highly concentrated and energetic floods which produce surface runoff that results from intense or extreme rainfall events. Finally, flooding results on the momentary accumulation of water in certain locations by deficiency in the drainage system, covering a small part of the plain.

2.3 Health Indicators

The data on hospitalizations and resident population were extracted from the database of the Department of Informatics of the Unified Health System—DATASUS, of the Ministry of Health—MS, of the Government of Brazil.

To achieve the proposed goal, the number of hospitalizations with a primary diagnose of *Leptospirosis* (ICD10 A27/A27.9) were extracted by month for each health macro region for the period of 2005 to 2014. Then, the monthly *Leptospirosis* hospitalization rates were determined and used as a health indicator, dividing the observed number of hospitalizations by the resident population in each year. The specific hospitalization rates for this disease were calculated by age groups and macro-regions of health.

The disease occurrence in subsequent months an accumulated rate was calculated based on the sum of the rates for the month of occurrence (here considered N) and the subsequent month (here considered as N + 1) were considered.

2.3. Statistical Analysis

A descriptive statistical analysis of the hydro-meteorological events and of the hospital admissions rates was performed. Finally, the Spearman's bivariate correlation coefficient between the monthly hospitalization rates of Leptospirosis and the number of HE for the period was determined. The Spearman correlation analysis was performed by crossing the data from the hospitalization rates for *Leptospirosis* summed for two consecutive months (months N and N + 1), with the number of hydro-meteorological events occurred in the month N, this analysis was stratified by macro-region and year. All statistical analysis was performed in IBM SPSS version 24 (Chicago, IL, USA) at 5% of statistical significance.

3. Results

3.1. Descriptive Analysis

3.1.1. Hydrological Events

When analyzing the average rainfall data in the state of Santa Catarina, we observed that, in the period under analysis, 37.2% had precipitation values above 150 mm and 35.1% had precipitation values below 100 mm (Figure 2). When evaluating the months with the highest precipitation, we highlight the months of October 2008 (344.78 mm), followed by June 2014 (305.68 mm), January 2011 (298.12 mm), January 2010 (277.79 mm) and January 2007 (269.24 mm).

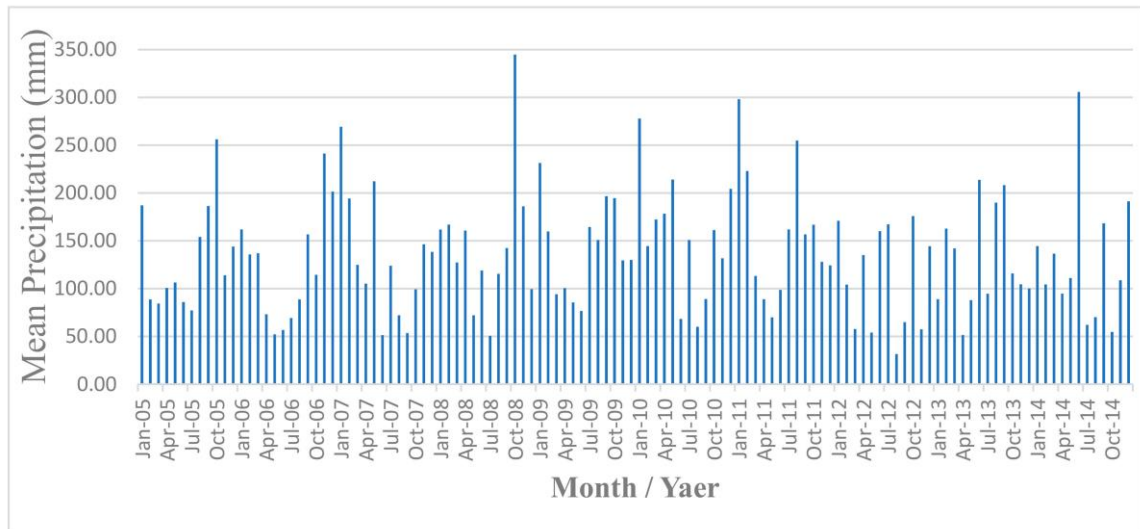


Figure 2. Average accumulated monthly precipitation in the State of Santa Catarina between the years 2005 to 2014.

Flash floods were the HE with the highest incidence among the four studied HE between 2005 and 2014, with 1541 occurrences, corresponding to 92.61% of the total events recorded for the period. The regions most affected by high concentrations of flash floods are the macro-regions of Itajaí Valley, Southern SC, Extreme West, Midwest and Greater Florianópolis (Table 1).

Table 1. Number of HE by Health Macro-regions in the State of Santa Catarina between the years 2005 and 2014.

Macro-Regions	Number Of Flash Floods	Number Of Floods	Number Of Flooding	Total Number Of Events
Greater Florianópolis	175	03	01	179
Northeast	113	01	01	115
Northern Plateau	62	22	07	91
Serrano Plateau	63	06	01	70
River Itajaí Estuary	103	05	02	110
Southern ST. Catarina	318	06	07	331
Itajaí Valley	349	20	03	372

Midwest	163	07	10	180
Extreme West	195	19	02	216

Source: Secretary of State for Civil Defense of Santa Catarina.

These regions are almost all located on the coastal area of SC's territory (Figure 1). On the contrary, the macro-regions with smaller frequency of HE are mostly located in the region known as Plateau of SC, where the Plateau Serrano and North Plateau macro-regions are located (Table 1, Figure 3). Moreover, 2011 was the year with higher number of floods, with the largest numbers of occurrences in 7 of the 9 macro-regions. However, the years 2008, 2009, 2010 and 2014 also present a high number of floods (Figure 3). In fact, most of the events were concentrated on five years of the total of nine years, summing total concentrations of occurrences which ranged from 88.43% to 96.67% in each macro-region.

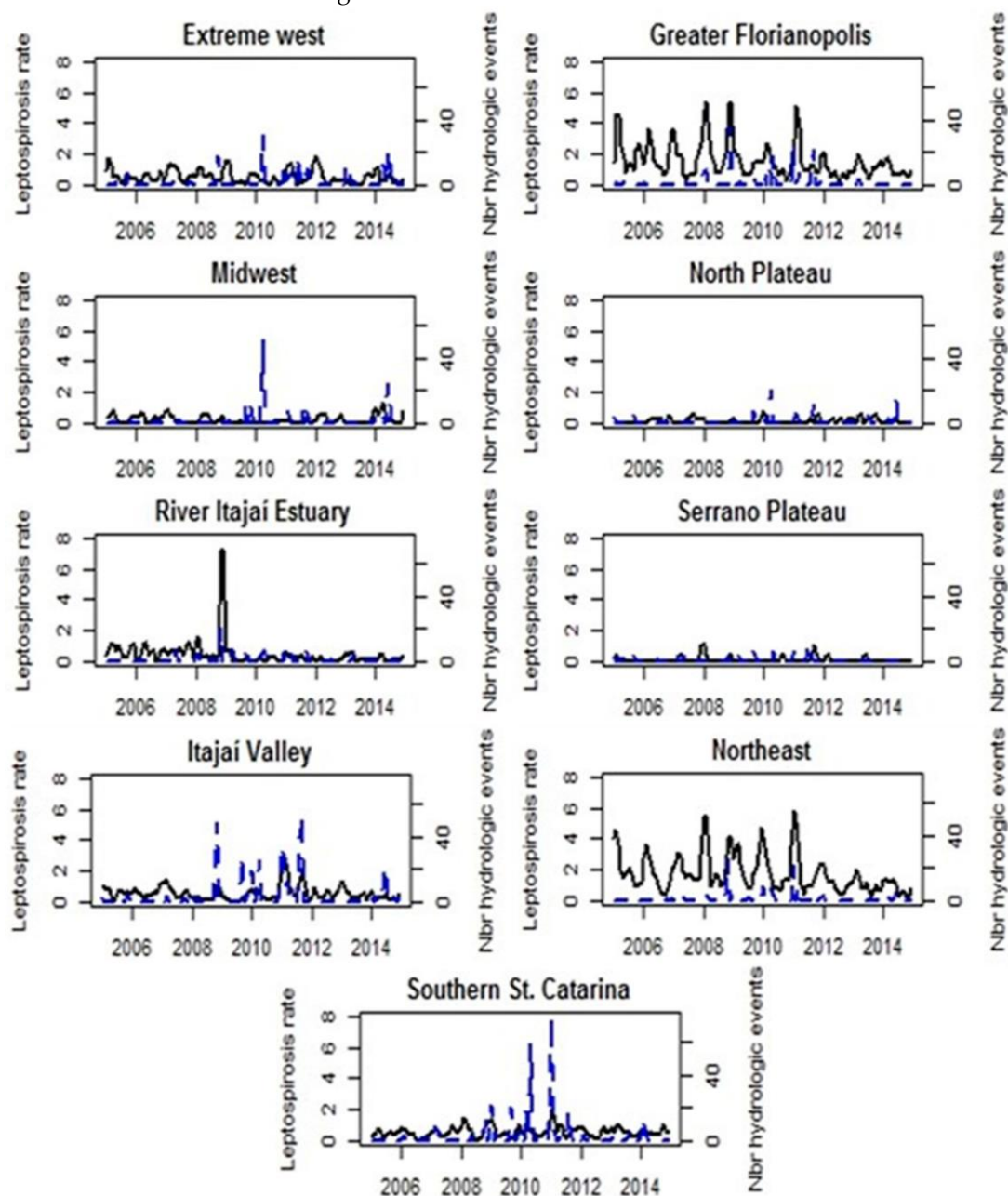


Figure 3. Time series of the number of monthly Hydrological Events (in blue) and hospitalization rates for *Leptospirosis* (in black) by Health Macro-region between the years 2005 and 2014.

3.1.2. Hospital Admissions by Leptospirosis

There is a particularly high number of hospital admissions by *Leptospirosis* cases within the period 2007–2008. On the other hand, when analyzing the distribution of cases per month, a seasonal pattern of *Leptospirosis* is observed, with a higher summer concentration (December, January and February) (Figure 4).

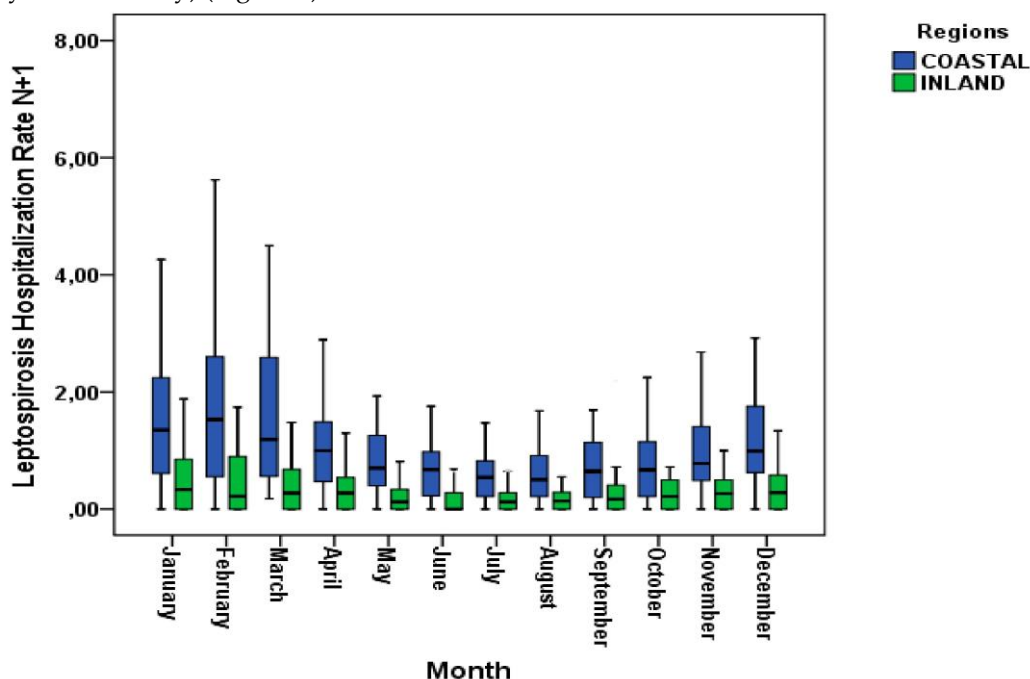


Figure 4. Santa Catarina's coastal and inland hospitalization rates for *Leptospirosis* between the years 2005 and 2014.

When the analysis is refined to the macro-region, the hospitalization rates for *Leptospirosis* for the Northeast macro-region should be highlighted, as it presents the highest average hospitalizations rate for the study period (0.90/100,000 inhabitants). It was also the macro-region of the Itajaí River Estuary that presented the most significant monthly rate with 6.97/100.000 inhabitants, showing a considerable variation relatively to the average (0.23/100.000 inhabitants) of the region and the maximum number registered for the period.

On the other hand, River Itajaí Estuary presented the lowest averages, followed by the Midwest, Serrano Plateau and Northern Plateau. The main difference between them is that River Itajaí Estuary presented maximum monthly values of admissions of 6.97/100,000 inhabitants, being the highest rate recorded for the period under investigation.

3.1.3. Correlation Analysis

The macro-regions of Itajaí Valley and Greater Florianópolis are the ones with the highest number of annual positive correlations for the period under analysis. Namely, the Itajaí Valley presents positive and significant correlation for the years 2008 (0.722); 2009 (0.658); 2010 (0.701); 2011 (0.613); and 2014 (0.655); and Greater Florianópolis also presents significant correlations for the years 2008 (0.612); 2011 (0.635) and the year 2013 (0.656). The Northeast macro-region was the one with the highest positive correlation among all the macro-regions (0.740) for the year 2008 (Table 2, Figure 3).

Table2. Spearman Correlation Coefficients Year by Health Macro-region, for *Leptospirosis* hospitalization rates versus hydrological events, years 2005 to 2014.

Spearman Correlations													
Health Macro-Region			Leptospirosis Hospitalization Rate										
			Year										
			2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005/2014
HydrologicalEvents	Greater	Coef.	0.032	-0.044	0.931	0.612 *	0.352	0.441	0.635 *	(1)	0.656 *	0.088	0.378 **
	Florianopolis	Sig.	0.921			0.035	0.262	0.151	0.026	0.020	0.785	0.000	
	Northeast	Coef.	-0.220	0.028	0.740 **	-0.221	0.416	0.608 *	0.485	(1)	0.155	0.279 **	
	North Plateau	Sig.	0.893	0.196	0.006	0.178	0.036	0.110	0.631	0.002			
		Coef.	0.492	-0.227	0.542	0.490	0.393	-0.326	(1)	-0.069	0.448	-0.042	
	Sig.	(2)	0.478	(1)	-0.134	0.207	0.300	(1)	0.832	0.144	0.648		
	Serrano Plateau	Coef.	0.109	0.105	-0.094	0.335	0.677	-0.255	-0.260	(1)	(1) (2)	-0.042	
	Sig.	0.736	0.745	0.405	(2)	0.424	0.415	-0.285	0.390	-0.049	0.648		
	River Itajaí Estuary	Coef.	(1)	0.772	0.287	-0.524	0.276	0.368	0.210	0.880	-0.032		
	Southern St. Catarina	Sig.	(1)	-0.312	0.192	-0.007	0.080	0.384	0.353	0.047	0.182	0.725	
	Sig.	-0.083	0.323	0.372	0.983	0.713**	0.261	0.260	0.886	0.572	0.197 *		
	Itajaí Valley	Coef.	0.798	0.496	-0.277	0.234	0.000	0.009	0.412	0.260	0.886	0.572	0.197 *
		Sig.	0.221	0.101	0.383	0.722 **	1.000	0.009	0.412	0.260	0.886	0.572	0.031
			0.459	0.330		0.658	0.701 *	0.613 *	0.397	(1)	0.655 *	0.338 **	
	Sig.	0.491	0.133	0.295	0.008	0.020	0.011	0.034	0.201		0.021	0.000	
	Midwest	Coef.	0.139	-0.143	-0.139	-0.144	-0.255	0.000	0.432	-0.046	-0.134	0.388	0.011
		Sig.	0.667	0.657	0.667	0.656	0.424	1.000	0.161	0.886	0.677	0.213	0.906
	Extreme West	Coef.	0.111	(1)	0.191	-0.496	0.044	-0.256	0.070	(1)	-0.395	0.077	-0.055
		Sig.	0.730		0.551	0.101	0.892	0.421	0.829		0.203	0.812	0.551
		N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120

* The correlation is significant at the 0.05 level; ** The correlation is significant at the 0.01 level; (1) There is no registry this year of HE; (2) Rate of hospitalization = 0.

It was observed in this investigation that there is a difference in the pattern of the disease when comparing the coastal and inland regions. It is known that coastal regions have a higher frequency of occurrence of HE [27], due to their demographic and relief characteristics. The findings show that the number of HE is associated with the rates and hospitalization in both regions; however, we observed that in the periods where more than 15 HE occurred in a single month, a significant increase was observed with greater repercussions in macro health regions with greater proximity to the coast (Figure 5). This is in accordance with other studies for Brazil, South America and other countries [12,22,23].

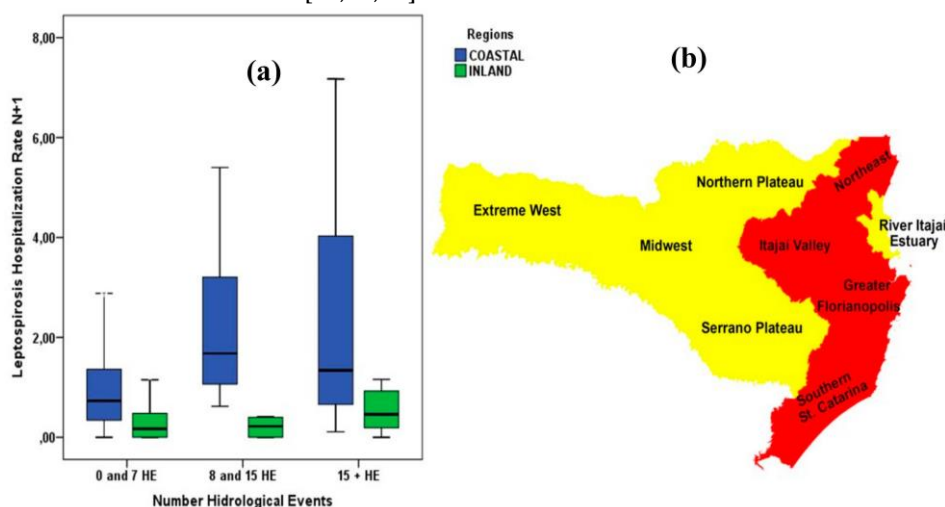


Figure 5. (a) association between the number of monthly Hydrological Events and hospitalization rates for *Leptospirosis* in coastal and inland areas for three classes (class 1: < 7 HE, class 2: 8 < HE < 15, class 3: >15 HE events) between the years 2005 and 2014; (b) higher incidence of hospitalization rates for *Leptospirosis* for class 1 (HE < 7 events) in yellow and class 3 (HE > 15 events) in red.

4. Discussion

In this study, the existence of correlations between *Leptospirosis* hospitalizations and hydro-meteorological events were analyzed. The results showed that four macro-regions (Greater Florianópolis, Northeast, Southern SC and Itajaí Valley) presented positive correlations ranging from 0.608 to 0.740, for the years 2008, 2009, 2010, 2011, 2013 and 2014. These four macro-regions also had significant and positive correlations for the complete period under analysis (2005 to 2014).

The state of SC has presented in recent years an increase in the number of hydrological events, which brings the State to the top of affected States in the national scenario [35]. It is also known that coastal regions, such as the State of SC, are more likely to have a greater number of HE, which influences the total number of events for their large macro-regions [27,36], since these regions are more prone to the occurrence of sudden storms, and with high volumes of precipitation in a short time. The high number of flash floods may be a factor responsible for the increase in cases of *Leptospirosis* [23], when associated

with factors such as low sanitation coverage.

In order to analyze the results, the HE events were separated into floods, flash floods and flooding events, being that flash floods accounted for 92.61% of HE occurrences in Santa Catarina from 2005 to 2014 [37]. These results are in accordance with results found in other studies [35], highlighting the importance of flash floods as the most frequent types of HE in the state of SC, which can greatly contribute to the increase of rivers' flow causing rapid floods [35] and thus allowing for the rapid propagation of the disease-causing agent *Leptospirosis*.

It is also known that flash floods have impacts on public health and health services because of their characteristics and lack of predictability, which can affect the supply of services as well as the displacement of support and relief teams [38]. In addition, it is clear that people who are not prepared for this HE have the greatest possibility of contact with contaminated water, thus increasing the risk of *Leptospirosis* [39]. This shows that we must continue to pursue for a better understanding and monitoring of these events in order to anticipate and mitigate their impacts on vulnerable populations [31].

The highest mean precipitation indexes for SC were observed in January (not shown) predominantly which favored occurrence of extreme events related to a large volume of precipitation in a short time, similarly to what happened in other Brazilian states [38]. It is known that there is a tendency of high rainfall in the state of Santa Catarina in the summer period, but climate change is influencing these values. Even with normal means, the emergence of extreme events in a short time begins to be more frequent, which implies a monitoring and preparation of populations to deal with these phenomena [40].

The maximum rates of hospitalization for *Leptospirosis* were identified in the months and/or subsequent month in which there were the highest number of current HE events, which is in fact related to *Leptospirosis* incubation period, which varies from 2 to 30 days, with an average of 7–10 days. [41] Moreover, the coastal macro-regions of health present the highest rates of hospitalization for this disease which is in agreement with the findings in other studies [36]. The regions that presented positive and significant correlations are mostly located in the coastal zone of the state of SC, which in recent years presented a significant number of hydrological events. An explanation for that is that it might be associated with the fact that there are more people living in the coastal areas and that the coastal areas have been affected by a higher number of hydrological events (than inland areas) because of its geographical constraints. The coastal areas are dominated by the estuaries of SC's main rivers and located in an area of low elevation, while

the inland is dominated by plateau areas. Thus, coastal areas are more prone to suffer more hydrological events than inland areas.

In reaction to the behavior of the events, it was observed that the number of events influences the rates, we see that the higher the occurrence of events (15+), the higher the hospitalization rates for both coastal and inland regions. It is also important to emphasize the importance of monitoring both the disease and the hydrologic events because, with the increase of climatic changes as a triggering factor, it tends to change the behavior and the emergence of outbreaks, which will most often affect the most vulnerable populations; in this way, the control becomes essential for the mitigation of the impacts [3,15,27].

This study aims to assist stakeholders to understand the dynamics between hydrometeorological events and hospitalizations for *Leptospirosis*. As a limitation, we must point out that this is a temporal ecological study, and this type of study has some limitations, mostly because of the use of secondary data, which does not allow the understanding of the phenomenon in its complete magnitude. In addition, there are other factors that may be associated with the temporal pattern of the disease, such as demographic density and socioeconomic factors, which were not addressed in this investigation, but that in future studies could be accounted to better understand these mechanisms and their influences on the disease under analysis.

In recent years, the state of Santa Catarina has presented an expressive number of hydrometeorological events, having as highlight flash flood events. When analyzing the different macro-regions of health, it was found that certain macro-regions are more susceptible to these occurrences, although it should be noted that *Leptospirosis* in Santa Catarina has seasonal characteristics and has endemics also observed in studies that relate leptospirosis to precipitation [42].

5. Conclusions

Hydro-meteorological events are in fact an important factor which contributes to the high number of hospitalizations for *Leptospirosis*. However, there are some other facts which were not addressed that are also vital when analyzing the incidence of *Leptospirosis*, namely demographic density, sanitation conditions, socioeconomic and cultural aspects, among others. These latter might also be included somehow in a more comprehensive investigation in order to better elucidate on the causes and the consequences on hospitalizations for this disease.

However, it is important to highlight that this study is a preliminary assessment of the health vulnerability for the state of Santa Catarina focusing on the hospitalizations due *Leptospirosis*. Nevertheless, specific actions in the public health sector and an improvement on the measures to identify and predict extreme climatic events should be considered in order to mitigate these impacts. The field of action should be broadened, from improved sanitation indicators to the monitoring of events and diseases, including the development of emergency disaster plans, in order to reduce the impacts on the most vulnerable populations. For this reason, this study provides some evidence that can, along with other findings, permeate the local planning in the search of greater specificity in the field of action, allowing greater effectiveness in the proposed actions.

Author Contributions: The contributions of each author to this work were the following: Conceptualization, W.E.P., A.R. and B.N.; methodology, W.E.P., A.R. and B.N.; formal analysis, W.E.P., A.R. and B.N.; investigation, W.E.P., A.R. and B.N.; writing—original draft preparation, W.E.P., and A.R.; writing—review and editing, W.E.P., A.R. and B.N.

Funding: This research was partially funded by Fundação para a Ciência e Tecnologia grant SFRH/BPD/99757/2014 (AR).

Acknowledgments: We are grateful for the contributions to this work regarding the availability of data regarding hydrological events by the State Secretariat of Civil Defense of Santa Catarina, as well as the University of Pernambuco/Brazil, which allowed the immersion of one of the researchers in the investigation.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. ClimateChange and Human Health-Risks and Responses; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2003; Available online: <http://www.who.int/globalchange/environment/en/ccSCREEN.pdf?ua=1> (accessed on 15 June 2018).
2. Ummenhofer, C.C.; Meehl, G.A. Extreme weather and climate events with ecological relevance: A review. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **2017**, *372*, 20160135. [[CrossRef](#)]
3. Wu, X.; Lu, Y.; Zhou, S.; Chen, L.; Xu, B. Impact of climate change on human infectious diseases: Empirical evidence and human adaptation. *Environ. Int.* **2016**, *86*, 14–23. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Lavell, A.; Oppenheimer, M.; Diop, C.; Hess, J.; Lempert, R.; Li, J.; Muir-Wood, R.; Myeong, S.; Moser, S.; Takeuchi, K.; et al. *Climate Change: New Dimensions in Disaster Risk, Exposure, Vulnerability, and Resilience*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2012.
5. Hashim, J.H.; Hashim, Z. Climate Change, Extreme Weather Events, and Human Health Implications in the Asia Pacific Region. *Asia Pacific J. Public Heal.* **2016**, *28*, 8S–14S. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Gopalakrishnan, C. Water and disasters: A review and analysis of policy aspects. *Int. J. Water Resour. Dev.* **2013**, *29*, 250–271. [[CrossRef](#)]
7. WMO. *Manual on Flood Forecasting and Warning*; World Meteorological Organization: Geneva, Switzerland, 2011; Available online: http://www.wmo.int/pages/prog/hwrf/publications/flood_forecasting_warning/WMO1072_en.pdf (accessed on 7 June 2018).
8. Curriero, F.C.; Patz, J.A.; Rose, J.B.; Lele, S. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948–1994. *Am. J. Public Health* **2001**, *91*, 1194–1199. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Nel, J.L.; Le Maitre, D.C.; Nel, D.C.; Reyers, B.; Archibald, S.; van Wilgen, B.W.; Forsyth, G.G.; Theron, A.K.; O’Farrell, P.J.; Kahinda, J.-M.M.; et al. Natural hazards in a changing world: A case for ecosystem-based management. *PLoS One* **2014**, *9*, e95942. [[CrossRef](#)]
10. De Londe, L.R.; Coutinho, M.P.; Di Gregório, L.T.; Santos, L.B.L.; Soriano, É. Desastres relacionados à água no Brasil: Perspectivas e recomendações. *Ambient Soc.* **2014**, *17*, 133–152. [[CrossRef](#)]
11. Xavier, D.R.; Barcellos, C.; da Barros, H.S.; de Magalhães, M.A.F.M.; de Matos, V.P.; de Pedrosa, M.M. Organização, disponibilização e possibilidades de análise de dados sobre desastres de origem climática e seus impactos sobre a saúde no Brasil. *Cien. Saude Colet.* **2014**, *19*, 3657–3668. [[CrossRef](#)]
12. Pereira, C.; Barata, M.; Trigo, A.; Pereira, C.; Barata, M.; Trigo, A. Social Cost of Leptospirosis Cases Attributed to the 2011 Disaster Striking Nova Friburgo, Brazil. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2014**, *11*, 4140–4157. [[CrossRef](#)]
13. Davies, G.I.; McIver, L.; Kim, Y.; Hashizume, M.; Iddings, S.; Chan, V. Water-borne diseases and extreme weather events in Cambodia: Review of impacts and implications of climate change. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2014**, *12*, 191–213. [[CrossRef](#)]
14. Ahern, M.; Kovats, R.S.; Wilkinson, P.; Few, R.; Matthies, F. Global Health Impacts of Floods: Epidemiologic Evidence. *Epidemiol. Rev.* **2005**, *27*, 36–46. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Frumkin, H.; Hess, J.; Luber, G.; Malilay, J.; McGeehin, M. Climate change: The public health response. *Am. J. Public Health* **2008**, *98*, 435–445. [[CrossRef](#)]
16. Alderman, K.; Turner, L.R.; Tong, S. Floods and human health: A systematic review. *Environ. Int.* **2012**, *47*, 37–47. [[CrossRef](#)]
17. Johnson, M.A.S.; Smith, H.; Joseph, P.; Gilman, R.H.; Bautista, C.T.; Campo, K.J.; Cespedes, M.; Klatsky, P.; Vidal, C.; Terry, H.; et al. Environmental exposure and leptospirosis, Peru. *Emerg. Infect. Dis.* **2004**, *10*, 1016–1022. [[CrossRef](#)]

18. Sejvar, J.; Bancroft, E.; Winthrop, K.; Bettinger, J.; Bajani, M.; Bragg, S.; Shutt, K.; Kaiser, R.; Marano, N.; Popovic, T.; et al. Leptospirosis in 'Eco-Challenge' athletes, Malaysian Borneo, 2000. *Emerg. Infect. Dis* **2003**, *9*, 702–707. [[CrossRef](#)]
19. Barcellos, C.; Sabroza, P.C. The place behind the case: Leptospirosis risks and associated environmental conditions in a flood-related outbreak in Rio de Janeiro. *Cad. Saude Publica* **2001**, *17*, 59–67. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Correa, M.O. Human leptospirosis in Brazil. *Int. J. Zoonoses* **1975**, *2*, 1–9.
21. Ko, A.I.; Galvão Reis, M.; Ribeiro Dourado, C.M.; Johnson, W.D.; Riley, L.W. Urban epidemic of severe leptospirosis in Brazil. *Lancet* **1999**, *354*, 820–825. [[CrossRef](#)]
22. Schneider, M.C.; Leonel, D.G.; Hamrick, P.N.; Pacheco De Caldas, E.; Velásquez, R.T.; Mendigaña Paez, F.A.; Caridad, J.; Arrebato, G.; Gerger, A.; Pereira, M.M.; et al. Leptospirosis in Latin America: Exploring the first set of regional data Original research. *Rev. Panam. Salud Pública* **2017**, *41*, e81.
23. De Londe, L.R.; da Conceição, R.S.; Bernardes, T.; de Dias, M.C.A. Flood-related leptospirosis outbreaks in Brazil: Perspectives for a joint monitoring by health services and disaster monitoring centers. *Nat. Hazards* **2016**, *84*, 1419–1435. [[CrossRef](#)]
24. Pelissari, D.M.; Maia-Elkhoury, A.N.S.; Arsky, M.D. Revisão sistemática dos fatores associados à leptospirose no Brasil, 2000–2009/Systematic review of factors associated to leptospirosis in Brazil, 2000–2009. *Epidemiol. Serv. Saúde* **2011**, *20*, 565–574. [[CrossRef](#)]
25. Vieira, M.L.; Gama-Simões, M.J.; Collares-Pereira, M. Human leptospirosis in Portugal: A retrospective study of eighteen years. *Int. J. Infect. Dis.* **2006**, *10*, 378–386. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Hagan, J.E.; Moraga, P.; Costa, F.; Capian, N.; Ribeiro, G.S.; Wunder, E.A.; Felzemburgh, R.D.M.; Reis, R.B.; Nery, N.; Santana, F.S.; et al. Spatiotemporal determinants of urban leptospirosis transmission: Four-year prospective cohort study of slum residents in Brazil. *PLoS Negl. Trop. Dis.* **2016**, *10*, e0004275. [[CrossRef](#)]
27. Doocy, S.; Daniels, A.; Murray, S.; Kirsch, T.D. The human impact of floods: A historical review of events and systematic literature review. *PLoS Curr.* **2013**. [[CrossRef](#)]
28. Reis, S.; Morris, G.; Fleming, L.E.; Beck, S.; Taylor, T.; White, M.; Depledge, M.H.; Steinle, S.; Sabel, C.E.; Cowie, H.; et al. Integrating health and environmental impact analysis. *Public Health* **2015**, *129*, 1383–1389. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. UN. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction: Risk and Poverty in a Changing Climate; United Nations: Washington, DC, USA, 2009; Available online: https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/documents/GAR_Cover.pdf (accessed on 11 June 2018).
30. Schmitt, L.H.M.; Graham, H.M.; White, P.C.L. Economic Evaluations of the Health Impacts of Weather-Related Extreme Events: A Scoping Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2016**, *13*, 1105. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. O'Sullivan, J.J.; Bradford, R.A.; Bonaiuto, M.; De Dominicis, S.; Rotko, P.; Aaltonen, J.; Waylen, K.; Langan, S.J. Enhancing flood resilience through improved risk communications. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2012**, *12*, 2271–2282.
32. IBGE IB de G e E. Brasil em Síntese: Santa Catarina: Panorama: População; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Rio de Janeiro, Brasil, 2010. Available online: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/panorama> (accessed on 12 June 2018).
33. Paludo, J.R.; Borba, J. Abastecimento de água e esgotamento sanitário: Estudo comparado de modelos de gestão em Santa Catarina. *Ambient Soc.* **2013**, *16*, 59–78. [[CrossRef](#)]
34. De Cardoso, C.S.; Bitencourt, D.P.; Mendonça, M. Comportamento do vento no setor leste de Santa Catarina sob influência de ciclones extratropicais. *Rev. Bras. Meteorol.* **2012**, *27*, 39–48. [[CrossRef](#)]
35. Minervino, A.C.; Duarte, E.C. Loss and damage affecting the public health sector and society resulting from flooding and flash floods in Brazil between 2010 and 2014—based on data from national and global information systems. *Cien. Saude Colet* **2016**, *21*, 685–694. [[CrossRef](#)]
36. Lane, K.; Charles-Guzman, K.; Wheeler, K.; Abid, Z.; Graber, N.; Matte, T. Health effects of coastal storms and flooding in urban areas: A review and vulnerability assessment. *J. Environ. Public Health* **2013**, 913064. [[CrossRef](#)]

37. Minervino, A.C.; Duarte, E.C. Danos materiais causados à Saúde Pública e à sociedade decorrentes de inundações e enxurradas no Brasil, 2010–2014: Dados originados dos sistemas de informação global e nacional. *Cien. Saude Colet.* **2016**, *21*, 685–694. [[CrossRef](#)]
38. Guimarães, R.M.; Cruz, O.G.; Parreira, V.G.; Mazoto, M.L.; Vieira, J.D.; Asmus, C.I.R.F. Análise temporal da relação entre leptospirose e ocorrência de inundações por chuvas no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2007–2012. *Cien. Saude Colet.* **2014**, *19*, 3683–3692. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Xiao, C.; Wu, P.; Zhang, L.; Song, L. Robust increase in extreme summer rainfall intensity during the past four decades observed in China. *Sci. Rep.* **2016**, *6*, 38506. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Kabir, R.; Khan, H.T.A.; Ball, E.; Caldwell, K. Climate change impact: The experience of the coastal areas of Bangladesh affected by cyclones Sidr and Aila. *J. Environ. Public Health* **2016**, 1–9. [[CrossRef](#)]
41. Waggoner, J.J.; Pinsky, B.A. Molecular diagnostics for human leptospirosis. *Curr. Opin. Infect. Dis.* **2016**, *29*, 440–445. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Filho, J.G.; Nazário, N.O.; Freitas, P.F.; de Pinto, G.A.; Schlindwein, A.D. Temporal analysis of the relationship between leptospirosis, rainfall levels and seasonality, Santa Catarina, Brazil, 2005–2015. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo* **2018**, *60*. [[CrossRef](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Article

The Association between Air Temperature and Mortality in Two Brazilian Health Regions

Wolmir Ercides Péres ^{1,2,*} , Andreia F. S. Ribeiro ³, Ana Russo ³ and Baltazar Nunes ^{1,4}

- ¹ Centro de Investigação em Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública, Universidade NOVA de Lisboa, 1600-560 Lisboa, Portugal; bnunes@ensp.unl.pt
- ² Universidade de Pernambuco, Campus Petrolina, Curso de Graduação em Enfermagem, Petrolina-Pernambuco CEP 56328-900, Brazil
- ³ Instituto Dom Luiz (IDL), Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal; afsribeiro@fc.ul.pt (A.F.S.R.); acrusso@fc.ul.pt (A.R.)
- ⁴ Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge, Avenida Padre Cruz, Lumiar, 1649-016 Lisboa, Portugal * Correspondence: wolmir.peres@upe.br



Received: 4 December 2019; Accepted: 17 January 2020; Published: 19 January 2020

Abstract: Air temperature, both cold and hot, has impacts on mortality and morbidities, which are exacerbated by poor health service and protection responses, particularly in under-developed countries. This study was designed to analyze the effects of air temperature on the risk of deaths for all and specific causes in two regions of Brazil (Florianopolis and Recife), between 2005 and 2014. The association between temperature and mortality was performed through the fitting of a quasi-Poisson non-linear lag distributed model. The association between air temperature and mortality was identified for both regions. The results showed that temperature exerted influence on both general mortality indicators and specific causes, with hot and cold temperatures bringing different impacts to the studied regions. Cerebrovascular and cardiovascular deaths were more sensitive to cold temperatures for Florianopolis and Recife, respectively. Based on the application of the very-well documented state-of-the-art methodology, it was possible to conclude that there was evidence that extreme air temperature influenced general and specific deaths. These results highlighted the importance of consolidating evidence and research in tropical countries such as Brazil as a way of understanding climate change and its impacts on health indicators.

Keywords: mortality; temperature; mortality risk; health impacts; health indicators

1. Introduction

Several studies show that air temperature extremes (TE), both hot and cold, have impacts on mortality rates [1–4], as well as morbidities [5,6]. These impacts are exacerbated when there are poor health service and protection responses [1,7]. Particularly, when local health services are not aware or are not prepared to support the most vulnerable population groups, this deficiency of action is exacerbated, especially in economically underdeveloped countries [8,9].

As a result of climatic changes, extreme temperature events are expected to continue to increase [10–13]. In this scenario, several studies attempt to measure the association between these extremes and human adaptability [14,15], as abrupt changes can trigger processes of imbalance in the human physiological pattern, leading to the emergence of acute conditions [16–18]. Among these conditions, we highlight acute myocardial infarction, which, due to factors such as stress, vasoconstriction, and the elevation of blood pressure [19], is one of the diseases that may have its rates modified due to the occurrence of climatic extremes [20–22].

Nevertheless, it should be noted that the occurrence of extreme temperatures also exacerbates many other diseases. Thus, cold spells and heat waves are of vital relevance within the context of Public

Climate **2020**, *8*, 16; doi:10.3390/cli8010016 www.mdpi.com/journal/climate

Health, particularly to certain risk groups (e.g., children, elderly, poorer, and people with previous cardiovascular and respiratory conditions) [23–26], by their economic and/or physiological conditions. It is also important to highlight the fact that economically vulnerable populations have access to poorer housing and working environment infrastructure when dealing with extreme temperatures, and thus, they are more prone to the emergence of diseases and related comorbidities [5,6]. However, it is known that these effects tend to be more prolonged when associated with cold spells due to its comorbidities than with heatwaves, where the effects are perceptible and short term [21,26,27]. Thus, to account for the magnitude and strength of these events. It is fundamental to understand the risk and exposure to which populations are subjected [8,28,29].

Temperature extremes increase the risk of cardiovascular deaths, which in turn may be affected by several associated factors, including geographic features such as location within the same territory (country) or even within the municipality itself [30,31], as well as an individual's occupation where extensive urbanization areas can create heat islands. Moreover, specific population groups, such as the elderly, may be affected in different ways and have different adaptive responses to temperature extremes [30–33].

A distinct reality exists regarding the amount and scientific soundness of studies on the effects of temperatures on mortality carried out in developed and developing countries. Developed countries have a higher and more thorough record (e.g., References [27,34–36]). Nevertheless, a few recent multi-city studies from developing countries have recently been published, focusing on the effects of temperatures on mortality (e.g., References [26,36]). Moreover, some studies related to heatwaves were published focusing on countries in Latin America, namely the cities of São Paulo (Brazil), Santiago (Chile), and Mexico City (Mexico). They showed an association between air temperature extremes and mortality, as well as addressing the consequences of these health indicators and the social determinants associated with these occurrences [37–39].

In the case of Brazil, studies measuring the association between mortality and temperature are scarce, but some research has already been conducted as part of multi-country studies. The studies included 18 Brazilian cities, and they showed a positive association between temperature and all and cause-specific deaths [38–40]. Nevertheless, more studies on the association between temperature and mortality in tropical or subtropical countries are needed to support public health policies and interventions.

Studies on the relationship between temperature and human mortality have been conducted exhaustively in temperate countries, where the results focus on the importance of understanding this factor as a determinant in mortality and morbidity indicators. Understanding these impacts in tropical and subtropical countries, such as Brazil, is a challenge that increases due to climate change. Thus, it is essential to build scientific evidence that can guide and give more robust public policies to meet this new challenge [27,30].

This study was designed to analyze how temperatures can affect human lives in two different parts of Brazil (Recife and Florianópolis), which are characterized by completely

different climatic conditions. To accomplish the proposed objective, we performed the association between extremes of temperature (cold and heat) and general and specific deaths in the health regions of Florianópolis (Santa Catarina, SC) and Recife (Pernambuco, PE), Brazil, between 2005 and 2014 by applying a quasi-Poisson approach. The research is expected to improve our knowledge of the impact of extreme climatic phenomena related to temperature on mortality indicators in regions considered tropical and subtropical. The research will also provide scientific evidence to bridge the gap of existing studies on the impacts of climate change on health in countries considered underdeveloped or developing.

2. Materials and Methods

2.1. Case Study

The present study was developed for two Brazilian health regions Recife (Pernambuco, Northeast) and Florianópolis (Santa Catarina, Southern Region), which are geographic areas defined according to the Unified Health System (SUS) of the Brazilian Ministry of Health (MS), Brazil (Figure 1), for the period between 2005 and 2014. These areas are bounded by the municipal boundaries,

where health services are allocated with the function of organizing the decentralized and planned supply of services. These regions show cultural and socioeconomic similarities [41].

The Florianópolis (FL) and Recife (RF) study areas are composed of 20 and 22 municipalities, with an estimated population of 3,908,757 inhabitants and 1,027,271 inhabitants (IBGE, 2010), respectively. Both areas have mixed occupancies, with some municipalities characterized by a dense urban area and other municipalities with strong rural characteristics. Moreover, there are 8 (FL) and 3 (RF) cities with a population above 100,000 inhabitants.

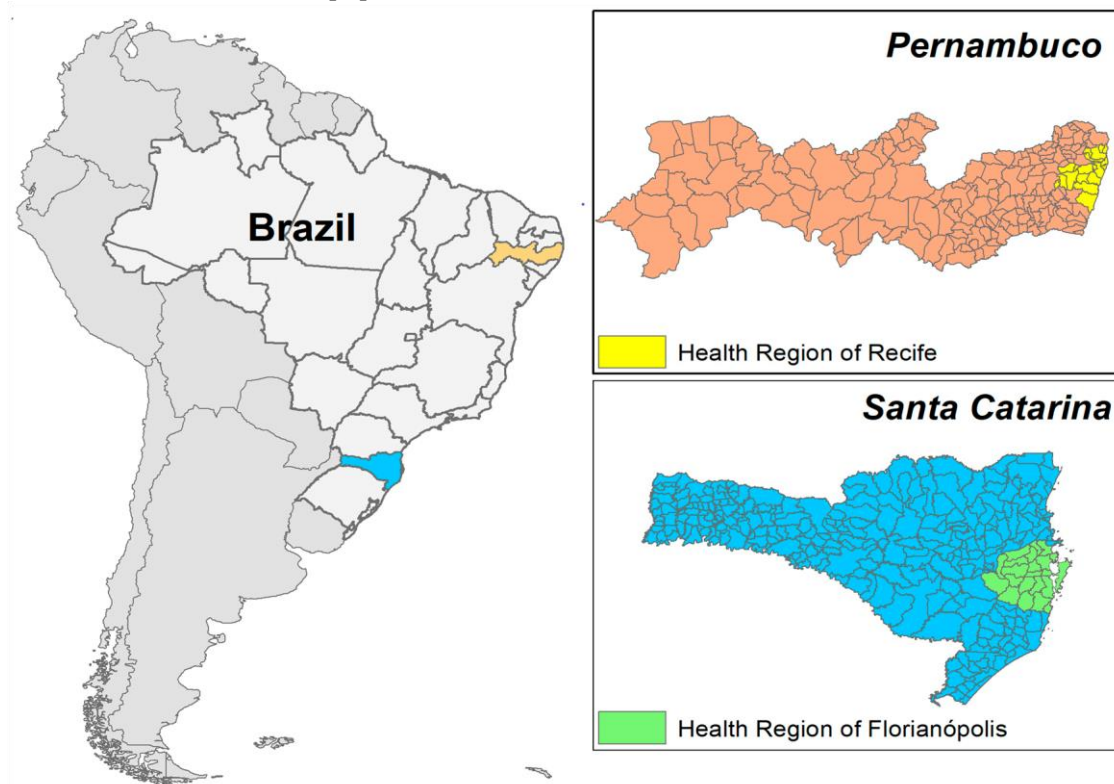


Figure 1. Geographic distribution of the case study health regions.

In addition to environmental characteristics, the state of Santa Catarina is ranked 3rd in the HDI-M indices (0.808) among Brazilian states, with longevity and education rates considered high by the UN. In contrast, the state of Pernambuco is 18th in the same ranking (0.727) (37).

The two health regions present important disparities that may influence the behavior or the response to some health situations, namely poverty and education levels.

It is also important to point out that Brazil has an aging population, with an increase in people with chronic degenerative diseases [42,43]. In this context, proximity and access to health services become essential for the control and monitoring of this vulnerable portion of the population [22,37,44].

2.2. Temperatures Data

Climate data were derived from the monitoring of meteorological stations located in the study areas. Data were provided by the Santa Catarina Environmental and Hydrometeorological Information Center of Santa Catarina (CIRAM-SC), and the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP) of the National Institute of Meteorology (INMET) [40]. The data referring to the average maximum and minimum daily temperatures were obtained from 2005 to 2014. The maximum and minimum data were used to calculate the mean daily temperatures.

Given that in some periods no daily temperatures were recorded (average, maximum, and minimum), it was not possible to record the dew temperature and relative humidity for the purposes of applying the model in some periods of analysis. Moreover, the non-existent values corresponded to less than 0.5% of the total number of days analyzed. These days were not continuous, and this inconsistency does not interfere with the analysis and interpretation of the data, and cannot translate bias for this investigation [45].

2.3. Mortality Data

Mortality data were provided by the General Coordination of Information and Epidemiological Analysis (CGIAE) of the Department of Surveillance of Diseases and Noncommunicable Diseases and Health Promotion (DANTPS) of the Health Surveillance Secretariat of the Ministry of Health (SVS/MS) of Brazil. The data used included the daily number of deaths by all causes, and deaths categorized by the International Code of Diseases (ICD10), deaths by non-accidental mortality (ICD-10: A00-R99), respiratory and circulatory (ICD10 I-J), cerebrovascular (ICD10 I60-69), and cardiovascular

(ICD10 I20-25.9), for the 2005 to 2014 research period. The deaths of fetuses less than 1-year-old and of women related to childbirth or puerperium were excluded from the analysis. In Brazil, the classification of deaths by external causes (ICD10 Groups V01 to Y98) is considered for statistical purposes. These data on all-cause deaths were available for this research. However, these groups of deaths were excluded in the data treatment because they were not directly related to the proposed association with extreme temperatures [46].

2.4. Statistical Analysis

To measure the association between mean daily air temperature and the risk of death, we fitted a quasi-Poisson to daily mortality in both regions, adjusting for the day of the week (categorical), secular trends, and seasonality, using a natural cubic spline with 8 degrees of freedom per year. As a way of adapting to the model proposed by Gasparrini et al. (2014) [47], a historical series of data was elaborated, including the data of the period under analysis, in addition to the daily data on temperature.

The association between daily mean temperature and mortality was modeled with a distributed nonlinear model, assuming that the effect of air temperature could last up to 20 days for the health region of Florianópolis, due to its higher thermal variability and 14 days for the health region of Recife due to the low thermal variability. To define these values, we used the QAIC test, and this number of days presented the lowest QAIC and the best possibility of data interpretation. This value has also been used in previous investigations in countries with a tropical climate (Table 1, Figure 2). The confidence intervals (CI) were calculated for the exposure-

response curves using the Monte Carlo method, assuming a multivariate normal distribution of the best linear unbiased predictions of the reduced coefficients. This statistical modeling approach has been used previously to study the effect of air temperature on mortality in several cities and countries through a multicentric investigation [27,40,48,49]. Based on this methodologic approach, which was made available in an R package of routines by Gasparrini et al. (2014) [47], it was possible to increase the comparability of our results with other published studies.

The minimum mortality temperatures (MMT, [50]), which was considered the temperature with the lowest mortality risk, were calculated for each health region and cause of death. Each MMT value obtained was then used as a reference to measure the increased risk of death at the air temperature percentile 1% (extreme cold) and 99% (extreme heat) [27,40,50,51].

An approximate parametric bootstrap estimator was used to describe the confidence intervals for the MMTs, which were described and made available by Tobias et al. (2017) [50]. The remaining relative risk analyses were performed with the widely used and validated “R dlnm” software packages, which are documented in detail in research papers with similar analyses [40,47,52]. We used for MMT confidence intervals an approximate parametric bootstrap estimator [50,53].

All the deaths attributed to non-optimal temperatures were quantified by summing the daily temperature predicted deaths contained in the historical series. Assignment calculations were performed for cold and hot temperatures for each health region and general and specified causes of death [47]. As a way of investigating the possible relationship to the occurrence of extremely cold or hot days, we also determined temperatures below and above the temperature percentiles of 2.5% and 97.5%, respectively. These were considered cold and hot temperature extremes. Moreover, a three-day lag period was also used, following Gasparrini et al. (2015) [40].

3. Results

The health region of Recife was classified according to the climatic classification of Koppen as an ‘As’ climate (hot and humid tropical climate and rainy winter), besides presenting low thermal variability with average temperatures for the seasons between 17.0 °C and 34.7 °C (Figure 1, Table 1). Conversely, the Florianópolis health region, located in the southern region of the country, has a temperate, tropical climate, presenting ‘Cfa’ climatic (humid subtropical climate is a zone of climate characterized by hot and humid summers, and cool to mild winters) characteristics, with average temperatures ranging between 1.1 °C and 39.5 °C (Figure 1, Table 1).

The exposure-response curves over the Florianópolis health region showed a clear ‘U’ pattern, with a high risk of death for both high and low temperatures. It is also possible to see that cerebrovascular and cardiovascular deaths presented a higher variation in the exposure-response curves (Figure 3).

Concerning the health region of Recife, the curves of exposure-response showed a ‘U’ curve with elongated characteristics, for deaths by non-accidental mortality, which presented low influence on low or high temperatures. However, for cardiovascular and cerebrovascular deaths, a clear ‘U’ shaped curve was observed, with a risk for cold and heat extremes for cerebrovascular, and with a higher risk for extremes of cold in cardiovascular deaths (Figure 4).

Table 1. Statistical analysis (mean, minimum, maximum, and standard deviation (SD)) of the mean (TMean.), maximum (TMax.), and minimum (TMin.) temperatures for the health regions of Florianópolis, SC and Recife, PE between the years 2005–2014.

Health Regions	Temp. (°C)	STATISTIC			
		TMean (°C)	TMin. (°C)	TMax (°C)	SD
Florianópolis	TMax.	24.28	9.49	39.5	4.23
	TMin.	17.06	1.05	28.28	4.30
	TMean.	21.01	7.74	33.25	3.87
Recife	TMax.	29.76	23.5	34.7	1.56
	TMin.	22.35	17	27.5	1.45
	TMean.	26.00	21.98	29.06	1.36

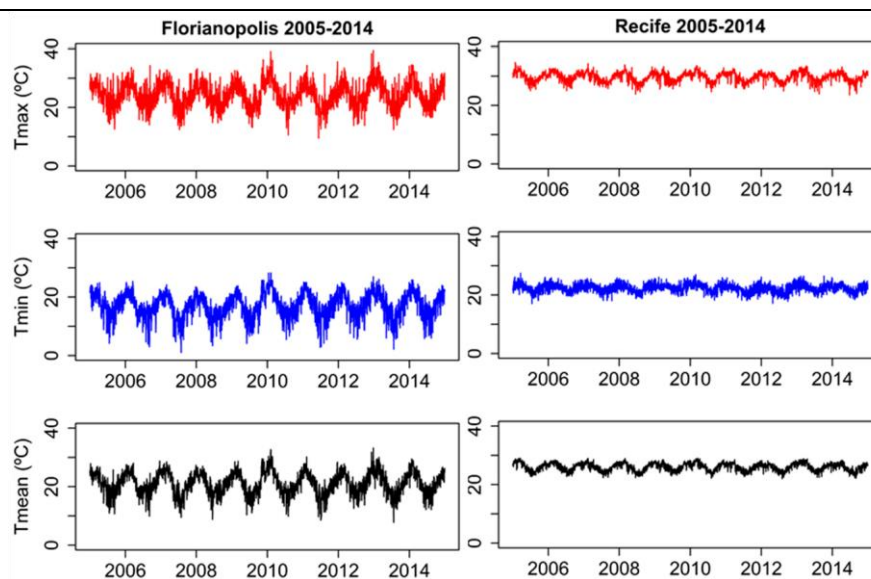


Figure 2. Daily variation of maximum (Tmax, red), mean (Tmean, black) and minimum temperatures (Tmin, blue) for the health regions of Florianópolis/SC and Recife/PE for the years 2005 to 2014.

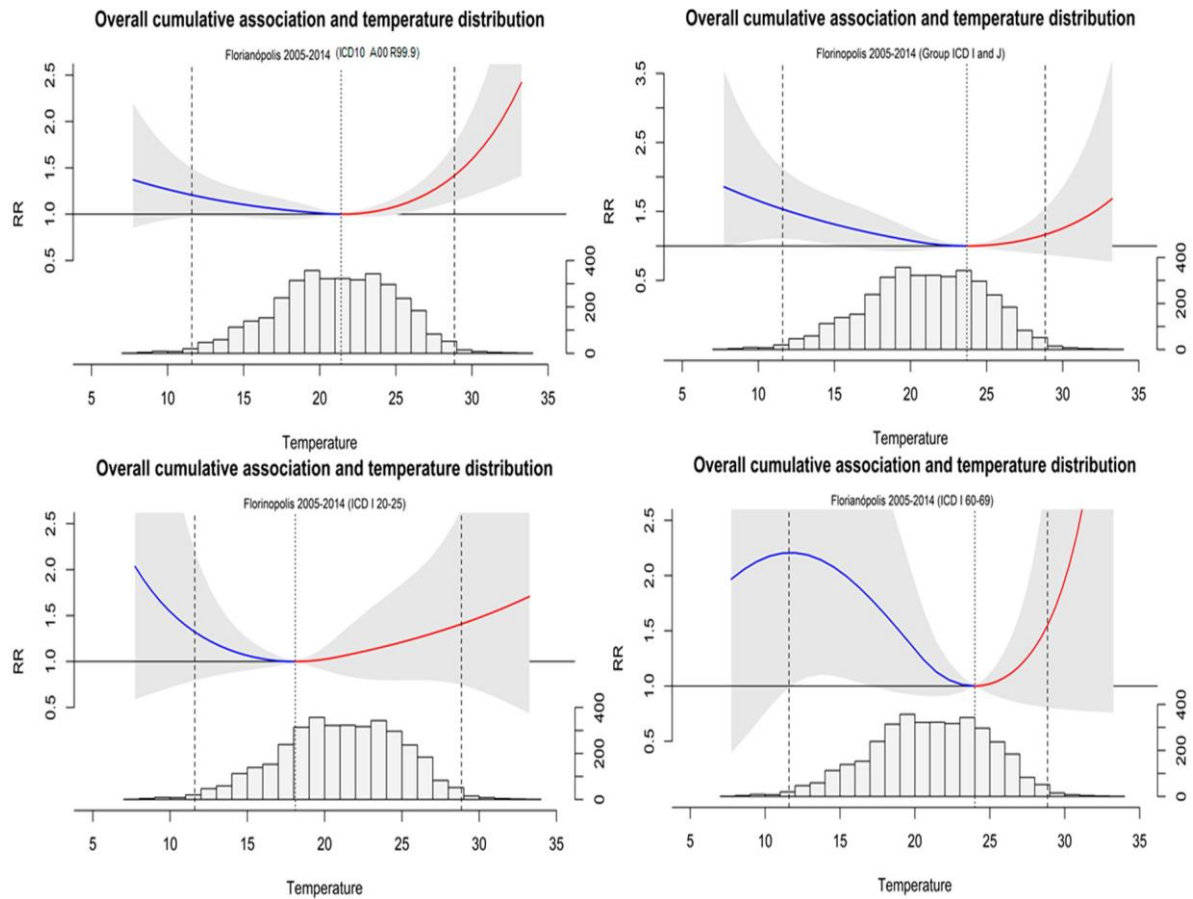


Figure 3. Grouped results for exposure-response curves for daily deaths by non-accidental mortality (ICD-10: A00-R99), groups ICD-10 diseases of the circulatory system and respiratory system (ICD-10: Groups I and J), diseases of cerebrovascular (I60-69), diseases of cardiovascular (I20-25), and histograms with the air temperature distribution for the health region of Florianópolis between the years 2005 to 2014. The red line represents values below the MMT and the blue line represents values above the MMT.

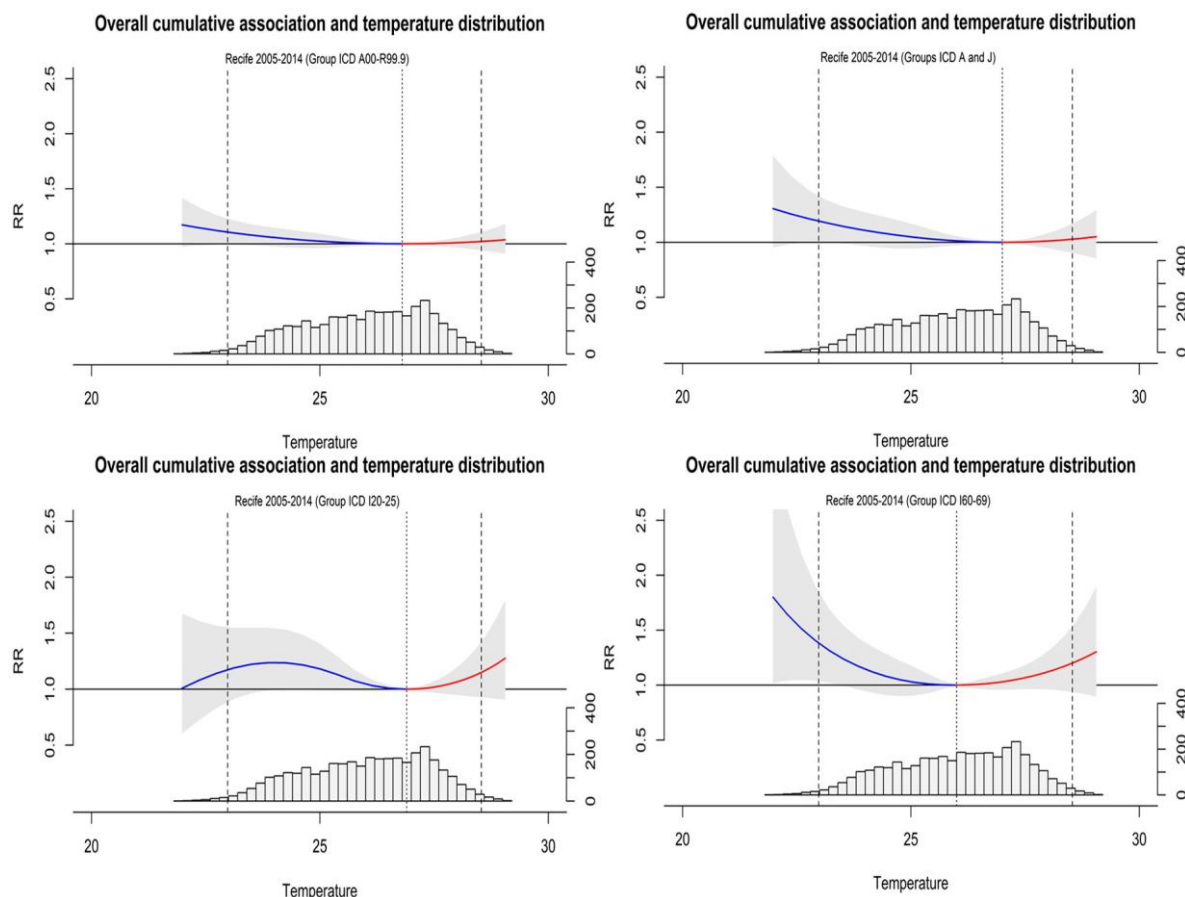


Figure 4. Grouped results for exposure-response curves for daily deaths by non-accidental mortality (ICD-10: A00-R99), groups ICD-10 diseases of the circulatory system and respiratory system (ICD-10: Groups I and J), diseases of cerebrovascular (I60-69), diseases of cardiovascular (I20-25), and histograms with the air temperature distribution for the health region of Recife between the years 2005 to 2014. The red line represents values below the MMT and the blue line represents values above the MMT.

The percentage of deaths by non-accidental mortality (ICD-10: A00-R99) attributed to air temperature extreme cold and heat in Florianópolis (5.80%) was higher than the fraction of all-cause deaths attributable to air temperatures in the Recife region (1.8%). For the specific causes, differences in circulatory and respiratory systems' deaths were observed, with 8.90% and 3.30% of deaths attributable to temperature, respectively, for Florianópolis and Recife. On the other hand, for cardiovascular diseases' deaths, only a minor difference was observed between Florianópolis (8.70%) and Recife (8.08%). Regarding cerebrovascular diseases, the fraction of deaths attributable to temperature in Florianópolis reached 23.3%, with cold temperatures being the main driving factor. Although Recife also presented a significant air temperature attributable fraction of deaths by cerebrovascular causes, the fraction was not so high as the value of Florianópolis, reaching 5.57% for both hot and cold temperatures, where heat events accounted for of 2.42% and cold for 2.95%.

Considering the health region of Florianópolis, an increased risk of death for both high and low temperatures was observed. The relative risk of death due to low temperatures, was 2.20, 1.53, and 1.32, respectively, for cerebrovascular diseases (CI 0.98–4.95), respiratory/circulatory groups (CI 1.11–2.20), and cardiovascular diseases (CI 0.79–2.20). Considering the high temperatures, we observed the most pronounced effect for cerebrovascular deaths and cardiovascular diseases, respectively, with an RR of 1.55 (CI 0.80–2.99) and 1.41 (CI 0.74–2.68) (Table 2).

Table 2. The number of deaths attributed to high and low temperatures by cause of death, minimum mortality temperature (MMT), and relative risks at select temperature percentiles (1% and 99%) compared to the MMT.

TIPO/CAUSE GROUP		DEATHS ^A			DEATHS ^B		RELATIVE RISK (95% CI)	
		Total	%	MMT ^C (°C)	% Cold	% Heat	1st Perc.	99th Perc.
FLORIANÓPOLIS	NON-ACCIDENTAL MORTALITY	2.490	5.80	21.4	2.40	3.40	1.20 (0.97–1.49)	1.41 (1.14–1.76)
	RESPIRATORY AND CIRCULATORY	1853	8.90	23.7	8.03	0.91	1.53 (1.11–2.20)	1.16 (0.87–1.54)
	CEREBROVASCULAR	780	23.30	24	20.94	2.37	2.20 (0.98–4.95)	1.55 (0.80–2.99)
	CARDIOVASCULAR	602	8.70	18.1	1.20	7.50	1.32 (0.79–2.20)	1.41 (0.74–2.66)
RECIFE	NON-ACCIDENTAL MORTALITY	3773	1.8	26.8	1.53	0.16	1.10 (1.00–1.22)	1.02 (0.94–1.10)
	RESPIRATORY AND CIRCULATORY	2470	3.30	27	2.95	0.18	1.19 (1.01–1.41)	1.02 (0.91–1.17)
	CEREBROVASCULAR	1289	5.57	26	2.96	2.42	1.38 (1.03–1.84)	1.20 (0.93–1.54)
	CARDIOVASCULAR	2319	8.08	26.9	7.15	0.97	1.17 (0.89–1.55)	1.14 (0.92–1.42)

^A Deaths attributed to temperature, ^B % of deaths attributed to temperature ^C Minimum Mortality Temperature.

The health region of Recife presented minimal variation in the MMT values, but higher than the values observed in Florianopolis. The relative risk of death was higher for cerebrovascular deaths for both cold and hot temperatures with relative risk estimates of 1.38 and 1.20 (Table 2). A smallest, but significant, increased risk associated with low temperatures, was also observed for circulatory and respiratory deaths (RR = 1.19).

4. Discussion

This study showed that, in both regions, air temperatures played a significant role over all-cause deaths (ICD10 A00-R99), but with different magnitudes, that may be related to the climatic characteristics [1,40,54] or the mortality profile of each region [54,55]. These results show that, even in countries considered tropical with small temperature amplitudes, a fraction of deaths is estimated to be attributable to extreme air temperatures [27,39,40]. Brazil, in its territorial dimension, has in its regions marked climatological differences, which present different responses to the extremes of temperature [56,57].

When we analyzed the relative risk of temperature-related mortality to specific causes, we observed that in the health region of Florianopolis, which has a subtropical climate, temperatures have a different impact on the causes of mortality. Cold temperatures increase the risk of death for circulatory and respiratory diseases (ICD10 I and J), and the cerebrovascular group (ICD10 I 60-69). Hot temperatures, in turn, increased the risk of death for cardiovascular diseases (ICD10 I 20-25) [30].

In the analysis of the health region of Recife, which presents a tropical climate with low climatic variability, cold temperatures had an impact on the attributable mortality in all the investigated causes of death. However, for the cerebrovascular group (ICD10 I 60-69), there was

only a small difference between the risks attributable to cold and hot temperatures. Cold temperature extremes have a higher impact on this cause of death [39,58–60], which has also been found in other studies that have shown an association between cold and risk-related deaths due to cerebrovascular diseases [60–63].

Moreover, whereas for Florianópolis, hot temperatures showed a higher impact on this cause of death, Recife showed higher risks associated with the cold temperatures. Furthermore, deaths associated with low temperatures are more important in the cerebrovascular group, for the health region of Florianópolis, reaching a very high percentage of the number of attributable deaths (20.94%) by this group. The aging of the population and the lack of the kind of public-health action measures that are useful in the case of heat might account for this increase in mortality associated with low temperatures [64,65].

Looking at the exposure-response (ER) curves, we see that the behaviour of deaths is different in each region for the group deaths by non-accidental mortality (ICD10 A00-R99). Several factors may contribute to this discrepancy, such as the physiological conditions of adaptation, socioeconomic conditions, among other factors [66]. It is also worth highlighting the different climatic conditions which usually occur in each region. An important conditioning factor in the case of Florianópolis lies in the fact that temperatures present a large thermal amplitude, where people better support the effects of extreme temperatures. Conversely, for Recife, where only small thermal variations are present, cold extremes tend to develop acute responses of greater intensity [67,68].

The findings of this research are comparable to the results from other studies showing the existence, as a result of climate change, of a tendency to increase the effects of temperatures on general and specific deaths [40,69]. Countries in South America are more sensitive to temperature extremes, and the comorbidities present as a risk factor when associated with the occurrence of extremely hot or cold days, also contributing to increasing the risk of mortality by certain groups of diseases [27,40,70,71]. In this line, our results are in accordance with previous studies [20,39,54,63,72], some of them carried out for the municipality of Recife [40,69]. Moreover, is important to say that other studies carried out in cities located in the north-eastern region of Brazil showed that, in almost all cities investigated, the cold component stands out as the main influencer in all-cause deaths without external causes associated with temperature, which corroborates our findings in this research. We would also like to point out that we did not only evaluate the municipality of Recife but extended our research to the totality of municipalities that make up the Recife health region. Similar results of the attributable mortality burden of death by cold temperatures were in tropical Thailand [27,40,69,73].

The association of temperature with other aspects, such as the epidemiological profile of the studied population, as well as physiological factors of adaptation to the extremes of temperature, may exacerbate a negative response to climatic stress. Moreover, the impact of temperature on mortality is also influenced by the socio-economic conditions of the affected population [39,74,75], namely through the access to air conditioning systems [76,77]. Apart from that, other factors may also contribute to reducing the influence of temperature events on mortality like the existence of public-health intervention programs [78,79]. Above all, improvements in health-care services have advanced appreciably more in the treatment of cardiovascular than respiratory problems [80–82]. Nevertheless, they still lack in most regions in Brazil.

In another perspective, the health services should be able to respond to these situations through the mapping of situations of vulnerability, in the monitoring and control of extreme situations. They should also develop actions that can mitigate the effects of people with pre-existing comorbidities. It is important to highlight the existence in Brazil of environmental disaster monitoring services and extreme climatic events. However, regarding extreme temperature events, there is no public policy to minimize these effects for the most vulnerable population [32,37,83–86].

Therefore, the relevance of this research to public health is highlighted here. The proposed approach empowers the health services with evidence that may help consolidate public policies, to support actions aimed at understanding the impact of extreme temperatures in general and specific death causes of the population and its vulnerable groups. Namely, as observed in other studies, the population groups that are more susceptible to these diseases, such as the elderly, people with associated comorbidities (hypertension, cardiopathies, etc.). These can exacerbate the effects of extreme temperatures when associated with conditions of unfavorable thermal comfort [16,31,83,85,87,88].

This research presents some limitations, namely because it is an ecological study aimed at understanding the population groups and territories, and not individually. It is also important to stress that the temperatures were estimated using the meteorological station of the headquarters of the health region, in this case, Florianópolis and Recife, due to the lack of temperature data for all the municipalities that made up each health region.

Nevertheless, this study provides a basis for analysis and comparison, which enables policymakers to establish health-promoting guidelines for vulnerable populations in these contexts. It is a precursory study of comparative analysis between singular health regions carried out in Brazilian territory, evidencing the impact of temperatures and their extremes on mortality.

5. Conclusions

The research becomes relevant when it begins to construct evidence of the impacts of temperature on general and specific causes of deaths, with the change of the epidemiological profile and age of the Brazilian population [37,39]. These findings contribute to understanding this phenomenon and its impact on health indicators from a population that goes through the transition from its causes to deaths, from infectious causes to chronic-degenerative diseases [39,71,72,89].

We conclude from the findings of this study that (1) temperature exerts an influence on both general mortality indicators and specific causes; (2) hot and cold extremes bring different impacts to the studied regions; (3) cerebrovascular deaths present greater sensitivity to cold extremes in the region of Florianópolis; however, this association should be investigated further.

We also would like to emphasize that there are few studies on the association of temperature and mortality in countries with a tropical and subtropical climate, especially for those in the southern hemisphere, which makes it difficult to compare the results found. It should be pointed out that, because there is no evidence, there are few actions in terms of thermal comfort at the domestic level (residence), as well as at the social level through public policies that reduce the impact of climatic extremes. In this way, the most exposed population groups are more susceptible to this problem.

AuthorContributions: The contributions of each author to this work were the following: Conceptualization, W.E.P., B.N., and A.R.; methodology, W.E.P., B.N., A.R., and A.F.S.R.; formal analysis W.E.P., B.N., A.R., and A.F.S.R.; investigation, W.E.P., B.N., and A.R.; writing—original draft preparation, W.E.P., and A.R.; writing—review and editing, W.E.P., B.N., and A.R. All authors have read and agree to the published version of the manuscript.

Funding: This research was partially funded by Fundação para a Ciência e Tecnologia grant SFRH/BPD/99757/2014 (AR).

Acknowledgments: We are grateful for the contributions to this work regarding the availability of the University of Pernambuco/Brazil. The university allowed the immersion of one of the researchers in the investigation.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Guo, Y.; Gasparrini, A.; Armstrong, B.; Li, S.; Tawatsupa, B.; Tobias, A.; Lavigne, E.; de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M.; Leone, M.; Pan, X.; et al. Global variation in the effects of ambient temperature on mortality: A systematic evaluation. *Epidemiology* **2014**, *25*, 781–789. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Green, D.; Bambrick, H.; Tait, P.; Goldie, J.; Schultz, R.; Webb, L.; Alexander, L.; Pitman, A. Differential effects of temperature extremes on hospital admission rates for respiratory disease between indigenous and non-indigenous Australians in the Northern territory. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2015**, *12*, 15352–15365. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Lowe, R.; García-Díez, M.; Ballester, J.; Creswick, J.; Robine, J.-M.; Herrmann, F.; Rodó, X.; Lowe, R.; García-Díez, M.; Ballester, J.; et al. Evaluation of an early-warning system for heat wave-related mortality in Europe: Implications for sub-seasonal to seasonal forecasting and climate services. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2016**, *13*, 206. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Hales, S.; Kovats, S.; Lloyd, S.; Campbell-Lendrum, D. *Quantitative Risk Assessment of the Effects of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030s and 2050s*; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2014; ISBN 978-9-24-150769-1.
5. Ye, X.; Wolff, R.; Yu, W.; Vaneckova, P.; Pan, X.; Tong, S. Ambient temperature and morbidity: A review of epidemiological evidence. *Environ. Health Perspect.* **2012**, *120*, 19–28. [[CrossRef](#)]
6. Li, M.; Gu, S.; Bi, P.; Yang, J.; Liu, Q. Heat waves and morbidity: Current knowledge and further direction: A comprehensive literature review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2015**, *12*, 5256–5283. [[CrossRef](#)]
7. Basu, R. High ambient temperature and mortality: A review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Environ. Health* **2009**, *8*, 40. [[CrossRef](#)]
8. Ebi, K.L. Resilience to the health risks of extreme weather events in a changing climate in the United States. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2011**, *8*, 4582–4595. [[CrossRef](#)]
9. Van Der Linden, S.L.; Leiserowitz, A.A.; Feinberg, G.D.; Maibach, E.W. The scientific consensus on climate change as a gateway belief: Experimental evidence. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0118489. [[CrossRef](#)]
10. Coumou, D.; Rahmstorf, S. A decade of weather extremes. *Nat. Clim. Chang.* **2012**, *2*, 491–496. [[CrossRef](#)]
11. Bitencourt, D.P.; Fuentes, M.V.; Maia, P.A.; Amorim, F.T. Frequência, duração, abrangência espacial e intensidade das ondas de calor no Brasil. *Rev. Bras. Meteorol.* **2016**, *31*, 506–517. [[CrossRef](#)]
12. Ceccherini, G.; Russo, S.; Ameztoy, I.; Romero, C.P.; Carmona-Moreno, C. Magnitude and frequency of heat and cold waves in recent decades: The case of South America. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* **2016**, *16*, 821–831. [[CrossRef](#)]
13. IPCC. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Field, C., Barros, V., Stocker, T., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K., Mastrandrea, M., Mach, K., Plattner, G.-K., Allen, S., et al., Eds.; Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge, UK, 2012; ISBN 9781139177245.
14. Bellard, C.; Bertelsmeier, C.; Leadley, P.; Thuiller, W.; Courchamp, F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecol. Lett.* **2012**, *15*, 365–377. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
15. Klein, R.J.; Huq, S.; Denton, F.; Downing, T.E.; Richels, R.G.; Robinson, J.B.; Toth, F.L. Inter-relationships between adaptation and mitigation. 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., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E., Eds.; IPCC; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2007; pp. 745–777.

16. Conlon, K.C.; Rajkovich, N.B.; White-Newsome, J.L.; Larsen, L.; O'Neill, M.S. Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate. *Maturitas* **2011**, *69*, 197–202. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Schwartz, J.; Samet, J.M.; Patz, J.A. Hospital admissions for heart disease. *Epidemiology* **2004**, *15*, 755–761. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. Rivero, E.U.; Bolufé, A.; Ortiz, J.; Rodríguez, P.L.; Reyes, Y.; Cristina, M.; Rivero, A.; Bolufé, J.; Ortiz, P.L.; Rodríguez, Y.; et al. Medical education cooperation with Cuba influence of climate variability on acute myocardial infarction mortality in Havana. *MEDICC Rev.* **2015**, *17*, 14–19.
19. Sharovsky, R.; César, L.A.M. Increase in mortality due to myocardial infarction in the Brazilian city of São Paulo during winter. *Arq. Bras. Cardiol.* **2002**, *78*, 106–109. [[CrossRef](#)]
20. Vasconcelos, J.; Freire, E.; Almendra, R.; Silva, G.L.; Santana, P. The impact of winter cold weather on acute myocardial infarctions in Portugal. *Environ. Pollut.* **2013**, *183*, 14–18. [[CrossRef](#)]
21. Madrigano, J.; Mittleman, M.A.; Baccarelli, A.; Goldberg, R.; Melly, S.; von Klot, S.; Schwartz, J. Temperature, myocardial infarction, and mortality: Effect modification by individual- and area-level characteristics. *Epidemiology* **2013**, *24*, 439–446. [[CrossRef](#)]
22. Kwon, B.; Lee, E.; Lee, S.; Heo, S.; Jo, K.; Kim, J.; Park, M. Vulnerabilities to temperature effects on acute myocardial infarction hospital admissions in South Korea. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2015**, *12*, 14571–14588. [[CrossRef](#)]
23. Hajat, S.; Kovats, R.S.; Lachowycz, K. Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: Who is at risk? *Occup. Environ. Med.* **2007**, *64*, 93–100. [[CrossRef](#)]
24. Mazdiyasni, O.; AghaKouchak, A.; Davis, S.J.; Madadgar, S.; Mehran, A.; Ragno, E.; Sadegh, M.; Sengupta, A.; Ghosh, S.; Dhanya, C.T.; et al. Increasing probability of mortality during Indian heat waves. *Sci. Adv.* **2017**, *3*, e1700066. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
25. Pomatto, L.C.D.; Davies, K.J.A. The role of declining adaptive homeostasis in ageing. *J. Physiol.* **2017**, *595*, 7275–7309. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Ma, W.; Zeng, W.; Zhou, M.; Wang, L.; Rutherford, S.; Lin, H.; Liu, T.; Zhang, Y.; Xiao, J.; Zhang, Y.; et al. The short-term effect of heat waves on mortality and its modifiers in China: An analysis from 66 communities. *Environ. Int.* **2015**, *75*, 103–109. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Scovronick, N.; Sera, F.; Acquaotta, F.; Garzena, D.; Fratianni, S.; Wright, C.Y.; Gasparrini, A. The association between ambient temperature and mortality in South Africa: A time-series analysis. *Environ. Res.* **2018**, *161*, 229–235. [[CrossRef](#)]
28. Luber, G.; Prudent, N. Climate change and human health. *Trans. Am. Clin. Climatol. Assoc.* **2009**, *120*, 113–117.
29. Curtis, S.; Fair, A.; Wistow, J.; Val, D.V.; Oven, K. Impact of extreme weather events and climate change for health and social care systems. *Environ. Health* **2017**, *16*, 128. [[CrossRef](#)]
30. De Castro Martins Ferreira, L.; Nogueira, M.C.; de Britto Pereira, R.V.; de Farias, W.C.M.; de Souza Rodrigues, M.M.; Teixeira, M.T.B.; Carvalho, M.S. Ambient temperature and mortality due to acute myocardial infarction in Brazil: An ecological study of time-series analyses. *Sci. Rep.* **2019**, *9*. [[CrossRef](#)]
31. Gronlund, C.J.; Sullivan, K.P.; Kefelegn, Y.; Cameron, L.; O'Neill, M.S. Climate change and temperature extremes: A review of heat- and cold-related morbidity and mortality concerns of municipalities. *Maturitas* **2018**, *114*, 54–59. [[CrossRef](#)]
32. Yang, J.; Hu, L.; Wang, C. Population dynamics modify urban residents' exposure to extreme temperatures across the United States. *Sci. Adv.* **2019**, *5*, eaay3452. [[CrossRef](#)]
33. Achebak, H.; Devolder, D.; Ballester, J. Trends in temperature-related age-specific and sex-specific mortality from cardiovascular diseases in Spain: A national time-series analysis. *Lancet Planet. Health* **2019**, *3*, e297–e306. [[CrossRef](#)]

34. Mertz, O.; Halsnæs, K.; Olesen, J.E.; Rasmussen, K. Adaptation to Climate Change in Developing Countries. *Environ. Manag.* **2009**, *43*, 743–752. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Campbell-Lendrum, D.; Corvalán, C. Climate change and developing-country cities: Implications for environmental health and equity. *J. Urban Health* **2007**, *84*, i109–i117. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Yang, J.; Yin, P.; Sun, J.; Wang, B.; Zhou, M.; Li, M.; Tong, S.; Meng, B.; Guo, Y.; Liu, Q. Heatwave and mortality in 31 major Chinese cities: Definition, vulnerability and implications. *Sci. Total Environ.* **2019**, *649*, 695–702. [[CrossRef](#)]
37. Gouveia, N.; Hajat, S.; Armstrong, B. Socioeconomic differentials in the temperature–mortality relationship in São Paulo, Brazil. *Int. J. Epidemiol.* **2003**, *32*, 390–397. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Bell, M.L.; O'Neill, M.S.; Ranjit, N.; Borja-Aburto, V.H.; Cifuentes, L.A.; Gouveia, N.C. Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: A case-crossover study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *Int. J. Epidemiol.* **2008**, *37*, 796–804. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Son, J.-Y.; Gouveia, N.; Bravo, M.A.; de Freitas, C.U.; Bell, M.L. The impact of temperature on mortality in a subtropical city: Effects of cold, heat, and heat waves in São Paulo, Brazil. *Int. J. Biometeorol.* **2016**, *60*, 113–121. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Gasparrini, A.; Guo, Y.; Hashizume, M.; Lavigne, E.; Zanobetti, A.; Schwartz, J.; Tobias, A.; Tong, S.; Rocklöv, J.; Forsberg, B.; et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *Lancet* **2015**, *386*, 369–375. [[CrossRef](#)]
41. Santos, L. Healthcare regions and their care networks: An organizational-systemic model for SUS. *Cienc. Saude Colet.* **2017**, *22*, 1281–1289. [[CrossRef](#)]
42. Divo, M.J.; Martinez, C.H.; Mannino, D.M. Ageing and the epidemiology of multimorbidity. *Eur. Respir. J.* **2014**, *44*, 1055–1068. [[CrossRef](#)]
43. Nunes, B.P.; Batista, S.R.R.; de Andrade, F.B.; de Souza Junior, P.R.B.; Lima-Costa, M.F.; Facchini, L.A.; Facchini, L.A. Multimorbidity: The Brazilian Longitudinal Study of Aging (ELSI-Brazil). *Rev. Saude Publica* **2018**, *52* (Suppl. 2), 10s. [[CrossRef](#)]
44. Frumkin, H.; Hess, J.; Luber, G.; Malilay, J.; McGehehin, M. Climate change: The public health response. *Am. J. Public Health* **2008**, *98*, 435–445. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. Madley-Dowd, P.; Hughes, R.; Tilling, K.; Heron, J. The proportion of missing data should not be used to guide decisions on multiple imputation. *J. Clin. Epidemiol.* **2019**, *110*, 63–73. [[CrossRef](#)]
46. de Andrade-Barbosa, T.L.; Xavier-Gomes, L.M.; de Andrade Barbosa, V.; Caldeira, A.P. Mortalidade masculina por causas externas em Minas Gerais, Brasil. *Cienc. Saude Colet.* **2013**, *18*, 711–719. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Gasparrini, A.; Leone, M. Attributable risk from distributed lag models. *BMC Med. Res. Methodol.* **2014**, *14*, 55. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
48. Tobias, A.; Armstrong, B.; Zuza, I.; Gasparrini, A.; Linares, C.; Diaz, J. Mortality on extreme heat days using official thresholds in Spain: A multi-city time series analysis. *BMC Public Health* **2012**, *12*, 133. [[CrossRef](#)]
49. Lavigne, E.; Gasparrini, A.; Wang, X.; Chen, H.; Yagouti, A.; Fleury, M.D.; Cakmak, S. Extreme ambient temperatures and cardiorespiratory emergency room visits: Assessing risk by comorbid health conditions in a time series study. *Environ. Health* **2014**, *13*, 5. [[CrossRef](#)]
50. Tobias, A.; Armstrong, B.; Gasparrini, A. Investigating uncertainty in the minimum mortality temperature: Methods and application to 52 Spanish cities. *Epidemiology* **2017**, *28*, 72–76. [[CrossRef](#)]
51. Gasparrini, A.; Armstrong, B.; Kenward, M.G. Multivariate meta-analysis for non-linear and other multi-parameter associations. *Stat. Med.* **2012**, *31*, 3821–3839. [[CrossRef](#)]
52. Gasparrini, A. Distributed lag linear and non-linear models in R: The package DLNM. *J. Stat. Softw.* **2011**, *43*, 1–20. [[CrossRef](#)]

53. Lee, W.; Kim, H.; Hwang, S.; Zanobetti, A.; Schwartz, J.D.; Chung, Y. Monte Carlo simulation-based estimation for the minimum mortality temperature in temperature-mortality association study. *BMC Med. Res. Methodol.* **2017**, *17*, 137. [[CrossRef](#)]
54. Cox, B.; Gasparrini, A.; Catry, B.; Delcloo, A.; Bijlens, E.; Vangronsveld, J.; Nawrot, T.S. Mortality related to cold and heat. What do we learn from dairy cattle? *Environ. Res.* **2016**, *149*, 231–238. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Gasparrini, A.; Armstrong, B. The impact of heat waves on mortality. *Epidemiology* **2011**, *22*, 68–73. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
56. World Bank. *World Development Indicators 2017*; World Bank: Washington, DC, USA, 2017.
57. Silva, I.C.; Restrepo-Mendez, M.C.; Costa, J.C.; Ewerling, F.; Hellwig, F.; Ferreira, L.Z.; Ruas, L.P.; Joseph, G.; Barros, A.J. Mensuração de desigualdades sociais em saúde: Conceitos e abordagens metodológicas no contexto brasileiro. *Epidemiol. e Serviços Saúde* **2018**, *27*, e000100017. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
58. McGregor, G.; Bessemoulin, P.; Ebi, K.; Menne, B. *Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development*; World Meteorological Organization, World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2013; ISBN 978-0-7695-5111-1.
59. Lane, K.; Ito, K.; Johnson, S.; Gibson, E.; Tang, A.; Matte, T. Burden and risk factors for cold-related illness and death in New York city. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2018**, *15*, 632. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
60. Lim, J.-S.; Kwon, H.-M.; Kim, S.-E.; Lee, J.; Lee, Y.-S.; Yoon, B.-W. Effects of temperature and pressure on acute stroke incidence assessed using a Korean nationwide insurance database. *J. Stroke* **2017**, *19*, 295–303. [[CrossRef](#)]
61. Zhang, Y.; Li, S.; Pan, X.; Tong, S.; Jaakkola, J.J.; Gasparrini, A.; Guo, Y.; Wang, S. The effects of ambient temperature on cerebrovascular mortality: An epidemiologic study in four climatic zones in China. *Environ. Health* **2014**, *13*, 24. [[CrossRef](#)]
62. Kim, S.-H.; Jo, S.-N.; Myung, H.-N.; Jang, J.-Y. The effect of pre-existing medical conditions on heat stroke during hot weather in South Korea. *Environ. Res.* **2014**, *133*, 246–252. [[CrossRef](#)]
63. Yang, J.; Yin, P.; Zhou, M.; Ou, C.-Q.; Li, M.; Li, J.; Liu, X.; Gao, J.; Liu, Y.; Qin, R.; et al. The burden of stroke mortality attributable to cold and hot ambient temperatures: Epidemiological evidence from China. *Environ. Int.* **2016**, *92–93*, 232–238. [[CrossRef](#)]
64. Díaz, J.; Carmona, R.; Mirón, I.J.; Ortiz, C.; Linares, C. Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: The need for a cold wave prevention plan. *Environ. Res.* **2015**, *143*, 186–191. [[CrossRef](#)]
65. Green, H.; Bailey, J.; Schwarz, L.; Vanos, J.; Ebi, K.; Benmarhnia, T. Impact of heat on mortality and morbidity in low and middle income countries: A review of the epidemiological evidence and considerations for future research. *Environ. Res.* **2019**, *171*, 80–91. [[CrossRef](#)]
66. Esperón-Rodríguez, M.; Bonifacio-Bautista, M.; Barradas, V.L. Socio-economic vulnerability to climate change in the central mountainous region of eastern Mexico. *Ambio* **2016**, *45*, 146–160. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
67. Liu, C.; Yavar, Z.; Sun, Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *Am. J. Physiol. Circ. Physiol.* **2015**, *309*, H1793–H1812. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
68. Huang, C.; Barnett, A.G.; Xu, Z.; Chu, C.; Wang, X.; Turner, L.R.; Tong, S. Managing the health effects of temperature in response to climate change: Challenges ahead. *Environ. Health Perspect.* **2013**, *121*, 415–419. [[CrossRef](#)]
69. Gasparrini, A.; Guo, Y.; Sera, F.; Vicedo-Cabrera, A.M.; Huber, V.; Tong, S.; de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho, M.; Nascimento Saldiva, P.H.; Lavigne, E.; Matus Correa, P.; et al. Projections of temperature-

- related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet. Health* **2017**, *1*, e360–e367. [[CrossRef](#)]
70. Hashim, J.H.; Hashim, Z. Climate change, extreme weather events, and human health implications in the Asia Pacific Region. *Asia Pac. J. Public Health* **2016**, *28*, 8S–14S. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
 71. Patz, J.A.; Campbell-Lendrum, D.; Holloway, T.; Foley, J.A. Impact of regional climate change on human health. *Nature* **2005**, *438*, 310–317. [[CrossRef](#)]
 72. Wang, Y.; Shi, L.; Zanobetti, A.; Schwartz, J.D. Estimating and projecting the effect of cold waves on mortality in 209 US cities. *Environ. Int.* **2016**, *94*, 141–149. [[CrossRef](#)]
 73. Egondi, T.; Kyobutungi, C.; Rocklöv, J. Temperature variation and heat wave and cold spell impacts on years of life lost among the urban poor population of Nairobi, Kenya. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2015**, *12*, 2735–2748. [[CrossRef](#)]
 74. Zhang, Y.; Yu, C.; Bao, J.; Li, X. Impact of temperature on mortality in Hubei, China: A multi-county time series analysis. *Sci. Rep.* **2017**, *7*, 45093. [[CrossRef](#)]
 75. Chan, E.Y.Y.; Goggins, W.B.; Kim, J.J.; Griffiths, S.M. A study of intracity variation of temperature-related mortality and socioeconomic status among the Chinese population in Hong Kong. *J. Epidemiol. Community Health* **2012**, *66*, 322–327. [[CrossRef](#)]
 76. Ostro, B.; Lipsett, M.; Reynolds, P.; Goldberg, D.; Hertz, A.; Garcia, C.; Henderson, K.D.; Bernstein, L. Long-term exposure to constituents of fine particulate air pollution and mortality: Results from the California Teachers Study. *Environ. Health Perspect.* **2010**, *118*, 363–369. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
 77. Bobb, J.F.; Peng, R.D.; Bell, M.L.; Dominici, F. Heat-related mortality and adaptation to heat in the United States. *Environ. Health Perspect.* **2014**, *122*, 811–816. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
 78. Michelozzi, P. Temperature and summer mortality: Geographical and temporal variations in four Italian cities. *J. Epidemiol. Community Health* **2006**, *60*, 417–423. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
 79. Morabito, M.; Crisci, A.; Moriondo, M.; Profili, F.; Francesconi, P.; Trombi, G.; Bindi, M.; Gensini, G.F.; Orlandini, S. Air temperature-related human health outcomes: Current impact and estimations of future risks in Central Italy. *Sci. Total Environ.* **2012**, *441*, 28–40. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
 80. Jiménez-Candil, J.; Díaz-Castro, Ó.; Barrabés, J.A.; García de la Villa, B.; Bodí Peris, V.; López Palop, R.; Fernández-Ortiz, A.; Martínez-Sellés, M. Actualización en cardiopatía isquémica y cuidados críticos cardiológicos. *Rev. Española Cardiol.* **2013**, *66*, 198–204. [[CrossRef](#)]
 81. Arós, F.; Heras, M.; Vila, J.; Sanz, H.; Ferreira-González, I.; Permanyer-Miralda, G.; Cuñat, J.; López-Bescós, L.; Cabadés, A.; Loma-Orsorio, A.; et al. Reducción de la mortalidad precoz y a 6 meses en pacientes con IAM en el periodo 1995-2005. Datos de los registros PRIAMHO I, II y MASCARA. *Rev. Española Cardiol.* **2011**, *64*, 972–980. [[CrossRef](#)]
 82. Puymirat, E. Association of changes in clinical characteristics and management with improvement in survival among patients with ST-elevation myocardial infarction. *Jama* **2012**, *308*, 998. [[CrossRef](#)]
 83. Ebi, K.L.; Bowen, K. Extreme events as sources of health vulnerability: Drought as an example. *Weather Clim. Extrem.* **2016**, *11*, 95–102. [[CrossRef](#)]
 84. Medina-Ramón, M.; Zanobetti, A.; Cavanagh, D.P.; Schwartz, J. Extreme temperatures and mortality: Assessing effect modification by personal characteristics and specific cause of death in a multi-city case-only analysis. *Environ. Health Perspect.* **2006**, *114*, 1331–1336. [[CrossRef](#)]
 85. Wang, X.; Li, G.; Liu, L.; Westerdahl, D.; Jin, X.; Pan, X. Effects of extreme temperatures on cause-specific cardiovascular mortality in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2015**, *12*, 16136–16156. [[CrossRef](#)]
 86. Zhao, Q.; Li, S.; Coelho, M.S.Z.S.; Saldiva, P.H.N.; Hu, K.; Huxley, R.R.; Abramson, M.J.; Guo, Y. The association between heatwaves and risk of hospitalization in Brazil: A nationwide time series study between 2000 and 2015. *PLoS Med.* **2019**, *16*. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

87. Xiao, J.; Spicer, T.; Jian, L.; Yun, G.Y.; Shao, C.; Nairn, J.; Fawcett, R.J.B.; Robertson, A.; Weeramanthri, T.S. Variation in population vulnerability to heat wave in Western Australia. *Front. Public Health* **2017**, *5*, 64. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
88. Bi, P.; Williams, S.; Loughnan, M.; Lloyd, G.; Hansen, A.; Kjellstrom, T.; Dear, K.; Saniotis, A. The effects of extreme heat on human mortality and morbidity in Australia: Implications for public health. *Asia Pac. J. Public Health* **2011**, *23*, 27S–36S. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
89. Arbuthnott, K.; Hajat, S.; Heaviside, C.; Vardoulakis, S. Changes in population susceptibility to heat and cold over time: Assessing adaptation to climate change. *Environ. Health* **2016**, *15*, S33. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]



© 2020 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Anexo 3 – Parecer consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE DE
PERNAMBUCO/ PROPEGE/



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EVENTOS CLIMÁTICOS ADVERSOS E EXTREMOS: AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NOS INDICADORES DE SAÚDE NO ESTADO DE SANTA CATARINA/BRASIL

Pesquisador: WOLMIR ERCIDES PÉRES

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 65088817.9.0000.5207

Instituição Proponente: FUNDACAO UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.951.537

Apresentação do Projeto:

Nas últimas décadas muito tem se falado sobre mudança climática e eventos naturais extremos, diversos trabalhos foram desenvolvidos para que entendamos o que está acontecendo com nosso planeta. Pesquisas apontam para as consequências que estas mudanças trarão para os ecossistemas, e suas diversidades são explicitadas de forma preocupante para entendermos o futuro de nossas gerações. Um arcabouço de informações é disponibilizado quase que diariamente para explicar os modelos ambientais e suas interações antrópicas. A transformação destes dados deve possibilitar a construção de sistemas capazes de mitigar os impactos às populações e aos ecossistemas, buscando fomentar os indivíduos e transforma-los em agentes deste cenário que vislumbra um fim não muito promissor. As mudanças climáticas

afetam diretamente e com maior intensidade os sistemas mais vulneráveis, trazendo às populações danos em maior escala e proporções. A busca por respostas rápidas, eficientes e planejadas deixa de ser utopia, para se tornar um instrumento de manutenção da vida e de previsão de possíveis agravos que podem ser preveníveis. Como destaca a Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS, (OPAS, 2009): "...Os problemas de saúde humana associados à mudança climática podem não ter sua origem necessariamente nas alterações climáticas, mas sim, nas alterações que a Terra pode sofrer a partir dela. Citam-se como exemplos as variações nos

Endereço: Av. Agamenon Magalhães, s/nº

Bairro: Santo Amaro

CEP: 50.100-010

UF: PE

Município: RECIFE

Telefone: (81)3183-3775

Fax: (81)3183-3775

E-mail: comite.etica@upe.br